

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: Diseño e instalación de un sistema para el aprovechamiento del SO₂ procedente de gases de combustión en el tratamiento de aguas residuales crómicas

Autor: José Manuel BERNAL AGUILAR

Fecha: Diciembre 2005





CONTENIDO

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA	2
• Capítulo 1: Antecedentes	3
• Capítulo 2: Objeto y justificación	6
2.1. La contaminación industrial.....	6
2.2. El cromo y su toxicidad.....	9
2.3. El aire y la contaminación atmosférica	10
2.4. Contaminación atmosférica. Contaminantes	12
2.5. Alteraciones macroecológicas.....	17
• Capítulo 3: Viabilidad del proyecto	20
3.1. Viabilidad técnica	20
3.2. Viabilidad legal.....	22
3.3. Viabilidad económica.....	22
• Capítulo 4: Ubicación y emplazamiento	23
4.1. Transporte y comunicaciones	23
4.2. Terrenos	23
4.3. Servicios.....	23
4.4. Residuos	24
4.5. Ubicación	25
• Capítulo 5: Descripción del proceso	26
5.1. Descripción del proceso.....	26

- Capítulo 6: Materias primas33
 - 6.1. Caracterización de las materias primas33

- Capítulo 7: Maquinarias y equipos38
 - 7.1. Tanques de acumulación39
 - 7.2. Filtro de mangas41
 - 7.3. Intercambiador de calor.....44
 - 7.4. Columnas de relleno45
 - 7.5. Tuberías y uniones48
 - 7.6. Bombas51
 - 7.7. Soplantes.....55
 - 7.8. Válvulas.....57
 - 7.9. Sensores y controladores58

- Capítulo 8: Distribución en planta.....63

- Capítulo 9: Obra civil e instalación eléctrica64
 - 9.1. Obra civil.....64
 - 9.2. Instalación eléctrica64

- Capítulo 10: Seguridad y salud.....66
 - 10.1. Medidas generales de seguridad (I.T.C. MIE-APQ 6).....66
 - 10.2. Plan de inspección para recipientes de almacenamiento70
 - 10.3. Instalación de protección contra incendios.....72

- Capítulo 11: Planificación y programación de la instalación76
 - 11.1. Descripción de las tareas79
 - 11.2. Puesta en marcha79
 - 11.3. Operaciones para tratamiento de aguas crómicas.....80
 - 11.4. Operaciones de vertido.....81

11.5. Mantenimiento planificado de la instalación	82
• Capítulo 12: Resumen general de presupuestos	89
12.1. Costes fijos	89
12.2. Costes variables. Requerimientos de la instalación	90
• Capítulo 13: Bibliografía	91
ANEXOS A LA MEMORIA.....	93
• Anexo 1: Localización	94
• Anexo 2: Caracterización de los gases de combustión	95
• Anexo 3: Solubilidad del anhídrido sulfuroso (SO ₂)	96
• Anexo 4: Dimensionado del filtro de mangas	97
• Anexo 5: Dimensionado del intercambiador de calor	103
• Anexo 6: Dimensionado de las columnas de relleno.....	112
• Anexo 7: Características del relleno.....	131
• Anexo 8: Coeficientes de transferencia de materia	134
• Anexo 9: Coeficientes de difusión	137
• Anexo 10: Dimensionado de las conducciones	139
10.1. Gases de combustión	139
10.2. Agua residual crómica.....	142

10.3. Refrigerante-agua de aporte de caldera	145
• Anexo 11: Dimensionado de las bombas	146
11.1. Bombas de agua residual crómica.....	146
11.2. Bomba de agua de aporte de caldera	151
• Anexo 12: Dimensionado de la soplante.....	154
12.1. Pérdidas de carga	154
12.2. Selección del ventilador.....	156
• Anexo 13: Instrumentación y control	159
13.1. Control de limpieza del filtro	161
13.2. Control de la temperatura de los gases de combustión.....	166
13.3. Control de aporte de caldera	171
13.4. Control del pH.....	182
13.5. Control de nivel en las torres de relleno	198
• Anexo 14: Dimensionado de la instalación eléctrica	203
14.1. Demandas de potencia	203
14.2. Dimensionado de los conductores	204
• Anexo 15: Fichas de datos de seguridad	208

DOCUMENTO N° 2: PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES ..225

- Capítulo 1: Aplicación del pliego, definición de las obras y adjudicación..226
- Capítulo 2: Desarrollo del contrato, condiciones económicas y legales.....236

- Capítulo 3: Desarrollo de las obras. Condiciones técnico-económicas.....253

PLIEGO PARTICULAR DE CONDICIONES TÉCNICAS, ECONÓMICAS Y LEGALES.....271

- Capítulo 4: Condiciones particulares legales.....272
 - 4.1. Normativa medioambiental272
 - 4.2. Normativa específica de seguridad y salud277
 - 4.3. Instalación eléctrica277
- Capítulo 5: Condiciones particulares técnicas278
 - 5.1. Características básicas de los materiales278
 - 5.2. Materiales no incluidos en este pliego278
 - 5.3. Condiciones particulares de equipos e instalaciones.....279

DOCUMENTO N° 3: PLANOS

- Plano N° 1: Distribución en planta de los equipos286
- Plano N° 2: Filtro de mangas287
- Plano N° 3: Intercambiador de calor.....288
- Plano N° 4: Torre de relleno I. Planta y alzado289
- Plano N° 5: Torre de relleno II. Planta y alzado290
- Plano N° 6: Sistema de tratamiento de agua residual. Planta y alzado291

DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO

- Capítulo 1: Costes fijos294
 - 1.1. Costes de los equipos294
 - 1.2. Resumen del capital estimado295

- Capítulo 2: Costes variables. Requerimientos de la instalación296
 - 2.1. Mantenimiento de los equipos y sistemas auxiliares296
 - 2.2. Coste de la energía eléctrica296
 - 2.3. Transmisión de calor: Refrigerante297
 - 2.4. Transmisión de calor: Vapor de agua297
 - 2.5. Reactivos298

DOCUMENTO N° 1
MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

En todo proceso de transformación de la materia prima, proceso productivo o en cualquier actividad industrial se generan residuos más o menos tóxicos para el medio ambiente o la salud. Este es el caso que nos ocupa, en el que se pretende la eliminación integrada de dos corrientes residuales generadas en la instalación.

Los datos necesarios para la realización del presente proyecto han sido facilitados por Delphi Automotive Systems, S.A. sita en el Polígono Industrial El Trocadero, en la provincia de Cádiz, en la cual se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Fabricación de amortiguadores. Los procesos básicos son:
 - Fabricación de tubos a partir de pletinas de acero, que se decapan con ácido sulfúrico, se mecanizan y se les da una capa de pintura negra.
 - Fabricación de vástagos de amortiguador a partir de barras de acero a los que se les somete a diversos procesos de granallado, mecanizado y cromado.

Se fabrican y ensamblan las válvulas, y se llena el tubo del amortiguador con aceite hidráulico.

- Fabricación de direcciones y transmisiones. Los procesos básicos que se realizan son:
 - Mecanización de los ejes de las direcciones y las transmisiones con barras de acero.
 - Obtención de juntas homocinéticas a partir de barras de acero mediante extrusión en frío, mecanizado, decapado con ácido sulfúrico, fosfatado y tratamiento térmico.
 - Fabricación de las carcasas de dirección utilizando elementos de fundición y mediante los mecanizados correspondientes.

En el caso de direcciones eléctricas, se realiza el ensamblado del motor de las mismas, que procede de un proveedor externo.

- Fabricación de rodamientos, compuestos básicamente de una carcasa de fundición que se mecaniza, y sobre las que se incorporan bolas de acero y grasa mineral.
- Generación de servicios auxiliares de utilidades necesarias para la planta de fabricación, como aire comprimido y vapor de agua.

Como consecuencia de todos los procesos que se realizan en la citada industria se genera una gran cantidad y variedad de residuos, entre los que se encuentran agua residual ácida procedente de los decapados metálicos, agua residual aceitosa procedente de las máquinas de corte y agua residual crómica procedente del cromado de las superficies metálicas. Todos estos residuos, almacenados y gestionados por la planta de servicios auxiliare, son subproductos que provienen de las etapas de transformación y tratamiento superficial de los elementos metálicos. A continuación, la **figura 1.1** muestra un cuadro resumen de lo mencionado anteriormente.

Residuos generados	Procedencia
Agua residual ácida	Decapados metálicos
Agua residual aceitosa	Maquinas de corte
Agua residual crómica	Cromado de las superficies metálicas

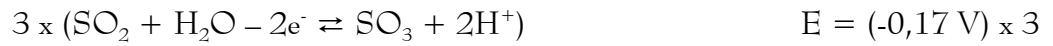
Figura 1.1: Procedencia de los residuos generados por las etapas de transformación y tratamiento superficial de los elementos metálicos. (Delphi Automotive Systems, S.A).

La realización de éste proyecto se basa en aprovechar el SO₂ procedente de los gases de combustión de la caldera en el tratamiento del agua residual crómica. Los gases de combustión se generan en la caldera como consecuencia de la combustión, de fuel-oil N° 2.

El agua residual crómica lleva disuelto entre otros muchos elementos Cr⁶⁺, de elevada toxicidad y persistente en el medio ambiente. De forma simplificada el

tratamiento del Cr⁶⁺ consiste en reducirlo a Cr³⁺ mediante la adición de un potente reductor como es el SO₂ gaseoso.

La reacción que tiene lugar entre el Cr⁶⁺ y el SO₂ es instantánea a pH de 2-3 unidades, puesto que el potencial redox de la reacción es mayor que cero (0,85 V). Esta reacción se representa de la siguiente forma:



En el “Capítulo 5: Descripción del proceso”, se exponen en detalle las etapas de tratamiento del effluente.

CAPÍTULO 2: OBJETO Y JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene por objeto el diseño e instalación de un sistema para el aprovechamiento del SO₂ procedente de los gases de combustión en el tratamiento de aguas residuales crómicas, el cual queda justificado si se considera la naturaleza extremadamente tóxica del Cr⁶⁺ y de los gases que se generan en la combustión tanto para las personas como para el medio ambiente.

2.1. LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL

Las industrias producen grandes cantidades de desechos, conteniendo una gran variedad de contaminantes que se pueden agrupar de un modo sistemático, tal como se indica a continuación:

RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES

Según *Manual para el Control de la Contaminación Industrial*. Herbert F. Lund, estos residuos representan un grave factor de riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente por su gestión mínima e incompleta y la carencia de un control adecuado.

En España los Residuos Industriales viene definidos por la Ley 10/1.998, de 21 de Abril, de Residuos (BOE número 96, de 22 de Abril de 1.998) y sus desarrollos en el RD. 833/1.998 y RD 952/1.997. Pueden clasificarse en tres grupos:

- Residuos asimilables a urbanos: están constituidos por restos orgánicos procedentes de sectores de la alimentación, papel, carbón, plástico, textiles, maderas, etc., y cuya gestión se integra en la de RSU.
- Residuos inertes: se caracterizan por su inocuidad (chatarras, vidrios, escorias, cenizas, escombros, lodos inertes, etc.) y que, al igual que los anteriores, por su baja peligrosidad contaminante, se deben integrar en la gestión de RSU.
- Residuos peligrosos (RP's): son aquellos que se identifican plenamente como Residuos Industriales y que se caracterizan por su poder contaminante y grave

peligrosidad para la salud humana y el medio ambiente, debido a su elevada toxicidad.

Las actividades industriales potencialmente productoras de RP's son muy numerosas, pero hay tres sectores que generan un 80% de la producción: la industria química (30%), la industria del papel y celulosas (27%) y la industria de transformados metálicos (23%).

Los sistemas básicos de gestión de RP's son de tres tipos:

- Valorización energética.
- Tratamiento físico-químico.
- Depósito de seguridad.

La existencia de Planes Nacionales, así como la sucesiva elaboración de Planes Sectoriales, en colaboración con los distintos sectores productivos involucrados, adecuados a las Directivas Comunitarias, pueden llegar a solucionar paulatinamente el grave problema de contaminación que ocasionan estos residuos industriales para el medio ambiente en general.

AGUAS RESIDUALES QUE CONTIENEN MATERIA ORGÁNICA FÁCILMENTE OXIDABLE

Estas aguas contienen sustancias producidas por un gran número de industrias relacionadas con la fabricación de papel, azúcar, bebidas, etc., y producen efectos análogos a los de las aguas residuales urbanas.

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES QUE CONTIENEN SUSTANCIAS ESTABLES, TOXICAS Y BIOACUMULABLES

Este tipo de contaminante es el más peligroso a largo plazo. Los más frecuentes son los metales pesados, entre los que cabe citar, por su mayor importancia, el mercurio, el plomo, el cadmio y el cromo entre otros.

Estos compuestos no biodegradables representan un grave peligro para la salud pública y para el medio ambiente ya que no se descomponen por la acción de

microorganismos, persistiendo en el medio indefinidamente y no llegando a eliminarse completamente, sino tan solo dispersándose. La peligrosidad de estos compuestos reside, no solo en su elevada estabilidad y toxicidad, sino también en su acumulación en las cadenas alimentarias, con lo que pueden llegar a alcanzar concentraciones muy elevadas en algunos órganos de los últimos constituyentes de las cadenas tróficas, que muchas veces sirven como alimento para el hombre. En este sentido, los organismos marinos, tales como peces, crustáceos y moluscos, son especies con una alta capacidad para acumular metales contenidos en las aguas, sedimentos y otros organismos vivos que les sirven de alimento.

Los metales pesados se vierten continuamente a las aguas por procesos naturales, como la actividad volcánica y la erosión; este hecho se ha visto incrementado por los procesos industriales que, en los últimos años, han experimentado un destacado crecimiento.

De forma general, se puede considerar que los metales proceden de:

- Formaciones geológicas.
- Extracción industrial de metales.
- Utilización o desgaste de productos metalíferos, que aparecen en todas las zonas industriales.
- Aguas filtrantes o vertederos de basuras.
- Aguas fecales.

Resulta interesante la clasificación desde el punto de vista sanitario, teniendo en cuenta el grado de toxicidad de una sustancia. De este modo, se pueden clasificar los productos químicos y residuos industriales según la toxicidad para el hombre.

La Agencia Internacional del Cáncer (IARC, 1.982) establece tres grupos de sustancias según los riesgos para la salud. (*Manual para el Control de la Contaminación Industrial. Herbert F. Lund*).

GRUPO I

Procesos industriales, productos y exposiciones profesionales en la que está probado la relación causa-efecto con el cáncer humano: en este grupo se incluyen algunos cromatos.

GRUPO II

Compuesto por dos grupos de productos según su potencial cancerígeno: se incluyen berilio, níquel, cadmio y sus derivados.

GRUPO III

Productos, procesos y exposiciones que no pueden ser considerados actualmente como cancerígenos humanos, aunque el test al que han sido sometidos haya arrojado efectos positivos: se incluyen el plomo y sus derivados.

2.2. EL CROMO Y SU TOXICIDAD

A continuación, se incluye algunos datos encontrados sobre toxicidad y bioacumulación, así como otras consideraciones de interés. (*Contaminación por Metales Pesados en el Mediterráneo. Félix Hernández Hernández, Julio Medina Escriche, Josefina Ansuátegui Roca*).

El Cr³⁺, tal como se encuentra en la naturaleza, no es peligroso para el hombre, es un mineral que se encuentra abundantemente en los productos procedentes de la tierra como la fruta, las verduras, los productos lácteos, las carnes y, en menor grado, la cerveza y el vino. Los aportes realizados a través de estos productos varían según la riqueza de las tierras de cultivo y las técnicas agrícolas empleadas.

Al tratarse de un oligoelemento, su presencia es indispensable para el organismo debido a que regula el metabolismo de los azúcares y actúa sobre el control de la absorción de glúcidos y de la secreción de insulina, favoreciendo el paso de los glúcidos al interior de las células. El Cr³⁺ tiene un importante papel en el metabolismo de los carbohidratos porque interviene específicamente en el metabolismo de la glucosa y en la acción de la insulina, pero si es sometido a altas temperaturas se convierte en Cr⁶⁺, una

sustancia que ingresa en el cuerpo a través de las vías respiratorias, el agua o los alimentos y puede provocar gastroenteritis aguda, hepatitis aguda, dermatitis alérgica, laringitis crónica, úlcera gastroduodenal, conjuntivitis crónica, rinofaringitis crónica, perforación del tabique nasal y cáncer pulmonar.

Los diversos compuestos del Cr⁶⁺ representan la mayor amenaza, especialmente debido a sus efectos genéticos. Los compuestos del Cr⁶⁺ actúan en casi todos los sistemas de ensayo diseñados para determinar sus efectos mutagénicos. El hecho de que atraviese la placenta implica un alto riesgo para los embriones y fetos.

El efecto carcinógeno de los compuestos del Cr⁶⁺ no sólo ha sido demostrado experimentalmente con animales, sino que también ha sido confirmado por los resultados de estudios epidemiológicos realizados con grupos humanos expuestos a esta sustancia en su lugar de trabajo.

Las intoxicaciones agudas con compuestos del Cr⁶⁺ se manifiestan, por ejemplo, como lesiones renales. Las intoxicaciones crónicas pueden producir mutaciones en el tracto gastrointestinal y acumulaciones en el hígado, el riñón, la glándula tiroidea y la médula ósea. El mecanismo de eliminación es lento, cuya vía principal es la urinaria.

2.3. EL AIRE Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El aire está formado dos grupos de componentes, unos constantes o fijos y otros accidentales. (*Unidades Temáticas Ambientales: El Aire. Dirección General del Medio Ambiente*).

Los componentes constantes son el nitrógeno, el oxígeno y los gases inertes o nobles, cuyas proporciones son prácticamente invariables. Hay otros dos componentes que están siempre presentes pero cuya cantidad es variable según el lugar y el tiempo, que son, el dióxido de carbono (CO₂) y el vapor de agua. Los componentes accidentales son los contaminantes.

Componentes	Porcentaje	
	en volumen	en peso
Nitrógeno	78,03	75,58
Oxígeno	20,99	23,08
CO ₂	0,035	0,053
Argón	0,94	1,28
Otros gases inertes	0,0024	0,0017
Hidrógeno	0,00005	0,000004

Figura 2.1: Composición aproximada del aire seco. (Unidades Temáticas Ambientales: El Aire. Dirección General del Medio Ambiente).

La densidad del aire, en condiciones normales, es 1,293 g/l y su peso molecular medio es 28,96.

El nitrógeno, en condiciones ordinarias, es inactivo. El nitrógeno diluye el oxígeno del aire, moderando la intensidad de su acción.

El oxígeno es el componente activo de la atmósfera. De la atmósfera se extraen grandes cantidades de oxígeno para los procesos de combustión, para los de oxidación y para la descomposición de la materia orgánica, por lo que si no se repusiera este oxígeno tomado, la proporción de oxígeno en el aire se iría reduciendo. Sin embargo, esto no sucede porque las plantas emiten a la atmósfera grandes cantidades de oxígeno debido al proceso de la fotosíntesis.

Con el CO₂ sucede algo semejante en cuanto al equilibrio de sus concentraciones.

Todo esto es cierto si no se producen demasiadas emisiones de todos estos compuestos, pero actualmente hay una serie de riesgos, como el de la excesiva producción de CO₂ en los procesos industriales de combustión que pueden afectar al clima del planeta.

2.4. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. CONTAMINANTES

Se denomina contaminación a la presencia en el aire de sustancias o formas de energía que alteran la calidad del aire, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.

Las tres fuentes principales de contaminación atmosférica son:

- Emisiones procedentes de los gases de escape de los vehículos.
- Emisiones debidas a las calefacciones.
- Emisiones derivadas de los procesos industriales.

De todas ellas, las de mayor importancia son las últimas, las industriales, por el número de focos, por el volumen de sus emisiones y por el tipo y cantidad de contaminantes. Los contaminantes más frecuentes emitidos son:

DIÓXIDO DE AZUFRE, SO₂

El SO₂ es un gas incoloro, de olor picante e irritante. Es 2,2 veces más pesado que el aire, a pesar de lo cual se desplaza rápidamente en la atmósfera. Este gas procede sobre todo de los procesos de combustión debido al contenido de azufre que tienen los combustibles como impureza. (*Unidades Temáticas Ambientales: El Aire. Dirección General del Medio Ambiente*).

El SO₂ es peligroso por su incidencia en las enfermedades cardiorrespiratorias, aunque además de su propia acción, quizá el mayor problema del SO₂ está en su facilidad de oxidación en presencia de la luz solar y de oxidantes y aerosoles, pasando a SO₃ y combinándose con el agua para originar nieblas de ácido sulfúrico. Estas nieblas se presentan en forma de aerosoles y, además de su acción perniciosa sobre los seres vivos, suponen un grave deterioro para la vida vegetal. El SO₂, posee también una fuerte tendencia a su conversión en sulfatos.

En la atmósfera se encuentran también otras formas de azufre como el SH₂ y los aerosoles de sulfatos diversos.

MONÓXIDO DE CARBONO, CO

El monóxido de carbono es el gas contaminante más abundante en la atmósfera, sobre todo en el entorno de las grandes ciudades. Este gas procede de combustiones incompletas y se presenta sobre todo en las emisiones procedentes de los tubos de escape de los automóviles con motor de explosión.

El CO es un gas tóxico puesto que al combinarse con la hemoglobina de la sangre disminuye en ésta su capacidad para ejercer su función normal de transporte de oxígeno. Sin embargo, como el CO es un gas muy ligero, no existen por el momento problemas que puedan calificarse de graves en contaminación atmosférica debida a este gas. Por otra parte, las emisiones de CO debido a los procesos de combustión representan sólo el 10% del total de CO aportado a la atmósfera. El 90% restante se debe a los procesos de descomposición de la materia orgánica en los océanos y a las reacciones atmosféricas.

ÓXIDOS DE NITRÓGENO, NO_x

Los óxidos de nitrógeno se producen en los procesos de combustión y en la fabricación de ácido nítrico, ácido sulfúrico, en los procesos de nitración... etc. la mayor parte de los óxidos de nitrógeno, sobre todo el NO y el NO₂, proceden de los procesos de combustión.

Su papel perjudicial se debe, sobre todo, a su acción catalítica, en presencia de hidrocarburos y bajo la acción de los rayos ultravioletas solares, contribuyendo de forma notable a la formación de ozono y otros oxidantes, que dan lugar al fenómeno del *smog fotoquímico* o contaminación química.

Todos los óxidos de nitrógeno son endotérmicos y, por consiguiente, son inestables, descomponiéndose a temperaturas más o menos altas.

De todos los óxidos solamente el N₂O, NO y NO₂ se encuentran en concentraciones apreciables en las atmósferas contaminadas.

El factor que más afecta a la formación de los óxidos de nitrógeno en las combustiones, es la temperatura, si bien influye en menor medida el exceso de aire con que se opera en la combustión.

El NO₂ es tóxico y un oxidante muy energético; por ello contribuye notablemente a la formación de oxidantes cuando se produce una contaminación fotoquímica.

HIDROCARBUROS, C_nH_m

Los hidrocarburos aparecen como consecuencia de combustiones incompletas y por emisiones en las unidades de proceso y áreas de almacenamiento de productos petrolíferos.

OZONO Y OXIDANTES

Su presencia en la atmósfera se debe a la acción fotoquímica de las radiaciones solares, especialmente las ultravioletas, en presencia de óxidos de nitrógeno y de hidrocarburos. A estos compuestos, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, se les llama *precursores de los oxidantes*.

La existencia de ozono, que es un gran oxidante, acelera la formación del SO₃ a partir del SO₂ y de NO₃ del NO. Además, la presencia de óxidos de nitrógeno y de ozono da lugar a la formación de nitratos de perácido, muy perjudiciales para vida animal y vegetal. De todos estos factores, el básico para la formación del *smog oxidante* es la presencia de NO₂.

AEROSOLES, EN LOS QUE SE INCLUYEN LOS POLVOS, CON PARTÍCULAS SEDIMENTABLES Y EN SUSPENSIÓN Y LOS HUMOS

Los aerosoles atmosféricos son dispersiones de sustancias sólidas o líquidas en el aire. Los efectos de los aerosoles sobre la atmósfera son muy desfavorables, especialmente cuando, además, hay otros compuestos contaminantes, como polvos, humos, nieblas ácidas y sales solubles.

La absorción de gases por los aerosoles sólidos es un medio de transmisión de los gases tóxicos hacia los pulmones humanos. Asimismo, el depósito de los aerosoles sólidos en las fachadas de los edificios es un claro efecto de la suciedad existente en nuestra atmósfera.

Las molestias que ocasionan los polvos afectan al sistema respiratorio de los seres vivos, donde su nocividad depende de la granulometría y de su composición química. Las

partículas más perjudiciales son las más pequeñas, porque son las que penetran con más facilidad en las vías respiratorias.

Denominación	Composición
Núcleos de Aitken	Partículas submicrónicas (menos de 0,1 µm de diámetro).
Partículas medias	Partículas con un diámetro comprendido entre 0,1 y 1 µm.
Partículas sedimentables	Partículas con un diámetro superior a 1 µm.
Polvos	Partículas sólidas de origen mineral o materia sólida dispersada por el aire.
Humos industriales	Partículas sólidas o líquidas debidas a la volatilización de metales, seguida o no de su oxidación por el aire o condensación de vapores.
Humos de combustión	Humos debidos a procesos de combustión, constituidos por partículas de carbono y de hidrocarburos no quemados y cenizas volantes. La mayor parte de las partículas son submicrónicas, clasificadas como núcleos de Aitken.

Figura 2.2: Clasificación de los aerosoles por tamaño y constitución. *(Unidades Temáticas Ambientales: El Aire. Dirección General del Medio Ambiente).*

SULFURO DE HIDRÓGENO, SH₂

Su volumen es mucho menor que los citados anteriormente. Sin embargo, focos puntuales de algunos de estos contaminantes pueden representar un problema verdaderamente importante.

Además de los efectos que sobre la vida animal o vegetal o las acciones que sobre los materiales pueden producir los diversos contaminantes, independientemente, hay que tener en cuenta los efectos sinérgicos ocasionados por la presencia simultánea de algunos o todos ellos, que agravan considerablemente el problema.

El efecto más perceptible de la contaminación del aire es la reducción de visibilidad.

CONTAMINACIÓN FOTOQUÍMICA

Originada por la presencia de gases y aerosoles formados en las reacciones producidas en la atmósfera entre los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el oxígeno, en presencia de una fuerte radiación solar.

Los principales efectos de la contaminación fotoquímica sobre el hombre se aprecian en la irritación de los ojos y de las mucosas, atacando en mayor medida a los asmáticos y personas con afecciones broncopulmonares. Son también importantes los efectos sobre la vegetación. La flora queda afectada incluso con bajas concentraciones de oxidantes.

Teniendo en cuenta que el 96% de toda la energía utilizada en el mundo se consume en el Hemisferio Norte, y el 86% en la banda comprendida entre los 30° y 60° Latitud Norte, y considerando el gran incremento de los combustibles, el problema de la contaminación fotoquímica va aumentar de forma notable en los países occidentales.

Además de las sustancias nombradas anteriormente, hay una serie de compuestos, contaminantes de la atmósfera, que se presentan con menos generalidad pero que son realmente perjudiciales, entre ellos están: otros derivados del azufre, derivados del nitrógeno, halógenos y sus derivados; arsénico y sus derivados: compuestos orgánicos; partículas de metales pesados y ligeros y partículas de sustancias minerales, como el amianto.

Existen, además, las radiaciones ionizantes procedentes de elementos radiactivos, los olores molestos y el ruido.

Las medidas correctoras, o sea, los equipos existentes para corregir la contaminación atmosférica de origen industrial son muchos y muy estudiados.

La industria ha sido muy reacia a la instalación de estos equipos, por considerarlos como un gasto adicional, no productivo e innecesario. Pero la situación va cambiando, aunque lentamente, y ya se integra el sistema de control de la contaminación en el proceso de fabricación, como un elemento más del mismo.

Además de los dispositivos de control hay otras medidas tan efectivas o más para reducir la contaminación atmosférica, que están ligadas a las modificaciones o

variaciones de los procesos de fabricación. Hoy se pretende resolver más los problemas por esta vía. En cierto modo, la contaminación industrial suele derivar de bajos rendimientos globales o de insuficiente control del proceso por instalaciones obsoletas, mal mantenidas, parcialmente modificadas, etc.

En muchos casos puede reducirse notablemente el costo del equipo de depuración si simultáneamente se realizan algunas modificaciones en el proceso o en determinados equipos componentes del mismo. Se tiende hacia la recuperación de productos o subproductos, sustitución de combustibles y materias primas y se mejora la operación, de modo que la carga contaminante a tratar sea menor y por consiguiente, más baja las necesidades de limpieza.

2.5. ALTERACIONES MACROECOLÓGICAS

Hay tres problemas fundamentales a los que se enfrenta hoy la humanidad y que representa para la misma un auténtico reto, porque de su solución depende la supervivencia del planeta en las actuales condiciones, que además, sería deseable mejorar para legar a las generaciones futuras un medio ambiente restaurado. (*Unidades Temáticas Ambientales: El Aire. Dirección General del Medio Ambiente*).

EFFECTOS DEL INCREMENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN LA ATMÓSFERA SOBRE EL CLIMA. EFECTO INVERNADERO

Uno de los problemas que más inquietan en este momento, respecto a los posibles cambios en el clima por alteraciones de la atmósfera, es el de los efectos de las crecientes emisiones de CO₂ a la atmósfera procedentes de la utilización de combustibles fósiles.

El CO₂ no es un gas tóxico ni se considera un contaminante. El CO₂ es un compuesto fundamental ya que gracias a él, juntamente con el agua, es posible el fenómeno de la fotosíntesis, que da lugar a las biomásas del planeta.

El problema que plantea la presencia de CO₂ en la atmósfera se debe a la incidencia que puede tener sobre el equilibrio de la radiación en la atmósfera, produciéndose un calentamiento en las capas bajas, lo que se conoce con el nombre de

efecto invernadero. El problema se deriva de que el CO₂, lo mismo que el vapor de agua, deja pasar la radiación solar pero absorbe la radiación infrarroja procedente de la tierra, lo que da lugar a un calentamiento.

EFFECTOS DE LAS LLUVIAS ÁCIDAS SOBRE LAS TIERRAS

El SO₂ y las partículas sólidas reaccionan en la atmósfera física y químicamente.

Las partículas finas, partículas en suspensión o aerosoles, se decantan lentamente y, por consiguiente, son transportadas a grandes distancias, formando brumas. Estas partículas son de color grisáceo, y están formadas por una mezcla de sulfatos ácidos, de hollines y de cenizas volantes más o menos neutralizados por el amoníaco que también se emite a la atmósfera. Si estos aerosoles atraviesan zonas de la atmósfera con una humedad alta pueden formarse partículas de sulfatos muy ácidos, que al depositarse en la superficie terrestre acidifican los lagos, la vegetación o el suelo.

Es necesario, por consiguiente, reducir las emisiones de SO₂ y de partículas sólidas en suspensión y hay que tener en cuenta las interrelaciones entre las distintas fuentes de contaminación, ya que los sistemas terrestres son dinámicos y estrechamente interdependientes.

Las modificaciones de las características de los suelos y de las aguas por acción de las lluvias ácidas pueden tener consecuencias ecológicas importantes.

Si a ello se une el incremento de concentraciones de CO₂ y vapor de agua en la atmósfera, así como de óxidos de nitrógeno y otros contaminantes, el efecto invernadero de calentamiento de la atmósfera podría modificar el régimen de lluvias y afectar tanto a las tierras cultivables como a las zonas desérticas.

ALTERACIÓN O ROTURA DE LA CAPA DE OZONO DEBIDO A LA ACCIÓN DE LOS COMPUESTOS ORGANOHALOGENADOS

Los clorofluocarbonos pertenecen a un grupo o familia de productos químicos susceptibles de producir una alteración o rotura de la capa de ozono de la atmósfera.

La radiación solar ultravioleta es absorbida por el ozono, impidiendo que gran parte de estos rayos lleguen a la Tierra, afectando dichas radiaciones gravemente a la

salud humana (en afecciones de la piel, especialmente cáncer y quemaduras), al clima (produciéndose un calentamiento), a la vegetación y a la fauna.

Una emisión continuada de clorofluorocarbono a los niveles actuales (combinada con los efectos ya previstos, resultantes de una incrementada combustión de carburantes fósiles) contribuirá a un calentamiento potencialmente peligroso de la atmósfera terrestre, alterando el clima y posiblemente incluso derritiendo parcialmente capas de hielo polar.

CAPÍTULO 3: VIABILIDAD DEL PROYECTO

Se ha realizado un análisis comparativo de las diferentes tecnologías aplicables al problema concreto del proyecto, como son:

- Lavador de gases.
- Tratamiento previo de los gases y absorción en torres de relleno.

Como conclusión de los estudios realizados y, considerando las condiciones de operación de la planta descrita en el proyecto la solución que proporciona más rendimiento es la segunda alternativa: tratamiento previo de los gases y posterior absorción en torres de relleno.

Para cualquier proyecto que pretenda desarrollarse es preciso que se trate de un proyecto viable, dic ha viabilidad vendrá garantizada por su viabilidad técnica, económica y legal.

3.1. VIABILIDAD TÉCNICA

El principal problema que aparece a la hora de desarrollar el presente proyecto es definir cuál de las diferentes alternativas aplicables es la más adecuada. Para determinarlo se realizará un análisis comparativo de las dos tecnologías aplicables:

- Lavador de gases.
- Tratamiento previo de los gases y torres de relleno.

La primera de las alternativas es muy simple, puesto que estaría formada por una unidad principal constituida por un lavador de gases donde se llevaría a cabo la reducción del Cr⁶⁺ a Cr³⁺ al ponerlo en contacto un potente reductor (SO₂) procedente de los gases de combustión con el Cr⁶⁺ disuelto en el agua residual.

La solubilidad del SO₂ es inversamente proporcional a la temperatura, por lo que a 200 °C (temperatura a la que salen los gases de combustión), la solubilidad del SO₂ es muy pequeña. Como consecuencia la cantidad de SO₂ que reacciona es mínima y por

tanto la cantidad de SO₂ no utilizada y que se desprende a la atmósfera es muy significativa.

Otro factor de disminución de rendimiento del proceso es el arrastre mecánico de las cenizas e impurezas por parte de los gases de combustión, lo que genera un importante ensuciamiento de los equipos.

La segunda de las alternativas, consiste en tratar previamente los gases de combustión. Este tratamiento funciona haciendo pasar los gases de combustión a través de un filtro de mangas, como segunda etapa por un intercambiador de calor y, finalmente por una torre de relleno.

Inicialmente, con el filtro de mangas se eliminan todas las cenizas e inquemados que son arrastradas por la corriente de gas. Con esto, también se consigue aumentar el rendimiento del intercambiador de calor al no depositarse estas partículas sobre las aletas. Posteriormente en el intercambiador de calor se pretende bajar la temperatura del gas de 200 °C a unos 50 °C. Una vez que el gas ya se tiene libre de partículas y a la temperatura de 50 °C, ya se encuentra preparado para hacerlo pasar por las torres de relleno y ponerlo en contacto con el agua residual con objeto de llevar a cabo la reducción del Cr⁶⁺ a Cr³⁺.

Para realizar una comparativa de las dos alternativas, se va a ver cuales son las ventajas e inconveniente de las dos posibles alternativas.

Alternativas	Simplicidad del proceso	Rendimiento del proceso
Lavador de gases	Ventaja	Inconveniente
Proyecto	Inconveniente	Ventaja

Figura 3.1: Ventajas e inconvenientes de las alternativas

La primera de las alternativas presenta una gran ventaja como puede ser la simplicidad del proceso, sin embargo el rendimiento de la misma seria muy bajo puesto que la solubilidad del SO₂ en agua a la temperatura de 200 °C es insignificante.

La segunda de las alternativas presenta el inconveniente de la complejidad del proceso puesto que los gases deben ser pretratados antes de ponerlos en contacto con el agua residual, sin embargo presenta múltiples ventajas como:

- Rendimiento del proceso elevado.
- Emisiones prácticamente nulas a la atmósfera.
- Beneficios económicos al reducir gastos energéticos en la caldera.

Actualmente se dispone de tecnología suficiente para desarrollar la alternativa elegida.

3.2. VIABILIDAD LEGAL

La solución adoptada por el presente proyecto opera dentro de la legalidad, tanto las emisiones gaseosas como los efluentes líquidos generados por las torres de relleno se encuentran dentro los límites establecidos por la ley.

3.3. VIABILIDAD ECONÓMICA

El coste total de la instalación asciende a 2.419.206 €. Los beneficios que se obtendrían al aplicar el presente proyecto a la citada fabrica ascienden a 274.115,42 €/año. La planta quedaría completamente amortizada en 9 años, a partir del cual todo lo que se obtendría serian beneficios. Ver “Documento 4: Presupuesto”.

CAPÍTULO 4: UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

4.1. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

El presente proyecto está específicamente diseñado para la empresa Delphi Automotive Systems S.A. sita en el Polígono Industrial El Trocadero en la localidad de Puerto Real, en la provincia de Cádiz, teniendo acceso tanto por la autopista Sevilla-Cádiz, como por la carretera secundaria que bordea al río San Pedro. Su emplazamiento hace que tenga unas comunicaciones idóneas tanto marítimas como terrestres para transportes nacionales e internacionales a la hora de importar o exportar productos.

La localización de la citada industria viene indicada en el “**Anexo 1: Localización**”.

4.2. TERRENOS

El terreno es llano y no presenta formaciones rocosas que dificulten la construcción. El clima es templado con lluvias localizadas en primavera y otoño. Las condiciones sísmicas no representan un factor de importancia, por la baja actividad detectada en la zona.

4.3. SERVICIOS

La fábrica dispone de todos los servicios exigibles a una instalación de este tipo. La Planta de Tratamiento de Agua Residuales (P.T.A.R.), por el hecho de estar situada dentro de la fábrica, también los tiene.

SANEAMIENTO

La fábrica posee una depuradora propia, a la que son enviadas las aguas residuales mediante un sistema de alcantarillado.

AGUA

La fábrica utiliza agua para el consumo humano y para los procesos que se llevan a cabo en la fábrica.

ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro eléctrico se realizará mediante una línea de alta tensión que suministra tensiones de 380 V y 220 V por medio de una estación transformadora.

La alimentación eléctrica se realizará desde la estación transformadora situada en la planta de servicios auxiliares. Además la fábrica posee un generador propio en caso de corte eléctrico.

TELÉFONO

Se dispone de una centralita que conecta con cada uno de los edificios y con el exterior.

4.4. RESIDUOS

Las actividades que se desarrollan en la determinada industria han sido descritas con anterioridad en el “Capítulo 1: Antecedentes”. Como consecuencia de todos los procesos que se realizan en la citada industria se genera una gran cantidad y variedad de residuos, entre los que se encuentran agua residual ácida procedente de los decapados metálicos, agua residual aceitosa procedente de las máquinas de corte y agua residual crómica procedente del cromado de las superficies metálicas, todos estos residuos son subproductos que provienen de las etapas de transformación y tratamiento superficial de los elementos metálicos. Estos residuos son almacenados y gestionados por la planta de servicios auxiliares.

El agua residual crómica lleva disuelto entre otros muchos elementos Cr⁶⁺. De forma simplificada el tratamiento del Cr⁶⁺ propuesto en este proyecto consiste en reducirlo a Cr³⁺ utilizando una corriente gaseosa de SO₂.

La realización de éste proyecto se basa en aprovechar el SO_2 que se genera como consecuencia de la combustión, que tiene lugar en la caldera, de fuel-oil N° 2 para posteriormente usarlo en el tratamiento del agua residual crómica.

En la actualidad existen otras muchas industrias, como la metalúrgica o la del curtido, en las que la presencia de Cr^{6+} en sus efluentes como consecuencia de etapas de tratamiento al que se someten ciertos materiales, presenta un grave problema para el medio ambiente y la salud. Por lo que el presente proyecto es aplicable a todas las industrias cuyos efluentes contengan Cr^{6+} . Asimismo, en aquellos casos en los que las industrias cuenten en sus instalaciones con una caldera como fuente de energía se puede reutilizar el SO_2 que se genera en la combustión para llevar a cabo el tratamiento del agua residual.

4.5. UBICACIÓN

En principio, el sistema para el aprovechamiento del SO_2 procedente de humos de caldera se puede ubicar próximo a la caldera o a la planta de servicios auxiliares.

La instalación de la obra para el aprovechamiento del SO_2 puede hacerse de forma simultánea a la ejecución de la obra civil de la industria en la que se vaya a implantar. Ello precisaría de suposiciones relativas a la naturaleza de la masa gaseosa y a la naturaleza del efluente. De todas formas, cabe también la posibilidad de implantarla cuando la industria ya esté operativa, siendo este el caso.

A priori, la obra a ejecutar se puede llevar a cabo en el exterior, a la intemperie (adosada a la planta de servicios auxiliares) o en el interior de la misma. Ello dependerá de la disponibilidad de espacio. Teniendo en cuenta las dimensiones de la planta de servicios auxiliares y de los equipos necesarios, se decide la distribución de los equipos que se muestra en el Plano 1. Ver **“Plano 1: Distribución en planta de los equipos”**.

CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El objeto de este capítulo es la descripción del proceso y definir la metodología de trabajo para asegurar un correcto tratamiento de las aguas crómicas, en la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales (P.T.A.R.).

Tal y como se ha indicado anteriormente la realización de éste proyecto se basa en aprovechar el SO_2 procedente de los gases de combustión, para posteriormente usarlo en el tratamiento del agua residual crómica. Dicha agua residual crómica lleva disuelto Cr^{6+} . De forma simplificada el tratamiento del Cr^{6+} consiste en reducirlo a Cr^{3+} mediante la adición de SO_2 gaseoso.

El proceso mediante el cual se lleva a cabo el tratamiento del agua residual crómica con SO_2 , es una sucesión de etapas físico-químicas, con una etapa final de flotación y clarificación con la que se pretende obtener un efluente sin partículas en suspensión y lo más importante, libre de Cr^{6+} .

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

ETAPA N° 1

En la citada industria se lleva a cabo la fabricación de amortiguadores, direcciones, transmisiones y rodamientos; por consiguiente es necesaria la producción de vapor para el funcionamiento de las distintas máquinas que intervienen en el proceso. Este vapor necesario proviene de la combustión, que tiene lugar en la caldera, de fuel-oil N° 2 generándose asimismo una corriente de gases de escape, procedentes de la combustión.

Para el aprovechamiento industrial de los gases que se generan en la caldera, éstos deben someterse a un tratamiento previo, que consiste en la eliminación de cenizas e inquemados y en el enfriamiento de los mismos.

Para la eliminación de partículas e inquemados lo que se hace es pasar los gases procedentes de la combustión por unos filtros de mangas. De esta forma se evita que se depositen en la superficie del intercambiador de calor, aumentando por consiguiente el

rendimiento del mismo. Todas las partículas (cenizas, hollín, inquemados) son recogidas en la parte inferior del filtro de mangas y conducidos hasta un contenedor que es recogido por un gestor de residuos autorizado.

Una vez que los gases de combustión se encuentran libres de partículas éstos son enfriados mediante un intercambiador de calor de flujo cruzado gas-líquido desde 200 °C hasta 50 °C, empleándose como refrigerante agua de aporte para la caldera. El agua de aporte de caldera se encuentra tratada previamente para evitar el ensuciamiento e incrustaciones de los conducciones. El refrigerante entraría en el intercambiador de calor a temperatura ambiente (30 °C) y saldría a 95 °C, siendo necesario para ello 6.483,58 kg/h de refrigerante.

Para la producción de vapor, la caldera consume 24.000 kg/h de agua, de los cuales 6.483,58 kg/h provienen del intercambiador de calor y se encuentran precalentados a 95 °C, introduciéndose en la parte inferior de la caldera. El resto proviene de un depósito con agua que se genera en la desaladora a 30 °C, introduciéndose en la parte superior de la caldera.

ETAPA N° 2

En esta etapa es donde tiene lugar la reducción del Cr⁶⁺.

La reacción que tiene lugar entre el Cr⁶⁺ y el SO₂ es la siguiente:



De la estequiometría de la reacción se deduce que para reducir 1 gr de Cr⁶⁺ se necesitan 1,846 gr de SO₂, sin embargo en la practica esta reacción se lleva a cabo con un exceso de SO₂ del 15-25%, excesos normales para el tratamiento de aguas de aclarado. Por tanto se necesitaran 2,12-2,3 gr de SO₂ por cada gramo de Cr⁶⁺.

La reacción entre el Cr⁶⁺ y el SO₂ es instantánea para valores de pH muy bajos, del orden de 2-3.

El agua residual crómica que llega a la P.T.A.R. se almacena en el TK-120A. Normalmente el pH de éste efluente se encuentra dentro de ese rango. Sin embargo hay ocasiones donde el pH de la corriente, es más alto (6-6,5). En estos casos se recurre al

ácido sulfúrico residual para bajar el pH y mantenerlo dentro del valor óptimo, consiguiéndose de esta forma que la reacción sea instantánea.

Este ácido sulfúrico residual se genera en la propia industria como consecuencia de tratamientos superficiales de decapado que reciben los elementos metálicos.

Una vez comprobado que el pH del agua residual se encuentra dentro del valor óptimo (2-2,5) se lleva a cabo la reducción del Cr⁶⁺ con SO₂ al poner en contacto en contracorriente en una columna de relleno el efluente y el SO₂ proveniente de los gases de combustión.

Cuando algún día se detenga la operación de la planta para el mantenimiento de las columnas, el tanque de tratamiento y almacenamiento TK-120A posee unos difusores situados en el fondo del mismo para la distribución de SO₂ (que en este caso es comprado a un suministrador).

A medida que el Cr⁶⁺ se reduce y pasa a Cr³⁺ se produce un cambio de color en el agua, pasando de amarillo a azul.

Una vez que se tiene el 100% del Cr⁶⁺ reducido, se pasa al TK-120B, donde tiene lugar la neutralización mediante la adición de NaOH, alcanzando se un pH final de aproximadamente 7,5-8. La adición de NaOH también tiene otra función y es la de romper la emulsión agua-aceite mediante la subida y bajada de pH, favoreciendo la formación de flóculos en las etapas posteriores.

En el caso de que no se haya podido llevar a cabo el 100% de la reducción del Cr⁶⁺ en las columnas de relleno, el tanque de almacenamiento y tratamiento TK-120B posee unos difusores situados en el fondo del mismo para la distribución de SO₂ (que en este caso es comprado a suministrador).

ETAPA N° 3

En esta etapa, una vez que se ha reducido todo el Cr⁶⁺ y neutralizado el pH, tiene lugar la oxidación del hierro y la adición de floculante. Dicha etapa se lleva a cabo en TK-113 y TK-114, que son dos tanques que poseen las mismas características y dimensiones se trabajan en serie. En el primero de ellos tiene lugar la adición de hipoclorito sódico. Los objetivos de la adición de hipoclorito sódico son los siguientes: desinfección, reducción de la DBO₅, reducción de colores y olores, oxidación del hierro

que se encuentra presente en el agua residual. La adición de hipoclorito sódico también presenta varios inconvenientes: producen compuestos tóxicos generados por la reacción de los compuestos clorados con la materia orgánica alcanzando a personas y forma de vida acuáticas, transfiere un fuerte olor medicinal al agua así como una ligera tonalidad amarilla como consecuencia de la oxidación del hierro. El tratamiento con hipoclorito sódico solo se llevará a cabo cuando así lo requiera el tratamiento por las características del agua residual.

Posteriormente se pasa al TK-114, en el que se adiciona floculante sintético al mismo tiempo que se tiene en marcha el agitador a 1.500 r.p.m. Esta velocidad de agitación mecánica es suficiente para que el floculante sea distribuido de uniformemente por todo el tanque y no se rompan los flóculos. Con la adición de floculante se consigue una elevada eliminación de los sólidos en suspensión así como una importante reducción de la DQO y de la DBO₅.

ETAPA N° 4

En esta etapa se lleva a cabo la eliminación de los flóculos mediante flotación por aire disuelto (DAF) y un clarificador cilíndrico. En el DAF se le inyecta aire disuelto por la parte inferior, de forma que las burbujas al ascender a través del líquido arrastran a los flóculos a la superficie, siendo éstos retirados mediante un rascador. La entrada de agua al clarificador se encuentra en el centro, distribuyéndose uniformemente por todo el dispositivo y realizándose la salida a través de un rebosadero que se encuentra en los extremos del clarificador, obteniéndose así un agua limpia sin partículas en suspensión. La eliminación de los lodos generados en el clarificador se realiza mediante un rascador con movimiento radial.

Estos dos equipos pueden trabajar en serie o en paralelo dependiendo de las condiciones en las que llegue el agua a la P.T.A.R.

ETAPA N° 5

Los lodos formados en el DAF y en el clarificador son almacenados y posteriormente conducidos a un filtro prensa en donde son compactados y se les elimina el agua que retienen en su interior.

Los lodos ya compactados son transportados mediante una cinta transportadora a un contenedor, para trasladarlos posteriormente mediante un camión, a la piscina de lodos donde son deshidratados. Finalmente son retirados por un gestor de residuos autorizado.

ETAPA N° 6

Es en esta etapa donde tiene lugar el vertido, en base a la ordenanza municipal de vertidos de Puerto Real. Así, a la salida del clarificador se tomará una muestra del agua vertida, independientemente del destino de dicha agua y sobre la muestra se analizarán los siguientes parámetros:

- Cr⁶⁺
- Cromo Total
- pH
- Conductividad
- Turbidez
- Cobre
- Zinc
- Plomo
- Níquel
- Manganeso
- Hierro
- Cadmio

Los datos se registrarán en papel y se incorporarán a una base de datos electrónica.

El vertido se realizará de forma directa vertiendo sobre el TK-112C y nunca directamente a la red , controlando durante el vertido la turbidez y el pH. Las razones que motivan esta forma de realizar el vertido se basan en que si se registrase algún tipo de anomalía se detendría el vertido y se recircularía al TK-113, donde podría tratarse nuevamente.

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso descrito anteriormente, y la sección para la que se ha desarrollado el PFC.

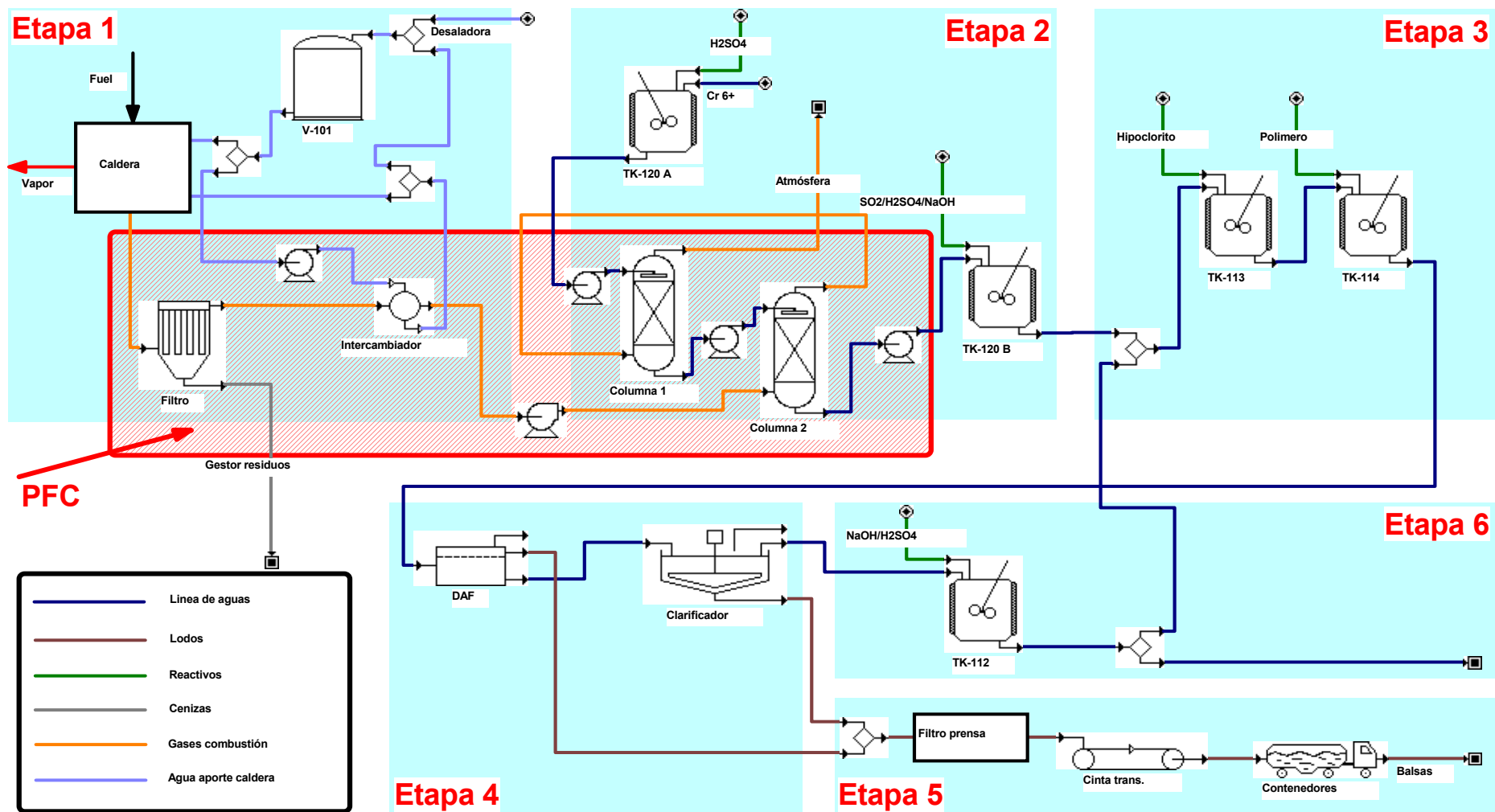


Figura 5.1: Diagrama de flujo del proceso completo.

CAPÍTULO 6: MATERIAS PRIMAS

A continuación se describen las materias primas necesarias para la operación correcta de la planta. Concretamente dichas materias primas pueden clasificarse en tres grupos:

- Residuos generados en la propia industria, tales como: agua residual crómica, SO₂ proveniente de la combustión y ácido sulfúrico residual.
- Reactivos necesarios para tratar el agua residual: hipoclorito sódico, floculante polimérico y sosa. Se excluyen de este grupo reactivos como el ácido sulfúrico residual y el SO₂ ya que se encuentran clasificados como residuos generados en la propia industria.
- Materias primas secundarias como son fuel-oil N° 2 y agua de aporte de caldera

6.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

A continuación se procede a la caracterización de las materias primas más significativas:

GASES DE COMBUSTIÓN

Características físico-químicas:

- Q (Nm³/h): 11593,22.
- T (K): 473,15.
- CO (ppm): 30.
- CO₂ (%): 9,6.
- SO₂ (mg/Nm³): 2453.
- O₂ (%): 8,3.
- NO_x (ppm): 224,6.
- Partículas (mg/Nm³): 149.
- Opacidad (escala Bacharach): 4.

- Peso molecular: 29,5.
- Humedad (%): 4.

Cortesía de la entidad colaboradora *INTERLAB*. Ver “Anexo 2: Caracterización de los gases de combustión”.

ANHÍDRIDO SULFUROSO, SO₂

El SO₂ se encuentra presente en la corriente de gases generados en la combustión de la caldera de fuel-oil N° 2. Características físico-químicas:

- Peso molecular: 64.
- Temperatura de fusión (°C): -72,52.
- Temperatura de ebullición (°C): -10,01.
- Temperatura crítica (°C): 157,65.
- Densidad relativa del gas (aire = 1): 2,3 a 15 °C.
- Densidad relativa del líquido (agua = 1): 1,39 a 15 °C.
- Presión de vapor (bar): 3,30 a 20 °C.
- Solubilidad en agua: se hidroliza. Ver “Anexo 3: Solubilidad del anhídrido sulfuroso (SO₂)”.
- Apariencia y color: gas incoloro.
- Olor: acre.
- Temperatura de autoinflamación: no aplicable.
- Rango de inflamabilidad (% de volumen en aire): no inflamable.
- Otros datos: el producto es más pesado que el aire. Puede acumularse en espacios confinados, particularmente en sótanos y a nivel del suelo. Ver “Anexo 15: Ficha de datos de seguridad”.

AGUA RESIDUAL CRÓMICA

Características físico-químicas:

- Caudal (m³/h): 3,6.
- Cr⁶⁺ (mg/l): 1700.
- Cr³⁺ (mg/l): 300.

- Cr total (mg/l): 2000.
- T^a (°C): Ambiente.
- pH: 2-3.
- Sólidos suspensión (mg/l): 5-10.
- Densidad (kg/m³): 1000.
- Viscosidad (kg/m·s): 1·10⁻³.

Cortesía de *Delphi Automotive Systems, S.A.*

FUEL-OIL N° 2

Características físico-químicas:

- C (%): 83,7.
- H (%): 9,20.
- S (%): 3,6.
- N(%): 1,00.
- Agua (%): 2,00.
- Cenizas (%): 0,50.
- P.C.S (kJ/kg): >41500.
- P.C.I (kJ/kg): >39400.

Cortesía de *Delphi Automotive Systems, S.A.*

ÁCIDO SULFÚRICO RESIDUAL, H₂SO₄

El ácido sulfúrico residual contiene entre otras sustancias óxidos de hierro procedentes del decapado, tratamiento superficial que se le realiza a los metales.

Características físico-químicas:

- Peso molecular: 98,1.
- Temperatura de fusión (°C): 10.
- Temperatura de ebullición (°C): 340, se descompone.
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,4.
- Densidad relativa (agua = 1): 1,8.

- Presión de vapor (kPa): 0,13 a 146 °C.
- Solubilidad en agua: miscible.
- Apariencia y color: líquido higroscópico, incoloro y aceitoso.
- Olor: inodoro.
- Temperatura de autoinflamación: no aplicable.
- Rango de inflamabilidad (% de volumen en aire): no inflamable.
- Otros datos: La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para la mayoría de metales más comunes, originando hidrógeno (gas inflamable y explosivo). Ver “Anexo 15: Ficha de datos de seguridad”.

HIPOCLORITO SÓDICO, NaOCl

Características físico-químicas:

- Peso molecular: 74,4.
- Densidad relativa (agua = 1): 1,1.
- Solubilidad en agua (g/100 ml): 29,3 a 0 °C.
- Apariencia y color: Solución clara, ligeramente amarilla.
- Olor: característico.
- Temperatura de autoinflamación: no aplicable.
- Rango de inflamabilidad (% de volumen en aire): no inflamable.
- Otros datos: La sustancia se descompone al calentarla intensamente, en contacto con ácidos y bajo la influencia de luz, produciendo gases tóxicos y corrosivos, incluyendo cloro. Ver “Anexo 15: Ficha de datos de seguridad”.

SOSA, NaOH

Características físico-químicas:

- Peso molecular: 40.
- Temperatura de fusión (°C): 318.
- Temperatura de ebullición (°C): 1390.
- Densidad relativa del líquido (agua = 1): 2,1.
- Presión de vapor (kPa): 0,13 a 739 °C.

- Solubilidad en agua (g/100 ml): 109 a 20 °C.
- Apariencia y color: Sólido blanco, deliquescente en diversas formas.
- Olor: inodoro.
- Temperatura de autoinflamación: no aplicable.
- Rango de inflamabilidad (% de volumen en aire): no inflamable.
- Otros datos: La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como cinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (combustible y explosivo). Ver “Anexo 15: Ficha de datos de seguridad”.

AGUA DE APORTE PARA LA CALDERA

Para evitar la formación de depósitos e incrustaciones el agua de alimentación debe tener las siguientes características físico-químicas:

- Aspecto visual: transparente sin color ni sedimentos.
- Dureza en °hf: <0,05.
- pH (20 °C): 8-9,5.
- O₂ (mg/l): <0,02.
- CO₂ libre: no detectable.
- CO₂ combinado como CO₃H⁻ + CO₃ (mg/l): <10.
- Fe (mg/l): <0,03.
- Cu (mg/l): <0,007.
- Materia orgánica valoradas en mg/l de MnO₄K consumido: <7.
- Aceite (mg/l): <0,5.
- SiO₂ (mg/l): <70.
- Salinidad total (mg/l): <1500.
- Alcalinidad total (mg/l): <300.
- Sólidos en suspensión (mg/l): <75.
- Fosfatos (mg/l): <10.

Cortesía de BEKOX, S.A. *tratamientos del agua.*

CAPÍTULO 7: MAQUINARIAS Y EQUIPOS

En este capítulo se exponen todos las especificaciones técnicas necesarias acerca de cada uno de los equipos que conforman la planta para la ejecución del presente proyecto, tanto los elementos principales como los auxiliares.

Los equipos se han agrupado según diferentes epígrafes:

- Filtro de mangas.
- Intercambiador de calor.
- Columna de relleno.
- Tuberías y uniones.
- Bombas.
- Soplantes.
- Válvulas.
- Sensores y controladores.

Todos los cálculos necesarios para el dimensionado de los equipos citados anteriormente se encuentran en el “Anexo a la memoria”.

Única y exclusivamente se realizará el dimensionado de: **filtro de mangas, intercambiador de calor, columnas de relleno** y de equipos auxiliares como: **bombas, soplantes, tuberías, válvulas y sensores** necesarios para la ejecución del presente proyecto. Excluyéndose de esta forma el dimensionado de: **tanques, caldera, compresores, DAF, clarificador y filtro prensa**; por no ser objeto del presente proyecto.

Los tanques de acumulación de agua residual TK-120A, TK-120B y TK-112C, así como el tanque de acumulación de agua de aporte de caldera TK-101A y TK-101B, no serán diseñados ya que se van a utilizar los mismos, no obstante, debido a la relación directa que tiene sobre determinados equipos del presente proyecto, se realizará un breve resumen donde se reflejaran las características mas significativas de los tanques.

7.1. TANQUES DE ACUMULACIÓN

7.1.1. TK-120A/TK-120B

Son depósitos de almacenamiento de agua residual crómica de 400 m³ de capacidad.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Depósito vertical atmosférico abierto y fondo cónico construido en acero inoxidable 316 de 13 mm de espesor, con recubrimiento interior de 3 mm de polipropileno. Descansa sobre una superficie de hormigón armado de 30 cm y presenta boca de inspección en la parte inferior del depósito.

DIMENSIONES

- Diámetro: 8.200 mm.
- Altura total: 8.100 mm.
- Capacidad: 400 m³.

7.1.2. TK-112C

Depósito de almacenamiento de agua residual tratada de 2.560 m³ de capacidad.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Depósito vertical atmosférico abierto y fondo cónico construido en acero inoxidable 316. Descansa sobre una superficie de hormigón armado de 30 cm de espesor y presenta boca de inspección en la parte inferior del depósito.

DIMENSIONES

- Diámetro: 21.000 mm.
- Altura total: 8.100 mm.
- Capacidad: 2.560 m³.

7.1.3. TK-101A/TK-101B

Son depósitos de almacenamiento de agua de aporte de caldera de 950 m³ de capacidad.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Depósito vertical atmosférico abierto y fondo cónico construido en acero inoxidable 316 de 13 mm de espesor. Descansa sobre una superficie de hormigón armado de 30 cm de espesor. Presenta boca de inspección en la parte inferior del depósito y sistema de venteo para prevenir la formación de vacío o presión interna, de tal forma que se evite la deformación del techo o de las paredes del tanque como consecuencia de llenados, vaciados o cambios de temperatura ambiente, siendo como mínimo igual al tamaño mayor de las tuberías de llenado o vaciado, y en ningún caso inferiores a 35 mm de diámetro interno.

DIMENSIONES

- Diámetro: 11.000 mm.
- Altura total: 10.500 mm.
- Capacidad: 950 m³.

A continuación se muestra una tabla resumen con las dimensiones de los depósitos:

	TK-120A/TK-120B	TK-112C	TK-101A/TK-101B
V _{útil} (m ³)	400	2.560	950
H (m)	8,1	8,1	10,5
D (m)	8,2	21	11

Figura 7.1: Dimensiones de los depósitos.

7.2. FILTRO DE MANGAS

Los gases de combustión que se generan en la caldera arrastran partículas o inquemados. La separación de estas partículas o inquemados de la corriente de gas se realiza a través de diversos filtros mangas. Ver “Anexo 4: Dimensionado del filtro de mangas”.

MARCA Y MODELO

TORIT, modelo DALAMATIC DLM-C o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El filtro está formado por módulos que contienen una columna de 10 elementos filtrantes cada uno, montados en una placa hermética de soporte. Los elementos están encajados en serie en la placa soporte y la disposición hermética individualizada separa eficazmente el lado sucio (entrada) del lado limpio (salida). La retirada de los elementos filtrantes siempre se lleva a cabo desde el lado limpio del filtro. Cada elemento filtrante desmontable es de forma rectangular y consiste en una jaula metálica para soportar la manga filtrante. En la parte superior de la jaula se suelda un colector de salida con brida de sujeción y cierre. La propia manga filtrante es de forma rectangular, con una junta de cierre elástico en el extremo abierto. La manga se coloca tirando de ella por encima de la jaula de soporte hasta que la junta de cierre llega a la brida. La junta se comprime al sujetar el panel filtrante a la plancha de soporte, separando eficazmente el lado sucio del lado limpio del filtro.

La placa soporte de mangas está construida en chapa de acero, de estructura rectangular, con amplias pestañas que aportan rigidez, e incorpora unos alojamientos en forma de ranuras en las que se introducen los paneles y se sujetan con bridas.

Su configuración modular permite adaptarse de la forma más eficiente al espacio disponible en planta. De esta forma es posible configurar filtros con un diseño vertical u horizontal, según convenga.

El mantenimiento se realiza por la parte frontal del filtro, por lo que no es necesario dejar un gran espacio libre por la parte superior del filtro, permitiendo de esta forma rentabilizar “rincones” en la planta.

El filtro consta de tres partes; parte superior con las conexiones a los colectores de entrada y salida de aire, parte intermedia que comprende la cámara de filtración y parte inferior correspondiente a la tolva de descarga del polvo y a los sistemas de extracción y transporte del polvo (válvula rotativa, rosca extractora, etc.). Todo el conjunto se apoya en una estructura soporte adaptada. Las conexiones con los colectores se llevan a cabo mediante bridas de DN-500, PN-2,5.

El Filtro posee un sistema de limpieza a contracorriente diseñado para limpiar grandes cantidades de aire cargado de polvo que puede funcionar sin interrupción, durante largos períodos de tiempo. El sistema de limpieza a contracorriente que se activa durante el uso normal del filtro no sólo sirve para mantener en todo momento un rendimiento óptimo, sino que también permite que el filtro funcione a un ritmo constante y que mantenga una pérdida de carga uniforme en todos los elementos filtrantes.

El tubo inyector de aire comprimido se encuentra posicionado en el lado limpio del filtro, y consiste en una serie de tubos con agujeros de pequeño diámetro. Cada tubo se prolonga por toda la longitud de los paneles. El lado abierto de cada tubo se conecta mediante un manguito de goma a la válvula de aire comprimido, mientras el otro extremo, ciego, está taladrado y se sujeta con un tornillo y tuercas.

El distribuidor se fabrica de tubo grueso de acero de sección cuadrada, de 150 x 6 mm espesor ó 180 x 18 mm, con los extremos soldados. Está dotado de agujeros para las válvulas, el tapón de drenaje, inspección, válvula de seguridad y conexiones para separador de humedad del aire de entrada.

El aire comprimido se suministra a cada tubo inyector a través de la válvula de diafragma cuya apertura y cierre se controlan mediante válvula piloto solenoide conectada a la válvula diafragma mediante un tubo de nylon flexible. Las válvulas solenoide se activan secuencialmente mediante impulsos eléctricos generados por el controlador.

El controlador RJC es completamente automático y asegura que las válvulas de diafragma del filtro están funcionando en secuencia, a intervalos regulares, para facilitar la limpieza efectiva de los elementos filtrantes. La duración del impulso tiene que ser fijada en 110 milisegundos.

El controlador consta de una cubierta intemperie de protección IP-65 ABS con opción de voltaje de entrada c.a. o c.c. A su lado se encuentra una caja en la que hay instalados dos circuitos impresos que controlan las funciones de tiempo de apertura/cierre de las válvulas solenoide y el display de la placa frontal.

UNIDADES

Una

MATERIAL DE FABRICACIÓN

El material elegido para las mangas es Nómex, un polímero resistente a elevadas temperaturas. La carcasa del filtro es de acero inoxidable 316.

PÉRDIDA DE CARGA

150 mm. de c.d.a.

DIMENSIONES

- Alto: 3.921 mm.
- Largo: 7.050 mm.
- Ancho: 3.635 mm.
- Diámetro de la manga " D_m ": 300 mm.
- Longitud de la manga " L_m ": 1.500 mm.
- Número de compartimentos " N ": 12.
- Número de mangas por compartimento " n ": 10.
- Área neta de limpieza " A ": 180 m².

7.3. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Los gases de combustión que se generan en la caldera se encuentran aproximadamente a 200 °C. Resulta, por tanto, esencial enfriar los gases de combustión para aumentar el rendimiento del proceso puesto que a esta temperatura la solubilidad del SO₂, es extremadamente baja.

El intercambiador de calor desempeña dos funciones, la principal y más importante es la de enfriar los gases de combustión y la segunda de las funciones es precalentar agua de aporte de caldera, puesto que al emplearla como refrigerante se consigue su salida del intercambiador a 95 °C). Ver “Anexo 5: Dimensionado del intercambiador de calor”.

MARCA Y MODELO

LASMERT, modelo ITA-130 x 180 x 134 o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El intercambiador de calor que se va a emplear en la instalación es un intercambiador de aletas con una potencia de 425.000 kcal/h, para un caudal de gas de 15.267,85 kg/h y un caudal de refrigerante de 6.483,58 kg/h. Las temperaturas de entrada y salida del gas son: 200 °C y 50 °C respectivamente. Las temperaturas de entrada y salida del refrigerante son: 30 °C y 95 °C respectivamente.

La separación entre las aletas del intercambiador es de 1,3 mm.

El intercambiador posee conexiones de brida DN-500, PN-2,5 para la conducción del gas y brida DN-50, PN-25 para la conducción del refrigerante. Asimismo cuenta con una tapa registro para inspección y limpieza, drenaje para condensados y dos manguitos para colocación de sondas de temperatura. Todo el conjunto se apoya en una estructura soporte adaptada.

UNIDADES

Una

MATERIAL DE FABRICACIÓN

Aletas en acero inoxidable 316. Recubierto en chapa de acero inoxidable 316, aislado mediante fibra mineral.

PÉRDIDA DE CARGA

300 mm. de c.d.a.

DIMENSIONES

- Alto: 1.340 mm.
- Largo: 3.300 mm.
- Ancho: 1.800 mm.
- Potencia calorífica: 425.000 kcal/h.
- Separación de aletas: 1,3 mm.

7.4. COLUMNAS DE RELLENO

El agua residual que se genera en la citada industria lleva disuelto Cr⁶⁺, muy tóxico tanto para el hombre como para el medio ambiente, por lo que es necesario reducirlo antes de realizar el vertido. El tratamiento que recibe este efluente es el de reducir el Cr⁶⁺ a Cr³⁺ mediante la utilización de SO₂ como reductor. La misión de las columnas de relleno es la de poner en contacto, en contracorriente, el agua residual y el SO₂ procedente de los gases de combustión de la caldera. Ver “Anexo 6: Dimensionado de las columnas de relleno”.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las columnas están fabricadas en acero inoxidable 316 y presentan las siguientes características:

- Fondos: las torres proyectadas poseen dos tipos de fondos, plano en la zona inferior, que servira como superficie de apoyo y otro de geometría torisférico

decimal tipo *Koppeler* en la zona superior, construidos ambos en acero inoxidable 316 de 11 mm de espesor.

- Relleno: anillos cilíndricos tabicados (Anillos Pall), en polipropileno, de 50mm. La altura total de relleno será de 4050 mm. El relleno se deposita sobre una cesta en forma de cilindro vertical abierto por la parte superior, realizado en chapa perforada de acero inoxidable 316 de 5 mm de espesor y taladros de 45 mm. La cesta posee asas y un sistema de guías para su extracción, por la parte superior de la columna. Ver “Anexo 7: Características del empaque”.
- Distribuidor de líquido: prolongación de la tubería de entrada del líquido hasta el lado opuesto de la pared de la torre, para roscado de los rociadores. Construidos en acero inoxidable 316 y DN-50. Su misión es la de distribuir el líquido de forma homogénea a todos los rociadores.
- Rociadores o boquillas de pulverización: de geometría esférica, de 120 mm de diámetro con perforaciones de 2 mm. Construidos en acero inoxidable 316. El tamaño de los orificios ha de ser grande para evitar obstrucciones e incrustaciones. Numero de rociadores: 6.
- Plato soporte del relleno y distribuidor del gas: fabricado en acero inoxidable 316 y anclado interiormente a la torre. Presenta el mismo diámetro interno que la columna (2.000 mm) y perforaciones de 45 mm que funcionan a su vez como distribuidores de gas.
- Separador de gotas: fabricado en acero inoxidable 316. De flujo vertical. Altura 500mm.
- Bocas de carga: todo recipiente atmosférico debe poseer bocas de carga. Según Norma API Std 650, conviene instalar dos bocas de carga para inspección y/o mantenimiento de las torres diseñadas. Las bocas serán embridadas (con el mismo material que la torre) presentan 500 mm de diámetro y están ubicadas en la zona superior (a la altura del distribuidor de líquido), y en la zona inferior (a la altura del plato soporte del relleno). Su función es el mantenimiento e inspección del lecho y del distribuidor de líquido de lavado.
- Dispositivos de apoyo: las torres proyectadas descansan sobre sus bases (fondo plano). Un criterio de diseño mecánico que ha de cumplirse según la

norma API Std 650, sobre todo para recipientes verticales altos es que deben estar soportados por una losa o solera de cimentación bajo el tanque de mayores dimensiones que la planta de éste. Dicho requisito se cumple, puesto que se propone en el proyecto una solera de hormigón armado donde se apoyan las torres. Los detalles de diseño de la solera se remiten al **Capítulo 9: Obra civil e instalación eléctrica**. Las cargas a las que estarán sometidas las torres y que transmitirán al suelo a través de su propio apoyo son:

- Peso propio.
- Peso del líquido en operación normal, o agua en la prueba hidráulica.
- Peso de todos los accesorios internos (elementos internos de la torre) y externos (tuberías).
- Cargas debidas al viento.
- Cargas debidas a terremotos (cargas sísmicas).

MATERIAL DE FABRICACIÓN

Acero inoxidable 316, con un espesor de 11 mm.

UNIDADES

Dos

PÉRDIDA DE CARGA

$0,3 \text{ (N/m}^2\text{)/mm} * 4.050 \text{ mm} = 1.215 \text{ N/m}^2$ (124 mm. de c.d.a.) cada columna, debido al relleno.

DIMENSIONES

- Diámetro: 2.000 mm.
- Altura total: 7.565 mm.

7.5. TUBERÍAS Y UNIONES

7.5.1. GASES DE COMBUSTIÓN

TRAMO DE ASPIRACIÓN

Se entiende como tramo de aspiración el comprendido entre la caldera y el filtro de mangas, la tubería de conexión del filtro de mangas al intercambiador de calor y la tubería de conexión del intercambiador de calor a la boca de aspiración de la batería de soplantes.

Para dimensionar la conducción de los gases de combustión, hemos de tener en cuenta los diámetros de entrada y salida de los distintos equipos instalados en el tramo de aspiración.

Según los planos de detalles del filtro de mangas y del intercambiador que nos han suministrado los fabricantes, las conexiones de entrada y salida de los equipos instalados son bridas DN-500, PN-2,5.

Seleccionamos, una tubería de acero inoxidable 316 para todo este tramo de aspiración de DN-500, PN-2,5. Los accesorios del tramo impulsión están fabricados del mismo material que la tubería, pudiendo distinguir:

- Codos embridados de 90° con relación $R/D = 2$. DN-500, PN-2,5. Número de codos: 6, situados en la tubería de conexión caldera–filtro de mangas, filtro de mangas-intercambiador de calor e intercambiador de calor–boca de aspiración de la batería de soplantes.
- Se instalará una bifurcación en forma de Y; DN-500, PN-2,5 a la salida de la caldera para su conexión con la chimenea.
- Bridas de DN-500, PN-2,5. Número de bridas: 30, para las conexiones de las tuberías.

TRAMO IMPULSIÓN

Todos las conducciones y accesorios del tramo de impulsión estarán fabricados en acero inoxidable 316 de DN-500 y PN-2,5.

El tramo de impulsión es el comprendido entre la boca de impulsión de la batería de soplantes y la entrada a la torre II, la tubería de conexión de la torre II a la torre I y la tubería de salida del aire de la torre I hasta la chimenea de evacuación al exterior.

Es posible distinguir los siguientes accesorios en el tramo de impulsión:

- Codos embridados de 90° con relación $R/D = 2$. DN-500, PN-2,5. Número de codos: 3, situados en la tubería de conexión torre II–torre I.
- Bridas de DN-500, PN-2,5. Número de bridas: 20, para las conexiones de las tuberías.

En total, serán necesarios unos 125 m lineales de tubería en acero inoxidable 316 para todo este tramo (aspiración e impulsión) de DN-500, PN-2,5. Se ha tenido en cuenta la altura de las torres y los accesorios necesarios.

Se recomienda la utilización de un aislante para las tuberías por donde circulan gases de combustión debido a la elevada temperatura de los mismos. Se va a emplear un aislante térmico flexible de espuma elastomérica de un espesor de 5 cm. Este aislante sirve tanto para aislar térmicamente la conducción como para evitar la corrosión de la misma. Otra característica de éste material es que no propaga la llama. Ver “Anexo 10: Dimensionado de las conducciones”.

7.5.2. AGUA RESIDUAL CRÓMICA

Debido al poder corrosivo del agua residual (pH 2-3), se va a optar por montar tuberías y uniones de acero inoxidable 316. Según el plano, se requieren unos 150 m lineales de tubería, teniendo en cuenta la altura de las torres y los accesorios necesarios. Ver “Anexo 10: Dimensionado de las conducciones”.

TRAMO TK-120A–TORRE I

Para este tramo se selecciona una tubería de DN-50, PN-10 para la aspiración y una tubería de DN-50, PN-10 para la impulsión.

Se incluyen además los siguientes accesorios:

- Codos embridados de 90° con relación R/D = 2. DN-50, PN-10. Número de codos: 4, situados en el tramo TK-120A–torre I.
- Bridas de DN-50, PN-10. Número de bridas: 18, para las conexiones de la tubería tanto de la aspiración como de la impulsión.
- Reducción concéntrica DN-32 a DN-50 situado en la boca de impulsión de la bomba.

TRAMO TORRE I–TORRE II

Se selecciona para este tramo una tubería de DN-50, PN-10 para la aspiración y una tubería de DN-50, PN-10 para la impulsión.

Son precisos además los siguientes accesorios:

- Codos embridados de 90° con relación R/D = 2. DN-50, PN-10. Número de codos: 3, situados en la tubería de conexión torre I–torre II.
- Bridas de DN-50, PN-10. Número de bridas: 12, para las conexiones de la tubería tanto de aspiración como de impulsión.
- Reducción concéntrica DN-32 a DN-50 situado en la boca de impulsión de la bomba.

TRAMO TORRE II–TK-120B

En el caso de este tramo resulta necesaria una tubería de DN-50, PN-10 para la aspiración y una tubería de DN-50, PN-10 para la impulsión.

Además deben incluirse los siguientes accesorios:

- Codos embridados de 90° con relación R/D = 2. DN-50, PN-10. Número de codos: 6, situados en la tubería de conexión torre II a TK-120B y tramo de recirculación hacia torre I.
- Bridas de DN-50, PN-10. Número de bridas: 16, para las conexiones de la tubería tanto de aspiración como de impulsión.
- Reducción concéntrica DN-32 a DN-50 situado en la boca de impulsión de la bomba.

7.5.3. REFRIGERANTE –AGUA DE APORTE DE CALDERA

Por un lado, se realizará una prolongación de la tubería desde la caldera hasta el intercambiador de calor, siendo necesario para ello 15 m de tubería en acero inoxidable 314, DN-50 y PN-25. Ver “Anexo 10: Dimensionado de las conducciones”.

Los accesorios necesarios para este tramo son los siguientes:

- Codos embridados de 90° con relación R/D = 2. DN-50, PN-25. Número de codos: 2, situados en la prolongación de la tubería desde la caldera hasta el intercambiador de calor.
- Bridas de DN-50, PN-25. Número de bridas: 10, para las conexiones de la tubería.

También serán necesarios 150 m de tubería en acero inoxidable 314, DN-50 y PN-25 para cubrir el siguiente tramo: intercambiador de calor–caldera–tanque de acumulación.

Para este tramo se pueden distinguir los siguientes accesorios:

- Codos embridados de 90° con relación R/D = 4. DN-50, PN-25. Número de codos: 2, situados en la tubería de conexión intercambiador de calor–caldera.
- “T” embridada. DN-50, PN-25. Número “Ts” es: 1.
- Bridas de DN-50, PN-25. Número de bridas: 20, para las conexiones de la tubería.

Serán necesarias dos reducciones concéntricas DN-40 a DN-50 situadas en la boca de aspiración e impulsión de la bomba.

7.6. BOMBAS

Tanto el agua residual como el refrigerante–agua de aporte de caldera, deben ser impulsados a través de los diferentes equipos y accesorios. Para vencer todas las pérdidas de carga que se generan a lo largo de su recorrido se van a emplear bombas centrífugas. En dichas bombas el líquido entra por el eje del rodete, aspirado como consecuencia de la

disminución de presión que generan los álabes al girar a gran velocidad y proyectado radialmente por acción de la fuerza centrífuga, aumentando su energía cinética, transformándose ésta en energía de presión. Ver “Anexo 11: Dimensionado de las bombas”.

7.6.1. BOMBAS DE AGUA RESIDUAL CRÓMICA

MARCA Y MODELO

ITUR, modelo NL-32/250B o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Bomba centrífuga de proceso, según ISO-2858 (EN-22858). Impulsor cerrado y sellado por cierre mecánico o empaquetadura. Posee rodamientos autolubricados de por vida. Sus aplicaciones fundamentales se centran en el bombeo de fluidos limpios o agresivos, sin abrasivos ni partículas sólidas. Estas bombas poseen además un diseño que permite retirar el impulsor sin soltar las tuberías ni el motor.

UNIDADES

Tres. (Se duplicará como medida de prevención).

MATERIAL DE FABRICACIÓN

- Cuerpo de bomba: acero inoxidable.
- Tapa de bomba: acero inoxidable.
- Impulsor: acero inoxidable.
- Eje de bomba: acero inoxidable.
- Anillo desgaste cuerpo: acero inoxidable.
- Camisa recambiable: acero inoxidable.

DATOS DE LA BOMBA

- Tipo de construcción: grupo con motor (sin distanciador).
- Tipo de impulsor: cerrado.

- Diámetro impulsor: 223 mm.
- Ancho de salida: 5mm.

DATOS HIDRÁULICOS (según ISO 9906-2A)

- Caudal suministrado: 4,61 m³/h.
- Altura manométrica: 15,1 m.
- Revoluciones: 1410 r.p.m.
- Rendimiento: 20,7 %.
- Potencia absorbida: 0,917 kW.

SELLADO DEL EJE

- Tipo: ITUR DIN K.
- Materiales/junta: CS/CS-VI.

DATOS DEL MOTOR

- Potencia nominal: 1,5 kW.
- Revoluciones: 1410 r.p.m. a 50 Hz.
- Tensión nominal: trifásico a 400 V.
- Intensidad nominal: 3,18 A.
- Tipo de protección: IP-55.
- Clase de aislamiento: F.
- Clase de temperatura: B.

DIMENSIONES

- Alto: 405 mm.
- Largo: 850 mm.
- Ancho: 440 mm.

7.6.2. BOMBA DE REFRIGERANTE –AGUA DE APORTE DE CALDERA

MARCA Y MODELO

ITUR, modelo VLX(S)2-40 o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Electrobomba centrífuga multicelular vertical en acero inoxidable estampado. Posee impulsores cerrados y se encuentra sellada por cierre mecánico. Incluyen motores tipo I.E.C. Entre sus aplicaciones fundamentales se incluye el bombeo de fluidos limpios o ligeramente agresivos, sin abrasivos ni partículas sólidas.

UNIDADES

Una. (Se duplicará como medida de prevención).

MATERIAL DE FABRICACIÓN

- Cuerpo de bomba: acero inoxidable.
- Tapa de bomba: acero inoxidable.
- Impulsor: acero inoxidable.
- Difusor: acero inoxidable.
- Eje de bomba: acero inoxidable.
- Juntas tóricas: EPDM.

DATOS DE LA BOMBA

- Tipo de construcción: grupo con motor. Multicelular.
- Número de etapas: 16.

DATOS HIDRÁULICOS (según ISO 9906-2A)

- Caudal suministrado: 6,69 m³/h.
- Altura manométrica: 159 m.
- Revoluciones: 2.900 r.p.m.

- Rendimiento: 66 %.
- Potencia absorbida: 4,56 kW.

DATOS DEL MOTOR

- Potencia nominal: 5,5 kW.
- Revoluciones: 2.900 r.p.m. a 50 Hz.
- Tensión nominal: trifásico a 380 V.
- Intensidad nominal: 12,5 A.
- Tipo de protección: IP-55.
- Clase de aislamiento: F.

DIMENSIONES

- Alto: 1.100 mm.
- Largo: 280 mm.
- Ancho: 280 mm.

7.7. SOPLANTES

Los gases de combustión una vez que salen de la caldera son extraídos y obligados a circular a través de diferentes accesorios y equipos del sistema de tratamiento. Para vencer todas las pérdidas de carga que se generan a lo largo de su recorrido se va a emplear un ventilador centrífugo.

Se trata de una turbo-máquina para gases que absorbe la energía mecánica, comunicándole un incremento de presión. Es un ventilador centrífugo de alta presión (superior a 300 mm. de c.d.a.). En su operación el aire entra axialmente y sale en dirección radial. El rodete atrae al aire a su interior por la boca de aspiración, lo conduce a su periferia y lo arrastra hacia la boca de impulsión canalizado por la carcasa exterior. La brida de aspiración tiene sección circular mientras que la de impulsión es rectangular, por lo que se requiere una pieza de acoplamiento con la conducción. Ver “Anexo 12: Dimensionado de la soplante”.

MARCA Y MODELO

SODECA, modelo CAS/I-902-2T-125 o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Ventilador centrífugo en acero laminado, acabado anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 180 °C, previo desengrase, fosfatación y pasivado. Dispone de álabes a reacción de alto rendimiento. El grupo se conecta de forma directa al motor, que son asíncronos y se configuran en “jaula de ardilla”. Su aplicaciones son la impulsión de aire en transportes neumáticos, quemadores o la aspiración de aire polvoriento, siempre a temperaturas inferiores a 120 °C.

UNIDADES

Una. (Se duplicará como medida de prevención).

MATERIAL DE FABRICACIÓN

- Carcasas: chapas de acero laminado.
- Turbinas: acero laminado, con álabes a reacción de alto rendimiento, especialmente estudiadas con métodos aerodinámicos, para conseguir máximas prestaciones con mínimo nivel sonoro.

DATOS HIDRÁULICOS

- Caudal máximo: 24.000 m³/h.
- Presión total: 1.200 mm. de c.d.a.
- Revoluciones: 2.960 r.p.m.

DATOS DEL MOTOR

- Potencia nominal: 90 kW.
- Revoluciones: 2.960 r.p.m. a 50 Hz.
- Tensión nominal: trifásico a 380 V.
- Intensidad nominal: 154 A.
- Tipo de protección: IP-55.

- Clase de aislamiento: F.

DIMENSIONES

- Alto: 1400 mm.
- Largo: 1250 mm.
- Ancho: 1220 mm.

7.8. VÁLVULAS

Las válvulas van a permitir regular el paso del fluido por las conducciones, impedirán el retroceso del fluido una vez que entren en uno de los recipientes o equipos y, desempeñan funciones de seguridad.

Casi todas las válvulas serán “de bola”, ya que es el mejor sistema cuando se requieren frecuentes aperturas y cierres de las líneas, aunque también se emplearan válvulas de mariposa para los tramos caldera–filtro de mangas y caldera–chimenea ya que serán las encargadas de conducir el flujo hacia la chimenea o hacia el intercambiador de calor.

Todas las válvulas serán motorizadas y con señalización de las posiciones abierto-cerrado.

MARCA Y MODELO DE LOS ACTUADORES

AUMA, modelo SAEX 14,1-45 o similar.

DATOS DE LOS ACTUADORES

- Potencia: 1,5 kW.
- Tensión nominal: trifásico a 380 V.
- Protección: IP-67.
- Rango de temperatura: -25 hasta 125 °C.

La unión de las válvulas con los tramos de tubería se realizará en todos los casos mediante bridas.

7.9. SENSORES Y CONTROLADORES

Para llevar el control de las distintas corrientes que intervienen en el presente proyecto se han instalado los siguientes sensores.

7.9.1. CONTROL DE LIMPIEZA DEL FILTRO

El control en continuo de la pérdida de carga de los elementos filtrantes no solo permite mantener un rendimiento óptimo sino que también permite que el filtro funcione a un ritmo constante y que mantenga una pérdida de carga uniforme, controlando así el grado de ensuciamiento de las mangas y efectuando la limpieza automática del filtro mediante flujo inverso de aire comprimido.

Consiste en dos transmisores de presión, uno a la entrada y otro a la salida del filtro, de manera que en base a la diferencia de presión entre ambos, se controla el grado de colmatación del filtro. Una vez programado el punto de consigna (se establecerá *in situ*), pilotará la válvula piloto solenoide que se encargará de regular la válvula diafragma. Ver “Anexo 13: Instrumentación y control”.

Instrumental necesario:

- Transmisor de presión
- Controlador todo/nada (On/Off)
- Válvula de accionamiento eléctrico On/Off

MARCA Y MODELO

SIEMENS, transmisor de presión, serie ZD o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tipo: galga extensométrica de película fina.
- Rango: 0-400 bar.
- Salida: 4-20 mA.
- Precisión: <0,25%.

- Tensión de alimentación: 12-30 V DC.
- Material: acero inoxidable 316.

7.9.2. CONTROL DE LA TEMPERATURA DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN

Se usa para medir y controlar la temperatura de los gases de combustión a la salida del intercambiador de calor. Consiste en una sonda situada a la salida del intercambiador de calor en contacto con los gases de combustión.

Una vez programado el punto de consigna (se establecerá en torno a 50 °C), pilotará la electrobomba que se encargará de regular el caudal de refrigerante. Ver “Anexo 13: Instrumentación y control”.

Instrumental necesario para la dosificación automática:

- Termoresistencia tipo Pt
- Controlador PID
- Relé de estado sólido (SSR)
- Electrobomba

MARCA Y MODELO

SIEMENS, termoresistencia tipo Pt 100 o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tipo: Pt 100.
- Rango: -50 °C+600 °C.
- Salida: 4-20 mA.
- Precisión: ± 1°C.
- Material: Platino.

7.9.3. CONTROL DE APORTE DE CALDERA

El siguiente lazo de control será el encargado de medir y controlar el caudal de aporte de caldera de forma automática mediante regulación del caudal del depósito de abastecimiento.

La alimentación de la caldera mediante dos vías aumenta la complejidad a la hora de realizar el control. La caldera se alimenta por la parte inferior con agua precalentada procedente del intercambiador de calor y por la parte superior con agua del depósito de abastecimiento proveniente de la desaladora, siendo en ésta última donde actuaría el regulador.

Para realizar el control serán necesarias dos sondas, una en cada línea de alimentación, encargadas de medir el caudal. Una vez programado el punto de consigna (se establecerá en torno a 24 m³/h), pilotará la electrobomba regulando el caudal de aporte del depósito de abastecimiento.

Se emplearán sensores de ultrasonido, que miden la velocidad de propagación del sonido dentro del fluido, que dependerá de la velocidad del líquido. No se ven afectados por la viscosidad, ni por la presencia de sólidos en suspensión. No introducen pérdidas de carga en la conducción, pudiendo instalarse de forma independiente a la tubería. Ver “Anexo 13: Instrumentación y control”.

Instrumental necesario para la dosificación automática:

- Caudalímetro
- Controlador PID de dos entradas
- Relé de estado sólido (SSR)
- Electrobomba

MARCA Y MODELO

SIEMENS, caudalímetro serie 3300 CT o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tipo: ultrasónico.
- Rango: velocidad de flujo máxima 10 m/s.

- Salida: 0-20 mA o 4-20 mA.
- Precisión: <0,5%.
- Tensión de alimentación: 115/230 V DC.
- Material: acero inoxidable.

7.9.4. CONTROL DEL pH

Mide y controla el pH del agua residual en los tanques de almacenamiento, TK-120A, TK-120B y TK-112C mediante la dosificación automática de sosa o de sulfúrico residual.

Consiste en una sonda inmersa en los tanques de almacenamiento de agua residual. Una vez programado el punto de consigna (se establecerá en torno a 2,5-3 unidades en TK-120A y 7,5-8 unidades en TK-120B y TK-112C), pilotará la electroválvula abriendo o cerrando las líneas de sulfúrico o de sosa en función del pH medido. Ver “Anexo 13: Instrumentación y control”.

Instrumental necesario para la dosificación automática de reactivos:

- Medidor de pH (salida pH)
- Controlador On/Off
- Válvula de accionamiento eléctrico On/Off
- Bomba dosificadora de sosa
- Bomba dosificadora de ácido sulfúrico

MARCA Y MODELO

SIEMENS, SIPAN 32 o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Rango: 0-14.
- Salida: 0-20 mA o 4-20 mA.
- Precisión: 99,3% ± 0,7%.
- Tensión de alimentación: 115/230 V DC.
- Material: electrodo de vidrio.

7.9.5. CONTROL DE NIVEL EN LAS TORRES DE RELLENO

Resulta fundamental controlar el nivel del líquido de lavado en las torres de relleno, mediante la apertura o cierre de las válvulas de situadas a la entrada de las columnas de relleno. Con objeto de evitar las arrancadas y paradas continuas de la bomba de alimentación se llevará a cabo una *recirculación* del líquido mediante el empleo de dos válvulas de tres vías para cada columna.

Consiste en un detector de nivel para cada columna de relleno. Una vez establecido los niveles máximos y mínimos, pilotarán las válvulas de tres vías situadas a la entrada de cada columna. Ver “Anexo 13: Instrumentación y control”.

Instrumental necesario:

- Sonda de nivel
- Controlador On/Off
- Electroválvulas de tres vías

MARCA Y MODELO

SIEMENS, detector de nivel serie pointek ULS 200 o similar.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tipo: detector de nivel ultrasónico.
- Rango: 0,25 a 10 m.
- Salida: 5 A a 250 V AC o 5 A a 48 V DC.
- Precisión: <0,25%.
- Tensión de alimentación: 100 a 230 V AC o 18 a 30 V DC.
- Material: policarbonato.

CAPÍTULO 8: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta de los equipos del presente proyecto se ha realizado atendiendo a la ubicación actual de los distintos equipos en la P.T.A.R. de la citada fábrica y al espacio disponible ente ellos, de forma que las labores de mantenimiento puedan ejecutarse sin ningún inconveniente y buscando la comodidad para el trabajador. Ver “Plano 1: Distribución en planta de los equipos”.

CAPÍTULO 9: OBRA CIVIL E INSTALACIÓN ELÉCTRICA

9.1. OBRA CIVIL

Se realizará una descripción de la obra civil requerida para la ejecución del presente proyecto.

La obra civil consiste básicamente en la construcción de una solera de hormigón para el apoyo y el anclaje de las torres de relleno, además de la construcción del cubeto de retención correspondiente. Se acondicionará el suelo para construir una solera de hormigón de 40 cm de espesor, armada con doble mallazo de acero. En dicha superficie, van anclados todos los equipos (las dos torres y las bombas para el transporte de líquido).

Se dispondrá asimismo de un cubeto de retención cuya finalidad es la contención del agua residual en caso de fugas o derrames en las torres de relleno. El cubeto de retención consiste en un recinto de ladrillo enfoscado por las dos caras y revestido de resina (material protector frente a la corrosión), levantados sobre una altura de 50 cm sobre el nivel de la solera de hormigón.

9.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Tiene por objeto señalar las características técnicas que debe cumplir la instalación eléctrica del sistema, de acuerdo con la reglamentación vigente.

Se tendrá en cuenta las especificaciones establecidas en:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión aprobado por el Decreto del Ministerio de Industria 2.413/1.973 de 20 de Septiembre (B.O.E. de 09/10/73).
- Instrucciones Técnicas Complementarias del R.E.B.T. aprobadas por Orden del Ministerio de Industria de 31 de Octubre de 1.973 (B.O.E. de 27, 28, 29 y 31/12/73).

La electricidad será suministrada por la compañía eléctrica responsable del abastecimiento eléctrico de la citada empresa.

La instalación eléctrica consistirá en líneas de baja tensión de 220 V y 380 V, siendo la tensión de servicio de 380/III (trifásica) x 220 V a 50 Hz.

La potencia instalada en el sistema proyectado es de:

- Ventilador: 90.000 W.
- Bombas centrifugas: 1.500 W.
- Bomba de agua de refrigeración- aporte de caldera: 5.500 W.
- Actuadores de las válvulas: 1.500 W.

Según oferta realizada por empresa la instaladora *Eléctrica 93*, el sistema proyectado precisa los siguientes elementos:

- Cuadro eléctrico de protección y maniobra.
- Tipología de los conductores (circuito trifásico y conductores de cobre con aislamiento en PVC.):
 - Cable tetrapolar de 95 mm², flexible y VV 0,6/1 kV para la soplante.
 - Cable tetrapolar de 1,5 mm², flexible y VV 0,6/1 kV para las bombas.
 - Cable tripolar de 1,5 mm², flexible y VV 0,6/1 kV para los actuadores.
- Canalizaciones eléctricas desde el cuadro hasta los receptores.

La instalación se realizará mediante canalizaciones constituidas por conductores de cobre aislados, instalados en el interior de un tubo de PVC rígido.

El cuadro eléctrico y protección son necesarios para el funcionamiento de la instalación eléctrica.

En dicho cuadro se encuentran una serie de dispositivos como controladores, interruptores eléctricos, cuenta horas, voltímetros, amperímetros...etc. De forma que pueden controlarse todos los equipos de la instalación, mediante los correspondientes interruptores On/Off. Ver **“Anexo 14: Dimensionado de la instalación eléctrica”**.

CAPÍTULO 10: SEGURIDAD Y SALUD

En este capítulo se realizará una descripción de las medidas generales de seguridad de obligado cumplimiento según el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (I.T.C. MIE-APQ 6).

Posteriormente, se centrará en profundizar en los riesgos higiénicos específicos del proyecto y la forma de controlarlos, estos riesgos serán básicamente higiénicos por exposición a los agentes químicos utilizados en el tratamiento del agua residual: ácido sulfúrico residual, sosa e hipoclorito sódico.

El empresario, en este caso, el responsable de la planta, está obligado, por la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales de 8 de Noviembre, a formar e informar a los trabajadores en materia de seguridad y salud. Además, en su capítulo 6, artículo 41, obliga al empresario a dar a conocer las instrucciones (fichas de seguridad) al personal encargado de manipular dichos productos.

Quedan excluidos los estudios de los riesgos asociados a la instalación eléctrica, obra civil, exposición a ruidos, etc. que dependerá de la ubicación del sistema y del plan de seguridad y salud vigente en la industria considerada.

10.1. MEDIDAS GENERALES DE SEGURIDAD (I.T.C. MIE-APQ 6)

La instrucción Técnica complementaria ITC MIE-APQ 6, del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (R.D. 379/2001 de 6 de Abril), en su apartado 6º *medidas de seguridad*, obliga sin excepción alguna a que se cumplan las disposiciones de seguridad relativas a almacenamiento de productos corrosivos (sosa, hipoclorito sódico y ácido sulfúrico) que se detallan a continuación.

Según el apartado 4 de *clasificación de productos corrosivos* de la sección 1ª *generalidades* de la mencionada I.T.C., se pueden clasificar tanto la sosa, el hipoclorito sódico y el ácido sulfúrico como productos de clase B. Pertenecen a este grupo las

sustancias que provocan una necrosis perceptible al tejido cutáneo en el lugar de la aplicación, al aplicarse sobre la piel intacta de un animal por un periodo de tiempo comprendido entre tres minutos como mínimo y sesenta minutos como máximo.

CONCEPTOS BÁSICOS DE HIGIENE INDUSTRIAL

Para evaluar los riesgos higiénicos por exposición vía inhalatoria de agentes químicos se definen los Valores Límite Umbrales o T.L.V. de la *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (A.C.G.I.H). Estos valores se clasifican en función de los efectos sobre las personas en atmósferas de trabajo (exposiciones por vía respiratoria); en mg de agente químico/m³ de aire o p.p.m.

- TLV-TWA (Valor Límite Umbral Ponderado en el Tiempo): concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de trabajo de 8 horas diarias y 40 semanales, a la cual pueden estar expuestos casi todos los trabajadores, día tras día, sin efectos adversos.
- TLV-STEL (Valor Límite Umbral de Exposición de Corta Duración): concentración media de un periodo de 15 minutos, que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada laboral, aun cuando la concentración media correspondiente a 8 horas resulte inferior al TLV-TWA. Las exposiciones comprendidas entre el TLV-TWA y el TLV-STEL no deben superar los 15 minutos y no deben producirse más de 4 veces al día. Entre dos exposiciones cualesquiera en este rango debe haber, al menos, un intervalo de 60 minutos.

FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD

- Ácido sulfúrico. Ver “Anexo 15: Ficha de datos de seguridad”.
- Hipoclorito sódico. Ver “Anexo 15: Ficha de datos de seguridad”.
- Sosa. Ver “Anexo 15: Ficha de datos de seguridad”.

INSTALACIONES DE SEGURIDAD

- Señalización: en el almacenamiento, y sobre todo, en áreas de manipulación se colocarán, bien visibles, señales normalizadas, según establece el Real Decreto

sobre Señalización en Lugares de Trabajo, que indiquen claramente la presencia de líquidos corrosivos, además de los que pudieran existir por otro tipo de riesgo.

- Prevención de derrames: para evitar proyecciones de líquido corrosivo por rebosamiento, tanto de tanques o depósitos como de cisternas en operaciones de carga y descarga, se adoptarán las siguientes medidas de prevención de derrames:
 - En tanques y depósitos: el sistema de protección en tanques y depósitos dependerá del tipo de instalación, de modo que se garantice que no haya sobrellenos de los recipientes por medio de los elementos de seguridad independientes, por ejemplo, indicadores de nivel y alarma independiente de alto nivel. La válvula de bloqueo podrá ser de accionamiento automático o manual.
 - En cisternas: se utilizará tubo buzo telescópico hasta el fondo de la cisterna o llenado por el fondo de la misma y se tendrán en cuenta las disposiciones al respecto establecidas en el Real Decreto sobre carga/descarga de materias peligrosas.
 - En mangueras: se evitará el goteo en los extremos de las mangueras. Caso de producirse se recogerá adecuadamente.
- Iluminación: el almacenamiento estará convenientemente iluminado cuando se efectúe manipulación de dichos líquidos corrosivos.
- Duchas y lavaojos: se instalarán duchas y lavaojos en las inmediaciones de los lugares de trabajo, fundamentalmente en áreas de carga y descarga, llenado de bidones, bombas y puntos de toma de muestras. Las duchas y lavaojos no distarán más de 10 m en los puestos de trabajo indicados y estarán libres de obstáculos y debidamente señalizados.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Teniendo en cuenta las características del producto almacenado y el tipo de operación a realizar, el personal del almacenamiento dispondrá para la manipulación de ropa apropiada y de equipos de protección y primeros auxilios para ojos y cara, manos, pies y piernas, etc.

Todos los equipos de protección personal cumplirán con la reglamentación vigente que les sea aplicable.

FORMACIÓN DEL PERSONAL

Los procedimientos de operación se establecerán por escrito. El personal del almacenamiento, en su plan de formación, recibirá instrucciones específicas del titular del almacenamiento, oralmente y por escrito, sobre:

- Propiedades de los líquidos corrosivos que se almacenan.
- Función y uso correcto de los elementos e instalaciones de seguridad y de los equipos de protección personal.
- Consecuencias de un incorrecto funcionamiento o uso de los elementos e instalaciones de seguridad y del equipo de protección personal.
- Peligro que pueda derivarse de un derrame o fugas de los líquidos almacenados y acciones a adoptar.

El personal del almacenamiento tendrá acceso a la información relativa a los riesgos de los productos y procedimientos de actuación en caso de emergencia, que se encontrará disponible en letreros bien visibles.

PLAN DE REVISIONES

Cada almacenamiento tendrá un plan de revisiones propias para comprobar la disponibilidad y buen estado de los elementos e instalaciones de seguridad y equipo de protección personal. Se mantendrá un registro de las revisiones realizadas. El plan comprenderá la revisión periódica de:

- Duchas y lavaojos: las duchas y lavaojos deberán ser probados como mínimo una vez a la semana, como parte de la rutina operatoria del almacenamiento. Se harán constar todas las deficiencias al titular de la instalación y éste proveerá su inmediata reparación.
- Equipos de protección personal: los equipos de protección personal se revisarán periódicamente siguiendo las instrucciones de sus fabricantes/suministradores.

- Equipos y sistemas de protección contra incendios.

PLAN DE EMERGENCIAS

Cada almacenamiento o conjunto de almacenamiento dentro de una misma propiedad tendrá su plan de emergencia. El plan considerará las emergencias que pueden producirse, la forma precisa de controlarlas por el personal del almacenamiento y la posible actuación de servicios externos. Se tendrá en cuenta la aplicación del Real Decreto de Accidentes Mayores.

El personal que deba intervenir conocerá el plan de emergencias y realizará periódicamente ejercicios prácticos de simulación de siniestros como mínimo una vez al año, debiendo dejar constancia de su realización.

Se deberá disponer de equipos adecuados de protección personal para intervención de emergencias.

10.2. PLAN DE INSPECCIÓN PARA RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO

Además del mantenimiento ordinario de las instalaciones previamente descrito, cada depósito de almacenamiento dispondrá de un plan de inspecciones propias para comprobar la disponibilidad y buen estado de los equipos e instalaciones, que comprenderá la inspección periódica de los depósitos de almacenamiento de líquidos corrosivos (torres y depósitos de reactivos). Se seguirán las recomendaciones expuestas en la I.T.C. MIE-APQ 6 de Almacenamiento de Productos Corrosivos para productos corrosivos de la clase B.

Cada empresa designará un responsable de dichas revisiones, propio o ajeno, el cual reunirá los requisitos que la legislación exija y actuará ante la administración como inspector propio en aquellas funciones que los distintos reglamentos así lo exijan.

Independientemente de lo establecido en el artículo 4 del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, se procederá a la revisión periódica de las instalaciones, conforme se indica a continuación:

- Cada año se realizarán, además de las comprobaciones recomendadas por el fabricante, las siguientes operaciones:
 - Se comprobará visualmente: el correcto estado de los cubetos, cimentaciones de recipientes, vallado, cerramiento, drenajes, bombas, equipos, instalaciones auxiliares, alarmas y enclavamientos, etc.
 - En los recipientes y tuberías se comprobará el estado de las paredes y medición de espesores.
 - Se verificarán los venteos en caso de no existir documento justificativo de haber efectuado pruebas periódicas por el servicio de mantenimiento de la planta.
 - Comprobación del correcto estado de las mangueras, acoplamientos y brazos de carga.
 - Comprobación de la protección catódica, si existiese.

Las revisiones serán realizadas por inspector propio u organismo de control y de su resultado se emitirá el certificado correspondiente.

Las torres y depósitos de almacenamiento de líquidos corrosivos se someterán como mínimo a las inspecciones exteriores cada 5 años. Serán realizadas por un inspector propio de la planta.

Las inspecciones exteriores de las torres y tanques incluirán los siguientes puntos:

- Pernos de anclaje
- Niveles e indicadores
- Tubuladuras
- Pintura / aislamiento
- Asentamientos
- Espesores
- Válvulas y accesorios

La inspección interior se realizará cada 10 años por una OCA (Organismo de Control Autorizado).

La inspección interior incluirá la comprobación visual del estado superficial del recipiente o del recubrimiento, así como el control de la estanqueidad del fondo.

Durante las inspecciones interiores de los equipos se comprobará el correcto funcionamiento de las válvulas de seguridad y/o los sistemas de alivio de presión, desmontándolos si fuera necesario para ello.

Conjuntamente con las inspecciones exteriores de los tanques asociados se efectuará una inspección del sistema, incluyendo los siguientes puntos:

- Estado de cerramientos y/o sus recubrimientos.
- Estado de los suelos y/o sus recubrimientos.
- Estado de las arquetas de drenaje pluviales/químicos y la estanqueidad de pasamuros.
- Operatividad de las válvulas de drenaje.

Se dispondrá de un registro de las revisiones realizadas y un historial de los equipos, a fin de comprobar que no se sobrepase la vida útil de los que la tengan definida y controlar las reparaciones o modificaciones que se hagan en los mismos.

10.3. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

La citada fábrica cuenta actualmente con las siguientes instalaciones de protección contra incendios:

- Sistema de agua pulverizada.
- Sistema de detección y alarma de incendios.
- Hidrantes.
- Extintores.
- Equipos auxiliares.
- Señalización.

La fuente de abastecimiento está constituida por un depósito de reserva de agua y grupo de presión contra incendios, según norma UNE-23.500. Dicho grupo

de presión está formado por bomba Jockey, una bomba principal eléctrica y otra diesel para su uso en caso de corte de la red eléctrica.

Las condiciones de la instalación son: $P = 110$ mm de c.d.a. y caudal = 192 m³/h. En cuanto a la presión exigida por norma debe ser como mínimo de 1 bar en la boquilla más desfavorable.

Desde la sala de bombas, donde se encuentra el equipo contra incendios, parte una red de tuberías, de acero al carbono de 6" de diámetro, que suministra agua a los diferentes equipos o sistemas.

Se encuentran una serie de hidrantes y extintores distribuidos por la planta. Asimismo, existen varios sistemas de agua pulverizada de accionamiento manual y/o automático, que son alimentados desde la red de tuberías.

Teniendo en cuenta el tipo de producto almacenado (clase B) y la capacidad de almacenamiento, la instalación se dotará de los siguientes sistemas de protección contra incendio:

SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA

El sistema consta de los siguientes elementos:

- Detección térmica.
- Puesto de control.
- Boquillas.
- Red de tuberías.

Los sistemas se gobiernan por centrales de detección autónomas, conectadas al sistema de detección de la fábrica, de esta forma, el disparo del sistema se realizará bien de forma automática, o de forma manual. En el caso del disparo manual, éste se puede llevar a cabo mediante pulsadores de activación hidráulica.

SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS

El control se realiza mediante centrales de detección-extinción autónomas que se conectan al sistema de detección de la factoría, lo que permite la vigilancia del funcionamiento de las mismas.

El disparo del circuito de activación, activa una prealarma, trascurrido el tiempo de retardo, programable, se da la orden de actuación de la electroválvula.

Se dispone asimismo de pulsadores de alarma situados en el exterior, que cuentan con protección IP-67 para exteriores.

La comunicación de la alarma se lleva a cabo mediante una sirena instalada en el exterior de la sala de control.

Para la alimentación eléctrica de la sirena se instalará una fuente de alimentación con baterías 24 V de 2,5 A.

HIDRANTES

Como medio complementario al agua pulverizada existen equipos para proyección de agua de forma manual. Así, se dispone de hidrantes de columna húmeda de 4" de diámetro con dos tomas de 70 mm y una de 100 mm, con racores tipo Barcelona (homologados según UNE-23.406). Se cuenta además con una caseta de intemperie, formada por armario metálico sobre pedestal, fabricada en chapa de acero galvanizado, dotada de puerta metálica con cerradura, pintado de rojo RAL 3.000 como equipo auxiliar para la utilización de los hidrantes. Dicha caseta contiene:

- 1 unidad de manguera de 15 m y 70 mm.
- 2 unidades de manguera de 15 m y 45 mm.
- 1 unidad de bifurcación de 70 mm de diámetro con dos salidas de 45 mm.
- 2 unidades de lanza de caudal variable de 45 mm de diámetro.

Como equipos de reserva existen:

- 2 mangueras flexibles de 15 m de longitud y 100 mm de diámetro.
- 3 mangueras de 15 m y 70mm.
- 4 mangueras de 15 m y 45 mm.
- 3 bifurcaciones de 70 mm de diámetro con dos salidas de 45 mm.

EXTINTORES

Los extintores son el elemento básico para el primer ataque a los conatos de incendio que puedan producirse. Por ello, los extintores se distribuyen, de forma que la distancia a recorrer desde el área protegida al extintor más próximo no exceda de 15 m. Dadas las características de las instalaciones se utilizarán extintores de polvo ABC, cuya dotación estará formada por extintores de eficacia 21A 113B y carros de 50 kg.

EQUIPOS AUXILIARES

En la sala de control se instalará un armario con puertas acristaladas que contendrá en su interior:

- Una manta ignífuga de Nómex de dimensiones 1,5 x 8 m.
- Ducha y Lavaojos conectados a la red de agua sanitaria.

SEÑALIZACIÓN

Los equipos y medios de protección de incendios están señalizados mediante señales fotoluminiscentes con protección para rayos ultravioleta, de dimensiones 297 x 420 mm, cumpliendo las especificaciones de la norma UNE-23.033, UNE-23.034 y UNE-23.035.

CAPÍTULO 11: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Inicialmente se realizará una planificación y programación de la ejecución de la obra del sistema, que abarca desde los pedidos hasta la puesta en marcha de la instalación. Una vez establecidas las tareas individuales que precisa la ejecución de la obra, se realizará una programación de las mismas. Dicha programación puede apreciarse en la siguiente tabla:

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Tareas	LMXJVS	DLMXJVS	DLMXJVS	DLMXJVS	DLMXJVS	DLMXJVS	DLMXJVS	DLMXJVS
1. Realización de pedidos	█	█	█	█				
2. Plazo de entrega		█	█	█				
3. Plazo entrega material construcción		█	█	█				
4. Plazo entrega material eléctrico		█	█	█				
5. Plazo entrega tuberías y accesorios		█	█	█				
6. Ejecución cimentación (solera de hormigón)					█	█		
7. Montaje y anclaje filtro mangas						█	█	
8. Montaje y anclaje intercambiador de calor						█	█	
9. Montaje y anclaje torres de lavado						█	█	
10. Montaje ventilador y conductos gases								█
11. Montaje tub. liq. accesorios, instrumentación y bombas								█
12. Montaje instalación eléctrica								
13. Prueba hidráulica torres								
14. Prueba de instalación								
15. Sintonización de los elementos de control								
16. Puesta en marcha								
17. Formación de los operarios	█	█	█	█	█	█	█	█

Figura 11.1: Programación de tareas.

	Semana 9				Semana 10				Semana 11				Semana 12				Semana 13											
Tareas	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1. Realización de pedidos																												
2. Plazo de entrega																												
3. Plazo entrega material construcción																												
4. Plazo entrega material eléctrico																												
5. Plazo entrega tuberías y accesorios																												
6. Ejecución cimentación (solera de hormigón)																												
7. Montaje y anclaje filtro mangas																												
8. Montaje y anclaje intercambiador de calor																												
9. Montaje y anclaje torres de lavado																												
10. Montaje ventilador y conductos gases																												
11. Montaje tub. liq. accesorios, instrumentación y bombas																												
12. Montaje instalación eléctrica																												
13. Prueba hidráulica torres																												
14. Prueba de instalación																												
15. Sintonización de los elementos de control																												
16. Puesta en marcha																												
17. Formación de los operarios																												

Figura 11.1: Programación de tareas (continuación).

11.1. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS

Una vez realizados los pedidos y tras aguardar el plazo de entrega de los equipos, material eléctrico y de construcción, así como las tuberías y accesorios, se procederá a la solera de hormigón para la sustentación de las torres de relleno. Seguidamente se montarán el filtro de mangas, el intercambiador de calor y las torres de relleno.

Una vez montados y anclados todos los equipos principales del sistema se instalarán los ventiladores y todas las conducciones de los gases de combustión, al mismo tiempo se instalarán las tuberías, accesorios, instrumentación y bombas de líquido.

La instalación eléctrica consiste en el montaje del cuadro de control, las canalizaciones y la conexión de los distintos equipos a la red eléctrica (bombas, ventiladores, controladores, etc.)

Llegado a este punto se realizará entonces una prueba hidráulica de las torres, observando durante unos días el comportamiento de la solera.

Si todas las pruebas han tenido resultados satisfactorios se estará en condiciones de probar toda la instalación con las correspondientes corrientes líquidas y gaseosas. Tras superar todas las pruebas la instalación podrá ponerse en marcha, previa formación de los operadores, por parte del empresario o del responsable en materia de seguridad y salud.

11.2. PUESTA EN MARCHA

Una vez montados, instalados y probados todos los equipos del sistema, se procederá a realizar la puesta en marcha del mismo. Antes de realizarla, se hará una prueba hidráulica (con agua de la red) de la instalación. Para ello, se seguirán los siguientes pasos consecutivos:

- Cargar torres y depósitos con agua de la red hasta nivel máximo admisible.
- Abrir o cerrar las correspondientes válvulas manuales de bola.
- Poner en funcionamiento las bombas en el cuadro de mando.
- Poner en funcionamiento el ventilador extractor
- Probar los controladores de pH y rédox.
- Probar sonda de temperatura.

- Observar el funcionamiento del sistema durante un tiempo determinado.
- Probar el funcionamiento adecuado de las electroválvulas de llenado de agua.

Si todo marcha correctamente, se estará en condiciones de proceder a la purga de los equipos para la puesta en marcha definitiva.

11.3. OPERACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CRÓMICAS

Los operadores encargados de panel y P.T.A.R. actuarán según las instrucciones de la hoja de tratamientos recibida del laboratorio siguiendo la secuencia:

1. Comprobar que el agitador del tanque correspondiente está en marcha.
2. Comprobar y medir el pH inicial usando como referencia el proporcionado por el laboratorio.
3. Asegurarse que las válvulas de adición del reactivo a utilizar de los otros tanques están cerradas y seleccionar o abrir la del tanque a tratar, aunque para ello sea necesario revisarlo "in situ".
4. La adición de los reactivos se realizará vigilando el punto final. Si hay un medidor para determinar el punto final de la operación se vigilará de que esté operativo y en condiciones adecuadas.
5. Finalizada la dosificación se avisará al laboratorio que comprobará la total reducción del Cr⁶⁺ a Cr³⁺.
6. El laboratorio dará de nuevo instrucciones sobre los siguientes pasos a dar en el tratamiento y no autorizará ninguna neutralización hasta no tener 100% del Cr⁶⁺ reducido.
7. Finalizada la dosificación de todos los reactivos se avisará al laboratorio, que efectuará una comprobación final y dará autorización para iniciar el vertido.

A continuación se muestra el algoritmo con los pasos a seguir:

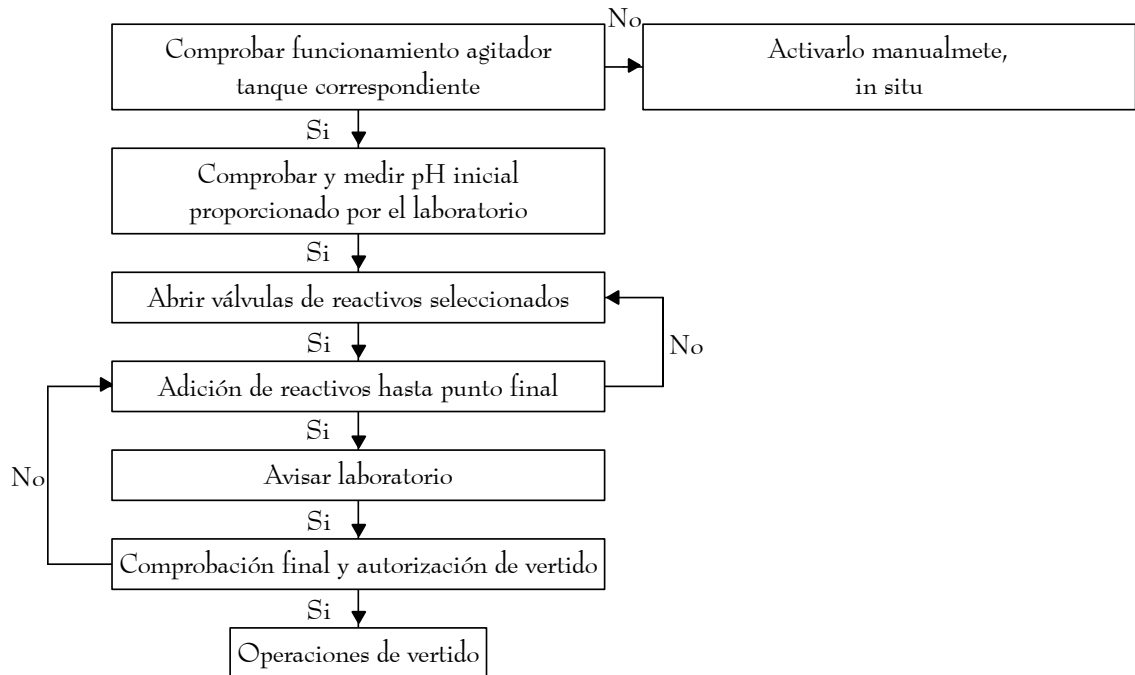


Figura 11.2: Algoritmo de tratamiento de aguas residuales crómicas.

11.4. OPERACIONES DE VERTIDO

Los operadores encargados de panel y P.T.A.R. seguirán la secuencia indicada, que será supervisada por el jefe de planta:

1. Para iniciarse el vertido se abrirá la válvula de salida del tanque correspondiente y se hará pasar el agua por los equipos que se indiquen en la hoja de tratamiento.
2. El operador revisará y asegurará que el funcionamiento de los equipos se realiza siguiendo las instrucciones técnicas dadas para el equipo.
3. El operador asegurará, vigilará y operará de forma que asegure la buena calidad del agua sirviéndose de los analizadores de pH y turbidez instalados.
4. El operador enviará el agua al tanque TK-112C según se indique en la hoja de tratamiento.

5. Una vez comprobado todos los parámetros y que éstos se encuentren dentro de los límites establecidos se procederá al vertido.

Los equipos de la planta operarán de acuerdo al manual de operaciones suministrado por los fabricantes.

A continuación se muestra el algoritmo con los pasos a seguir:

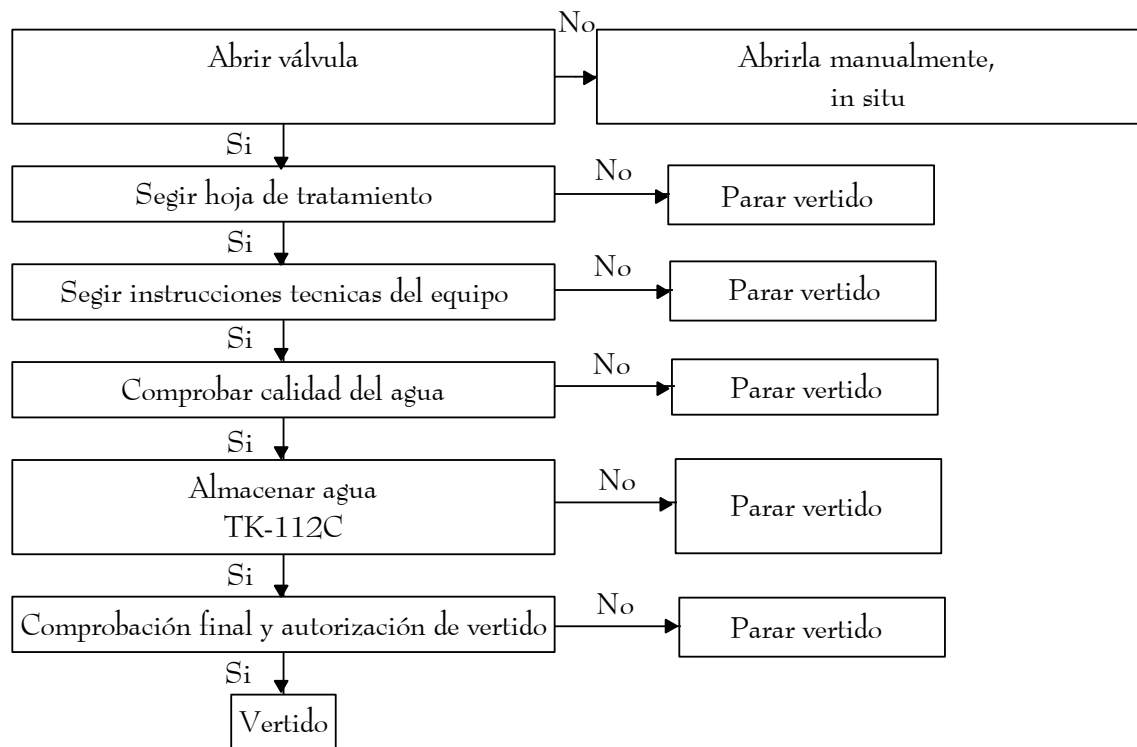


Figura 11.3: Algoritmo de vertido.

11.5. MANTENIMIENTO PLANIFICADO DE LA INSTALACIÓN

Un mantenimiento adecuado es resulta esencial para la conservación y buen funcionamiento de la instalación. Existen diferentes tipos de mantenimiento de una instalación. El mantenimiento correctivo consiste en reparar una máquina o pieza averiada. Este tipo de mantenimiento no se realiza hasta que se origina la avería en la máquina o elemento de la instalación. Las averías se suelen producir en momentos

totalmente imprevisibles y frecuentemente inoportunos, causando grandes perjuicios a la instalación.

Se recomienda planificar y programar los trabajos de mantenimiento, con ello, entre otras cosas, se evita que se produzcan, por encima de todo, daños a la salud de las personas y se alarga la vida útil de los equipos. En el caso de la planta que nos ocupa se ha optado por implantar un mantenimiento planificado, que de forma somera, consiste en complementar un mantenimiento preventivo con un mantenimiento predictivo.

El mantenimiento preventivo consiste en la realización de ciertas reparaciones o cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempo, o según determinados criterios prefijados para tratar de reducir la posibilidad de avería o pérdida de rendimiento de un equipo o instalación. Todo ello puede redundar en una disminución seria de la eficacia del proceso. El inconveniente principal de este mantenimiento deriva de su alto coste, debido a las revisiones periódicas necesarias. Sin embargo, permite planificar y programar adecuadamente los trabajos, reducir el número de averías, paradas imprevistas de equipos y emergencias, etc., por lo que queda plenamente justificada su aplicación. A su vez, el mantenimiento preventivo puede clasificarse en dos:

- Preventivo programado: ajustes, comprobaciones, inspecciones y sustituciones periódicas de componentes de equipos, que son necesarias para garantizar su correcto funcionamiento. Los equipos podrán estar o no en funcionamiento, dependiendo de las características de los mismos.
- Preventivo en paradas: se realizará en aquellos equipos a los que mediante mantenimiento predictivo se les ha detectado un deterioro incipiente que requiera una inspección en detalle.

El mantenimiento predictivo consiste en el conocimiento del estado de una máquina o equipo por medición periódica o continua de algún parámetro significativo, ya que hay muchos componentes de máquinas que “avisar” de alguna forma de su fallo antes de que éste ocurra. Este mantenimiento presenta la ventaja de que puede ejecutarse con el equipo funcionando sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas; además suele ser muy rentable.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO

Las operaciones preventivas de rutina programadas suelen ser los cambios de aceite por envejecimiento, engrases (de acoples, rodamientos, etc.) así como la verificación de los equipos de protección (alarmas y paros) de maquinaria.

En la siguiente tabla, se muestran las tareas preventivas programadas a realizar y la periodicidad de las mismas.

Operaciones preventivas	Periodicidad
Cambio aceite cárter bombas	3 meses (2.000 horas)
Engrase rodamientos de bola del motor bombas	9 meses (8.000 horas)
Engrase rodamientos del eje acople motor-ventilador	6 meses (4.000 horas)
Verificación funcionamiento cuadro de mando	6 meses (2.000 horas)
Verificación calibrado controlador pH	Mensual
Limpieza electrodos medidores pH y POR	Mensual
Verificación calibrado controlador rédox	Mensual
Limpieza sonda temperatura	Mensual
Verificación calibrado controlador temperatura	Mensual
Verificación controlador RJC del filtro	Mensual
Drenaje condensado intercambiador	Semanal

Figura 11.4: Mantenimiento preventivo programado.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN PARADA

Las operaciones preventivas en parada serán la limpieza periódica de las columnas de relleno, del filtro de mangas y del intercambiador de calor. De este modo cada 12 meses se procederá a una limpieza exhaustiva de las torres y de sus elementos internos, así como de los depósitos de almacenamiento de sosa, hipoclorito sódico y ácido sulfúrico residual. También se procederá a la limpieza de los filtros de mangas así como del intercambiador de calor.

En principio, se realizará una parada anual, que habrá que aprovechar para simultanear otras tareas preventivas programadas. En dicha parada, se engrasará también

el ventilador y se comprobará el funcionamiento del cuadro de mando, así como los engrases correspondientes a las bombas.

Para los engrases y cambios de aceite que no coincidan con la parada general del sistema, podrán realizarse parando las correspondientes bombas el tiempo requerido para ello, que habrá de ser el menor posible.

- Mantenimiento de las columnas de relleno: hay que tener en cuenta la posible formación de precipitados dentro de las columnas, aumentando de esta forma la pérdida de carga a través de los lechos, por lo que pueden afectar al rendimiento del lavado. Otro inconveniente es que se obturen los orificios de los rociadores. Por ello y para evitar estos problemas ha de realizarse un lavado periódico de las torres y sus elementos.

Una vez parada la instalación, se procede a la apertura de las bocas de carga situada en la parte superior e inferior de la torre. Dichas bocas embridadas son del mismo material de la torre presentan 500 mm de diámetro.

En la boca superior, se pueden inspeccionar y/o extraer los difusores de líquido para su limpieza o recambio y mantenimiento e inspección del lecho de relleno. De la boca inferior, es posible la inspección y/o extracción de los difusores de gas para su limpieza o recambio.

Una vez retirado el relleno, se procede a realizar un lavado a presión con agua (o también con disolución ácida diluida) del mismo y resto de los elementos (rociadores, plato soporte y separador de gotas).

- Mantenimiento del filtro de mangas: una vez parada la instalación se procede a la apertura de la tapa de registro y limpieza situada en la parte frontal del filtro. En la tapa de registro es posible la inspección y/o extracción de los paneles filtrantes. También se procederá a la inspección del tubo inyector de aire comprimido, del controlador y de las válvulas de forma que se asegura el correcto funcionamiento del sistema de limpieza del filtro.
- Mantenimiento del intercambiador de calor: una vez parada la instalación se procede, a la apertura de las tapas de registro y limpieza situadas en los laterales del intercambiador. En dichas tapas de registro, se pueden inspeccionar y/o

retirar las aletas para su limpieza o recambio. Así, una vez extraídas las aletas, se procede a realizar un lavado a presión con agua.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo se basa en la aplicación de técnicas de verificación mecánica para la detección de posibles averías de los equipos. Dichas técnicas pueden ser directas o indirectas.

- Técnicas indirectas: permiten detectar los defectos a través de la medida de algún parámetro de funcionamiento, por ejemplo, el comportamiento vibratorio de los sistemas, el nivel de ruido, el estado del lubricante, etc.
- Técnicas directas: para medir o verificar directamente los deterioros sufridos por los elementos. Son ejemplos típicos la inspección visual, detección de la corrosión, etc.

Estas técnicas se aplicarán con los equipos funcionando sin necesidad de desmontarlos ni revisarlos periódicamente. Concretamente se realizarán las siguientes verificaciones indirectas periódicas:

Operaciones predictivas (indirectas)	Periodicidad
Verificación auditiva bombas (ausencia de ruido)	3 meses (2.000 horas)
Medida vibraciones en motor y cuerpo bomba (cojinetes)	3 meses (2.000 horas)
Medida vibraciones en motor y cuerpo ventilador (cojinetes)	3 meses (2.000 horas)

Figura 11.5: Mantenimiento predictivo indirecto.

La verificación auditiva podrá realizarse con un sonómetro puesto que cualquier defecto de una máquina (bomba o ventilador) incluso en fase incipiente, llevará asociado un incremento en el nivel de vibración perfectamente detectable con la correspondiente medición.

El análisis de vibraciones consiste en recoger señales vibratorias sobre las partes externas de la máquina que provienen de anomalías internas y que conducen a

informaciones sobre los procesos lentos de degradación en el funcionamiento. Dicha medida se hace con un dispositivo denominado acelerómetro.

Son defectos típicamente detectables mediante la medición de vibraciones: desequilibrio, ejes doblados de máquinas, rodamientos en mal estado, holguras, rozamientos, excentricidades, defectos de lubricación en cojinetes de fricción, falta de rigidez, etc.

Las verificaciones directas que es preciso realizar de forma periódica se muestran en siguiente tabla:

Operaciones predictivas (directas)	Periodicidad
Inspección estanqueidad cierre mecánico de bombas	3 meses (2.000 horas)
Inspección estanqueidad eje ventilador	3 meses
Inspección fugas sosa en bomba y línea dosificación	Mensual
Inspección fugas hipoclorito sódico en bomba y línea dosificación	Mensual
Inspección fugas ácido sulfúrico en bomba y línea dosificación	Mensual
Inspección nivel depósito hipoclorito sódico	15 días
Inspección nivel depósito sosa	15 días
Inspección nivel depósito sulfúrico residual	15 días
Inspección sondas de nivel y electroválvulas	Mensual
Inspección presostato bombas	Mensual
Inspección nivel torres	15 días
Inspección nivel depósito agua aporte	15 días
Inspección elementos filtrantes	Mensual
Inspección fugas agua aporte en bomba y línea dosificación	Mensual

Figura 11.6: Mantenimiento predictivo directo.

Es preciso hacer especial hincapié en la inspección periódica del nivel de los tanques de almacenamiento de los reactivos, para que no se produzca un desabastecimiento por agotamiento de los mismos.

Las fugas de sosa pueden detectarse mediante la cristalización de la misma en la línea de dosificación.

CAPÍTULO 12: RESUMEN GENERAL DE PRESUPUESTOS

En éste capítulo se va a exponer un breve estudio económico, que se encuentra ampliado en el “**Documento 4: Presupuesto**” del presente proyecto.

A continuación se describen varios apartados a considerar en el estudio económico.

12.1. COSTES FIJOS

COSTE DE LOS EQUIPOS

En éste apartado se incluye el coste de todos los equipos que forman parte de la planta. **TOTAL: 362.120,20 €.**

RESUMEN DEL CAPITAL ESTIMADO

Este apartado agrupa costes directos, costes indirectos y coste total, dando como resultado el coste total a invertir:

- Costes directos: equipos, instalación, conducciones, instrumentación, aislamientos, red eléctrica y adquisición del terreno y construcción. **TOTAL: 1.133.436,23 €.**
- Costes indirectos: incluyen costes de ingeniería y de construcción. **TOTAL: 680.061,74 €.**
- Coste total de la planta: resultado de la suma de los costes directos y de los costes indirectos. **TOTAL: 1.813.497,97 €.**
- Capital directo a invertir: se obtiene de sumarle al anterior, contingencias y retribuciones contractuales. **TOTAL +16% IVA: 2.419.206 €.**

12.2. COSTES VARIABLES. REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN

Incluye los gastos eléctricos, transmisión de calor y reactivos, así como los beneficios energéticos obtenidos como consecuencia de precalentar el agua de aporte y la reducción de los costes de los reactivos al aprovechar el SO₂ de los gases de combustión.

TOTAL GASTOS: 147.994,81 €/año

TOTAL BENEFICIOS: 422.110,23 €/año

TOTAL BENEFICIOS – GASTOS: 274.115,42 €/año

De acuerdo con estos cálculos la ejecución del presente proyecto quedaría completamente amortizado en 9 años, obteniendo a partir de aquí un beneficio de 274.115,42 €/año.

CAPÍTULO 13: BIBLIOGRAFÍA

- **Bekox, S.A. Tratamientos del agua.**
- **Comercial Lasmert, S. A.** (www.gruptefsa.com)
- **Contaminación por Metales Pesados en el Mediterráneo.** Félix Hernández Hernández, Julio Medina Escriche, Josefina Ansuátegui Roca. Colección Universitaria. Diputación de Castellón. 1987.
- **Delphi Automotive Systems, S. A.**
- **Google Earth.** (www.earth.google.com)
- **Grupo Interlab, S. A.**
- **Ingeniería de las reacciones químicas.** Octave Levenspiel. Ed. Reverté, S.A. Barcelona. 1990.
- **Instalaciones eléctricas en las edificaciones.** Alberto Guerrero. Ed. McGraw-Hill. España. 1992.
- **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** (www.mtas.es/insht/index.htm)
- **Itur.** (www.itur.es)
- **Kempro.** (www.kempro-fr.com)
- **KT Hasvan, S. A.** (www.hasvan.es)
- **La Transmisión del Calor: principios fundamentales.** F. Kreith, W. Z. Black. Ed. Alambra. Madrid. 1983.
- **Manual del agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones.** Frank N. Kemwier, Jonh McCallion, Nalco Chemical Company. Ed. McGraw-Hill. México. 1993.
- **Manual del ingeniero químico.** Robert H. Perry. Don W. Green. Ed. McGraw-Hill. Madrid. 2001.
- **Manual para el Control de la Contaminación Industrial.** Herbert F. Lund. Ed. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid. 1974.
- **Manual técnico del agua.** Sociedad Degremond. Ed. Grafo, S.A. Bilbao. 1979.

- **Nueva Normativa de Prevención de Riesgos Laborales: Aplicación Práctica.** Ángel Luis Sánchez Iglesias, Mario Grau Ríos. Ed. FREMAP. Madrid. 1999.
- **Operaciones de Transferencia de Masa.** Robert E. Treybal, Amelia García Rodríguez. Ed. McGraw-Hill. México. 1980.
- **Principio de operaciones unitarias.** Alan S. Foust, Leonard A. Wenzel, Curtis W. Clump, Louis Maus, L. Bryce Andersen. Ed. C.E.C.S.A. México. 1989.
- **Siemens.** (www.siemens.com)
- **Sodeca.** (www.sodeca.com)
- **SuperPro Designer 3.10.** (www.intelligen.com)
- **Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales. Seguridad e Higiene del Trabajo.** José María Cortés Díaz. Ed. Tébar, S. L. Madrid. 2002.
- **Transferencia de Calor.** Anthony F. Mills. Ed. Irwin. México. 1995.
- **Transmisión de calor por conducción.** Pedro Luis y Luis. Ed. Vericop. Madrid. 1973.
- **Unidades Temáticas Ambientales: El Aire.** Dirección General del Medio Ambiente. MOPU. Centro de publicaciones de la Dirección General del Medio Ambiente. Madrid. 1987.

ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO 1: LOCALIZACIÓN

El presente proyecto está específicamente diseñado para la empresa Delphi Automotive Systems S.A. sita en el Polígono Industrial El Trocadero en la localidad de Puerto Real, en la provincia de Cádiz, teniendo acceso tanto por la autopista Sevilla-Cádiz, como por la carretera secundaria que bordea al río San Pedro. Su emplazamiento hace que tenga unas comunicaciones idóneas tanto marítimas como terrestres para transportes nacionales e internacionales a la hora de importar o exportar productos.

La localización de la citada industria se muestra en la **figura A-1.1**.



Figura A-1.1: Vista aérea de la planta. Localización.

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN

La siguiente tabla recoge, cuyos datos han sido facilitados por la entidad colaboradora *INTERLAB* se muestran las características físico-químicas de los gases de combustión procedentes de la caldera a 200 °C:

	m ³ /h	mol/h	Viscosidad (Cp)	Densidad (kg/m ³)	C _p (J/kg·K)
CO	833,18	21.516,169	0,025	0,723	1.076,573
CO ₂	1.923,98	49.685,229	0,023	1,136	1.026,897
SO ₂	17,21	444,346	0,018	1,653	730,672
O ₂	1.663,44	42.957,021	0,028	0,826	981,316
NO _x	3.295,40	85.101,183	0,025	1,369	1.914,681
Partículas	12.348,55	317.850,517		2000	376,200
Total	20.081,757	517.554,464			
Promedio			0,0096	0,762	771,284

Figura A-2.1: Características físico-químicas de los gases de combustión

ANEXO 3: SOLUBILIDAD DEL ANHÍDRIDO SULFUROSO (SO₂)

La solubilidad para el sistema SO₂-H₂O a diferentes temperaturas se representa en la siguiente tabla.

g SO ₂ /100 g H ₂ O	Temperatura °C										
	0	7	10	15	20	30	40	50	60	90	120
20	646	657									
15	474	637	726								
10	308	417	474	567	698						
7,5	228	307	349	419	517	688					
5	148	198	226	270	336	452	665				
2,5	69	92	105	127	161	216	322	458	700	955	
1,5	38	51	59	71	92	125	186	266	453		
1	23,3	31	37	44	59	79	121	172	212	454	856
0,7	15,2	20,6	23,6	28	39	52	87	116			
0,5	9,9	13,5	15,6	19,3	26	36	57	82	96,8	211	404
0,3	5,1	6,9	7,9	10	14,1	19,7			53,3	118	229
0,2	2,8	3,7	4,6	5,7	8,5	11,8		31	32,6	73,7	145
0,15	1,9	2,6	3,1	3,8	5,8	8,1	12,9	20	22,7	52,2	104
0,10	1,2	1,5	1,75	2,5	3,2	4,7	7,5	12	13,5	31,7	63,9
0,05	0,6	0,7	0,75	0,8	1,2	1,7	2,8	4,7	5,24	12,9	27
0,02	0,25	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	1,3	0,43	1,21	2,82

Figura A-3.1: Presión parcial del SO₂ a diferentes temperaturas. (Principio de operaciones unitarias. Alan S. Foust).

ANEXO 4: DIMENSIONADO DEL FILTRO DE MANGAS

Los gases de combustión que se generan en la caldera arrastran partículas o inquemados. La separación de estas partículas o inquemados de la corriente de gas se realiza habitualmente haciendo pasar la corriente de gases de combustión a través de filtros de mangas.

Existen muchos tipos de filtros, diferentes formas de retener los sólidos en su interior, y diferentes modelos para las corrientes de aire. Este tipo de filtros debe limpiarse periódicamente eliminando los sólidos retenidos en ellos. El proceso de limpieza se lleva a cabo con un flujo de aire en contra corriente.

El cálculo de los filtros de mangas se basa en la caída de presión a lo largo del filtro a medida que se van acumulando los sólidos. La caída de presión total puede escribirse:

$$\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_p + \Delta P_s \quad [1]$$

Donde:

- “ ΔP_f ” es la caída de presión debida al filtro.
- “ ΔP_p ” es la caída de presión debida a las partículas retenidas.
- “ ΔP_s ” es la caída de presión debida a las mangas.

Despreciando el último término de la **ecuación [1]** ya que es insignificante con respecto a los otros dos, las expresiones para los dos primeros términos se suelen obtener aplicando la *Ley de Darcy* para la circulación de fluidos a través de medios porosos, llegando a la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta P}{u} = \left(\frac{D_f \mu}{K_f} \right) + \left(\frac{\mu}{\rho_\lambda K_p} \right) \times (Lut) \quad [2]$$

Donde:

- “ D_f ” es el espesor del tejido en la dirección de la corriente, en m.
- “ μ ” es la viscosidad del gas, en kg/m·s.
- “ K_f ” es la permeabilidad del filtro, en m².
- “ K_p ” es la permeabilidad de las partículas retenidas, en m².
- “ ρ_λ ” es la densidad de las partículas retenidas, en kg/m³.
- “ u ” es la velocidad lineal del gas, en m/s.
- “ L ” es la carga de partículas, en kg/m³.
- “ t ” es el tiempo que el filtro lleva operativo desde la última limpieza, en s.

Si se reagrupan los términos de la expresión anterior:

$$S = K_e + K_s W \quad [3]$$

Donde:

- “ S ” representa el arrastre del filtro, en Pa·s/m.
- “ K_e ” es el conjunto de variables que representan la limpieza necesaria del filtro, en Pa·s/m.
- “ K_s ” es la pendiente en la ecuación del modelo para filtros manga, en N·s/kg·m.
- “ W ” es la densidad superficial del polvo retenido, en kg/m².

Todos los filtros de manga se construyen con varios compartimentos, de manera que cuando resulte precisa la limpieza o el mantenimiento de los filtros, se retira un compartimento del filtro de manera que el gas sigue pasando a través del resto de las mangas. El número de compartimentos a elegir en el diseño del equipo depende de la máxima caída de presión permitida, del tiempo de filtración entre dos limpiezas de un mismo compartimento “ t_f ”, y del tiempo requerido para limpiar dicho compartimento “ t ”.

Para llevar a cabo el dimensionado del filtro de mangas se ha usado el simulador *SuperPro Designer 3.10*.

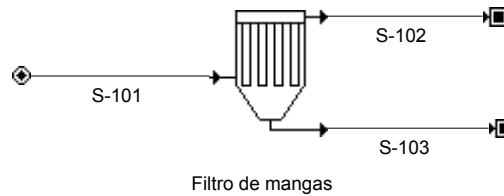


Figura A-4.1: Diagrama de flujo del filtro de mangas. (*SuperPro Designer 3.10*).

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se deben especificar el número máximo de compartimentos, el diámetro de las mangas y la longitud de las mismas:

- Número máximo de compartimentos " N_{\max} ": 20.
- Diámetro de la manga " D_m ": 0,30 m.
- Longitud de la manga " L_m ": 1,5 m.

2. Deberá indicarse el tiempo de limpieza, la caída de presión máxima o el tiempo de filtración deseado y especificar también la velocidad lineal del gas:

- Tiempo de limpieza " t ": $110 \cdot 10^{-3}$ s.
- Velocidad lineal del gas " u ": 0,013 m/s.
- Caída de presión máxima: 1 Pa.
- Eficiencia del ventilador: 80%.

3. Se deben aportar los coeficientes " K_e " y " K_s ". Si no se poseen datos de estos coeficientes (se estiman experimentalmente en plantas piloto) Además se deben aportar los valores de viscosidad del gas, espesor del tejido, permeabilidad del filtro, permeabilidad de las partículas, y densidad de las partículas retenidas; para calcular con ellos " K_e " y " K_s ".

- Viscosidad del gas " μ ": $9,665 \cdot 10^{-6}$ kg/m·s.
- Espesor del tejido " D_f ": 0,02 m.

- Permeabilidad del filtro “ K_f ”: 36,6 m².
- Permeabilidad de las partículas retenidas “ K_p ”: 3,509 · 10⁻³ m².
- Densidad de las partículas retenidas “ ρ_λ ”: 2.000 kg/m³.

Con estos datos se calculan las constantes:

- $K_e = 5,281 \cdot 10^{-10}$ Pa·s/m.
- $K_s = 1,377 \cdot 10^{-6}$ N·s/kg·m.

4. Finalmente con estos datos se calcula el número de unidades requeridas, el número de compartimentos de cada unidad, y el número de mangas de cada compartimento:

- Número de compartimentos “ N ”: 2.
- Número de mangas por compartimento “ n ”: 60.
- Área neta de limpieza “ A ”: 168,216 m².

El tipo de limpieza elegido va a ser de corriente de aire en sentido contrario. En este tipo de limpieza se emplea una ligera presión en sentido contrario a la corriente de aire, facilitando la limpieza de la manga. La presión de limpieza será de 6,2 bar.

El filtro a seleccionar más adecuado para nuestro diseño será un filtro de mangas, de marca TORIT, modelo DALAMATIC DLM-C o cualquier otro de similares características.

El material elegido para las mangas es Nómex, un polímero resistente a elevadas temperaturas, mientras que el material de construcción de la carcasa del filtro es acero inoxidable 316.

El filtro seleccionado genera una pérdida de carga de 150 mm. de c.d.a., siendo sus dimensiones las siguientes:

- Diámetro de la manga “ D_m ”: 0,30 m.
- Longitud de la manga “ L_m ”: 1,5 m.
- Número de compartimentos “ N ”: 12.
- Número de mangas por compartimento “ n ”: 10.
- Área neta de limpieza “ A ”: 180 m².

A continuación se muestran imágenes de la manga del filtro y de cómo se realiza la limpieza de la misma.

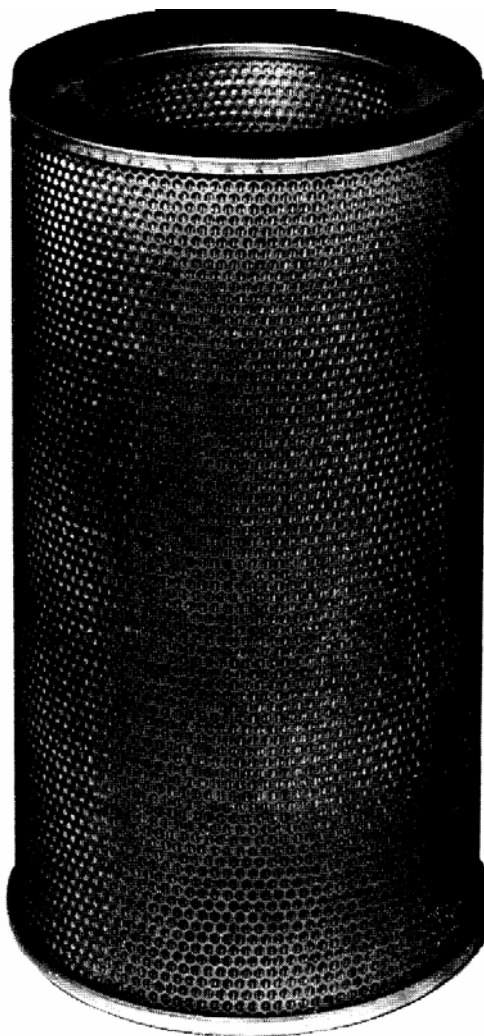


Figura A-4.2: Imagen de la manga. (*TORIT, modelo DALAMATIC DLM-C*).

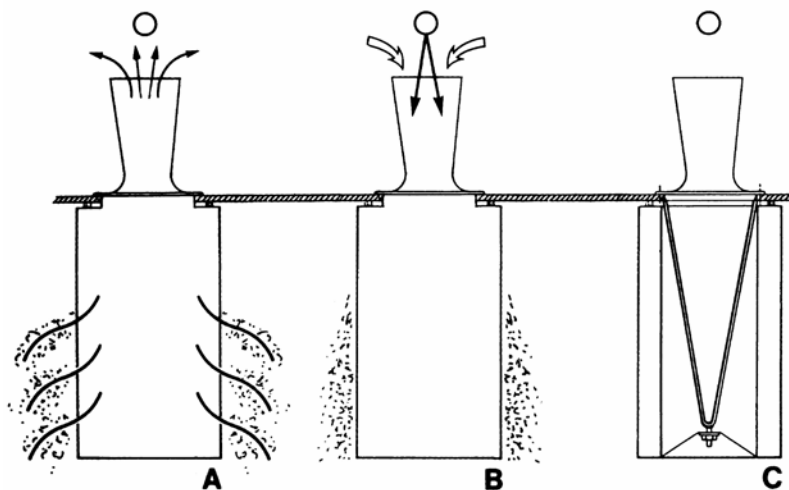


Figura A-4.3: Limpieza de las mangas. (TORIT, modelo DALAMATIC DLM-C).

Todo el proceso matemático se encuentra completamente desarrollado en la hoja de cálculo que se adjunta en el proyecto. Ver simulación realizada con *SuperPro Designer 3.10*.

ANEXO 5: DIMENSIONADO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

La ecuación más importante para dimensionar el intercambiador de calor es, el balance de energía:

$$Q = UA\overline{\Delta T} = m_i C_{p_i} \Delta T \quad [1]$$

La primera igualdad de la ecuación representa, la ecuación de diseño de un intercambiador, y la segunda el calor cedido o ganado por el fluido caliente o frío respectivamente. En la **ecuación [1]**:

- “ Q ” es el calor cedido o ganado, en kcal/h.
- “ U ” es el coeficiente de transmisión de calor, en kcal/h·m²·°C.
- “ A ” es el área de transmisión de calor, en m².
- “ ΔT ” es el incremento de temperatura, en °C.
- “ m_i ” es el caudal másico del fluido, en kg/h.
- “ C_{p_i} ” es la capacidad calorífica del fluido, en kcal/kg·°C.

De la **ecuación [1]** se deduce que el calor cedido por el fluido caliente debe ser igual al calor ganado por el fluido frío, de esta forma:

$$m_a \cdot C_{p_a} \cdot \Delta T_a = m_g \cdot C_{p_g} \cdot \Delta T_g \quad [2]$$

Los subíndices “ a ” y “ g ” hacen referencia a las corrientes del refrigerante y del gas respectivamente.

El intercambiador que se pretende diseñar se encargará de enfriar una corriente de 15.267,85 kg/h de gases de combustión. Las temperaturas de entrada y salida de la corriente de gas son de 200 °C y 50 °C, respectivamente. Para llevar a cabo dicho fin, el refrigerante utilizado es una corriente de agua tratada previamente para evitar

incrustaciones que servirá como agua de aporte de caldera donde las temperaturas de entrada y salida son de 30 °C y 95 °C respectivamente, reduciendo así mismo los costes de funcionamiento de la caldera ya que se precalienta el agua de aporte. Las capacidades caloríficas de los gases de combustión y del agua de aporte de caldera son: 0,185 y 1,006 kcal/kg·°C respectivamente.

Sustituyendo términos en la **ecuación [1]**, se tiene la velocidad de transmisión de calor:

$$Q = m_g C_{p_g} \Delta T = 15.267,85 \cdot 0,185 \cdot (200 - 50) = 423.682,8375 \text{ kcal/h}$$

Despejando “ m_a ” de la **ecuación [2]** y sustituyendo términos, se determina el flujo másico de refrigerante necesario:

$$m_a = \frac{m_g C_{p_g} \Delta T_g}{C_{p_a} \Delta T_a} = \frac{15.267,85 \cdot 0,185(200 - 50)}{1,006(95 - 30)} = 6.483,58 \text{ kg/h}$$

Las propiedades físicas del gas de combustión a la temperatura media de 125 °C son:

- Capacidad calorífica “ C_p ” = 1.296,032 J/kg·K.
- Numero de Prandtl “ Pr ” = 0,780.
- Viscosidad “ μ ” = 8,039 · 10⁻⁶ kg/m·s.
- Conductividad térmica “ K ” = 1,336 · 10⁻² W/m·K.
- Densidad “ ρ ” = 0,905 kg/m³.

Para determinar el número de Prandtl “ Pr ” y la conductividad térmica “ K ” se utilizan las **ecuaciones [3]** y **[4]**.

$$Pr = \frac{C_p}{1,204C_p + 1,47} \tag{3}$$

Donde:

- “Pr” es el número de Prandtl.
- “Cp” es la capacidad calorífica, en cal/mol·°C.

$$K = \frac{Cp}{Pr \cdot \mu} \quad [4]$$

Donde:

- “K” es la conductividad térmica, en cal/s·cm·°C.
- “Cp” es la capacidad calorífica, en cal/g·°C.
- “μ” es la viscosidad, en poise.

La relación de capacidad “Rc” se define como:

$$Rc = \frac{C \min}{C \max} \quad [5]$$

Donde:

$$\begin{aligned} C \min &= \min(Cp_i m_i) \\ C \max &= \max(Cp_i m_i) \end{aligned} \quad [6]$$

Sustituyendo términos en la **ecuación [6]**:

$$C \min = 11.775.851,75 \text{ J/h}\cdot\text{K.}$$

$$C \max = 27.175.042,50 \text{ J/h}\cdot\text{K.}$$

Una vez determinados Cmin y Cmax se sustituyen sus valores en la **ecuación [5]**, obteniendo así la relación de capacidad.

$$Rc = \frac{C \min}{C \max} = \frac{11.775.851,75}{27.175.042,50} = 0,43$$

La efectividad o eficacia (ε) del intercambiador proyectado se define como el cociente entre la velocidad real de transmisión de calor en un intercambiador determinado y la máxima velocidad posible de transmisión de calor:

$$\varepsilon = \frac{m_g C p_g (T e_g - T s_g)}{C \min(T e_g - T e_a)} = \frac{m_a C p_a (T s_a - T e_a)}{C \min(T e_g - T e_a)} \quad [7]$$

Sustituyendo términos en la **ecuación** [7]:

$$\varepsilon = \frac{1.765 \cdot 10^6}{2.000 \cdot 10^6} = 0,8824$$

La **figura A-5.1**, proporciona el número de unidades de transmisión del intercambiador (NTU) para distintas eficacias y distintas relaciones de capacidad. De esta forma el NTU del intercambiador proyectado sería de 5. El NTU es una medida del valor de la transmisión de calor del intercambiador, así cuanto mayor sea más estrechamente tiende el intercambiador a su valor límite termodinámico.

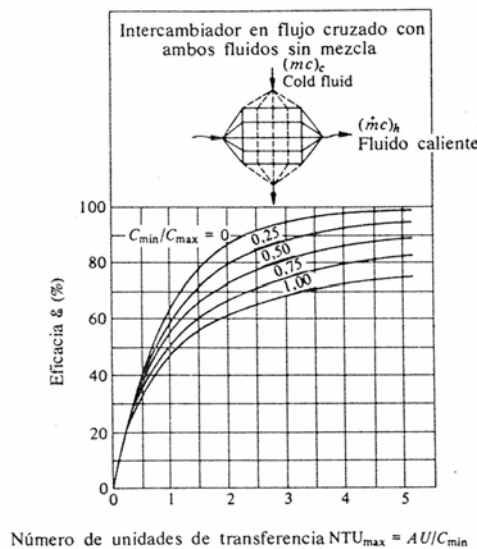


Figura A-5.1: Eficacia de un intercambiador de calor en el caso de flujo cruzado.

(La Transmisión del Calor. F. Kreith, W. Z. Black).

$$NTU_{\max} = \frac{AU}{C_{\min}} \quad [8]$$

A la hora de diseñar un intercambiador de calor para gases, se prefiere y se recomienda una disposición de flujo cruzado, tal y como se muestra en la **figura A-5.2**.

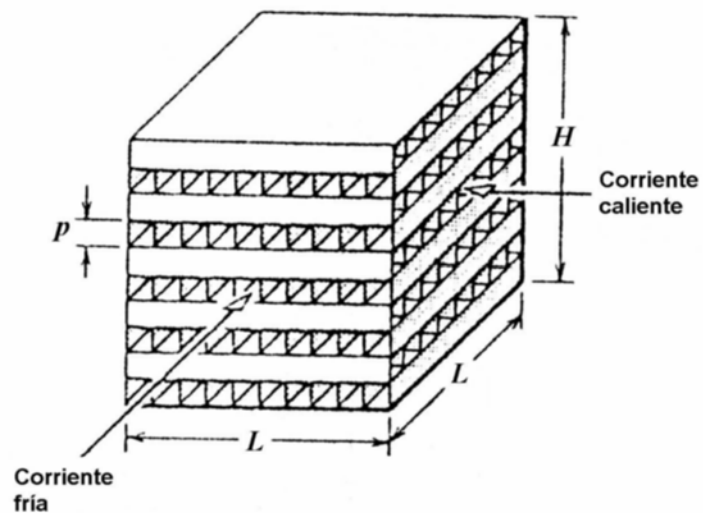


Figura A-5.2: Intercambiador de calor de flujo cruzado. (*Transferencia de Calor. A. F. Mills*).

El área de transmisión de calor “*A*” se define:

$$A = \mathcal{P} \cdot L \quad [9]$$

Donde:

- “*P*” es el perímetro por el fluido, en m².
- “*L*” es la longitud del intercambiador, en m.

Sustituyendo en la **ecuación [8]** y despejando “*L*”:

$$L = \frac{C \min \cdot NTU}{U \cdot \mathcal{P}} \quad [10]$$

Sea “ p ” la separación de placas, se va a suponer que el espesor de las paredes $t \ll p$ y que la eficacia de las aletas es la unidad. Si el perímetro de un conducto es $4p$ y el número de conductos para cada corriente es $(1/2)(H/p)(L/p)$, se tiene que el perímetro total “ \mathcal{P} ” = $(2HL)/p$, que sustituyendo en la **ecuación [10]**:

$$L = \frac{C \min \cdot NTU}{U \left(\frac{2HL}{p} \right)} \Rightarrow L^2 H = \frac{C \min \cdot NTU \cdot p}{2U} \quad [11]$$

Como el perímetro es igual para ambas corrientes:

$$\frac{1}{U} \approx \frac{1}{h_{ca}} + \frac{1}{h_{cg}} \quad [12]$$

Si se supone además que el flujo es laminar, condiciones térmicas totalmente desarrolladas, y que el flujo de calor por unidad de área de la pared es uniforme; entonces el número de Nusselt para la sección cuadrada es 3,6.

$$h_{ci} = Nu \left(\frac{k}{D_h} \right) \quad [13]$$

Sustituyendo en la **ecuación [12]**:

$$\frac{1}{U} \approx \frac{1}{\left[3,6 \left(\frac{k}{p} \right) \right]_g} + \frac{1}{\left[3,6 \left(\frac{k}{p} \right) \right]_a} \quad [14]$$

donde $k_g = 1,336 \cdot 10^{-2}$ W/m·K y $k_a = 6,56 \cdot 10^{-1}$ W/m·K. Sustituyendo términos:

$$U = \frac{1}{21,22 p} \quad [15]$$

Sustituyendo en la **ecuación [11]**:

$$L^2 H = 173.547,46 p^2 \quad [16]$$

La caída de presión es:

$$\Delta P = f \left(\frac{L}{p} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{4m^2}{\rho L^2 H^2} \right) \Rightarrow LH^2 = \frac{2f \cdot m^2}{\rho p \Delta P} \quad [17]$$

siendo “*f*” el factor de fricción que es función del número de Reynolds:

$$f = 57 / \text{Re}_{D_h} \quad [18]$$

El número de Reynolds “Re” se define como:

$$\text{Re}_{D_h} = \frac{V \rho p}{\mu} \quad [19]$$

siendo la velocidad “*V*”:

$$V = \frac{2m}{\rho LH} \quad [20]$$

Sustituyendo en la **ecuación [19]**:

$$\text{Re}_{D_h} = \frac{2m \cdot p}{\mu LH} \quad [21]$$

Sustituyendo en la ecuación [18]:

$$f = \frac{57LH\mu}{2m \cdot p} \quad [22]$$

Sustituyendo en la ecuación [17]:

$$H = \frac{57m \mu}{\rho p^2 \Delta P} \quad [23]$$

Sustituyendo términos:

$$H = \frac{7,2865 \cdot 10^{-7}}{p^2} \quad [24]$$

De esta forma se tienen 2 ecuaciones con 3 incógnitas: “*p*”, “*H*”, “*L*”. Por tanto es posible hacer variar “*p*” libremente y luego determinar los valores restantes de “*H*” y “*L*”. Seleccionando valores de la separación “*p*” y sustituyendo en las ecuaciones [24] y [16] se obtienen los siguientes resultados:

<i>p</i> (mm)	<i>H</i> (m)	<i>L</i> (m)
1,0	0,729	0,487
1,2	0,506	0,702
1,4	0,372	0,956
1,6	0,284	1,249
1,8	0,225	1,580
2,0	0,182	1,951

Figura A-5.3: Dimensiones del intercambiador en función de la separación de las placas.

Normalmente se prefiere forma cúbica, por lo que la separación entre placas debe estar comprendida entre 1,0 y 1,2 mm.

En resumen, el intercambiador de calor debe tener una potencia calorífica de 423.683 kcal/h, una separación de placas comprendida entre 1,0 y 1,2 mm.

Se ha elegido un intercambiador de calor de la marca LASMERT modelo ITA-130 x 180 x134 de características similares, con una potencia calorífica de 425.000 kcal/h y una separación de placas de 1,3 mm, que genera una pérdida de carga de 300 mm. de c.d.a.

Todo el proceso matemático se encuentra completamente desarrollado en la hoja de cálculo que se adjunta en el proyecto.

ANEXO 6: DIMENSIONADO DE LAS COLUMNAS DE RELLENO

El diseño de las torres y del resto de los equipos se va a realizar atendiendo a criterios empíricos. El parámetro empírico de mayor relevancia, por representar el límite de operación de una torre de absorción es la *velocidad de inundación o anegamiento*.

En una torre que contiene un determinado relleno, regada con un flujo definido de líquido la velocidad de flujo del gas tiene un límite superior denominada *velocidad de inundación* que se puede obtener a partir de la relación entre la caída de presión a través del lecho de relleno y la velocidad de flujo del gas, a partir del líquido retenido por el relleno, o bien mediante la observación visual.

Cuando se produce un aumento brusco en la caída de presión a través del relleno para una determinada velocidad de flujo de gas se dice que comienza el anegamiento de la columna, fenómeno que se pone de manifiesto por acumulación o retroceso del líquido en la misma. La inundación se origina cuando la pérdida de presión en el gas es tan alta que la carga del líquido no es suficiente para circular en contracorriente.

Normalmente los absorbedores están diseñados para caídas de presión del gas de 200 a 400 N/m².

DIÁMETRO Y SECCIÓN DE LA COLUMNA

La determinación del diámetro y sección del relleno de la columna se hará atendiendo a la **figura A-6.1**, donde se representa la inundación y la caída de presión en torres con rellenos al azar.

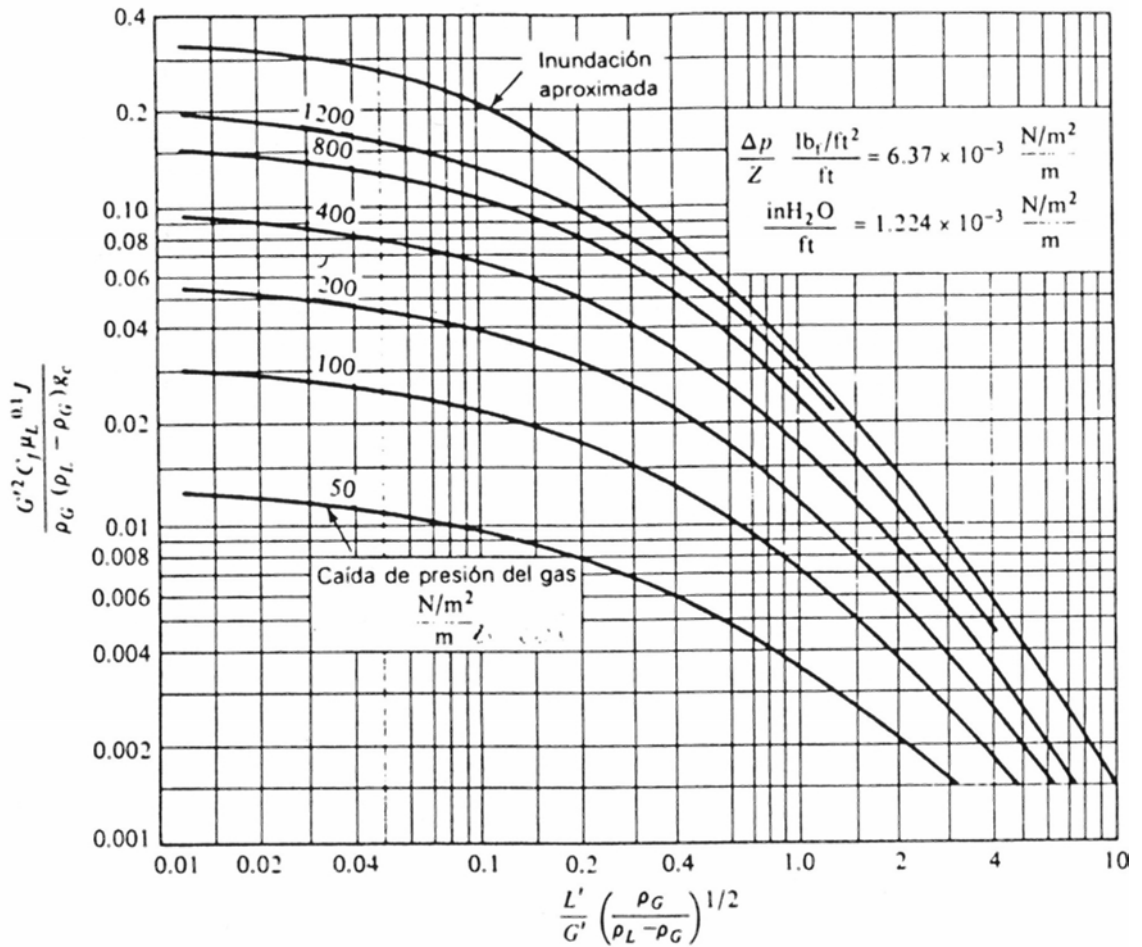


Figura A-6.1: Inundación y caída de presión en torres con rellenos al azar.

(Operaciones de Transferencia de Masa. Robert E. Treybal).

En el eje X de la figura A-6.1, se representa:

$$\frac{L'}{G'} \left(\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G} \right)^{1/2} \quad [1]$$

Donde:

- “L’” es flujo másico del líquido a la salida, en kg/s.
- “G’” es flujo másico del gas a la entrada, en kg/s.
- “ρ_G” es la densidad de la fase gas, en kg/m³.
- “ρ_L” es la densidad de la fase líquida, en kg/m³.

“L’” = 1,0 kg/s agua residual + 0,007 kg/s SO₂ absorbido = 1,007 kg/s; “G’” = 4,241 kg/s; “ρ_G” = 1,116 kg/m³; “ρ_L” = 1.000 kg/m³.

Sustituyendo términos en la **ecuación [1]**:

$$\frac{1,007}{4,241} \left(\frac{1,116}{1,000 - 1,116} \right)^{1/2} = 0,008$$

Se obtiene un valor de X = 0,008. Suponiendo una caída de presión del gas de 300 N/m², se asegura una velocidad de flujo del gas y una altura de relleno razonables, de esta forma Y = 0,07.

El eje Y de la **figura A-6.1**, representa:

$$\frac{G'^2 C_f \mu_L^{0,1} J}{\rho_G (\rho_L - \rho_G) g_c} \quad [2]$$

Donde:

- “G’” es el flujo másico del gas a la entrada, en kg/s·m².
- “C_f” para anillos Pall de plástico de 2 pulgadas, C_f = 25. Ver “Anexo 7: Características del relleno”.
- “μ_L” es la viscosidad del líquido, en kg/m·s.
- “J” es una constante adimensional = 1.
- “ρ_G” es la densidad de la fase gas, en kg/m³.
- “ρ_L” es la densidad de la fase líquido, en kg/m³.
- “g_c” es una constante = 1.

Igualando la **ecuación [2]** a 0,07 y despejando “G’” se tiene:

$$G' = \sqrt{0,07 \left(\frac{\rho_G (\rho_L - \rho_G) g_c}{C_f \mu_L^{0,1} J} \right)} \quad [3]$$

Sustituyendo términos en la **ecuación [3]**:

$$G' = \sqrt{0,07 \left(\frac{1,116(1.000 - 1,116)l}{25 \cdot 0,001^{0,1} \cdot 1} \right)} = 1,603 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

Por lo tanto, el área de la sección transversal de la torre es:

$$\frac{4,241 \text{ kg/s}}{1,603 \text{ kg/m}^2\text{s}} = 2,65 \text{ m}^2$$

A partir del área de la sección transversal, se puede determinar el diámetro de la torre mediante la siguiente expresión:

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{4 \text{Área}}{\pi} \right)^{0,5} \quad [4]$$

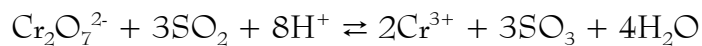
Sustituyendo términos en la **ecuación [4]**:

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{4 \cdot 2,65}{\pi} \right)^{0,5} = 1,84 \text{ m}$$

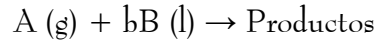
○ aproximadamente 2 m de diámetro, siendo el área de la sección transversal correspondiente = 3,142 m².

ALTURA DEL RELLENO

La reacción que tiene lugar entre el Cr⁶⁺ y el SO₂ es:



Según *Levenspiel* para una reacción del tipo:



Si se le aplica un balance de materia para los puntos 1 y 2 de la torre se obtiene (de ahora en adelante los subíndices A y B hacen referencia a SO₂ y Cr₂O₇²⁻ respectivamente):

$$\frac{G}{\pi}(P_A - P_{A1}) = -\frac{L}{bC_T}(C_B - C_{B1}) \quad [5]$$

Donde:

- “*G*” es caudal molar ascendente de inertes en la fase gaseosa por metro cuadrado de área de sección normal de la torre, en mol/h·m².
- “*π*” es la presión total, en atm.
- “*P_A*” es moles de A en la fase gas.
- “*L*” es el caudal molar descendente de inertes en la fase líquida por metro cuadrado de área de sección normal de la torre, en mol/h·m².
- “*b*” es el coeficiente de la estequiometría de la reacción.
- “*C_T*” es moles totales en la fase líquido.
- “*C_B*” es moles de B en la fase líquido.

Los subíndices 1 y 2 hacen referencia a la cabeza y a la cola de la torre respectivamente, tal y como se indica en la **figura A-6.2**:

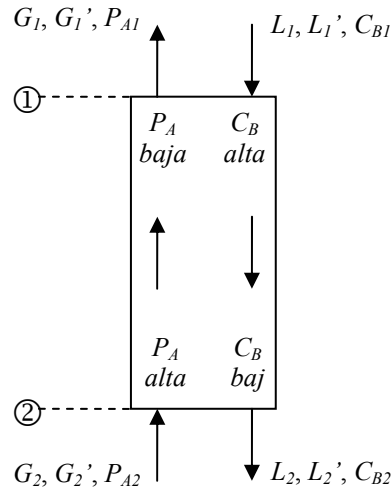


Figura A-6.2: Representación del balance de materia para el funcionamiento de torres. (*Ingeniería de las Reacciones Químicas. Octave Levenspiel*).

Todos los términos de la **ecuación [5]** están definidos, a excepción de “*L*”, así pues despejando “*L*” de la **ecuación [5]** se tiene:

$$L = \frac{bC_T G}{\pi} \cdot \frac{(P_A - P_{A1})}{(C_{B1} - C_B)} \quad [6]$$

“*P_A*” = 8,600 · 10⁻⁴ atm. Se va a considerar que se absorbe el 99% del SO₂, por lo tanto “*P_{A1}*” = 8,600 · 10⁻⁶ atm. El agua residual crómica tiene un contenido en Cr⁶⁺ = 32,69 mol/m³ = “*C_B*”, por ley viene estipulado que el efluente de salida no debe tener un contenido superior a 0,05 ppm de Cr⁶⁺. Sin embargo se va a considerar que el contenido máximo sea de 0,04 ppm para tener un margen de error, siendo el contenido de Cr⁶⁺ en el efluente de salida de 7,692 · 10⁻⁴ mol/m³. “*C_T*” = 55.482,905 mol/m³. La reacción entre el Cr⁶⁺ y el SO₂ se lleva a cabo con un exceso del 25% del SO₂ según *Manual Técnico del Agua*, por lo tanto “*b*” = 0,267.

Sustituyendo términos en la **ecuación [6]**:

$$L = \frac{0,267 \cdot 55.482,9 \cdot 164.579,937}{1} \cdot \frac{(8,6 \cdot 10^{-4} - 8,6 \cdot 10^{-6})}{(32,69 - 7,692 \cdot 10^{-4})} = 63.500,375 \text{ mol/m}^2 \text{ h}$$

Operando de esta forma es posible obtener el caudal molar de inertes de la fase líquida por metro cuadrado de área de sección normal de la torre. Para determinar el caudal total de la fase líquida por metro cuadrado de área de sección normal de la torre se emplea la **ecuación [7]**:

$$L = L' \left(1 - \frac{C_{B1}}{C_T} \right) \quad [7]$$

Donde:

- “L’” es el caudal molar descendente del líquido por metro cuadrado de área de sección normal de la torre, en mol/h·m².

Despejando “L’” y sustituyendo términos en la **ecuación [7]**:

$$L' = \frac{L}{\left(1 - \frac{C_{B1}}{C_T} \right)} = \frac{63.500,375}{\left(1 - \frac{32,69}{55.482,90} \right)} = 63.537,811 \text{ mol/m}^2\text{h}$$

Si se divide por “C_T” y se multiplica por el área de la torre, se tiene:

$$L' = \left(\frac{63.537,811}{55.482,90} \right) 3,142 = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Combinando la ecuación de velocidad con el balance de materia, se determina la altura del relleno, en función de A o B:

$$h = G \int_{Y_{A1}}^{Y_{A2}} \frac{dY_A}{(-r_A'')a} = \frac{L}{b} \int_{X_{B2}}^{X_{B1}} \frac{dX_B}{(-r_A'')a} \quad [8]$$

Que, en el caso de sistemas diluidos puede escribirse de la siguiente forma:

$$h = \frac{G}{\pi} \int_{P_{A1}}^{P_{A2}} \frac{dP_A}{(-r_A'')a} = \frac{L}{bC_T} \int_{C_{B2}}^{C_{B1}} \frac{dC_B}{(-r_A'')a} \quad [9]$$

Donde:

- “*h*” es la altura del relleno, en m.
- “*a*” es el área de contacto de interfase por unidad de volumen de la torre, en m²/m³.
- “*Y_A*” son moles de A/moles de inerte en el gas.
- “*X_B*” son moles de B/moles de inerte en el líquido.
- “*-r_A*” es la velocidad de reacción.

Para determinar la altura del relleno hay que analizar cual es la forma de ecuación de velocidad “*-r_A*” a emplear, para ello se deben estudiar los dos extremos de la torre:

- en la cúspide:
 - $k_{Ag}aP_A = (1,467 \text{ mol/s}\cdot\text{atm}\cdot\text{m}^2)(17,711 \text{ m}^2/\text{m}^3)(8,6 \cdot 10^{-6} \text{ atm}) = 2,234 \cdot 10^{-4} \text{ mol/s}\cdot\text{m}^3 = 8,044 \cdot 10^{-1} \text{ mol/h}\cdot\text{m}^3$
 - $k_l a C_B = (5,997 \cdot 10^{-4} \text{ m/s})(17,711 \text{ m}^2/\text{m}^3)(32,69 \text{ mol/m}^3) = 0,347 \text{ mol/s}\cdot\text{m}^3 = 1.249,968 \text{ mol/h}\cdot\text{m}^3$
- en el fondo:
 - $k_{Ag}aP_A = (1,467 \text{ mol/s}\cdot\text{atm}\cdot\text{m}^2)(17,711 \text{ m}^2/\text{m}^3)(8,6 \cdot 10^{-4} \text{ atm}) = 2,234 \cdot 10^{-2} \text{ mol/s}\cdot\text{m}^3 = 80,44 \text{ mol/h}\cdot\text{m}^3$
 - $k_l a C_B = (5,997 \cdot 10^{-4} \text{ m/s})(17,711 \text{ m}^2/\text{m}^3)(7,692 \cdot 10^{-4} \text{ mol/m}^3) = 8,170 \cdot 10^{-6} \text{ mol/s}\cdot\text{m}^3 = 2,941 \cdot 10^{-2} \text{ mol/h}\cdot\text{m}^3$

Ver “Anexo 8: Coeficientes de transferencia de materia”.

En la cúspide $k_{Ag}P_A < k_l C_B$ por lo tanto ha de emplearse la siguiente ecuación de velocidad:

$$-r_A = k_{Ag}P_A \quad [10]$$

En el fondo $k_{Ag}P_A > k_lC_B$ debiendo usarse la ecuación:

$$-r_A = \frac{\frac{D_{Bl}}{D_{Al}} \frac{C_B}{b} + \frac{P_A}{H_A}}{\frac{1}{H_A k_{Ag}} + \frac{1}{k_{Al}}} \quad [11]$$

O bien:

$$-r_A = \frac{H_A C_B + P_A}{\frac{1}{k_{Ag}} + \frac{H_A}{k_l}} \quad [12]$$

Seguidamente se calculará la condición para la cual la zona de reacción alcanza justamente la interfase y donde cambia la forma de la ecuación de velocidad. Sucede esto cuando: $k_{Ag}P_A = k_lC_B$, teniendo en cuenta el balance de materia, resulta $P_A = 8,085 \cdot 10^{-5}$

En la sección superior $k_{Ag}P_A < k_lC_B$ y el proceso estaría controlado por la resistencia de la fase gaseosa y por consiguiente $k_{Ag}a = K_{Ag}a$. Sustituyendo en la ecuación de velocidad y dando valores de “ P_A ” comprendidos entre $8,6 \cdot 10^{-6}$ y $8,6 \cdot 10^{-4}$ se obtiene la velocidad de reacción, como se muestra en la **figura A-6.3**.

En la sección inferior $k_{Ag}P_A > k_lC_B$, por consiguiente la reacción se efectúa en la película líquida, y ha de emplearse la **ecuación [12]**. En este caso el coeficiente global de transferencia de materia es:

$$K_{Ag}a = \frac{1}{\frac{1}{k_{Ag}a} + \frac{H_A}{k_la}} \quad [13]$$

Donde “ H_A ” es la solubilidad del SO₂ en agua, siendo “ H_A ” = $26 \cdot 10^{-6}$ atm·m³/mol.

Para emplear la **ecuación** [12] es necesario determinar “ C_B ” mediante la **ecuación** [5]. Sustituyendo términos y despejando “ C_B ” de la **ecuación** [5] se tiene:

$$C_B = 32,690 - \frac{(P_A - 8,6 \cdot 10^{-6})}{2,604 \cdot 10^{-5}} \quad [14]$$

Sustituyendo las **ecuaciones** [13] y [14] en la **ecuación** [12] y dando valores de “ P_A ” comprendido entre $8,6 \cdot 10^{-6}$ y $8,6 \cdot 10^{-4}$ se obtiene la velocidad de reacción, como se muestra en la **figura A-6.3**.

P_A	C_B	$H_A \cdot C_B$	$P_A + H_A$	$K_{Ag}a$	$(-r_A)a$	$1/(-r_A)a$
$8,600 \cdot 10^{-6}$				$9,354 \cdot 10^4$	0,804	1,244
$4,086 \cdot 10^{-4}$				$9,354 \cdot 10^4$	38,220	$2,616 \cdot 10^{-2}$
$8,085 \cdot 10^{-4}$				$9,354 \cdot 10^4$	75,627	$1,322 \cdot 10^{-2}$
$8,085 \cdot 10^{-4}$	1,978	$5,143 \cdot 10^{-5}$	$8,594 \cdot 10^{-4}$	$8,794 \cdot 10^4$	75,627	$1,322 \cdot 10^{-2}$
$8,343 \cdot 10^{-4}$	0,998	$2,569 \cdot 10^{-5}$	$8,6 \cdot 10^{-4}$	$8,794 \cdot 10^4$	75,628	$1,322 \cdot 10^{-2}$
$8,600 \cdot 10^{-4}$	$7,692 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$8,6 \cdot 10^{-4}$	$8,794 \cdot 10^4$	75,628	$1,322 \cdot 10^{-2}$

Figura A-6.3: Procedimiento de cálculo para la determinación de la velocidad de reacción.

Como podía esperarse, para “ P_A ”= $8,085 \cdot 10^{-4}$ las velocidades calculadas a partir de las **ecuaciones** [10] y [12] son idénticas.

La altura de la torre es la suma de la sección superior y la sección inferior:

$$h = h_{\text{sección superior}} + h_{\text{sección inferior}}$$

Sustituyendo las **ecuaciones** [10] y [12] en la **ecuación** [9] y teniendo en cuenta la región donde se produce el cambio de ecuación de velocidad:

$$h = \frac{G}{\pi} \int_{8,6 \cdot 10^{-6}}^{8,085 \cdot 10^{-4}} \frac{dP_A}{k_{Ag} a P_A} + \frac{G}{\pi} \int_{8,085 \cdot 10^{-4}}^{8,6 \cdot 10^{-4}} \frac{1/k_{Ag} a + H_A/k_l a}{P_A + H_A C_B} dP_A \quad [15]$$

Sustituyendo términos en la **ecuación [15]** e integrando:

$$\begin{aligned} h &= \frac{(164.579,937)}{(9,354 \cdot 10^4)} \left(\ln \frac{8,085 \cdot 10^{-4}}{8,6 \cdot 10^{-6}} \right) + \\ &+ (164.579,937) \frac{(1/8,794 \cdot 10^4) (8,6 \cdot 10^{-4} - 8,085 \cdot 10^{-4})}{(8,6 \cdot 10^{-4})} = \\ &= 7,99 + 0,11 = 8,10 \text{ m} \end{aligned}$$

En resumen, las dimensiones del relleno son: **8,10 m de alto y 2 m de diámetro**. Puesto que las dimensiones del relleno son demasiado para construir un solo cuerpo se va a optar por dividir éste en dos, de forma que se tendrá dos columnas de absorción con un relleno cada una de 4,05 m de alto y 2 m de diámetro. De esta forma se reduce la posibilidad de formación de caminos preferenciales en el interior del relleno y se facilita asimismo el mantenimiento de la torre.

VOLUMEN DEL RELLENO

Teniendo en cuenta la definición de volumen de un cilindro:

$$V = (\pi R^2)L \quad [16]$$

Sustituyendo términos en la **ecuación [16]**: “R” = 1 m y “L” = 4,05 m

$$V = (\pi 1^2)4,05 = 12,723 \text{ m}^3$$

Por tanto el relleno que contiene cada torre tiene un volumen aproximado de 13 m³.

ESPESOR DE LA ENVOLVENTE Y DE LOS FONDOS

Cuando se calculen los espesores requeridos de los recipientes, además del código ASME, Sección VIII, División 1, deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios adicionales:

- El espesor mínimo, excluido el sobreespesor de corrosión, de las envolventes y fondos de los recipientes no será inferior a $(D/1.000)+2,54$ mm, siendo “D” el diámetro del recipiente en mm, ni inferior a 5 mm para recipientes de acero al carbono y de baja aleación, o a 3 mm para recipientes de media y baja aleación, incluido cualquier tipo de acero inoxidable.
- Los recipientes deberán diseñarse para ser probados con agua en su posición de operación, sin que en ningún momento sus tensiones sobrepasen las tensiones máximas admisibles a la temperatura de diseño.
- La flecha máxima admisible, calculada teniendo en cuenta todos los esfuerzos exceptuando los sísmicos, no será superior a 4,5 mm a cada lado del eje por cada metro de altura.

El sobreespesor normal de corrosión se elegirá conforme al tipo de material utilizado en la fabricación del depósito. En el presente proyecto se ha elegido un acero 316, para el cual el sobreespesor de corrosión es de 1,5 mm.

El sobreespesor de corrosión será añadido a todas las superficies de los elementos en contacto con el fluido de acuerdo con los siguientes criterios:

- A todos los elementos sometidos a presión.
- A todos los elementos soldados del interior del recipiente y a cada una de las superficies en contacto con el fluido contenido en el recipiente.
- A todos los elementos internos atornillados se añadirá la mitad del sobreespesor para la corrosión especificados.

Para el cálculo del espesor mínimo de la envolvente “*T*” necesitamos conocer los valores de presión de diseño “*P*”, que vendrá dada en kg/cm²; diámetro interior “*D*”, en mm; corrosión admisible “*C*”, en mm; eficiencia de la soldadura “*E*”, en %; y tensión

admisible a la temperatura de diseño “*S*”, en kg/cm². Conocidos estos datos es posible calcular el espesor mínimo de la envolvente utilizando las siguientes ecuaciones:

- Por tensión circunferencial:
 - En función del diámetro interior “*D*”:

$$T = \frac{P(D + 2C)}{2SE - 1,2P} + C \quad [17]$$

- En función del diámetro exterior “*D*₀”:

$$D_0 = D + 2T$$

$$T = \left(\frac{PD_0}{2SE + 0,8P} \right) + C \quad [18]$$

- Por especificación:

$$T = \frac{D_0}{1000} + 2,54 + C \quad [19]$$

La presión de diseño “*P*” es de 3,5 kg/cm², el diámetro interior “*D*” es de 2.000 mm, la corrosión admisible o sobreespesor de corrosión “*C*” para el acero inoxidable 316 es de 1,5 mm, la eficiencia de la soldadura “*E*” es del 55% (0,55). La temperatura de diseño es de 65 °C, y la tensión admisible “*S*” a la temperatura de diseño es de 1.322 kg/cm². Conocidos estos datos es posible calcular el espesor de la envolvente:

- Por tensión circunferencial:
 - En función del diámetro interior “*D*”:

Sustituyendo términos en la **ecuación** [17]:

$$T = \frac{3,5(2.000 + 2 \cdot 1,5)}{(2 \cdot 1.322 \cdot 0,55) - (1,2 \cdot 3,5)} + 1,5 = 6,33 \text{ mm}$$

- En función del diámetro exterior “ D_0 ”:

Sustituyendo términos en la **ecuación [18]**:

$$T = \left(\frac{3,5 \cdot 2.012,7}{(2 \cdot 1.322 \cdot 0,55) + (0,8 \cdot 3,5)} \right) + 1,5 = 6,33 \text{ mm}$$

- Por especificación:

Sustituyendo términos en la **ecuación [19]**:

$$T = \frac{2.012,7}{1.000} + 2,54 + 1,5 = 6,1 \text{ mm}$$

Se adoptará el mayor de los espesores obtenidos, y se comprobará si el material soporta la tensión admisible. Para ello se realizará la siguiente secuencia de cálculo:

$$A = \frac{0,125}{R_0/T} = \frac{0,125}{1.006,33/6,33} = 7,87 \cdot 10^{-4} \quad [20]$$

$$B = \frac{A \cdot E}{2} = \frac{(7,87 \cdot 10^{-4})(28 \cdot 10^6)}{2} = 11.016,16 \text{ psi} = 774,38 \text{ kg/cm}^2 \quad [21]$$

Donde “ E ” es el modulo de elasticidad a la temperatura de diseño = $28 \cdot 10^6$ psi.

Se compara “ B ” con la tensión admisible: si $B > S$ el espesor es válido, si $B < S$ el espesor se queda corto. En nuestro caso $B < S$, por tanto hay que aumentar el espesor y volver a calcularlo.

Se despeja “ A ” de la **ecuación [21]** y se sustituye “ B ” por el valor de la tensión admisible:

$$A = \frac{2 \cdot B}{E} = \frac{2 \cdot 18.800}{28 \cdot 10^6} = 1,343 \cdot 10^{-3}$$

Despejando “ T ” de la **ecuación** [20] y sustituyendo el nuevo valor de “ A ” obtenido:

$$T = \frac{A}{0,125} R_0 = \frac{1,343 \cdot 10^{-3}}{0,125} 1.006,33 = 10,81 \text{ mm}$$

Se redondeará su valor a uno superior normalizado, siendo este de 11 mm.

Se entiende por fondos las tapas que cierran la carcasa (parte cilíndrica de la torre). En las columnas de relleno proyectadas, el fondo superior es de geometría torisférica decimal tipo *Klopper*, mientras que el inferior es plano que servirá al mismo tiempo como superficie de apoyo.

Para el cálculo del espesor mínimo de los fondos “ T ” es preciso conocer los valores de presión de diseño “ P ”, que vendrá dada en kg/cm²; diámetro exterior del faldón “ D_0 ”, en mm; radio interior de la corona “ L ”, en mm; radio exterior de la corona “ L_0 ”, en mm; corrosión admisible “ C ”, en mm; eficiencia de la soldadura “ E ”, en %; tensión admisible a temperatura ambiente “ S_I ”, en kg/cm² y tensión admisible a la temperatura de diseño “ S ”, en kg/cm². Conocidos estos datos resulta posible calcular el espesor mínimo de la envolvente utilizando las siguientes ecuaciones:

- Por tensión circunferencial:
 - En función del radio interior “ L ”:

$$L = D_0$$

$$T_F = \frac{1,54P(L + C)}{2S_I E - 0,2P} + C \tag{22}$$

- En función del radio exterior “ L_0 ”:

$$L_0 = L + T$$

$$T = \frac{1,54PL_0}{2SE + 1,34P} + C \quad [23]$$

- Por especificación:

$$T = \frac{D_0}{1000} + 2,54 + C \quad [24]$$

La presión de diseño “*P*” es de 3,5 kg/cm², el diámetro exterior del faldón “*D₀*” es de 2.022 mm, el radio interior de la corona “*L*” es de 2.022 mm, el radio exterior de la corona “*L₀*” es de 2.033 mm, la corrosión admisible o sobreespesor de corrosión “*C*” para el acero inoxidable 316 es de 1,5 mm, la eficiencia de la soldadura “*E*” es del 55% (0,55), la temperatura de diseño es de 65 °C, la tensión admisible a temperatura ambiente “*S_f*” es de 1.322 kg/cm² y la tensión admisible “*S*” a la temperatura de diseño es de 1.322 kg/cm². Conocidos estos datos resulta posible calcular el espesor de los fondos:

- Por tensión circunferencial:
 - En función del radio interior “*L*”:

Sustituyendo términos en la **ecuación** [22]:

$$T_F = \frac{1,54 \cdot 3,5(2.022 + 1,5)}{(2 \cdot 1.322 \cdot 0,55) - (0,2 \cdot 3,5)} + 1,5 = 9 \text{ mm}$$

- En función del radio exterior “*L₀*”:

Sustituyendo términos en la **ecuación** [23]:

$$T = \frac{1,54 \cdot 3,5 \cdot 2.033}{(2 \cdot 1.322 \cdot 0,55) + (1,34 \cdot 3,5)} + 1,5 = 9 \text{ mm}$$

- Por especificación:

Sustituyendo términos en la **ecuación** [24]:

$$T = \frac{2.022}{1.000} + 2,54 + 1,5 = 6,1 \text{ mm}$$

Se adoptará el mayor de los espesores obtenidos, y se comprobará si el material soporta la tensión admisible. Para ello se realizará en la siguiente secuencia de cálculo:

$$A = \frac{0,125}{R_0/T} = \frac{0,125}{1.011/9} = 1,113 \cdot 10^{-3} \quad [25]$$

$$B = \frac{A \cdot E}{2} = \frac{(1,113 \cdot 10^{-3})(28 \cdot 10^6)}{2} = 15.585,08 \text{ psi} = 1.095,336 \text{ kg/cm}^2 \quad [26]$$

Donde “E” es el modulo de elasticidad a la temperatura de diseño = $28 \cdot 10^6$ psi.

Se compara “B” con la tensión admisible: si $B > S$ el espesor es válido, si $B < S$ el espesor se queda corto. En el caso del proyecto en curso $B < S$, por tanto hay que aumentar el espesor y volver a calcularlo.

Se despeja “A” de la ecuación [26] y se sustituye “B” por el valor de la tensión admisible:

$$A = \frac{2 \cdot B}{E} = \frac{2 \cdot 18.800}{28 \cdot 10^6} = 1,343 \cdot 10^{-3}$$

Despejando “T” de la ecuación [25] y sustituyendo el nuevo valor de “A” obtenido se tiene:

$$T = \frac{A}{0,125} R_0 = \frac{1,343 \cdot 10^{-3}}{0,125} 1.011 = 10,86 \text{ mm}$$

Se redondeará su valor a uno superior normalizado, siendo este de 11 mm.

Para este tipo de geometría hay relaciones que, conocido el diámetro externo del depósito, permiten el calculo de todas las variables dimensionales del techo. Estas relaciones son las siguientes:

$$D_0 = 2.022 \text{ mm}$$

$$R = D_0 = 2.022 \text{ mm}$$

$$r = D_0/10 = 202,2 \text{ mm}$$

$$H = 0,2D_0 = 404,4 \text{ mm}$$

$$h = 3,5T_F = 38,5 \text{ mm}$$

$$H_T = H + h = 442,9 \text{ mm}$$

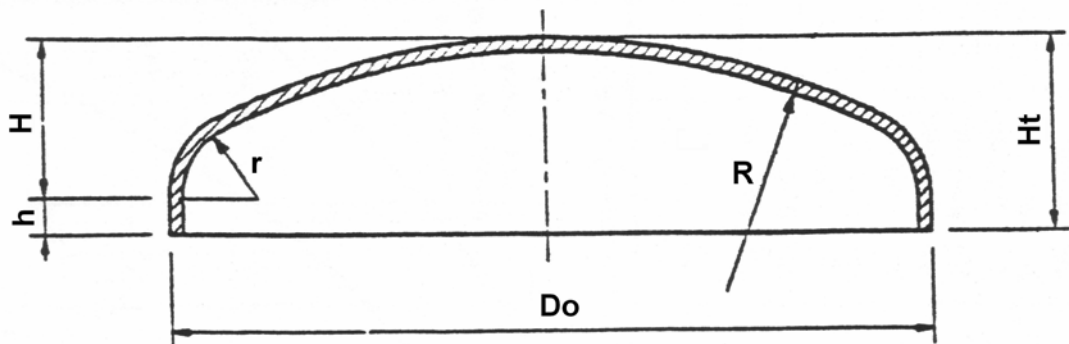


Figura A-6.4: Características técnicas de fondo toriesférico tipo KLOPPER.
(STD-RP-007).

En el centro del fondo superior se encuentra fijada mediante una pieza de acoplamiento la tubería de salida de gas que conectará con la otra torre o bien a la atmósfera mediante una chimenea.

ALTURA TOTAL

Para determinar la altura total de cada torre, es esencial determinar previamente la distribución de elementos internos de cada columna (relleno, separador de gotas, distribución de líquido, etc.)

En la **figura A-6.5**, se pueden apreciar las alturas que ocupan los distintos elementos internos que presenta la torre.

Elementos internos	Altura necesaria (mm)
Lecho de relleno (anillos Pall)	4.050
Separador de gotas	500
Distribuidor de líquido	1.000
Plato soporte relleno	15
Distribuidor de gas	1.500
TOTAL	7.065

Figura A-6.5: Altura de los elementos internos de las torres de relleno.

Por lo tanto, la altura total que tendrá cada una de las dos torres será de: **7.065 mm (elementos internos) + 500 mm (tapa superior) = 7.565 mm.**

Las torres proyectadas descansan sobre sus bases de fondo plano.

Todo el proceso matemático se encuentra completamente desarrollado en la hoja de cálculo que se adjunta en el proyecto.

ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO

La enorme importancia del material de relleno reside en que el relleno de una torre de absorción supone la superficie de contacto gas/líquido que posibilita la transferencia de materia mediante la absorción del soluto, presente en el gas, al líquido y la consecuente reacción química.

Se trata de unos lechos de muchas piezas cuya misión es aumentar la superficie de contacto entre los dos fluidos, que circulan en contracorriente.

Las principales exigencias que debe cumplir un relleno son las siguientes:

- Ser químicamente inertes para los fluidos que circulan en la torre.
- Tener suficiente resistencia mecánica sin un peso excesivo.
- Permitir un paso adecuado de ambas corrientes sin originar una retención del líquido o una caída de presión excesivas.
- Proporcionar un buen contacto entre las fases, para que la transferencia de materia sea eficiente.
- Tener un coste relativamente bajo.

El relleno de una torre se puede disponer de forma ordenada o al azar. Los dispuestos al azar están generalmente formados por piezas de dimensiones pequeñas (5 a 50 mm) y se utilizan principalmente en torres pequeñas y medianas, mientras que los rellenos colocados ordenadamente están formados por piezas de 50 a 200 mm y se utilizan en torres grandes. Estos rellenos presentan canales ininterrumpidos a través del lecho y originan caídas de presión menores que cuando se utilizan rellenos colocados al azar, en los que el gas se ve obligado a cambiar frecuentemente de velocidad y dirección. Sin embargo, el contacto entre los fluidos empeora considerablemente.

El caso ideal de contacto consiste en que el líquido, una vez que se ha distribuido en la parte superior del relleno, desciende en forma de delgadas películas sobre la superficie del relleno. En la práctica, las películas tienden a hacerse más gruesas en unas zonas y más delgadas en otras, de forma que el líquido tiende a seguir caminos preferenciales en el lecho. Por lo que, a bajas velocidades de líquido, una gran parte de la

superficie del relleno puede estar seca o recubierta de una película estancada de líquido. Es el efecto de la canalización y es la principal causa del mal funcionamiento de las grandes torres de relleno.

Cuando los rellenos están dispuestos al azar y las torres son de tamaño moderado, la canalización del líquido (camino preferenciales) se hace mínima cuando el diámetro de la torre es superior a ocho veces el diámetro de relleno. En nuestro caso: $D = 2.000 \text{ mm} > 400 \text{ mm} = 8 \times 50 \text{ mm}$.

Existen muchos tipos de rellenos comerciales aplicables a torres de relleno. La forma de las piezas, sus dimensiones y su material es muy importante para conseguir el servicio requerido. Los materiales más comunes son: cerámicos, plásticos y metálicos.

Las variables más importantes a la hora de seleccionar un relleno son:

- Tamaño nominal (mm).
- Volumen libre o porosidad (fracción de huecos, en %).
- Superficie específica (superficie por unidad de volumen de relleno).
- Peso por unidad de volumen de relleno (kg/m^3).
- Resistencia mecánica a la compresión.

En las torres proyectadas se propone utilizar anillos plásticos tabicados cilíndricos, de unos 50 mm de diámetro (2") y en concreto, Anillos Pall de polipropileno y 50 mm de diámetro, o variantes similares de dicho relleno que sean comercializados con otros nombres.

El relleno seleccionado presenta: pequeñas pérdidas de carga, alta resistencia mecánica, proporcionan una eficiente transferencia de materia entre el gas y el líquido y coste relativamente bajo.

Propiedades físicas del relleno seleccionado:

Tamaño nominal (mm)	Superficie específica (m ² /m ³)	Porosidad (%)	Peso (kg/m ³)	Tensión de superficie crítica (dinas/cm)	Esfuerzo compresión (MPa)
50	102	92	54	33	0,4

Figura A-7.1: Propiedades físicas del relleno. (*Operaciones de Transferencia de Masa. Robert E. Treybal*).



Figura A-7.2: Imagen del relleno seleccionado. Anillo Pall.

ANEXO 8: COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE MATERIA

Antes de proceder a la determinación de los coeficientes de transferencia de materia es necesario evaluar la superficie mojada “ a_w ”.

$$\frac{a_w}{a_v} = 1 - \exp \left[-1,45 \left(\frac{\sigma_c}{\sigma} \right)^{0,75} \left(\frac{G_L}{a_v \mu_L} \right)^{0,1} \left(\frac{G_L^2 a_v}{\rho_L^2 g} \right)^{-0,05} \left(\frac{G_L^2}{\rho_L \sigma a_v} \right)^{0,2} \right] \quad [1]$$

Donde:

- “ a_w ” es el área superficial del relleno mojado, en m²/m³.
- “ a_v ” es el área superficial por unidad de volumen de relleno, en m²/m³. Ver “Anexo 7: Características del relleno”.
- “ σ_c ” es la tensión superficial crítica del material de relleno, en dinas/cm. Ver “Anexo 7: Características del relleno”.
- “ σ ” es la tensión superficial del líquido, en dinas/cm.
- “ G_L ” es la velocidad de masa de la fase líquida, en kg/s·m².
- “ μ_L ” es la viscosidad del líquido, en kg/m·s.
- “ ρ_L ” es la densidad del líquido, en kg/m³.
- “ g ” es la aceleración de la gravedad, en m/s².

Sustituyendo términos en la **ecuación [1]** y despejando “ a_w ”:

$$a_w = \left(1 - \exp \left[-1,45 \left(\frac{0,033}{0,0728} \right)^{0,75} \left(\frac{0,321}{102 \cdot 0,001} \right)^{0,1} \left(\frac{0,321^2 \cdot 102}{1000^2 \cdot 9,8} \right)^{-0,05} \left(\frac{0,321^2}{1000 \cdot 0,0728 \cdot 102} \right)^{0,2} \right] \right) (102) = 17,711 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Para la determinación de los coeficientes de transferencia de materia se utilizan las ecuaciones que establece para ello la obra *Principios de Operaciones Unitarias (Foust)*, de esta forma, para la fase líquida:

$$k_l \left(\frac{\rho_L}{\mu_L g} \right)^{1/3} = 0.0051 \left(\frac{G_L}{a_w \mu_L} \right)^{2/3} \left(\frac{\mu_L}{\rho_L D_L} \right)^{-1/2} (a_v D_p)^{0.4} \quad [2]$$

Donde:

- “ k_l ” es coeficiente individual de transferencia de masa de la fase líquida, en mol/s·m²·(mol/m³).
- “ ρ_L ” es la densidad del líquido, en kg/m³.
- “ μ_L ” es la viscosidad del líquido, en kg/m·s.
- “ g ” es la aceleración de la gravedad, en m/s².
- “ G_L ” es la velocidad de masa de la fase líquida, en kg/s·m².
- “ a_w ” es el área superficial del relleno mojado, en m²/m³.
- “ D_L ” es el coeficiente de difusión de la fase líquida, en m²/s. Ver “Anexo 9: Coeficientes de difusión”.
- “ a_v ” es el área superficial por unidad de volumen de relleno, en m²/m³. Ver “Anexo 7: Características del relleno”.
- “ D_p ” es el tamaño nominal del relleno, en m.

Sustituyendo términos en la ecuación [2] y despejando “ k_l ”:

$$k_l = 0,0051 \left(\frac{0,320}{17,711 \cdot 0,001} \right)^{2/3} \left(\frac{0,001}{1000 \cdot 1,73 \cdot 10^{-7}} \right)^{-1/2} \\ (102 \cdot 5 \cdot 10^{-2})^{0,4} \left(\frac{1000}{0,001 \cdot 9,8} \right)^{-1/3} = 5,99 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Para la fase gas el coeficiente de transferencia de materia, viene definido por:

$$\frac{k_g RT}{a_v D_v} = C_1 \left(\frac{G_v}{a_v \mu_v} \right)^{0,7} \left(\frac{\mu_v}{\rho_v D_v} \right)^{1/3} (a_v D_p)^{-2,0} \quad [3]$$

Donde:

- “ k_g ” es coeficiente individual de transferencia de masa de la fase gaseosa, en mol/s·m²·(N/m²).
- “ R ” es la constante de los gases ideales, en atm·m³/K·mol.
- “ T ” es la temperatura, en K.
- “ a_v ” es el área superficial por unidad de volumen de relleno, en m²/m³. Ver “Anexo 7: Características del relleno”.
- “ D_v ” es el coeficiente de difusión de la fase gaseosa, en m²/s. Ver “Anexo 9: Coeficientes de difusión”.
- “ C_1 ” es la constante adimensional. $C_1 = 5,23$ para rellenos mayores de 1/2 plg; $C_1 = 2,0$ para rellenos menores de 1/2 plg.
- “ G_v ” es la velocidad de masa de la fase gaseosa, en kg/s·m².
- “ μ_v ” es la viscosidad del gas, en kg/m·s.
- “ ρ_v ” es la densidad del gas, en kg/m³.
- “ D_p ” es el tamaño nominal del relleno, en m.

Sustituyendo términos en la ecuación [3] y despejando “ k_g ”:

$$k_g = 5,23 \left(\frac{1,349}{102 \cdot 8,03 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,7} \left(\frac{8,03 \cdot 10^{-6}}{1,116 \cdot 1,29 \cdot 10^{-5}} \right)^{1/3} (102 \cdot 5 \cdot 10^{-2})^{-2,0} \left(\frac{102 \cdot 1,29 \cdot 10^{-5}}{8,20 \cdot 10^{-5} \cdot 323,15} \right) = 1,467 \text{ mol/s} \cdot \text{atm} \cdot \text{m}^2$$

Todo el proceso matemático se encuentra completamente desarrollado en la hoja de calculo que se adjunta en el proyecto.

ANEXO 9: COEFICIENTES DE DIFUSIÓN

El cálculo de la difusividad se va a realizar de forma empírica, mediante la utilización de ecuaciones, de esta forma para la fase gas nos basamos en la ecuación de *Gilliland*:

$$D_V = \frac{1,38 \cdot 10^{-7} \sqrt{T^3 \left(\frac{1}{M_a} + \frac{1}{M_b} \right)}}{P \left(V_a^{1/3} + V_b^{1/3} \right)^2} \quad [1]$$

Donde:

- “*T*” es la temperatura, en K.
- “*M*” es el peso molecular de la especie, en kg/mol.
- “*V*” es el volumen molar de la especie, en m³/mol.
- “*P*” es la presión total en N/m².

Para el SO₂ en aire a 323 K y 1 atm, “*M*_{SO₂}” = 64 · 10⁻³ kg/mol; “*M*_{aire}” = 29 · 10⁻³ kg/mol; “*V*_{SO₂}” = 42,2 · 10⁻⁴ m³/mol; “*V*_{aire}” = 2,99 · 10⁻⁴ m³/mol.

Sustituyendo términos en la **ecuación [1]**:

$$D_V = \frac{1,38 \cdot 10^{-7} \sqrt{323^3 \left(\frac{1}{64 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{29 \cdot 10^{-3}} \right)}}{101.325 \left((42,2 \cdot 10^{-4})^{1/3} + (2,99 \cdot 10^{-4})^{1/3} \right)^2} = 1,29 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Para la fase líquido se utiliza la ecuación de *Wilke y Chang*:

$$D_L = \frac{5,88 \cdot 10^{-15} (\chi M)^{1/2} T}{\mu V^{0,6}} \quad [2]$$

Donde:

- “ χ ” es parámetro de asociación del disolvente; agua = 2,6.
- “ M ” es el peso molecular del disolvente, en kg/mol.
- “ T ” es la temperatura, en K.
- “ μ ” es la viscosidad de la solución, en kg/m·s.
- “ V ” es el volumen molar del soluto en el punto de ebullición normal, en m³/mol.

Para el SO₂ en agua a 323 K y 1 atm, “ χ ” = 2,6; “ M ” = 18 · 10⁻³ kg/mol; “ μ ” = 0,001 kg/m·s; “ V ” = 42,2 · 10⁻⁴ m³/mol.

Sustituyendo términos en la **ecuación [2]**:

$$D_L = \frac{5,88 \cdot 10^{-15} (2,6 \cdot 18 \cdot 10^{-3})^{1/2} 323}{0,001 (42,2 \cdot 10^{-4})^{0,6}} = 1,73 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Todo el proceso matemático se encuentra completamente desarrollado en la hoja de cálculo que se adjunta en el proyecto.

ANEXO 10: DIMENSIONADO DE LAS CONDUCCIONES

En el siguiente anexo, se procederá el dimensionado de las conducciones necesarias para el presente proyecto.

10.1. GASES DE COMBUSTIÓN

Para este tramo se ha seleccionado una tubería de acero inoxidable 316 de DN-500, PN-2,5. En total, serán necesarios unos 125 m lineales de tubería para todo este tramo (aspiración e impulsión). Se ha tenido en cuenta la altura de las torres y los accesorios necesarios.

Para llevar a cabo el dimensionado, se va determinar la pérdida de carga de la tubería seleccionada, de esta forma, es posible ver si la pérdida de carga generada por la tubería y los accesorios es excesiva o no.

La **figura A-10.1** permite estimar la pérdida de energía por rozamiento o fricción superficial que experimenta un gas en circulación, a través de tuberías cilíndricas de sección recta. De esta forma a partir del caudal y del diámetro de la conducción se determina la pérdida de carga en mm. de c.d.a. por cada metro de longitud de conducción.

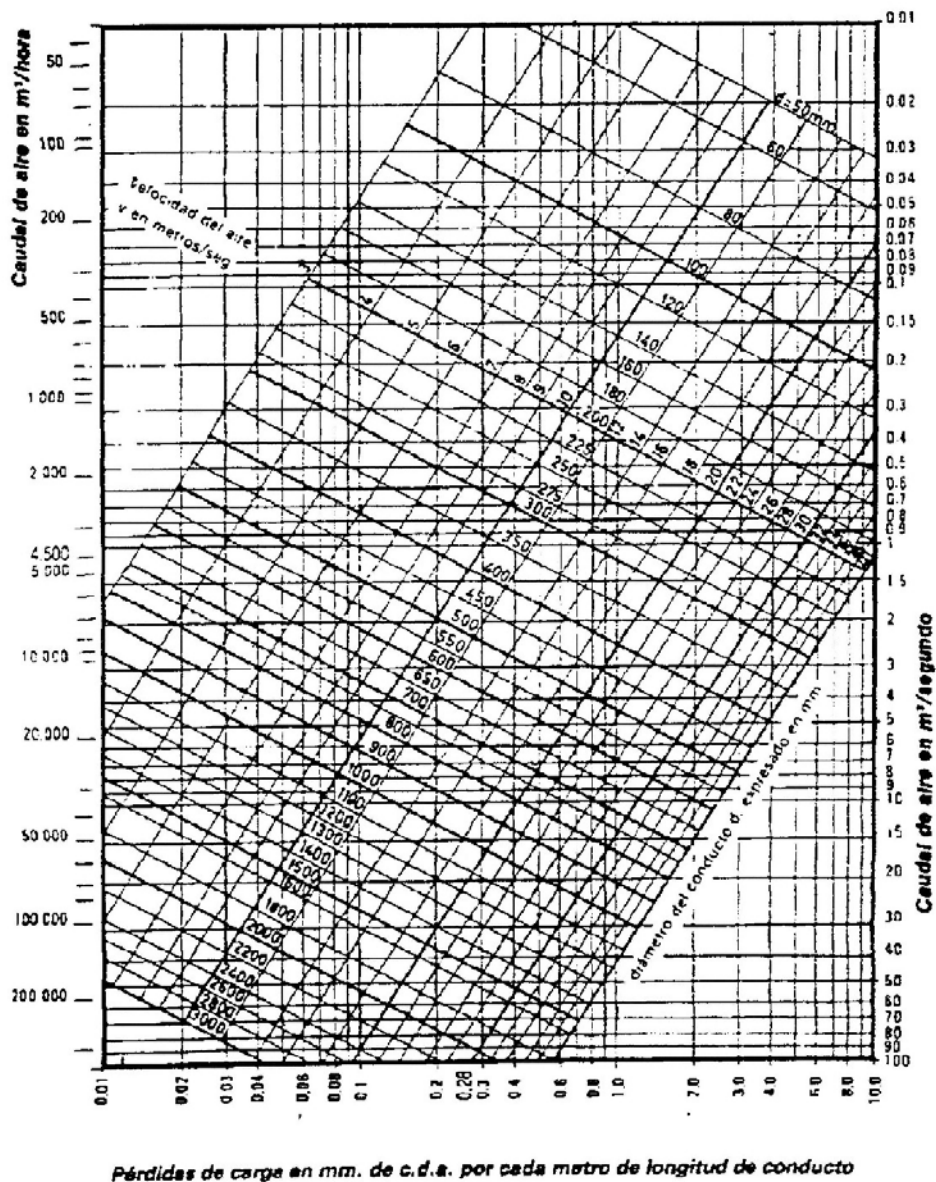


Figura A-10.1: Pérdida de carga a través de tuberías cilíndricas. (Principio de Operaciones Unitarias. Alan S. Foust).

Así para un caudal de 20.082 m³/h y un diámetro de 500 mm se tiene una pérdida de carga de 1,5 mm. de c.d.a. por cada metro de longitud de conducción.

Se habían estimado unos 125 m lineales de conducción (DN-500, PN-2,5) por lo tanto la pérdida de carga que generan los 125 m lineales es de:

$$125 \cdot 1,5 = 187,5 \text{ mm. de c.d.a.}$$

[1]

Las pérdidas de energía que experimenta la corriente de los gases de combustión como consecuencia de atravesar accidentes o accesorios (codos, uniones, válvulas, etc.) vienen representadas en la siguiente tabla según el accesorio correspondiente.


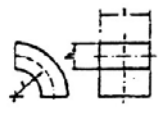
Elemento		Ø conducto o cota h, en milímetros														
		75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800		
CODOS		r = d	1,3	1,7	2,5	3,4	4,3	5,1	6	6,8	7,6	8,5	10	12	13,5	
		r = 1,5 d	0,9	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,4	6	7,2	8,4	9,6	
		r = 2 d	0,7	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	
		$\frac{l}{h} = 0,25$	r = 0,5 h	1,9	2,5	3,7	5	6,3	7,5	8,8	10	11	12,5	15	17,5	20
			r = h	0,5	0,7	1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,8	3,2	3,5	4,2	4,9	5,6
			r = 1,5 h	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,2
		$\frac{l}{h} = 0,5$	r = 0,5 h	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32
			r = h	0,6	0,9	1,4	1,8	2,2	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,4	6,3	7,2
			r = 1,5 h	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,2
		$\frac{l}{h} = 1$	r = 0,5 h	3,7	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	30	35	40
			r = h	0,8	1	1,6	2,2	2,7	3,3	3,9	4,4	5	5,5	6,6	7,7	8,8
			r = 1,5 h	0,4	0,5	0,7	0,9	1	1,4	1,6	1,8	2	2,3	2,7	3,2	3,6
		$\frac{l}{h} = 4$	r = 0,5 h	5	6,5	10	13	16	20	23	26	29	33	39	46	52
			r = h	1,3	1,7	2,6	3,4	4,3	5,1	6	6,8	7,7	8,5	10	12	13,5
			r = 1,5 h	0,5	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,6	4,2	4,8

Figura A-10.2: Longitud en metros de tramo recto de conducción, equivalente a las pérdidas de carga de diversos accesorios. (*Principio de Operaciones Unitarias. Alan S. Foust*).

En la conducción existen codos de 90° con relación R/D = 2, DN-500 y PN-2,5.

Según la tabla expuesta, para codos de 90° con relación R/D = 2 y de DN-500 la pérdida de carga genera cada codo equivale a 5 m de longitud de conducción.

Puesto que en la conducción existen 9 codos, éstos equivalen a 45 m lineales de conducción, que generan una pérdida de carga de:

$$45 \cdot 1,5 = 67,5 \text{ mm. de c.d.a.}$$

[2]

En definitiva la pérdida de carga generada por la tubería y los accesorios instalados es de $187,5 + 67,5 = 255$ mm. de c.d.a. Por tanto se observa cómo la pérdida de carga es insignificante, por ello se empleará una conducción de DN-500 y PN-2,5.

10.2. AGUA RESIDUAL CRÓMICA

Para este tramo se ha seleccionado una tubería de acero inoxidable 316 de DN-50, PN-10 en la aspiración y DN-50, PN-10 en la impulsión, por el que va a circular 3,6 m³/h de agua residual. Se ha seleccionado para la impulsión DN-50 con objeto de evitar problemas de ensuciamiento y de atascos en la conducción. Se va a determinar la pérdida de carga de la tubería seleccionada para cada uno de los tramos, pudiendo analizarse de esta forma si la pérdida de carga generada por la tubería y los accesorios es excesiva o no.

TRAMO TK-120A–TORRE I

“ ΣH_r ” es la pérdida de carga originada por la conducción y los accesorios tanto de la aspiración como de la impulsión.

En la aspiración:

$$H_{ra} = \left(f \cdot \frac{(L + L_e)}{D} \right) \frac{V_a^2}{2g} \quad [3]$$

Donde: “ f ” es el factor de fricción, “ L ” es la longitud de la conducción, “ L_e ” es la longitud equivalente de los accesorios, “ D ” es el diámetro de la conducción, “ V_a ” es la velocidad del fluido en la conducción y “ g ” es la aceleración de la gravedad.

El factor de fricción “ f ” es función del “ Re ” y de la rugosidad relativa “ ε/D ”. Se ha seleccionado para la aspiración una tubería DN-50 de acero comercial, donde $\varepsilon = 0,05$ mm. De esta forma se tiene, una rugosidad relativa de 0,001 y un “ Re ” = 25.500.

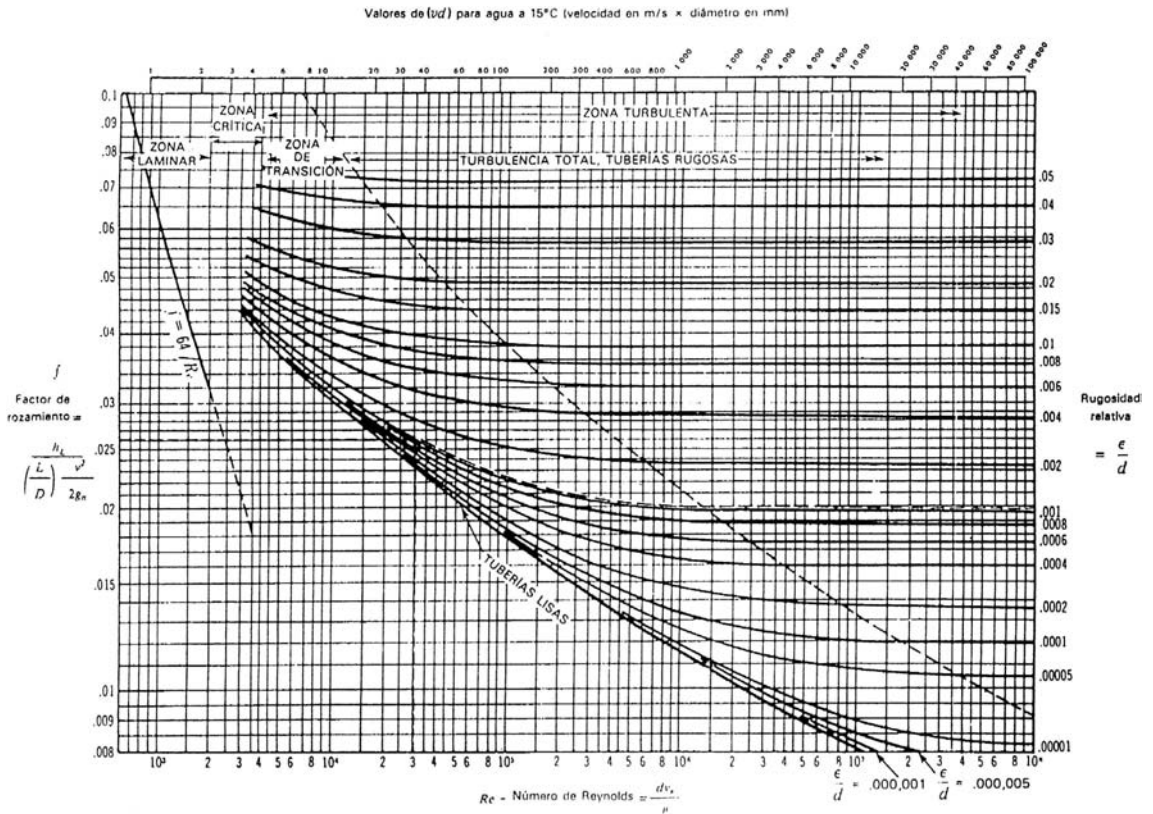


Figura A-10.3: Gráfica de Moody. (Principio de Operaciones Unitarias. Alan S. Foust).

Según la gráfica de Moody, para “ Re ” = 25.500 y “ ϵ/D ” = 0,001 se tiene un factor de fricción “ f ” de 0,027.

La longitud “ L ” de la tubería de aspiración desde TK-120A a boca de aspiración e la bomba es de 67 m. En la tubería existen accesorios instalados como conos reductores y válvulas que generan una pérdida de carga equivalente a 15 m de conducción, “ L_e ” = 15 m.

Sustituyendo términos en la ecuación [3]:

$$H_{ra} = \left(0,027 \frac{(67 + 15)}{0,05} \right) \frac{0,51^2}{2 \cdot 9,8} = 0,58 \text{ m}$$

Se observa cómo la pérdida de carga generada por los accesorios y la conducción en el tramo de aspiración “ H_{ra} ” es razonable.

Para la impulsión, " H_{ri} "

$$H_{ri} = \left(f \cdot \frac{(L + L_e)}{D} \right) \frac{V_i^2}{2g} \quad [4]$$

Donde: " f " es el factor de fricción, " L " es la longitud de la conducción, " L_e " es la longitud equivalente de los accesorios, " D " es el diámetro de la conducción, " V_i " es la velocidad del fluido en la conducción y " g " es la aceleración de la gravedad.

El factor de fricción " f " es función del " Re " y de la rugosidad relativa " ε/D ". Se ha seleccionado para la impulsión una tubería DN-50 de acero comercial, donde $\varepsilon = 0,05$ mm. De esta forma se tiene, una rugosidad relativa de 0,001 y un " Re " = 25.500.

Según la **figura A-10.3** para " Re " = 25.500 y " ε/D " = 0,001 se tiene un factor de fricción " f " de 0,027.

La longitud " L " de la tubería de impulsión desde boca de impulsión de la bomba a torre I es de 12 m. En la tubería existen accesorios instalados como codos, conos reductores y válvulas que generan una pérdida de carga equivalente a 35 m de conducción, " L_e " = 35 m.

Sustituyendo términos en la **ecuación [4]**:

$$H_{ri} = \left(0,027 \frac{(12 + 35)}{0,05} \right) \frac{0,51^2}{2 \cdot 9,8} = 0,33 \text{ m}$$

La pérdida de carga generada por los accesorios y la conducción en el tramo de impulsión " H_{ri} " se encuentra dentro de un valor razonable.

La pérdida de carga total que se genera en el tramo TK-120A–TORRE I es de:

$$\sum H_r = H_{ra} + H_{ri} = 0,58 + 0,33 = 0,91 \text{ m}$$

TRAMO TORRE I–TORRE II.

El proceso para el dimensionado de la tubería en este tramo es similar al apartado anterior, obteniéndose para este tramo, " $\sum H_r$ " = 0,47 m.

TRAMO TORRE II–TK-120B.

El proceso para el dimensionado de la tubería en este tramo es del mismo modo similar al apartado anterior, obteniéndose para este tramo, “ ΣH_r ” = 0,91 m.

Se observa como la pérdida de carga que genera la tubería y los accesorios instalados en cada uno de los tramos se encuentra dentro de un valor razonable. Por lo tanto, se tomará una tubería tanto para la aspiración como para la impulsión de DN-50 y PN-10.

10.3. REFRIGERANTE –AGUA DE APORTE DE CALDERA

En este tramo se ha realizado una prolongación de la tubería existente en acero inoxidable 314 de DN-50, PN-25 tanto para la aspiración como para impulsión, por el que va a circular 6,5 m³/h de agua de aporte de caldera. Con objeto de determinar si el DN de la tubería seleccionada es el adecuado, se va determinar la pérdida de carga para la tubería seleccionada, de esta forma, es posible ver si la pérdida de carga generada por la tubería y los accesorios es excesiva o no.

El proceso de cálculo para la determinación de la pérdida de carga es similar a los casos anteriores. Obteniéndose un factor de fricción “ f ” = 0,025 según la **figura A-10.3**, para una rugosidad relativa “ ϵ/D ” = 0,001 y un “ Re ” = 46.000.

La pérdida de carga generada por la conducción y los accesorios instalados es de 4,75 m.

La pérdida de carga que genera la tubería y los accesorios instalados se encuentra dentro de un valor razonable, por lo tanto, se tomará una tubería tanto para la aspiración como para la impulsión de DN-50 y PN-25.

ANEXO 11: DIMENSIONADO DE LAS BOMBAS

Las bombas son las encargadas de impulsar el agua a través de todo el sistema. Así, su dimensionado precisa de la determinación de las pérdidas de carga o energía que experimentará el agua a su paso por los distintos equipos del sistema. Las bombas proyectadas deberán asegurar que se vence la pérdida de carga total del sistema.

11.1. BOMBAS DE AGUA RESIDUAL CRÓMICA

11.1.1. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA TOTAL

Para impulsar el agua residual a través de todo el sistema será necesario la utilización de tres bombas ubicadas en los siguientes tramos: TK-120A–TORRE I, TORRE I–TORRE II y TORRE II–TK-120B. La selección de las bombas se realiza a través de catálogos, teniendo en cuenta el caudal de impulsión (3,6 m³/h) y la altura necesaria, de forma que el rendimiento sea máximo, la potencia de accionamiento mínima (mayor ahorro eléctrico) y se evite la cavitación de la bomba.

Para determinar la altura necesaria se parte de la *Ecuación de Bernouilli*, que en su forma simplificada puede expresarse como sigue:

$$H = \Delta Z + \sum H_r \quad [1]$$

Donde: “*H*” es la altura manométrica total o altura útil, “ ΔZ ” es la altura geométrica total y “ $\sum H_r$ ” es la pérdida de carga originada por la conducción y los accesorios tanto de la aspiración como de la impulsión. Ver “Anexo 10: Dimensionado de las conducciones”.

TRAMO TK-120A–TORRE I

La pérdida de carga generada por la conducción y los accesorios “ ΣH_r ” es de 0,91 m.

La altura geométrica “ ΔZ ” que existe en el tramo TK-120A–TORRE I es de 10 m.

Sustituyendo en la **ecuación [1]**:

$$H = \Delta Z + \sum H_r = 10 + 0,91 = 10,91 \cong 11 \text{ m.}$$

La altura útil mínima que debe proporcionar la bomba es de aproximadamente de 11 m. A efectos de diseño se considerará que la altura útil que proporcionará la bomba será de 15 m, con objeto de poder realizar una distribución a presión con suficiente pulverización.

TRAMO TORRE I–TORRE II

El proceso para el dimensionado de la bomba es similar al del apartado anterior. Teniendo en cuenta que la altura geométrica entre las dos torres “ ΔZ ” = 10 m y que la pérdida de carga “ ΣH_r ” = 0,47 m, sustituyendo en la **ecuación [1]**:

$$H = \Delta Z + \sum H_r = 10 + 0,47 = 10,47 \cong 11 \text{ m.}$$

La altura útil mínima que debe proporcionar la bomba es de aproximadamente de 11 m. A efectos de diseño se considerará que la altura útil que proporcionará la bomba será de 15 m, para permitir realizar una distribución a presión con suficiente pulverización.

TRAMO TORRE II–TK-120B

El proceso para el dimensionado de la bomba es similar al del apartado anterior. Teniendo en cuenta que la altura geométrica entre TORRE II–TK-120B “ ΔZ ” = 10 m y que la pérdida de carga “ ΣH_r ” = 0,91 m, sustituyendo en la **ecuación [1]**:

$$H = \Delta Z + \sum H_r = 10 + 0,91 = 10,91 \cong 11m.$$

La altura útil mínima que debe proporcionar la bomba es de aproximadamente de 11 m. A efectos de diseño se considerará que la altura útil que proporcionará la bomba será de 15 m, con objeto de permitir realizar una distribución a presión con suficiente pulverización.

11.1.2. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS

La selección de las bombas está basada en su capacidad para proporcionar el caudal y la presión total demandada por el sistema. En el presente proyecto, las bombas diseñadas deben impulsar un caudal de 3,6 m³/h y la altura útil debe ser superior a 10 m. A efectos de diseño se considerará que la altura útil que proporcionará la bomba será de 15 m.

El tipo de bombas más adecuado para este diseño serán bombas centrifugas horizontales, de la casa comercial ITUR, modelo NL-32/250B o cualquier otro de similares características, según ISO-2858 (EN-22858). Deben estar equipadas de la siguiente forma: Impulsor cerrado. Sellado por cierre mecánico o empaquetadura. Rodamientos autolubricados de por vida. Ser eficaces para bombeo de fluidos limpios o agresivos, sin abrasivos ni partículas sólidas y disponer de un diseño mecánico que permita sacar el impulsor sin soltar las tuberías ni el motor.

A continuación se muestra el diagrama general de prestaciones de la serie, las curvas características, las dimensiones de la bomba seleccionada y los datos técnicos constructivos de la bomba.

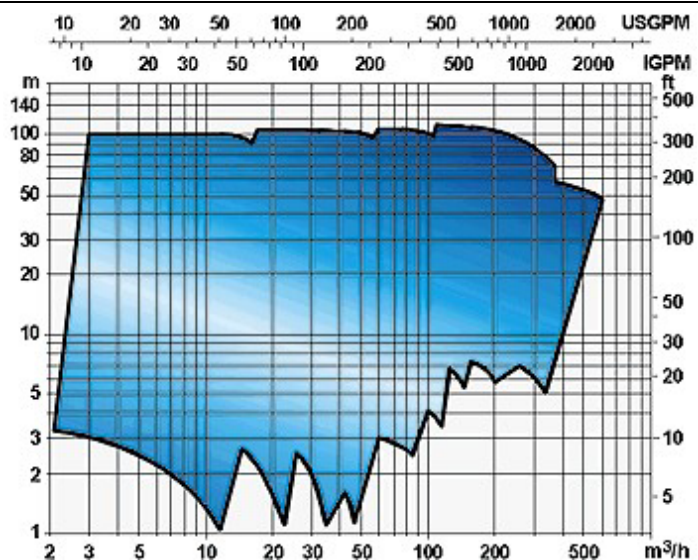


Figura A-11.1: Diagrama general de prestaciones. (ITUR, modelo NL-32/250B).

DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL SO₂ PROCEDENTE DE GASES DE COMBUSTIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CRÓMICAS

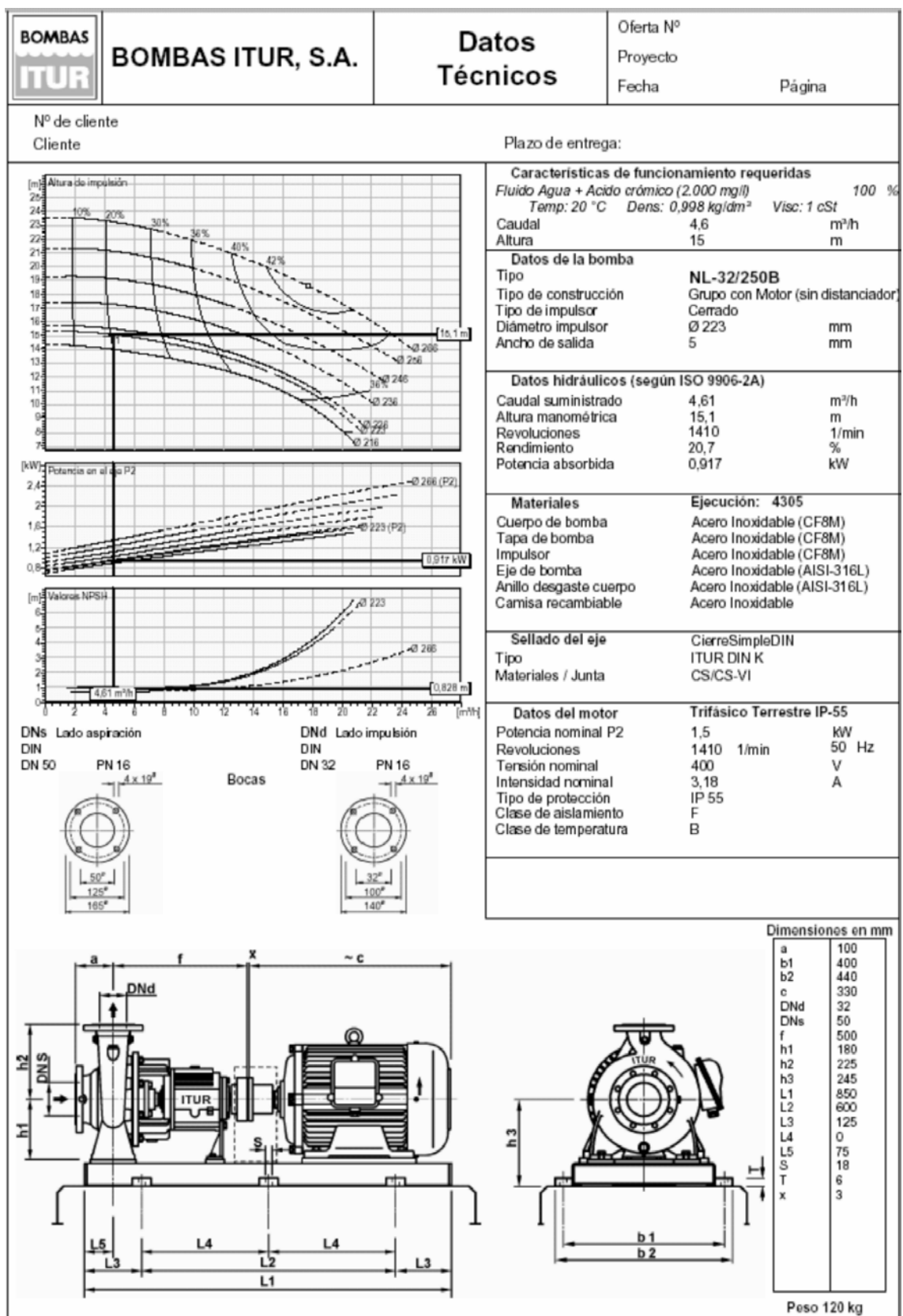


Figura A-11.2: Curvas características y dimensiones de la bomba. (ITUR, modelo NL-32/250B).

11.2. BOMBA DE AGUA DE APORTE DE CALDERA

11.2.1. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA TOTAL

Para impulsar el agua de aporte de caldera a través de todo el sistema será necesaria la utilización de una bomba. La selección de la bomba se realiza a través de catálogos, teniendo en cuenta el caudal de impulsión (6,5 m³/h) y la altura necesaria, de forma que el rendimiento sea máximo, la potencia de accionamiento mínima (mayor ahorro eléctrico) y se evite la cavitación de la bomba.

Para la determinación de la altura necesaria, a la pérdida de carga originada por la conducción y los accesorios " ΣH_r " = 4,75 m, se le suma la presión a la que se le aporta agua a la caldera " P_c " = 11kg/cm² = 110 m.

La altura necesaria:

$$H = P_c + \Sigma H_r = 110 + 4,75 = 114,75 \cong 115 \text{ m.}$$

La altura útil mínima que debe proporcionar la bomba es de aproximadamente de 115 m. A efectos de diseño se considerará que la altura útil que proporcionará la bomba será de 150 m.

11.2.2. SELECCIÓN DE LA BOMBA

La selección de las bombas está basada en su capacidad para proporcionar el caudal y la presión total demandada por el sistema, en el presente proyecto, las bombas diseñadas deben impulsar un caudal de 6,5 m³/h y la altura útil debe de ser superior a 115 m. A efectos de diseño se considerará que la altura útil que proporcionará la bomba será de 150 m.

La bomba más adecuada es en este caso una electrobomba centrífuga multicelular vertical, de marca ITUR, modelo VLX(S)2-40, que consta de las siguientes

especificaciones: Está construida en acero inoxidable estampado. Dispone de impulsores cerrados, sellado por cierre mecánico. Motores I.E.C. Son aptas para bombeo de fluidos limpios o ligeramente agresivos, sin abrasivos ni partículas sólidas.

A continuación se muestra el diagrama general de prestaciones de la serie, las curvas características, las dimensiones de la bomba seleccionada y los datos técnicos constructivos de la bomba.

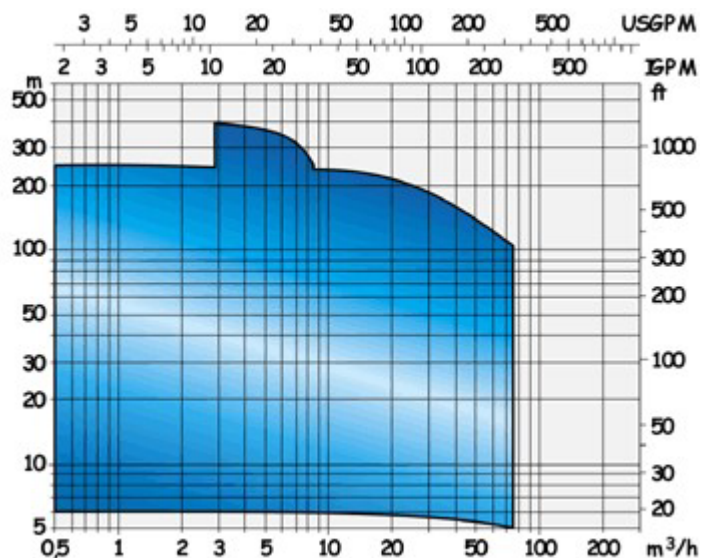


Figura A-11.3: Diagrama general de prestaciones de la serie. (ITUR, modelo VLX(S)2-40).

DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL SO₂ PROCEDENTE DE GASES DE COMBUSTIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CRÓMICAS

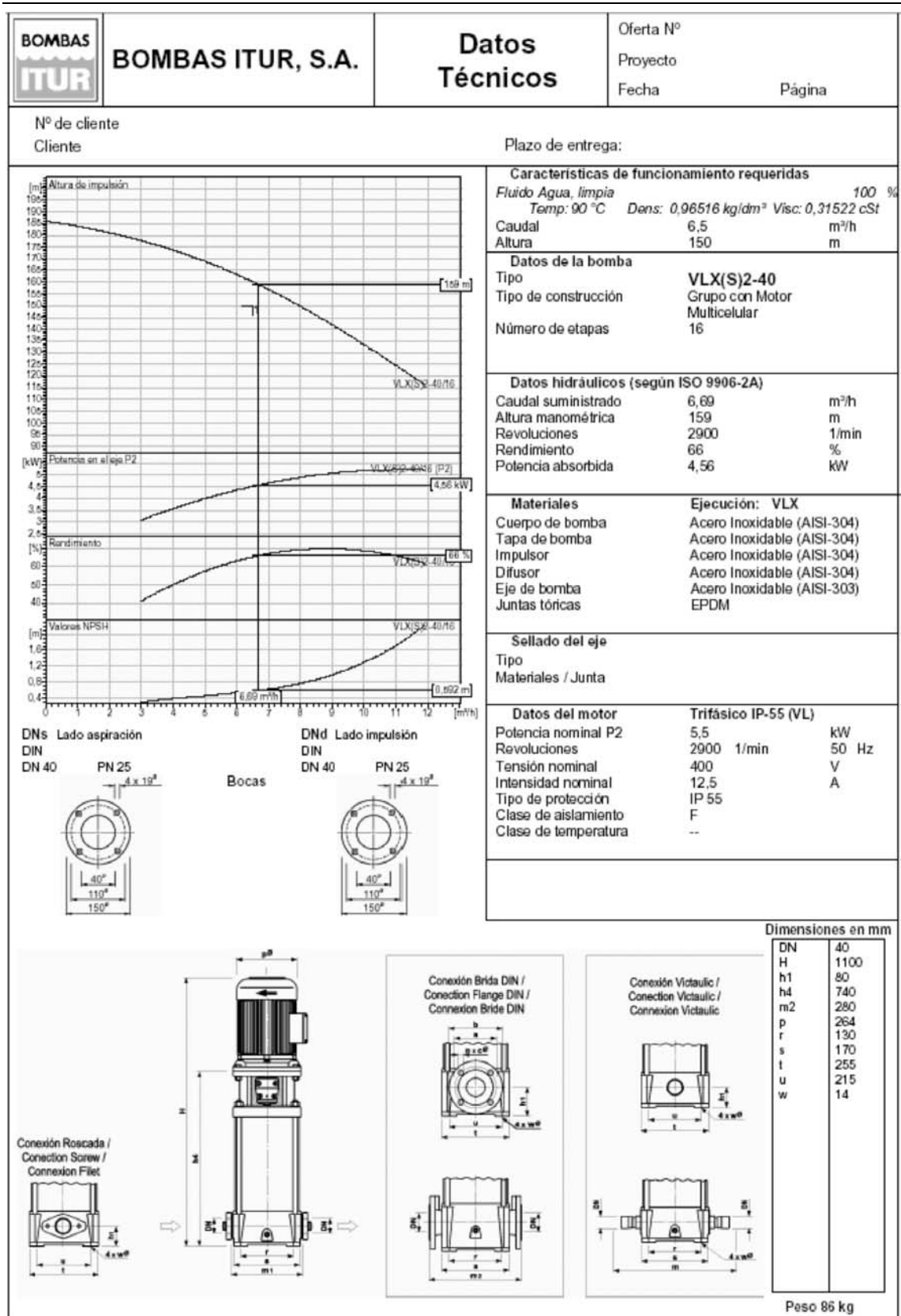


Figura A-11.4: Curvas características y dimensiones de la bomba. (ITUR, modelo VLX(S)2-40).

ANEXO 12: DIMENSIONADO DE LA SOPLANTE

El ventilador es el equipo que debe permitir impulsar los gases de combustión a través de todo el sistema. Tiene que asegurar el vencimiento de la pérdida de carga total que ocurre en el sistema. Ello requiere la determinación de las pérdidas de carga o energía que experimentarán los gases a su paso por los distintos equipos del sistema.

12.1. PÉRDIDAS DE CARGA

Para un caudal de 20.082 m³/h y un diámetro de 500 mm se tiene una pérdida de carga de 1,5 mm. de c.d.a. por cada metro de longitud de conducción. Ver “Anexo 10: Dimensionado de las conducciones”.

Se habían estimado unos 125 m lineales de conducción (DN-500, PN-2,5) por lo tanto la pérdida de carga que generan los 125 m lineales es de:

$$125 \cdot 1,5 = 187,5 \text{ mm. de c.d.a.} \quad [1]$$

La pérdida de energía que experimenta los gases de combustión como consecuencia de atravesar accidentes o accesorios es: Ver “Anexo 10: Dimensionado de las conducciones”.

$$45 \cdot 1,5 = 67,5 \text{ mm. de c.d.a.} \quad [2]$$

La pérdida de presión más importante del sistema es la debida al flujo de los gases de combustión a través de los equipos instalados (filtro de mangas, intercambiador de calor y columna de relleno).

La pérdida de carga a través de éstos equipos se debe al rozamiento de la corriente con las paredes internas y, sobre todo, la ocasionada por los distintos elementos internos que los componen.

En el filtro de mangas la pérdida de carga que se genera es consecuencia del paso de los gases de combustión a través de las mangas, dependiendo ésta de la permeabilidad del tejido, de la frecuencia de limpieza, de la velocidad de flujo de gas, del tipo de partícula retenida, etc. Según el fabricante éste tipo de filtro genera una pérdida de carga de 150 mm. de c.d.a.

En el intercambiador de calor la pérdida de carga se debe a las aletas, siendo la separación entre ellas y la velocidad del flujo las variables más significativas. El intercambiador de calor proyectado, tiene una pérdida de carga según el fabricante de 300 mm. de c.d.a.

La pérdida de carga de la corriente a través de la torre se debe al lecho de relleno (es el elemento que provoca la mayor parte de la caída de presión del fluido), plato soporte del relleno, separador de gotas y del distribuidor de líquido.

La pérdida de carga depende fundamentalmente de la velocidad de flujo del gas (y por tanto del diámetro de la torre), aunque también dependerá de la velocidad de flujo del líquido y del tipo y altura del relleno, así como de los demás elementos utilizados.

En las columnas de relleno, el valor de la caída de presión por unidad de altura de relleno está generalmente comprendido entre 200 y 400 N/m² (20,4 y 40,8 mm. de c.d.a.) por metro de relleno, así tomando un valor intermedio de 30,6 mm. de c.d.a. por metro de relleno se tiene una pérdida de carga de:

$$30,6 \cdot 4,05 = 124 \text{ mm. de c.d.a.} \quad [3]$$

La pérdida de carga total será la suma de:

- Pérdidas de carga en el tramo recto: 187,5 mm. de c.d.a.
- Pérdidas de carga en los accesorios: 67,5 mm. de c.d.a.
- Pérdidas de carga en el filtro de mangas: 150 mm. de c.d.a.
- Pérdidas de carga en el intercambiador de calor: 300 mm. de c.d.a.
- Pérdidas de carga en las torres: $2 \cdot 124 = 248$ mm. de c.d.a.

La pérdida de carga total será de $953 \approx 1.000$ mm. de c.d.a.

12.2. SELECCIÓN DEL VENTILADOR

La selección de un ventilador centrífugo (soplante) está basada en su capacidad para proporcionar el caudal y la presión total demandada por el sistema. En el presente proyecto, el ventilador elegido debe impulsar un caudal de 20.082 m³/h y la presión total desarrollada ha de ser superior a la pérdida de carga total (1.000 mm. de c.d.a.).

El ventilador a seleccionar más adecuado para el diseño será un ventilador centrífugo, de marca SODECA, modelo CAS/I-902-2T-125 o cualquier otro de similares características:

- Carcasas en chapa de acero laminado.
- Turbinas en acero laminado, con álabes a reacción de alto rendimiento, especialmente estudiadas con métodos aerodinámicos, para conseguir máximas prestaciones con mínimo nivel sonoro.
- Temperatura máxima del aire a transportar: 120° C.
- Motores asíncronos, con motor de *jaula de ardilla*. En ejecución de serie se suministran con motor trifásico a 400 V, 50 Hz. Aislamiento eléctrico clase F. Protección IP-55.
- Acabado anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 180° C, previo desengrase, fosfatación y pasivado.

A continuación se muestra una fotografía de la soplante, así como la curva característica y las dimensiones del mismo.



Figura A-12.1: Imagen del ventilador del ventilador. (SODECA, modelo CAS/I-902-2T-125).

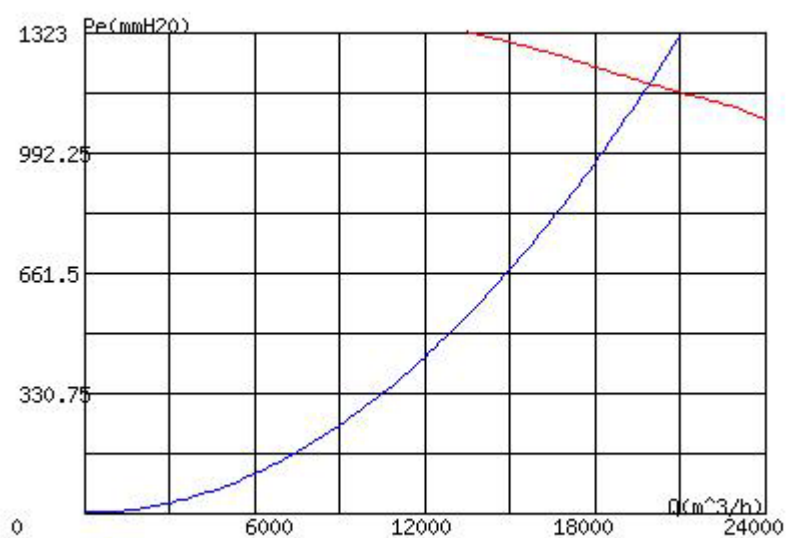
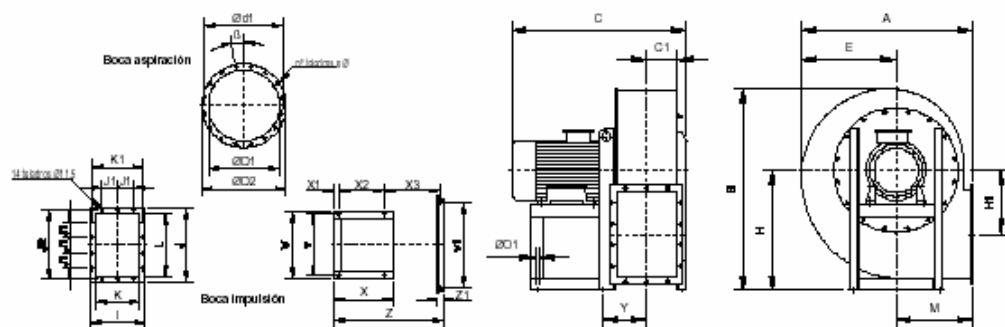


Figura A-12.2: Curva característica. (SODECA, modelo CAS/I-902-2T-125).



A	B	C	C1
1.400	1.250	1.220	205
Ø D1	Ø D2	Ø d1	Nº taladros x Ø
566	668	629	16 x 11,5
β	E	H	H1
11°15'	650	800	460
I	J	J1	J2
435	580	125	551
K	K1	L	M
355	405	500	600
Ø O1	V	v	v1
16	760	680	800
X	X1	X2	X3
700	50	550	500
Y	Z	Z1	
190	1.130	30	

Figura A-12.3: Dimensiones del ventilador. (SODECA, modelo CAS/I-902-2T-125).

ANEXO 13: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Se realizará una descripción de los sistemas de control e instrumentación utilizados en el presente proyecto.

El sistema de control, como su propio nombre indica, permite automatizar una determinada serie de operaciones. Se dispondrán de lazos de control cerrados para la configuración de los sistemas automáticos de control.

Se basa en la existencia de tres instrumentos: el transmisor (o sensor), el controlador y la válvula de control, relacionados a través de un lazo de control.

Los lazos de control requeridos en el presente proyecto son cerrados o retroalimentados con los siguientes elementos:

- El transmisor (de nivel, presión, pH) mide la variable del proceso (variable a controlar) y la envía en forma de señal eléctrica (4-20 mA) hacia el receptor (controlador).
- El controlador compara el valor recibido de la variable con el valor deseado o punto de consigna programado (*set point*) y de dicha comparación ejerce automáticamente una acción de corrección de acuerdo con la desviación, que es enviada al elemento final de control (electroválvula o bomba).
- La salida del controlador va a un relé de estado sólido (SSR), permitiendo acciones proporcionales.
- El elemento final de control actúa sobre el proceso modificando el valor del fluido de control, que cambia a su vez el valor de la variable medida para ajustarse así al valor deseado.

El esquema de un lazo de control cerrado se muestra en la siguiente figura.

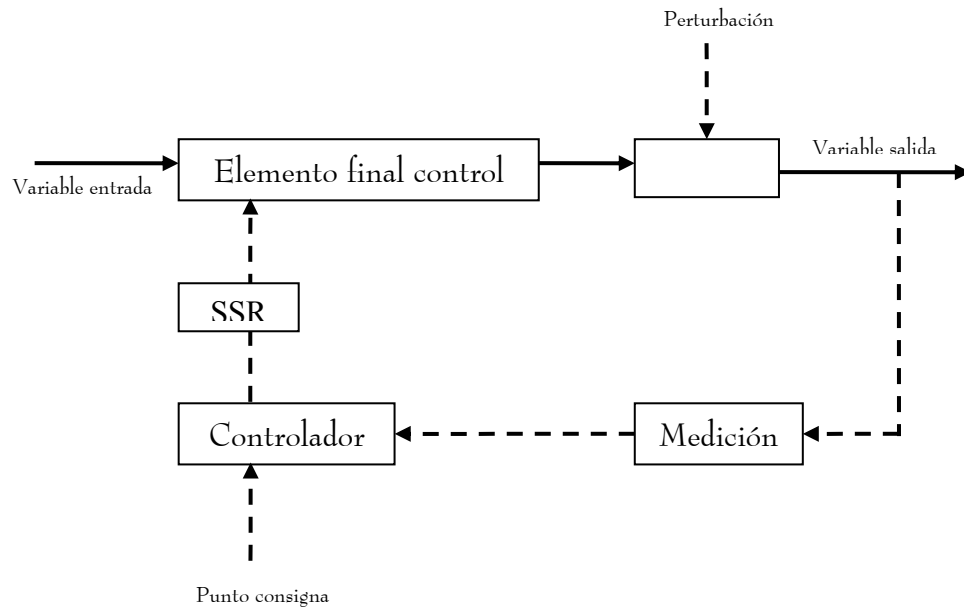


Figura A-13.1: Lazo de control cerrado o retroalimentado.

La variable de salida es medida y controlada; comparando la medida con el punto de consigna (valor deseado de la variable de salida), el controlador actúa sobre el elemento final de control de la variable de entrada. La variable controlada será la variable de salida del lazo anterior, la variable manipulada se corresponde con la variable de entrada y el punto de consigna es la variable de referencia.

Los objetivos de los sistemas de control son básicamente dos:

- Suprimir la influencia de los agentes externos.
- Asegurar la estabilidad del sistema, es decir, que ante una perturbación externa, el sistema evolucione hacia los puntos de consigna.

Existen dos tipos de controladores:

- Controladores On/Off (relés electromecánicos o contactores): son dispositivos electrónicos y mecánicos con partes móviles. Cuando se le aplica una señal electrónica de control, se activa la bobina del relé y el contacto normalmente cerrado (N.C.) se desplaza y se abre como consecuencia del movimiento del contacto común del relé. Permite actuar sobre la ley de control todo/nada, de forma que adoptará dos posiciones fijas (abierto o cerrado).

- Control P.I.D: control proporcional, integral y derivativo. La salida del controlador va a un relé de estado sólido (SSR), que comandará el variador de frecuencia de la bomba dosificadora. Estos relés permiten acciones proporcionales.

13.1. CONTROL DE LIMPIEZA DEL FILTRO

El control en continuo de los elementos filtrantes no sólo permite mantener un rendimiento óptimo sino que también permite que el filtro funcione a un ritmo constante y que mantenga una pérdida de carga uniforme, controlando así el grado de ensuciamiento de las mangas y efectuando la limpieza automática del filtro mediante flujo inverso de aire comprimido.

Consiste en dos transmisores de presión, uno a la entrada y otro a la salida del filtro, de manera que en base a la diferencia de presión entre ambos, se controla el grado de colmatación del filtro.

En primer lugar se ha de programar el controlador On/Off a un determinado punto de consigna. Cuando la medida de pérdida de presión (determinada in situ) esté por encima del punto de consigna, el controlador comandará la válvula piloto solenoide que se encargará de abrir o cerrar la válvula diafragma.

El aire comprimido se suministra a cada tubo inyector a través de una válvula diafragma, la apertura y cerrado de la misma se controla mediante una válvula piloto solenoide conectada a la válvula diafragma por un tubo de nylon flexible. Las válvulas solenoide se conectan secuencialmente por impulsos eléctricos generados por el controlador.

El controlador es completamente automático y asegura que las válvulas diafragma del filtro están funcionando en secuencia, a intervalos regulares, para facilitar la limpieza efectiva de los elementos filtrantes. La duración del impulso es fijada a 110 milisegundos.

Instrumental necesario:

- Transmisor de presión
- Controlador todo/nada (On/Off)

- Válvula de accionamiento eléctrico On/Off

En la siguiente figura se muestra el lazo de control:

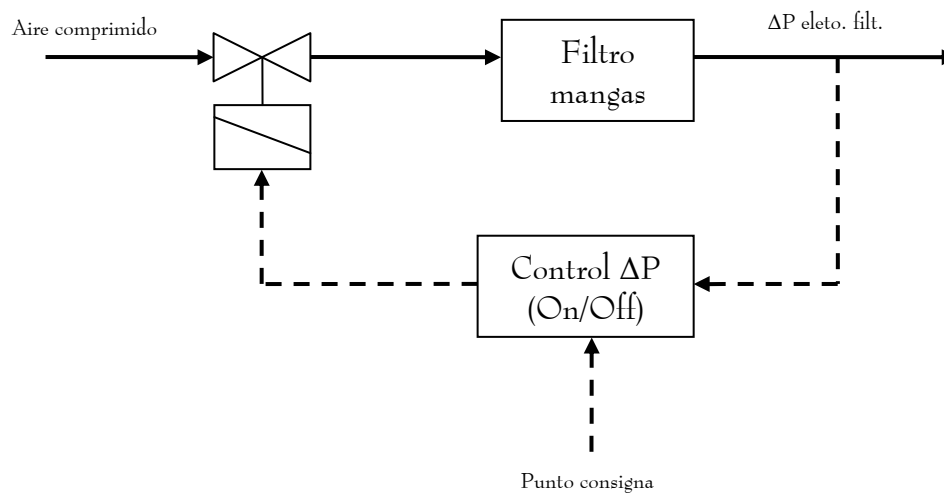


Figura A-13.2: Lazo de control limpieza filtro.

A continuación se muestra la ficha técnica del transmisor empleado.

Instrumentos para medida de presión SITRANS P Transmisores de presión relativa y absoluta

Serie ZD para presión relativa y absoluta

Sinopsis



Transmisor de presión SITRANS P, serie ZD con indicador digital

El transmisor de presión SITRANS P, serie ZD, está diseñado para medir la presión relativa y absoluta o el nivel de líquidos y gases.

Se utiliza para indicar y controlar la presión medida en el punto de montaje. El transmisor de presión SITRANS ZD está disponible como variante axial y radial.

Beneficios

- Caja robusta de acero inoxidable con dos variantes de conexión
- Display integrado con mensajes de estado
- Célula de medida de película con membrana cerámica
- Sistema a 2 hilos, 4 ... 20 mA
- Parametrizable por las teclas bajo la tapa de la caja
- Dinámica de rango de medida 1:5 (máx. 1:10)
- Precisión de medida < 0,25% (típica)

Gama de aplicación

El tipo ZD es un transmisor de presión configurable para medir la presión relativa y absoluta de gases, líquidos y vapor.

Está equipado con un display para representar la magnitud de presión en el punto de montaje.

El transmisor de presión SITRANS P, serie ZD, se utiliza entre otros en los siguientes sectores industriales:

- Industria química
- Fabricación de maquinaria
- Industria alimenticia
- Industria farmacéutica
- Construcción naval
- Abastecimiento de agua

Construcción

El transmisor de presión consiste en una célula de medida de película fina con membrana cerámica, una placa electrónica y un indicador digital.

Todos los elementos están ubicados en una caja de campo de acero inoxidable (∅ 80 mm) con tapa de vidrio y con conexión al proceso de acero inoxidable.

En la parte posterior de la caja se encuentra la conexión eléctrica para la alimentación de tensión mediante el bucle de corriente de 4 ... 20 mA. La conexión se efectúa por medio de un conector de enchufe.

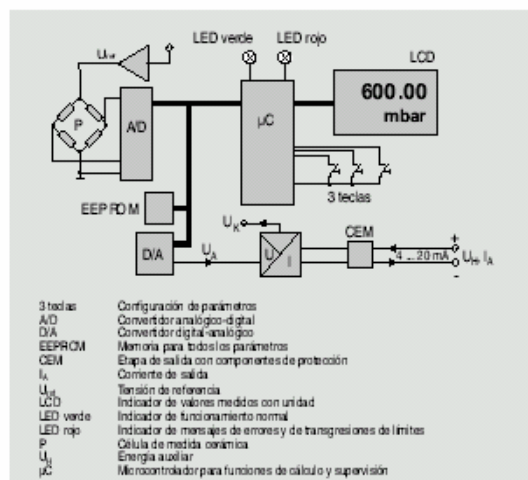
En la parte frontal de la caja se encuentra el display de 5 dígitos detrás de una tapa de cristal. Por debajo del display se encuentran las 3 teclas que permiten parametrizar el transmisor de presión. Por encima del display hay un LED verde y uno rojo que indican el estado de funcionamiento.

El transmisor de presión ZD está disponible en dos variantes (véase el plano dimensional).

En la variante radial (tipo A), el display está dispuesto en paralelo a la conexión al proceso. El display puede girarse hasta ±120° con respecto a la conexión al proceso.

En la variante axial (tipo B), el display está dispuesto en ángulo recto a la conexión al proceso. El display puede girarse hasta 360° con respecto a la conexión al proceso.

Funciones



Transmisores de presión SITRANS P, serie ZD, funcionamiento

Funcionamiento

El transmisor de presión ZD dispone de un transductor extensométrico de capa fina que está dispuesto sobre una membrana cerámica.

La célula de medida dispone de compensación de temperatura.

Funciones

El transmisor de presión ZD dispone de un display de 5 dígitos que está dispuesto detrás de una tapa de vidrio. El display visualiza las informaciones siguientes:

- presión medida
- unidad de medida de presión técnica (preajuste: bar)
- transgresión de los valores límite máximo o mínimo, advertencia por LED rojo y símbolos de flecha en el display

El ajuste del transmisor de presión se efectúa por medio de las 3 teclas que están integradas detrás de la tapa de vidrio bajo el display.

Con la tecla "M" se selecciona el modo de servicio. Los siguientes modos de servicio están a la disposición:

- Valor de medida
- Contraseña
- Unidad de medida
- Inicio y fin del rango de medida
- Valor límite máximo y mínimo

Instrumentos para medida de presión SITRANS P Transmisores de presión relativa y absoluta

Serie ZD para presión relativa y absoluta

- Corrección del cero
- Límite de saturación de corriente máximo y mínimo
- Amortiguación eléctrica

Con las otras dos teclas se ajustan los valores en los modos de servicio individuales.

Para el control del rango de medida ajustado y del estado hay dos indicadores de LED encima del display.

El LED verde indica que la presión medida se encuentra en el margen de los valores límite ajustados. El LED rojo está encendido cuando la presión medida se aparta del margen de los valores límite ajustados y en caso de un error.

Datos técnicos

Transmisores de presión SITRANS P, Serie ZD

Funcionamiento

Principio de medida Galga extensométrica de película fina

Entrada

Magnitud medida Presión relativa y absoluta

Rango de medida Resolución

0 ... 2 bar (0 ... 29 psi) 0,6 mbar (0,008 psi)

0 ... 10 bar (0 ... 145 psi) 3 mbar (0,044 psi)

0 ... 50 bar (0 ... 725 psi) 15 mbar (0,218 psi)

0 ... 200 bar (0 ... 2900 psi) 60 mbar (0,9 psi)

0 ... 400 bar (0 ... 5800 psi) 120 mbar (1,8 psi)

Rango de medida Límite de sobrecarga

0 ... 2 bar (0 ... 29 psi) 5 bar (72,5 psi)

0 ... 10 bar (0 ... 145 psi) 25 bar (363 psi)

0 ... 50 bar (0 ... 725 psi) 120 bar (1740 psi)

0 ... 200 bar (0 ... 2900 psi) 500 bar (7250 psi)

0 ... 400 bar (0 ... 5800 psi) 800 bar (8700 psi)

Dinámica de rango de medida (turndown) 5:1 (máx. 10:1)

Salida

Señal de salida 4 ... 20 mA

Límite de corriente inferior mín. 3,6 mA

Límite de corriente superior máx. 23 mA

Salida protegida contra inversión de polaridad, sobretensión y cortocircuito

Carga máx. $R_B = (U_H - 12 V) / 0,023 A$

Característica lineal creciente

Precisión de medida

Error de medida (no linealidad, histéresis y repetibilidad incluidas, a 25 °C ó 77 °F) < 0,25% del valor final de rango (típico), como máximo 0,5%

Tiempo de respuesta < 100 ms

Deriva a largo plazo 0,25% del valor final de rango/año

Influencia de la temperatura ambiente

• Dinámica de rango de medida 1:5 < ±0,25%/10 K (< ±0,25%/18 °F) del valor final de rango

• Dinámica de rango de medida 1:10 ±0,5%/10 K (±0,5%/18 °F) del valor final de rango

Efecto de vibraciones 0,05%/g a 500 Hz en todas las direcciones (según IEC 88-2-64)

Efecto de la alimentación auxiliar < ±0,01%/V del valor final de rango

Condiciones de aplicación

Condiciones ambiente

• Temperatura ambiente -25 ... +85 °C (-13 ... +185 °F)

• Temperatura para la legibilidad óptima -10 ... +70 °C (14 ... 158 °F)

• Temperatura de almacenamiento -40 ... +85 °C (-40 ... +185 °F)

Condiciones del fluido a medir

• Temperatura del fluido a medir -30 ... +100 °C (-22 ... +212 °F)

Grado de protección IP65 según EN 60529

Compatibilidad electromagnética

• Emisión de perturbaciones e inmunidad a las perturbaciones según EN 61326/A1 Anexo A (1998)

Visualización y manejo

Display LCD, máx. 5 dígitos, altura de las cifras 9 mm

Coma decimal parametrizable sin restricciones

Valores límite parametrizables sin restricciones

Indicación de la transgresión de los valores límite LED rojo y aviso en LCD (símbolo ↑ / símbolo ↓ en caso de transgresión del límite máx./mín.)

Parametrización con 3 teclas

Unidades mA ó % ó magnitud física (preajuste: bar)

Otras unidades: mbar, kPa, MPa, mmH₂O, mH₂O, psi, inH₂O, mmHg, kg/cm², torr, atm

Amortiguación entre 0,1 y 100 s (medida de paso: 0,1 s) parametrizable sin restricciones

Construcción mecánica

Peso ≈0,6 kg (=1,32 lb)

Conexión eléctrica mediante conector bipolar con entrada de cable M16x1,5 según EN 175301-803A, plástico

Conexión al proceso

• Rosca exterior G½A e interior G¹/₂A

• G½A según EN 837-1

• Rosca interior: ½-14 NPT

Versión de la caja/conexión al proceso

• radial (tipo A), orientable en ±120°, como máx. (α)

• axial (tipo B), orientable en 360°, como máx.

Materiales

Materiales de las partes sin contacto con el fluido

• Versión en caja para campo Ø 80 mm (3,15 pulgadas), acero inoxidable, N° de mat. 1.4016

• Tapa Acero inoxidable, N° de mat. 1.4016, con vidrio

Materiales de las partes en contacto con el fluido

• Célula de medida Al₂O₃

• Junta anular Viton

• Conexión al proceso Acero inox., N° de mat. 1.4571316Ti

Alimentación auxiliar

Tensión en bornes del transmisor de presión (U₁) 12 ... 30 V DC

Certificados y homologaciones

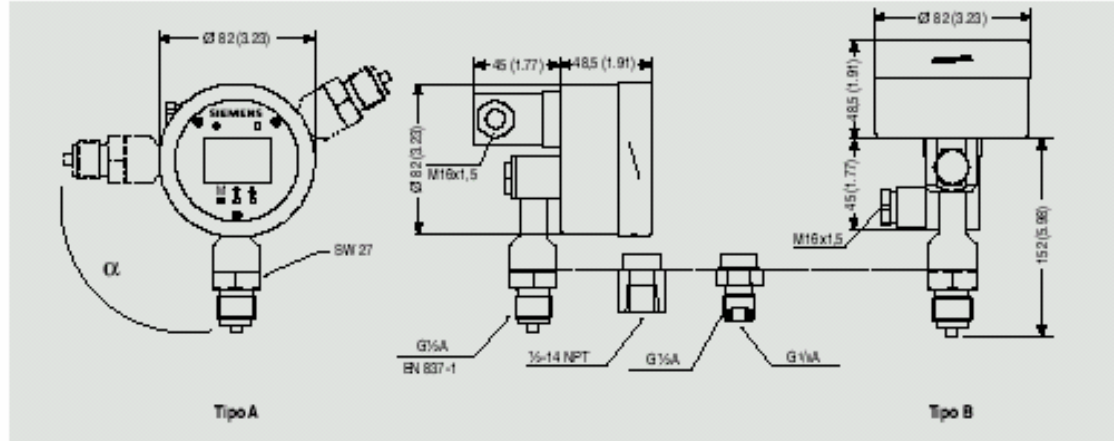
Clasificación según la Directiva de equipos a presión 97/23/CE

Para gases del Grupo de fluidos 1 y líquidos del Grupo de fluidos 1; cumple los requisitos según artículo 3, sección 3 (prácticas de la buena ingeniería)

Instrumentos para medida de presión SITRANS P Transmisores de presión relativa y absoluta

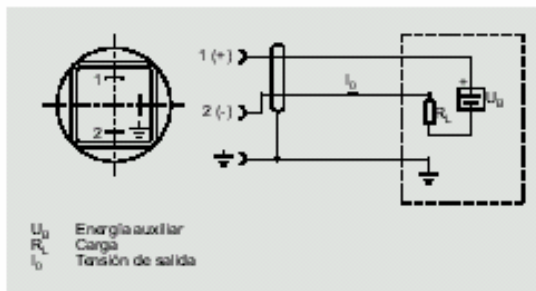
Serie ZD para presión relativa y absoluta

Croquis acotados



Transmisores de presión SITRANS P, serie ZD, medidas en mm (pulgadas)

Diagrama de circuito



Transmisores de presión SITRANS P, serie ZD, esquema de conexión

Datos de selección y pedido

Referencia

Transmisores SITRANS P para presión relativa y absoluta, serie ZD

7MF1580-0

Desviación de la característica 0,25%,
dinámica del rango de medida 1:5 (máx.
1:10); caja y conexión al proceso de acero
inoxidable, membrana de cerámica, conexión
a 2 hilos, salida 4 ... 20 mA

Magnitud de entrada

Presión relativa ▶ 1

Presión absoluta ▶ 2

Rango de medida Alcance de medida

0 ... 2 bar 0 ... 0,4 / 2 bar ▶ D

(0 ... 29 psi) (0 ... 5,8 / 29 psi)

0 ... 10 bar 0 ... 2 / 10 bar ▶ E

(0 ... 145 psi) (0 ... 5,8 / 145 psi)

0 ... 50 bar 0 ... 10 / 50 bar ▶ F

(0 ... 725 psi) (0 ... 145 / 725 psi)

0 ... 200 bar 0 ... 40 / 200 bar ▶ G

(0 ... 2900 psi) (0 ... 580 / 2900 psi)

0 ... 400 bar 0 ... 80 / 400 bar ▶ H

(0 ... 5900 psi) (0 ... 1160 / 5900 psi)

Conexión al proceso

G 1/2 A exterior y G 1/2 A interior ▶ A

G 1/2 A según EN 837-1 ▶ B

Rosca interior 1/2-14 NPT ▶ C

Forma constructiva

Conexión al proceso vertical hacia abajo ▶ 1

Conexión al proceso horizontal hacia atrás ▶ 2

▶ Suministrable ex almacén

Figura A-13.3: Ficha técnica del transmisor. (SIEMENS, SITRANS P, serie ZD).

13.2. CONTROL DE LA TEMPERATURA DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN

El control en continuo de la temperatura de los gases a la salida del intercambiador de calor permite medir y controlar la temperatura, de forma que gobierne automáticamente la bomba del refrigerante.

El medidor consiste en una termoresistencia tipo Pt (son interesantes a temperaturas bajas, entre -50 y +600 °C), situada en la conducción de salida del intercambiador.

En primer lugar se ha de programar el controlador PID del aparato a un determinado punto de consigna, en torno a 50 °C.

Si se produce un aumento o una disminución de la temperatura de los gases de combustión a la salida del intercambiador, se mandará una orden a la bomba que controla la corriente del refrigerante para que aumente o disminuya el caudal de éste.

Instrumental necesario para la dosificación automática:

- Termoresistencia tipo Pt
- Controlador PID
- Relé de estado sólido (SSR)
- Electrobomba

El lazo de control se muestra en la siguiente figura.

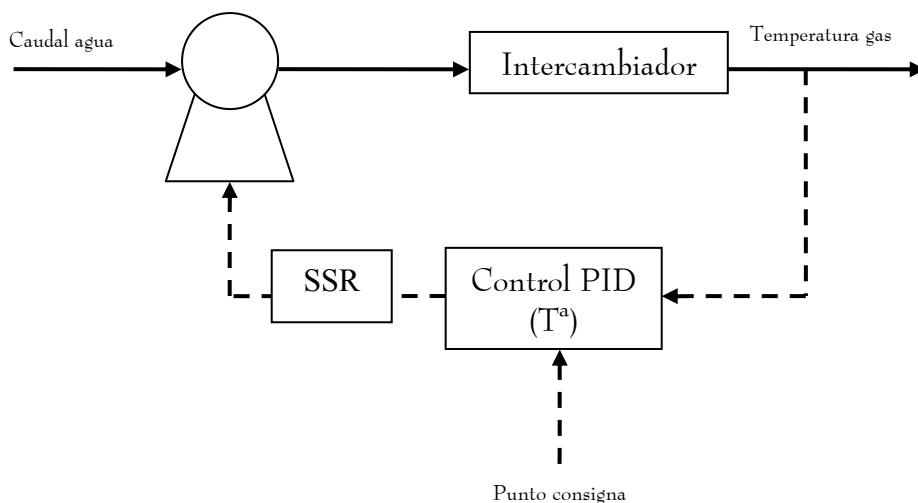


Figura A-13.4: Lazo de control de temperatura.

A continuación se muestra la ficha técnica del transmisor empleado.

Instrumentos para medida de temperatura SITRANS T Termorresistencias

Descripción técnica

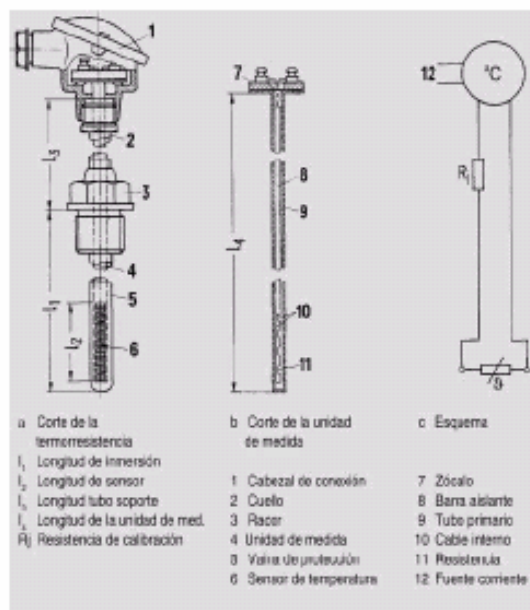
Construcción

Una termorresistencia consta de

- la resistencia de medida (metal; platino, Pt o níquel, Ni) y
- los elementos de montaje y de conexión necesarios en cada caso.

Normalmente, las resistencias de medida están encapsuladas en cerámica. En caso de extremados requisitos de resistencia a las vibraciones, las resistencias Pt se bobinan de forma bifilar y se encapsulan en vidrio.

- Normalmente se entregan resistencias de medida de la clase B. Para resistencias de medida de la clase A ó de la clase B, 1/3 a 1/10, consulte con nosotros.
- Las termorresistencias están disponibles como instrumentos simples y dobles.



Componentes y circuito de una termorresistencia

Para poder proteger la resistencia de medida durante el servicio y para poder descambiar con mayor facilidad, ésta se fija dentro de una unidad de medida (4), la cual se monta a la vez en una vaina de protección (5). El inserto se fija de forma elástica con dos tornillos en el cabezal de conexión (1) del elemento de protección. El cable interno (10) de la unidad de medida une la resistencia (11) con los bornes que se encuentran en el zócalo de conexión.

Según el rango de medida y los requisitos de precisión, las termorresistencias se conectan a los equipos de salida en circuito a 2, 3 ó 4 hilos.

A este fin, las unidades de medida pueden suministrarse también con 2, 3 ó 4 cables internos. Si la resistencia del cable interno es irrelevante, entonces podrán utilizarse también las unidades de medida con solamente dos cables internos para la conexión a 3 y 4 hilos.

La calibración exacta del cable interno en estado de servicio sólo es posible con 3 cables internos. Si la resistencia del cable interno supera 0,2 Ω, entonces este valor estará marcado en la brida de fijación de la unidad de medida.

Funciones

Resistencia de medida

Resistencias de medida	aptas para temperaturas de
de platino	-200 a +850 °C (-328 a +1562 °F)
de níquel	-60 a +150 °C (-76 a 302 °F), brevemente hasta 180 °C (356 °F)

La resistencia de medida varía con la temperatura en base a una serie de valores básicos reproducibles (véase la tabla "Valores básicos de la resistencia de medida de platino (según DIN EN 60751)" en la sección "Datos técnicos").

Los cambios de la resistencia se transforman en cambios de tensión y se transmiten mediante cables de cobre, ya sea en directo o a través de convertidores, a los instrumentos indicadores, registradores o reguladores. El tipo de circuito de medida dependerá del instrumento a conectar y del rango de medida exigido.

Las resistencias de medida están calibradas a la temperatura de 0 °C (32 °F), a 100 Ω ± 0,12 Ω. Los valores básicos de las resistencias (es decir, la dependencia del valor óhmico de la temperatura), así como las desviaciones permitidas, están definidos en la norma DIN EN 60751 (IEC 751) (véase la tabla "Errores asignados según DIN EN 60751" en "Datos técnicos"). Normalmente se entregan resistencias de medida de la clase B. Para resistencias de medida de la clase A ó de la clase B, 1/3 a 1/10, consulte con nosotros.

Principio de la medida de temperatura por resistencia

La corriente que circula por el termómetro los calienta con respecto al fluido a medir. El error de calentamiento provocado decrece con el cuadrado de la corriente y de forma lineal con el valor óhmico de la correspondiente resistencia de medida. Además de la dimensión de la corriente, el error depende también de la construcción de la termorresistencia y de la transferencia de calor entre la vaina de protección y el medio a medir. Los instrumentos indicadores que operan por galvanómetro y aguja requieren una gran potencia. En este caso, la corriente por el termómetro no deberá superar 10 mA para mantener el error por calentamiento dentro de los límites admisibles.

Al medir la temperatura de gases con una velocidad de flujo muy baja, el error por calentamiento resultará considerablemente mayor que si se mide la temperatura en gases o fluidos que circulan a gran velocidad. El error por calentamiento puede desatenderse en caso de velocidades de flujo muy grandes.

Accesorios protectores/Vainas de protección

El montaje en tuberías, recipientes etc. requiere unos elementos mecánicos de protección adecuados para soportar los correspondientes esfuerzos mecánicos y químicos.

La selección del material de la vaina de protección adecuado o la combinación de diferentes materiales para tal componente deberá efectuarse cuidadosamente, pues este elemento ha de soportar los esfuerzos causados por la presión estática, el flujo y la temperatura. Además, la inercia de lectura debe quedar limitada al mínimo posible.

Ud. encontrará ejemplos de montaje con los materiales adecuados para la vaina de protección en la tabla "Ejemplos de montaje y materiales de la vaina de protección" de la sección "Datos técnicos".

El tipo de montaje de las vainas de protección depende de la finalidad prevista. Para la presión relativa de servicio admisible hasta aprox. 90 bares, las vainas se fijan por rosca en las tuberías. Para presiones superiores, nuestra gama incluye vainas cónicas que se fijan por soldadura. Los termómetros para mediciones en hornos se fijan por bridas.

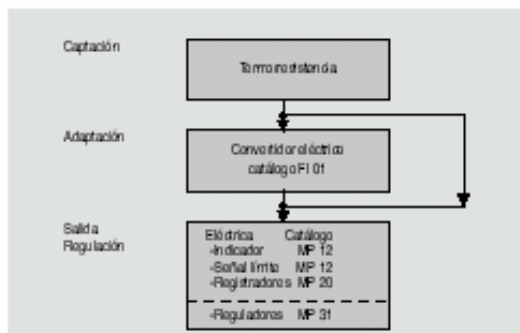
Debido a la gran diversidad de las condiciones operativas, nosotros no respondemos de los elementos mecánicos de protección. En caso de daños o errores de medida causados por un montaje inadecuado, el fabricante responderá conforme a lo estipulado en las Condiciones de entrega generales, siempre que el montaje lo haya realizado el mismo y el cliente haya especificado correcta y detalladamente las condiciones operativas.

Instrumentos para medida de temperatura SITRANS T Termorresistencias

Descripción técnica

Integración

Combinación de equipos para medir y regular la temperatura



Combinación de equipos con una termorresistencia como sensor

Ejemplos de montaje y materiales de las vainas de protección

Punto de medida	temperatura de servicio máxima en °C (°F)	Material de la vaina de protección Denominación	Nº
A. Centras termoeléctricas			
Tuberías de agua y de vapor (termómetros de rosca y de soldadura)	300 (572)	Bronce Sn E2 6 (sólo para agua)	2.1020
	400 (752)	St 35.8	1.0305
	540 (1004)	13 CrMo 44	1.7335
	570 (1058)	10 CrMo 9 10	1.7380
Humos	550 (1022)	St 35.8, esmalt.	1.0305
Tuberías de mezcla de polvo de carbón y aire	100 (212)	St 35.8 (con barra antiimpacto)	1.0305
Tratamiento de agua	30 (86)	X 6 CrNiTi 18 10 o X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4541 1.4571
B. Fabricación de papel			
en la pasta (holandesa, tina, refino)	60 (140)	X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4571
C. Fabricación de celulosa			
		En todos los recipientes con revestimiento interno deben usarse solamente termorresistencias de brida.	
1. Celulosa al bisulfito			
Ácido en digestor, recipiente y torre	150 (302)	X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4571
Torre de hipoclorito, torre de álcalis	40 (104)	X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4571
Vaporizador de lejías de sulfito, termocambiadot, precalentador y colector de lejías	140 (284)	X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4571
2. Celulosa al sulfato			
Digestor, calentador de lejía	en digestor 180 (356), sino 80 (176)	X 6 CrNiTi 18 10 o X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4541 1.4571
Recipiente de lejía negra, verde, blanca	40 (104)	Hastelloy C (59 Ni; 16 Mo; 15,5 Cr; 5,5 Fe; 3,8 W) o X 6 CrNiMoTi 17 122 con vaina protectora de Ti	1.4571

Punto de medida	temperatura de servicio máxima en °C (°F)	Material de la vaina de protección Denominación	Nº
Vaporizador de lejías de sulfato, termocambiadot, precalentador y colector de lejías	140 (284)	X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4571
D. Tintorerías			
Jiggers, tintadoras automáticas de hilo en madeja	110 (230)	X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4571
E. Industria alimenticia			
1. Cervecerías			
Agua de codimiento	80 (176)	Bronce Sn E2 6 o X 6 CrNiTi 18 10	2.1020
Mezcla			
• Mosto caliente	100 (212)	Bronce o X 6 CrNiTi 18 10	1.4541
• Mosto frío	4 (39,2)	X 6 CrNiTi 18 10	1.4541
2. Fabricación de azúcar			
Desalinización del jugo	100 (212)	X 6 CrNiTi 18 10	1.4541
3. Fabricación de productos nutritivos			
Desalinización del suero	20 (68)	X 6 CrNiTi 18 10	1.4541
4. Malterías			
Agua de remojo	100 (212)	Bronce Sn E2 6	2.1020
5. Fabricación de levadura			
Refrigeración de levadura	4 (39,2)	X 6 CrNiTi 18 10	1.4541
Fermentación de levadura	33 (91,4)	X 6 CrNiMoTi 17 122	1.4571

F. Industria química y petroquímica

Para muchas aplicaciones pueden utilizarse aceros resistentes a la corrosión, nº de mat. 1.4541 y 1.4571. La multitud de sustancias presentes en estas industrias hace difícil definir y declarar determinados materiales de las vainas de protección como idóneos. En caso de duda recomendamos ponerse en contacto con los especialistas en nuestras delegaciones y agencias.

Instrumentos para medida de temperatura SITRANS T Termorresistencias

Termorresistencias de alta presión para enroscar

Sinopsis

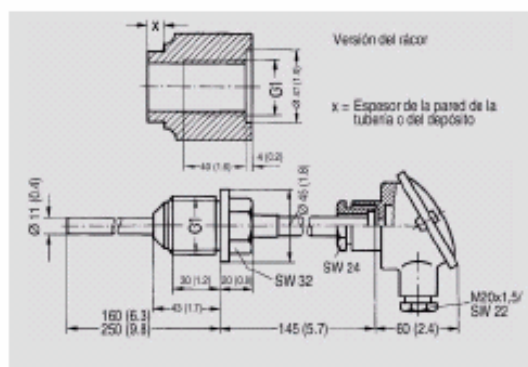


La termorresistencia de rosca de alta presión con cabezal de conexión y con cuello es idónea para un rango de temperaturas comprendido entre -50 y +600 °C (-58 y +1112 °F) y está también disponible con convertidor de temperatura incorporado.

Datos técnicos

Forma constructiva	según DIN 43765: Termómetro de rosca
Vaina de protección	
• Forma	2G, DIN 43772: cilindr., Ø 11 mm (0,43 pulgadas), espesor de pared 2 mm (0,08 pulgadas)
• Capacidad de carga	hasta 50 bares (725,2 psi) (capacidad de carga en dependencia de material, temperatura, velocidad de flujo, longitud de inmersión etc., detalles según DIN 43772)
Rosca	G1; junta idónea 33 x 29, similar a forma C o D, DIN 7603
Unidad de medida	intercambiable, con tubo (Ø 6 mm ó 0,24 pulgadas) de acero inoxidable; zócalo de conexión con resortes
Tiempos de respuesta (según VDI/VDE 3 522)	
• en agua con la velocidad de flujo $v = 0,4$ m/s (1,31 ft/s)	$t_{0,5} = 32$ s, $t_{0,9} = 96$ s
• en aire con la velocidad de flujo $v = 1$ m/s (3,28 ft/s)	$t_{0,5} = 2,2$ min, $t_{0,9} = 6,8$ min

Croquis acotados



Termorresistencia de rosca de alta presión, con cuello, medidas en mm (pulgadas)

Datos de selección y pedido	Referencia
Termorresistencia de rosca de alta presión con cabezal de conexión y con cuello Vaina de protección y boquilla X 6 CrNiMoTi 17 122, n° de mat. 1.4571 Vaina de protección según DIN 43772, forma: 2G	
1 resistencia Pt100 encapsulada en cerámica, conexión a 3 hilos longitud de inmersión Peso/ U ₁ /mm (pulgadas): kg (lb): • 160 (6.3) 0,83 (1.83) • 250 (9.84) 0,93 (2.05)	7NC1008-6DA1 7NC1008-7DA1
2 resistencias Pt100 encapsul. en cerámica, conexión a 2 hilos longitud de inmersión Peso/ U ₁ /mm (pulgadas): kg (lb): • 160 (6.3) 0,86 (1.20) • 250 (9.84) 0,94 (2.07)	7NC1008-6DB1 7NC1008-7DB1
Cabezal, forma B • en fundición de metal ligera, con 1 entrada de cable y - tapa de fijación por tornillos - tapa articulada estándar - tapa articulada alta • de acero inoxidable, con 1 entrada de cable y tapa de fijación por tornillos	1 4 6 7
Otras versiones Agregue la extensión "Z" al número de pedido, añada la clave e indique el texto de especificación en caso necesario.	Claves
• Especificase en texto en caso de versión diferente (longitud de inmersión, material de la vaina, etc.).	Y01
• Efectúe la calibración en un punto y especifique la temperatura deseada en texto (en caso de varios puntos de calibración, pida las cantidades correspondientes).	Y33

Para pedir un convertidor de temperatura incorporado en el cabezal de conexión, véase la sección "Convertidores de temperatura para el montaje en cabezal".

Elementos individuales: Unidades de medida y cabezales de conexión; véase "Accesorios".

Figura A-13.5: Ficha técnica del transmisor. (SIEMENS, SITRANS T, serie Pt 100).

13.3. CONTROL DE APOORTE DE CALDERA

El siguiente lazo de control será el encargado de medir y controlar el caudal de aporte de caldera de forma automática mediante la regulación del caudal del depósito de abastecimiento.

La alimentación de la caldera mediante dos vías aumenta la complejidad a la hora de realizar el control. La caldera se alimenta por la parte superior con agua precalentada proveniente del intercambiador de calor y por la parte inferior con agua del depósito de abastecimiento proveniente de la desaladora, siendo en ésta última donde actuaría el regulador.

Para realizar el control serán necesarios dos caudalímetros uno en cada línea de alimentación. En primer lugar se ha de programar el controlador PID a un determinado punto de consigna, en torno a 24 m³/h. Una vez programado el punto de consigna, el PID recibe las dos señales y las compara con el punto de consigna, de forma que si se produce un aumento o disminución del caudal de agua precalentada, comandará la electrobomba regulando el caudal de aporte del depósito de abastecimiento.

Se emplearan caudalímetros de ultrasonido que miden la velocidad de propagación del sonido dentro del fluido, que dependerá de la velocidad del líquido. No se ven afectados por la viscosidad, ni por la presencia de sólidos en suspensión. No introducen pérdida de carga en la conducción, pudiendo instalarse de forma independiente a la tubería.

Instrumental necesario para la dosificación automática:

- Caudalímetro
- Controlador PID de dos entradas
- Relé de estado sólido (SSR)
- Electrobomba

El lazo de control se muestra en la siguiente figura.

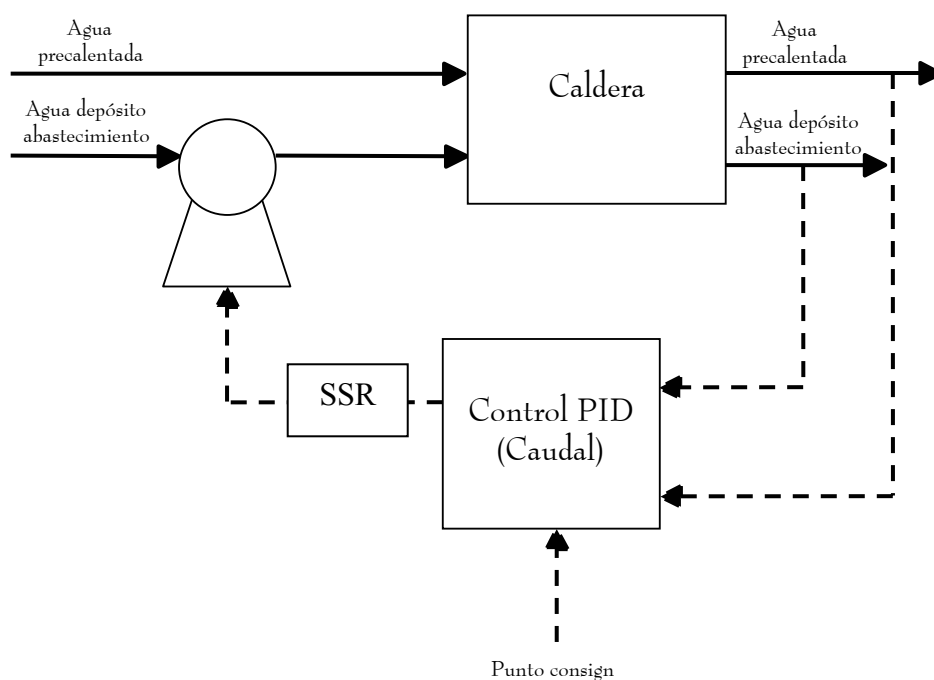


Figura A-13.6: Lazo de control de aporte de caldera.

A continuación se muestra la ficha técnica del transmisor empleado.

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

SONOFLO SONO 3300/3000
Transacciones con obligación de verificación

Sinopsis



Los caudalímetros ultrasónicos SITRANS F US SONOFLO del tipo SONO 3000 CT están diseñados para medir caudales con precisión y con alta resolución en sistemas de calefacción a distancia acuíferos, p.ej. redes locales, estaciones de calderas centrales o secundarias, y en aplicaciones con agua refrigerada a temperatura muy baja.

La combinación del equipo compuesta por los caudalímetros ultrasónicos SONOFLO del tipo SONO y un transmisor SONO 3000 CT está diseñada para transacciones con verificación obligatoria según PTB, clase C, OIML R75, clase 4 y muchas aprobaciones del respectivo país.

Los sensores están homologados según la directiva comunitaria 97/23/EC del 29 de mayo de 1997 para el Grupo de fluidos 1 y clasificados según la Categoría III. Construcción EN 13480.

Beneficios

- Sin caída de presión
- Medidas de caudal seguras y precisas
- Estabilidad a largo plazo con excelentes datos de rendimiento
- Puede efectuar medidas en todos los sistemas de agua a distancia, con todas las calidades de agua y conductividades
- Bajo coste para el propietario
- Calibración del sistema entero (sensor y transmisor en conjunto)
- Homologaciones para el país en cuestión
- Salidas: una salida analógica de impulsos/frecuencia y de relé
- Autodiagnóstico

Gama de aplicación

Los caudalímetros ultrasónicos SONOFLO del tipo SONO 3300/3000 CT se utilizan en primer lugar para medir caudales volumétricos de agua a temperaturas de 3 a 200 °C (37.4 a 392 °F) (conforme a las homologaciones del respectivo país) en los siguientes sectores:

- Sistemas de calefacción a distancia
- Sistemas de agua fría
- Sistemas combinados de calefacción a distancia y agua fría

Construcción

El caudalímetro SONO 3300/3000 CT consiste en un sensor de medida del tipo SONO 3300 CT, un transmisor SONO 3000 CT con equipo para el montaje separado, así como 4 cables coaxiales para la conexión del sensor y del transmisor.

El sensor funciona por dos vías de medida directas sin trayectos de reflexión. Está equipado con bridas y disponible con los diámetros nominales de DN 50 a DN 1200 (2" a 48"). El transmisor se ofrece en tres versiones: IP67, IP20 y IP65.

Todos los modelos están precintados para transacciones con verificación.

Integración

La salida de impulsos del caudalímetro se utiliza con frecuencia como entrada para el calculador de energía térmica. La amplia gama de caudalímetros permite obtener medias óptimas del consumo energético.

A través de la salida analógica se transmite la información correspondiente al sistema SCADA sobre los valores del flujo volumétrico efectivo en la red de distribución.

Datos técnicos

SITRANS F US SONOFLO SONO 3300 CT

Precisión

Error de medida a condiciones de referencia; % del valor medido

Rango dinámico

- 1:20 Salida de impulsos $\leq \pm 0,5\%$
- 1:50 Salida de impulsos $\leq \pm 3\%$

Reproducibilidad

$\leq \pm 0,25\%$

Entrada

Diámetro nominal DN 50 ... DN 1200 (2" ... 48")

Conexiones al proceso, según nivel de presión, EN 1092-1, tipo 11, B

- PN 10 (DN 500 ... DN 1200 (20" ... 48"))
- PN 16 (DN 50 ... DN 1200 (2" ... 48"))
- PN 25 (DN 200 ... DN 1000 (8" ... 40"))
- PN 40 (DN 50 ... DN 100 (2" ... 4"))

Convertidor de sonido

Versión integrada, soldada en el tubo

Condiciones de servicio de diseño

Condiciones ambiente

Temperatura ambiente

- Funcionamiento -10 ... +160°C (14 ... 320 °F) según homologación

• Almacenamiento

-40 ... +85°C (-40 ... +195 °F)

Grado de protección (caja)

Versión estándar IP67

Condiciones del fluido

Temperatura del líquido

-10 ... +200°C (14 ... 392 °F) según homologación

Velocidad de flujo máxima

10 m/s (32 ft/s)

Estructura

Transmisor de 2 vías con bridas y con convertidores de sonido integrados

Material

- Tubería
 - DN 50 ... DN 150 (2" ... 6"): Acero GS-16 Mn5, Nº de mat. 1.1131
 - DN 200 ... DN 1200 (8" ... 48"): Acero EN 1.0345
- Brida
 - DN 50 ... DN 1200 (2" ... 48"): Acero EN 1.0025-S235JRG2
- Convertidor de sonido
 - Acero inoxidable

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

SONOFLO SONO 3300/3000

Transacciones con obligación de verificación

Certificados y homologaciones	
Certificados de materiales	El sensor de medida se suministra con un certificado de conformidad Siemens. A petición puede entregarse un certificado de material de las piezas que están en contacto con el fluido.
Informe de prueba NDT	Disponible a petición

Cable coaxial

Los primeros 0,5 m (19.7 pulgadas) del cable coaxial	
Diámetro	5,3 mm (0.21")
Longitud	0,5 m (19.7")
Material	PTFE
Temperatura ambiente	-200 ... +200 °C (-328 ... +392 °F)

Cable coaxial > 0,5 m (19.7 pulgadas)	
Diámetro	5,8 mm (0.23")
Longitud	Máx. 250 m (820 ft) entre sensor y transmisor. En caso de distancias de más de 30 m (98.5 ft), contacte con su concesionario Siemens.
Material	Polietileno
Temperatura ambiente	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)

Transmisor SONO 3000 CT

Salida	
Salida analógica	Aislamiento galvánico individual, tensión de aislamiento 500 V
• Medida de	caudal volumétrico, velocidad de sonido (seleccionable por el menú)
• Corriente	0 ... 20 mA ó 4 ... 20 mA
• Carga	< 800 Ω
• Constante de tiempo	0,8 ... 30 s, ajustable
Salida de frecuencia/impulsos	Aislamiento galvánico individual, tensión de aislamiento 500 V
• Medida de	caudal volumétrico, velocidad de sonido, volumen total, masa total (seleccionable por el menú)
• Constante de tiempo	0,8 ... 30 s, ajustable
• Frecuencia	D ... 1 kHz, D ... 10 kHz
• Ancho de impulsos	0,5 ms, 5 ms, 20 ms, 50 ms, 100 ms
Modo de salida	Según la conexión eléctrica, la salida puede ser activa o pasiva
• Activa	<ul style="list-style-type: none"> • 24 ... 30 V DC / 25 mA máx. (50 μs ... 5 s) (50 ms, contador electromecánico, 75 mA máx. en caso de f < Hz) • 24 ... 30 V DC / 50 mA máx. (500 Hz ... 10 kHz)
• Pasiva	5 ... 30 V DC / 200 mA máx.
Salida de relé	
• Conmutación	Error/Sentido de flujo
• Constante de tiempo / Histéresis	5 s / 0,5 % del valor final
• Carga	42 V, 0,5 A
Supresión de cantidades mínimas: Caudal bajo	0 ... 9,9% del valor final

Condiciones de servicio de diseño	
Temperatura ambiente	
• Versión IP67	
- Funcionamiento	-20 ... +55 °C (-4 ... +131 °F)
- Almacenamiento	-40 ... +85 °C (-40 ... +185 °F)
• IP20 Montaje en panel frontal/IP65 Montaje en pared	
- Funcionamiento	0 ... +55 °C (32 ... 131 °F)
- Almacenamiento	-40 ... +85 °C (-40 ... +185 °F)
Vibración mecánica	
• IP67	2 g, 1 ... 800 Hz, sinusoidal en todos los sentidos según IEC 68-2-6
• IP20 Montaje en panel frontal/ IP 65 Montaje en pared	1 g, 1 ... 800 Hz, sinusoidal en todos los sentidos según IEC 68-2-6
Grado de protección (caja)	
• Versión IP67	IP67 hasta IEC 60529 y DIN 40050
• IP20 Versión para montaje en panel frontal	IP67 hasta IEC 60529 y DIN 40050
• IP65 Versión para montaje en pared	IP67 hasta IEC 60529 y DIN 40050

Elementos de indicación y manejo	
Contadores integrados	Dos contadores integrados. Contaje a elección uni o bidireccional (caudal neto)
• Medida de	Volumen total
Indicador	Con fondo iluminado, texto alfanumérico, 2 x 16 dígitos para la representación de: valores medidos, totalización, ajustes, códigos de errores y mensajes de alarmas.

Estructura	
Material de la caja	
• Versión IP67	Poliamida reforzada por fibras de vidrio
• IP20 Montaje en panel frontal/IP65 Montaje en pared	Módulo insertable estándar de 19" (aluminio/acero) según DIN 41494
Planos dimensionales y peso	Véanse los planos dimensionales

Alimentación	
Tensión de alimentación y consumo de energía	
• Versión IP67/IP20 para montaje en panel frontal	115/230 V AC ±10%/-15%, 50 ... 60 Hz, 10 ... 20 VA
• IP65 para montaje en pared	<ul style="list-style-type: none"> • 24 V DC ±25%/-15%, 24 V AC ±15%, 15 VA, impedancia del cable < 7 Ω a 24 V • 115/230 V AC ±10%/-15%, 50 ... 60 Hz, 10 ... 20 VA

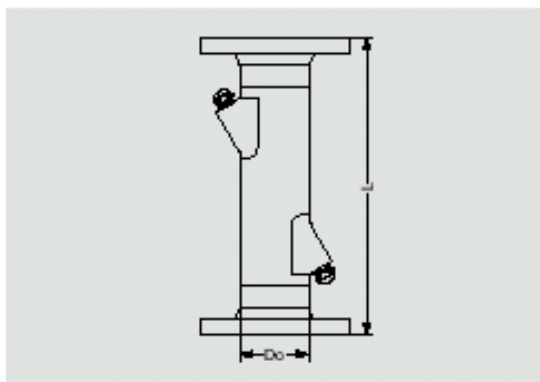
Certificados y homologaciones	
• CEM	Emisión de perturbaciones EN 61000-6-4 Resistencia a las tensiones perturbadoras EN 61000-6-2
• Baja tensión	Según EN 61010-1
• Homologaciones	
- Versión IP67	PTB clase C, OIML R75 clase 4
- IP20 Montaje en panel frontal/ IP65 Montaje en pared	PTB, clase C

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

SONOFLO SONO 3300/3000
Transacciones con obligación de verificación

Croquis acotados

Sensor SONO 3300 CT



Diámetro nominal	Longitud de montaje Lentre las bridas				Do Diámetro exterior	Espesor de la pared del tubo para ¹⁾			
	PN 10 [mm]	PN 16 [mm]	PN 25 [mm]	PN 40 [mm]		PN 10 [mm]	PN 16 [mm]	PN 25 [mm]	PN 40 [mm]
50	-	465 ±3	475 ±3	475 ±3	66,6	-	7,0	7,0	7,0
65	-	460 ±3	475 ±3	475 ±3	78,0	-	7,0	7,0	7,0
80	-	380 ±3	400 ±3	400 ±3	92,0	-	7,0	7,0	7,0
100	-	375 ±3	400 ±3	400 ±3	116,4	-	7,0	7,0	7,0
125	-	375 ±3	400 ±3	400 ±3	143,2	-	7,0	7,0	7,0
150	-	360 ±3	400 ±3	400 ±3	170,4	-	8,0	8,0	8,0
200	-	450 ±4	490 ±4	500 ±4	219,1	-	3,7	4,8	6,5
250	-	600 ±5	575 ±5	600 ±5	273,0	-	4,0	5,3	7,3
300	-	600 ±5	560 ±5	600 ±5	323,9	-	4,4	5,5	8,1
350	-	800 ±5	840 ±5	890 ±5	355,6	-	4,6	6,1	8,6
400	-	875 ±5	925 ±5	975 ±5	406,4	-	4,9	6,6	9,7
500	950 ±6	990 ±6	1050 ±6	1080 ±6	508,0	4,1	5,6	7,9	11,7
600	1075 ±6	1105 ±6	1165 ±6	-	610,0	4,5	6,4	9,1	-
700	1100 ±6	1140 ±6	1190 ±6	-	711,0	5,0	7,2	10,4	-
800	1150 ±6	1180 ±6	1240 ±6	-	813,0	5,6	8,0	11,7	-
900	1200 ±6	1230 ±6	1300 ±6	-	914,0	6,1	8,8	13,3	-
1000	1250 ±6	1300 ±6	1370 ±6	-	1016,0	6,6	9,7	14,3	-
1200	1330 ±6	1360 ±6	-	-	1220,0	7,6	11,3	-	-

1) Los espesores de pared indicados para DN 200 ... DN 1200 son valores mínimos según la Directiva comunitaria para aparatos a presión 97/23/CE.

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

SONOFLO SONO 3300/3000
Transacciones con obligación de verificación

Diámetro nominal [pulgadas]	Longitud de montaje Lentre las bridas				Do Diámetro exterior [pulgadas]	Espesor de la pared del tubo para ¹⁾			
	PN 10 [pulgadas]	PN 16 [pulgadas]	PN 25 [pulgadas]	PN 40 [pulgadas]		PN 10 [pulgadas]	PN 16 [pulgadas]	PN 25 [pulgadas]	PN 40 [pulgadas]
2	-	18.3 ±0.12	18.7 ±0.12	18.7 ±0.12	2.6	-	0.27	0.27	0.27
2½	-	18.1 ±0.12	18.7 ±0.12	18.7 ±0.12	3	-	0.27	0.27	0.27
3	-	14.4 ±0.12	15.7 ±0.12	15.7 ±0.12	3.6	-	0.27	0.27	0.27
4	-	14.7 ±0.12	15.7 ±0.12	15.7 ±0.12	4.6	-	0.27	0.27	0.27
5	-	14.7 ±0.12	15.7 ±0.12	15.7 ±0.12	5.6	-	0.27	0.27	0.27
6	-	14.2 ±0.12	15.7 ±0.12	15.7 ±0.12	6.7	-	0.31	0.31	0.31
8	-	17.7 ±0.16	19.3 ±0.16	19.7 ±0.16	8.6	-	0.14	0.19	0.25
10	-	23.6 ±0.2	22.6 ±0.2	23.6 ±0.2	10.7	-	0.16	0.21	0.29
12	-	23.6 ±0.2	22.0 ±0.2	23.6 ±0.2	12.7	-	0.17	0.21	0.32
14	-	31.5 ±0.2	33.1 ±0.2	34.6 ±0.2	14	-	0.18	0.24	0.34
16	-	34.4 ±0.2	36.4 ±0.2	39.4 ±0.2	16	-	0.19	0.26	0.38
20	37.4 ±0.24	38.6 ±0.24	41.3 ±0.24	42.5 ±0.24	20	0.16	0.22	0.31	0.46
24	42.3 ±0.24	43.5 ±0.24	45.8 ±0.24	-	24	0.18	0.25	0.36	-
28	43.3 ±0.24	44.8 ±0.24	46.8 ±0.24	-	28	0.19	0.28	0.41	-
32	45.3 ±0.24	46.4 ±0.24	48.8 ±0.24	-	32	0.22	0.31	0.46	-
36	47.2 ±0.24	48.4 ±0.24	51.2 ±0.24	-	36	0.24	0.35	0.52	-
40	49.2 ±0.24	51.2 ±0.24	53.9 ±0.24	-	40	0.26	0.38	0.56	-
48	52.3 ±0.24	53.5 ±0.24	-	-	48	0.30	0.44	-	-

1) Los espesores de pared indicados para 8" ... 48" son valores mínimos según la Directiva comunitaria para aparatos a presión 97/23/CE.

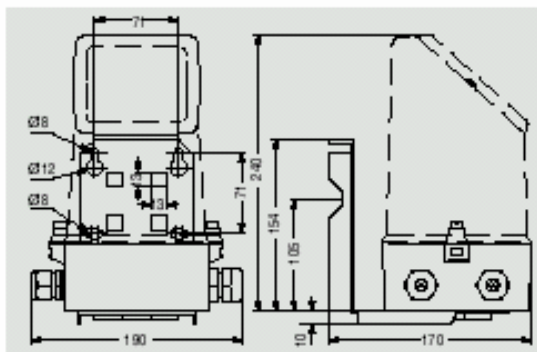
Peso del sensor de medida SONO 3300 CT

Diámetro nominal DN	Peso								
	PN 10		PN 16		PN 25		PN 40		
	pulgadas	kg	lbs	kg	lbs	kg	lbs	kg	lbs
50	2	-	-	13	28.6	14	30.8	14	30.8
65	2½	-	-	15	33	16	35.3	16	35.3
80	3	-	-	18	39.7	19	42	19	42
100	4	-	-	32	70.5	35	77.2	35	77.2
125	5	-	-	39	83.8	44	97	44	97
150	6	-	-	45	99	52	114.6	52	114.6
200	8	-	-	58	128	70	154	79	174
250	10	-	-	75	165	96	211.6	117	258
300	12	-	-	92	203	114	251	151	333
350	14	-	-	113	249	145	320	191	421
400	16	-	-	141	311	191	421	274	604
500	20	153	337	207	456	284	626	379	835
600	24	193	425	276	608	363	800	-	-
700	28	262	577	303	668	480	1059	-	-
800	32	329	725	400	882	650	1433	-	-
900	36	428	943	475	1047	835	1841	-	-
1000	40	500	1102	594	1309	1078	2377	-	-
1200	48	470	1036	732	1614	-	-	-	-

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

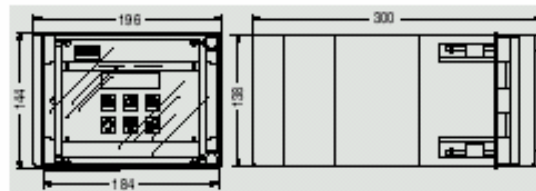
SONOFLO SONO 3300/3000
Transacciones con obligación de verificación

Transmisor SONO 3000 CT. IP67. fijación en pared



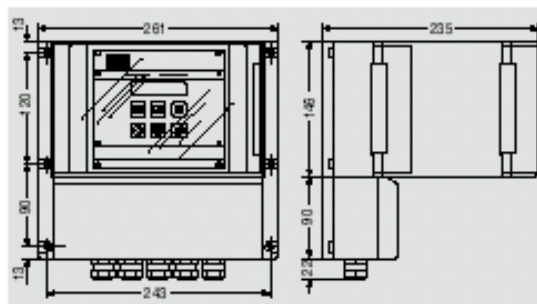
En cada lado se dispone de una longitud adicional de aprox. 30 mm (1.18 pulgadas) para el cableado, aprox. 2 kg (4.4 lbs).

Transmisor SONO 3000 CT. IP20. montaje en panel frontal



Peso 2,8 kg (6.17 lb)

Transmisor SONO 3000 CT. IP65. fijación en pared

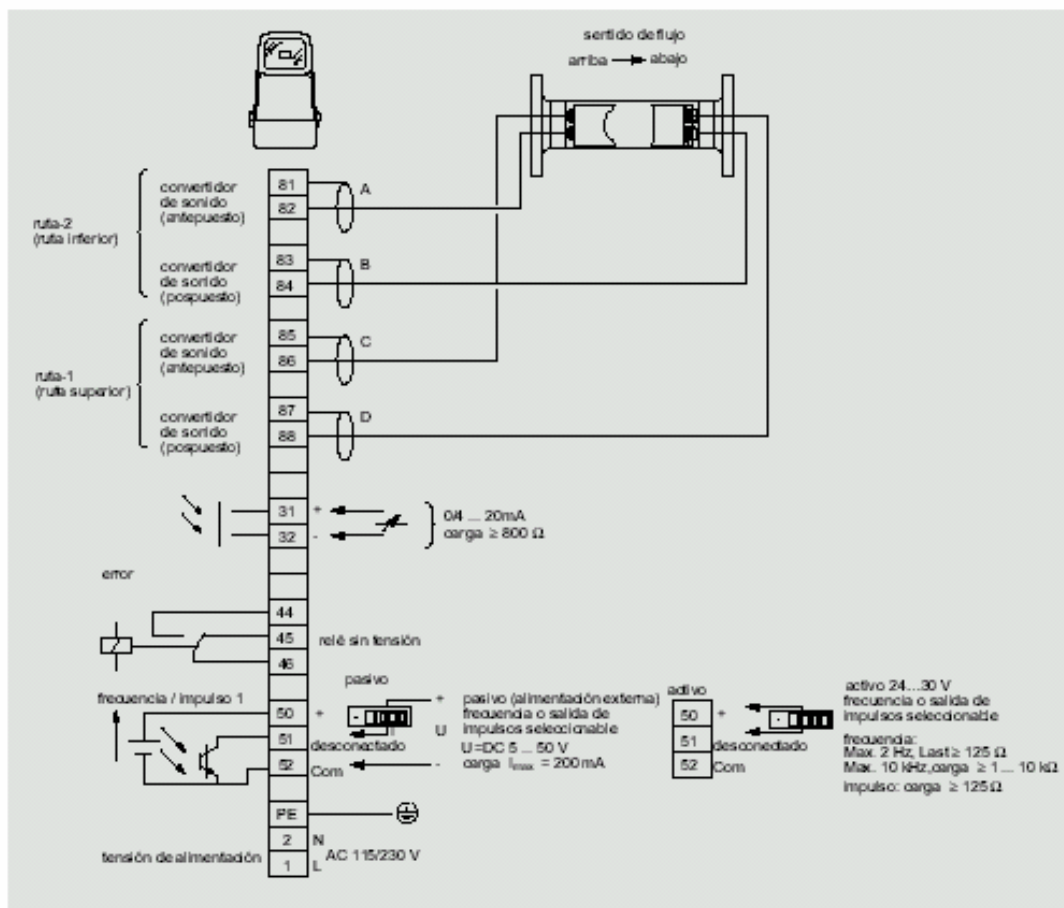


Peso 3,5 kg (7.72 lb)

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

SONOFLO SONO 3300/3000
Transacciones con obligación de verificación

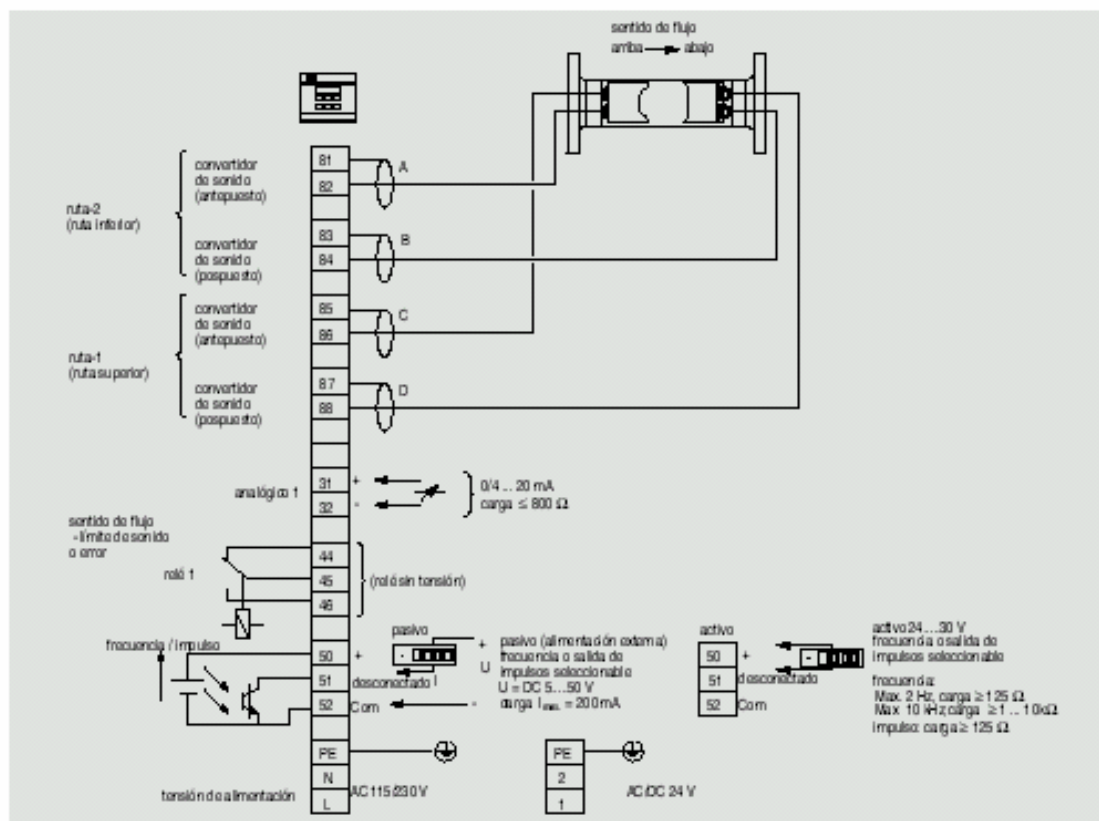
Diagrama de circuito



SONO 3300/3000 CT (versión IP67), conexión eléctrica

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

SONOFLO SONO 3300/3000
Transacciones con obligación de verificación



SONO 3000/3300 CT (fijación en pared), conexión eléctrica

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

SONOFLO SONO 3300/3000
Transacciones con obligación de verificación

Datos de selección y pedido		Referencia	Clave	Datos de selección y pedido		Referencia	Clave
Caudalímetro SITRANS F US SONO 3000/3300 Transacciones con obligación de verificación		7NE3310-		Caudalímetro SITRANS F US SONO 3000/3300 Transacciones con obligación de verificación		7NE3310-	
Díametro nominal	Qn [m ³ /h]			Versión de brida y presión nominal (No todos los tamaños están disponibles en todas las presiones nominales) según EN 1092-1			
<u>Acero inoxidable: N° de mat. 1.4318GS-16MnG</u>				PN10		B	
DN 50	15 ¹⁾	1B		PN16	C		
	36	1C		PN25	D		
	70	1D		PN40	E		
DN 65	25 ¹⁾	1F		Homologación			
	60	1G		sin homologación		0	
	120	1H		con homologación		1	
DN 80	40 ¹⁾	1K		con homologación y sello oficial		2	
	100	1L		Ajuste de frecuencia e impulsos			
	180	1M		Frecuencia: 10 kHz a Q _{nom}		0	
DN 100	70 ¹⁾	1P		Frecuencia: 1 kHz a Q _{nom}		9	N1A
	180	1Q		<u>Valencia de impulsos (duración de un impulso 5 ms)</u>			
	300	1R		0.1 l/impulso		1	
DN 125	100 ¹⁾	1T		1 l/impulso		2	
	250	1U		2.5 l/impulso		3	
	450	1V		10 l/impulso		4	
DN 150	150 ¹⁾	2B		50 l/impulso		5	
	360	2C		100 l/impulso		6	
	720	2D		250 l/impulso		7	
<u>Acero dúctil: N° de mat. 1.0345/P235GH</u>				1 m ³ /impulso		8	
DN 200	250 ¹⁾	2F		0.25 l/impulso		9	NoA
	600	2G		0.5 l/impulso		9	NoB
	1000	2H		5 l/impulso		9	NoC
DN 250	400 ¹⁾	2K		25 l/impulso		9	NoD
	1000	2L		500 l/impulso		9	NoE
	1800	2M		2.5 m ³ /impulso		9	NoF
DN 300	600	2P		5 m ³ /impulso		9	NoG
	1500	2Q		10 m ³ /impulso		9	NoH
	2000	2R		25 m ³ /impulso		9	NoJ
DN 350	720	2T		50 m ³ /impulso		9	NoK
	2000	2U		100 m ³ /impulso		9	NoL
	3000	2Y		250 m ³ /impulso		9	NoM
DN 400	1000	3A		500 m ³ /impulso		9	NoN
	2000	3B		1.000 m ³ /impulso		9	NoP
	2500	3C		Transmisores			
	3600	3D		SONO 3000 CT, plástico IP67, 115...230 V, 1 salida de corr., 1 salida de frecuencia/impulsos, 1 salida de relé, con kit de fijación mural		B	
DN 500	2000	3K		SONO 3000 CT, plástico IP65, 115/230 V, 1 salida de corriente, 1 salida de frecuencia/impulsos, 1 salida de relé, con kit de fijación mural		H	
	3000	3L		SONO 3000 CT, plástico IP65, 24 VAC/DC, 1 salida de corriente, 1 salida de frecuencia/impulsos, 1 salida de relé, para fijación a pared		K	
	6000	3M		SONO 3000 CT, plástico IP20, 115/230 V, 1 salida de corriente, 1 salida de frecuencia/impulsos, 1 salida de relé, montaje en panel frontal		L	
DN 600	2000	3T		SONO 3000 CT, plástico IP67, sin indicador, 115/230 VAC, 1 salida de corriente, 1 salida de frecuencia/impulsos, 1 salida de relé, con kit de fijación mural		Z	P1A
	3500	3U					
	7200	3Y					
DN 700	2000	4F					
	4000	4G					
	10000	4H					
DN 800	2000	4P					
	4500	4Q					
	12000	4R					
DN 900	5000	5C					
	12000	5D					
DN 1000	5000	5L					
	15000	5M					
DN 1200	6000	5U					
	18000	5V					

1) Valor de referencia EN 1434

Instrumentos para medida de caudal SITRANS F SITRANS F US

SONOFLO SONO 3300/3000
Transacciones con obligación de verificación

Datos de selección y pedido	Referencia	Clave	Otras versiones	Clave
Caudalímetro SITRANS F US SONO 3000/3000 Transacciones con obligación de verificación	7ME3310-		<u>Placa de tag</u> en acero inoxidable, con caracteres de 12 mm, máx. 15 caracteres (especificar en texto)	Y17
<u>Versión nacional/Tipo de homologación</u>			en plástico, autoadhesiva, con caracteres de 12 mm, máx. 15 caracteres (especificar en texto)	Y18
Versión neutra, sin		A	<u>Ajuste del rango de medida</u> Rango de medida personalizado (el ajuste debe coordinarse con la homologación seleccionada)	Y20
Austria / CED1 C 050)		B		
República Checa / TCM 142/97-2741		D		
Dinamarca / TS 27.01 076 (CIML R75)		E		
Alemania / 2216 9802 (PTB)		G		
Hungría / TH-7 181/1999		H		
Polonia / ZT 597/2003		K		
Rumania / RO 176/98		L		
Rusia / 16373/1		M		
Suiza / ZW 138		N		
<u>Ajuste de la duración de impulso</u>				
sin		0		
0,5 ms		1		
5 ms (preajuste)		2		
20 ms		4		
50 ms		5		
100 ms		6		
200 ms		7		
500 ms		8		
<u>Otras versiones</u>				
Completar la referencia con la extensión "-Z" e incluir la clave y el texto de especificación en caso necesario.				
<u>Calibración/Verificación</u>				
Verificación 2x 4 puntos, DN 50 ... DN 80		D10		
Verificación 2x 4 puntos, DN 100 ... DN 400		D11		
Verificación 2x 4 puntos, DN 500 ... DN 1200		D12		
Calibración acreditada Siemens EN 45001, DN 50 ... DN 80		D20		
Calibración acreditada Siemens EN 45001, DN 100 ... DN 400		D21		
Calibración acreditada Siemens EN 45001, DN 500 ... DN 1200		D22		
Calibración acreditada DELFT EN 45001, DN 50 ... DN 80		D30		
Calibración acreditada DELFT EN 45001, DN 100 ... DN 400		D31		
Calibración acreditada DELFT EN 45001, DN 500 ... DN 1200		D32		
<u>Ajuste del sentido de flujo</u>				
Caudal bidireccional, salida de corriente, frecuencia e impulsos		E11		
<u>Ajuste de relé</u>				
Dirección de relé		E21		
<u>Ajuste de la salida de corriente</u>				
Salida de corriente 0 ... 20 mA		E31		
<u>Certificado de prueba</u>				
Certificado de prueba de materiales EN 10204-3.1.B		F10		
Certificado de prueba de presión EN 10204-2.3		F21		
<u>Cable coaxial al sensor</u>				
Cable 4x 20 m con conexión		R12		
Cable 4x 30 m con conexión		R13		
Cable 4x 60 m con conexión		R14		
Cable 4x 90 m con conexión		R15		
Cable 4x 120 m con conexión		R16		
			<u>Piezas de recambio/Accesorios</u>	
			<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>
			Transmisor SONO 3000 CT, IP67 (incl. soporte para montaje en pared) ¹⁾²⁾	7ME3150-2AA10-1AC0
			Transmisor SONO 3000 CT, IP65, 115/230 V AC, 50 ... 60 Hz ¹⁾	7ME3150-2EA10-1AC0
			Transmisor SONO 3000 CT, IP65, 24 V AC/DC ¹⁾²⁾	7ME3150-2AA10-1AC0
			Transmisor SONO 3000 CT, IP20 ¹⁾	7ME3150-2DA10-1AC0
			Cable coaxial con conexión al convertidor de sonido	
			• 1x 10 m	FDK:085L2400
			• 1x 20 m	FDK:085L2401
			• 1x 30 m	FDK:085L2402
			1) Todos los transmisores tienen 1 salida de corriente, 1 salida de frecuen- cia/impulsos y 1 salida de relé.	
			2) 115/230 V AC, 50 ... 60 Hz	
			<u>Importante:</u> Conforme a las disposiciones para transacciones con verifica- ción obligatoria, después de cambiar uno de los componentes precitados deberá solicitarse una nueva homologación para todo el sistema a través de un laboratorio oficial.	

Figura A-13.7: Ficha técnica del caudalímetro. (SIEMENS, SITRANS F, serie sonoflo 3300/3000).

13.4. CONTROL DEL pH

El control en continuo del pH permite medir y controlar el pH, de forma que gobierne automáticamente la bomba dosificadora de sosa o de ácido sulfúrico. El medidor consiste en tres sondas diferenciales, inmersas en los tanques de almacenamiento TK-120A, TK-120B y TK-112.

En primer lugar se ha de programar el controlador a un determinado punto de consigna, en función del tanque en el que se instale, así se tiene que en el TK-120A el pH debe estar en torno 2,5; mientras que en el TK-120B y TK-112 el pH debe estar en torno a 8.

En estos casos se equipa con válvulas de accionamiento eléctrico On/Off a la entrada de cada tanque (en las líneas de dosificación de sosa y de ácido sulfúrico).

Cuando la medida de pH esté por encima o por debajo del punto de consigna, el controlador On/Off (con salida 4/20 mA lineal) comandará la bomba dosificadora. El controlador también tiene una salida eléctrica que permite la apertura o cierre de la correspondiente electroválvula. De esta manera, cuando el pH sea superior al punto consigna se pondrá en marcha la bomba de ácido a la vez que se abre la electroválvula y dosificará la cantidad necesaria hasta llegar al punto consigna, momento en el que se desactiva la bomba y se cierra la correspondiente electroválvula. Sin embargo cuando el pH esté por debajo del punto consigna, se pondrá en marcha la bomba de sosa y se abrirá la electroválvula dosificando la cantidad necesaria hasta llegar al punto consigna, momento en el que desactiva la bomba y se cierra la correspondiente electroválvula, a excepción del TK-120A donde en el supuesto de que el pH se encuentre por debajo del punto consigna no pondrá en funcionamiento la bomba dosificadora de sosa, ya que interesa que el pH sea lo más ácido posible.

Cada controlador de pH es independiente del otro; es decir, puede ocurrir que uno esté por encima (o por debajo) del punto consigna, caso en que deberá actuar el controlador, y el otro esté en el punto óptimo. O también que los dos requieran dosificación, en cuyo caso se pondrán en funcionamiento las correspondientes bombas.

Equipamiento necesario para la dosificación automática de reactivos:

- Medidor de pH (salida pH)
- Controlador On/Off
- Válvula de accionamiento eléctrico On/Off
- Bomba dosificadora de sosa
- Bomba dosificadora de ácido sulfúrico

El lazo de control para la dosificación de reactivos para el control del pH se muestra en las siguientes figuras.

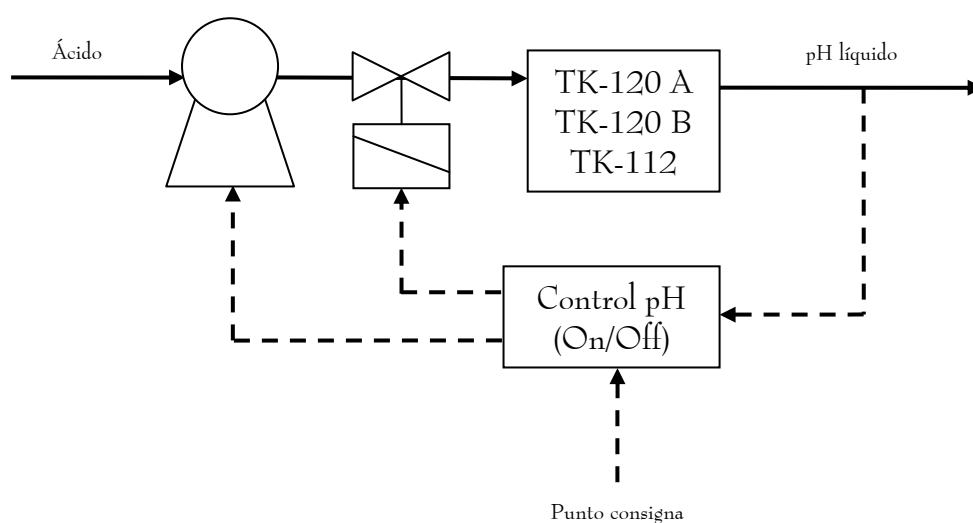


Figura A-13.8: Lazo de control de pH. Actuación sobre la electroválvula y la bomba dosificadora de ácido.

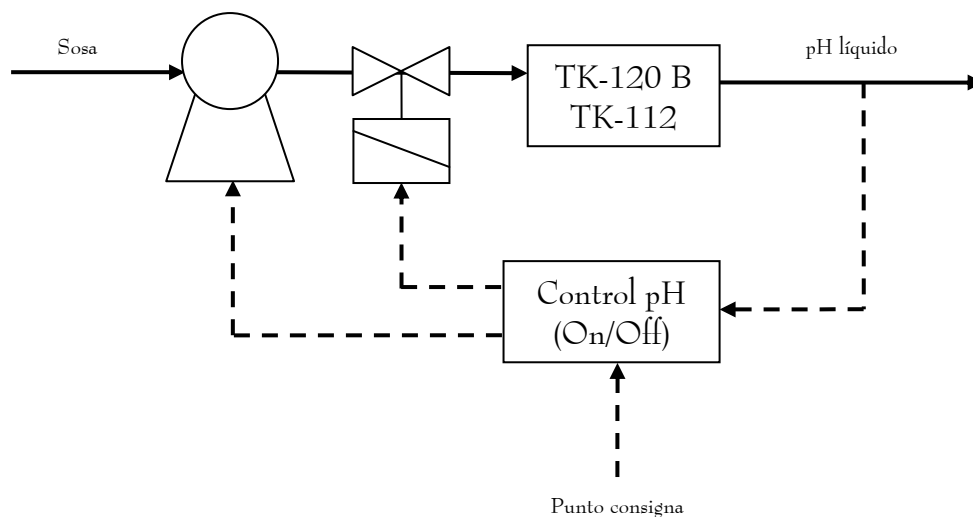


Figura A-13.9: Lazo de control de pH. Actuación sobre la electroválvula y la bomba dosificadora de sosa.

A continuación se muestra la ficha técnica del transmisor empleado.

Measuring equipment for pH value and redox potential

SIPAN 34 analyzer

Characteristics

SIPAN 34 is an analyzer of the four-wire generation with state-of-the-art technology with microprocessor control and illuminated graphic display. The SIPAN 34 analyzer is optionally available with special features for process use.

The SIPAN 34 analyzer is available in two designs:

- With a field housing
- With a panel housing

They contain the analog and digital data processing functions for the signal delivered by the sensor.

A SIPAN 34 analyzer can be used for all measuring ranges.

Special characteristics







- Four-wire analyzer with extremely easy operation
- Universal power supply (24 V AC/DC, 115 V AC, 230 V AC)
- Complete basic configuration
- Self-explanatory menu operation in plain text in five languages, without Instruction Manual, help function
- Operation according to NAMUR, i.e. complete local operation with directly accessible keypad with 8 keys and large, illuminated, full-graphic display
- Display of pH, mV, additional permanent bargraph of measuring range
- Graphic trend display of measured value
- Additional permanent temperature display in °C
- Output signal 0/4 to 20 mA, floating
- Freely-programmable, permanent measuring-point designation (saves tag labels)
- Logbook with entry of faults or calibration procedures with date and time
- Fault and limit contacts
- Automatic recognition of buffer (NIST and technical buffers)
- Maintenance switch with automatic HOLD function
- Comprehensive fault diagnosis and preventive maintenance system in plain text
- 3 operating levels with coded protection for monitoring, routine and specialists
- Selectable tests for: keys, RAM, EPROM, EEPROM, display

- Output of freely-defined current values for test purposes
- Maximum electromagnetic compatibility according to CE and NAMUR, sensitive lightning protection
- Panel housing made completely of metal, CE safety for every control cabinet installation engineer
- Robust field housing (IP 65) with seven Pg screwed glands for easy connection
- No special or expensive mounting set required for wall or panel mounting

Options

- Second current output for measured value or temperature with additional limit
- Four parameter sets with remote selection for complete methods, not only for measuring ranges, e.g. also limits, temperature compensation, hysteresis
- Automatic cleaning function (3 relays) for cleaning, flushing, fitting control with cyclic time input, waiting and holding functions
- Two-point controller for pulse length (dosing valves) or pulse frequency (diaphragm pumps)
- Additional switching contact for maintenance (function check) and pre-alarm (warning)
- Redundant pH or ORP measurement with 2 measured-value outputs for increased measuring reliability

Functions

	Basic analyzer	Options
Inputs	 <p>pH / redox Temperature</p>	 <p>Remote switching of range for 4 parameter sets, thus access to 4 complete parameter sets for complete methods including ranges, limits, temperature compensation, hysteresis</p>
Outputs	 <p>Analog output</p>	 <p>2nd analog output for temperature</p>
Contacts	 <p>1x failure 1x limit and 2x NAMUR contacts</p>	 <p>Second limit 2 limits with control-signaling function 3x cleaning or range signaling contacts</p>

Measuring equipment for pH value and redox potential

SIPAN 34 analyzer

Display and control panel

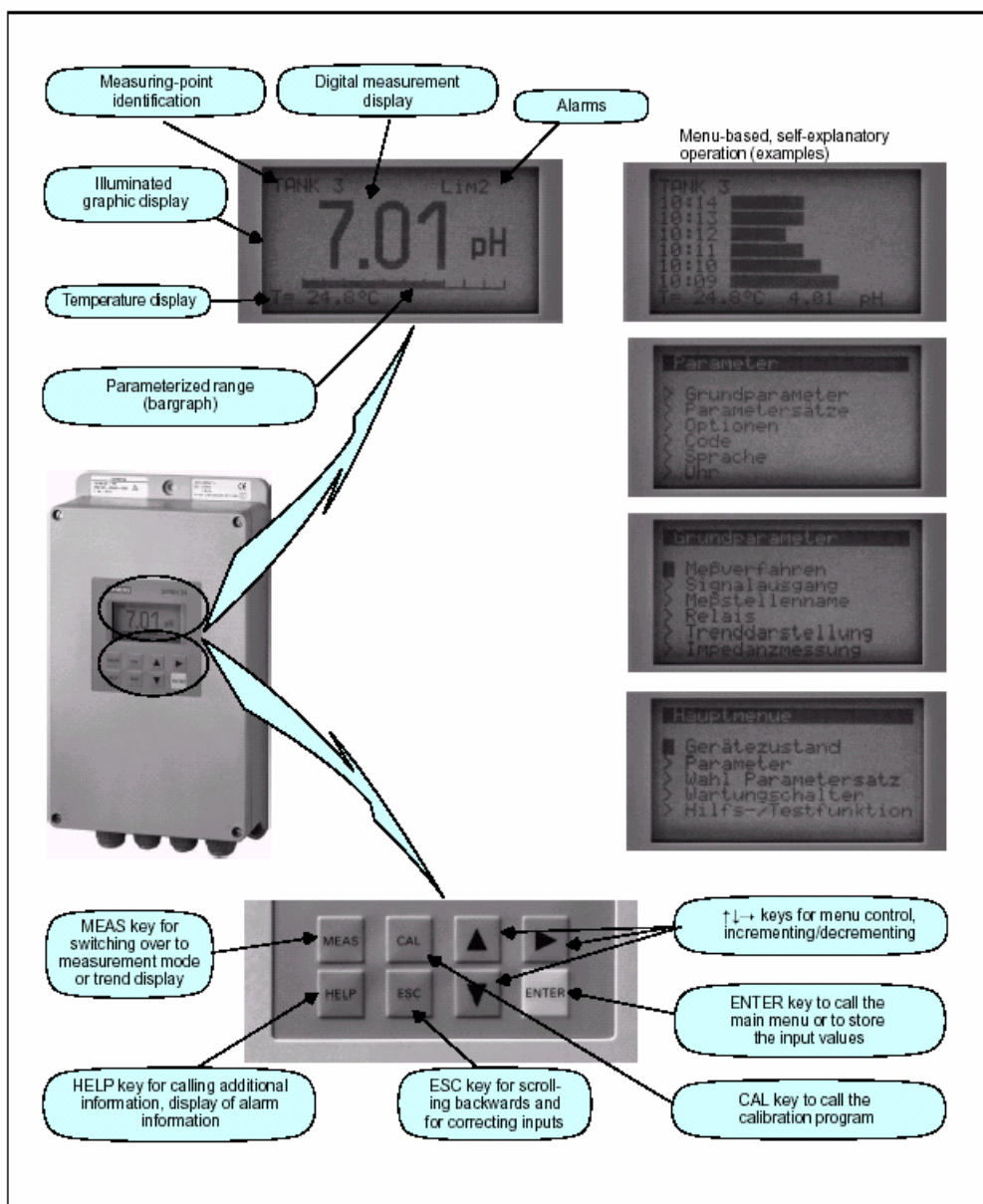


Fig. 2/15 SIPAN34 analyzer, display and control panel

Measuring equipment for pH value and redox potential

SIPAN 34 analyzer

Technical data (four-wire system)

Display	Graphic	Output signal	0/4 to 20 mA, linear to measured value
Measured value	Four 15-mm digits or trend display: 5 bars, 3 mm high	Max. permissible load	750 Ω
Others	Temperature, alarms, measuring-point identification, 3-mm digits Current output as bargraph, 3 mm high	Limit	1 NO or NC contact selectable, adjustable hysteresis and response time
With inputs	8 lines of text 1 heading (inverted display) and 6 text lines, letters 4 mm high	Alarm contact	1 alarm (failure)
Illumination	LED	Diagnostic contacts	Two, pre-alarm and maintenance
Inputs	According to NAMUR	Relay contacts	NO contact, rating DC 24 V, 1 A
8 keys:	MEAS HELP CAL ESC ▲ ▼ ▶ ENTER	Logbook	Automatic recording of warning and failure messages with date and time, 20 entries with overflow, non-erasable
	Measurement/trend Help Calibration 1 step backwards in menu 1 line upwards Decrement the number / 1 line downwards 1 digit to right with numbers Calling a menu item / acceptance of entered value	Data storage	> 10 years (EEPROM)
Languages	5: German, English, French, Italian, Spanish; selectable	Device self-test	Testing of RAM, EPROM, EEPROM, display, keyboard; data can be called on display
Coding	3 coding levels for operations (display level, user level, specialist level)	Clock	Software clock
Dimension	pH, mV	Identification	CE marking
Measuring range	-3 to +15 pH, -2000 mV to +2000 mV (observe technical data of sensors)	EMC	NAMUR NE 21
Measuring span (expansion)	Any, but at least 10% of smallest measuring range	Applied harmonized standards	EN 61010 (IEC 1010) EN 55022 class B IEC 1000-3-2 IEC 1000-4-2 class 2 IEC 1000-4-3 class 3(2) IEC 1000-4-4 class 4 IEC 1000-4-5 class 3 IEC 801-6 class 3 (pr IEC 1000-4-6/1995) pr. EN 61000-4-11 class C
Output range	Optionally selectable between 0 and maximum full-scale value	Radio interference suppression	EN 55011 and EN 55022
Temperature compensation	Input: Pt 100; Pt 1000, automatic selection, two-wire or three-wire system Compensation of Nernst voltage, automatic, manual, adjustable temperature	Lightning protection	EN 61000 - 4 - 5
Measuring range for temperature	-50 to +200 °C	Mechanical stress	Vibration load of modules to IEC 68-2-6 Repetitive shocks to IEC 68-2-27
Measuring span for temperature	Any, but at least 10% of measuring range	Climatic loading	IEC 721-3-3 IEC 721-3-2
Error limits with pH/ORP measurement	< 0.03 pH or 5 mV	Transport loading	IEC 68-2-6
Error limits with temperature compensation	< 0.5 % of measured value	Electrical safety	IEC 1010 IEC 664
Influencing effects	To DIN IEC 746, Part 1	Foreign matter/ water protection	IEC 529
Repeatability	< 0.2 % of full-scale value	Degree of protection	Field device IP 65 to EN 60529, NEMA 4X Panel mounting IP 54 to EN 60529 (front)
Linearity	< 0.01 pH or 1 mV	Quality assurance system	DIN ISO 9001 / EN 29000
Ambient temperature	< 0.02 pH/10 K or 1 mV/10K	Material of field housing	Macrolon (polycarbonate + 20% glass fiber)
Power supply	< 0.01 pH or 1 mV	Panel mounting housing	Aluminium
Load	< 0.01 pH/100 Ω or 1 mV/100 Ω		
Zero error	< 0.01 pH or 1 mV		

Measuring equipment for pH value and redox potential

SIPAN 34 analyzer

Technical data (four-wire system)

Input resistance	
Glass electrode	> 10 ¹² Ω
Reference electrode	> 10 ¹⁰ Ω
Offset current	
Glass electrode	< 5 · 10 ⁻¹² A (at 20 °C) ¹⁾
Reference electrode	< 1 · 10 ⁻¹⁰ A (at 20 °C) ¹⁾
Electrodes	
Electrode assembly zero point	pH 0 to 10
Slope range	54 to 60 mV (per ΔpH = 1) at 20 °C
Isothermal intersection U _{is}	-1000 to +1000 mV
Measuring impedance	
Glass electrode	5 to 1000 MΩ
Reference electrode	1 to 100 kΩ
Permissible ambient temperature	
Operation (field device)	-20 to +55 °C
Operation (panel mounting)	-5 to +70 °C
Transport and storage	-25 to +85 °C
Permissible relative humidity	10 to 95 %, no condensation
Power supply	AC 120 V (94 V to 132 V), 48 to 63 Hz, 10 VA AC 230 V (187 V to 264 V), 48 to 63 Hz, 10 VA AC 24 V (20 V to 26 V), 48 to 63 Hz, 10 VA DC 24 V (20 V to 30 V), 8 W Protection class II (field housing)
Dimensions	See Fig. 2/20
Weight	2.5 kg field housing 2.0 kg panel housing
Options	See page 2/18
Second output signal	0/4 to 20 mA linear to temperature
Additional limit	1 x NO or NC contact selectable, any assignment to measured value or temperature
Parameter sets	4
Range signalling	Signalling of current measuring range (3 contacts)
Cleaning contacts with timer	3, fitting control, cleaning and flushing
Range switchover	4, parameterizable as desired using range selection; external control possible
Controller	2 floating contacts (instead of limits) as PI controller
Input resistance	
pH electrode	pH 1 > 10 ¹² Ω pH 2 > 10 ¹² Ω
Reference electrode	> 10 ¹⁰ Ω

	Fittings	C74451-A1789-A1	C74451-A1789-A21	C74451-A1789-A3	M54145-A92	M54145-A93	C74451-A1789-A10 to -A16	7MA8500-8FU, -8FV, -8FW	7MA8500-8FK	7MA8500-8FR, -8FS, -8FT	7MA8500-8BG/AUJAV/AWI/BHIBU
pH sensors											
7MA8500-8FA		X	X	X	✓	✓	✓	X		X	
7MA8500-8FB		X	X	X	✓	X	✓	X		X	
7MA8500-8FC		✓	✓	X	X	X	X	X			
7MA8500-8FD		X	X	✓	X	X	✓	X		X	
7MA8500-8FE									✓		
7MA8500-8FF		X	X	X	X	X	X	✓		✓	
7MA8500-8BV											✓
ORP sensor											
7MA8500-8FG		X	X	✓	✓	✓	✓	✓		X	
Pt 1000 sensors											
7MA8500-8FH		✓	✓	✓	✓	✓	✓	X		X	
7MA8500-8FJ		✓	✓	✓	✓	✓	✓	X		X	

Fig. 2/16 Selection of flow fittings for sensors,
✓ recommended, X possible
Fittings (in bold type): only together with suitable electrode holder

Remote switching of method

Parameter	1	2	3	4
Medium	Measured medium	Water	Cleaning 1	Cleaning 2
Range	pH 3-7	pH 6-8	pH 9-10	pH 0-3
Temperature compensation				
	Yes	Yes	No	No
2 limits				
	pH 3.5 pH 6.5	pH 6.5 pH 7.5	pH 9.2 pH 9.8	pH 1.5 pH 2.0
Contact state				
1	Open	Closed	Open	Closed
2	Open		Closed	

¹⁾ Doubled for every 10 K increase in temperature

Measuring equipment for pH value and redox potential SIPAN 34 analyzer

Electric connections

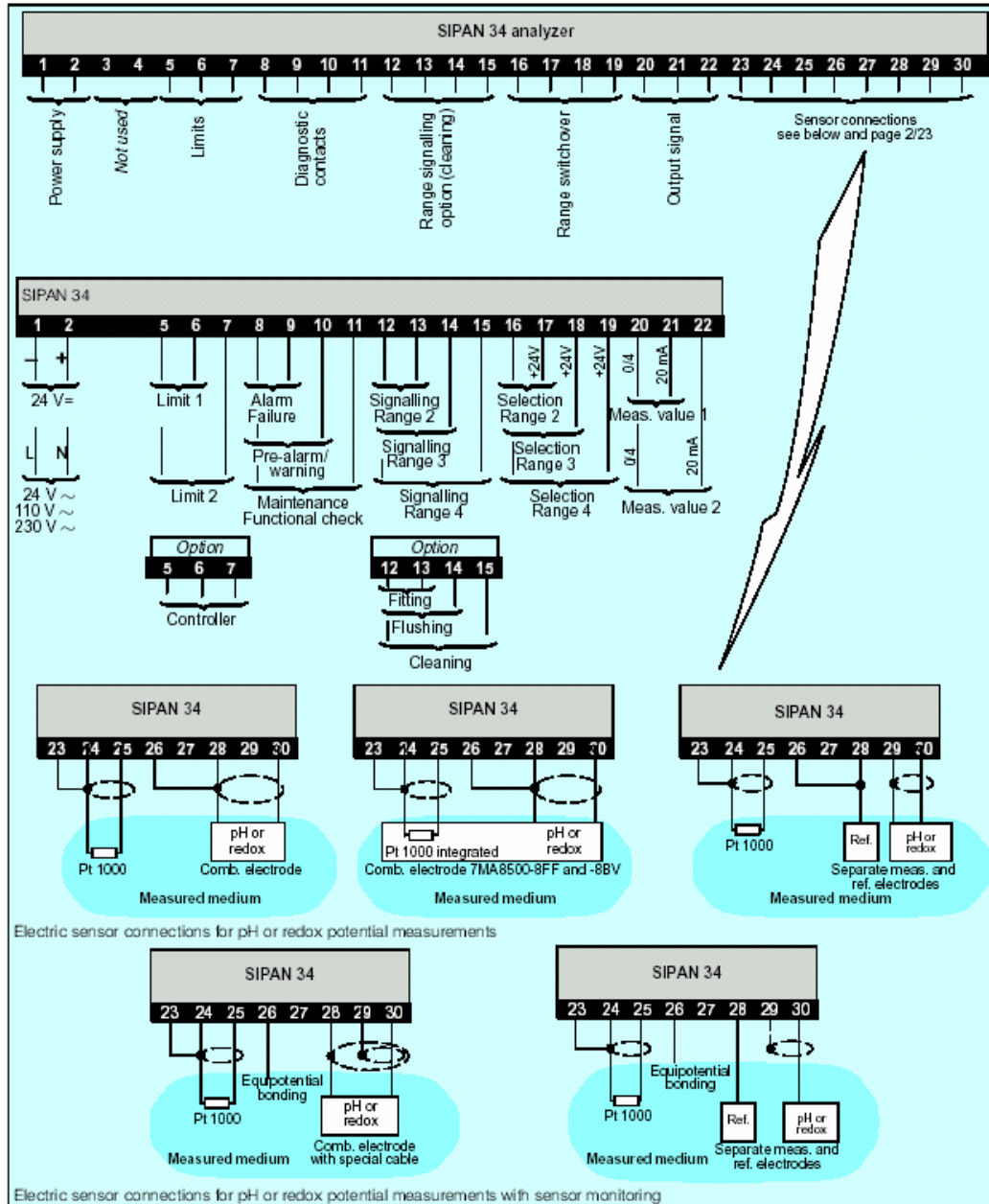


Fig. 2/17 SIPAN 34 analyzer, electric connections

Measuring equipment for pH value and redox potential

SIPAN 34 analyzer

Electric connections

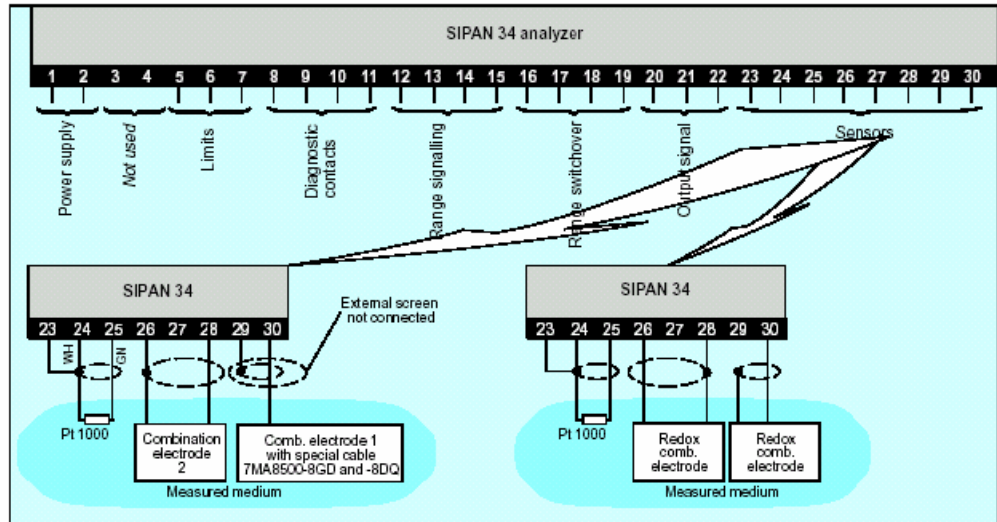


Fig. 2/18 SIPAN 34 analyzer, electric sensor connections for redundant pH or redox measurements, 2 pH sensors or 2 redox sensors in one measured medium with sensor monitoring

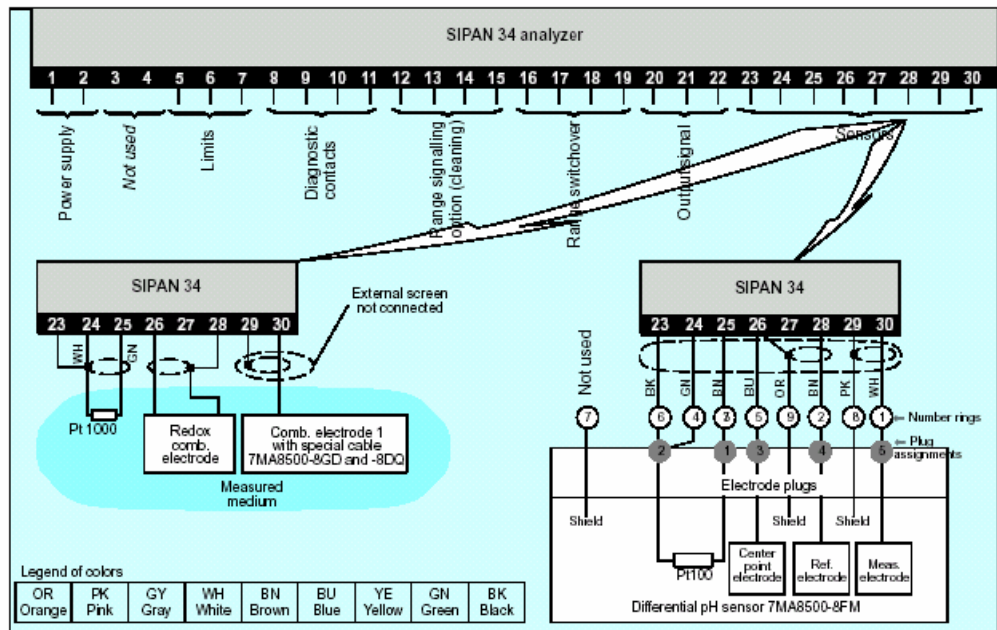


Fig. 2/19 SIPAN 34 analyzer, electric sensor connections, on left for simultaneous pH and redox measurements, on right differential pH sensor with sensor monitoring

Measuring equipment for pH value and redox potential SIPAN 34 analyzer

Dimensions, design

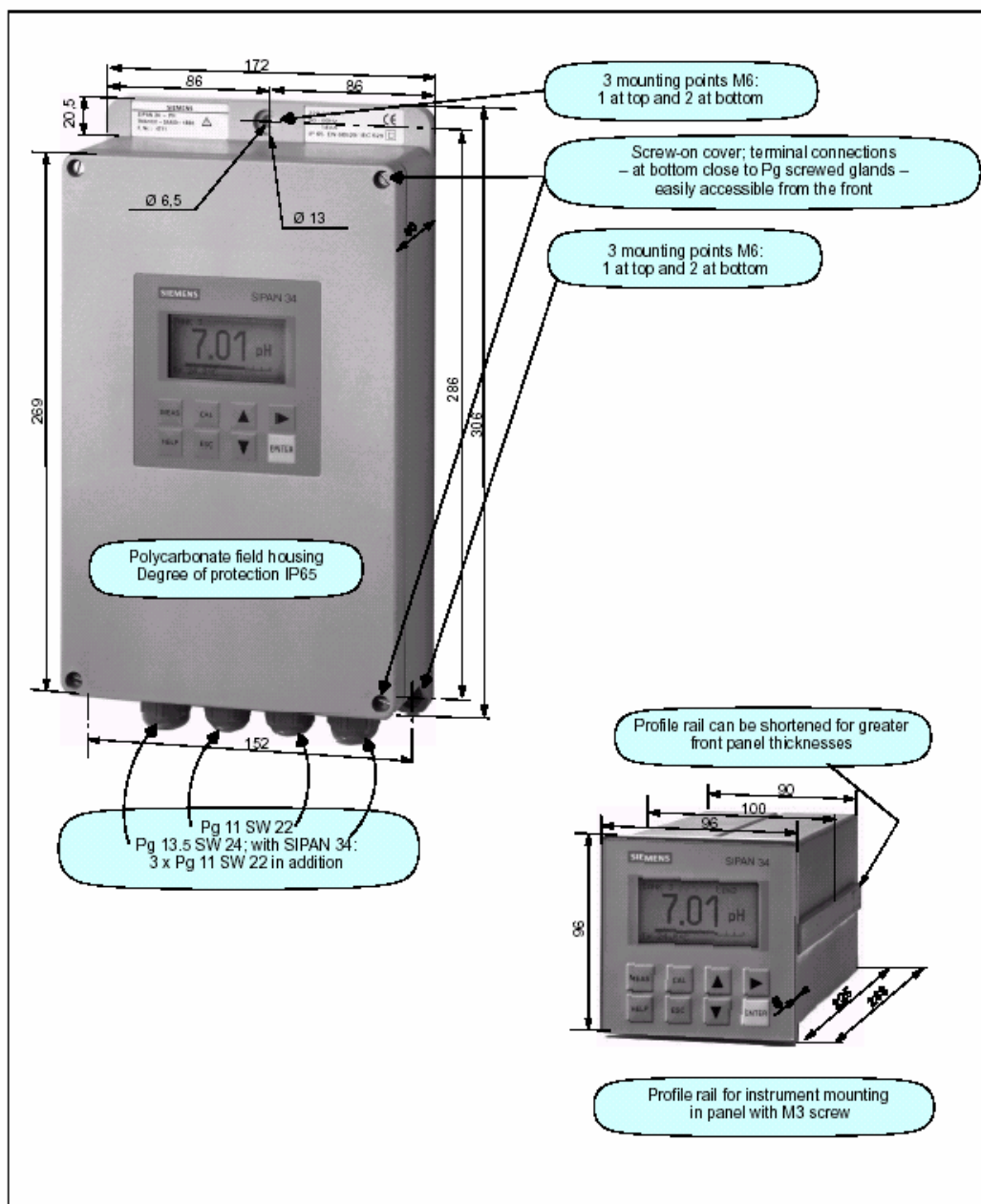


Fig. 2/20 SIPAN 34 analyzer, shown at top as field housing and at bottom as panel housing, dimensions in mm

Measuring equipment for pH value and redox potential

SIPAN 34 analyzer

Ordering data

	Order No.
SIPAN 34 analyzer Four-wire system, for pH or ORP measurements Process version, microprocessor-based with illuminated graphic display, membrane keyboard, trend display, menu-based operation (5 languages), diagnostic software, logbook, temperature compensation, 1 parameter set, 1 signal output 0/4 to 20 mA, 1 alarm contact, 1 limit contact, 2 diagnostic contacts	7MA1034- - [] [] [] [] [] [] - [] [] [] [] [] []
Power supply DC 24 V/AC 24 V, 48 to 63 Hz AC 120 V, 48 to 63 Hz AC 230 V, 48 to 63 Hz	0 1 2
Measuring procedure: 1 x pH or 1 x redox input 2 x pH inputs 1 x pH input and 1 x redox input, or 2 x redox inputs	A B C
Instrument design Field housing Panel housing 96 x 96	A B
<ul style="list-style-type: none"> Without additional option With second signal output 0/4 to 20 mA and second limit contact With 4 selectable parameter sets and 3 range signalling contacts With second signal output 0/4 to 20 mA, second limit contact, 4 selectable parameter sets and 3 range signalling contacts 	0 1 2 3
Limits with controller function Without With	A B
Automatic cleaning/flushing (3 contacts + timer for fitting, cleaning, flushing) Without With	A B

Accessories	Order No.
For mounting of analyzer on a pipeline (see Fig. 2/40 for dimensional drawing)	
Protective hood (mat. No. 1.4571) with base plate	C79451-A3177-D12
Pipe clamp (mat. No. 1.4571)	7MA8500-8DG
Base plate (mat. No. 1.4571)	C79451-A3177-D11
Set of screwdrivers "TORX"	C79451-A3246-D50

Available ex-stock: 7MA1031-0AA00-0AA0, 7MA1031-2AA00-0AA0

Measuring equipment for pH value and redox potential Sensors and fittings for measurements in tanks or open vessels

Waste water applications, dimensions

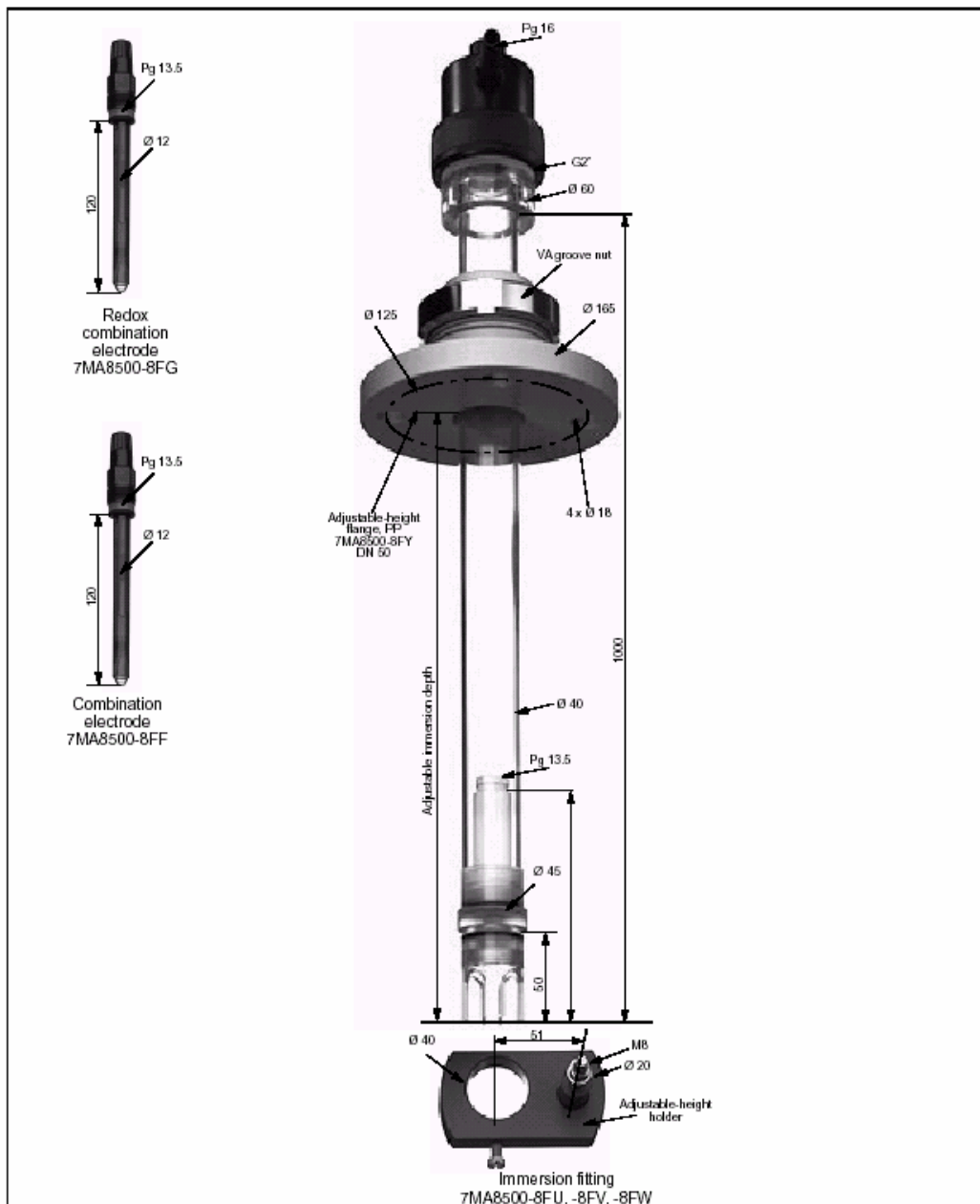


Fig. 2/27 Sensors for pH and ORP measurements in tanks or open vessels, dimensions in mm

Measuring equipment for pH value and redox potential Sensors and fittings for measurements in tanks or open vessels

Waste water applications, ordering data

	Order No.
pH combination electrode for service water, suspensions, food processing, organic solvents, hot acids and alkalis, with Pg 13.5 screw plug connector, integrated Pt1000 resistance thermometer, with polymer electrolyte, non-refillable, hole diaphragm ● Mounting length 120 mm	7MA8500-8FF
Plug/cable combination for 7MA8500-8FF and -8BV, 5 m long	7MA8500-8DQ
Redox combination electrode for ORP measurements, all applications, with Pg 13.5 screw plug conn., gel electrolyte, non-refillable, with platinum ring and cap, precision glass diaphragm, mounting length 120 mm	7MA8500-8FG
Plug/cable combination for: 7MA8500-8FA, -8FB, -8FC, -8FD, -8FE, -8FG, -8FH and -8FJ ● Cable, 3 m long ● Cable, 5 m long ● Cable, 10 m long ● Cable, 20 m long	M54145-A15-A11 M54145-A15-A6 7MA8500-8GC 7MA8500-8DN
Special plug/cable combination for pH sensor monitoring and double pH measurements for: 7MA8500-8FA, -8FB, -8FC, -8FD, -8FE, -8FG, -8FH and -8FJ ● Cable, 3 m long ● Cable, 5 m long	7MA8500-8GD 7MA8500-8DP

	Order No.
Immersion fitting made of polypropylene (PP), for installation of a pH sensor with Pg 13.5 screw plug connector, complete, for tanks or open vessels, with immersion tube and protective cage, adjustable-height holder Max. immersion length 1000 mm Max. immersion length 1500 mm Max. immersion length 2000 mm	7MA8500-8FU 7MA8500-8FV 7MA8500-8FW
Adjustable-height flange made of PP, for immersion fittings 7MA8500-8FU, -8FV and -8FW, DN 50	7MA8500-8FY
Immersion fitting As 7MA8500-8FU, -8FV and -8FW but made of PVDF, plexiglas	On request
	Order No.
Buffer solution set Standard buffers sterilized with superheated steam to DIN 19266 and NIST ¹⁾ with 20 ampoules of each value for one calibration each pH = 4.01, pH = 6.87, pH = 9.18	7MA8500-8AS
	Order No.
Analyzer SIPAN 32, SIPAN 32X SIPAN 34	See page 2/17 See page 2/25

¹⁾ NIST: National Institute of Standards and Technology

5 year storage guarantee

Available ex-stock

Measuring equipment for pH value and redox potential

Technical data

Sensors ¹⁾

	pH combination electrode 7MA8500-8FA	pH combination electrode 7MA8500-8FB	pH combination electrode 7MA8500-8FC	pH combination electrode 7MA8500-8FD	pH combination electrode 7MA8500-8FE
Application	Service water, waste water, suspensions, food processing, organic solvents, hot acids and alkalis	Contaminated liquids	Boiler feedwater and ultra-pure water with conductivities < 100 µS/cm, critical media	Non-critical media, drinking water, liquids without solids	Biotechnology, food industry
Measuring range	pH=2 to pH=13	pH=0 to pH=14			pH=2 to pH=14
Permissible oper. temperature T _B	0 °C to +60 °C	-5 °C to +50 °C	-30 °C to +80 °C	-5 °C to +80 °C	+10 °C to +135 °C
Permissible oper. pressure P _B at T _B	10 bar	0.5 bar	6 bar	0.5 bar	6 bar
Tapping electrode material	Ag/AgCl				
Electrode shaft material	Glass (DURAN)			PPO ²⁾ unbreakable	Glass (DURAN)
Plug/cable combination	5 m long: M54145-A15-A6, 3 m long: M54145-A15-A11, 10 m long: 7MA8500-8GC or 20 m long: 7MA8500-8DN Special cable for pH sensor monitoring, 3 m long: 7MA8500-8GD, or 5 m long: 7MA8500-8DP				
Dimensions	See Fig. 2/23	See Fig. 2/26	See Fig. 2/21	See Fig. 2/22	See Fig. 2/24
Weight	Approx. 0.15 kg				
	pH combination electrode with Pt 1000 7MA8500-8FF 7MA8500-8BV	ORP combination electrode 7MA8500-8FG	Pt 1000 thermometer 7MA8500-8FH	Pt 1000 thermometer 7MA8500-8FJ	Pt 100 thermometer M54145-A8
Application	Service water, waste water, suspensions, food processing, organic solvents, hot acids and alkalis	All			Only for fitting C70211-A1959-A1
Measuring range	pH=2 to pH=13	-2000 to +2000 mV	-30 °C to +135 °C		-30 °C to +135 °C
Permissible oper. temperature T _B	0 °C to +100 °C	0 °C to +100 °C			
Permissible oper. pressure P _B at T _B	10 bar	6 bar	10 bar		10 bar
Tapping electrode material	Ag/AgCl	Ag/AgCl	-		-
Electrode shaft material	Glass (DURAN)	Glass (DURAN)		Stainless steel 1.4571	Glass
Plug/cable combination	Cable 5 m long 7MA8500-8DQ	Cable 5 m long: M54145-A15-A6, cable 3 m long: M54145-A15-A11 cable 10 m long: 7MA8500-8GC, cable 20 m long 7MA8500-8DN			2 m fixed cable
Dimensions	See Fig. 2/23		See Fig. 2/22	See Fig. 2/23	-
Weight	Approx. 0.15 kg	Approx. 0.15 kg			Approx. 0.15 kg
	Differential pH sensor 7MA8500-8FM 7MA8500-8BX	pH measuring electrode M54145-A31	pH reference electrode M54145-A36	pH reference electrode M54145-A37	
Application	Measurements such as: milk, cheese, yogurt industry, chemical industry, cosmetics (creams) Maintenance-free	Only for installation in flow fitting C70211-A1959-A1, special for sugar industry			
Measuring range	pH=3 to pH=12	pH=1 to pH=14	-	-	
Permissible oper. temperature T _B	0 °C to +140 °C	0 °C to +135 °C	5 °C to +130 °C	0 °C to +50 °C	
Permissible oper. pressure P _B at T _B	16 bar	10 bar			
Tapping electrode material	Metallic (Ag)	Ag/AgCl			
Electrode shaft material	Enamelled steel tube	Glass (DURAN)			
Plug/cable combination	Plug/cable 5 m long, screw-on	2 m fixed cable			
Dimensions	See Fig. 2/24	120 mm mounting length			
Weight	Approx. 3 kg	Approx. 0.15 kg			

¹⁾ Ex protection DIN 50014/EN 50020, in conjunction with SIPAN 32X, all pH sensors (electrodes) are approved for use in Ex zone 1

²⁾ PPO: polyphenylene oxide

Measuring equipment for pH value and redox potential

Technical data

Fittings

	Electrode holder C74451-A1789-B1	Electrode holder C74451-A1789-B2	Electrode holder C74451-A1789-B3
Connection gland	Conical flange		
Material	Polypropylene (PP)	Stainless steel (mat. No. 1.4571)	Polyvinylidene fluoride (PVDF)
Resistance, suitable for:	Alkalis, acids, brines, petroleum spirit, oils, alcohol	Alkalis, dilute acids, oils, petroleum spirit, alcohol, organic solvents	Largely resistant to all chemicals
Resistance, not suitable for:	Aromatic and chlorinated hydrocarbons of higher concentration	Strong acids, high chloride concentrations	-
Permissible operating temperature T _B	90 °C	140 °C	100 °C
Permissible operating pressure P _B at T _B	6 bar at 20 °C 4 bar at 90 °C	10 bar	6 bar at 20 °C 4 bar at 90 °C
Dimensions	See Fig. 2/23		
Weight	Approx. 0.1 kg	Approx. 1.0 kg	Approx. 0.1 kg

	Flow fitting M54145-A92	Flow fitting M54145-A93	Flow fitting C70211-A1959-A1
Connection gland	G ^{3/4"}		Flange
Material	Polypropylene (PP)	Polyvinylidene fluoride (PVDF)	Internal rubber coating
Resistance, suitable for:	Alkalis, acids, brines, petroleum spirit, oils, alcohol	Largely resistant to all chemicals	Alkalis, acids, chlorine
Resistance, not suitable for:	Aromatic and chlorinated hydrocarbons of higher concentration	-	Organic solvents
Permissible operating temperature T _B	90 °C	130 °C	100 °C
Permissible operating pressure P _B at T _B	6 bar at 20 °C 0.2 bar at 90 °C	6 bar at 20 °C 1 bar at 90 °C	6 bar
Dimensions	See Fig. 2/23		See KEIN MERKER
Weight	Approx. 0.25 kg	Approx. 0.3 kg	Approx. 3.5 kg
Flow	Recommended 0.1 to 0.5 l/min. (max. 10 l/min)		

	Flow fitting C74451-A1789-A1	Flow fitting C74451-A1789-A21	Flow fitting C74451-A1789-A3
Connection gland	3/8-18NPT	G ^{3/4"}	3/8-18NPT
Wetted parts material	Stainless steel mat. No. 1.4404		Polypropylene (PP)
Resistance, suitable for:	Alkalis, dilute acids, oils, petroleum spirit, alcohol, organic solvents		Alkalis, dilute acids, brines, oils, petroleum spirit, alcohol
Resistance, not suitable for:	Strong acids, high chloride concentrations		Aromatic and chlorinated hydrocarbons of higher concentration
Permissible operating temperature T _B	160 °C		90 °C
Permissible operating pressure P _B at T _B	16 bar		1.5 bar at 20 °C 0.2 bar at 90 °C
Dimensions	See Fig. 2/23		See Fig. 2/22
Weight	Approx. 1.5 kg		
Flow	Recommended 0.1 to 0.5 l/min. (max. 10 l/min)		

Measuring equipment for pH value and redox potential

Technical data

Fittings

	Immersion fittings C74451-A1789-A10 to C74451-A1789-A16	Immersion fittings 7MA8500-8FU, -8FV, and -8FW	Welding-type connectors 7MA8500-8EC, and -8EH	Fittings for differential sensors, 7MA8500-8BX 7MA8500-8BY
Connection gland	-		Internal thread G1 1/4"	
Wetted parts material	Polyvinyl chloride (PVC)	Polypropylene (PP) (PVDF, on request)	Stainless steel 1.4571	Stainless steel 1.4404
Resistance, suitable for	Alkalis, acids, brines	Alkalis, acids, brines, petroleum spirit, oils, alcohol	Alkalis, dilute acids, oils, petroleum spirit, alcohol, organic solvents	
Resistance, not suitable for:	Organic solvents	Aromatic and chlorinated hydrocarbons of higher concentration	Strong acids, high chloride concentrations	
Permissible operating temperature T _B	60 °C	90 °C	140 °C	
Permissible operating pressure P _B at T _B	0.2 bar	2 bar	16 bar	
Dimensions	See Fig. 2/26	See Fig. 2/27	See Fig. 2/24	
Weight	Approx. 1.8 to 3 kg	Approx. 2 kg	Approx. 0.5 kg	Approx. 2 kg

	Attachment fitting 7MA8500-8FK	Replacement fitting 7MA8500-8FR/-8FS/-8FT	Replacement fitting 7MA8500-8AU/-8AV/-8AW	Replacement fitting 7MA8500-8BG/-8BH/-8BJ
Connection gland	Internal thread G1 1/4"		Flange DN 50	
Wetted parts material	Stainless steel 1.4435 / FPM ¹⁾	Stainless steel 1.4571 / FPM ¹⁾	Polypropylene / FPM ¹⁾	Polyetheretherketone/FPM (PEEK / FPM ¹⁾)
Resistance, suitable for	Alkalis, dilute acids, oils, petroleum spirit, alcohol, organic solvents		Alkalis, acids, brines, petroleum spirit, oils, alcohol	
Resistance, not suitable for:	Strong acids, high chloride concentrations		Aromatic and chlorinated hydrocarbons of higher concentration	
Permissible operating temperature T _B	135 °C	130 °C	90 °C	130 °C
Permissible operating pressure P _B at T _B	6 bar	6 bar	6 bar	6 bar
Dimensions	See Fig. 2/24	See Fig. 2/25		
Weight	Approx. 3 kg	Approx. 3 kg	Approx. 2.5 kg	Approx. 3.5 kg

¹⁾ Gasket made of FPM (Viton)

Figura A-13.10: Ficha técnica del pHmetro. (SIEMENS, SIPAN, modelo 34).

13.5. CONTROL DE NIVEL EN LAS TORRES DE RELLENO

El control en continuo de nivel de las columnas de relleno permite mantener constante el nivel del líquido de lavado en las torres de relleno. En este caso se provee de dos válvulas de tres vías en cada torre, situadas a la entrada de las torres I y II, de forma que se mantiene el nivel, y mediante la recirculación del líquido se evita arrancar y parar la bomba continuamente.

Para mantener el nivel constante en las torres de lavado se empleara un detector de nivel para cada torre. El sistema automático de llenado de las torres debe permitir que se mantenga constante un determinado nivel de líquido.

En primer lugar se ha de establecer un determinado punto de consigna, de forma que si el nivel se encuentra por encima o por debajo de lo establecido, el controlador On/Off abre o cierra la correspondiente electroválvula, manteniendo el nivel constante.

Cada sonda es independiente; es decir, puede ocurrir que uno esté por encima (o por debajo) del punto de consigna, caso en que deberá actuar el controlador On/Off, y la otra esté en el nivel adecuado. O también que las dos requieran actuación, en cuyo caso se pondrán en funcionamiento las correspondientes válvulas.

Instrumental necesario:

- Sonda de nivel
- Controlador On/Off
- Electroválvulas de tres vías

El lazo de control de nivel para las torres de relleno se muestra en la siguiente figura.

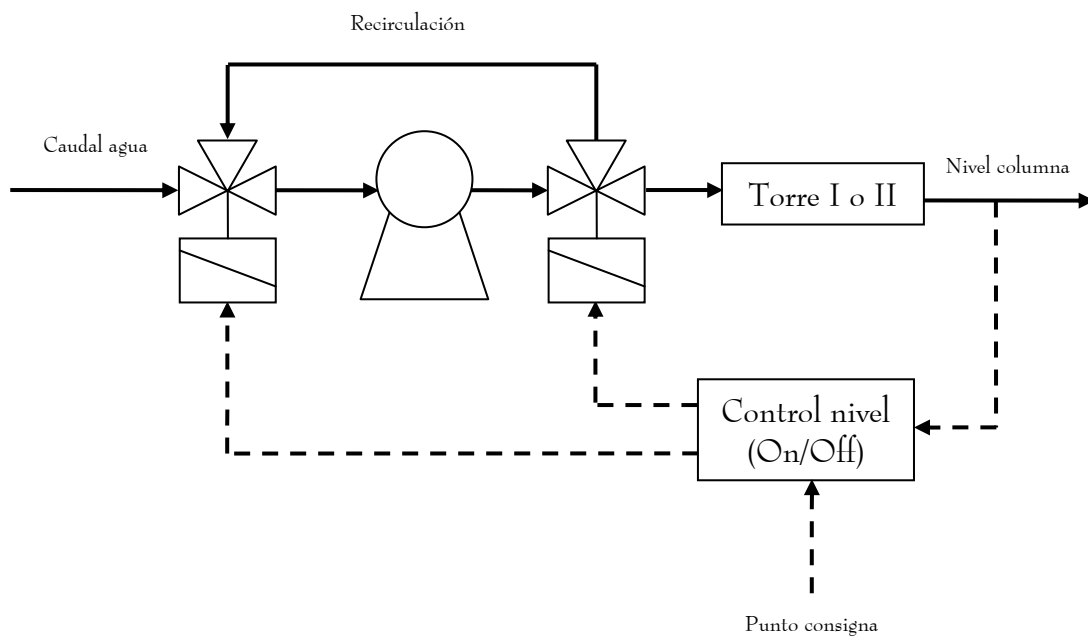


Figura A-13.11: Control de nivel en torres de relleno.

A continuación se muestra la ficha técnica del transmisor empleado.

Instrumentos para medida de nivel SITRANS L Detección de nivel

Pointek ULS 200

Sinopsis



Pointek ULS 200 usa la tecnología ultrasónica sin contacto físico con dos puntos de conmutación para detección de nivel en sólidos a granel, líquidos y lodos en una extensa gama de aplicaciones.

Beneficios

- Compensación de temperatura integrada
- Alimentación por AC o DC
- 2 salidas de contactos conmutados para alarmas nivel muy alto, alto, bajo y muy bajo o control de llenado y vaciado de bombas
- Electrónica con función de autoprotección
- Conexión de proceso roscada y sanitaria (3A)
- Cajas de policarbonato o aluminio Tipo 6/NEMA 6/IP67
- Fácil programación mediante dos teclas

Gama de aplicación

Funciona efectivamente en aplicaciones con sólidos a granel hasta 3 m (9,8 ft) y en líquidos y lodos hasta 5 m (16,4 ft). Ofrece una fiabilidad superior ya que no hay posibilidad de acumulación de material en la sonda.

Su diseño compacto y resistente combina el sensor y la electrónica en un único instrumento, que al no tener partes móviles es prácticamente exento de mantenimiento.

La sonda está disponible en ETFE o copolímero PVDF y es inmune a la mayoría de sustancias químicas, lo que amplía la versatilidad de aplicación a industria química, petroquímica y el abastecimiento y tratamiento de aguas. La versión sanitaria del ULS 200 incluye una brida opcional de estándar industrial. Es fácil de quitar y limpiar, un requisito clave en los procesos con alimentos, bebidas y productos farmacéuticos. El Pointek ULS 200 ofrece una fiabilidad superior y reduce los costes de mantenimiento, parada y sustitución de sistemas.

Construcción

Instalación

El Pointek ULS 200 debe montarse en un área que no sobrepase los límites de temperatura especificados y que sea adecuada a las especificaciones de la caja y de los materiales que la componen. Deberá dejarse libre la tapa para la programación, el cableado y la visualización.

Se recomienda mantener el detector Pointek ULS 200 lejos de circuitos de alta tensión o corriente, contactores y dispositivos de control SCR. Montar el Pointek ULS 200 de forma que pueda emitir un pulso ultrasónico claro y perpendicular a la superficie

del medio a medir. Este no deberá intersectar el llenado y las paredes rugosas, soldaduras, peldaños, u otras obstrucciones.

Montaje y conexiones

El detector Pointek ULS 200 está disponible en diferentes variantes: con rosca 2" NPT, 2" BSP o PF2, y puede montarse con el adaptador opcional 75 mm (3") en bridas 3" ANSI, DIN 65, PN10 y JIS 10K 3B.

Para la instalación eléctrica deben observarse las normas y disposiciones pertinentes. Pueden ser necesarios cables y conductos separados.

Datos técnicos

Modo de operación	
Principio de medida	Detector ultrasónico de nivel
Rango de detección	
• Líquidos	0,25 a 5 m (0,8 a 16,4 ft)
• Sólidos granulados	0,25 a 3 m (0,8 a 9,8 ft)
Salida	
• Alimentación AC (relé)	2 contactos inversores, capacidad nominal 5 A a 250 V AC, carga óhmica
• Alimentación DC (relé)	2 contactos inversores, capacidad nominal 5 A a 48 V DC
o bien :	
• Transistor	2 conmutadores, capacidad nominal máxima 100 mA, 48 V DC
Precisión de medida	
• Modelo AC/DC	
- Resolución	3 mm (0,1")
- Repetibilidad	0,25% del rango de medida
Condiciones de aplicación	
Instalación	
• Ubicación	Montaje interior / a prueba de intemperie
• Ángulo de haz	12°
Condiciones ambientales	
• Temperatura ambiente	- 40 a +60 °C (-40 a +140 °F)
- montaje en rosca metálica o versión ATEX	- 20 a +60 °C (-5 a +140 °F)
Condiciones de funcionamiento	
• Presión del proceso	atmosférica normal
Construcción	
• Material (caja)	Policarbonato o aluminio con revestimiento epoxídico, junta aprox. 1,5 kg
• Peso	
• Material del sensor	ETFE o copolímero de PVDF
• Conexión al proceso	2" NPT, 2" BSP o PF2
- Adaptador para brida opcional	para 3" ANSI, DN65 PN10 y JIS 10K3B
• Montaje sanitario	conexión sanitaria 4" según 3A
Alimentación eléctrica	
• Modelo CA	100 a 230 V AC, ±15%, 50/60 Hz, 12 VA máx. (5 W)
• Modelo DC	18 a 30 V DC, 3 W

Instrumentos para medida de nivel SITRANS L Detección de nivel

Pointek ULS 200

Elementos de indicación y manejo

- Display

LCD de 3 cifras, 9 mm (0,35") de altura. Indica la distancia desde la cara del sensor al medio a medir. Indicación gráfica de varios segmentos del estado de operación

- Memoria
- Programación

EEPROM no-volátil
2 teclas

Electrónica/caja

Conexión: bloque de terminales, cable máx. 2,5 mm² (14 ga) macizo/ 1,5 mm² (16 ga) flexible

- Grado de protección
- Entrada de cables

IP67/Tipo 6/NEMA 6

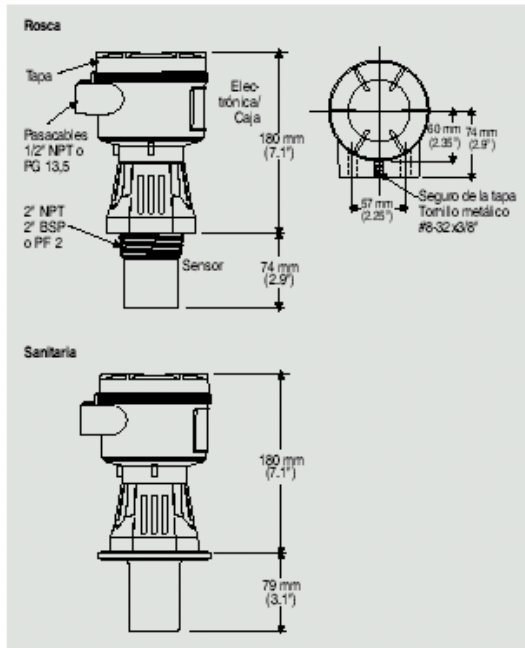
2 x 1/2" NPT, o 2 x PG 13,5

Certificados y aprobaciones

- CE ¹⁾ - CSA_{NRTL} FM, 3A
- CSA/FM Clase 1, Div. 1, Grupo A, B, C, D; Clase II, Grupo E, F, G; Clase III
- ATEX II 2G EEx md II C T5

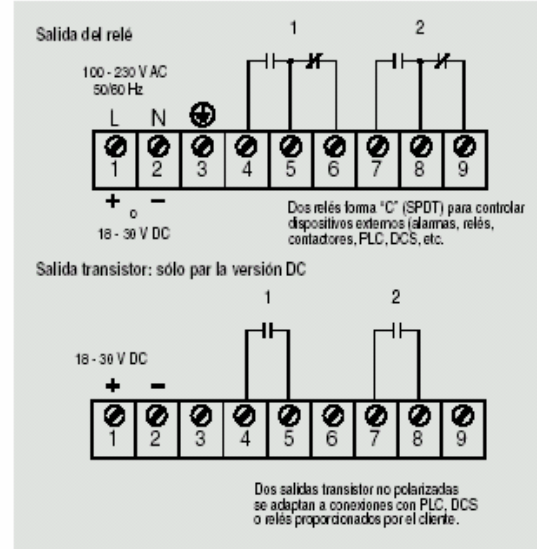
1) Certificado relativo a CEM disponible bajo demanda.

Croquis acotados



Dimensiones del sensor ULS 200

Diagrama de circuito



Conexiones del sensor ULS 200

Instrumentos para medida de nivel SITRANS L Detección de nivel

Pointek ULS 200

Datos de pedido	Referencia
Pointek ULS 200 Detector ultrasónico de nivel con dos puntos de conmutación para material granulado, líquidos y todos en una extensa gama de aplicaciones.	C) 7ML1510-0000
Alimentación eléctrica 24 V DC, salida relé 24 V DC, salida transistor 100 a 230 V AC, salida relé	1 2 3
Aprobaciones ATEX II 2G EEx md IIC T5 (sólo con la variante de caja 4) CE (EN 61326), CSA Clase I Div. 1, Clase II Div. 1, Clase III (sólo con la variante de caja 4 y la conexión al proceso A) CE (EN 61326), FM Clase I Div. 1, Clase II Div. 1, Clase III (sólo con la variante de caja 4) CE (EN 61326), CSA _{INTRLOC} , FM CE (EN 61326), CSA, Clase I Div. 2, Clase II Div. 2	C F G H J
Conexión al proceso ETFE, rosca 2" NPT EFTE, rosca 2" BSP EFTE, rosca PF2 EFTE, brida sanitaria 4", aprobación 3 A copolímero de PVDF, rosca 2" NPT copolímero de PVDF, rosca 2" BSP copolímero de PVDF, rosca PF2	A B C D E F G
Caja/entrada de cables Policarbonato • Pasacables PG 13,5 • Pasacables ½" NPT Aluminio • Pasacables PG13,5 • Pasacables ½" NPT	1 2 3 4
Manual del usuario Inglés Francés Español Alemán Nota: Indique el manual deseado en una línea separada por favor.	C) 7ML1998-1AS01 C) 7ML1998-1AS11 C) 7ML1998-1AS21 C) 7ML1998-1AS31
Accesorios Placa de acero inoxidable adaptada a la caja, 12 x 45 mm (una línea de texto) Kit de montaje universal Adaptador universal para montaje, 2" NPT, ETFE Adaptador universal para montaje, 2" BSP, ETFE Adaptador universal para montaje, PF2, ETFE Presilla sanitaria 4" Contratuercas 2" BSP (plástico)	PBD-45000786 C) 7ML1830-1BK 7ML1830-1BT 7ML1830-1BU 7ML1830-1BV 7ML1830-1BR 7ML1830-1DQ

C) Sujeto a prescripciones relativas a la exportación AL: N, ECCN: EAR99.

Figura A-13.12: Ficha técnica del detector de nivel. (SIEMENS, SITRANS L, serie pointek ULS 200).

ANEXO 14: DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El cálculo de las secciones de los cables se ha realizado siguiendo las prescripciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en sus Instrucciones Complementarias MIE-BT-004, MIE-BT-007, MIE-BT-017 y MIE-BT-026.

14.1. DEMANDAS DE POTENCIA

Los equipos eléctricos presentes en la instalación demandan la potencia tabulada en la siguiente lista, tal y como se describe en el **Capítulo 7** del presente proyecto.

EQUIPO	POTENCIA (W)
Bomba centrífuga	1.500
Bomba de refrigeración-aporte de caldera	5.500
Soplante	90.000
Actuadores de las válvulas	1.500

Figura A-14.1: potencia de los equipos.

Según la MIE-BT 034, la potencia de cálculo usada en el dimensionado de cables será:

- Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.
- En ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85% de la intensidad a plena carga.

14.2. DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTORES

Los cables han sido diseñados en base a la caída de tensión que se provoca, al voltaje que se hará circular por ellos y en base a la intensidad de corriente. Para determinar la sección del mismo, nos basamos en la siguiente ecuación:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} \quad [1]$$

Donde:

- “*P*” es la potencia del equipo en W.
- “*L*” es la longitud de la línea en m. Se va a suponer una distancia máxima de 50 m.
- “*γ*” es la conductividad del cobre, 56 m/Ω·mm².
- “*e*” es la caída de tensión máxima, se va a suponer que es del 5%.
- “*U*” es la tensión de suministro en V.

BOMBA CENTRÍFUGA

Sustituyendo términos en la **ecuación [1]**, se tiene:

$$S = \frac{1.500 \cdot 50}{56 \cdot 19 \cdot 380} = 0,19 \text{ mm}^2 \quad [2]$$

La densidad de corriente que circula será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad [3]$$

Donde:

- “*P*” es la potencia del equipo en W.
- “*U*” es la tensión de suministro en V.

- “ $\cos \varphi$ ” es el factor de potencia = 0,9.

Sustituyendo términos en la ecuación [3]:

$$I = \frac{1.500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 2,54 A \quad [4]$$

El valor obtenido de la sección 0,19 mm² no corresponde con un valor normalizado de los conductores de PVC de la figura A-15.2, de intensidades admisibles para cables aislados, de acuerdo con la instrucción MIE-BT 004 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE EN AMPERIOS PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTORES DE COBRE, INSTALADOS AL AIRE (servicio permanente) t = 40° C

Sección nominal mm ²	1 terna de cables unipolares*					1 cable tripolar o tetrapolar					2 cables unipolares				1 cable bipolar			
	TIPO DE AISLAMIENTO																	
	V	B	D	R	P	V	B	D	R	P	V	B	D	R	V	B	D	R
1,5	16	18	18	18	30	15	17	17	17	15	22	25	27	27	20	23	25	25
2,5	22	25	26	26	38	21	24	25	25	18	30	34	36	36	26	30	33	33
4	30	34	35	35	48	28	32	34	34	25	40	45	48	48	35	40	44	44
6	38	44	45	46	62	36	41	43	44	35	50	60	64	64	45	55	58	58
10	53	61	62	64	80	50	57	60	61	50	70	80	85	85	65	75	79	79
16	71	81	83	86	102	65	75	80	82	70	95	105	115	115	85	95	103	103
25	96	110	115	120	130	87	100	105	110	90	125	145	155	155	115	130	138	138
35	115	135	140	145	150	105	120	130	135	110	155	175	190	190	140	160	170	170
50	145	165	175	180	195	130	150	160	165	140	185	210	225	225	165	190	200	200
70	185	215	225	230	250	165	190	200	210	180	230	265	280	285	205	240	255	255
95	235	270	280	285	305	205	235	250	260	220	285	325	345	350	255	295	310	310
120	275	315	325	335	350	240	275	290	300	250	330	380	400	405	295	345	360	360
150	315	360	375	385	410	275	315	335	350	295	375	430	455	465	340	390	410	415
185	365	420	440	450	465	315	365	385	400	335	430	490	525	535	390	450	475	485
240	435	490	515	535	530	370	435	460	475	380	505	580	615	630	460	530	560	565
300	500	570	595	615	605	425	495	520	545	440	580	670	710	730	535	615	650	660
400	585	660	700	720	675	495	575	610	645	500	665	770	815	840	620	715	760	770
500	665	760	800	825	745	—	—	—	—	—	760	865	915	950	—	—	—	—
630	765	870	915	950	810	—	—	—	—	—	880	1.015	1.080	1.100	—	—	—	—
800	—	—	—	—	875	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.000	—	—	—	—	925	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tipos de aislamiento:
V = Policloruro de vinilo P = Papel impregnado
B = Goma butílica (butil) D = Etileno-propileno
R = Propileno reticulado

* Incluye, además, el conductor neutro si existe

Figura A-15.2: Intensidades para cables aislados MIE-BT 004. (Instalaciones Eléctricas en las Edificaciones. Alberto Guerrero).

Como la sección normalizada inmediatamente superior es de 1,5 mm² a la que le corresponde una intensidad máxima admisible de 15 A para un conductor PVC tetrapolar, y al ir este conductor bajo tubo, hay que aplicarle el coeficiente de reducción de 0,8 normalizado, por lo que el valor de la intensidad será de:

$$15 \cdot 0,8 = 12 A$$

Al ser este valor superior al de 2,54 A, obtenido por calculo de densidad de corriente, la sección de 1,5 mm² será la adecuada para esta línea.

BOMBA DE REFRIGERACIÓN–APORTE DE CALDERA

Se va a repetir el mismo proceso de cálculo, que se ha realizado anteriormente. En este caso la potencia del equipo es de 5.500 W, y la sección del conductor obtenida es de 1,5 mm².

SOPLANTE

Utilizando el mismo procedimiento de calculo la potencia del equipo resulta ser de 90.000 W.

La sección inicial que se obtiene a partir de la **ecuación [2]** es de 11,13 mm², y una densidad de corriente de 151,93 A.

El valor obtenido de la sección 11,13 mm² no corresponde con un valor normalizado de los conductores de PVC de la **figura A-15.2**, de intensidades admisibles para cables aislados, de acuerdo con la instrucción MIE-BT 004 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Como la sección normalizada inmediatamente superior es de 16 mm² a la que le corresponde una intensidad máxima admisible de 65 A para un conductor PVC tetrapolar, y al ir este conductor bajo tubo, hay que aplicarle el coeficiente de reducción de 0,8 normalizado, por lo que el valor de la intensidad será de:

$$65 \cdot 0,8 = 52 A$$

Como esta intensidad es inferior a 151,93 A, no se puede utilizar la sección de 16 mm², por lo que habrá que pasar a la de 25 mm², correspondiéndole una intensidad según la figura A-14.2 de 87 A.

$$87 \cdot 0,8 = 69,6 A$$

Como sigue siendo inferior a 151,93 A, se tomara una sección superior. Así sucesivamente hasta que se llega a una sección del conductor de 95 mm², con una intensidad máxima de 205 A.

$$205 \cdot 0,8 = 164 A$$

Al ser este valor superior al de 151,93 A, obtenido por calculo de densidad de corriente, la sección de 95 mm² será la adecuada para esta línea.

ACTUADORES DE LAS VÁLVULAS

Utilizando el mismo procedimiento anterior, en este caso la potencia del equipo es de 1.500 W, y la sección del conductor obtenida es de 1,5 mm².

ANEXO 15: FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

DIÓXIDO DE AZUFRE

ICSC: 0074





MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

DIÓXIDO DE AZUFRE
 Anhídrido sulfuroso
 SO₂
 Masa molecular: 64.1

N° CAS 7446-09-5
 N° RTECS WS4550000
 N° ICSC 0074
 N° NU 1079
 N° CE 016-011-00-9



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSIÓN			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua pero NO en contacto directo con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE ESTRICTA!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACIÓN	Tos, jadeo, dolor de garganta, síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicado y proporcionar asistencia

DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL SO₂ PROCEDENTE DE
GASES DE COMBUSTIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CRÓMICAS

			médica.
• PIEL	EN CONTACTO CON EL LIQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTIÓN			
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio si está en local cerrado. Medidas para contener el efluente de extinción de incendios. Separado de sustancias incompatibles (véanse Peligros químicos). Mantener en lugar fresco y seco.	No transportar con alimentos y piensos. símbolo T R: 23-34 S: (1/2-)9-26-36/37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios NU: 8 CE:	
VÉASE AL DORSO INFORMACIÓN IMPORTANTE			
ICSC: 0074	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		



DIÓXIDO DE AZUFRE

ICSC: 0074

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Gas licuado comprimido o gas incoloro, de olor acre.</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación.</p>
	<p>PELIGROS FÍSICOS El gas es más denso que el aire.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La disolución en agua es moderadamente ácida. Reacciona violentamente con amoníaco, acroleína, acetileno, metales alcalinos, cloro, óxido de etileno, aminas, butadieno. Reacciona con el agua o vapor de agua, originando peligro de corrosión. Ataca a muchos metales incluyendo, aluminio, hierro, acero, cobre, níquel en presencia de agua. Incompatible con los halógenos. Ataca a los plásticos, caucho y recubrimientos, si está en forma líquida.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICIÓN TLV (como TWA): 2 ppm; 5.2 mg/m³ (ACGIH 1997-1998). TLV (como STEL): 5 ppm; 13 mg/m³ (ACGIH 1997-1998).</p>	<p>RIESGO DE INHALACIÓN Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia irrita fuertemente los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación del gas puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede causar efectos en el tracto respiratorio, dando lugar a reacciones asmáticas, espasmos reflejos, parada respiratoria. La exposición puede producir la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA La exposición a inhalación prolongada o repetida puede originar asma.</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	<p>Punto de ebullición: -10°C Punto de fusión: -75.5°C Densidad relativa (agua = 1): 1.4 a -10°C (líquido)</p>	<p>Solubilidad en agua, ml/100 ml a 25°C: 8.5 Presión de vapor, kPa a 20°C: 330 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.25</p>
DATOS AMBIENTALES	<p>Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial al aire, agua y plantas.</p>	
NOTAS		
<p>Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. NO pulverizar con agua sobre la botella que tenga un escape (para evitar la corrosión de la misma). Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-15 Código NFPA: H 3; F 0; R 0;</p>		



INFORMACIÓN ADICIONAL	
FISQ: 5-077 DIÓXIDO DE AZUFRE	
ICSC: 0074	DIÓXIDO DE AZUFRE
© CCE, IPCS, 1994	
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

ÁCIDO SULFÚRICO

ICSC: 0362







ÁCIDO SULFÚRICO
 Aceite de vitriolo
 H_2SO_4
 Masa molecular: 98.1

N° CAS 7664-93-9
 N° RTECS WS5600000
 N° ICSC 0362
 N° NU 1830
 N° CE 016-020-00-8



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. Desprende humos (o gases) tóxicos o irritantes en caso de incendio.	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con combustibles.	NO utilizar agua. En caso de incendio en el entorno: polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases, sustancias combustibles, oxidantes, agentes reductores, agua.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLA DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACIÓN	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y

			proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Corrosivo. Dolor, enrojecimiento, quemaduras cutáneas graves.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Corrosivo. Dolor, enrojecimiento, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTIÓN	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, vómitos, colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, dar a beber agua abundante, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, NO absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes y alimentos y piensos (véanse Notas). Puede ser almacenado en contenedores de acero inoxidable (véanse Notas).	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 35 S: (1/2-)26-30-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II CE:



VÉASE AL DORSO INFORMACIÓN IMPORTANTE

ICSC: 0362

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

ÁCIDO SULFÚRICO

ICSC: 0362

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido higroscópico, incoloro, aceitoso e inodoro.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS Por combustión, formación de humos tóxicos de óxidos de azufre. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para la mayoría de metales más comunes, originando hidrógeno (gas inflamable y explosivo). Reacciona violentamente con agua y compuestos orgánicos con desprendimiento de calor (véanse Notas). Al calentar se forman humos (o gases) irritantes o tóxicos (óxido de azufre).</p> <p>LIMITES DE EXPOSICIÓN TLV (como TWA): 1 mg/m³ (ACGIH 1993-1994). TLV (como STEL): 3 mg/m³ (ACGIH 1993-1994).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por pulverización.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas).</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al aerosol de esta sustancia. Si las exposiciones al aerosol de esta sustancia son repetidas o prolongadas existe el riesgo de presentar erosiones dentales.</p>
	PROPIEDADES FÍSICAS	<p>Punto de ebullición (se descompone): 340°C Punto de fusión: 10°C Densidad relativa (agua = 1): 1.8</p>
DATOS AMBIENTALES	<p>Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.</p>	
NOTAS		
<p>Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Almacenar en un área con suelo de hormigón resistente a la corrosión.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-10B Código NFPA: H 3; F 0; R 2; W</p>		



INFORMACIÓN ADICIONAL	
FISQ: 3-011 ÁCIDO SULFÚRICO	
ICSC: 0362	ÁCIDO SULFÚRICO
© CCE, IPCS, 1994	
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

HIDRÓXIDO DE SODIO

ICSC: 0360





MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

HIDRÓXIDO DE SODIO
 Hidróxido sódico
 Sosa cáustica
 Sosa
 NaOH
 Masa molecular: 40.0

Nº CAS 1310-73-2
 Nº RTECS WB4900000
 Nº ICSC 0360
 Nº NU 1823
 Nº CE 011-002-00-6



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar el suficiente calor para producir la ignición de sustancias combustibles.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSIÓN			
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACIÓN	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
	Corrosivo.	Guantes protectores y	Quitar las ropas

DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL SO₂ PROCEDENTE DE GASES DE COMBUSTIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CRÓMICAS

	Enrojecimiento, graves quemaduras cutáneas, dolor.	traje de protección.	contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTIÓN	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, vómitos, colapso.	No comer, ni beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente adecuado, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de ácidos fuertes, metales, alimentos y piensos, materiales combustibles. Mantener en lugar seco y bien cerrado (véanse Notas).	No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II	
VÉASE AL DORSO INFORMACIÓN IMPORTANTE			
ICSC: 0360	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		



HIDRÓXIDO DE SODIO

ICSC: 0360

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Sólido blanco, deliquescente en diversas formas e inodoro.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como cinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (combustible y explosivo). Ataca a algunas formas de plástico, de caucho y de recubrimientos. Absorbe rápidamente dióxido de carbono y agua del aire. Puede generar calor en contacto con la humedad o el agua.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 2 mg/m³ (valor techo) (ACGIH 1992-1993). PDK no establecido. MAK: clase G</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN Corrosivo. La sustancia es muy corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas).</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>	
	<p>PROPIEDADES FÍSICAS</p>	<p>Punto de ebullición: 1390°C Punto de fusión: 318°C Densidad relativa (agua = 1): 2.1</p>	<p>Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 Presión de vapor, kPa a 739°C: 0.13</p>
	<p>DATOS AMBIENTALES</p>	<p>Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.</p>	
	NOTAS		
<p>El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Almacenar en una área que disponga de un suelo de hormigón, resistente a la corrosión.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-121 Código NFPA: H 3; F 0; R 1;</p>			



INFORMACIÓN ADICIONAL	
FISQ: 3-134 HIDRÓXIDO DE SODIO	
ICSC: 0360	HIDRÓXIDO DE SODIO
© CCE, IPCS, 1994	
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

HIPOCLORITO DE SODIO

ICSC: 1119





MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

HIPOCLORITO DE SODIO
 Oxicloruro sódico
 NaClO
 Masa molecular: 74.4

N° CAS 7681-52-9
 N° RTECS NH3486300
 N° ICSC 1119
 N° NU 1791
 N° CE 017-011-00-1



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	NO poner en contacto con sustancias combustibles (véanse Peligros Químicos).	
EXPLOSIÓN			En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
• INHALACIÓN	Sensación de quemazón, tos, jadeo.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y proporcionar asistencia médica.
	Enrojecimiento, dolor,	Guantes protectores y	Aclarar con agua

DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL SO₂ PROCEDENTE DE GASES DE COMBUSTIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CRÓMICAS

	ampollas.	traje de protección.	abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTIÓN	Calambres abdominales, sensación de quemazón, vómitos, debilidad, pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Ventilar. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. NO absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de ácidos, alimentos y piensos, y sustancias incompatibles. Mantener en lugar fresco, oscuro y bien cerrado.	No transportar con alimentos y piensos. Símbolo C R: 31-34 S: (1/2-)28-45-50 Nota: B Clasificación de Peligros NU: 8 CE:	
VÉASE AL DORSO INFORMACIÓN IMPORTANTE			
ICSC: 1119	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		



HIPOCLORITO DE SODIO

ICSC: 1119

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Solución clara, entre verde y amarillo, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente, en contacto con ácidos y bajo la influencia de luz, produciendo gases tóxicos y corrosivos, incluyendo cloro (véase FISQ:). La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, originando peligro de incendio y explosión. La disolución en agua es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva. Ataca a muchos metales.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICIÓN TLV no establecido.</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y su aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN No puede indicarse la velocidad a la que se alcanza una concentración nociva en el aire por evaporación de esta sustancia a 20°C.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación del aerosol puede originar edema pulmonar. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata (véanse Notas). Se recomienda vigilancia médica.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel (véanse Notas).</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad relativa (agua = 1): 1.21	Solubilidad en agua, g/100 ml a 0°C: 29.3
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.	
NOTAS		
<p>En general, los blanqueadores que contienen una concentración de hipoclorito sódico del 5% tienen un pH= 11 y son irritantes. Si la concentración de hipoclorito sódico fuera superior al 10% la solución tiene un pH= 13 y es corrosiva. El hipoclorito de sodio no es un agente sensibilizante, aunque puede producir reacciones alérgicas raramente. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Nombres Comerciales: Chloros, Chlorox, Clorox, Deosan, Javex, Klorocin, Parozone, Purin B. Consultar también la ficha ICSC: 482.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-45/80G12</p>		



INFORMACIÓN ADICIONAL	
FISQ: 5-108 HIPOCLORITO DE SODIO (disolución >5%)	
ICSC: 1119	HIPOCLORITO DE SODIO
© CCE, IPCS, 1994	
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

DOCUMENTO N° 2
PLIEGO DE CONDICIONES

**PLIEGO GENERAL DE
CONDICIONES ECONÓMICAS Y
LEGALES**

CAPÍTULO 1: APLICACIÓN DEL PLIEGO, DEFINICIÓN DE LAS OBRAS Y ADJUDICACIÓN

ARTÍCULO 1. OBJETO DEL PLIEGO

El presente pliego tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas y económicas que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos de obra civil, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

En este último supuesto, se entiende que el contratista adjudicatario de la obra se compromete aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del pliego general.

ARTÍCULO 2. PROYECTO

En general, el proyecto podrá comprender los siguiente documentos:

2.1. Una memoria que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de carácter general a tener en cuenta. En ella se incluirán unos anexos a la memoria, en los que se expondrán todos los cálculos realizados, modelos empleados en ellos, simplificaciones de los modelos, así como las suposiciones que se han tenido en cuenta a la hora de efectuar los cálculos pertinentes.

2.2. Los planos de conjunto y detalle necesarios para que la planta quede perfectamente definida.

2.3. El cuadro de precios, en el que se incluyen precios de la instalación, materias primas, mantenimiento de la instalación, precio de venta del producto y amortización de la planta.

2.4. El pliego particular de condiciones técnicas y económicas, que incluirá la descripción de las obras e instalaciones, especificaciones de los materiales y elementos constitutivos y normas para la ejecución de los trabajos, así como las bases económicas y legales que regirán en esa obra. Las condiciones de este pliego particular serán preceptivas y prevalecerán sobre las del pliego general en tanto las modifiquen o contradigan.

ARTÍCULO 3. DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

Además de los documentos integrantes del proyecto indicados en el artículo anterior, y del presente pliego general, serán preceptivas las NORMAS OFICIALES que se especifiquen en el pliego particular de condiciones.

ARTÍCULO 4. CONCURSO

La licitación de la obra se hará por concurso restringido, en el que la EMPRESA convocara a las empresas constructoras que estime oportuno.

Los concursantes enviarán sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la EMPRESA.

No se considerarán válidas las ofertas presentadas que no cumplan los requisitos citados anteriormente, así como los indicados en la documentación técnica enviada.

ARTÍCULO 5. RETIRADA DE DOCUMENTACIÓN DE CONCURSO

5.1. Los CONTRATISTAS, por si mismos o a través de sus representantes, podrán retirar dicha documentación de las oficinas de la EMPRESA cuando ésta no les hubiese sido enviada previamente.

5.2. La EMPRESA, se reserva el derecho de exigir para la retirada de la documentación, un depósito que será reintegrado en su totalidad a los CONTRATISTAS que no hubiesen resultado adjudicatarios de la obra, previa devolución de dicha documentación.

ARTÍCULO 6. ACLARACIONES A LOS LICITADORES

Antes de transcurrido la mitad del plazo estipulado en las bases del concurso, los CONTRATISTAS participantes podrán solicitar por escrito a la EMPRESA las oportunas aclaraciones, en el caso de encontrar discrepancias, errores u omisiones en los planos, pliego de condiciones o en otros documentos de concurso, o si se les presentasen dudas en cuanto a su significado.

La EMPRESA, estudiará las peticiones de aclaración e información recibidas y las contestará mediante una nota que remitirá a todos los presuntos licitadores, si estimase que la aclaración solicitada es de interés general.

Si la importancia y repercusión de la consulta así lo aconsejara, la EMPRESA podrá prorrogar el plazo de presentación de ofertas, comunicándolo así a todos los interesados.

ARTÍCULO 7. PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LA OFERTA

Las EMPRESAS que oferten en el concurso presentarán obligatoriamente los siguientes documentos en original y dos copias:

7.1. Cuadro de precios número 1, consignando la letra y cifra los precios unitarios asignados a cada unidad de obra cuya definición figura en dicho cuadro. Estos precios deberán incluir el % en gastos generales, beneficio industrial y el IVA que facturarán independientemente. En caso de no coincidir las cantidades expresadas en letra y cifra, se considerará como válida la primera. En caso de que existiese discrepancia entre los precios unitarios de los cuadros de precios números 1 y 2, prevalecerá el del cuadro número 1.

7.2. El cuadro de precios número 2, en el que se especificará claramente el desglose de la forma siguiente:

7.2.1. Mano de obra por categorías, expresando el número de horas invertido por categoría y precio horario.

7.2.2. Materiales, expresando la cantidad que se precise de cada uno de ellos y su precio unitario.

7.2.3. Maquinaria y medios auxiliares, indicando tipo de máquina, número de horas invertido por máquina y precio horario.

7.2.4. Transporte, indicando en las unidades que lo precisen el precio por tonelada y kilómetro.

7.2.5. Varios y resto de obra que incluirán las partidas directas no comprendidas en los apartados anteriores.

7.2.6. Porcentajes de gastos generales, beneficios industrial e IVA.

7.3. Presupuesto de ejecución material, obtenido al aplicar los precios unitarios a las mediciones del proyecto. En caso de discrepancia entre los precios aplicados en el

presupuesto y los del cuadro de precios número 1, obligarán los de este último. Este presupuesto vendrá desglosado, de acuerdo a lo establecido en el artículo 2.3 en dos presupuestos: a) presupuesto de obras características y b) presupuesto de obras complementarias, que en los sucesivos artículos de este pliego recibirán esta denominación.

Las nuevas unidades de obra que aparezcan durante la ejecución de la misma con el carácter establecido se incorporarán previa aplicación de los precios correspondientes, al presupuesto de obras complementarias.

7.4. Presupuesto total, obtenido al incrementar el presupuesto de ejecución material en sus dos apartados con el % de IVA.

7.5. Relación de personal técnico adscrito a la obra y organigrama general del mismo durante el desarrollo de la obra.

7.6. Relación de maquinaria adscrita a la obra, expresando tipo de máquina, características técnicas fundamentales, años de uso de la máquina y estado general; asimismo relación de máquinas de nueva adquisición que se asignarán a la obra en de resultar adjudicatario. Cualquier sustitución posterior de la misma debe ser aprobada por la EMPRESA. Deberá incluirse asimismo un plan de permanencia de toda la maquinaria en obra.

7.7. Baremos horarios de mano de obra por categorías y de maquinaria para trabajos por administración. Estos precios horarios incluirán del % de gastos generales y beneficio industrial y el IVA, que facturarán independientemente.

7.8. Plan de obras detallado, en el que se desarrollarán en el tiempo las distintas unidades de obra a ejecutar, haciendo mención de los rendimientos medios a obtener.

7.9. Las empresas que oferten en el concurso, deberán presentar una fianza de (...) miles de euros como garantía de mantenimiento de la oferta durante el plazo establecido en cada caso de acuerdo con el artículo 9. Es potestativo de la EMPRESA la sustitución de la fianza en metálico por un aval bancario.

7.10. Las propuestas económicas y documentación complementaria deberán venir firmadas por el representante legal o apoderado del ofertante quien, a petición de la EMPRESA, deberá probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

7.11. Además de la documentación reseñada anteriormente y que el CONTRATISTA deberá presentar con carácter obligatorio, la EMPRESA podrá exigir en cada caso, cualquier otro tipo de documentación, como pueden ser referencias, relación de obras ejecutadas, balances de la sociedad, etc.

ARTÍCULO 8. CONDICIONES LEGALES QUE DEBE REUNIR EL CONTRATISTA PARA PODER OFERTAR

8.1. Capacidad para concurrir.

Las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que se hallen en plena posesión de su capacidad jurídica y de obrar.

No obstante, serán de aplicación a las EMPRESAS extranjeras las normas de ordenación de la industria y las que regulen las inversiones de capital extranjero, así como las que dicte el gobierno sobre concurrencia de dichas empresas, antes de la licitación de estas obras.

8.2. Documentación justificativa para la admisión previa.

8.2.1. Documento oficial o testimonio notarial del mismo que acredite la personalidad del solicitante.

8.2.2. Documento notarial justificativo de la representación ostentada por el firmante de la propuesta, así como documento oficial acreditativo de su personalidad.

8.2.3. Documento que justifique haber constituido la fianza provisional en las formas que se determinan en el artículo 7 del pliego general de condiciones.

8.2.4. Carné de “empresa con responsabilidad”.

8.2.5. Documento acreditativo de que el interesado está al corriente en el pago del impuesto industrial en su modalidad de cuota fija o de licencia fiscal, o compromiso, en su caso de su matriculación en este, si resultase adjudicatario de las obras.

8.2.6. Documento oficial acreditativo de hallarse al corriente de pago de las cuotas de la seguridad social y, concretamente, el de cobertura de riesgo de accidentes de trabajo.

ARTÍCULO 9. VALIDEZ DE LAS OFERTAS

No se considerará válida ninguna oferta que se presente fuera del plazo señalado en la carta de invitación, o anuncio respectivo, o que no conste de todos los documentos que se señalan en el artículo 7.

Los concursantes se obligan a mantener la validez de sus ofertas durante un período mínimo de 90 días a partir de la fecha tope de recepción de ofertas, salvo que en la documentación de petición de ofertas se especifique otro plazo.

ARTÍCULO 10. CONTRADICCIONES Y OMISIONES EN LA DOCUMENTACIÓN

Lo mencionado en el pliego general de condiciones de cada obra y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre los planos y alguno de los mencionados pliegos de condiciones, prevalecerá lo escrito en estos últimos.

Las omisiones en los planos y pliegos de condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que deban ser subsanados para que pueda llevarse a cabo el espíritu o intención expuesto en los planos y pliegos de condiciones o que, por uso y costumbres, deben ser realizados, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido correctamente especificados en los planos y pliegos de condiciones.

ARTÍCULO 11. PLANOS PROVISIONALES Y DEFINITIVOS

11.1. Con el fin de poder acelerar los trámites de licitación y adjudicación de las obras y consecuente iniciación de las mismas, la EMPRESA, podrá facilitar a los contratistas, para el estudio de su oferta, documentación con carácter de provisional. En tal caso, los planos que figuren en dicha documentación con carácter provisional. En tal caso, los planos que figuren en dicha documentación no serán válidos para construcción, sino que únicamente tendrán el carácter de informativos y servirán para formar ideas de los elementos que componen la obra, así como para obtener las mediciones aproximadas

y permitir el estudio de los precios que sirven de base para el presupuesto de la oferta. Este carácter de planos de información se hará constar expresamente y en ningún caso podrán utilizarse dichos planos para la ejecución de ninguna parte de la obra.

11.2. Los planos definitivos se entregarán al CONTRATISTA con antelación suficiente a fin de no retrasar la preparación y ejecución de los trabajos.

ARTÍCULO 12. ADJUDICACIÓN DEL CONCURSO

12.1. La EMPRESA procederá a la apertura de las propuestas presentadas por los licitadores y las estudiará en todos sus aspectos. La EMPRESA tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto el concurso. En este último caso la EMPRESA podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso pudiendo introducir las variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de contratistas ofertantes.

12.2. Transcurriendo el plazo indicado en el artículo 9 desde la fecha límite de presentación de oferta, sin que la EMPRESA hubiese comunicado la resolución del concurso, podrán los licitadores que lo deseen, proceder a retirar sus ofertas, así como las fianzas depositadas como garantía de las mismas.

12.3. La elección del adjudicatario de la obra por parte de la EMPRESA es irrevocable y, en ningún caso, podrá ser impugnada por el resto de los contratistas ofertantes.

12.4. La EMPRESA comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el CONTRATISTA a simple requerimiento de la EMPRESA se prestará a formalizar un contrato definitivo. En tanto no se firme este y se constituya la fianza definitiva, la EMPRESA retendrá la fianza provisional depositada por el CONTRATISTA a todos los efectos dimanantes del mantenimiento de la oferta.

ARTÍCULO 13. DEVOLUCIÓN DE PLANOS Y DOCUMENTACIÓN

13.1. Los planos, pliegos de condiciones y demás documentación del concurso, entregado por la EMPRESA a los concursantes, deberán ser devuelto después de la

adjudicación del concurso, excepto por lo que respecta al ADJUDICATARIO, que deberá conservarla sin poder reclamar la cantidad abonada por dicha documentación.

13.2. El plazo para devolver la documentación será de 30 días, a partir de la notificación a los concursantes de la adjudicación del concurso y su devolución tendrá lugar en las mismas oficinas de donde fue retirada.

13.3. La EMPRESA, a petición de los concursantes no adjudicatarios, devolverá la documentación correspondiente a las ofertas en un plazo de 30 días, a partir de haberse producido dicha petición.

13.4. La no devolución por parte de los contratistas no adjudicatarios de la documentación del concurso dentro del plazo, lleva implícita la pérdida de los derechos de la devolución del depósito correspondiente a la referida documentación, si lo hubiese.

ARTÍCULO 14. PERMISOS A OBTENER POR LA EMPRESA

14.1. Será responsabilidad de la EMPRESA, la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, siendo a su cargo todos los gastos que se ocasionen por tal motivo.

- Concesión de aprovechamientos.
- Autorización de instalaciones.
- Aprobación de proyectos de replanteo.
- Declaración de utilidad pública.
- Declaración de urgente ocupación.

14.2. Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de la instalación.

- Licencia municipal de obras.
- Licencia de apertura, instalación y funcionamiento.
- Autorización para vallas.
- Permiso de obras públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. Podrá ser responsabilidad del contratista si así lo estipula el contrato.
- Solicitud de puesta en servicio

14.3. Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de líneas.

- Licencia municipal.
- Autorizaciones para cruces de carreteras, cauces públicos, cañadas, líneas telefónicas y telegráficas, montes públicos y, en general, cuanto dependa de los organismos oficiales.
- Permisos de propietarios de fincas afectadas.
- Permiso de obras públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (Podrá ser responsabilidad del CONTRATISTA si así lo estipulase el contrato).
- Solicitud de puesta en servicio.

14.4. Autorizaciones especiales para la construcción y montajes.

- Apertura del centro de trabajo. (Igual responsabilidad incumbe al CONTRATISTA, por lo que a él respecta).
- Licencia municipal de obras.
- Autorización del servicio de pesca, cuando se prevea alteración en el curso de las aguas.
- Enlace de pistas definitivas con carreteras con la aprobación de las Jefaturas de obras públicas o diputaciones.
- Aprobación de proyectos de sustitución de servidumbres.
- Autorizaciones que deban ser concedidas por Confederaciones Hidrográficas, Comisaría de Aguas, Servicio de Vigilancia de Presas, Servicio Geológico, MOPU y restantes organismos oficiales en relación directa con el Proyecto.
- Tramitación de expropiaciones de terrenos ocupados por las instalaciones y obras definitivas. En el caso en que la EMPRESA así lo estimase oportuno, podrá tramitar la expropiación de los terrenos necesarios para las instalaciones provisionales del contratista, siendo de cuenta de este los gastos que tales expropiaciones originen.
- Reconocimiento final de la obra y puesta en marcha mediante acta que levantarán conjuntamente los representantes de industria y obras públicas.
- Alta en contribución urbana y licencia fiscal.

- Permiso de obras públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (Podrá ser responsabilidad del CONTRATISTA si así lo estipulase el contrato).

ARTÍCULO 15. PERMISOS A OBTENER POR EL CONTRATISTA

Serán a cuenta y cargo del CONTRATISTA, además de los permisos inherentes a su condición de tal, la obtención de los permisos que se relacionan:

- Apertura del centro de trabajo.
- Permiso para el transporte de obreros.
- Autorización de barracones, por obras públicas o diputación, siempre que se encuentren en la zona de influencia de carreteras y, en cualquier caso la licencia municipal.
- Autorización para la instalación y funcionamiento de escuelas, botiquines y economatos.
- Alta de talleres en Industria y Hacienda.
- Autorización de Industria para las instalaciones eléctricas provisionales.
- Permiso de la Dirección de Minas para la explotación de canteras y yacimientos.
- Permiso de la Dirección de Minas para la instalación de polvorines.
- Permisos para la adquisición, transporte y utilización de explosivos.
- Permiso de obras públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (Podrá ser responsabilidad del CONTRATISTA si así lo estipulase el contrato).

CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES

ARTÍCULO 16. CONTRATO

16.1. A tenor de lo dispuesto en el artículo 12.4 el CONTRATISTA, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la EMPRESA, depositará la fianza definitiva y formalizará el contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

16.2. El contrato, tendrá carácter de documento privado, pudiendo ser elevado a público a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del CONTRATISTA los gastos que ello origine.

16.3. Una vez depositada la fianza definitiva y firmado el contrato, la EMPRESA procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, si la hubiera.

16.4. Cuando por causas imputables al CONTRATISTA, no se pudiera formalizar el contrato en el plazo, la EMPRESA podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional.

16.5. A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de comienzo de las mismas la que se especifique en el pliego particular de condiciones y en su defecto la de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al CONTRATISTA en un plazo no superior a noventa días a partir de la fecha de la firma del Contrato.

16.6. El contrato, será firmado por parte del CONTRATISTA, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

ARTÍCULO 17. GASTOS E IMPUESTOS

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden, que por disposición del estado, provincia o municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del CONTRATISTA con excepción del IVA.

Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas entre si. En ningún caso podrá ser causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato.

ARTÍCULO 18. FIANZAS PROVISIONAL, DEFINITIVA Y FONDO DE GARANTÍA.

18.1. Fianza provisional.

La fianza provisional del mantenimiento de la oferta se constituirá por los contratistas ofertantes por la cantidad que se fije en las bases de licitación. Esta fianza se depositará al tomar parte en el concurso y se hará en efectivo.

Por lo que a plazo de mantenimiento, alcance de la fianza y devolución de la misma se refiere, se estará a lo establecido en los artículos 7.9 y 12 del presente pliego general.

18.2. Fianza definitiva.

A la firma del contrato, el CONTRATISTA deberá constituir la fianza definitiva por un importe igual al 5% del presupuesto total de adjudicación. En cualquier caso la EMPRESA se reserva el derecho de modificar el anterior porcentaje, estableciendo previamente en las bases del concurso el importe de esta fianza.

La fianza se constituirá en efectivo o por aval bancario realizable a satisfacción de la EMPRESA. En el caso de que el aval bancario sea prestado por varios bancos, todos ellos quedarán obligados solidariamente con la EMPRESA y con renuncia expresa a los beneficios de división y exclusión.

El modelo de aval bancario será facilitado por la EMPRESA debiendo ajustarse obligatoriamente el CONTRATISTA a dicho modelo.

La fianza tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada esta.

Dicha liquidación seguirá a la recepción definitiva de la obra que tendrá lugar una vez transcurrido el plazo de garantía a partir de la fecha de la recepción provisional. Esta fianza inicial responde del cumplimiento de todas las obligaciones del contratista, y quedará a beneficio de la EMPRESA en los casos de abandono del trabajo o de rescisión por causa imputable al CONTRATISTA.

18.3. Fondo de garantía.

Independientemente de esta fianza, la EMPRESA retendrá el 5% de las certificaciones mensuales, que se irán acumulando hasta constituir un fondo de garantía.

Este fondo de garantía responderá de los defectos de ejecución o de la mala calidad de los materiales, suministrados por el CONTRATISTA, pudiendo la EMPRESA realizar con cargo a esta cuenta las reparaciones necesarias, en caso de que el CONTRATISTA no ejecutase por su cuenta y cargo dicha reparación.

Este fondo de garantía se devolverá, una vez deducidos los importes a que pudiese dar lugar el párrafo anterior, a la recepción definitiva de las obras.

ARTÍCULO 19. ASOCIACIÓN DE CONSTRUCTORES

19.1. Si las obras licitadas se adjudicasen en común a un grupo o asociación de constructores, la responsabilidad será conjunta y solidaria, con relación al compromiso contraído por el grupo o asociación.

19.2. Los componentes del grupo o asociación delegarán en uno de ellos, a todos los efectos, la representación ante la EMPRESA. Esta delegación se realizará por medio de un representante responsable provisto de poderes, tan amplios como proceda, para actuar ante la EMPRESA en nombre del grupo o asociación.

19.3. La designación de representante, para surtir efecto, deberá ser aceptada y aprobada por la EMPRESA por escrito.

ARTÍCULO 20. SUBCONTRATISTAS

El CONTRATISTA podrá subcontratar o destajar cualquier parte de la obra, previa autorización de la dirección de la misma, para lo cual deberá informar con anterioridad a ésta, del alcance y condiciones técnico-económicas del subcontrato.

La EMPRESA, a través de la dirección de la obra, podrá en cualquier momento requerir del CONTRATISTA la exclusión de un subcontratista por considerar al mismo incompetente, o que no reúne las necesarias condiciones, debiendo el CONTRATISTA tomar las medidas necesarias para la rescisión de este subcontrato, sin que por ello pueda presentar reclamación alguna a la EMPRESA.

En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre los subcontratistas o destajistas y la EMPRESA, como consecuencia de la ejecución por aquellos de trabajos parciales correspondientes al contrato principal, siendo siempre responsable el CONTRATISTA ante la EMPRESA de todas las actividades del subcontratista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este pliego.

Los trabajos específicos que requieran una determinada especialización y que no estuviesen incluidos en el presupuesto del contrato, bien por que aún estando previstos en la memoria y/o planos del concurso, no se hubiese solicitado para ellos oferta económica, bien porque su necesidad surgiese a posteriori durante la ejecución del contrato, podrán ser adjudicados por la EMPRESA directamente a la empresa que libremente elija, debiendo el CONTRATISTA prestar las ayudas necesarias para la realización de los mismos.

ARTÍCULO 21. RELACIONES ENTRE LA EMPRESA Y EL CONTRATISTA Y ENTRE LOS DIVERSOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATAS

21.1. El CONTRATISTA está obligado a suministrar, en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato, de la que la EMPRESA juzgue necesario tener conocimiento. Entre otras razones por la posible incidencia de los

trabajos confiados al CONTRATISTA, sobre los de otros contratistas y suministradores.

21.2. El CONTRATISTA debe ponerse oportunamente en relación con los demás contratistas y suministradores, a medida que estos sean designados por la EMPRESA, con el fin de adoptar de común acuerdo las medidas pertinentes para asegurar la coordinación de los trabajos, el buen orden de la obra, y la seguridad de los trabajadores.

21.3. Cuando varios contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre su uso suplementario y el reparto de los gastos correspondientes. Repartirán también entre ellos, proporcionalmente a su utilización, las cargas relativas a los caminos de acceso.

21.4. La EMPRESA deberá estar permanentemente informada de los acuerdos tomados al amparo del párrafo anterior, para en el caso de presentarse dificultades o diferencias, tomar la resolución que proceda, o designar el árbitro a quien haya de someterse dichas diferencias. La decisión del árbitro designado por la EMPRESA es obligatoria para los interesados. En ningún caso en la EMPRESA deberá encontrarse durante los trabajos, en presencia de una situación de hecho que tuviese lugar por falta de información por parte del CONTRATISTA.

21.5. Cuando varios CONTRATISTAS trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que pudiera derivarse de su propia actuación.

ARTÍCULO 22. DOMICILIOS Y REPRESENTACIONES

22.1. El CONTRATISTA está obligado, antes de iniciarse las obras objeto del contrato a constituir un domicilio en la proximidad de las obras, dando cuenta a la EMPRESA del lugar de ese domicilio.

22.2. Seguidamente a la notificación del contrato, la EMPRESA comunicará al CONTRATISTA su domicilio a efectos de la ejecución del contrato, así como el nombre de su representante.

22.3. Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el CONTRATISTA designará su representante a pie de obra y se lo comunicará por escrito a la EMPRESA

especificando sus poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la representación de la EMPRESA. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el CONTRATISTA la ausencia de su representante a pie de obra.

22.4. El CONTRATISTA está obligado a presentar a la representación de la EMPRESA antes de la iniciación de los trabajos, una relación comprensiva del personal facultativo responsable de la ejecución de la obra contratada y a dar cuenta posteriormente de los cambios que en el mismo se efectúen, durante la vigencia del contrato.

22.5. La designación del representante del CONTRATISTA, así como la del personal facultativo, responsable de la ejecución de la obra contratada, requiere la conformidad y aprobación de la EMPRESA quien por motivo fundado podrá exigir al CONTRATISTA la remoción de su representante y la de cualquier facultativo responsable.

ARTÍCULO 23. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN MATERIA SOCIAL

El CONTRATISTA estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

En lo referente a las obligaciones del CONTRATISTA en materia de seguridad e higiene en el trabajo, estas quedan detalladas de la forma siguiente:

23.1. El CONTRATISTA es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la inspección de trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.

23.2. A tal efecto, el CONTRATISTA debe establecer un plan de seguridad, higiene y primeros auxilios que especifique con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones estime necesario tomar en la obra.

Este plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- La seguridad de su propio personal, del dela EMPRESA y de terceros.
- La higiene y primeros auxilios a enfermos y accidentados.
- La seguridad de las instalaciones.

El plan de seguridad así concebido debe comprender la aplicación de las normas de seguridad que la empresa prescribe a sus empleados cuando realizan trabajos similares a los encomendados al personal del contratista, y que se encuentran contenidos en las prescripciones de la seguridad y primeros auxilios redactados por U.N.E.S.A.

El plan de seguridad, higiene y primeros auxilios deberá ser comunicado a la empresa en el plazo de tres meses a partir de la firma del contrato. El incumplimiento de este plazo puede ser motivo de resolución del contrato.

La adopción de cualquier modificación o ampliación al plan previamente establecido, en razón de la variación de las circunstancias de la obra, deberá ser puesta inmediateamente en conocimiento de la empresa.

23.3. Los gastos originados por la adopción de las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios son a cargo del contratista y se considerarán incluidos en los precios del contrato. Quedan comprendidas en estas medidas, sin que su enumeración las limite:

- La formación del personal en sus distintos niveles profesionales en materia de seguridad, higiene y primeros auxilios, así como la información al mismo mediante carteles, avisos o señales de los distintos riesgos que la obra presente.
- El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como en los accesos a aquellos.
- Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos y máquinas, almacenes, polvorines, etc., incluidas las protecciones contra incendios.
- El establecimiento de las medidas encaminadas a la eliminación de factores nocivos, tales como polvos, humos, gases, vapores, iluminación deficiente, ruidos, temperatura, humedad, y aireación deficiente, etc.
- El suministro a los operarios de todos los elementos de protección personal necesarios, así como de las instalaciones sanitarias, botiquines, ambulancias, que las circunstancias hagan igualmente necesarias. Asimismo, el contratista debe proceder a su costa al establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio

de comedor y menaje, barracones, suministro de agua, etc. que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.

23.4. Los contratistas que trabajan en una misma obra deberán agruparse en el seno de un comité de seguridad, formado por los representantes de las empresas, comité que tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios, tanto en el ámbito individual como colectivo.

De esta forma, cada contratista debe designar un representante responsable ante el comité de seguridad. Las decisiones adoptadas por el comité se aplicarán a todas las empresas, incluso a las que lleguen con posterioridad a la obra.

Los gastos resultantes de esta organización colectiva se prorratearán mensualmente entre las empresas participantes, proporcionalmente al número de jornales, horas de trabajo de sus trabajadores, o por cualquier otro método establecido de común acuerdo.

El contratista remitirá a la representación de la empresa, con fines de información copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar dicha baja. Igualmente por la secretaría del comité de seguridad previamente aprobadas por todos los representantes.

El incumplimiento de estas obligaciones por parte del contratista o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico designado por él, no implicará responsabilidad alguna para la empresa.

ARTÍCULO 24. GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DEL CONTRATISTA

24.1. Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el contratista; los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, oficinas, almacenes y cobertizos pertenecientes al contratista; los correspondientes a los caminos de servicio, señales de tráfico provisionales para las vías públicas en las que se dificulte el tránsito, así como de los equipos necesarios para organizar y controlar este en evitación de accidentes de cualquier clase; los de protección de materiales y la propia obra contra

todo almacenamiento de explosivos y combustibles; los de limpieza de los espacios interiores y exteriores; los de construcción, conservación y retirada de pasos, caminos provisionales y alcantarillas; los derivados de dejar tránsito a peatones y vehículos durante la ejecución de las obras, los de desviación de alcantarillas, tuberías, cables eléctricos y, en general, de cualquier instalación que sea de construcción, conservación, limpieza y retirada de las instalaciones sanitarias provisionales y de limpieza de los lugares ocupados por las mismas; los de retirada al fin de la obra de instalaciones, herramientas, materiales, etc. y limpieza general de la obra.

24.2. Salvo que se indique lo contrario, será de cuenta del contratista el montar, conservar y retirar las instalaciones para el suministro del agua y de la energía eléctrica necesaria para las obras y la adquisición de dichas aguas y energía.

24.3. Serán de cuenta del contratista los gastos ocasionados por la retirada de la obra, de los materiales rechazados, los de jornales y materiales para las mediciones periódicas para la redacción de certificaciones y los ocasionados por la medición final; los de pruebas, ensayos, reconocimientos y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales y definitivas, de las obras; la corrección de las deficiencias observadas en las pruebas, ensayos, etc., y los gastos derivados de los asientos o averías, accidentes o daños que se produzcan en estas pruebas y la reparación y conservación de las obras durante el plazo de garantía.

24.4. Además de los ensayos a los que se refieren los apartados 24.1 y 24.3 de este artículo, serán por cuenta del contratista los ensayos que realice directamente con los materiales suministrados por sus proveedores antes de su adquisición e incorporación a la obra y que en su momento serán controlados por la empresa para su aceptación definitiva. Serán así mismo de su cuenta aquellos ensayos que el contratista crea oportuno realizar durante la ejecución de los trabajos, para su propio control.

24.5. Por lo que a gastos de replanteo se refiere y a tenor de lo dispuesto en el artículo 37, serán por cuenta del contratista todos los gastos de replanteos secundarios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, a partir del replanteo principal definido en dicho artículo 37 y cuyos gastos correrán por cuenta de la empresa.

24.6. En los casos de resolución del contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del contratista, los gastos de jornales y materiales ocasionados

por la liquidación de las obras y los de las actas notariales que sean necesarios levantar, así como los de retirada de los medios auxiliares que no utilice la empresa o que le devuelva después de utilizados.

ARTÍCULO 25. GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DE LA EMPRESA.

Serán por cuenta de la EMPRESA los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la EMPRESA o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, salvo los indicados en el artículo 24, y el transporte de los materiales suministrados por la EMPRESA, hasta el almacén de obra, sin incluir su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma.

Así mismo, serán a cargo de la EMPRESA los gastos e primera instalación, de conservación y mantenimiento de sus oficinas de obra, residencias, poblado, botiquines, laboratorios, y cualquier otro edificio e instalación propiedad de la EMPRESA y utilizados por el personal empleado de esta empresa, encargado de la dirección y vigilancia de las obras.

ARTÍCULO 26. INDEMNIZACIONES POR CUENTA DEL CONTRATISTA

Serán por cuenta del CONTRATISTA la reparación de cualquier daño que pueda ocasionar sus instalaciones y construcciones auxiliares en propiedades particulares; los producidos por la explotación de canteras, la extracción de tierras para la ejecución de terraplenes; los que se originen por la habilitación de caminos y vías provisionales y, finalmente, los producidos en las demás operaciones realizadas por el CONTRATISTA para la ejecución de obras.

ARTÍCULO 27. PARTIDAS PARA OBRAS ACCESORIAS

Las cantidades calculadas para obras accesorias, que como consecuencia de su escasa o nula definición, figuren en el presupuesto general con una partida alzada, no se abonarán por su monto total.

En consecuencia estas obras accesorias se abonarán a los precios unitarios del Contrato y conforme a las unidades y medidas que se obtengan de los proyectos que se realicen para ellas y de su medición final.

ARTÍCULO 28. PARTIDAS ALZADAS

Las partidas alzadas consignadas en los presupuestos para obras o servicios se abonarán por su importe una vez realizados totalmente dichos trabajos.

Quedan excluidas de este sistema de abono, las obras accesorias que se liquidarán conforme a lo indicado en el artículo 27.

ARTÍCULO 29. REVISIÓN DE PRECIOS

29.1. La EMPRESA adopta para las revisiones de los precios el sistema de fórmulas polinómicas vigentes para las obras del estado y organismos autónomos, establecido por el Decreto-Ley 2/1964 de 4 de febrero (B.O.E. de 6-II-64), especialmente en lo que a su artículo cuarto se refiere.

29.2. En el pliego particular de condiciones de la obra, se establecerá la fórmula o fórmulas polinómicas a emplear, adoptando de entre todas las reseñadas en el Decreto Ley 3650/1970 de 19 de diciembre (B.O.E. 29-XII-70) la que más se ajuste a las características de la obra contratada.

Si estas características así lo aconsejan, la EMPRESA se reserva el derecho de establecer en dicho pliego nuevas fórmulas, modificando los coeficientes o las variables de las mismas.

29.3. Para los valores actualizados de las variables que inciden en la fórmula, se tomarán para cada mes los que facilite el ministerio de hacienda una vez publicados en el B.O.E. Los valores iniciales corresponderán a los del mes de la fecha del contrato.

29.4. Una vez obtenido el índice de revisión mensual, se aplicará al importe total de la certificación correspondiente al mes de que se trate, siempre y cuando la obra realizada durante dicho periodo, lo haya sido dentro del programa de trabajo establecido.

En el caso de que las obras se desarrollen con retraso respecto a dicho programa, las certificaciones mensuales producidas dentro del plazo se revisarán por los

correspondientes índices de revisión hasta el mes previsto para la terminación de las certificaciones posteriores que puedan producirse, se revisarán con este índice constante.

29.5. Los aumentos de presupuesto originados por las revisiones de precios oficiales, no se computarán a efecto de lo establecido en el artículo 35.

29.6. Si las obras a realizar fuesen de corta duración, la EMPRESA podrá prescindir de la cláusula de revisión de precios, debiéndolo hacer constar así expresamente en las bases del concurso.

ARTÍCULO 30. RÉGIMEN DE INTERVENCIÓN

30.1. Cuando el CONTRATISTA no de cumplimiento, sea a las obligaciones o disposiciones del contrato, sea a las órdenes de servicio que les sean dadas por la EMPRESA, esta le requerirá a cumplir este requisito de órdenes en un plazo determinado, que, salvo en casos de urgencia, no será nunca menor de 10 días a partir de la notificación de requerimiento.

30.2. Pasado este plazo, si el CONTRATISTA no ha ejecutado las disposiciones dadas, la EMPRESA podrá ordenar, a título provisional el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del CONTRATISTA.

30.3. Se procederá inmediatamente, en presencia del CONTRATISTA, o habiéndole convocado debidamente, a la comprobación de las obras ejecutadas, de los materiales acopiados así como al inventario descriptivo del material del CONTRATISTA, y a la devolución a éste de la parte de materiales que no utilizara la EMPRESA para la terminación de los trabajos.

30.4. La EMPRESA tiene por otra parte, la facultad, sea de ordenar la convocatoria de un nuevo concurso, en principio sobre petición de ofertas, por cuenta y riesgo del CONTRATISTA incumplidor, sea de ejercitar el derecho de rescisión pura y simple del contrato, sea de prescribir la continuación de la intervención.

30.5. Durante el periodo de régimen de intervención, el CONTRATISTA podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda, de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la EMPRESA.

30.6. El CONTRATISTA podrá, por otra parte, ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

30.7. Los excedentes de gastos que resulten de la intervención o del nuevo contrato serán deducidos de las sumas, que puedan ser debidas al CONTRATISTA, sin perjuicios de los derechos a ejercer contra él en caso de ser insuficientes.

30.8. Si la intervención o el nuevo contrato supone, por el contrario una disminución de gastos, el CONTRATISTA no podrá pretender beneficiarse en ninguna parte de la diferencia, que quedará a favor de la EMPRESA.

ARTÍCULO 31. RESCISIÓN DEL CONTRATO

31.1. Cuando a juicio de la EMPRESA el incumplimiento por parte del CONTRATISTA de alguna de las cláusulas del contrato, pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la EMPRESA podrá decidir la resolución del contrato, con las penalidades a que hubiera lugar, así mismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes.

31.1.1. Cuando no se hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se hubiera aportado la maquinaria relacionada en la oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25%, o si el CONTRATISTA hubiese sustituido dicha maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización de la EMPRESA.

31.1.2. Cuando durante un período de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado para la obra característica.

31.1.3. Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% del presupuesto de obra característica tal como se define en el artículo 7.3. La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho plazo, no obligará a la EMPRESA a la prórroga del mismo, siendo

potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del contrato.

31.2. Será así mismo causa suficiente para la rescisión, alguno de los hechos siguientes:

31.2.1. La quiebra, fallecimiento o incapacidad del CONTRATISTA. En este caso, la EMPRESA podrá optar por la resolución del contrato, o por que se subroguen en el lugar del CONTRATISTA los indicios de la quiebra, sus causahabientes o sus representantes.

31.2.2. La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el CONTRATISTA fuera una persona jurídica.

31.2.3. Si el CONTRATISTA es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previstos en alguno de los apartados 31.2 la EMPRESA estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del contrato a las restantes empresas que constituyen la agrupación temporal o para acordar la resolución del contrato. Si la EMPRESA optara en ese momento por la rescisión, esta no producirá pérdida de la fianza, salvo que concurriera alguna otra causa suficiente para declarar tal pérdida.

31.3. Procederá asimismo la rescisión, sin pérdida de fianza por el CONTRATISTA, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas al CONTRATISTA, no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada, dentro del plazo de 3 meses, a partir de la fecha de adjudicación.

31.4. En el caso de que se incurriese en las causas de resolución del contrato conforme a las cláusulas de este pliego general de condiciones, o del particular de la obra, la EMPRESA se hará cargo de las obras en la situación en que se encuentren, sin otro requisito que el del levantamiento de un acta notarial o simple, si ambas partes prestan su conformidad, que refleje la situación de la obra, así como de acopios de materiales, maquinaria y medios auxiliares que el CONTRATISTA tuviese en ese momento en el

emplazamiento de los trabajos. Con este acto de la EMPRESA el CONTRATISTA no podrá poner interdicto ni ninguna otra acción judicial, a la que renuncie expresamente.

31.5. Siempre y cuando el motivo de la rescisión sea imputable al CONTRATISTA, este se obliga a dejar a disposición de la EMPRESA hasta la total terminación de los trabajos, la maquinaria y medios auxiliares existentes en la obra que la EMPRESA estime necesario, pudiendo el CONTRATISTA retirar los restantes.

La EMPRESA abonará por los medios, instalaciones y máquinas que decida deben continuar en la obra, un alquiler igual al estipulado en el baremo para trabajos por administración, pero descontando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial del CONTRATISTA.

31.6. El CONTRATISTA se compromete como obligación subsidiaria de la cláusula anterior, a conservar la propiedad de las instalaciones, medios auxiliares y maquinaria seleccionada por la EMPRESA o reconocer como obligación preferente frente a terceros, la derivada de dicha condición.

31.7. La EMPRESA comunicará al CONTRATISTA, con 30 días de anticipación, la fecha en que desea reintegrar los elementos que venía utilizando, los cuales dejarán de devengar interés alguno a partir de su devolución, o a los 30 días de la notificación, si el CONTRATISTA no se hubiese hecho cargo de ellos. En todo caso, la devolución se realizará siempre a pie de obra, siendo por cuenta del CONTRATISTA los gastos de su traslado definitivo.

31.8. En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías, fianzas, etc. a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el CONTRATISTA hasta la fecha de la rescisión.

ARTÍCULO 32. PROPIEDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL

32.1. Al suscribir el contrato, el CONTRATISTA garantiza a la EMPRESA contra toda clase de reclamaciones que se refieran a suministros y materiales, procedimientos y medios utilizados para la ejecución de las obras y que procedan de titulares (JOE) de patentes, licencias, planos, modelos, marcas de fábrica o comercio.

En caso de que fuera necesario, corresponde al CONTRATISTA la obtención de las licencias o a utilizations precisas y soportar la carga de los derechos e indemnizaciones correspondientes.

32.2. En caso de acciones dirigidas contra la EMPRESA por terceros titulares de licencias, autorizaciones, planos, modelos, marcas de fábrica o de comercio utilizadas por el CONTRATISTA para la ejecución de los trabajos, el CONTRATISTA responderá ante la EMPRESA del resultado de dichas acciones estando obligado además a prestarle su plena ayuda en el ejercicio de las excepciones que competan a la EMPRESA.

ARTÍCULO 33. DISPOSICIONES LEGALES

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M. 9-III-71).
- Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71 de 11-III-71).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la Construcción (O.M. 20-V- 52).
- Reglamento de Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21-XI-59).
- Ordenanza de Trabajo de la construcción, vidrio y cerámica (O.M. 28-VIII-70).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20-IX-73).
- Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-XI-68).
- Normas para la Señalización de Obras en las Carreteras (O.M. 14-III-60).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción y Estatuto de los Trabajadores.
- Obligatoriedad de la Inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los Proyectos de Edificación de Obras Públicas (Real Decreto 555/1986, 21-II-86).
- Cuantas disposiciones legales de carácter social, de protección a la industria nacional, etc. rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.

- Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones Eléctricas y Centros de Transformación (Real Decreto 3275/1982 de 12-XI-82).
- Viene también obligado al cumplimiento de cuanto la Dirección de Obra le dicte encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y de la obra en general. En ningún caso dicho cumplimiento eximirá de responsabilidad al CONTRATISTA.

ARTICULO 34. TRIBUNALES

El CONTRATISTA renuncia al fuero de su propio domicilio y se compromete a sustanciar cuantas reclamaciones origine el contrato ante los tribunales.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LAS OBRAS. CONDICIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS.

ARTÍCULO 35. MODIFICACIONES DEL PROYECTO

35.1. La EMPRESA podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre que no varían las características principales de las obras.

También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que ésta sea de las comprendidas en el contrato.

Cuando se trate de aclarar o interpretar preceptos de pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes o instrucciones se comunicarán exclusivamente por escrito al CONTRATISTA, estando obligado este a su vez a devolver una copia suscribiendo con su firma el enterado.

35.2. Todas estas modificaciones serán obligatorias para el CONTRATISTA, y siempre que, a los precios del contrato, sin ulteriores omisiones, no alteren el presupuesto total de ejecución material contratado en más de un 35%, tanto en más como en menos, el CONTRATISTA no tendrá derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ninguna clase.

Si la cuantía total de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el CONTRATISTA, fuese a causa de las modificaciones del proyecto, inferior al presupuesto total de ejecución material del contrato en un porcentaje superior al 35%, el CONTRATISTA tendrá derecho a indemnizaciones.

Para fijar su cuantía, el contratista deberá presentar a la EMPRESA en el plazo máximo de dos meses a partir de la fecha de dicha certificación final, una petición de indemnización con las justificaciones necesarias debido a los posibles aumentos de los gastos generales e insuficiente amortización de equipos e instalaciones, y en la que se

valore el perjuicio que le resulte de las modificaciones introducidas en las previsiones del proyecto. Al efectuar esta valoración el CONTRATISTA deberá tener en cuenta que el primer 35% de reducción no tendrá repercusión a estos efectos.

Si por el contrario, la cuantía de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el CONTRATISTA, fuese, a causa de las modificaciones del proyecto, superior al presupuesto total de ejecución material del contrato y cualquiera que fuere el porcentaje de aumento, no procederá el pago de ninguna indemnización ni revisión de precios por este concepto.

35.3. No se admitirán mejoras de obra más que en el caso de que la dirección de la obra haya ordenado por escrito, la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto, o salvo que la dirección de obra, ordene también por escrito la ampliación de las contratadas. Se seguirá el mismo criterio y procedimiento, cuando se quieran introducir innovaciones que supongan una reducción apreciable en las unidades de obra contratadas.

ARTÍCULO 36. MODIFICACIONES DE LOS PLANOS

36.1. Los planos de construcción podrán modificar a los provisionales de concurso, respetando los principios esenciales y el CONTRATISTA no puede por ello hacer reclamación alguna a la EMPRESA.

36.2. El carácter complejo y los plazos limitados de que se dispone en la ejecución de un proyecto, obligan a una simultaneidad entre las entregas de las especificaciones técnicas de los suministradores de equipos y la elaboración de planos definitivos de proyecto.

Esta simultaneidad implica la entrega de planos de detalle de obra civil, relacionada directamente con la implantación de los equipos, durante todo el plazo de ejecución de la obra.

La EMPRESA tomará las medidas necesarias para que estas modificaciones no alteren los plazos de trabajo del CONTRATISTA entregando los planos con la

suficiente antelación para que la preparación y ejecución de estos trabajos se realice de acuerdo con el programa previsto.

El CONTRATISTA por su parte no podrá alegar desconocimiento de estas definiciones de detalle, no incluidas en el proyecto base, y que quedará obligado a su ejecución dentro de las prescripciones generales del contrato.

36.3. El CONTRATISTA deberá confrontar, inmediatamente después de recibidos, todos los planos que le hayan sido facilitados, debiendo informar por escrito a la EMPRESA en el plazo máximo de 15 días y antes de proceder a su ejecución, de cualquier contradicción, error u omisión que lo exigiera técnicamente incorrectos.

ARTÍCULO 37. REPLANTEO DE LAS OBRAS

37.1. La EMPRESA entregará al CONTRATISTA los hitos de triangulación y referencias de nivel establecidos por ella en la zona de obras a realizar. La posición de estos hitos y sus coordenadas figurarán en un plano general de situación de las obras.

37.2. Dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación, el CONTRATISTA verificará en presencia de los representantes de la EMPRESA el plano general de replanteo y las coordenadas de los hitos, levantándose el acta correspondiente.

37.3. La EMPRESA precisará sobre el plano de replanteo las referencias a estos hitos de los ejes principales de cada una de las obras.

37.4. El CONTRATISTA será responsable de la conservación de todos los hitos y referencias que se le entreguen. Si durante la ejecución de los trabajos, se destruyese alguno, deberá reponerlos por su cuenta y bajo su responsabilidad.

El CONTRATISTA establecerá en caso necesario, hitos secundarios y efectuará todos los replanteos precisos para la perfecta definición de las obras a ejecutar, siendo de su responsabilidad los perjuicios que puedan ocasionarse por errores cometidos en dichos replanteos.

ARTÍCULO 38. ACCESOS A LAS OBRAS

38.1. Los caminos y accesos provisionales a los diferentes tajos de obra, serán construidos por el CONTRATISTA por su cuenta y cargo.

38.2. Para que la EMPRESA apruebe su construcción en el caso de que afecten a terceros interesados, el CONTRATISTA habrá debido llegar a un previo acuerdo con estos.

38.3. Los caminos y accesos estarán situados en la medida de lo posible, fuera del lugar de emplazamiento de las obras definitivas. En el caso de que necesariamente hayan de transcurrir por el emplazamiento de obras definitivas, las modificaciones posteriores, necesarias para la ejecución de los trabajos, serán a cargo del CONTRATISTA.

38.4. Si los mismos caminos han de ser utilizados por varios CONTRATISTAS, estos deberán ponerse de acuerdo entre sí sobre el reparto de sus gastos de construcción y conservación.

38.5. La EMPRESA se reserva el derecho de transitar libremente por todos los caminos y accesos provisionales de la obra, sin que pueda hacerse repercutir sobre ella gasto alguno en concepto de conservación.

ARTÍCULO 39. ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS

39.1. El CONTRATISTA tendrá un conocimiento de la disposición de conjunto de los terrenos, de la importancia y situación de las obras objeto de contrato, de las zonas reservadas para la obra, de los medios de acceso, así como de las condiciones climáticas de la región, especialmente de las aguas y de la frecuencia e importancia de las crecidas de los ríos, que puedan afectar a los trabajos.

39.2. La EMPRESA pondrá gratuitamente a disposición del CONTRATISTA mientras duren los trabajos, todos los terrenos cuya ocupación definitiva sea necesaria para la implantación de las obras objeto del contrato.

39.3. También pondrá la EMPRESA gratuitamente a disposición del CONTRATISTA, los terrenos de su propiedad y que puedan ser adecuados para las obras auxiliares e instalaciones.

39.4. En el plazo de un mes a partir de la fecha del contrato, se determinarán contradictoriamente los terrenos afectados por los párrafos 2 y 3 que se representarán en el plano de la zona.

En caso de desavenencia en esta determinación contradictoria, será vinculante el plano previo incorporado al pliego de condiciones particulares.

39.5. La obligación de la EMPRESA en cuanto entrega de los terrenos necesarios queda limitada a los que figuran y se reseñan en el plano de referencia que, al mismo tiempo, definirá lo que se entiende por zona de obras.

39.6. Si por conveniencia del CONTRATISTA éste deseara disponer de otros terrenos distintos de los figurados y reseñados en el plano antes citado, será de su cargo su adquisición o la obtención de las autorizaciones pertinentes, debiendo el contratista someter previamente a la conformidad de la EMPRESA las modalidades de adquisición o de obtención de la autorización respectiva.

ARTÍCULO 40. VIGILANCIA Y POLICÍA DE LAS OBRAS

40.1. El CONTRATISTA es responsable del orden, limpieza y condiciones sanitarias de las obras objeto de contrato, deberá adoptar a este respecto, a su cargo y bajo su responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y con la representación de la EMPRESA.

40.2. En caso de conflicto de cualquier clase, que pudiera implicar alteraciones del orden público, corresponde al CONTRATISTA la obligación de ponerse en contacto con las autoridades competentes y convenir con ellos y disponer las medidas adecuadas para evitar incidentes.

ARTÍCULO 41. UTILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES AUXILIARES Y EQUIPOS DEL CONTRATISTA

El CONTRATISTA deberá poder facilitar a la EMPRESA, todos los medios auxiliares que figuran en el programa o tengan servicio en la obra. Para ello la EMPRESA comunicará por escrito al CONTRATISTA las instalaciones o equipos o máquinas que desea utilizar y fecha y duración de la prestación.

Cuando razonablemente no haya inconveniente para ello, no se perturbe la organización y desarrollo de los trabajos, o exista una causa grave de fuerza mayor, el CONTRATISTA deberá atender la solicitud de la EMPRESA, abonándose las horas de utilización conforme a los baremos de administración aprobados.

En todo caso, el manejo y entretenimiento de las máquinas e instalaciones será realizado por personal del CONTRATISTA.

ARTÍCULO 42. EMPLEO DE MATERIALES NUEVOS O DE DEMOLICIÓN PERTENECIENTES A LA EMPRESA ELÉCTRICA.

Cuando fuera de las previsiones del Contrato, la EMPRESA juzgue conveniente emplear materiales nuevos o de recuperación que le pertenezcan, el CONTRATISTA no podrá oponerse a ello y las condiciones que regulen este suministro serán establecidas de común acuerdo o, en su defecto, se establecerá mediante arbitraje de derecho privado.

ARTÍCULO 43. USO ANTICIPADO DE LAS INSTALACIONES DEFINITIVAS

43.1. La EMPRESA se reserva el derecho de hacer uso de las partes terminadas de la obra contratada, antes de que los trabajos prescritos en el contrato se hayan terminado en su totalidad, bien por necesidades de servicio, bien para permitir la realización de otros trabajos que no forman parte del contrato.

43.2. Si la EMPRESA deseara hacer uso del citado derecho, se lo comunicará al CONTRATISTA con una semana de antelación a la fecha de utilización. El uso de este derecho por parte de la EMPRESA no implica recepción provisional de la zona afectada.

ARTÍCULO 44. PLANES DE OBRA Y MONTAJE

44.1. Independientemente del plan de trabajos que los contratistas ofertantes deben presentar con sus ofertas, de acuerdo a lo establecido con el artículo 6, el CONTRATISTA presentará con posterioridad a la firma del contrato, un plan más detallado que el anterior.

La EMPRESA indicará el plazo máximo a partir de la formalización del contrato, en el que debe presentarlo y tipo de programa exigido.

De no indicarse el plazo, se entenderá establecido éste en un mes.

44.2. Este Plan, que deberá ser lo más completo, detallado y razonado posible, respetará obligatoriamente los plazos parciales y final fijados por el concurso, y deberá venir acompañado del programa de certificaciones mensuales.

Tanto el plan de obra como el programa de certificaciones mensuales, deberán destacar individualmente cada una de las unidades correspondientes a la obra característica.

Las unidades de obra complementaria podrán agruparse tanto en uno como en otro documento, dentro de bloques homogéneos cuya determinación quedará a juicio del CONTRATISTA. En el caso de que éste decidiera proponer un adelanto en alguno de los plazos fijados, deberá hacerlo como una variante suplementaria, justificando expresamente en este caso todas las repercusiones económicas a que diese lugar.

44.3. El plan de obra deberá ser aprobado oficialmente por la EMPRESA adquiriendo desde este momento el carácter de documento contractual. No podrá ser modificado sin autorización expresa de la EMPRESA y el CONTRATISTA vendrá obligado a respetarlo en el desarrollo de los trabajos.

En caso de desacuerdo sobre el plan de obra, una vez rechazado por la EMPRESA el tercero consecutivo someterá la controversia a arbitraje, siendo desempeñado por un solo árbitro, que habrá de ser el profesional competente y habilitado, según la índole del tema considerado, designado por el colegio profesional correspondiente.

44.4. En este plan, el CONTRATISTA indicará los medios auxiliares y mano de obra que ofrece emplear en la ejecución de cada una de las unidades de obra característica, con indicación expresa de los rendimientos a obtener. Las unidades de obra complementaria podrán agruparse a estos efectos, en bloques homogéneos, iguales a los indicados en el artículo 44.2.

Los medios ofrecidos, que han de ser como mínimo los de la propuesta inicial, salvo que la EMPRESA, a la vista del plan de obra, autorice otra cosa, quedarán afectos a la obra y no podrán ser retirados o sustituidos salvo aprobación expresa de la dirección de la misma.

La aceptación del plan y relación de medios auxiliares propuestos por el CONTRATISTA no implica exención alguna de responsabilidad para él mismo en el caso de incumplimiento de los plazos parciales, o final convenido.

44.5. Si el desarrollo de los trabajos no se efectuase de acuerdo al plan aprobado y ello pudiera dar lugar al incumplimiento de plazos parciales o final, la EMPRESA

podrá exigir del CONTRATISTA la actualización del plan vigente, reforzando las plantillas de personal, medios auxiliares e instalaciones necesarias a efectos de mantener los plazos convenidos y sin que el CONTRATISTA pueda hacer recaer sobre la EMPRESA las repercusiones económicas que este aumento de medios puede traer consigo. El plan de obra actualizado sustituirá a todos los efectos contractuales al anteriormente vigente, con la salvedad que se indica en el apartado siguiente.

44.6. En cualquier caso, la aceptación por parte de la EMPRESA de los planes de obra actualizados que se vayan confeccionado para adecuar el desarrollo real de los trabajos al mantenimiento de los plazos iniciales, no liberará al CONTRATISTA de las posibles responsabilidades económicas en que incurra por el posible incumplimiento de los plazos convenidos.

44.7. El desarrollo de todas las obras habrá de subordinarse al montaje de las instalaciones para cuyo servicio se construyen.

Esta circunstancia ya se tiene en cuenta al establecer los plazos de cada obra que se fijan en su correspondiente pliego particular, por lo que en ningún caso pueden ser causa de concesión de prórroga las interferencias que al curso de la obra pueda originar el montaje, siempre y cuando el suministro de equipos y el propio montaje se mantengan en líneas generales dentro de los plazos y planes previstos, conforme a lo indicado en los artículos 47 y 50 del presente pliego.

ARTÍCULO 45. PLAZOS DE EJECUCIÓN

45.1. La EMPRESA se establecerá los plazos parciales y plazo final de terminación, a los que el CONTRATISTA deberá ajustarse obligatoriamente.

45.2. Los plazos parciales corresponderán a la terminación y puesta en disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesarios para la prosecución de otras fases de la construcción o del montaje.

Estas obras o conjunto de obras que condicionan un plazo parcial, se definirán bien por un estado de dimensiones, bien por la posibilidad de prestar en ese momento y sin restricciones, el uso, servicio o utilización que de ellas se requiere.

45.3. En consecuencia, y a efectos del cumplimiento del plazo, la terminación de la obra y su puesta a disposición, será independiente del importe de los trabajos realizados

a precio de contrato, salvo que el importe de la obra característica realizada supere como mínimo en un 10% el presupuesto asignado para esa parte de la obra.

Para valorar a estos efectos la obra realizada, no se tendrán en cuenta los aumentos del coste producidos por revisiones de precios y sí únicamente los aumentos reales del volumen de obra.

45.4. En el caso de que el importe de la obra característica realizada supere en un 10% al presupuesto para esa parte de obra, los plazos parciales y final se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10%.

ARTÍCULO 46. RETENCIONES POR RETRASOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

46.1. Los retrasos sobre el plan de obra y programa de certificaciones imputables al CONTRATISTA, tendrán como sanción económica para cada mes de retención por la EMPRESA, con abono de una cuenta especial denominada “retenciones”, del 50% de la diferencia entre el 90% de la obra característica que hasta ese mes debería haberse justificado y la que realmente se haya realizado. Para este cómputo de obra realizada no se tendrá en cuenta la correspondiente a obras complementarias.

46.2. El CONTRATISTA que en meses sucesivos realizase obra característica por un valor superior a lo establecido en el plan de trabajos para esos meses, tendrá derecho a recuperar de la cuenta de “retenciones” la parte proporcional que le corresponda.

46.3. Cuando se alcance el plazo total previsto para la ejecución de la obra con un saldo acreedor en la cuenta de “retenciones” quedará éste bloqueado a su disposición de la EMPRESA para responder de las posibles multas y sanciones correspondientes a una posible rescisión. En el momento de la total terminación y liquidación de la obra contratada, se procederá a saldar esta cuenta abonando al CONTRATISTA el saldo acreedor si lo hubiere o exigiéndole el deudor si así resultase.

ARTÍCULO 47. INCUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS Y MULTAS

47.1. En el caso de incumplimiento de los plazos fijos por causas directamente imputables al CONTRATISTA, satisfará éste las multas que se indiquen en el pliego

particular de la obra, con cargo a las certificaciones, fondo de retenciones o fianza definitiva, sucesivamente, sin perjuicio de la responsabilidad por daños.

47.2. Si el retraso producido en el cumplimiento de los plazos ocasionara a su vez retrasos en otros contratistas, lesionando los intereses de estos, la EMPRESA podrá hacer repercutir sobre el CONTRATISTA las indemnizaciones a que hubiera lugar por tales perjuicios.

47.3. En el caso de que los retrasos se produzcan por causas imputables a la EMPRESA en los suministros a que venga obligada la Empresa, por órdenes expresas de la dirección de obra o por demoras en los montajes de maquinaria o equipos, se prorrogarán los plazos en un tiempo igual al estimado por la EMPRESA como retraso producido, de acuerdo con lo establecido en el artículo 50.

ARTÍCULO 48. SUPRESIÓN DE LAS MULTAS

Cuando la EMPRESA advierta la posibilidad de que un retraso en la ejecución de las obras o en el montaje, no va a repercutir en la puesta en marcha de la instalación ni causar perjuicios a terceros, podrá acordar libremente la supresión de multas, o la ampliación de los plazos de ejecución.

En este último caso, la EMPRESA podrá diferir a la nueva fecha de terminación, y en el supuesto de que ésta tampoco se cumpla, la aplicación de las multas establecidas.

ARTÍCULO 49. PREMIOS Y PRIMAS

49.1. En el pliego particular de condiciones de la obra, la EMPRESA podrá establecer premios en el caso de cumplimiento de los plazos parciales y total contratados y/o un sistema de primas para premiar los posibles adelantos sobre dichos plazos de terminación de las obras.

La EMPRESA especificará las condiciones que deberán concurrir para que el CONTRATISTA pueda obtener dichos premio y/o primas.

49.2. La EMPRESA podrá supeditar el pago de los premios, siempre que así lo indique expresamente, al cumplimiento estricto de los plazos, incluso en el caso de retrasos producidos por causas no imputables al CONTRATISTA o de fuerza mayor.

ARTÍCULO 50. RETRASOS OCASIONADOS POR LA EMPRESA

Los retrasos que pudieran ocasionar la falta de planos, demoras en el suministro de materiales que deba ser realizado por la EMPRESA, o interferencias ocasionadas por otros Contratistas, serán valorados en tiempo por la dirección de la obra, después de oír al CONTRATISTA, prorrogándose los plazos conforme a dicha estimación.

Para efectuar ésta, la dirección tendrá en cuenta la influencia sobre la parte de obra realmente afectada, y la posibilidad de adelantar la ejecución de obras y unidades de obras, cuya realización estuviese prevista para fecha posterior.

ARTÍCULO 51. DAÑOS Y AMPLIACIÓN DE PLAZO EN CASO DE FUERZA MAYOR

51.1. Cuando se produjeran daños en las obras por causa de fuerza mayor, si su prevención o minoración hubiera correspondido a las partes, la que hubiese sido negligente soportara sus consecuencias.

Si fuese por completo ajena a la actuación del CONTRATISTA el riesgo sobre la obra ejecutada será soportado por la EMPRESA en cuanto a las unidades de que ese hubiese hecho previa medición, según se determina en el artículo 52.

51.2. Si por causa de fuerza mayor no imputable al CONTRATISTA hubiese de sufrir demora el curso de la obra, lo pondrá en conocimiento de la EMPRESA con la prontitud posible, concretando el tiempo en que estima necesario prorrogar los plazos establecidos, la EMPRESA deberá manifestar su conformidad o reparos a la procedencia y alcance de la prórroga propuesta en un plazo igual al que hubiese mediado entre el hecho originario y la comunicación del CONTRATISTA.

ARTÍCULO 52. MEDICIONES DE LAS UNIDADES DE OBRA

52.1. Servirán de base para la medición y posterior abono de las obras los datos del replanteo general y los replanteos parciales que haya exigido el curso de la obra; los vencimientos y demás partes ocultas de las obras, tomados durante la ejecución de los trabajos y autorizados con las firmas del CONTRATISTA y del director de la obra; la medición que se lleve a efecto de las partes descubiertas de las obras de fábrica y

accesorias y, en general, los que convengan al procedimiento consignado en el pliego oficial.

52.2. En ningún caso podrá alegar el CONTRATISTA los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas cuando se hallen en contradicción con las normas establecidas a estos efectos en el pliego particular de la obra, o en su defecto, con las establecidas en el presente pliego de condiciones generales.

52.3. Las mediciones con los datos recogidos de los elementos cualitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados, o los suministros efectuados, constituyen comprobación de un cierto estado de hecho y se recogerán por la EMPRESA en presencia del CONTRATISTA. La ausencia del CONTRATISTA, aun habiendo avisado previamente, supone su conformidad a los datos recogidos por la EMPRESA.

En el caso de presencia del CONTRATISTA las mediciones serán avaladas con la firma de ambas partes.

52.4. El CONTRATISTA no podrá dejar de firmar las mediciones. En caso de negarse a hacerlo, podrá levantarse acta notarial a su cargo. Si las firmara con reservas, dispondrá de un plazo de 10 días a partir de la fecha de redacción de las mismas para formular por escrito sus observaciones. Pasado ese plazo, las mediciones se suponen aceptadas sin reserva alguna.

En el caso de la firma con reserva, se redactará un acta en la que se hará constar los motivos de disconformidad, acta que se unirá a la correspondiente medición.

52.5. En el caso de reclamación del CONTRATISTA las mediciones se tomarán a petición propia o por iniciativa de la EMPRESA, sin que estas comprobaciones prejuzguen, en ningún caso, el reconocimiento de que las reclamaciones están bien fundamentadas.

52.6. El CONTRATISTA está obligado a exigir a su debido tiempo la toma contradictoria de mediciones para los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobación o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que deben proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones de la EMPRESA con todas sus consecuencias.

ARTÍCULO 53. CERTIFICACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

53.1. Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la dirección de obra, y de acuerdo con los artículos del pliego de condiciones.

La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones. Dicha fecha se determinará al comienzo de las obras.

Las valoraciones efectuadas servirán para la redacción de certificaciones mensuales al origen, de las cuales se tendrá el líquido de abono.

Corresponderá a la EMPRESA en todo caso, la redacción de las certificaciones mensuales.

53.2. Las certificaciones y abonos de las obras, no suponen aprobación ni recepción de las mismas.

53.3. Las certificaciones mensuales se deben entender siempre como abonos a buena cuenta, y en consecuencia, las mediciones de unidades de obra y los precios aplicados no tienen el carácter de definitivos, pudiendo surgir modificaciones en certificaciones posteriores y definitivamente en la liquidación final.

53.4. Si el CONTRATISTA rehusase firmar una certificación mensual o lo hiciese con reservas por no estar conforme con ella, deberá exponer por escrito y en el plazo máximo de 10 días, a partir de la fecha de que se le requiera para la firma, los motivos que fundamenten su reclamación e importe de la misma. La EMPRESA considerará esta reclamación y decidirá si procede atenderla.

Los retrasos en el cobro, que pudieran producirse como consecuencia de esta dilación en los trámites de la certificación, no se computarán a efectos de plazo de cobro ni de abono de intereses de demora.

53.5. Terminado el plazo de 10 días, señalado en el epígrafe anterior, o si hubiese variado la obra en forma tal que les fuera imposible recomprobar la medición objeto de discusión, se considerará que la certificación es correcta, no admitiéndose posteriormente reclamación alguna en tal sentido.

53.6. Tanto en las certificaciones, como en la liquidación final, las obras serán en todo caso abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, o a los precios contradictorios fijados en el transcurso de la obra, de acuerdo con lo provisto en el epígrafe siguiente.

53.7. Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre el director de obra y el CONTRATISTA, o su representante expresamente autorizado a estos efectos.

Estos precios deberán ser presentados por el CONTRATISTA debidamente descompuestos, conforme a lo establecido en el artículo 7 del presente pliego.

La dirección de obra podrá exigir para su comprobación la presentación de los documentos necesarios que justifique la descomposición del precio presentado por el CONTRATISTA.

La negociación del precio contradictorio será independiente de la ejecución de la unidad de obra de que se trate, viniendo obligado el CONTRATISTA a realizarla, una vez recibida la orden correspondiente. A falta de acuerdo se certificará provisionalmente a base de los precios establecidos por la EMPRESA.

53.8. Cuando circunstancias especiales hagan imposible el establecer nuevos precios, o así le convenga a la EMPRESA, corresponderá exclusivamente a esta sociedad la decisión de abonar estos trabajos en régimen de administración, aplicando los baremos de mano de obra, materiales y maquinaria, aprobados en el contrato.

53.9. Cuando así lo admita expresamente el pliego de condiciones particulares de la obra, o la EMPRESA acceda a la petición en este sentido formulada por el CONTRATISTA, podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cuantía que determine dicho pliego, o en su defecto la que estime oportuno la dirección de obra.

Las cantidades abonadas a cuenta por este concepto se deducirán de la certificación de la unidad de obra correspondiente, cuando dichos materiales pasen a formar parte de la obra ejecutada.

En la liquidación final no podrán existir abonos por acopios, ya que los excesos de materiales serán siempre por cuenta del CONTRATISTA.

El abono de cantidades a cuenta en concepto de acopio de materiales no presupondrá, en ningún caso, la aceptación en cuanto a la calidad y demás especificaciones técnicas de dicho material, cuya comprobación se realizará en el momento de su puesta en obra.

53.10. Del importe de la certificación se retraerá el porcentaje fijado en el artículo 18.3 para la constitución del fondo de garantía.

53.11. Las certificaciones por revisión de precios, se redactarán independientemente de las certificaciones mensuales de obra ejecutada, ajustándose a las normas establecidas en el artículo 29.

53.12. El abono de cada certificación tendrá lugar dentro de los 120 días siguientes de la fecha en que quede firmada por ambas partes la certificación y que obligatoriamente deberá figurar en la antefirma de la misma. El pago se efectuará mediante transferencia bancaria, no admitiéndose en ningún caso el giro de efectos bancarios por parte del CONTRATISTA.

Si el pago de una certificación no se efectúa dentro del plazo indicado, se devengarán al CONTRATISTA, a petición escrita del mismo, intereses de demora.

Estos intereses se devengarán por el período transcurrido del último día del plazo tope marcado (120 días) y la fecha real de pago, siendo el tipo de interés, el fijado por el Banco de España, como tipo de descuento comercial para ese período.

ARTÍCULO 54. ABONO DE UNIDADES INCOMPLETAS O DEFECTUOSAS

54.1. La dirección de obra, determinará si las unidades que han sido realizadas en forma incompleta o defectuosa, deben rehacerse o no. Caso de rehacerse el CONTRATISTA vendrá obligado a ejecutarlas, siendo de su cuenta y cargo dicha reparación, en el caso de que ya le hubiesen sido abonadas.

De no haberlo sido, se certificará la obra como realizada una sola vez.

54.2. Cuando existan obras defectuosas o incompletas que la EMPRESA considere, que a pesar de ello puedan ser aceptables para el fin previsto, se abonarán teniendo en cuenta la depreciación correspondiente a las deficiencias observadas. En el pliego de condiciones particulares se fijan resistencias, densidades, grados de acabado,

tolerancias en dimensiones, etc. Se podrá hacer una proporcionalidad con las obtenidas, siempre que sean admisibles, o bien fijar de entrada una depreciación en los precios de un 10% para obras defectuosas pero aceptables.

ARTÍCULO 55. RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LAS OBRAS

55.1. A partir del momento en que todas las obras que le han sido encomendadas, hayan sido terminadas, el CONTRATISTA lo pondrá en conocimiento de la EMPRESA, mediante carta certificada con acuso de recibo.

La EMPRESA procederá entonces a la recepción provisional de esas obras, habiendo convocado previamente al CONTRATISTA por escrito, al menos con quince días de anticipación.

Si el CONTRATISTA no acude a la convocatoria, se hará mención de su ausencia en el acta de recepción.

55.2. Del resultado del reconocimiento de las obras, se levantará un acta de recepción en la que se hará constar el estado final de las obras y las deficiencias que pudieran observarse.

El acta será firmada conjuntamente por el CONTRATISTA y la dirección de la obra.

55.3. Si el reconocimiento de las obras fuera satisfactorio se recibirán provisionalmente las obras, empezado a contar desde esta fecha el plazo de garantía.

Si por el contrario se observaran deficiencias y no procediese efectuar la recepción provisional, se concederá al CONTRATISTA un plazo breve para que corrija los defectos observados, transcurrido el cual deberá procederse a un nuevo reconocimiento.

Si transcurrido el plazo concedido al CONTRATISTA, no se hubieran subsanado dichos defectos, la EMPRESA podrá proceder a su realización, bien directamente, bien por medio de otros contratistas, con cargo al fondo de garantía y si este no bastase, con cargo a la fianza definitiva.

Una vez terminados los trabajos de reparación, se procederá a recibir provisionalmente las obras.

ARTÍCULO 56. PLAZO DE GARANTÍA

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, tal como se indica en el artículo 55, a partir de cuyo momento comenzará a contar el plazo de garantía, al final del cual se llevará a cabo la recepción definitiva.

Durante este plazo, será de cuenta del CONTRATISTA, la conservación y reparación de las obras, así como los desperfectos que pudiesen ocurrir en las mismas, desde la terminación de estas, hasta que se efectúe la recepción definitiva, excepción hecha de los daños que se deriven del mal trato o uso inadecuado de las obras por parte de la EMPRESA.

Si el CONTRATISTA incumpliese lo estipulado en el párrafo anterior, la EMPRESA podrá encargar a terceros la realización de dichos trabajos o ejecutarlos directamente por administración, deduciendo su importe del fondo de garantía y de la fianza no bastasen para cubrir el importe de los gastos realizados en dichos trabajos de reparación.

ARTÍCULO 57. RECEPCIÓN DEFINITIVA DE LAS OBRAS

57.1. Una vez transcurrido el plazo de garantía se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras de un modo análogo al indicado en el artículo 55 para la recepción provisional.

57.2. En el caso de que hubiese sido necesario conceder un plazo para subsanar los defectos hallados, el CONTRATISTA no tendrá derecho a cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, debiendo continuar encargado de la conservación de las obras durante esa ampliación.

57.3. Si la obra se arruinase con posterioridad a la recepción definitiva por vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento doloso del contrato por parte del CONTRATISTA, responderá éste de los daños y perjuicios en el término de 15 años.

Transcurrido este plazo, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del CONTRATISTA.

ARTÍCULO 58. LIQUIDACIÓN DE OBRAS

Una vez efectuada la recepción provisional se procederá a la medición general de las obras que han de servir de base para la valoración de las mismas.

La liquidación de las obras se llevará a cabo después de la recepción definitiva, saldando las diferencias existentes por los abonos a cuenta y descontando el importe de las reparaciones u obras de conservación que haya habido necesidad de efectuar durante el plazo de garantía, en el caso de que el CONTRATISTA no las haya realizado por su cuenta.

Después de realizada la liquidación, se saldarán el fondo de garantía y la fianza definitiva, tanto si ésta última se ha constituido aval bancario.

También se liquidará, si existe, la cuenta especial de retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras.

**PLIEGO PARTICULAR DE
CONDICIONES TÉCNICAS,
ECONÓMICAS Y LEGALES**

CAPITULO 4: CONDICIONES PARTICULARES LEGALES

4.1. NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL

LEGISLACIÓN GENÉRICA

- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, nocivas y Peligrosas (B.O.E. de 7 y 30 de diciembre de 1961 y de 2 y 7 de mayo de 1962).
- Instrucciones Complementarias para la Aplicación del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, Orden del Ministerio de la Gobernación de 15 de marzo de 1963 (B.O.E. de 2 de abril de 1963).
- Directiva 84/360/CEE, relativa a la lucha contra la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales, DOCE, 16 de julio de 1984.
- Directiva 96/62/CE, de 27 de septiembre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente, DOCE n° L296, 21 de noviembre de 1996.
- Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y control integrados de la contaminación, DOCE, 10 de octubre de 1996.
- Ley 38/1972, de 22 de diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico (B.O.E. n° 309, de 26 de diciembre de 1972).
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero que desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico (B.O.E. n° 96, de 22 de abril 1975).
- Orden de 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la Contaminación Atmosférica, Industrial (B.O.E. n° 290, de 3 de diciembre 1976).
- Decreto 74/1996, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad del Aire (BOJA n° 30, 7 marzo 1996)

EMISIONES DE CO₂ Y EL EFECTO INVERNADERO

- Decisión 1999/296/CE, del Consejo, de 26 de abril de 1999, por la que se modifica la Decisión 93/389/CEE relativa a un mecanismo de seguimiento de las emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero en la Comunidad (DOCE n° L117, de 5 de mayo 1999).
- Instrumento de Ratificación de la Convención Marco de 9 de Mayo de 1992 de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecho en Nueva York el 9 de mayo de 1992, BOE n° 27 de 1 enero 1994.

EMISIONES DE AZUFRE Y SO₂

- Decisión del Consejo de 23 de marzo de 1998, relativa a la celebración por la Comunidad europea del protocolo del convenio de 1979, sobre contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia relativo a nuevas reducciones de las emisiones de azufre (DOCE n° L326, de 3 marzo 1998).
- Instrumento de Ratificación del Protocolo del Convenio sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia de 1979 relativo a reducciones adicionales de las emisiones de azufre, hecho en Oslo el 14 de junio de 1994 (BOE n° 150 de 24 de junio de 1998).
- Instrumento de Ratificación del Protocolo sobre contaminación atmosférica transfronteriza a reducciones adicionales de las emisiones de azufre, hecho en Oslo el 14 de junio de 1994, BOE n° 150, 24 junio 1998.

EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x).

- Protocolo al Convenio de Ginebra sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno o sus flujos transfronterizos, DOCE, 31.10.1988.
- Decisión del Consejo (93/361/CEE) relativa a la adhesión de la Comunidad al Protocolo al Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia, de 1979, relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno o sus flujos transfronterizos, DOCE, 17.05.1993.

- Ministerio de Asuntos Exteriores, “Texto revisado del Anexo Técnico de Protocolo sobre contaminación atmosférica transfronteriza, relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno, hecho en Sofía el 31 de octubre de 1998”, BOE 27 febrero 1996.
- Ministerio de Asuntos Exteriores, “Modificaciones al Anexo Técnico al Protocolo sobre contaminación atmosférica transfronteriza, relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno, hecho en Sofía el 3 de octubre de 1995”, BOE, 23 septiembre 1995.
- Jefatura de Estado, “Instrumento de ratificación del Protocolo al Convenio sobre contaminación atmosférica transfronteriza relativo a la lucha contra las emisiones de óxidos de nitrógeno, hecho en Sofía el 31 de octubre de 1988”, BOE, 13 marzo 1991.

INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN

- Directiva 88/609/CEE, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión”, DOCE, 7 diciembre 1988.
- Real Decreto 646/1991, de 22 de abril, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación a las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión. (BOE n° 99, de 25.04.91).

Observaciones:

Traspone la directiva 88/609/CEE, de 24 de diciembre de 1988, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión (DOCE n° L 336, de 07.12.88).

- Real Decreto 1800/1995, por el que se modifica el Real Decreto 646/1991, por el que se establecen normas sobre limitación de emisiones de grandes instalaciones de combustión y se fijan límites de emisión de SO₂ en la actividad del refino de petróleo, BOE n° 293, 8 diciembre 1995.

- Orden de 26 de diciembre de 1995 para el desarrollo del Real Decreto 646/1991, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de grandes instalaciones de combustión en determinados aspectos referentes a centrales termoeléctricas, BOE n° 312, 30.12.1995.

INMISIONES. DATOS Y VALORES LÍMITE.

- Decisión del Consejo 82/459/CEE, de 24 de junio de 1982, por la que se establece un intercambio recíproco de informaciones y de datos procedentes de las Redes y de las Estaciones aisladas que miden la contaminación atmosférica en los Estados Miembros (DOCE n° L 210, de 19.7.82).
- Directiva 96/62/CE, de 27 de septiembre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. (DOCE n° L 296, del 21.11.1996).
- Decisión 101/97/CE, del Consejo, de 27 de enero, por el que se establece un intercambio recíproco de información y datos de las redes y estaciones aisladas de medición de la contaminación atmosférica en los Estados Miembros (DOCE n° L 35, de 05.02.97).
- Directiva 1999/30/CE del Consejo, de 22 de abril de 1999, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente. (DOCE n° L 163, de 29.6.99).
- Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente (DOCE n° L 313, de 13.12.00).
- Real Decreto 1613/1985, de 1 de agosto por el que se modifica parcialmente el Decreto 833/1975, de 6 de febrero y se establecen nuevas normas de calidad del aire en lo referente a contaminación por dióxido de azufre y partículas. (BOE n° 219, de 12-09.85).

Observaciones:

Traspone la Directiva 80/779/CEE, de 15 de julio de 1980, relativa a los valores límite y a los valores guía de calidad atmosférica para el anhídrido sulfuroso y las partículas en suspensión. (DOCE n° L 229/30, de 30.08.80).

- Real Decreto 1154/1986, de 11 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 1613/1985, de 1 de agosto, sobre normas de calidad del ambiente: Declaración por el Gobierno de zonas de atmósfera contaminada. (BOE n° 146, de 14.06.86).
- Real Decreto 717/1987, de 27 de mayo, sobre contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno y plomo: Normas de calidad del ambiente. (BOE n° 135, de 10.06.87).

Observaciones:

Adecua a nuestra legislación las Directivas Comunitarias: 85/203/CEE, de 7 de marzo de 1985, y 82/884/CEE, de 3 de diciembre de 1982, que contienen normas de calidad del aire para el dióxido de nitrógeno y el valor límite para el plomo contenido en la atmósfera.

- Orden de 22 de marzo de 1990, por la que se modifica la Orden de 10 de agosto de 1976, respecto al método de referencia para humo normalizado. (BOE n° 76, de 29.03.90).
- Real Decreto 108/1991, de 1 de febrero, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto (BOE n° 32, de 06.02.91).

Observaciones:

Traspone la Directiva 87/217/CEE, de 19 de marzo de 1987, sobre prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto. (DOCE n° L 85, de 25.03.87).

- Real Decreto 1321/1992, de 30 de octubre por que se modifica parcialmente el Real Decreto 1613/1985, de 1 de agosto, y se establecen nuevas normas de calidad del aire en lo referente a la contaminación por dióxido de azufre y partículas. (BOE n° 289, de 02.12.92).

4.2. NORMATIVA ESPECÍFICA DE SEGURIDAD Y SALUD

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485, 486 y 487/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Real Decreto 39/1997: Reglamento de Servicios de Prevención.
- Real Decreto 773/1997 de 5 de mayo, sobre Disposiciones Mínimas en Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 363/95, de 10 de marzo: Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas, clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Orden del Ministerio de Trabajo (9 de marzo de 1971), por la que se aprueba la Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el trabajo y corrección de errores (BOE 16 y 17 de marzo de 1971).

4.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (BOE de 9 de octubre de 1973 y 27,28, 29 y 31 de diciembre de 1973).
- Decreto 2413/1973 de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.).
- Decreto 2295/1985 de 9 de octubre, que modifica la Orden de 31 de octubre de 1973, por la que se aprueban las Instrucciones Complementarias, con posteriores modificaciones.
- Normas UNE referenciadas en las disposiciones anteriores.

CAPITULO 5: CONDICIONES PARTICULARES TÉCNICAS

5.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS MATERIALES

Todos los materiales empleados en la obra deberán tener las mismas características que los proyectados. Si hubiese que variar la clase de algunos inicialmente aprobados, los nuevos no podrán ser instalados sin la previa autorización de la dirección de obra, la cual podrá someterla a cuantas pruebas estime oportunas.

Los tanques y depósitos, así como los sistemas de tuberías, se diseñarán y fabricarán con materiales que, cumpliendo con las exigencias mecánicas de los equipos, permitan una vida útil razonable. Esta se determinará de acuerdo con la previsión de su renovación y/o sustitución.

Para la determinación de la vida útil de dichos materiales y, teniendo en cuenta las especiales propiedades corrosivas de los fluidos circulantes en el sistema de tratamiento de agua residual crómica, deberá tenerse en cuenta no sólo las velocidades de corrosión cuando se trate de materiales homogéneos o recubrimientos superficiales, sino también la pérdida de características físico-químicas tales como adherencia, endurecimiento, fragilidad, envejecimiento, porosidad, etc.

Las paredes de los recipientes y sus tuberías deben estar protegidas contra la corrosión exterior o medioambiental. Se utilizará para ello pinturas o recubrimientos, y materiales resistentes a la corrosión.

5.2. MATERIALES NO INCLUIDOS EN ESTE PLIEGO

Los materiales no incluidos en el presente pliego serán de reconocida calidad. El CONTRATISTA deberá presentar los catálogos, muestras, informes y certificados de los fabricantes que se estimen necesarios. Si la información no se considera suficiente, el ingeniero director, podrá exigir los ensayos oportunos de los materiales a utilizar.

Todo material que no reúna la calidad y condiciones necesarias para el fin al que se destina, será rechazado. El ingeniero director podrá señalar un plazo breve para retirar los materiales rechazados. En caso de incumplimiento se procederá a retirarlos por cuenta y riesgo del CONTRATISTA.

5.3. CONDICIONES PARTICULARES DE EQUIPOS E INSTALACIONES

TUBERÍAS

El sistema de tuberías es el conjunto de tuberías, bridas, juntas, válvulas, tornillos de sujeción y accesorios de tuberías sometidos a la presión y a la acción del líquido.

El diseño de materiales, fabricación, ensamblaje, pruebas e inspecciones de los sistemas de tuberías serán adecuadas a la velocidad de corrosión, presión, pérdida de carga y temperatura de trabajo esperada, para el producto a contener y para los máximos esfuerzos combinados debido a presiones, dilataciones u otras semejantes en las condiciones normales de servicio, transitorias de puesta en marcha, situaciones anormales y de emergencia.

Cuando pueda quedar líquido confinado entre recipientes o secciones de tuberías y haya la posibilidad de que este líquido se dilate o vaporice, deberá instalarse un sistema de alivio controlado que impida alcanzar presiones superiores a las de diseño del equipo o tubería siempre que la cantidad retenida exceda a 50 litros.

Asimismo, la instalación estará dotada de las necesarias válvulas de purga, con el fin de evitar una retención de líquidos en las tuberías cuando deban intervenir o desmontarse las tuberías o recipientes.

Aquellos puntos del sistema de tuberías en los que exista la posibilidad de proyección de líquidos y se encuentren próximos a los puntos de operación en donde las personas puedan verse expuestas, o vías de circulación, deberán protegerse mediante apantallamientos u otros sistemas adecuados.

VÁLVULAS

Las válvulas serán del tipo que la dirección de obra estime el más adecuado de cara a la línea y servicio en que vayan a ser instaladas.

Estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Durante su instalación se tendrá especial cuidado de alinear correctamente los extremos con la tubería en la que vayan a ser instaladas.

BOMBAS

Las bombas estarán diseñadas según normas de reconocida solvencia. Se suministrarán con la correspondiente bancada, sobre la que se montará el conjunto bomba-motor. La bancada estará constituida por perfiles de acero inoxidable AISI 316, dimensionada de forma que soporte los esfuerzos de arranque, y que garantice la estabilidad del conjunto bomba-motor.

Cada bomba será instalada dejando una pendiente para la evacuación de posibles derrames. Esta pendiente se dirigirá hacia el lado opuesto del motor.

El CONTRATISTA presentará al ingeniero director los planos y memorias descriptivas de las bombas a emplear, acompañados de los correspondientes certificados de pruebas de sobrecarga, rodajes, etc., efectuadas en el taller del fabricante.

VENTILADORES

Los ventiladores estarán diseñados según normas de reconocida solvencia. Se suministrará la correspondiente bancada, sobre la que se montará el conjunto ventilador-motor. La bancada estará constituida por perfiles de acero inoxidable AISI 316 y tornillería de acero inoxidable AISI 316, dimensionada de forma que soporte los esfuerzos de arranque, y garantice la estabilidad del conjunto ventilador-motor.

El CONTRATISTA presentará al ingeniero director los planos y memorias descriptivas de cada ventilador, acompañados de los correspondientes certificados de prueba de sobrecarga, rodaje,... efectuadas en el taller del fabricante.

FILTRO DE MANGAS

El filtro de mangas estará diseñado según normas de reconocida solvencia. Se suministrarán con la correspondiente estructura, sobre la que se montará el conjunto filtro de manga-contenedor. La estructura estará constituida por perfiles de acero inoxidable AISI 304, dimensionada de forma que soporte los esfuerzos y que garantice la estabilidad del conjunto.

El CONTRATISTA presentará al ingeniero director los planos y memoria descriptiva del filtro de mangas a emplear, acompañados de los correspondientes certificados de pruebas efectuadas en el taller del fabricante.

INTERCAMBIADOR DE CALOR

El intercambiador de calor estará diseñado según normas de reconocida solvencia. Se suministrarán con la correspondiente estructura, sobre la que se montará el conjunto del intercambiador de calor. La estructura estará constituida por perfiles de acero inoxidable AISI 304, dimensionada de forma que soporte los esfuerzos y que garantice la estabilidad del conjunto.

El CONTRATISTA presentará al ingeniero director los planos y memoria descriptiva del intercambiador de calor a emplear, acompañados de los correspondientes certificados de pruebas efectuadas en el taller del fabricante.

TORRES DE RELLENO

Las torres estarán diseñadas según normas de reconocida solvencia, siguiendo la siguiente reglamentación:

- Reglamento de Aparatos a Presión y su Instrucción Técnica Complementaria.
- Ordenanza general de Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- Norma Básica de la Edificación NBE-EA, Acciones en la Edificación.
- Norma de Sismorresistencia PDS-1.

Los criterios de diseño seguidos son:

- Tensiones admisibles: Las tensiones admisibles a tener en cuenta serán a tracción, a compresión, a cortadura, las tensiones adicionales que se producen en los fondos, las circunferenciales en los extremos de las cunas y cargas debidas al viento o terremoto.
- Espesores requeridos: Se tendrán en cuenta las exigencias del Código ASME, más una serie de criterios adicionales recogidos en el Reglamento de Aparatos a Presión y su Instrucción Técnica Complementaria.
- Sobreespesor para corrosión: Será el indicado en la hoja de datos de cada equipo.
- Fondos y zonas de transición: Los criterios de elección de su forma dependerán de las condiciones a las que esté sometido el recipiente y se seleccionará según lo indicado en el Reglamento de Aparatos a Presión y su Instrucción Técnica Complementaria.
- Soportes: Los recipientes verticales serán diseñados como unidades autosoportadas. Como soportes pueden utilizarse: faldones, patas, silletas y consolas.
- Pescantes: Todos los recipientes verticales tendrán instalado un pescante de capacidad suficiente para desmontar las válvulas en cabeza y/o internos y en ningún caso esta capacidad será inferior a 500 Kg. Dicho pescante estará de acuerdo con el STD-RP-044.
- Cubetos de retención: Utilizados para la contención de los líquidos en caso de fugas o derrames. La capacidad del cubeto se mide considerando que el recipiente no existe, es decir, será el volumen del líquido que pueda quedar retenido dentro del mismo, incluyendo el del recipiente hasta el nivel del líquido en el cubeto. Las paredes y fondos de los cubetos deberán ser de un material que asegure la estanqueidad de los productos almacenados durante el tiempo necesario previsto para su evacuación, con un tiempo mínimo de cuarenta y ocho horas, debiendo ser diseñadas para poder resistir la presión hidrostática debida a la altura total del líquido a cubeto lleno. El fondo del cubeto tendrá una pendiente mínima del 1%, de forma que todo el producto derramado escurra rápidamente hacia un sumidero de drenaje. Las tuberías que no estén enterradas no deben atravesar más

cubeto que el del recipiente al que esté conectada. El paso de las tuberías a través de las paredes de los cubetos deberá hacerse de forma que su estanqueidad quede asegurada.

El material de construcción del recipiente dependerá de los requerimientos del producto almacenado y será el indicado en los planos y hojas de datos y estarán de acuerdo con las Especificaciones de la sección II del Código ASME. En caso de duda, el proyectista, el productor, distribuidor u otro consultor competente certificará la conveniencia del material de construcción a ser usado.

La calidad de las chapas para la envolvente y fondos de los recipientes serán los indicados en el Reglamento de Aparatos a Presión y su Instrucción Técnica Complementaria.

Las tuberías unidas a los recipientes seguirán las especificaciones del Reglamento de Aparatos a Presión y su Instrucción Técnica Complementaria, siendo en este caso de acero al carbono inoxidable 316 y de grado correspondiente al material de la envolvente.

Los materiales utilizados para la fabricación de las bridas estarán de acuerdo con las Especificaciones del Reglamento de Aparatos a Presión. En el presente proyecto serán de acero al carbono SA-182 y de grado correspondiente al material de la envolvente. Las juntas, espárragos y tuercas serán los correspondientes a la clase de tubería.

Todo recipiente deberá diseñarse para resistir las *Pruebas Hidráulicas* siguientes:

- Prueba en el taller del fabricante, la cual se realizará con el recipiente en su posición de fabricación, si no es posible realizarla en su posición de operación, y estará de acuerdo con ASME VIII, Div. 1, y con el Reglamento de Aparatos a Presión y su Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-6.
- Prueba inicial en el lugar de instalación, la cual se realizará con el recipiente en su posición de operación y de acuerdo con ASME VIII, Div. 1, y con el Reglamento de Aparatos a Presión y su Instrucción Técnica Complementaria.
- Pruebas periódicas que se realizarán de acuerdo con el Reglamento de Aparatos a Presión y su Instrucción Técnica Complementaria.

Se tendrá que realizar un *Análisis Vibratorio* siempre y cuando se den simultáneamente las siguientes circunstancias:

- Altura total de la columna sea superior a 30 metros.
- $\frac{W}{L \cdot D_r^2} \leq 25$

donde “L” es la altura del recipiente (pies), “W” es el peso total de la columna (incluidos los internos) en libras y “D_r” es el diámetro medio de la mitad superior de la columna, en pies.

REDES DE DRENAJE

Las redes de drenaje se diseñarán para proporcionar una adecuada evacuación de los fluidos residuales, agua de lluvia, de proceso, de servicios contra incendios y otros similares. Los materiales de las conducciones y accesorios serán adecuados para resistir el posible ataque químico de los productos que deban transportar.

CIMENTACIONES

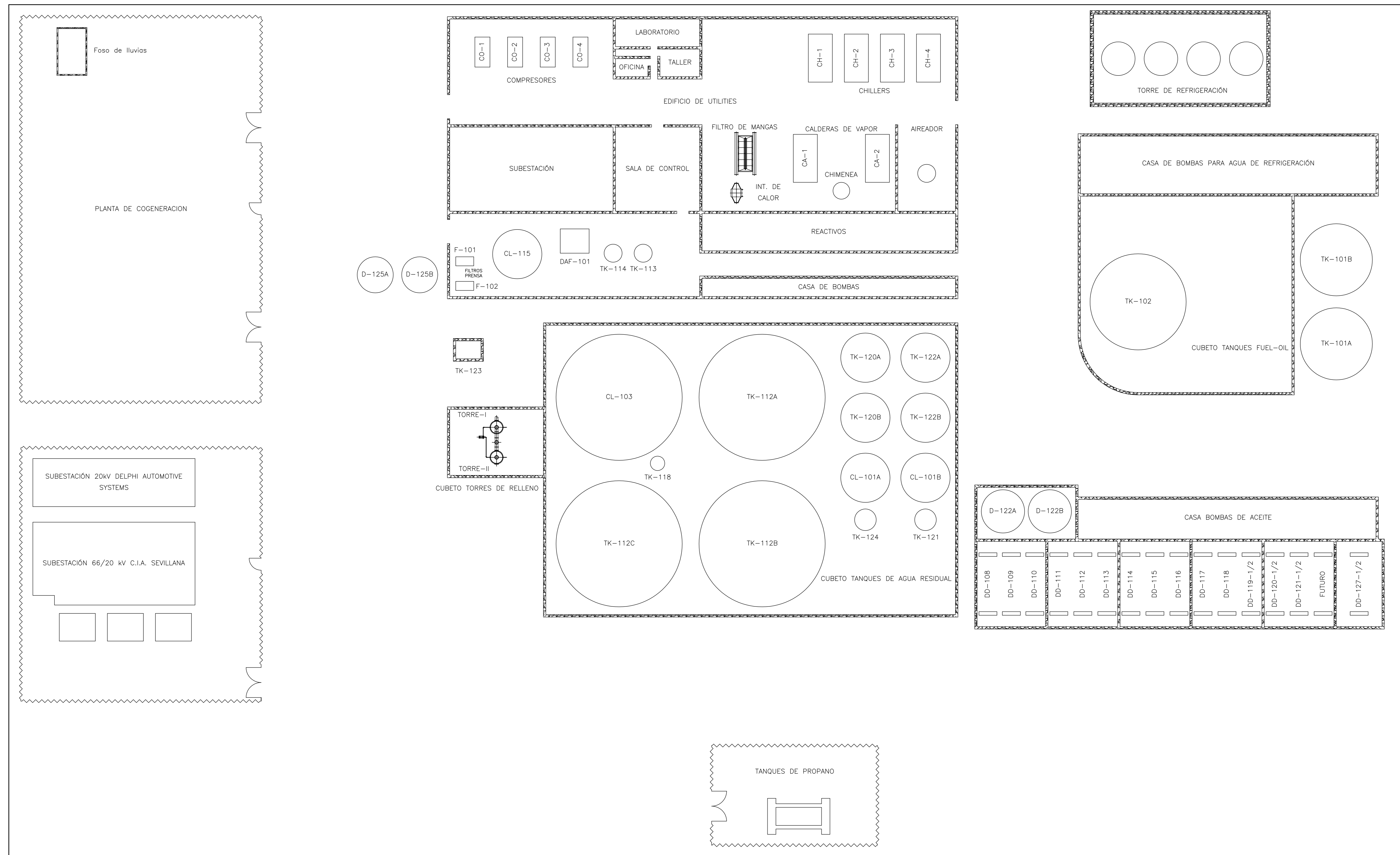
El material utilizado en una fundación típica para sustituir los materiales blandos inadecuados debe ser homogéneo, preferiblemente granular y estable, exento de materias orgánicas o perjudiciales.

En el caso de tanques con fondo plano, la superficie sobre la que descansa el fondo del tanque deberá quedar a 30 centímetros como mínimo, por encima del suelo.

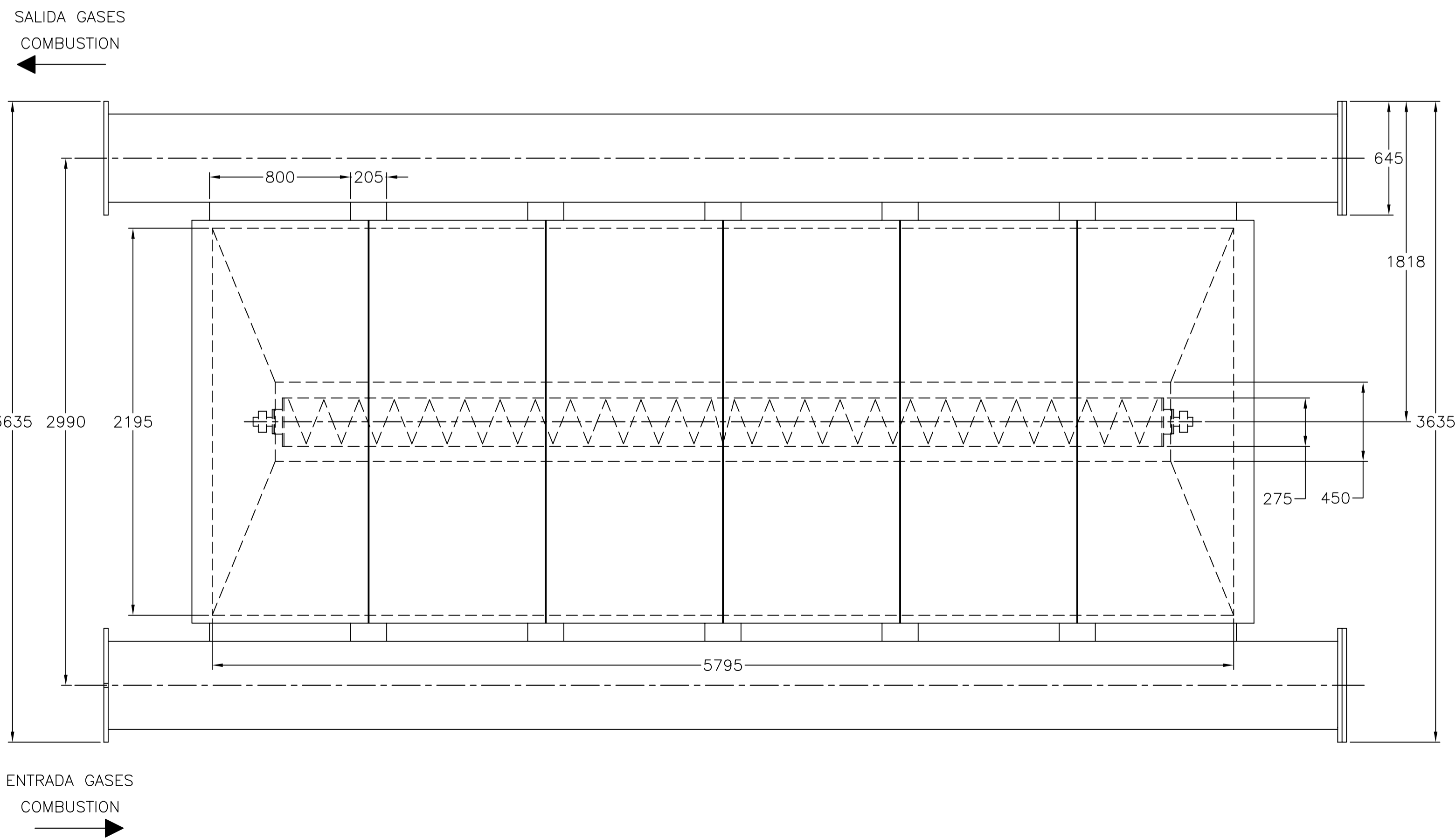
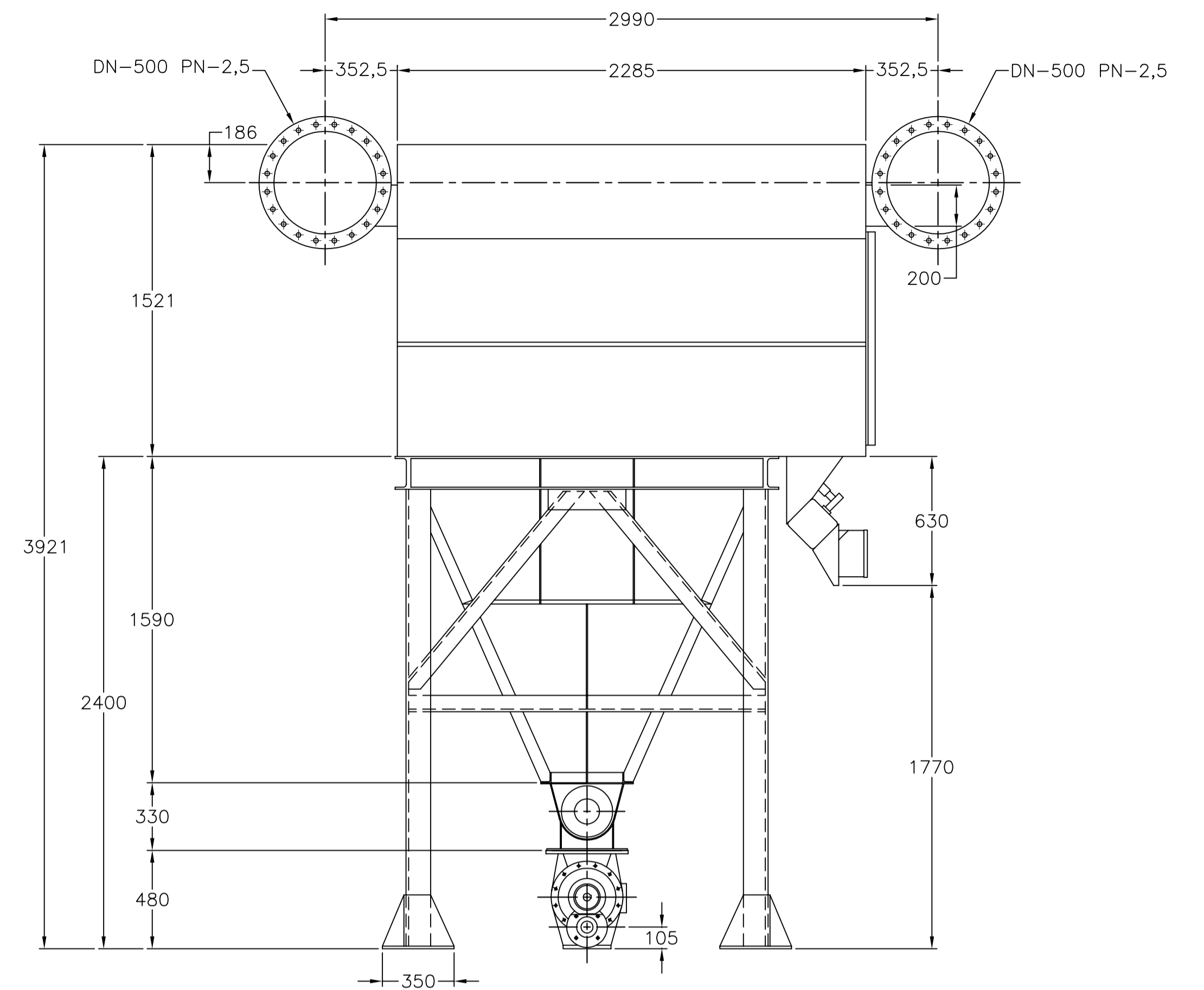
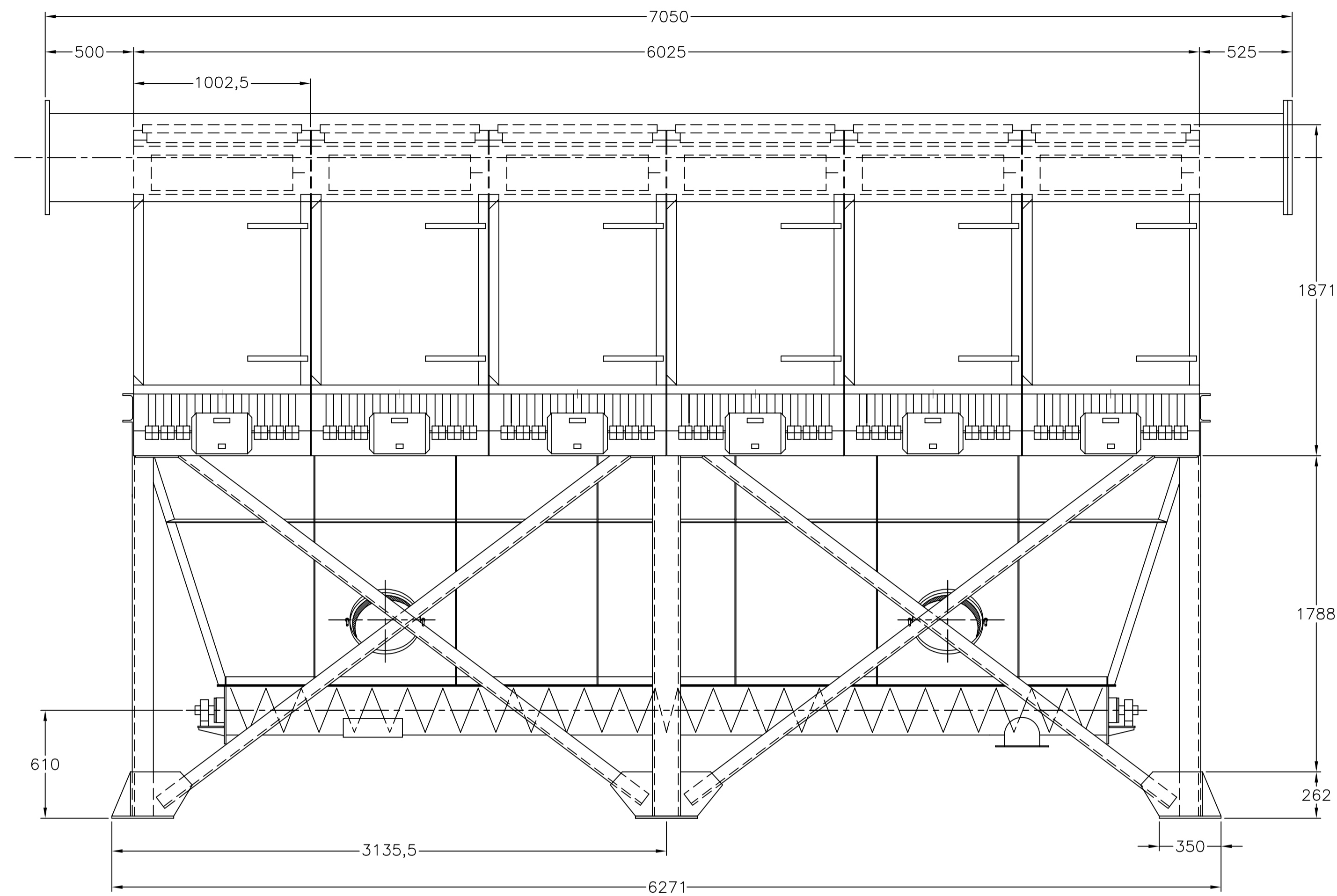
Además, como cota a sumar a los valores iniciales indicados, es aconsejable tener en cuenta el asentamiento para que al final del mismo no se entierre el tanque.

Cuando las condiciones del subsuelo impongan el empleo de una estructura de hormigón armado y pilotes, éstos se deberán diseñar de acuerdo con la vigente instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado. El hormigón se dosificará o se protegerá de modo que se evite que sea atacado el propio hormigón o sus armaduras por un derrame accidental.

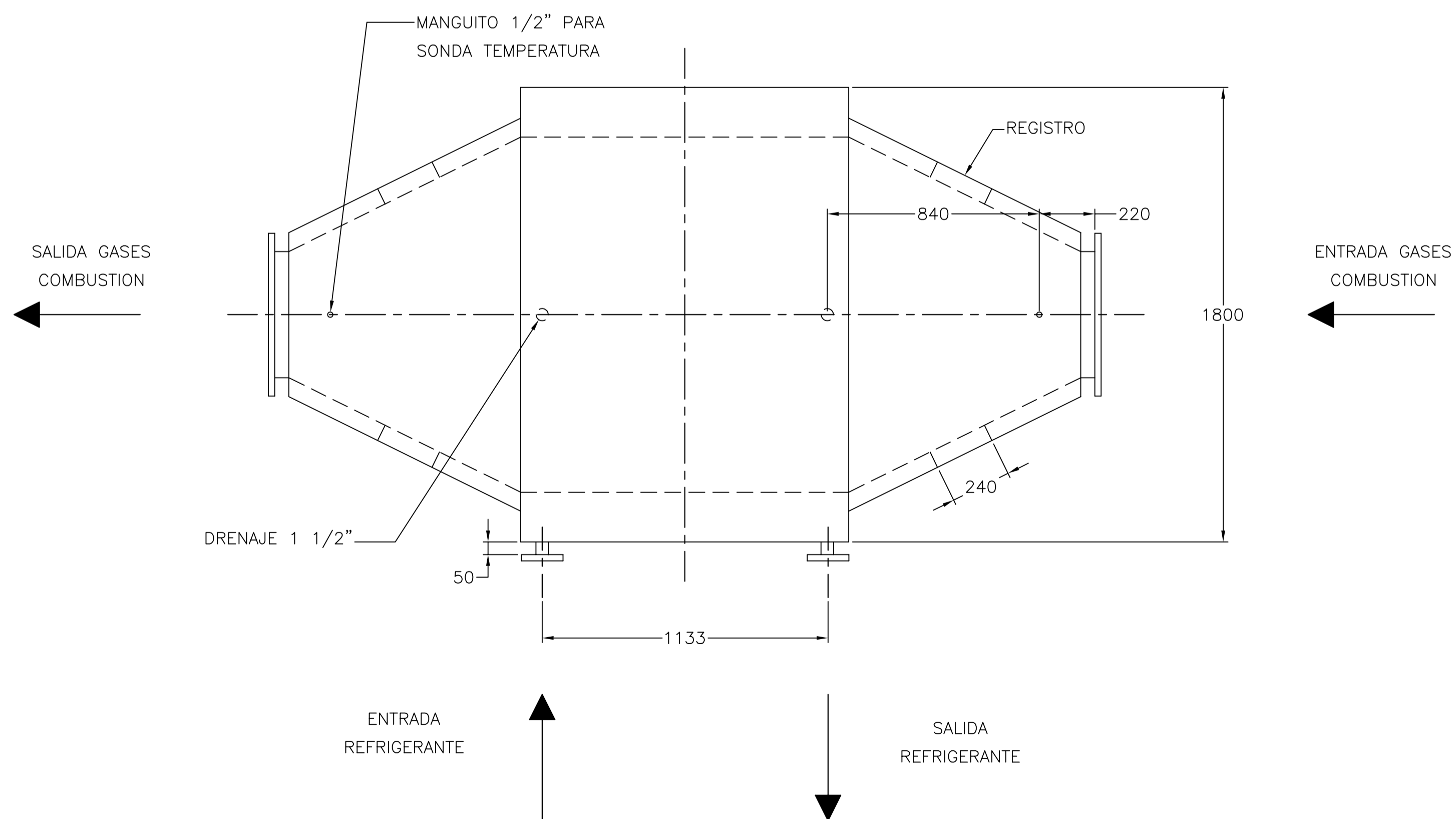
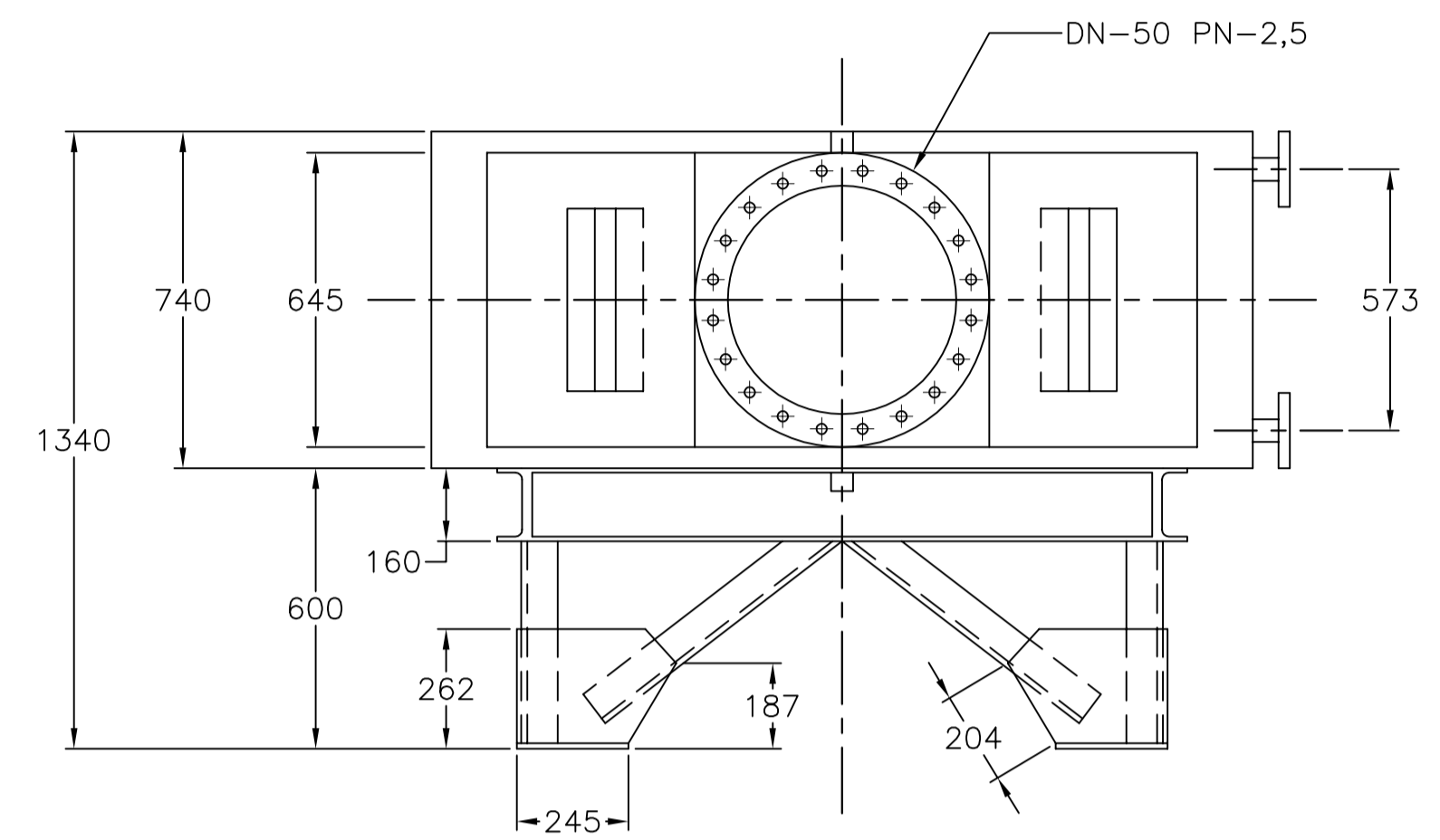
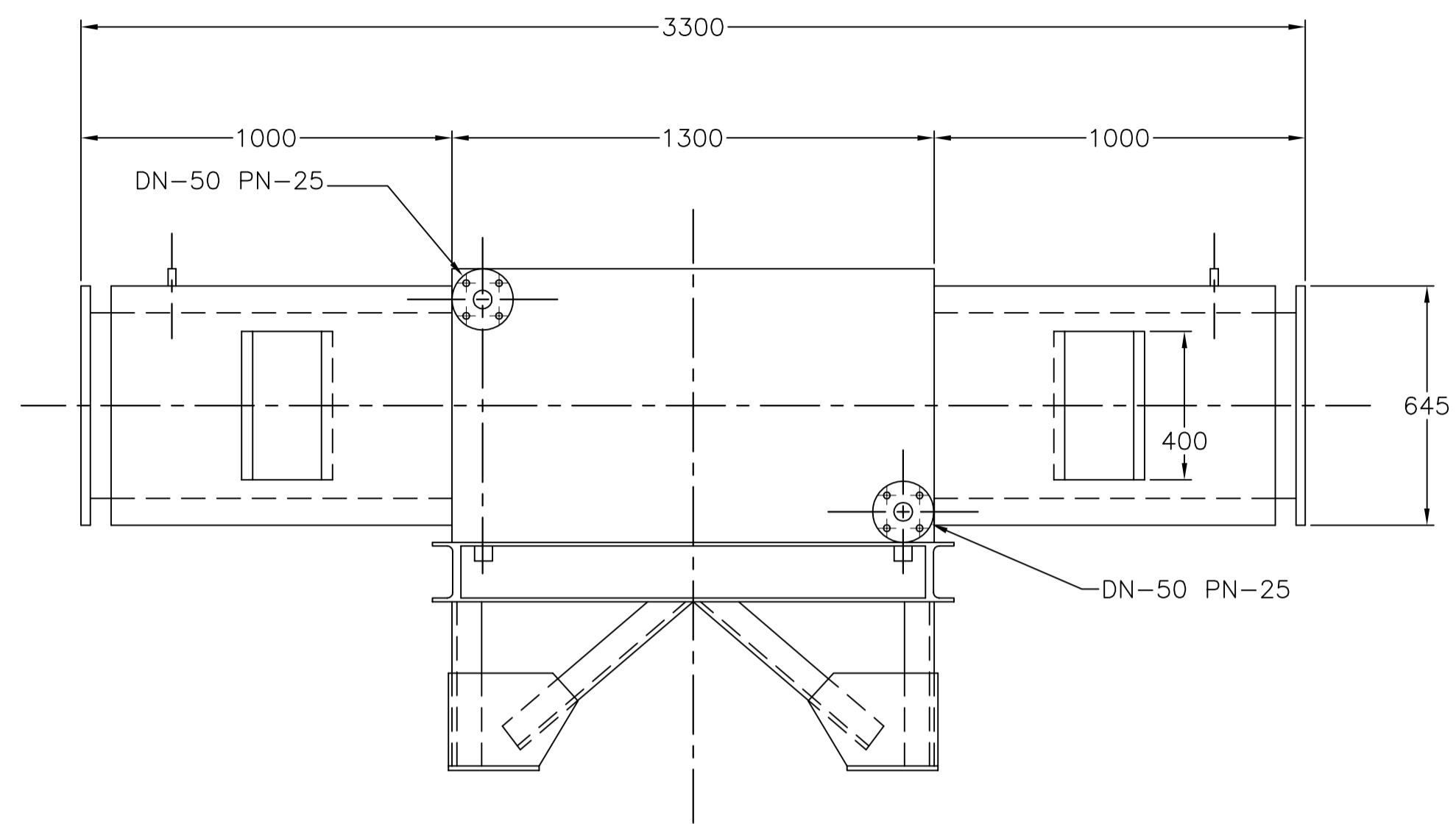
DOCUMENTO N° 3
PLANOS



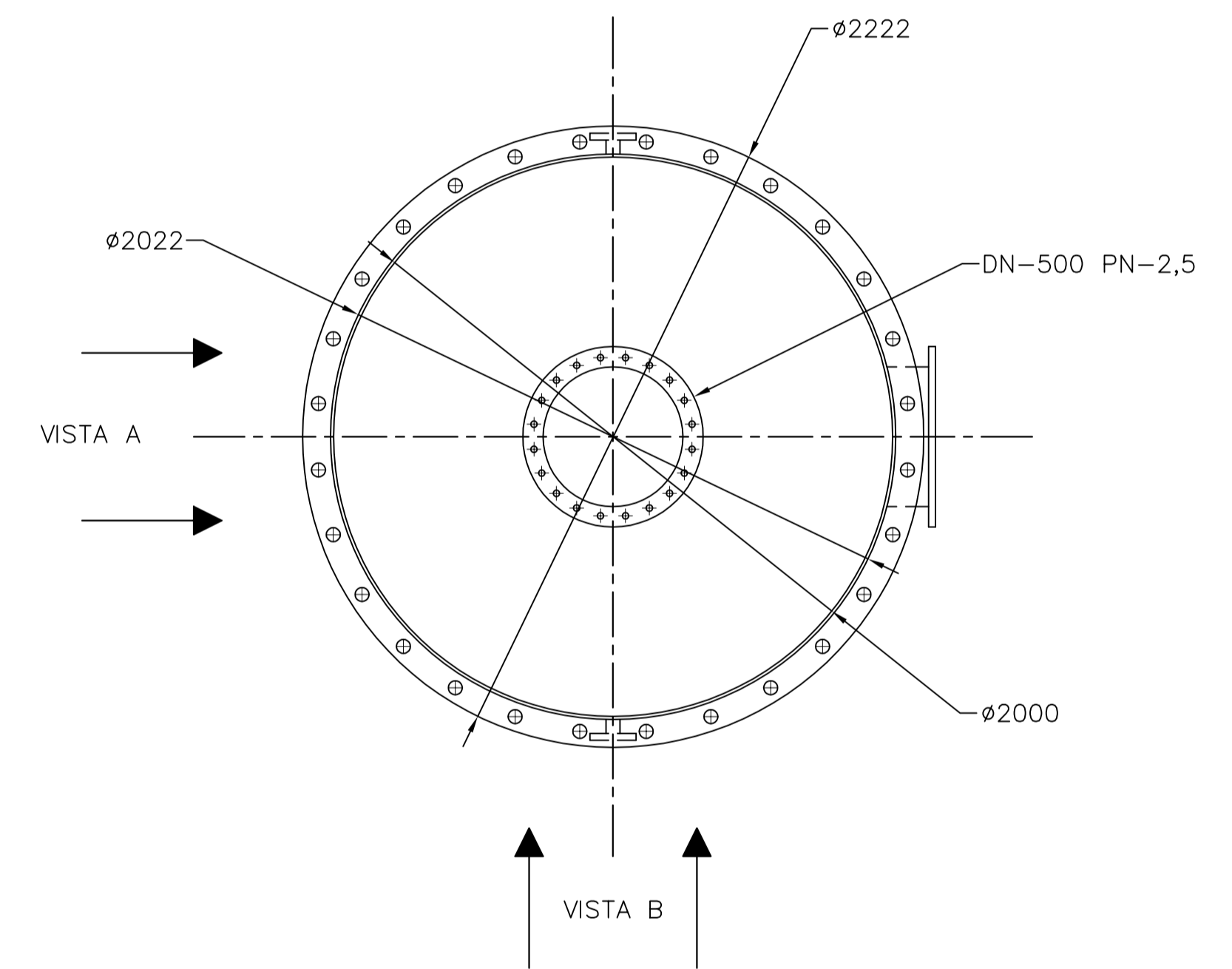
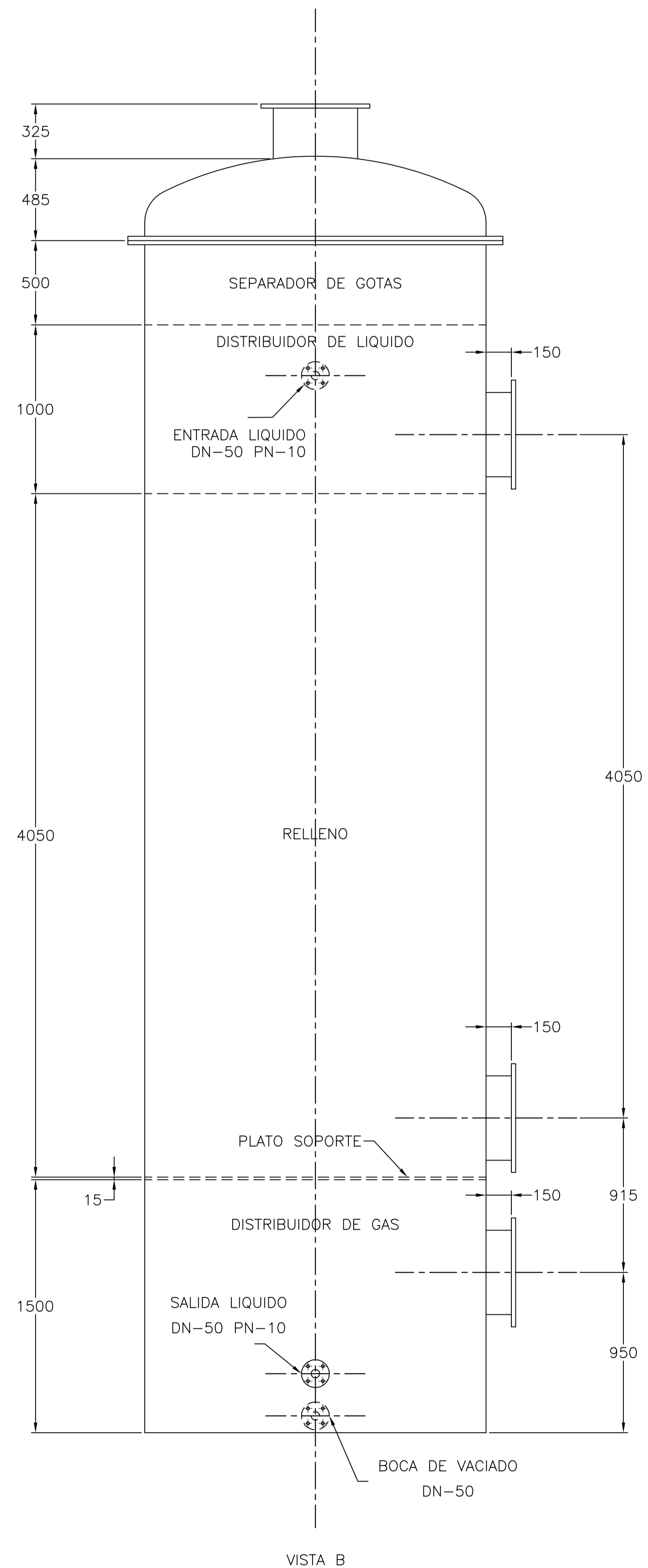
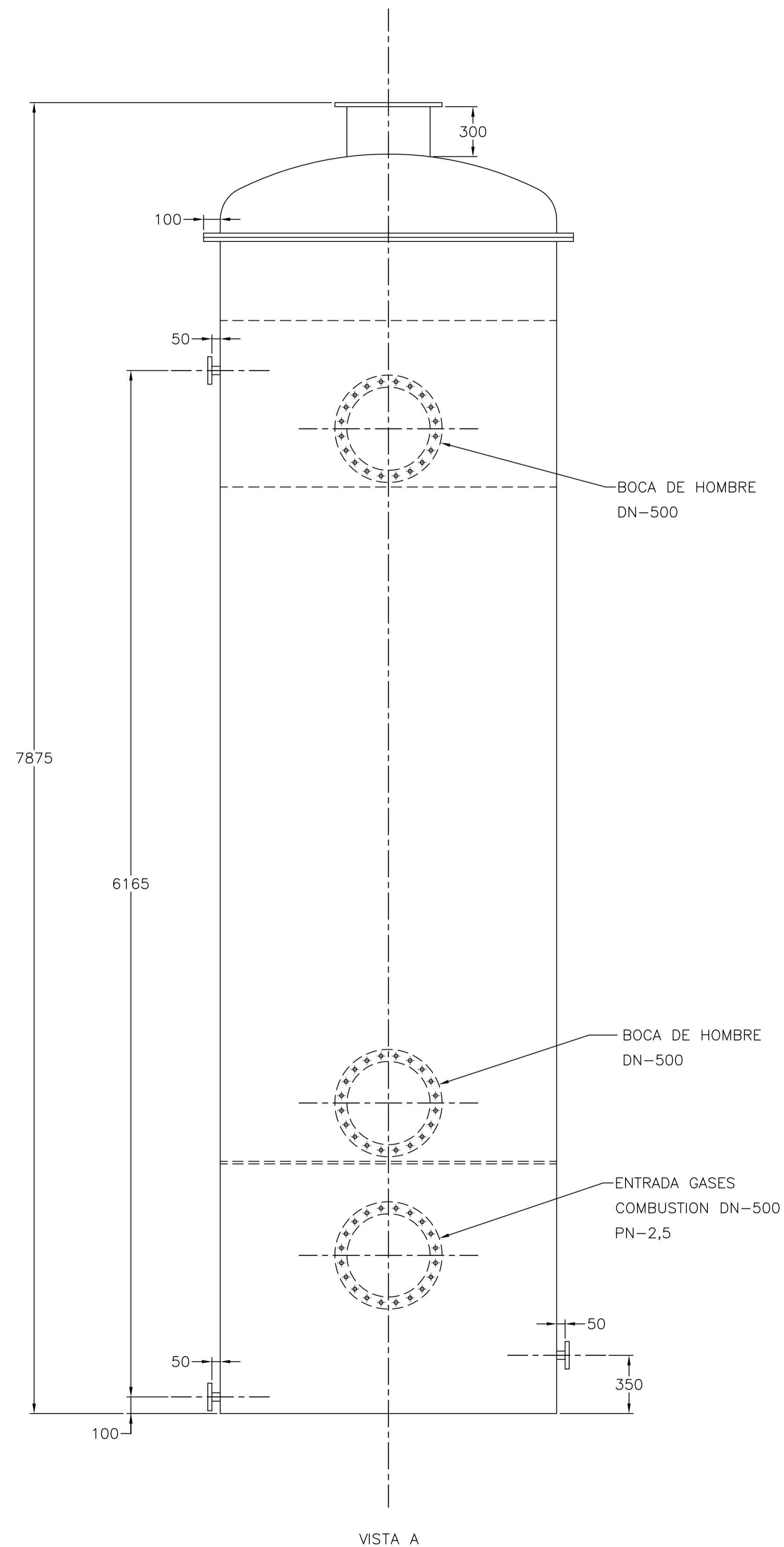
Diseño e instalación de un sistema para el aprovechamiento del SO2 procedente de gases de combustión en el tratamiento de agua residuales crómicas			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	Diciembre 2005	José Manuel Bernal Aguilar	
Escala: 1/250	Plano N°: 1	Distribución en planta de los equipos	



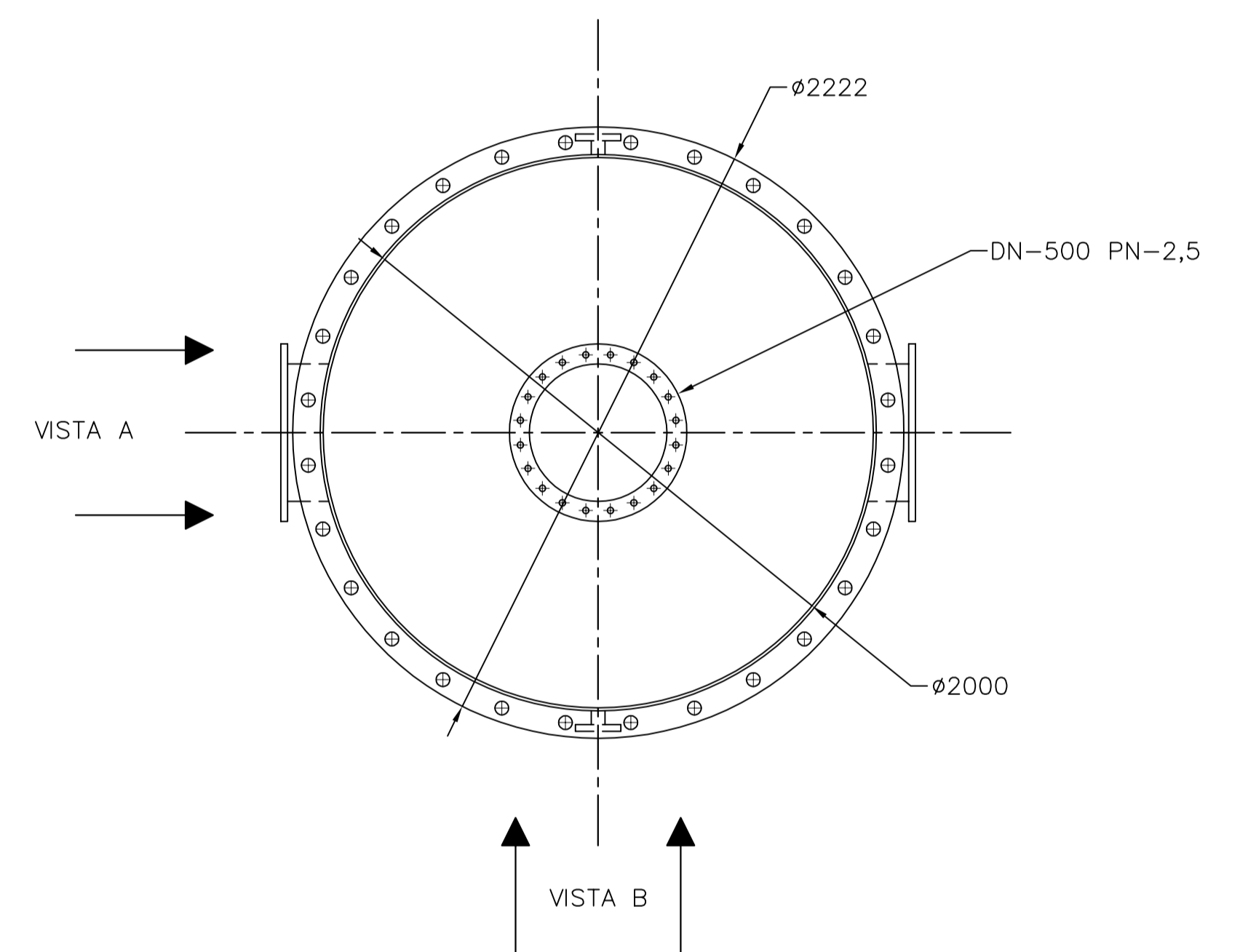
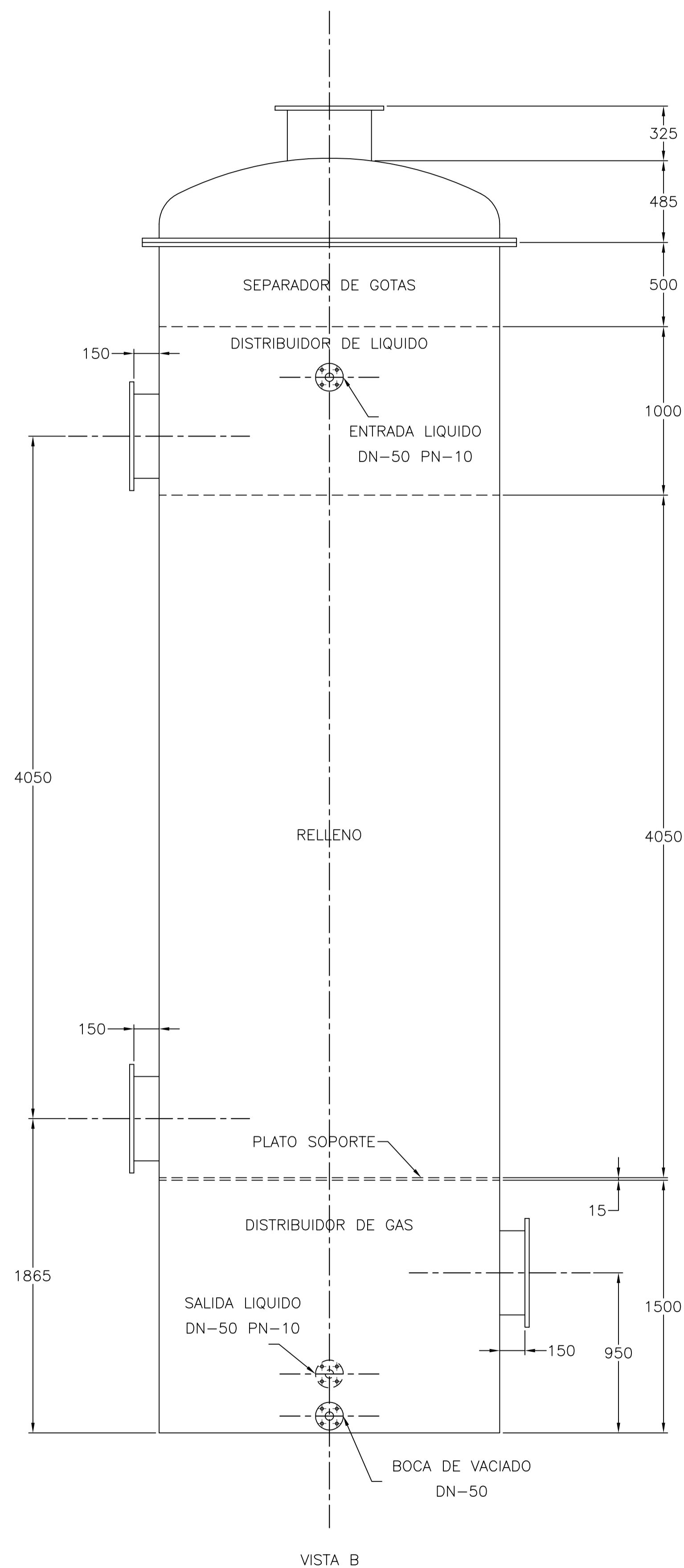
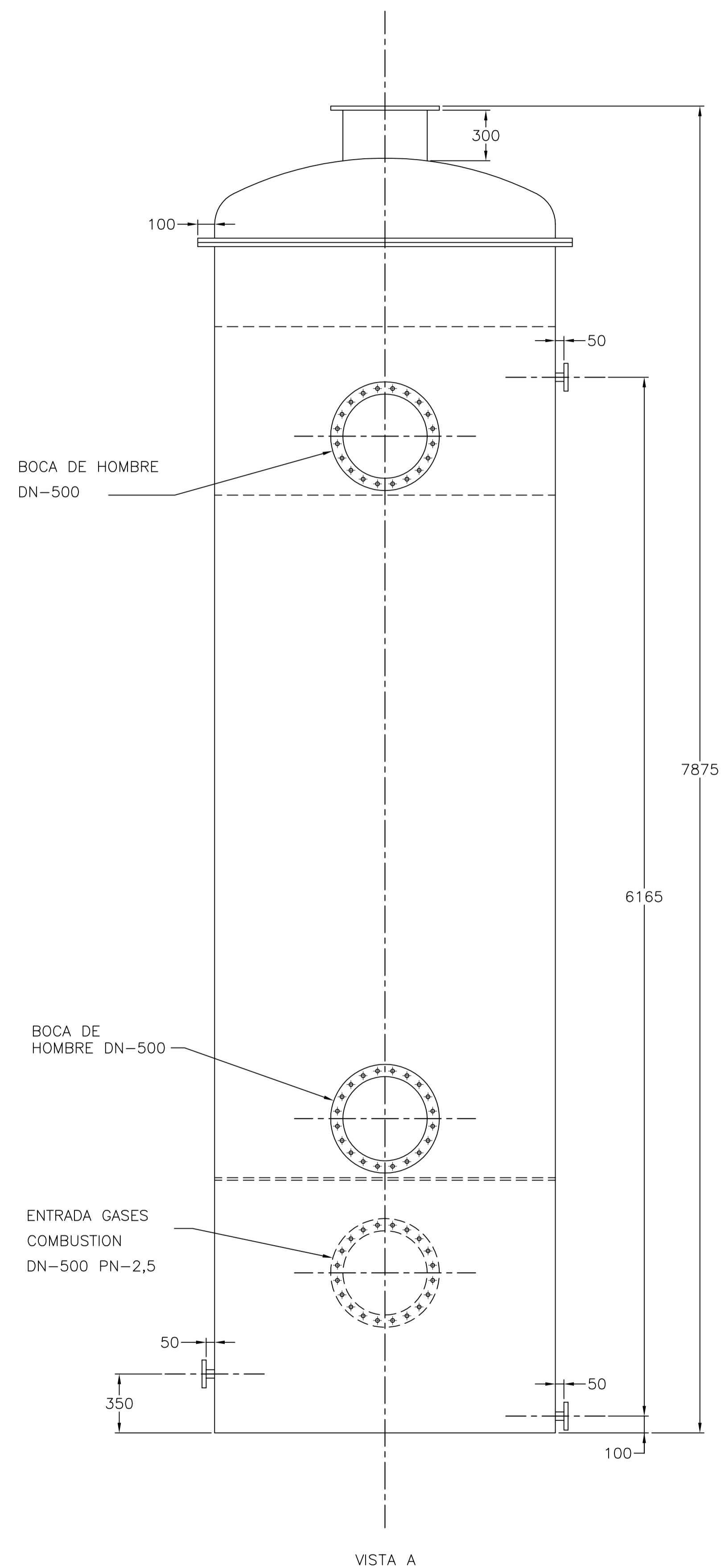
Diseño e instalación de un sistema para el aprovechamiento del SO ₂ procedente de gases de combustión en el tratamiento de agua residuales crómicas			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	Diciembre 2005	José Manuel Bernal Aguilar	
Escala: 1/20	Plano N°: 2	Filtro de mangas	



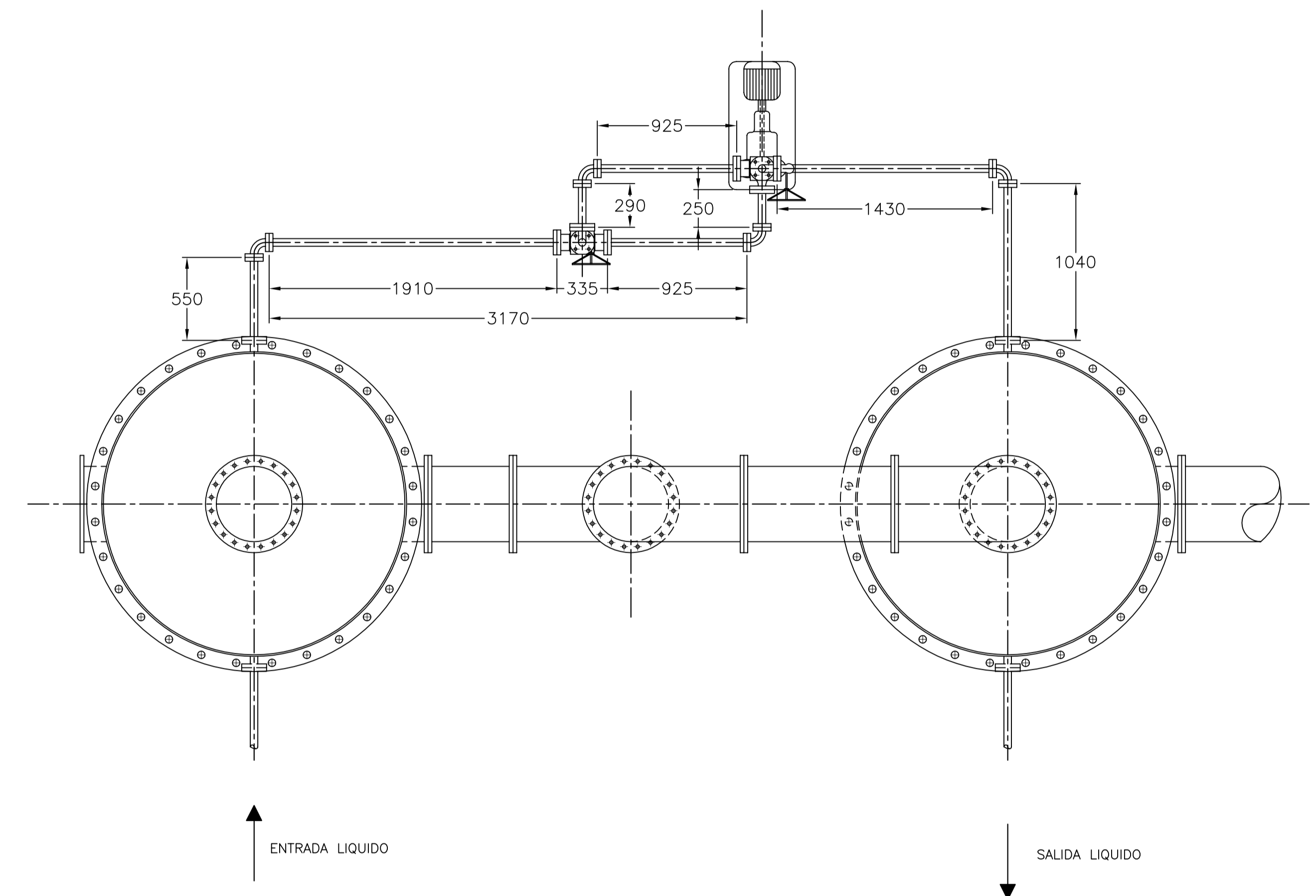
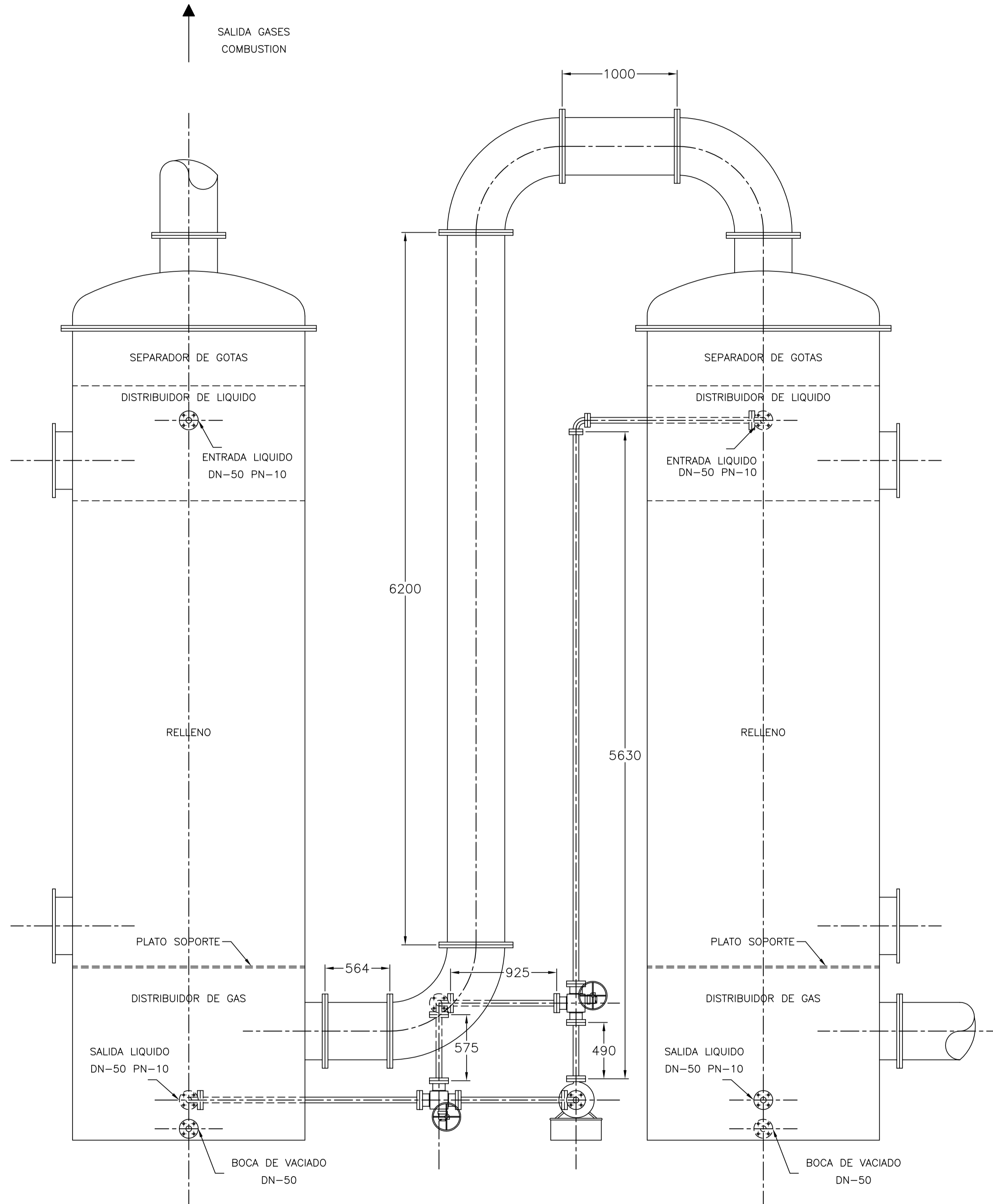
Diseño e instalación de un sistema para el aprovechamiento del SO ₂ procedente de gases de combustión en el tratamiento de agua residuales crómicas			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	Diciembre 2005	José Manuel Bernal Aguilar	
Escala: 1/15	Plano N°: 3	Intercambiador de calor	



Diseño e instalación de un sistema para el aprovechamiento del SO ₂ procedente de gases de combustión en el tratamiento de agua residuales crómicas			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	Diciembre 2005	José Manuel Bernal Aguilar	
Escala: 1/20	Plano N°: 4	Torre de relleno I. Planta y alzado	



Diseño e instalación de un sistema para el aprovechamiento del SO ₂ procedente de gases de combustión en el tratamiento de agua residuales crómicas			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	Diciembre 2005	José Manuel Bernal Aguilar	
Escala: 1/20	Plano N°: 5	Torre de relleno II. Planta y alzado	



ENTRADA GASES
COMBUSTION

Diseño e instalación de un sistema para el aprovechamiento del SO2 procedente de gases de combustión en el tratamiento de agua residuales crómicas			
	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	Diciembre 2005	José Manuel Bernal Aguilar	
Escala: 1/25	Plano N°: 6	Sistema de tratamiento de agua residual. Planta y alzado	

DOCUMENTO N° 4
PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

El estudio económico tiene por objeto determinar los costes globales del proceso. Esto implica determinar los costes fijos, así como los costes variables correspondientes a consumo de servicios tales como energía eléctrica, agua, etc.

CAPÍTULO 1: COSTES FIJOS

1.1. COSTE DE LOS EQUIPOS

En éste apartado se va a realizar una breve descripción de cada uno de los equipos de la planta. Así, se indicará el precio unitario y el precio total para cada equipo.

Equipo	Uds.	Coste unitario	Coste total
Filtro de mangas	1	31.359 €	31.359 €
Intercambiador de calor	1	112.500 €	112.500 €
Torres de relleno	2	85.175 €	170.350 €
Bomba para agua residual crómica	6	3.810,80 €	22.864,80 €
Bomba para refrigerante – agua para aporte de caldera	2	1.573,20 €	3.146,40 €
Ventilador para gases combustión	2	10.950 €	21.900 €

Figura 1: Coste total de los equipos.

El coste total de todos los equipos (C.E.) necesarios en la instalación asciende a: **362.120,20 €**.

A la hora de determinar el coste total de los equipos se han duplicado el número de bombas y de ventiladores como medida de prevención.

1.2. RESUMEN DEL CAPITAL ESTIMADO

COSTES DIRECTOS DE LA PLANTA (C.D.):

- Costes de los equipos (C.E.): 362.120,20 €
- Instalación (0,5·C.E.): 181.060,10 €
- Conducciones (0,35·C.E.): 126.742,07 €
- Instrumentación (0,6·C.E.): 217.272,12 €
- Aislamientos (0,03·C.E.): 10.863,61 €
- Red eléctrica (0,15·C.E.): 54.318,03 €
- Adquisición del terreno y construcción (0,5·C.E.): 181.060,10 €

TOTAL C.D.: 1.133.436,23 €

COSTES INDIRECTOS DE LA PLANTA (C.I.):

- Ingeniería (0,25·C.D.): 283.359,06 €
- Construcción (0,35·C.D.): 396.702,68 €

TOTAL C.I.: 680.061,74 €

COSTE TOTAL DE LA PLANTA (C.T.):

C.T. = C.D. + C.I. = 1.813.497,97 €

CAPITAL DIRECTO A INVERTIR (C.D.I.):

- Retribuciones contractuales (0,05·C.T.): 90.674,90 €
- Contingencias (0,1·C.T.): 181.349,80 €

C.D.I. = C.T. + retribuciones + contingencias = 2.085.522,67 €

TOTAL +16% IVA: 2.419.206 €

CAPÍTULO 2: COSTES VARIABLES. REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN

En esta partida económica se van a incluir los costes de mantenimiento de los equipos de procesos y sistemas auxiliares, los costes de electricidad, los costes de la transmisión de calor tanto del vapor como del refrigerante y de los reactivos.

2.1. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS AUXILIARES

Si se considera este gasto, como suele ser habitual, en un 5% del inmovilizado de los equipos de proceso, el coste anual de mantenimiento es de: **56.671,81 €/año.**

2.2. COSTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Si los requerimientos de potencia son de 1.500 W por cada bomba centrífuga, 5.500 W por la bomba de refrigerante-agua para aporte de caldera y 90.000 W del ventilador, en total se tendrá una potencia instalada de 100.000 W. No se han tenido en cuenta ni los sensores, ni los actuadores de las válvulas, a la hora de determinar el coste de la energía eléctrica puesto que su consumo eléctrico puede considerarse despreciable.

La P.T.A.R. no debe parar, salvo que se realice alguna actividad de reparación, inspección, mantenimiento, etc. , por lo que se va a suponer que durante un año opera de forma interrumpida, trabaja 8.760 horas anuales. Considerando que el precio del kW/h es de 0,083 €, el coste anual de energía eléctrica es de: **72.708 €/año.**

Equipo	Potencia (kW)	Cantidad anual (kW·h)	Coste (€/año)
Bomba centrífuga para agua residual crómica	1,5	39.420	3.271,86
Bomba para refrigerante—agua para aporte de caldera	5,5	48.180	3.998,94
Ventilador	90	788.400	65.437,20

Figura 2: Coste de la energía eléctrica.

2.3. TRANSMISIÓN DE CALOR: REFRIGERANTE

Según *Principio de operaciones unitarias (Alan S. Foust)* enfriar los gases de combustión lleva asociado unos costes que, de forma aproximada puede cifrarse en 5 € por millón de Kcal retiradas. Así, considerando que el intercambiador de calor proyectado tiene una potencia de 425.000 kcal/h, por lo tanto el coste anual de refrigeración asciende a 18.615 €/año.

Equipo	Calor a retirar (kcal/h)	Cantidad anual	Coste (€/año)
Intercambiador de calor	425.000	$3.723 \cdot 10^6$	18.615

Figura 3: Transmisión de calor. Refrigerante.

2.4. TRANSMISIÓN DE CALOR: VAPOR DE AGUA

Según *Principio de operaciones unitarias (Alan S. Foust)* la producción del vapor de agua lleva asociado unos costes que, de forma aproximada puede cifrarse en 13 € por millón de Kcal consumidas.

El consumo de la caldera es de 24.000 kg/h de agua. Actualmente la caldera se alimenta únicamente con agua procedente de la desaladora sita en la propia planta a 30 °C.

El presente proyecto propone utilizar agua precalentada proveniente del intercambiador de calor para alimentar la zona baja de la caldera, de forma que la alimentación de la caldera quedaría 6.483,58 kg/h a 95 °C y 17.516,42 kg/h a 30 °C.

Con la modificación realizada en el presente proyecto se obtendría una disminución en los costes de la producción de vapor de **48.277,23 €/año**.

Equipo	Calor a aportar (kcal/h)	Cantidad anual	Coste (€/año)
Caldera (configuración actual)	1.689.957	14.804,026 · 10 ⁶	192.452,34
Caldera (con agua precalentada)	1.266.026	11.090,393 · 10 ⁶	144.175,11

Figura 4: Transmisión de calor. Vapor de agua.

2.5. REACTIVOS

De todos los reactivos empleados en el proceso y debido al bajo consumo registrado, solo se tendrá en cuenta el SO₂ a la hora de hacer el estudio económico.

El presente proyecto se ha desarrollado de forma que con un único paso del agua residual a través de las torres de lavado, ésta absorbe todo el SO₂ y queda reducida a Cr³⁺, de forma que no es necesaria su difusión en los tanques de tratamiento, aunque éstos están provistos de difusores en el fondo de los mismos.

Los gases de combustión generan 28,45 kg/h de SO₂. Si el precio del SO₂ en el mercado es de 1,5 €/kg, se consigue un ahorro de **373.883 €/año**.

Reactivo	Cantidad (kg/h)	Cantidad anual	Ahorro (€/año)
SO ₂	28,45	249.222	373.883

Figura 5: Costos de reactivos (SO₂).

El cómputo total de los costes variables anuales es:

TOTAL GASTOS: 147.994,81 €/año

TOTAL BENEFICIOS: 422.110,23 €/año

TOTAL BENEFICIOS – GASTOS: 274.115,42 €/año

El resultado de los costes variables es relativo, puesto que no se ha tenido en cuenta los gastos de los restantes reactivos (sosa, hipoclorito, ácido sulfúrico y floculante polimérico), así como los gastos correspondientes al consumo energético de la sala de control. De todas formas los gastos correspondientes a las partidas mencionadas anteriormente son insignificantes con respecto al cómputo total.

De acuerdo con estos cálculos la ejecución del presente proyecto quedaría completamente amortizada en 9 años, obteniendo a partir de aquí un beneficio de **274.115,42 €/año**.

