

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Desodorización de las emisiones de una estación depuradora de aguas residuales mediante absorción química

Autor: Francisco ACOSTA MORENO

Fecha: Abril 2005





DESODORIZACIÓN DE LAS EMISIONES OLOSAS DE UNA EDAR MEDIANTE ABSORCIÓN QUÍMICA

1.- OLORES EN UNA EDAR

La problemática de los olores esta considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales, ya que los olores en condiciones extremas pueden desanimar las inversiones de capital, hacer descender el nivel socioeconómico y reducir el crecimiento. Estos problemas pueden dar lugar al descenso de las rentas y el mercado de propiedades, los ingresos por impuestos, y las ventas.

En los últimos años, con el fin de mejorar la opinión pública respecto a la implantación de los sistemas de tratamiento, el control y la limitación de los olores han pasado a ser factores de gran importancia en el diseño y proyecto de redes de alcantarillado, plantas de tratamiento y sistemas de evacuación de aguas residuales. A la vista de la importancia de los olores dentro del ámbito de la gestión de las aguas residuales, resulta conveniente estudiar los efectos que producen, como se detectan y como caracterizarlos y medirlos.

Normalmente los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. En las plantas de tratamiento de aguas residuales, las principales causas de olores tienen su origen en:

- Agua residual séptica que contiene sulfuro de hidrógeno y otros compuestos olorosos.
- Residuos industriales evacuados a la red de alcantarillado.
- Residuos de desbaste y arenas sin lavar.
- Instalaciones de manipulación de fangos de fosas sépticas.

- Espumas en los tanques de sedimentación primaria.
- Procesos de tratamiento biológico sobrecargados.
- Espesadores de fangos.
- Operaciones de quemado del gas residual, cuando se emplean temperaturas inferiores a la óptima.
- Instalaciones de acondicionamiento y deshidratación de fangos.
- Incineradores de fangos.
- Fango digerido en eras de secado o en tanques de almacenamiento.
- Operaciones de compostaje de fangos.

Umbral de olor de los compuestos olorosos asociados al agua residual bruta.
(Metcalf & Eddy., 1995)

<i>Compuesto oloroso</i>	<i>Detección, ppmV</i>	<i>Identificación, ppmV</i>
<i>Amoniaco</i>	17	37
<i>Cloro</i>	0.080	0.314
<i>Sulfuro de dimetilo</i>	0.001	0.001
<i>Sulfuro de difenilo</i>	0.0001	0.0021
<i>Mercaptano de etilo</i>	0.0003	0.001
<i>Sulfuro de hidrógeno</i>	<0.00021	0.00047
<i>Indola</i>	0.0001	
<i>Metil amina</i>	4.7	
<i>Mercaptano de metilo</i>	0.0005	0.001
<i>Eskatol</i>	0.001	0.019

En el presente proyecto se considera un caudal de 10.000 m³/h de gases, con las siguientes concentraciones de gases olorosos:

Componente	Concentración máxima (mg/Nm³)
H ₂ S	5
CH ₃ SH	3
(CH ₃) ₂ S + (CH ₃) ₂ S ₂	1
NH ₃	< 6

La eliminación de estos gases se realizará mediante dos etapas:

- Primera etapa: NaOCl al 5%.
- Segunda etapa: NaOH al 10%.

La eficacia de lavado para los distintos gases que componen el aire sucio será:

- 99% de H₂S.
- 98% de CH₃SH.
- 98% de (CH₃)₂S + (CH₃)₂S₂.

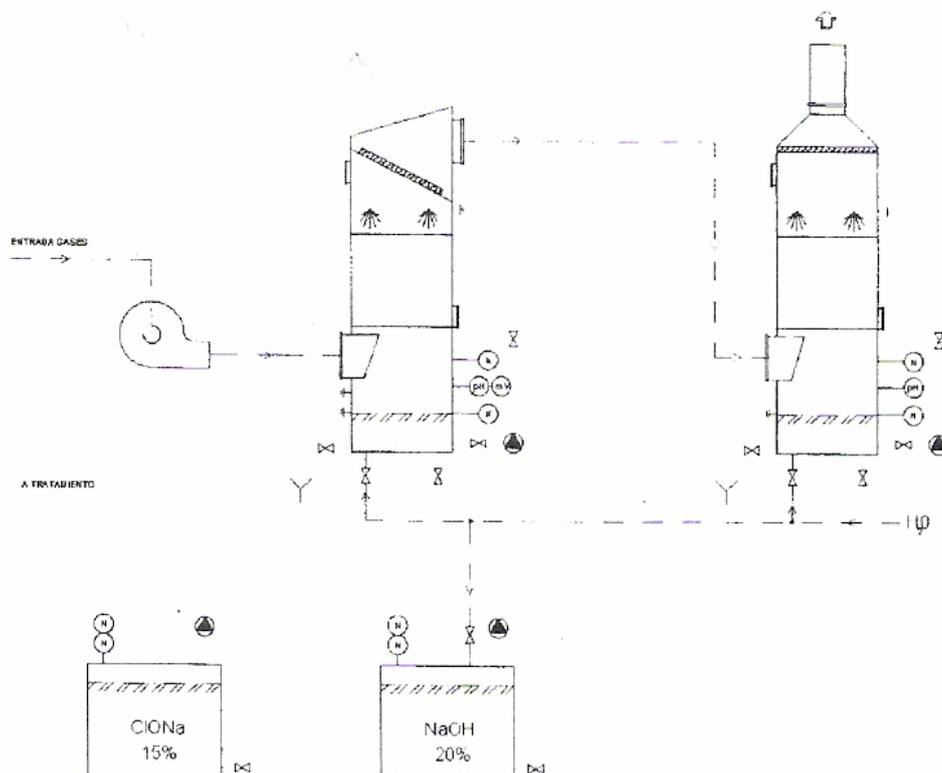
2.- DESODORIZACION MEDIANTE ABSORCIÓN QUÍMICA

La instalación consta de dos torres de lavado en serie, conectadas entre sí mediante conductos del diámetro adecuado. En la primera torre se efectuará un lavado con un reactivo oxidante, mientras que en la segunda torre tiene lugar la neutralización química.

El gas a lavar entra por la parte inferior de la primera torre, impulsado por un ventilador que proporciona el caudal y presión necesarios para aspirar el aire y hacerlo pasar por las dos torres.

Cada torre dispone de una bomba de recirculación para impulsar el líquido de lavado hasta las boquillas de pulverización que están en cabeza de la torre, de manera que el lavado sea a contracorriente.

Las torres de lavado van dotadas de sondas de nivel que comandan una electroválvula y permiten disponer de un volumen de agua constante en el depósito de recirculación. También disponen de una sonda de medición del potencial redox y dos sondas de medición de pH para mantener siempre la solución en su estado óptimo de trabajo. En la primera torre (lavado oxidante) se adiciona el reactivo oxidante mediante una bomba dosificadora, cuyo funcionamiento viene gobernado por el punto de consigna del controlador del potencial redox. Para mantener la solución en pH alcalino, se adiciona hidróxido sódico mediante una segunda bomba, que en este caso recibe la señal de un pHmetro. El reactivo de la segunda torre es una solución alcalina de hidróxido sódico, que dispone de bomba dosificadora y pHmetro independientes para mantener las condiciones de trabajo. Las bombas dosificadoras se alimentan de los depósitos de reactivo (hipoclorito sódico e hidróxido sódico).



3.- VENTAJAS DE LA ABSORCIÓN QUÍMICA

- Existe un uso muy extendido de estos sistemas para la transferencia de gas a líquido.
- Capacidad para manejar grandes corrientes de gas en tamaños económicos de los sistemas.
- Capacidad para operar con rápidas variaciones en la concentración de H₂S y otros componentes.
- Gran eficacia de transferencia de masa para algunos compuestos con el adecuado diseño y operación.

4.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El caudal de gases a tratar es de 10.000 m³/h y se utiliza como líquido de lavado hipoclorito sódico e hidróxido sódico con lo cual se consigue un pH de 11.

En estas condiciones se consigue una eficacia de lavado del 99% sobre el sulfuro de hidrógeno.

La pérdida de carga en equipos es de 105 m.c.a., mientras que se supone una pérdida de carga en conductos de 55 m.c.a., lo cual hace que la pérdida de carga total del sistema sea de 160 m.c.a.

Se utiliza para la desodorización dos lavadores compactos verticales fabricados en resinas bisfenólicas reforzados con fibra de vidrio como material de barrera química y resina ortoftálica con fibra de vidrio como material de refuerzo.

La altura de los lavadores es de 5.200 mm. y 1.600 mm. de diámetro, espesor de construcción 5 mm.

Reactivo inyectado a contracorriente en contacto con el aire mediante anillos Rasching de 50 mm. de diámetro. La capacidad del líquido contenido en el fondo se fija en 2 m³.

Dos bombas centrífugas horizontales de 22 m³/h serán las encargadas de recircular el líquido estabilizador, cada bomba tiene una potencia instalada de 4 Kw y una altura manométrica de 18 m.c.a.

Un ventilador de 10.000 m³/h y 11 Kw forzará el paso del aire a desodorizar por las torres, que dispondrá a su salida de anillos separadores de gotas para no arrastrar agua en su salida.

Se dispondrá además de un sistema de control de la desodorización, constará de un cuadro eléctrico desde donde se accionará el agua de servicio y los reactivos según las necesidades.

Las bombas encargadas de la dosificación automática de los reactivos requeridos tienen capacidad de 2-20 l/h y una PN 2 bar, el material de contacto con el fluido es PVC. Estas bombas estarán conectadas a los depósitos existentes en la EDAR.

Todas las tuberías de unión, accesorios y válvulas de recirculación de líquido se construirán en PVC. Las tuberías, accesorios y válvulas de conducción de gases entre las torres y el ventilador en polipropileno. La tornillería se servirá en acero inoxidable AISI-304.

MEMORIA

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

I) MEMORIA DESCRIPTIVA

CAPÍTULO 1: OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN	3
2.1.- Descripción de una EDAR	3
2.1.1.- Línea de Agua	4
2.1.2.- Línea de Fango	12
2.1.3.- Línea de Gas	16
2.2.- Problemática de los olores	16
2.2.1.- Efecto de los olores	17
2.2.2.- Condicionantes para la producción de olores	18
2.2.3.- Características y medida de olores	19
2.3.- Control de olores	21
2.3.1.- Problema del control de olores	22
2.3.2.- Cambios operacionales	24
2.3.3.- Control de los vertidos a la red de alcantarillado	25
2.3.4.- Control de olores en la fase líquida	26
2.3.5.- Control de gases olorosos	32
2.4.- Legislación y normalización	35
CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DEL AIRE A DESODORIZAR	38

3.1.- Cual es el problema del olor	39
3.2.- Fuentes de olores en las estaciones depuradoras y sus posibles soluciones	40
3.3.- Naturaleza del olor	51
CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS	52
4.1.- Adsorción con sólidos	52
4.2.- Oxidación biológica mediante filtración sobre lechos (Biofiltración)	59
4.3.- Incineración	64
4.4.- Oxidación con ozono por vía húmeda	65
4.5.- Absorción y oxidación química	68
4.5.1.- Distintos sistemas de absorción	72
4.5.1.1.- Torres de platos	73
4.5.1.2.- Lavadores venturi	74
4.5.1.3.- Torres y cámaras de aspersion	74
4.5.1.4.- Torres empaquetadas o de relleno	74
4.5.2.- Selección del disolvente	81
4.6.- Evaluación de las alternativas	86
4.6.1.- Evaluación técnica	86
4.6.2.- Evaluación económica	88
CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	90
5.1.- Justificación de la solución adoptada	90
5.2.- Descripción del proceso de desodorización mediante absorción química	91
5.2.1.- Absorción de gases	91

5.2.2.- Velocidad de absorción	94
5.3.- Descripción de la instalación	99
5.3.1.- Absorbedores	101
5.3.2.- Separador de gotas o “Desmister”	104
5.3.3.- Bombas centrífugas	105
5.3.4.- Bombas de dosificación	107
5.3.5.- Sensores	108
5.3.6.- Ventilador	109
5.3.7.- Tuberías, conductos, válvulas y accesorios	110
5.4.- Zona de actuación	111
5.4.1.- Desbaste	112
5.4.2.- Espesadores	113
5.4.3.- Digestión anaerobia	114
5.4.4.- Deshidratación	116
5.5.- Resumen general	117
CAPÍTULO 6: ASPECTOS DE MANTENIMIENTO	119
6.1.- Introducción	119
6.2.- Programa de mantenimiento	119
6.2.1.- Mantenimiento correctivo	120
6.2.2.- Mantenimiento preventivo	120
6.2.3.- Mantenimiento predictivo	121
6.3.- Mantenimiento de la instalación de desodorización	122

II) CÁLCULOS

CAPÍTULO 1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	125
1.1.- Balances de materia	125
1.1.1.- Balance de materia al sulfuro de hidrógeno	127
1.1.2.- Balance de materia al hipoclorito sódico	128
1.1.3.- Balance de materia al hidróxido sódico	129
1.2.- Dimensionado de los distintos equipos de la planta de desodorización	131
1.2.1.- Cálculo de la sección de la torre	131
1.2.2.- Cálculo del diámetro de los anillos de relleno	133
1.2.3.- Cálculo del número de unidades de transferencia	134
1.2.4.- Cálculo altura unidad de transferencia	138
1.2.5.- Cálculo de la altura del lecho de relleno	140
1.2.6.- Volumen ocupado por el relleno	140
1.2.7.- Cálculo número de anillos Rasching	140
1.2.8.- Cálculo pérdida de carga	141
1.2.9.- Cálculo del separador de gotas	142
1.2.10.- Cálculo espacio ocupado por el líquido	144
1.2.11.- Cálculo altura total de la torre	144
1.2.12.- Cálculo del diámetro de la tubería de aspiración	145
1.2.13.- Cálculo de la velocidad del fluido en la tubería de aspiración	146
1.2.14.- Cálculo del diámetro de la tubería de impulsión	146
1.2.15.- Cálculo de la velocidad del fluido en la tubería de impulsión	147

1.2.16.- Cálculo del diámetro de la tubería de aporte de reactivo	147
1.2.17.- Selección bombas	148
1.2.18.- Ventilador	149
1.2.19.- Renovación de aire en los locales de una EDAR	150
III) <u>NORMATIVA APLICABLE</u>	152
IV) <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	154
V) <u>ANEXOS A LA MEMORIA</u>	156

I) MEMORIA DESCRIPTIVA

CAPÍTULO 1: OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se orienta hacia la eliminación de las emisiones olorosas que se puedan producir en una estación depuradora de aguas residuales, y que son debidas a la descomposición de la materia orgánica.

En la emisión de olores de una depuradora el compuesto más importante es el sulfuro de hidrógeno. Este compuesto es el principal responsable de los olores desagradables que produce una Estación Depuradora de Aguas Residuales. Por lo tanto en este proyecto se hará especial hincapié en su eliminación, ya que según el Estudio de Eliminación de Olores de la EDAR Guadalquivir, eliminando el sulfuro de hidrógeno se habrá conseguido evitar su emisión y la de los demás compuestos asociados.

El objeto principal será la eliminación de la concentración de los compuestos olorosos (H_2S) con un rendimiento del 99%, para paliar los posibles daños sobre los seres humanos, animales, plantas, patrimonio, etc., así como otros aspectos muy difíciles de cuantificar (estética, efectos a largo plazo, alteraciones naturales), además de no sobrepasar el límite de emisión máxima autorizada (20 ppm para el H_2S) ni las concentraciones medias de exposición al H_2S en 30 minutos (100 microgramos por metro cúbico de aire) y en 24 horas (40 microgramos por metro cúbico de aire).

Una vez fijados los límites de emisión, el sistema depurador debe satisfacer los requisitos acordados con el menor coste económico posible.

La principal justificación que puede mencionarse para la instalación de un equipo de desodorización en una EDAR, es evitar las consecuencias que se pueden derivar de las emisiones olorosas a una zona urbana.

La emisión de olores es la principal causa de rechazo para la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas. En algunos lugares, el miedo al desarrollo de olores ha sido causa de rechazo de proyectos relacionados con el tratamiento de aguas residuales, debido a que estas emisiones pueden ser causa de la disminución de inversiones de capital, con el consiguiente descenso de las rentas, los ingresos y las ventas.

A la vista de la importancia de los olores dentro el ámbito de la gestión de las plantas depuradoras de aguas residuales, resulta conveniente realizar un proyecto en el que se aborde la eliminación de las emisiones olorosas.

CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN

2.1.- DESCRIPCIÓN DE UNA ESTACION DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos, es esencialmente el agua de la que se desprende la comunidad una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada.

Si se permite la acumulación y estancamiento de agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene puede conducir a la generación de grandes cantidades de gases malolientes. A este hecho cabe añadir la frecuente presencia en el agua residual bruta, de numerosos microorganismos patógenos. También suele contener nutrientes, que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas. Es por todo ello que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es no sólo deseable sino también necesaria en toda sociedad industrializada.

Pueden definirse como esenciales los siguientes objetivos justificativos de cualquier acción relativa a la depuración de las aguas: (Hernández, A.; 1996).

- Prevenir y reducir al máximo la contaminación y sus molestias.
- Mantener un balance ecológico satisfactorio y asegurar la protección de la biosfera.
- Prever el desarrollo urbano, teniendo en cuenta las necesidades de calidad.

- Asegurar una atención especial a los aspectos ambientales en la planificación del suelo y de las ciudades.

La depuración consistirá en la eliminación de la contaminación e impurezas incorporadas en el agua a tratar.

El funcionamiento de una EDAR puede dividirse en tres líneas:

- Línea de agua.
- Línea de fango.
- Línea de gas.

2.1.1.- Línea de agua

Incluye aquellos procesos y operaciones en las que se retira la contaminación del agua, los más importantes y utilizados en la actualidad son:

- Obra de llegada:

Existencia de una arqueta de rotura de carga, en la que desemboca el colector general de acometida de agua a tratar, y en la que se inicia la línea de tratamiento de agua.

Lo normal es disponer en esta arqueta de un aliviadero de seguridad, de forma que el exceso de caudal de entrada sobre el tratamiento, o la totalidad de él puede ser desviado antes de su entrada a planta, en caso de necesidad.

- Desbaste:

La primera operación unitaria que tiene lugar en las plantas de tratamiento es la operación de desbaste. El desbaste se realiza por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas), y tiene como objeto retener y separar los

cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua residual.

Se consigue así:

- Eludir posteriores depósitos.
- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general.
- Interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores (desarenador, medidor de caudal, decantadores, etc.).
- Aumentar la eficiencia de los tratamientos posteriores.

La instalación de rejillas de desbaste es indispensable en cualquier depuradora, retirando al máximo impurezas del agua para su eliminación directa, compactadas o no, en vertederos de residuos sólidos, o por incineración.

Las rejillas pueden clasificarse, con arreglo a distintos criterios, en:

- Horizontales, verticales inclinadas y curvas.
- Finas, medias y gruesas.
- Fijas o móviles.
- De limpieza automática, semiautomática o manual.

No existe un criterio único para la delimitación de los tipos de rejillas finas, medias o gruesas, se pueden considerar como rejillas finas aquellas en que la separación libre de aberturas es inferior a 1,5 cm. En las rejillas de separación media, oscila entre 1,5 y 5,0 cm., y son las más empleadas en la

actualidad. Para el desbaste grueso del efluente se emplean rejillas de abertura entre 5,0 y 10 cm., y se colocan en la llegada del colector a la estación depuradora, sirviendo como pretratamiento respecto a la rejilla media colocada a continuación (Metcalf & Eddy.; 1995).

Afinando el proceso de eliminación de residuos sólidos, se llega a la utilización de tamices con separación libre entre barras de 0,2 mm., siendo los más utilizados los de separación de 1 mm. (Hernández, A.; 1996).

➤ **Desarenado:**

Su función es separar los elementos pesados en suspensión (arenas, arcillas, limos), que lleva el agua residual y que perjudican el tratamiento posterior, generando sobrecargas en fangos, depósitos en las conducciones hidráulicas, tuberías y canales, abrasión de rodets de bombas y equipos, y disminuyendo la capacidad hidráulica. La retirada de estos sólidos se realiza en depósitos, donde se reduce la velocidad del agua, aumentando la sección de paso. Las partículas en suspensión, debido al mayor peso, se depositan en el fondo del depósito denominado desarenador.

Para la evacuación de arena pueden utilizarse bombas sumergibles que purguen a un contenedor que haga de decantador estático y en el que el agua sobrenadante vuelva a cabecera.

➤ **Desengrasado:**

Son importantes los volúmenes de grasas que se vierten en los colectores, procedentes de los hogares, de las distintas industrias y de la escorrentía superficial en colectores unitarios.

Las grasas han creado muchos problemas en la técnica de la depuración de aguas residuales, especialmente, en los elementos y procesos siguientes:

- En rejillas finas causan obstrucciones que aumentan los gastos de conservación.
- En los decantadores forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.
- En la depuración por el sistema de fangos activados dificultan la correcta aireación disminuyendo el coeficiente de transferencia al 55-70%.
- Perturban el proceso de digestión de lodos.
- La DQO se incrementa en un 20 a 30%, por las grasas contenidas en los vertidos.

Las cantidades de grasas incorporadas en las aguas residuales son muy variables, pero, para aguas urbanas, pueden considerarse unas cifras de 24 gramos por habitante y día, o bien el 28% de los sólidos en suspensión (Hernández, A.; 1996).

El sistema más comúnmente empleado para la eliminación de grasas consta de dos fases:

- La emulsión de las grasas en el arenero mediante aireación, permitiendo su ascenso a la superficie y, su subsiguiente, retirada.
- Separación de grasas residuales en las balsas de decantación, retirando éstas por medio de rasquetas superficiales.

El desarenado y el desengrasado pueden realizarse de forma separada o bien conjuntamente en un mismo depósito. Esta última alternativa presenta las siguientes ventajas:

- Las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las partículas de grasa no se modifican prácticamente por realizar el desarenado y la desemulsión de grasas en el mismo depósito.
- El aire comprimido añadido para la desemulsión ayuda a impedir la sedimentación de las partículas de fango, poco densas por lo que la arena depositada en el fondo del desarenador es más limpia.
- Las partículas de arena, al sedimentar, deceleran las velocidades ascensionales de las partículas de grasa. Disponen así éstas de más tiempo para ponerse en contacto entre sí durante su recorrido hacia la superficie, aumentándose el rendimiento de la flotación de grasas.

➤ Decantación:

La decantación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. La mayor parte de las sustancias en suspensión en las aguas residuales, no pueden retenerse por razón de su finura o densidad en las rejillas, desarenadores y cámaras de grasa, ni tampoco pueden separarse mediante flotación por ser más pesadas que el agua.

La reducción de la velocidad de corriente por debajo de un determinado valor, es el fundamento de la eliminación de un 50 a 60% de las materias en suspensión del influente. Al depositarse estas partículas de fango, arrastran en su caída una cierta cantidad de bacterias, con lo que se alcanza también, en este tipo de tratamiento, una reducción de la DBO y una cierta depuración biológica.

Sirven como decantadores todos los depósitos que sean atravesados con velocidad suficientemente lenta y de forma adecuada por el agua a depurar. La exigencia, sin embargo, de separar fácil y rápidamente las partículas sedimentables de las aguas clarificadas ha conducido a ciertas formas especiales.

En función de la concentración y de la tendencia a la interacción de las partículas, se pueden producir cuatro tipos de sedimentación:

- Discreta: se refiere a la sedimentación de partículas en una suspensión con baja concentración de sólidos. Las partículas sedimentan como entidades individuales y no existe interacción sustancial con las partículas vecinas.
- Floculenta: se refiere a una suspensión bastante diluida de partículas que se agregan, o floculan, durante el proceso de sedimentación. Al unirse, las partículas aumentan de masa y sedimentan a mayor velocidad.
- Retardada: se refiere a suspensiones de concentración intermedia, en las que las fuerzas entre partículas son suficientes para entorpecer la sedimentación de las partículas vecinas. Las partículas tienden a permanecer en posiciones relativas fijas, y la masa de partículas sedimenta como una unidad. Se desarrolla una interfase sólido-líquido en la parte superior de la masa que sedimenta.
- Compresión: se refiere a la sedimentación en la que las partículas están concentradas de tal manera que se forma una estructura, y la sedimentación sólo puede tener lugar como consecuencia de la compresión de esta estructura. La compresión se produce por el peso de las partículas, que se van añadiendo constantemente a la estructura por sedimentación desde el líquido sobrenadante.

Es frecuente que durante el proceso de sedimentación, ésta se produzca por diferentes mecanismos en cada fase, y también es posible que los cuatro mecanismos de sedimentación se lleven a cabo simultáneamente.

➤ Flotación:

La flotación es una operación unitaria que se emplea para la separación de partículas sólidas o líquidas de una fase líquida. La separación se consigue introduciendo finas burbujas de gas, normalmente aire, en la fase líquida. Las burbujas se adhieren a las partículas, y la fuerza ascensional que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire hace que suban hasta la superficie del líquido. De esta forma, es posible hacer ascender a la superficie partículas cuya densidad es mayor que la del líquido, además de favorecer la ascensión de las partículas cuya densidad es inferior, como el caso del aceite en el agua.

Las burbujas se añaden, o se induce su formación, mediante uno de los siguientes métodos:

- Inyección de aire líquido sometido a presión y posterior liberación de la presión a que está sometido el líquido (flotación por aire disuelto).
- Aireación a presión atmosférica (flotación por aireación).
- Saturación con aire a la presión atmosférica, seguido de la aplicación del vacío al líquido (flotación por vacío).

En todos estos sistemas, es posible mejorar el grado de eliminación y rendimiento mediante la introducción de aditivos químicos.

En el tratamiento de las aguas residuales, la flotación se emplea para la eliminación de la materia suspendida y para la concentración de los fangos biológicos. La principal ventaja del proceso de flotación frente al de sedimentación consiste en que permite eliminar mejor y en menos tiempo las partículas pequeñas o ligeras cuya deposición es lenta. Una vez las partículas se hallan en la superficie, pueden recogerse mediante un rascado superficial.

➤ Depuración biológica:

El objetivo del proceso biológico es la eliminación, estabilización o transformación de la materia orgánica, presente en las aguas como sólidos no sedimentables. Esta acción se logra por la acción de los microorganismos mediante dos acciones complementarias: metabólica y físico-química.

Existen muchos factores que influyen en el proceso de depuración biológica (Hernández, A.; 1996):

- Temperatura: la depuración biológica se desarrolla de forma adecuada entre 12°C y 38°C.
- pH: el pH óptimo para el desarrollo de la actividad microbiana debe estar en el rango entre 6,2 y 8,5.
- Inhibidores: las enzimas son activas en estado coloidal, pudiendo inhibir su actividad las sustancias presentes en las aguas en forma de sales insolubles, iones de metales pesados, reactivos alcaloides, el cloro y sus compuestos.
- Cantidad mínima de nutrientes: la condición adecuada, para que un agua residual pueda depurarse, es que la cantidad de nutrientes sea suficiente.
- Homogeneización: el proceso metabólico se optimizará cuando se logra una homogeneización perfecta. Los sistemas técnicos prácticos más homogéneos son:
 - a) Fangos activados: consiste en un reactor biológico seguido de una decantación.

El reactor biológico, donde se mantienen los microorganismos y los flóculos en suspensión, sirve para que dichos microorganismos lleven a

cabo su acción metabólica, lográndose la floculación de las partículas en suspensión.

Una vez alcanzada la floculación adecuada, las aguas con los flóculos pasan al decantador secundario donde se realiza una separación sólido-líquido.

- b) Lechos bacterianos: constituyen un sistema de depuración biológica de aguas residuales, en el que la oxidación se produce al hacer circular, a través de un medio poroso, aire y agua residual. La circulación del aire se realiza de forma natural o forzada, generalmente, a contracorriente del agua.

La materia orgánica y sustancias contaminantes del agua son degradadas en una película biológica compuesta por microorganismos, que se desarrollan alrededor de los elementos constitutivos de la masa porosa que son el material soporte de la película.

2.1.2.- Línea de fango

Se integran en esta línea todas las operaciones destinadas a la concentración de los fangos, su degradación, acondicionamiento, almacenamiento y transporte. Estas operaciones son:

- Espesado de fangos:

Antes de proceder a la eliminación o a la estabilización de los fangos que se han separado del agua residual, es conveniente proceder al espesamiento de los fangos purgados de los distintos elementos de la línea de agua.

El contenido en sólidos varía considerablemente en función de las características del fango, de las instalaciones de eliminación y bombeo de fangos, y del método de operación. El espesado es un procedimiento que se emplea para aumentar el contenido de sólidos del fango, por eliminación de parte de la fracción líquida del mismo.

El espesado se suele llevar a cabo mediante procedimientos físicos, que incluyen el espesado por gravedad, flotación, centrifugación, y filtros de banda por gravedad.

La reducción del volumen de fango resulta beneficiosa para los procesos de tratamiento subsiguientes, tales como la digestión, deshidratación, secado y combustión, desde los siguientes puntos de vista (Metcalf & Eddy.; 1995):

- Capacidad de tanques y equipos necesarios.
- Cantidad de reactivos químicos necesarios para el acondicionamiento del fango.
- Cantidad de calor necesario para los digestores y cantidad de combustible auxiliar necesario para el secado o incineración, o para ambos.

➤ Digestión anaerobia:

La digestión anaerobia de los fangos es, según distintos autores, el método más adecuado para obtener un producto final aséptico y es el proceso de estabilización más extendido. La descomposición de la materia orgánica por las bacterias se realiza en ausencia de aire. El oxígeno necesario para su desarrollo lo obtienen del propio alimento.

La digestión es un proceso anaeróbico, en el que los materiales de descomposición pasan por varios procesos: licuefacción, gasificación y mineralización, obteniéndose un producto final inerte con liberación de gases.

Durante la gasificación, estos productos se convierten en gases, cuyos principales componentes son el metano, el dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno. Finalmente, la materia orgánica soluble es también descompuesta.

La digestión está influenciada por una serie de fenómenos, que determinan su eficacia:

- Temperatura.
- Concentración de sólidos.
- Mezcla del fango.
- pH.
- Ácidos volátiles en los fangos.

➤ Desinfección:

La desinfección del fango está adquiriendo gran importancia como proceso adicional debido a las restrictivas normas aplicables a la reutilización del fango y a su aplicación al suelo.

Existen muchos medios para conseguir la eliminación de los patógenos presentes en los fangos líquidos y deshidratados:

- Pasteurización.
- Otros procesos térmicos como el acondicionamiento térmico, secado térmico, incineración, pirolisis, o combustión con deficiencia de aire.
- Tratamiento a pH elevado.
- Almacenamiento a largo plazo del fango líquido digerido.
- Compostaje completo a temperaturas superiores a 55°C y maduración por almacenamiento en pilas durante un mínimo de 30 días.

- Adición de cloro para la desinfección y estabilización del fango.
- Desinfección con otros productos químicos.
- Desinfección por radiación de alta energía.

➤ **Deshidratación:**

La deshidratación es una operación unitaria física (mecánica) utilizada para reducir el contenido de humedad del fango por alguna o varias de las siguientes razones:

- Los costes de transporte del fango por camión hasta el lugar de su evacuación final son notablemente menores cuando se reduce el volumen por deshidratación.
- El fango deshidratado es más fácil de manipular que el fango líquido o espesado.
- La deshidratación del fango suele ser necesaria antes de la incineración del fango para aumentar su poder calorífico por eliminación del exceso de humedad.
- En algunos casos, puede ser necesario eliminar el exceso de humedad para evitar la generación de olores y que el fango sea putrescible.
- La deshidratación del fango suele ser necesaria antes de su evacuación a vertederos controlados para reducir la producción de lixiviados en la zona de vertedero.

Los dispositivos de deshidratación utilizan varias técnicas para la eliminación de la humedad. Algunas, se basan en la evaporación y percolación naturales, mientras que los aparatos de deshidratación mecánica utilizan medios físicos, asistidos mecánicamente, para acelerar el proceso. Los medios

físicos utilizados incluyen la filtración, el prensado, la acción capilar, la extracción por vacío y la separación y compactación por centrifugación.

La selección del sistema de deshidratación es función del tipo de fango a deshidratar y del espacio disponible.

2.1.3.- Línea de gas

Los compuestos gaseosos originados en la digestión anaerobia conforman el biogas, que tiene diversas aplicaciones.

La aplicación principal consiste en aprovechar su alta concentración en metano para usarlo de combustible en calderas, en las cuales se produce un intercambio de calor para elevar la temperatura del fango que se recircula desde los digestores.

El caudal de biogas que se destina a las calderas es regulado en los gasómetros donde se almacenan los gases producidos en la digestión. Por último cuando no se almacenan los gases, se realiza la combustión de los mismos en la antorcha.

2.2.- PROBLEMÁTICA DE LOS OLORES

Normalmente los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno, que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en si mismos o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento.

La problemática de los olores esta considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. En los últimos años, con el fin de mejorar la opinión pública respecto a la implantación de los sistemas de tratamiento, el control y la limitación de los olores han pasado a ser factores de gran importancia en el diseño y proyecto de redes de alcantarillado, plantas de tratamiento y sistemas de evacuación de aguas residuales. En muchos lugares, el temor al desarrollo potencial de olores ha sido causa de rechazo de proyectos relacionados con el tratamiento de aguas residuales. A la vista de la importancia de los olores dentro del ámbito de la gestión de las aguas residuales, resulta conveniente estudiar los efectos que producen, como se detectan y como caracterizarlos y medirlos (Metcalf & Eddy.; 1995).

2.2.1.- Efectos de los olores

A bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que generan, que por el daño que puedan producir al organismo. Los olores molestos pueden reducir el apetito, inducir a menores consumos de agua, producir desequilibrios respiratorios, nauseas y vómitos, y crear perturbaciones mentales. En condiciones extremas, los olores desagradables pueden conducir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria, interferir en las relaciones humanas, desanimar las inversiones de capital, hacer descender el nivel socioeconómico y reducir el crecimiento. Estos problemas pueden dar lugar al descenso de las rentas y el mercado de propiedades, los ingresos por impuestos, y las ventas (Metcalf & Eddy.; 1995).

Tabla 1: Umbrales de olor de los compuestos olorosos asociados al agua residual bruta (METCALF & EDDY, 1995)

Compuesto oloroso	Detección, ppmV	Identificación, ppmV
Amoniaco	17	37
Cloro	0.080	0.314
Sulfuro de dimetilo	0.001	0.001
Sulfuro de difenilo	0.0001	0.0021
Mercaptano de etilo	0.0003	0.001
Sulfuro de hidrógeno	<0.00021	0.00047
Mercaptano de metilo	0.0005	0.001

2.2.2.- Condicionantes para la producción de olores

Existen una serie de condicionantes que influyen directamente en la emanación de sulfuro inorgánico a la capa de aire de los colectores. Son aquellos parámetros que afectan tanto a la producción de compuestos olorosos como a la transferencia de estos compuestos a la fase gaseosa (Estudio Eliminación Olores.; 1999):

- Oxígeno disuelto: El agua residual con una elevada concentración de oxígeno tardará más en llegar a condiciones de agotamiento de oxígeno. El mantenimiento de un oxígeno disuelto residual en el agua y de una zona aeróbica dentro de una capa de cieno permite la reoxidación del sulfuro inorgánico producido. A la vez, según aumenta la concentración de oxígeno aumenta relativamente la zona aeróbica y disminuye la anaerobia, por lo que se reduce la producción global de sulfuro.
- DBO: Aumentos en la concentración de la demanda biológica de oxígeno pueden generar un agotamiento más rápido del oxígeno disuelto y, además, supone un mayor aporte de compuestos degradables.
- Velocidad de flujo: son críticas en la prevención de la generación de sulfuro y de los problemas de olores en los sistemas de colectores. Tiene un importante papel para:
 - Mantener oxígeno disuelto residual en el agua y una zona aeróbica dentro de la capa de cieno.
 - Minimizar el grosor total de la capa de cieno.
 - Prevenir la acumulación de arenas que tienden a aumentar las tasas de producción de sulfuro

- pH: puede afectar significativamente a la liberación de los compuestos olorosos a la atmósfera, puesto que muchos de ellos son ácidos o bases débiles, como el sulfuro de hidrógeno, los mercaptanos y las aminas.

- Temperatura: Las tasas de reacción biológica dependen de la temperatura. En el rango normal de temperaturas del agua residual, la tasa de captación biológica y, por tanto, de la utilización de oxígeno, se duplica cada 10°C. Una segunda consecuencia de la temperatura, es su efecto en la solubilidad y la tasa de transferencia de oxígeno en el agua residual.

- Sulfato disuelto: Es el compuesto que las bacterias reducen para formar sulfuro. En pocos lugares, donde el sulfato esta presente en bajas concentraciones, puede llegar a ser el limitante en la generación de sulfuro de hidrógeno.

- Nitrato disuelto: Al igual que el oxígeno molecular, es preferido como aceptor de electrones para la respiración bacteriana, por lo que altas concentraciones pueden también mitigar las tasas de generación de sulfuro.

- Metales disueltos: La mayor parte de los metales, incluyendo el hierro, reaccionan con el sulfuro disuelto para producir sulfuros insolubles

2.2.3.- Características y medida de olores

Para la completa caracterización de un olor se sugieren cuatro factores independientes. La intensidad, el carácter, la sensación de desagrado y la detectabilidad. No obstante, hasta hoy en día, el único que se ha tenido en cuenta en el desarrollo de normativas reguladoras de malos olores ha sido la detectabilidad.

Los factores a tener en cuenta para la caracterización completa de un olor son (Metcalf & Eddy.; 1995):

➤ **Carácter:**

Se refiere a asociaciones mentales hechas por el sujeto al percibir el olor. La determinación puede resultar muy subjetiva.

➤ **Detectabilidad:**

El número de diluciones requeridas para reducir el olor a su concentración de olor umbral mínimo detectable (CUOMD).

➤ **Sensación:**

La sensación de agrado o desagrado relativo del olor sentido por un sujeto.

➤ **Intensidad:**

Este parámetro se calcula según el número de diluciones hasta el umbral de detección cuando la relación es conocida.

Los olores pueden medirse con métodos sensoriales, mientras que las concentraciones de olores específicos pueden determinarse con métodos instrumentales.

Aunque la cuantificación de los olores es subjetiva y compleja, el examen analítico del agua residual puede proporcionar información útil para ayudar a predecir su potencial de liberación de olores.

La identificación de ciertos compuestos causantes de olores y su concentración proporciona una indicación general de la severidad de los olores que se pueden esperar. El sulfuro de hidrógeno es un importante compuesto a

evaluar dado su bajo umbral de olor y, por tanto, se debe determinar el sulfuro total y el sulfuro disuelto.

Otros compuestos importantes para la identificación de olores son el amonio y una variedad de compuestos orgánicos. La identificación de estos compuestos orgánicos requiere el uso de cromatografía de gases.

Otras medidas que pueden ayudar a predecir el olor potencial son los parámetros mencionados anteriormente, cuyas variaciones afectan tanto a la producción de compuestos olorosos como a la transferencia de estos compuestos a la fase gaseosa. Estos parámetros son:

- Oxígeno disuelto.
- DBO.
- pH.
- Temperatura.
- Sulfato disuelto.
- Nitrato disuelto.
- Metales disueltos.

2.3.- CONTROL DE OLORES

En las plantas de tratamiento de aguas residuales, las principales causas de olores tienen su origen en:

- Agua residual séptica que contiene sulfuro de hidrógeno y otros compuestos olorosos.
- Residuos industriales evacuados a la red de alcantarillado.
- Residuos de desbaste y arenas sin lavar.
- Instalaciones de manipulación de fangos de fosas sépticas.

- Espumas en los tanques de sedimentación primaria.
- Procesos de tratamiento biológico sobrecargados.
- Espesadores de fangos.
- Operaciones de quemado del gas residual, cuando se emplean temperaturas inferiores a la óptima.
- Instalaciones de acondicionamiento y deshidratación de fangos.
- Incineradores de fangos.
- Fango digerido en eras de secado o en tanques de almacenamiento.
- Operaciones de compostaje de fangos.

2.3.1.- Problemas del control de olores

La proliferación sistemática de olores en las plantas de tratamiento se puede minimizar prestando especial atención a algunos detalles de proyecto, tales como la adopción de vertederos y entradas de agua sumergidas, cargas adecuadas de los procesos, contención de fuentes de olores, combustión de gases a las temperaturas adecuadas y un buen mantenimiento de las instalaciones. No obstante, es conveniente tener presente que aún así los olores aparecerán en algunas ocasiones, y su transmisión dependerá de condiciones meteorológicas diversas como: presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, así como de la temperatura y humedad. Cuando esto sucede, es importante tomar medidas inmediatas para el control de los mismos. Este hecho conllevará, con frecuencia, cambios operacionales o la adición de productos químicos tales como cloro, peróxido de hidrógeno, cal u ozono.

En los casos en los que las instalaciones de tratamiento se hallen en las proximidades de zonas urbanizadas, puede ser necesario cubrir algunas de las unidades de tratamiento, entre las que se pueden incluir las obras de entrada, decantadores primarios y espesadores de fango. Cuando se cubran unidades de proceso, es necesario extraer y someter a tratamiento a los gases que se generan en los mismos. El método de tratamiento específico dependerá de las características de los compuestos olorosos. La habilitación de espacios de disipación de olores también puede resultar una medida efectiva para la protección de las zonas urbanizadas. En la tabla 2 se presentan ejemplos de distancias y radios de disipación de olores adoptados en el estado de Nueva York. Caso de que se adopten distancias de disipación, es necesario realizar estudios que permitan identificar el tipo y tamaño de las fuentes de olores, las condiciones meteorológicas de la zona, las condiciones de disipación y el tipo de zona urbanizada que exista en las proximidades (Metcalf & Eddy., 1995).

Tabla 2: Distancias de amortiguamiento mínimas recomendadas para la disipación de los olores generados en las unidades de tratamiento.

PROCESO DE TRATAMIENTO	DISTANCIA DE AMORTIGUAMIENTO, m.
Tanque de sedimentación	125
Filtro percolador	125
Tanque de aireación	150
Laguna aireada	300
Digestor de fango	150
Unidades de procesado de fangos	
Eras de secado al aire libre	150
Eras de secado cubiertas	125
Tanque de almacenamiento fango	300
Espesador de fangos	300
Filtro de vacío	150
Oxidación por vía húmeda	450
Lecho de recarga de efluentes	250
Filtración de efluentes secundarios	
Abierta	150
Cerrada	60
Tratamiento avanzado	
Filtración terciaria de efluentes	
Aire libre	100
Cerrados	60
Desnitrificación	100
Laguna de refinado	150

Se recomienda en cualquier caso una distancia mínima a la vivienda más próxima de 200 metros (Hernández, A.; 1996).



En casos en los que la proliferación de olores suceda de forma crónica, las posibles líneas de actuación para la resolución de estos problemas pueden incluir:

- Cambios operacionales en el proceso de tratamiento o mejora del nivel de tratamiento para eliminar las fuentes de olores.
- Control del agua residual evacuada a la red de alcantarillado y a la planta de tratamiento que pueda ser la causa de los malos olores.
- Control químico de la fase líquida (agua residual).
- Control físico o químico sobre la fase gaseosa (corriente de gas).

2.3.2.- Cambios operacionales

Los cambios operacionales que se pueden llevar a cabo incluyen:

- Reducción de las sobrecargas a los procesos.
- Aumento del nivel de aireación en los procesos de tratamiento

biológico.

- Aumento de la capacidad de la planta poniendo en funcionamiento las instalaciones de reserva, caso de que existan.
- Reducción de la masa de fangos existente en la planta.
- Aumento de la frecuencia de bombeo de fangos y espumas.
- Adición de agua de dilución clorada a los espesadores de fangos.
- Reducción de las turbulencias generadas por caída libre del agua mediante el control de los niveles de agua.
- Control de la liberación de aerosoles.
- Aumento de la frecuencia de evacuación de arenas y residuos.
- Aumento de la frecuencia de limpieza de las acumulaciones de compuestos olorosos.

2.3.3.- Control de los vertidos a la red de alcantarillado

El control de los vertidos a la red de alcantarillado se puede llevar a cabo:

- Adoptando normativas de vertido de residuos más restrictivas y reforzando la obligatoriedad de su cumplimiento.
- Obligando al pretratamiento de los vertidos industriales.
- Exigiendo la regulación de caudales en las fuentes de origen.

2.3.4.- Control de olores en la fase líquida

El control de olores en la fase líquida se puede llevar a cabo:

- Manteniendo las condiciones aerobias aumentando el nivel de aireación añadiendo oxígeno, mejorando el mezclado, o añadiendo peróxido de hidrógeno o aire en conductos de impulsión de gran longitud.
- Controlando el crecimiento microbiano anaerobio por desinfección o por control de pH.
- Controlando la turbulencia.
- Oxidando los compuestos olorosos mediante la adición de productos químicos (Estudio Eliminación Olores.; 1999)

- Adición de nitrato

El nitrato ha sido ampliamente utilizado en lagunas anaerobias y facultativas para controlar los olores. Las bacterias anaerobias y facultativas, responsables de los olores y de la producción del sulfuro, prefieren el nitrato como fuente de oxígeno sobre el sulfato. Esto resulta en la producción de nitrógeno gas y otros compuestos del nitrógeno en lugar de sulfuro. Se ha visto incluso que el nitrato puede también reducir el sulfuro existente.

Tiene una serie de ventajas frente a otros aditivos de oxígeno:

- a) Es extremadamente soluble y no se libera a la atmósfera.
- b) Se consume más lento que el oxígeno disuelto por las bacterias.
- c) Los equipos de alimentación son simples de diseñar y fáciles de mantener y operar.

- d) No es inflamable ni peligroso y tiene una baja reactividad.
- e) Puede eliminar el sulfuro completamente bajo la mayor parte de las circunstancias.
- f) No produce precipitados químicos que incrementen la producción de fangos en las plantas de tratamiento.

La efectividad del nitrato es óptima cuando se añade en largas tuberías de impulsión o colectores de gravedad de baja velocidad con tiempos de retención mayores de 12 horas. Se ha estudiado con cultivos biológicos que el consumo de nitratos es 15 veces más lento que el del oxígeno. Experimentalmente se ha determinado la dosis de nitrato para el control de sulfuros existentes en el agua residual domestica. En cada caso específico se deben hacer estudios piloto para verificar la dosis necesaria.

- *Adición de oxidantes químicos*

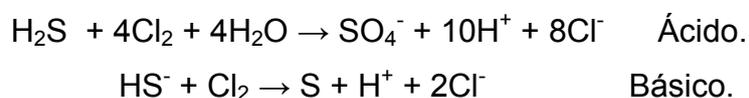
Los oxidantes fuertes atacan químicamente los compuestos causantes del olor y los destruye por medio de reacciones de oxidación-reducción.

1. Compuestos del cloro.

El cloro es un oxidante relativamente barato y los equipos requeridos para su uso no son muy caros y están ampliamente disponibles.

El componente reactivo en disolución es el ión hipoclorito. El pH local del agua se puede ver ligeramente afectado por la adición de las soluciones de cloro, puesto que la disolución de cloro gas crea un producto ácido y el hipoclorito es una solución básica.

El cloro en el agua residual reacciona con muchos compuestos, incluyendo el sulfuro de hidrógeno. Las reacciones con este último son las siguientes:

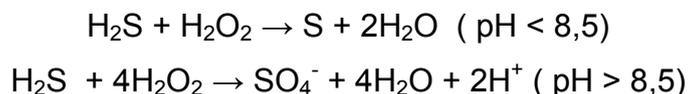


La reactividad del cloro es una desventaja porque oxida cualquier compuesto reducido presente en el agua. Esto requiere una sobrealimentación para asegurar la oxidación del sulfuro. En la práctica real se ha visto que dependiendo del pH y de otras características, se requieren entre 5 y 15 partes de cloro por parte de sulfuro.

El cloro actúa también como un bactericida, por lo que puede matar organismos beneficiosos para los procesos de tratamiento del agua. Se debe poner especial cuidado en su uso si se añade en un punto cercano a la planta de tratamiento. Por otra parte, se pueden formar compuestos organoclorados que pueden ser tóxicos o cancerígenos.

2. *Peróxido de hidrógeno*

Es un oxidante común que oxida el sulfuro de hidrógeno a azufre elemental o a sulfato, dependiendo del pH del agua, según las siguientes reacciones:



La dosis típica en la realidad está entre 1 y 3 partes de peróxido de hidrógeno por cada parte de sulfuro. La reacción es rápida con un 90% del peróxido consumido en los primeros 10 a 15 minutos. Debido a su reactividad y a su tasa de descomposición, son necesarios solo 90 minutos de tiempo de retención en el colector para su tratamiento posterior.

El peróxido de hidrógeno tiene una serie de ventajas sobre otras alternativas de control de sulfuro.

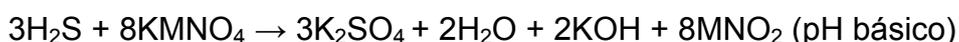
- a) Se puede emplear en tuberías de presión y de gravedad.
- b) La reacción con el sulfuro y con otros compuestos olorosos produce subproductos inofensivos.
- c) La descomposición del exceso de peróxido en agua y oxígeno aumenta la concentración de oxígeno disuelto.
- d) Puede reducir el sulfuro a cero.

Debido al costo y a la reactividad del peróxido de hidrógeno, rara vez es la alternativa mas barata entre los aditivos químicos. Lo más frecuente es usarlo para controlar la liberación de olores en un punto donde se encuentra una fuente. En este caso se dosifica 10-15 minutos aguas arriba para permitir la reacción. Una vez se termina la alimentación de peróxido de hidrógeno, se vuelve rápidamente a los anteriores niveles de sulfuro, lo que indica que no hay un efecto condicionante en la capa de cieno.

El tipo de equipo de alimentación de peróxido de hidrógeno requerido depende de la dosis y de la concentración del peróxido empleado.

3. Permanganato potásico.

El permanganato potásico es un potente oxidante que reacciona con el sulfuro de hidrógeno de la siguiente forma:



En la práctica, dependiendo de la composición química del agua residual, se pueden producir diversas reacciones, dando lugar a diversos compuestos.

Se requieren entre 6 y 7 partes de permanganato por cada parte de sulfuro de hidrógeno. Normalmente se usa en aplicaciones pequeñas o intermitentes puesto que el coste del compuesto hace prohibitivo su uso con grandes caudales de forma continua.

4. Sales metálicas.

Los metales se pueden combinar químicamente con el sulfuro para formar sulfuros metálicos relativamente insolubles, que precipitan en forma de flóculos negros o marrón-rojizos. Generalmente, no decantan en los sistemas de colectores pero son fácilmente eliminados en las plantas de tratamiento.

Casi todas las sales metálicas comerciales contienen hierro como principal agente activo, tanto sales férricas como ferrosas. Se ha encontrado por estudios en laboratorio que los resultados óptimos se obtienen con una mezcla de 1 parte de ferroso (Fe^{++}) y 2 partes de férrico (Fe^{+++}). Sin embargo, esta mezcla no está disponible comercialmente por lo que se emplean soluciones puras de uno u otro.

Otros metales se podrían emplear igualmente, pero pueden dar lugar a unos fangos con una excesiva cantidad de metales pesados, lo que dificultaría su deposición.

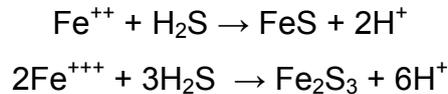
La adición de sales de hierro puede producir una serie de efectos secundarios beneficiosos en la EDAR:

- a) Aumentan la eliminación de DBO_5 , y de SS en los decantadores primarios, debido a la rápida sedimentación de los fangos que produce un efecto de barrido.

- b) Concentración menor de fósforo en el influente.
- c) Mejor sedimentación de los sólidos en los decantadores secundarios y digestores.
- d) Control del sulfuro de hidrógeno en los digestores anaerobios.
- e) El acondicionamiento de los fangos para el secado requiere menos polímero.

La adición de sales metálicas aumenta ligeramente la producción total de fangos de la planta de tratamiento. El volumen de sólidos producidos dependerá de la cantidad de sulfuro que debe ser tratado.

Las reacciones de las sales ferrosas y férricas con el sulfuro son las siguientes:



Las dosis reales varían ligeramente como consecuencia de interferencias locales y de los fosfatos, por lo que se debería verificar en plantas piloto.

Las sales de hierro tienen su mayor impacto cuando se añaden en el sistema de colectores, puesto que el olor y la corrosión se pueden controlar con la misma aplicación. A veces, se añaden justo aguas arriba de la planta para controlar el sulfuro de hidrógeno en el influente y aunque funciona, se obtiene un mayor control de olores y corrosión llevando el sistema aguas arriba.

Su capacidad para controlar los sulfuros se ve a veces limitada en colectores de impulsión con tiempos de retención mayores de 15 horas.

La solubilidad del sulfuro ferroso en el intervalo típico del pH del agua residual sólo permite controlar el sulfuro de hidrógeno hasta 0,05-0,1 mg/l. Aunque se añada sal ferrosa en exceso, no se podrá disminuir la concentración de sulfuro por debajo de este valor.

- *Controles biológicos*

Se puede optar por añadir bacterias u otra alteración de los sistemas biológicos sin el uso de oxidantes químicos.

- *Bacterias*

Se han desarrollado diversos cultivos para el control de sulfuro de hidrógeno y de los olores, pero los datos sobre el uso de estos cultivos es escaso para permitir un detallado análisis de esta alternativa.

- *Antraquinona*

La antraquinona es un compuesto químico que bloquea las bacterias que emplean sulfato en su proceso metabólico, deteniendo así la producción de sulfuro. Es solo ligeramente soluble y debe sedimentar dentro de la capa de limo para ser efectiva. Cuando contactan con la antraquinona las bacterias quedan inactivadas entre unos días y dos semanas.

Debido a que tiene que sedimentar en la capa de limo solo es efectiva en colectores de gravedad de flujo lento.

2.3.5.- Control de gases olorosos

Los principales métodos existentes para el control de los gases olorosos se pueden clasificar en físicos, biológicos y químicos (Metcalf & Eddy.; 1995).

➤ Métodos Físicos

Contención

Instalación de cubiertas, conducciones de aspiración y equipos de manejo de aire para contener y conducir los gases olorosos a sistemas de evacuación o de tratamiento.

Dilución con aire inodoro

Los gases se pueden mezclar con fuentes de aire puro para reducir los olores de la unidad. Alternativamente, los gases se pueden descargar a través de chimeneas elevadas para conseguir la dilución y dispersión atmosférica.

Combustión

Los gases malolientes pueden eliminarse por incineración, a temperaturas variables entre 650 y 815 grados centígrados. Los gases de las alcantarillas pueden incinerarse conjuntamente con los sólidos de las plantas de tratamiento o de forma independiente en un incinerador de gases.

Adsorción, carbón activo

Los gases malolientes pueden hacerse pasar a través de lechos de carbón activo para eliminar olores. La regeneración del carbón puede usarse para reducir costes.

Adsorción sobre arena o suelo o filtros de compost

Los gases malolientes pueden hacerse pasar a través de arena o lechos de compostaje. Los gases procedentes de las estaciones de bombeo pueden descargarse al terreno circundante o a lechos especialmente diseñados que contienen arena o suelos. Los gases recogidos en las unidades de tratamiento se pueden hacer circular a través de lechos de compostaje.

Inyección de oxígeno

La inyección de oxígeno (tanto de aire como de oxígeno puro) en el agua residual para controlar condiciones anaerobias se ha probado que es efectiva.

Agentes enmascarantes

Se pueden añadir productos perfumados para eliminar o enmascarar los olores desagradables generados en las unidades de tratamiento. En algunos casos el olor del agente enmascarante es peor que el original.

Torres de lavado de gases

Los gases malolientes se pueden hacer pasar a través de torres de lavado especialmente diseñadas para eliminar olores. Generalmente se añade algún agente químico o biológico.

➤ Métodos Químicos

Lavado con diversos álcalis

Los gases malolientes se pueden hacer pasar a través de torres de lavado especialmente diseñadas para eliminar olores. Si el nivel de dióxido de carbono es muy alto, los costes pueden ser prohibitivos.

Oxidación química

La oxidación química de los compuestos del olor presente en el agua residual es uno de los métodos más comúnmente utilizados para llevar a cabo el control de olores. El cloro, el ozono, el peróxido de hidrógeno y permanganato de potasio se cuentan entre los oxidantes que se han utilizado.

Precipitación química

La precipitación química se refiere a la precipitación de sulfuros con sales metálicas, especialmente hierros.

➤ Métodos Biológicos

Filtros percoladores o tanques de aireación de fangos activados

Los gases malolientes pueden hacerse pasar a través de filtros percoladores o inyectarse en los tanques de aireación de fangos activados para eliminar los compuestos olorosos.

Torres biológicas especiales de stripping

Pueden usarse torres especialmente diseñadas para eliminar los compuestos olorosos. Generalmente las torres se llenan con medios de plástico de diversos tipos, sobre los que se puede mantener la película biológica.

2.4.- LEGISLACIÓN Y NORMALIZACIÓN

En el estado español, la legislación existente en materia de medio ambiente atmosférico data de los años 70, Ley 38/1972, de 22 de diciembre, Protección del Ambiente Atmosférico, existiendo claras lagunas en muchas materias. Los olores, si bien se contemplan en el listado de contaminantes atmosféricos, no están tratados ni regulados en los desarrollos legislativos vigentes.

Sin embargo en Estados Unidos y en otros países europeos, los olores están contemplados en la legislación vigente, existiendo regulaciones específicas para determinadas actividades generadoras de olores.

Los objetivos de la regulación de los olores son los siguientes:

- Eliminar y prevenir la aparición de olores molestos que afecten el bienestar público.
- Restringir las emisiones de olores.
- Incluir directrices y procedimientos específicos para establecer la existencia de un problema de olor.
- Incluir variables de medida incluyendo la calidad, intensidad, frecuencia y duración de los episodios de olor.
- Ser aplicada solamente a aquellos olores que no son directamente perjudiciales para la salud puesto que los materiales peligrosos o tóxicos requieren una regulación específica.

Las categorías de regulación de los olores son:

Leyes estatutarias de molestia

Surgen como consecuencia de la entrega de registros y pruebas a la autoridad que verificará las quejas para decidir si el olor constituye una molestia o no. Para ello deberá demostrar que el motivo de la queja perjudica físicamente a la población y provoca interferencias en el confort y el disfrute.

Una vez reconocida la situación de molestia, se inician los procedimientos legales para forzar la creación de leyes al respecto.

Leyes basadas en la medida del umbral

Primero se define el umbral del olor, así se limitan las concentraciones de olor en emisión y en inmisión.

De este tipo son las leyes que interesan:

- Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas /Anexo nº 2: en el cual se exponen las concentraciones máximas permitidas en el ambiente interior de las explotaciones industriales (en el caso del componente oloroso principal (H_2S), tomado como base para la desodorización, la concentración máxima es de 20 ppm o $20 \mu g/m^3$).

- Desarrollo de la Ley 38/1972 de Protección del ambiente atmosférico donde aparecen las concentraciones medias permitidas en un periodo de exposición determinado para cada sustancia. En el caso del H_2S en 30 minutos (100 microgramos por metro cúbico de aire) y en 24 horas (40 microgramos por metro cúbico de aire).

CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DEL AIRE A DESODORIZAR

La composición mas habitual de los gases olorosos producidos en una EDAR es: $\text{H}_2\text{S} + \text{CH}_3\text{SH} + (\text{CH}_3)_2\text{S} + (\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + \text{NH}_3$.

En nuestro caso, las sustancias olorosas liberadas en las depuradoras y que provocan malestar son compuestos de azufre en su mayoría, cuya procedencia y evolución dentro de la EDAR se expondrá a continuación.

Los compuestos de azufre provienen de los vertidos domésticos donde aparecen los sulfonatos procedentes de los detergentes, aparte de los compuestos orgánicos de azufre presentes en la composición de algunas proteínas excretadas por los seres humanos. En estos vertidos también están presentes los sulfatos, precursores de los sulfuros, cuyo origen principal está en las aguas de abastecimiento. La incidencia de estos compuestos de azufre sobre las zonas de saneamiento es muy importante, sobre todo en zonas de climas cálidos y en zonas costeras en las cuales el contenido en sulfatos es mayor debido a la intrusión del mar en los colectores de aguas residuales.

La formación de sulfuros en las aguas residuales tiene lugar a partir de los sulfatos por la acción metabolizante de ciertas bacterias sulforreductoras que están presentes en dichas aguas y en las paredes de los conductos y reservorios. Otros aportes de sulfuros inorgánicos provienen de vertidos industriales de cerveceras, refinerías de aceite, papeleras, mataderos, bodegas, etc.

Los sulfuros son los responsables principales del ennegrecimiento de las aguas residuales y de los fangos, debido a la formación de sulfuro ferroso y otros sulfuros metálicos de color negro.

La presencia de sulfuro de hidrógeno está garantizada, a no ser que el pH sea superior a 9, con lo cual la atmósfera en contacto con esta agua también será portadora de dicho compuesto oloroso. La composición química

del aire atmosférico seco tiene un $2 \cdot 10^{-8}\%$ en volumen de H_2S , con una composición superior a esta dicho compuesto es considerado contaminante atmosférico primario.

El H_2S es una sustancia muy problemática en los sistemas de depuración debido a su olor desagradable (huevos podridos), inflamabilidad, toxicidad para la salud, además de poseer un alto poder corrosivo que afecta principalmente a las estructuras de las instalaciones, ya sean de hormigón o metálicas. Es precisamente su característico olor y posibilidad de ser detectado a muy bajas concentraciones la principal causa de reclamaciones por parte de los vecinos de estaciones depuradoras de aguas residuales y el motivo principal para la investigación y el estudio de las diversas técnicas para su eliminación.

Además de los problemas ocasionados por su molesto olor y su poder corrosivo, el H_2S también es responsable de los inconvenientes generados en los sistemas de fangos activados y en el empleo del biogas producido en la digestión anaerobia, puesto que debe ser eliminado para poder utilizar el biogas como combustible para la generación de energía eléctrica o calorífica (cogeneración).

Este gas se puede eliminar mediante oxidación, además tiene una alta velocidad de reacción con algunos reactivos químicos.

Los mercaptanos están presentes en muy bajas concentraciones; tienen un olor característico a podrido. Al igual que el H_2S , son compuestos con umbrales de percepción muy bajos (del orden de ppm) siendo también susceptibles de eliminación por absorción y subsiguiente oxidación.

3.1.- CUAL ES EL PROBLEMA DEL OLOR

El principal problema que puede presentar el olor es de tipo externo a la estación, es decir, se puede considerar un problema de emisión al exterior de

la estación depuradora, puesto que la dispersión del olor desde los focos de emisión hasta las zonas más próximas de población hace que llegue una concentración suficiente como para causar molestias a los habitantes de zonas cercanas.

3.2.- FUENTES DE OLORES EN LAS ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

Las principales fuentes de malos olores y la liberación potencial relativa de los mismos se presentan en la siguiente tabla. La reducción de olores en estas fuentes es preocupación del ingeniero de diseño y también de las buenas prácticas de manejo del operador.

Tabla 3: Fuentes de malos olores en sistemas de tratamiento de aguas residuales (Estudio Eliminación Olores.; 1999)

FUENTE	LIBERACIÓN DE OLORES
Tratamiento local	
Tanque séptico	Moderada
Tanque imhoff	Alta
Sistema de recolección	
Válvulas aliviadoras de presión	Alta
Pozo de limpieza	Alta
Pozos de inspección	Alta
Estación de bombeo	Alta
Planta de tratamiento	
Cabecera	Alta
Tamizado	Alta
Homogeneización de caudal	Alta
Preaireación	Alta
Remoción de arenas	Alta
Manejo de lodos	Alta
Líneas de retorno	Alta
Clarificadores primarios	Alta
Filtros percoladores	Moderada
Aireación	Baja
Lagunas	Moderada
Manejo de lodos	
Espesadores	Alta
Digestión aerobia	Moderada
Digestión anaerobia	Alta
Tanque almacenamiento de lodos	Moderada
Deshidratación	Alta
Compostaje	Alta

➤ Efluente de entrada

La primera consideración es si el agua de entrada es o no séptica. Si es así, se necesitará cubrir la totalidad de las operaciones de cabecera de la planta, o por lo menos el área inmediata a las zonas de turbulencia, y tratar el aire.

Para prevenir la producción de olores en la cámara de llegada se debe implantar un programa de lavado de la acumulación de fangos y de la capa de cieno de las paredes.

Un agente productor de olores muy importante es el caudal de retorno del sobrenadante que, generalmente, se lleva a cabecera de planta.

La liberación de olores se produce por la turbulencia creada en la entrada, por lo que siempre debería descargar por debajo de la superficie del líquido. Es más, se podrían evitar problemas de septicidad y olores en decantadores primarios, si los sobrenadantes se descargan al proceso biológico.

En plantas donde no existe decantación primaria se ha visto que la recirculación de los fangos biológicos oxigenados, al mezclarse con el agua bruta, ha producido una importante reducción del sulfuro al sulfato. También se han mezclado los retornos de la planta con los fangos en exceso cuando estos se llevan a la decantación primaria.

Se han empleado otras medidas como clorar o airear los retornos en conductos cerrados (Estudio Eliminación Olores.; 1999).

➤ Homogeneización de caudales

Considerando los elevados tiempos de retención, las cubas de homogeneización son un claro candidato a la producción de condiciones

anaerobias, y a los consecuentes olores, por lo que debería incorporar un sistema de aireación que, además, mantendrá los sólidos en suspensión.

A veces se incluye una preaireación para prevenir la septicidad, mejorar la eliminación de grasas, y potenciar la floculación de los sólidos antes de la decantación primaria. Los tiempos de retención varían entre 15 y 60 minutos. Se ha visto que para menos de treinta minutos se disminuye el potencial redox pero vuelve a su estado anterior rápidamente cuando termina la aireación. Un tiempo de 60 minutos es suficiente para que no vuelva a decrecer. Las cubas de preaireación se deben diseñar con una tasa de 0.7-3 m³/h de caudal. Con un diseño que mantenga una concentración de 7 mg/l de oxígeno disuelto y un tiempo de retención de 30 minutos para caudal punta, se consigue una buena reducción de sulfuro (Estudio Eliminación Olores.; 1999).

➤ Pretratamientos

Los pretratamientos son, potencialmente, fuentes de olores porque procesan las partículas orgánicas y detritus contenidos en el agua bruta. La acumulación en estos canales, rejillas y trituradoras pueden generar olores si no se practica una limpieza regular. La extracción y el sistema de conducción de arenas también puede generar olores por el revestimiento orgánico de las arenas. Esto se produce especialmente en plantas pequeñas, donde se acumulan las arenas durante largos periodos antes de ser retiradas.

Lo ideal sería conducir todos los detritus a contenedores cerrados para minimizar el escape de olores. Los sistemas de conducción de arenas y detritus de desbaste, se deben diseñar de tal forma que se eviten los derrames y que se llegue al punto de vertido en el mínimo tiempo posible.

Un aspecto importante es la cubrición de todas las unidades correspondientes al pretratamiento, de forma que los gases olorosos que se puedan generar, se conduzcan hacia el sistema de eliminación de olores.

➤ Decantadores primarios

Los decantadores primarios son una fuente de olores si han sido mal diseñados o mal mantenidos. Si el sistema de eliminación de flotantes no funciona adecuadamente, o si la retirada de fangos es incompleta o poco frecuente se pueden producir olores. Los vertederos de salida pueden liberar compuestos olorosos disueltos.

Las rasquetas, fosos y pozos en los decantadores primarios deben ser limpiados regularmente y, si es necesario, tratados químicamente. Los pozos de recogida de flotantes y los canales se deben vaciar y baldear regularmente.

Como buenas prácticas para prevención de olores se incluyen (Estudio Eliminación Olores.; 1999):

- Retirada de flotantes al menos dos veces al día y si se produce flotación de fangos, inmediatamente.
- La retirada frecuente de los fangos. Se requiere un estrecho control sobre todo cuando se retornan a los decantadores el sobrenadante de los digestores, el filtrado o los fangos secundarios. Se debería limitar el tiempo de residencia de los fangos a 1 hora en condiciones de caudal medio.
- Las condiciones sépticas se pueden prevenir reduciendo los tiempos de retención hidráulicos, incrementando la frecuencia de rascado de fangos y aumentando el bombeo de fangos mientras se mantenga la efectividad del espesado. Aunque esta última medida transfiera el problema al espesador, así se confina en una unidad de proceso de menor volumen.

La emisión de los gases olorosos a la atmósfera depende altamente de la turbulencia, por lo que se puede disminuir la turbulencia de los vertederos, limitando la salida del canal con una válvula de control, lo que eleva el nivel y

disminuye la caída. Se han medido datos de una liberación de sulfuro 16 veces mayor en un sistema sin control de nivel que en otro idéntico con control. Otra estrategia ha sido cubrir los canales de salida.

➤ Tratamiento biológico de película fija

Los tratamientos de película fija, como los lechos bacterianos o los contadores rotativos, generan olores si el abastecimiento de aire a la película biológica es insuficiente para mantener las condiciones aeróbicas. Uno de sus remedios consiste simplemente en una buena operación del sistema para que no aparezcan condiciones anaerobias que pueden producir la aparición de compuestos olorosos.

➤ Cubas de aireación de fangos activados

En general las cubas de aireación no producen problemas de olores debido al mantenimiento de las condiciones aeróbicas. Los problemas pueden llegar por la corrosión o el atascamiento de algún tipo de difusores.

Se debe tener especial cuidado con el punto de entrada de agua y de fango recirculado, puesto que se produce una alta demanda de oxígeno y puede sedimentar algo de fango.

➤ Decantación secundaria

Las causas de olores son prácticamente las mismas que en los decantadores primarios.

Solo se debe resaltar que los olores se pueden desarrollar aquí más rápidamente, porque contiene un fango mas activo biológicamente.

➤ Tratamiento físico-químico

Se han detectado especiales problemas de olores en plantas cuyo tratamiento es físico-químico. Es debido a que estos sistemas dan muy poca oportunidad o ninguna, a la oxidación del sulfuro de hidrógeno que pueda estar presente en el agua.

La carencia de aireación provoca la existencia de un bajo potencial redox y el uso de compuestos como la cal elevan el pH y potencian la liberación de olores de amonio. Por el contrario, otros como el cloruro férrico pueden reducir el pH, lo que favorece la liberación de sulfuro.

Los tanques de mezcla, con elevada turbulencia, se deberían cubrir y desodorizar. Normalmente los procesos de pretratamientos, decantación, filtración y carbón activo se encierran en edificios.

Es normal que los sistemas de carbón activo lleguen a estar anóxicos y liberen importantes cantidades de sulfuro.

➤ Sistemas de tratamiento de fangos

Todos los fangos crudos liberan olores en algún grado, cuya intensidad depende de su frescura. Las condiciones anaerobias producen una variedad de compuestos de azufre y de nitrógeno caracterizados por tener bajos umbrales de olor.

Las fuentes de olores más significativas en las Estaciones Depuradoras son las instalaciones de manipulación de fangos. En la tabla 4 se recogen las unidades de proceso más comunes en tratamiento de fangos y se califica su capacidad para generar olores (Estudio Eliminación Olores.; 1999).

PROCESO DE LA LÍNEA DE FANGOS	OLOR POTENCIAL
Espesamiento/Almacenamiento	Alto
Digestión aeróbica	Moderado
Digestión anaerobia	Alto
Acondicionamiento térmico	Alto
Filtros de vacío	Alto
Filtros banda	Alto
Centrífugas	Alto
Filtros prensa	Alto
Compostaje	Alto

Tabla 4

Los procesos más comunes en tratamiento de fangos son:

Espesamiento

- Espesamiento por gravedad:

El tiempo de retención del fango es un factor crítico. Cuanto más tiempo permanezca mas posibilidades existen de que aparezcan condiciones anaerobias en el manto de fangos. Sin embargo, debe permanecer un tiempo para alcanzar la concentración deseada, por lo que la operación es un equilibrio entre estos dos factores.

Otro de los puntos clave en el control de olores, es la tasa de sobrenadantes, que se puede controlar por la tasa de alimentación de fangos y por la aportación de agua de dilución. Esta agua ayuda a mantener una concentración de oxígeno y un potencial redox positivos. Un caudal de dilución adecuado para lograr una tasa saludable de sobrenadantes puede ser 15-31 m³/m²/d (Estudio Eliminación Olores.; 1999).

Normalmente están cubiertos y desodorizados. Para reducir la generación y liberación de olores y/o la carga en el sistema de tratamiento del aire, se pueden añadir compuestos químicos en el agua de dilución. Las dosis

recomendadas como una primera aproximación, que luego serán ajustadas en cada caso, son:

- Cloro..... 5 a 10 mg/l
- Permanganato potásico.....10 a 20 mg/l
- Peróxido de hidrogeno.....10 a 20 mg/l
- Cloruro férrico.....5 a 10 Kg/ton de fango seco.

Antes de los aditivos químicos se deben considerar otras medidas referentes a la operación, aparte de las ya mencionadas:

- Minimizar la flotación de fangos evitando las condiciones sépticas.
- Minimizar la caída del vertedero de salida del sobrenadante.
- Establecer una rutina de inspección y limpieza, sobre todo en el canal de salida del sobrenadante.

- Espesamiento por flotación

Los problemas de olores son mucho menores que en los otros sistemas de espesamiento, aunque sí se producen olores se debe cubrir y desodorizar. El aspecto crítico son las características del fango de alimentación. Las medidas recomendadas para evitar olores son:

- Operar en las condiciones de diseño.
- Abstenerse de acumular el fango flotado en la superficie durante largos periodos de tiempo.

- Inspeccionar y limpiar acumulaciones de residuos en vertederos, paredes y canales.
- Retirar rutinariamente los sólidos acumulados en el fondo.

Almacenamiento y mezcla de fangos

Los fangos tienen la propiedad de volverse sépticos rápidamente, además de cambiar completamente el carácter y la intensidad de los olores.

Los pasos para minimizar la generación de olores en los tanques de mezcla/almacenamiento incluyen:

- Cuidar la mezcla de los fangos.
- Mantener las condiciones aeróbicas en el tanque evitando las zonas anaeróbicas.
- Aplicar aditivos químicos.

El método recomendado para la mezcla es la aireación. Se debe valorar las necesidades para mezcla y para mantener el oxígeno disuelto y se dimensionara con el más conservador de los dos. Como primera aproximación se considera que para burbuja gruesa se puede utilizar una tasa de 0.5-0.7 l/s/m³ de fango (Estudio Eliminación Olores.; 1999)

Digestión de fangos

- Digestión aeróbica

Este tipo de proceso suele generar un cierto olor a humedad el cual no se considera ofensivo ni molesto. Las variantes que pueden producir olores son:

- Aireación inadecuada.
- Excesiva espuma.
- Alimentación con fangos sépticos.
 - Digestión anaerobia

Teóricamente, como son cubas cerradas y el gas se recoge y se conduce hasta donde se utiliza, no se liberan olores, pero puede ser un problema si las instalaciones no se encuentran en perfectas condiciones. El gas producido tras la digestión es oloroso y puede variar según las características de la alimentación. En él se puede encontrar sulfuro de hidrógeno.

Para proteger el digestor de sobre presiones en la cubierta existen válvulas de presión y de vacío. Normalmente las válvulas de presión no son herméticas y pierden pequeñas cantidades de gas cuando se opera en el 80 ó 90% del punto de consigna. Las cubiertas flotantes pueden también liberar olores por el cierre de agua/fango, entre la cubierta y la pared perimetral. Las variaciones en las condiciones de operación interfieren en el delicado balance de presiones del digestor y se pueden producir salidas de gases por las válvulas de la cubierta.

Algunas consideraciones en la operación serían:

- Minimizar los escapes de las válvulas instalando válvulas de alta calidad y fáciles de mantener.
- Establecer inspecciones de rutina de los purgadores de humedad de las tuberías de gas. Si no se vacían, se produce una sobrepresión que afecta al digestor. Se deben instalar también medidores de presión en las tuberías.

- El gas del digestor puede corroer diversos equipos, por lo que se deben inspeccionar en busca de fugas y repararlos.
- En las antorchas se pueden producir problemas por lo que se debe supervisar su funcionamiento, sobre todo en el reencendido y cuando esta sobrecargada

Si el gas metano se emplea en un sistema de recuperación de energía, el sulfuro de hidrógeno puede causar serios problemas de corrosión por lo que se debe añadir sales de hierro directamente al digestor o en el influente de la planta. Se debe evitar añadir las en el fango caliente, porque puede producir precipitaciones en las tuberías. Las sales de hierro pueden reducir la alcalinidad de los digestores por lo que se debe controlar el pH.

Las espumas son típicas en el arranque de los digestores. En algunas condiciones extremas pueden escapar por la cubierta y derramarse y en los de cubierta flotante escaparan por el cierre. Estas espumas producen olores mientras están húmedas.

A no ser que se incluya un tamizado de los fangos de entrada, se producirá en los digestores una acumulación de arenas y partículas orgánicas que deben ser retiradas periódicamente y que producirán olores (Estudio Eliminación Olores.; 1999).

Sistema de secado de fangos

Los olores asociados a la operación de secado son debidos al fango de alimentación, los aditivos químicos para su acondicionamiento, la reacción de acondicionamiento y cualquier combinación de ellos.

Los fangos de procesos anaerobios o que han estado almacenados largo tiempo y que sean sépticos liberan olores, normalmente asociados al sulfuro de hidrógeno, mercaptanos y otros compuestos reducidos del azufre. La

forma más efectiva de controlar la generación de olores, es asegurarse que los anteriores procesos proporcionan un producto estabilizado.

3.2.- NATURALEZA DEL OLOR

El componente oloroso principal es el sulfuro de hidrógeno y en el presente proyecto se ha considerado el generado en la sala de deshidratación, de desbaste, de espesamiento y de digestión anaerobia. Se trata de un compuesto altamente tóxico y corrosivo.

El umbral de toxicidad del H₂S esta en 10 ppm ó 14 mg/m³ y el umbral de percepción, que es la concentración necesaria de moléculas olorosas que debe tener el aire para que su percepción sea detectada por el 50 % de las personas de un grupo de población, es de $47 \cdot 10^{-5}$ ppm ó $66 \cdot 10^{-5}$ mg/m³.

Esto indica que, si además de querer estar por debajo del umbral de toxicidad también se pretende eliminar la molestia de la percepción del olor, se debe llegar a un grado de eficacia muy cercano al 100 % de eliminación de componentes olorosos.

CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

Dadas las características del aire a tratar, se han barajado varios sistemas de desodorización que son técnica y económicamente viables según el estado actual de la tecnología.

4.1.- ADSORCIÓN CON SÓLIDOS

La adsorción consiste en la eliminación de algunos componentes de una fase fluida mediante un sólido que los retiene. Dependiendo de la fuerza de los enlaces fluido-sólido formados se pueden dar dos tipos de adsorción:

- Adsorción física (enlaces débiles).
- Adsorción química (enlaces fuertes)

Principales adsorbentes

Los adsorbentes deben tener una gran área superficial para aumentar la adsorción, los elementos que se emplean son:

- Anillos naturales o activados.
- Kieselguhr, dolomía.
- Bauxitas, alumina, alumina alcalinizada.
- Óxidos de hierro, cinc.
- Carbón de huesos, vegetal o activado.
- Polímeros sintéticos.

- Gel de sílice.
- Tamices moleculares.

Estos elementos hacen que el lecho tenga las siguientes características:

- Poca caída de presión.
- Resistencia mecánica a la adsorción.
- Resistencia química.
- Presión e impacto.

El mas utilizado de los adsorbentes es el carbón activo.

Los equipos de eliminación de olores mediante filtros de carbón activo son ampliamente conocidos, normalmente en forma de cassettes o tejidos impregnados de carbón activo. Estos equipos son muy eficaces en aplicaciones en las que se tratan pequeños caudales de aire, pero son poco rentables para desodorizar emisiones industriales de mayor caudal (Revista Ingeniería Química.; 2000).

El fundamento de la depuración se basa en la capacidad del carbón activo para adsorber los compuestos causantes del mal olor. Con muy pocas excepciones este sistema presenta una alta eficacia.

Fundamento del proceso de adsorción

Los carbones activos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido, llamado adsorbente, atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos, y que están contenidas en un líquido o en un gas.

El carbón activo desde el punto de vista químico es un compuesto prácticamente idéntico al resto de los compuestos de carbono (diamante, grafito, negro de humo, carbones minerales o de leña). La diferencia entre carbones es su estructura atómica. En el caso del carbón activo, los átomos se encuentran combinados en forma de placas graníticas. Dichas placas están separadas entre sí y tienen distintas orientaciones. Entre las placas existen espacios llamados poros que proporcionan al carbono su principal característica: una gran área superficial, base de su alta capacidad adsorbente. El área de la mayoría de los carbones activados comerciales está comprendida entre 500 y 1000 m²/g (Revista Ingeniería Química.; 2000).

Se pueden distinguir dos tipos de adsorción. El fenómeno más común es el de fisisorción, que se produce sin intercambio de electrones entre adsorbente y adsorbato, siendo un proceso reversible. Se trata de un fenómeno en el que las atracciones moleculares provocan la condensación del adsorbato gaseoso o la precipitación de un adsorbato gaseoso o la precipitación de un adsorbato de una solución. Estas atracciones responden a un desequilibrio de fuerzas en la superficie de las placas graníticas, que se denominan fuerzas de London, y fueron definidas en 1931 a partir de los principios de la química cuántica.

Menos frecuente es el proceso de la quimisorción, irreversible al tener lugar modificaciones de la estructura química de adsorbente y adsorbato.

Descripción de la instalación

Una torre de carbón activo es un recipiente cilíndrico en cuyo interior se aloja una cierta cantidad de material adsorbente que, al pasar a través del mismo el aire, consigue que los contaminantes queden retenidos de modo que la emisión de la torre sea completamente limpia.

Una instalación completa de desodorización consta de una red de conductos eficaz para realizar la captación, un ventilador que proporcione la

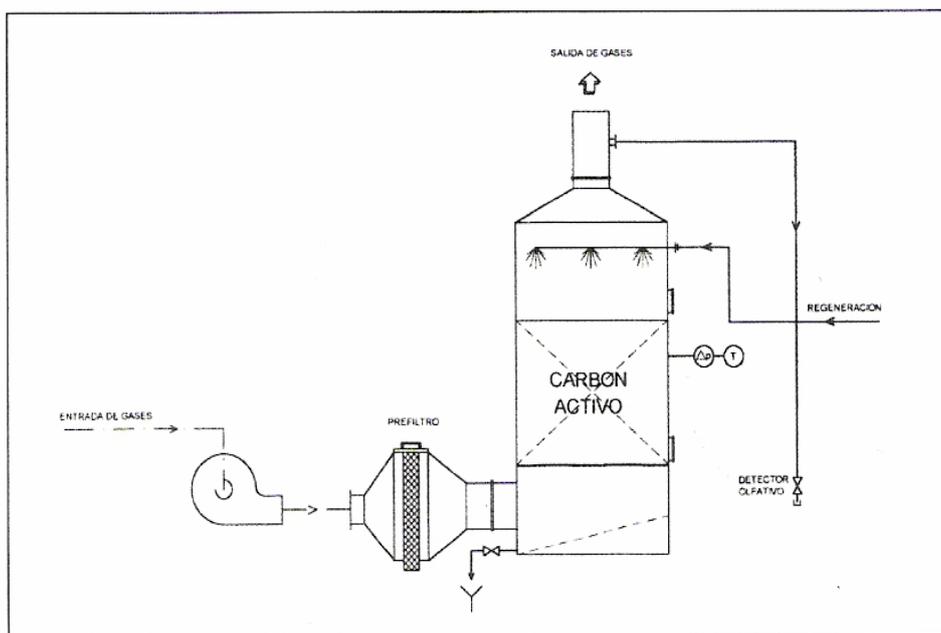
presión suficiente para vencer las pérdidas de carga del circuito y una torre de carbón activo como elemento de depuración.

Una vez se ha realizado la captación de la corriente a desodorizar, ésta se hace pasar por una torre en cuyo interior hay una cantidad calculada de carbón. La procedencia del carbón activo es variada, pero la turba y la cáscara de coco son las fuentes más comunes y tienen la propiedad de retener la mayor parte de los compuestos causantes de los malos olores.

Diseñando la instalación de acuerdo a unos parámetros correctos de velocidad de paso y tiempo, se determina con exactitud la cantidad de carbón necesaria.

A la hora de diseñar una torre de depuración con carbón activo hay que tener en cuenta la pérdida de carga que la columna de carbón representa y también la calidad de corriente a depurar que debe estar exenta de cantidades elevadas de agua y de polvo pues el carbón se obtura con facilidad.

Debido a la sencillez de los equipos y al bajo coste de mantenimiento, este tipo de instalaciones se ha convertido en un estándar de depuración industrial.



Esquema de una instalación de adsorción con carbón activo.

Parámetros del carbón activado

- Número de yodo (mg I₂/g de carbón):
Indica los miligramos de yodo que puede adsorber un gramo de carbón y es directamente proporcional al área superficial del carbón.

- Actividad del tetracloruro de carbono:
Da una medida del volumen de poro y, por tanto, en cierto grado, de la capacidad del carbono para la adsorción física. Se da en gramos de CCl₄ por 100 gramos de carbono. Un valor mínimo razonable sería 60%.

- Diámetro de poro (Angstroms):
Un carbón puede tener microporos (< 20 Å) mesoporos (20 < L < 200 Å) y macroporos (> 200 Å). Es importante que el diámetro de la mayoría de los poros del carbón sea ligeramente mayor al diámetro de la molécula que se desea retener.

- Contenido de cenizas (%):
Las cenizas son silicatos, óxidos metálicos y otras sales que no colaboran a la adsorción. En algunos casos puede afectar negativamente a la adsorción, causando la ignición del mismo. Se eliminan lavando el carbón con ácido clorhídrico.

- Rango de tamaño de partícula (malla estándar americana, U.S. Std. Mesh):
Corresponde al rango de tamaños que está entre la cobertura de cada una de las mallas nominales que los definen. Normalmente, el fabricante especifica que más del 90% de su producto está dentro de dicho rango. De este parámetro depende la pérdida de presión del lecho. Hay que considerar que para un tamaño dado la velocidad de adsorción y pérdida de carga tienen relaciones de proporcionalidad inversa.

- Dureza (adimensional, de 1 a 100):
Este parámetro es importante cuando la rotura del carbón puede afectar a la operatividad del sistema, por ejemplo en el caso de retrolavados o cuando se desea reactivar el carbón. Cuanto mayor es la cifra, mayor es la dureza del carbón.

- Humedad (%):
Cuanto mayor es su contenido, menor es el porcentaje de carbón neto que recibe el comprador.

Tipos de carbón activo

- Carbón de origen mineral:
Es el más económico y se suele emplear en aplicaciones de olores no muy específicas, generalmente, en instalaciones de acondicionamiento y cuyas condiciones de trabajo son relativamente estables y controladas.

- Carbón de origen vegetal:
Se utiliza en aquellos campos que requieren un proceso industrial: máxima capacidad de retención en condiciones de trabajo difíciles o inestables.

- Carbón de origen vegetal impregnado:
La superficie del carbón se impregna con una sustancia química que es especialmente afín al contaminante que se quiere retener. Se utiliza en aplicaciones especiales. Principales tipos de impregnación: óxidos metálicos, cobre, azufre, plata, yoduro, sosa cáustica y permanganato potásico.

- Carbones regenerables:
El carbón activado puede regenerarse por vía química o térmica. Existen experiencias de regeneración con NaOH en carbones destinados a adsorber H₂S. La eficiencia de la regeneración

química y el número de ciclos de regeneración depende de los componentes del gas tratado. La presencia de materias orgánicas de elevado peso molecular no eliminadas en la regeneración con hidróxido sódico puede repercutir en una acumulación de las mismas en el carbón, menguando la capacidad de adsorción en cada lavado. Este tipo de regeneración química se lleva a cabo en torres especialmente diseñadas a tal efecto. El lecho se inunda con la solución cáustica para posteriormente vaciarlo y proceder al secado del carbón. A partir de este momento, volverá a estar en condiciones de uso.

La regeneración térmica se lleva a cabo en los hornos de los fabricantes donde se somete al carbón a altas temperaturas, cercanas a los 1.000 °C, atmósfera inerte o reductora durante un tiempo predeterminado (Revista Ingeniería Química.; 2000).

Ventajas de la adsorción con carbón activo

- Los equipos son sencillos; requieren poco control y mano de obra.
- Buena fiabilidad de los equipos.
- Bajo coste de implantación.
- Bajas necesidades de espacio.
- Rendimiento de eliminación adecuado (90 al 95%).
- Rendimiento elevado para tratar caudales bajos y corrientes de aire poco contaminados.

Desventajas de la adsorción con carbón activo

- Poco rentable para desodorizar caudales altos-medios.

- Elevados costes de reposición del carbón.
- No resulta adecuado para tratamiento de concentraciones altas de H₂S, considerando su umbral olfativo.
- Presentan elevadas pérdidas de carga y, por lo tanto, requieren ventiladores muy potentes.
- Las corrientes de aire a tratar pueden contener polvo o partículas y taponar el lecho.
- Manejo adecuado del carbón impregnado.
- La regeneración del adsorbente puede ser costosa, dificultosa y larga.
- Costes de mantenimiento moderados.
- La gestión del carbón consumido y los fluidos de regeneración pueden plantear problemas.

4.2.- OXIDACIÓN BIOLÓGICA MEDIANTE FILTRACIÓN SOBRE LECHOS. BIOFILTRACIÓN

Un método de control biológico de olores es el uso de un filtro de suelo o de compost. En este sistema, las superficies de contacto necesarias para que se lleven a cabo las reacciones microbiológicas de oxidación de los compuestos olorosos se consiguen en un medio sólido húmedo de suelo o de fango compostado. De cara a la actividad de los microorganismos, la humedad y la temperatura son condiciones ambientales de gran importancia. En estos sistemas, el tiempo de residencia del aire contaminado suele ser de 15 a 30 segundos o superior. Para una concentración de H₂S de 20 mg/l, se han

empleado profundidades de lecho de hasta 3 metros, con factores de carga del lecho de hasta $0,61 \text{ m}^3/\text{min m}^2$ de superficie del lecho (Metcalf & Eddy.; 1995).

La biofiltración se viene presentando como una nueva tecnología dentro del campo de la desodorización. En general, se puede decir que un biofiltro para aire contaminado consiste en un lecho de biomasa, dentro de una construcción en forma de paralelepípedo, que puede ser activada mediante la adición de ciertos microorganismos.

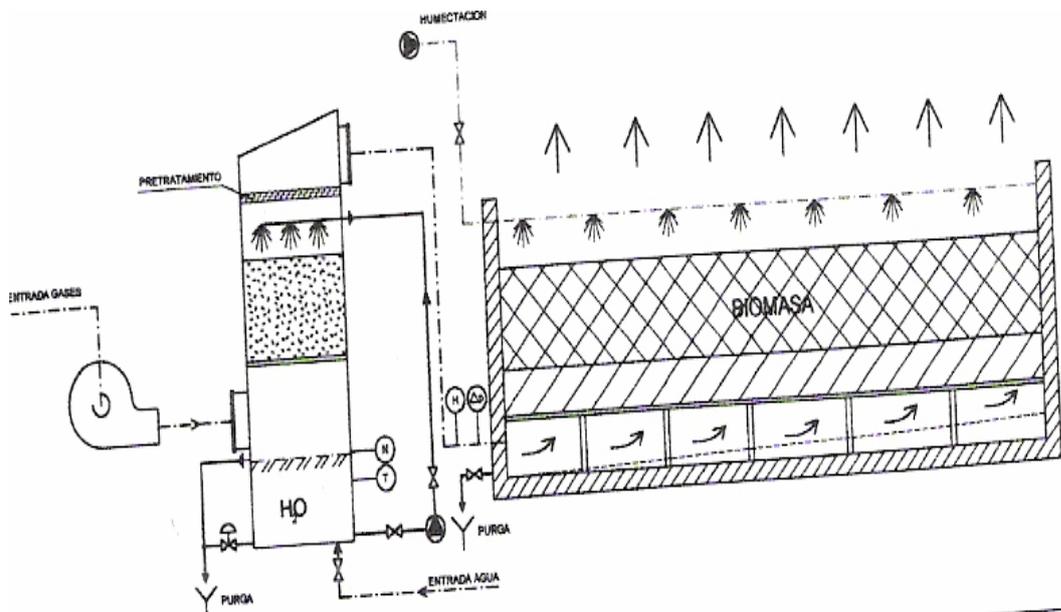
El aire contaminado se conduce mediante unas conducciones diseñadas a tal efecto. En una primera etapa, se eliminan las partículas para evitar problemas de taponamiento y además la reducción de la superficie útil. A continuación, el gas se trata para adecuarse a la temperatura y humedad óptimas. Por último, la corriente de aire, impulsada por unos ventiladores centrífugos, pasa a través del relleno en el que una flora microbiana convierte los contaminantes en dióxido de carbono, agua y biomasa.

Está generalmente admitido que los contaminantes desaparecen en tanto en cuanto sean los nutrientes de los microorganismos presentes en el lecho biológico. Por la parte superior del biofiltro sale la corriente libre de contaminación.

En el diseño de una instalación de este tipo, debe tenerse en cuenta:

- Selección de un biofiltro.
- Biodegradabilidad de los contaminantes.
- Nivel de concentración.
- Caudal de aire a tratar.
- Relleno (orgánico inorgánico).

- Temperatura.
- Nivel de humedad.
- Pérdida de carga.



Esquema de una instalación de desodorización biológica.

Tipos de soporte de biomasa

- Relleno de tipo orgánico:

Puede ser suelo, compost, turba, brezo, corteza, mezclas de rellenos, etc. Estos rellenos presentan una flora microbiana natural y los nutrientes necesarios para la actividad microbiana. Dependiendo del tipo de relleno escogido, éste tendrá unas características diferentes que pueden hacer variar el dimensionamiento del biofiltro. Los rellenos orgánicos tienen además un cierto efecto tampón sobre el pH.
- Rellenos de tipo inorgánico:

Pueden servir de soportes inertes para rellenos orgánicos. Algunos rellenos inorgánicos, como el carbón activo, pueden

adsorber parte del contaminante y regular su concentración y posibles efectos tóxicos para los microorganismos.

Actualmente se está implantando un sistema de rejillas de polipropileno. Son elementos modulares con distintas alturas de pies de apoyo, de gran resistencia química y mecánica, fácil montaje y bajo coste (Revista Ingeniería Química.; 2000).

Temperatura y humedad

Estos dos factores son muy importantes y están relacionados. A mayor temperatura de la corriente, se observa una mayor evaporación del agua presente en el relleno, que es un fenómeno no deseado en el biofiltro. De todos modos, la temperatura de trabajo viene determinada por el tipo de microorganismos y en los casos más usuales el rango de trabajo está entre la temperatura ambiente y unos 35-40 °C (Revista Ingeniería Química.; 2000).

El nivel de humedad recomendado es:

60% w/w < humedad < 40% w/w.

Perdida de carga

La pérdida de carga en el biofiltro influye en el coste de explotación del biofiltro. En el diseño del mismo se debe tener en cuenta que la pérdida de carga varía con la carga superficial y que además con el tiempo, debido al asentamiento de la biomasa, suele aumentar. Por ello es importante medir este parámetro y, a partir de un límite, esponjar la biomasa para restablecer los parámetros de diseño en la medida de lo posible.

Ventajas de la biofiltración

- Bajos costes de mantenimiento.

- Larga vida útil del medio filtrante.
- No quedan residuos.
- Instalación y construcción sencillas.
- No necesita aporte de reactivo.
- Nuestro país es rico en fuentes naturales de biomasa.

Desventajas de la biofiltración

- Ocupa una gran superficie de terreno, incluso para tratar bajos caudales de aire.
- Se debe contar con especialistas para escoger el sustrato biológico.
- El biofiltro es sensible a cambios de temperatura y humedad. Debemos disponer de un sentido climatológico riguroso.
- No es un sistema de aplicación universal en cuanto a compuestos.
- Por lo general, no puede trabajar con concentraciones altas de contaminantes.
- Ciertos productos químicos de etapas previas de depuración pueden ser letales para los microorganismos.
- El mantenimiento del biofiltro en buenas condiciones de operación corresponde a personal altamente especializado.
- La experiencia en nuestro país es escasa.

4.3.- INCINERACIÓN

El proceso de incineración es apropiado para aprovechar las altas temperaturas que se generan para otros fines, haciéndolo viable económicamente.

Se trata de una combustión de los gases olorosos, los cuales pueden ser combustibles dependiendo de la concentración en compuestos que sí lo sean y que posean un poder calorífico suficiente. Cuando los gases no tienen el suficiente poder calorífico para mantener la combustión se debe emplear un combustible adicional y aire.

Tipos de incineración

Existen tres tipos de incineración:

- **Térmica:** se realiza a temperaturas entre 800 y 900°C con cámara de combustión y postcombustión y tiempos de residencia de 1-2 segundos. Su aplicación en desodorización es limitada por su alto coste energético.

- **Catalítica:** tiene lugar a temperaturas que oscilan entre 200 y 400°C y consiste en un reactor de acero con dos o más lechos de relleno adsorbente y cada uno dispone de un catalizador. Cuando se produce la combustión y oxidación catalítica en una fase, los gases calientes se utilizan para calentar el relleno de la segunda fase, cuando este alcanza la temperatura deseada de forma automática a través de un by-pass se invierte el ciclo. Con ello se obtiene una muy importante reducción de energía de combustión, consiguiendo que sea nula (autocombustión) cuando la concentración y el poder calorífico de los componentes es suficiente.

- Catalítica regenerativa: más avanzada y en desarrollo.

Ventajas de la incineración

- Bajo coste inicial.
- Posibilidad de recuperación de energía para otros fines.

Desventajas de la incineración

- Alto coste energético.
- Formación de productos gaseosos de combustión como los óxidos de azufre y de nitrógeno, los cuales son contaminantes y corrosivos.

4.4.- OXIDACIÓN CON OZONO POR VÍA HÚMEDA

Es una técnica poco aplicada en nuestro país debido al desconocimiento de la aplicación del ozono en el tratamiento de los gases del aire y su alto coste de inversión.

La obtención del ozono de forma industrial se realiza mediante una descarga eléctrica a alto voltaje en presencia de aire seco u oxígeno, siendo la forma mas activa del oxígeno.

Partes de la instalación

Una instalación de desodorización con ozono por vía húmeda se compone de tres partes fundamentales:

- Generador de ozono: a nivel industrial es el elemento fundamental y debe ser de alta calidad de forma que garantice la tasa de

ozono necesaria, así como de los controles de seguridad y regulación que se precisan. Debe disponer de un sistema eficaz, tanto para el tratamiento previo del aire, como del sistema de refrigeración para eliminar el calor generado en la descarga eléctrica. La tasa de ozono gas necesaria para una instalación de desodorización industrial oscila entre 15 y 30 mg/m³ de aire a tratar. El consumo energético en un equipo de alto rendimiento está entre 20 y 30 W/h por gramo de ozono producido. La obtención del ozono a través del oxígeno reduce el coste del equipo generador, pero es necesario disponer de un tanque de almacenamiento y suministro de oxígeno.

- Cámara de dilución: su diseño es muy importante porque el ozono es poco soluble. El grado de disolución dependerá de la temperatura del agua y presión parcial, de la buena distribución y homogeneización, del tamaño de la burbuja, del tiempo de contacto y del control del pH. El ozono residual no disuelto en la cámara de disolución se incorpora a la entrada del absorbedor para su aprovechamiento en la fase de absorción y evitar fugas de ozono, ya que este es muy corrosivo.

- Equipo de absorción (oxidación): se realizará en un equipo de absorción de flujo horizontal, mediante varias etapas de relleno ordenado, de alta transferencia de masa con pulverización fina en cada fase. El rendimiento de la oxidación vendrá en función de la transferencia de masa y superficie de contacto, del tiempo de contacto, de la ratio de lavado L/G (l/m³) y del potencial oxidante del agua ozonizada. Un separador evita el paso de gotas al ventilador dispuesto en cola para mantener todo el sistema en depresión y evitar la posibilidad de fugas de ozono. La instalación dispone de un control automático de pH y redox, que mediante un sistema de regulación electrónico, modula de forma automática en función de la concentración de olor la cantidad de ozono necesaria y evitando la posibilidad de emisión de ozono a la

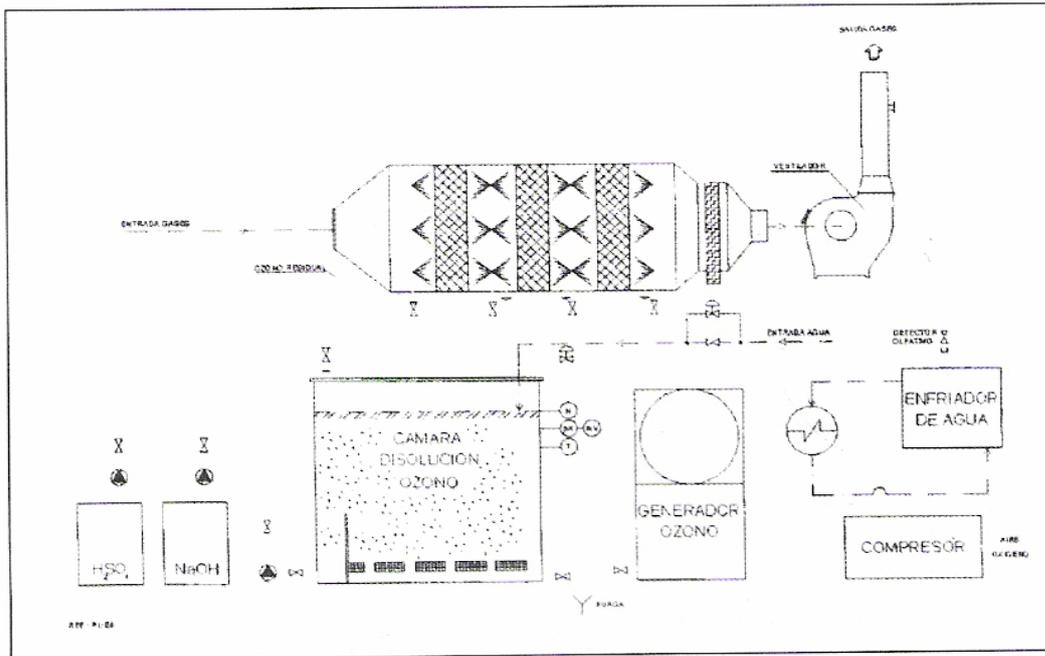
atmósfera. Se debe efectuar una purga del agua de forma periódica. Ni el reactivo residual ni los productos de reacción oxidados suponen ningún problema adicional a los efluentes de la industria y no necesitan de tratamiento específico.

Ventajas de la oxidación con ozono por vía húmeda

- Alta calidad y buen rendimiento.
- Efluentes poco peligrosos.

Desventajas de la oxidación con ozono por vía húmeda

- Dificultad para mantener los equipos de generación de ozono en las condiciones de operación apropiadas.
- El ozono no es capaz de oxidar muchos de los compuestos olorosos orgánicos encontrados en los sistemas de saneamiento.
- Dificultad para ajustar la dosis de ozono a las necesidades de tratamiento.
- Alto coste.
- Poca fiabilidad.



Esquema de una instalación de desodorización con ozono por vía húmeda.

4.5.- ABSORCIÓN Y OXIDACIÓN QUÍMICA

La absorción de los gases en los líquidos, es una de las técnicas mas utilizadas para controlar la composición de los gases residuales industriales, antes de su descarga a la atmósfera. En general, los gases residuales son mezclas de componentes gaseosos, algunos de los cuales son solubles en una fase líquida seleccionada, y la mayor parte constituye un gas portador prácticamente insoluble. El contacto directo del gas con el líquido, hace que la transferencia de materia ocurra entre las dos fases en direcciones controladas básicamente por los gradientes de concentración de los componentes individuales (Parker, A.; 1983).

La absorción es una operación en la cual un componente (soluto A) de una mezcla gaseosa (A + Inerte) se transfiere hacia una fase líquida (disolvente). Ambas fases son puestas en contacto en contracorriente para operar en continuo, en la práctica industrial, mediante una torre de absorción con relleno para favorecer dicho contacto.

En esta torre el contenido en soluto A de la fase líquida aumenta conforme va descendiendo, mientras que en la fase gaseosa disminuye el contenido en soluto A a medida que asciende por la torre de absorción.

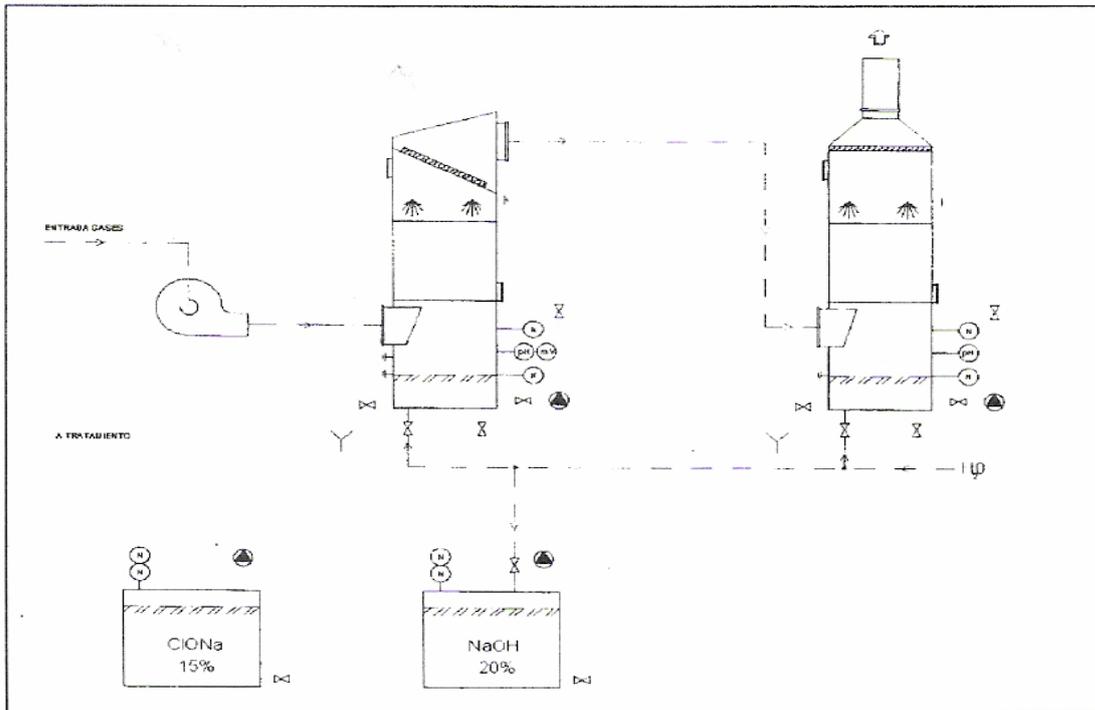
Sistema en dos etapas

Una instalación de lavado de gases del tipo oxidación-neutralización en dos etapas consta de dos torres de lavado en serie conectadas entre sí mediante conductos del diámetro adecuado. En la primera torre, se efectúa un lavado con un reactivo oxidante mientras que en la segunda tiene lugar la neutralización química.

El gas a lavar entra por la parte inferior de la primera torre impulsado por un ventilador que proporciona el caudal y presión necesarios para aspirar el aire y hacerlo pasar por las dos torres.

Cada torre dispone de una bomba de recirculación para impulsar el líquido de lavado hasta las boquillas de pulverización que están en la cabeza de la torre, de manera que el lavado sea a contracorriente.

Las torres de lavado van dotadas de sondas de nivel que comandan una electroválvula y permiten disponer de un volumen de agua constante en el depósito de recirculación. También disponen de una sonda de medición del potencial rédox y dos sondas de medición de pH para mantener siempre la solución en su estado óptimo de trabajo. En la primera torre (lavado oxidante) se adiciona el reactivo oxidante mediante una bomba dosificadora, cuyo funcionamiento viene gobernado por el punto de consigna del controlador del potencial rédox. El reactivo de la segunda torre es una solución alcalina de hidróxido sódico, que dispone de bomba dosificadora y pHmetro independientes para mantener las condiciones de trabajo. Las bombas dosificadoras se alimentan de los respectivos depósitos de reactivo (hipoclorito comercial e hidróxido sódico comercial) (Revista Ingeniería Química.; 2000)



Esquema de una instalación de desodorización por vía química (2 fases)

En la torre I, se aumenta el pH con un medio alcalino para que se solubilice prácticamente todo el H_2S en forma de HS^- , aumentándose así la transferencia de materia del gas al líquido. A continuación el $NaOCl$ actúa oxidando de forma instantánea a esta forma iónica y transformando el gas contaminante en sales estables, eliminando los olores.

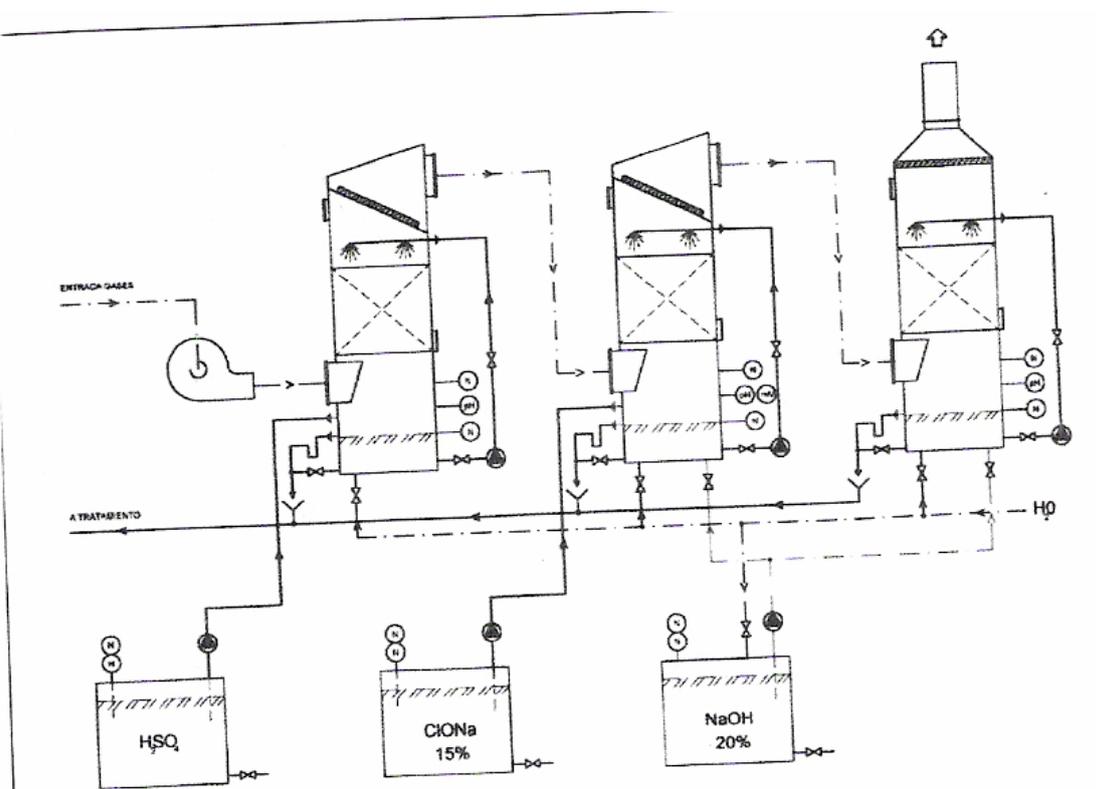
En la torre II, se hace un lavado reductor con $NaOH$ para neutralizar el olor a Cl_2 residual que provoca el oxidante ($NaOCl$). El hipoclorito sódico que no haya reaccionado en la torre I (Cl_2 residual) genera olores que deben ser neutralizados. Estos olores de cloro se neutralizan a pH 10. El mecanismo es similar; se facilita la transferencia de materia a través de la película gaseosa con el pH alto y, después reacciona instantáneamente con los iones OH^- de la sosa.

Sistema en tres etapas

El aire a desodorizar en la EDAR presenta en muchas ocasiones amoníaco, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos. En este caso la instalación

consta de tres lavados: ácido, oxidante y básico, respectivamente. Una instalación de lavado de gases de tres etapas se implementa con tres torres de lavado en serie conectadas entre sí mediante conductos del diámetro adecuado. En la primera torre se efectúa el lavado ácido para eliminar NH_3 y compuestos derivados del mismo en la segunda torre se lava con un reactivo oxidante y en la tercera se neutraliza.

El fundamento de la instalación es idéntico al sistema de dos torres, si bien ciertos parámetros de diseño y también constructivos cambian. La pérdida de carga que debe vencer el ventilador es mayor y esto se traduce en motores de mayor potencia. También hay que dotar al sistema con un pHmetro más para dosificar el reactivo ácido y mantener el pH óptimo de trabajo (por lo general H_2SO_4) mediante la correspondiente bomba dosificadora (Revista Ingeniería Química.; 2000)



Esquema de una instalación de desodorización por vía química (3 fases)

4.5.1.- Distintos sistemas de absorción

Los procesos de desodorización por lavado químico se han mejorado con el fin de aumentar la eficiencia de la eliminación de olores y para reducir los niveles de olor finales.

Los sistemas de lavado húmedo incluyen:

- Las torres de circulación a contracorriente.
- Cámaras de absorción por rociado con agua.
- Lavado de flujo transversal.

El objetivo básico de cada tipología es promover el contacto entre el aire, el agua o los productos químicos, para provocar la oxidación o el arrastre de los compuestos olorosos. Estos equipos no solamente permiten retener las partículas sino también determinados gases tóxicos. Partículas muy finas, líquidas o sólidas, en el rango de 0,1 a 20 μm pueden separarse fácilmente con lavadores de gases.

El mecanismo de retención de las partículas es el mismo que el de los filtros: inercia e intercepción; pero además los efectos de condensación y arrastre de partículas juegan un papel muy importante en los lavadores.

Los pasos a seguir a la hora de proyectar un sistema de desodorización por lavado húmedo incluyen (Metcalf & Eddy.; 1995):

- Determinación de los volúmenes y características del gas a tratar.
- Definición de los límites de emisión para los gases tratados.
- Elección del líquido de lavado en función de la naturaleza química y de la concentración de los compuestos olorosos a eliminar.

- Desarrollo de estudios a escala de planta piloto y determinación de los criterios de diseño y de funcionamiento.

Entre los sistemas de lavado se encuentran:

4.5.1.1.- Torres de Platos

Las condiciones que llevan a elevadas eficiencias de platos también conducen a dificultades en la operación.

Para que la eficiencia de etapas o platos sea elevada, el tiempo de contacto deber ser largo y la superficie interfacial entre las fases debe ser grande, además, se requiere que la turbulencia sea de intensidad relativamente alta para obtener elevados coeficientes de transferencia de masa.

Con el fin de que el tiempo de contacto sea prolongado, la capa líquida sobre cada plato debe ser profunda, de tal modo que las burbujas de gas tarden un tiempo relativamente largo en ascender a través del líquido, además, la velocidad del gas debe ser relativamente alta, éste se dispersa totalmente en el líquido, el cual a su vez es agitado hasta formar una espuma. Estas condiciones hacen que la eficiencia del plato sea elevada.

Sin embargo, estas condiciones provocan varias dificultades. Una dificultad es la entrada mecánica de gotas del líquido en la corriente ascendente del gas.

Mas aún, tanto las alturas elevadas del líquido como las velocidades elevadas del gas producen una caída elevada de presión del gas cuando éste fluye a través del plato. Esta caída de presión eleva la potencia del ventilador para empujar o arrastrar el gas a través de la torre y en consecuencia, se eleva el coste de la operación.

Esta alta caída de presión puede llevar a inundaciones.

Para combinaciones de gas-líquido que tienden a formar espumas en forma excesiva, las velocidades elevadas del gas pueden acarrear la condición de arrastre por espuma, que también es una situación inoperante (Treybal, R.; 1988).

Son sistemas en los que la valoración es comparativamente fácil, con un cambio de escala limitado y un intervalo L/G amplio (Parker, A.; 1983).

4.5.1.2.- Lavadores Venturi

Se usan especialmente en los casos en que el líquido contiene un sólido suspendido que taponaría el plato utilizado en las torres de platos y de relleno; se usa también cuando se requiere una caída de presión del gas más pequeña (Treybal, R.; 1988).

La existencia de datos es bastante limitada, además tiene un tamaño limitado debido a las partes móviles (Parker, A.; 1983).

4.5.1.3.- Torres y Cámaras de Aspersión

Tienen la ventaja de una baja caída en la presión del gas.

El coste de bombeo para el líquido es relativamente elevado, debido a la caída de presión a través de la boquilla atomizadora. La tendencia del líquido a ser arrastrado por el gas saliente es considerable, y los eliminadores de neblina son necesarios casi siempre (Treybal, R.; 1988).

El cambio de escala en estas torres es difícil, y al igual que los lavadores Venturi existe una limitación de datos (Parker, A.; 1983).

4.5.1.4.- Torres Empaquetadas o de Relleno

Son columnas verticales que se han llenado con un lecho de gran superficie. El líquido se distribuye sobre este y escurre hacia abajo, a través del

lecho empaquetado, de tal forma que expone una gran superficie al contacto con el gas.

Son las más utilizadas para la eliminación de olores y la seleccionada para el presente proyecto.

Distintas partes de la torre de relleno (Treybal, R.; 1988):

Empaquetamiento

El relleno de la torre debe ofrecer las siguientes características:

- Proporcionar una superficie interfacial grande entre el líquido y el gas.
- El relleno debe permitir el paso de grandes volúmenes de fluido a través de pequeñas secciones transversales de la torre, sin recargo o inundación y además la caída de presión del gas debe ser baja.
- Ser químicamente inerte con respecto a los fluidos que se están procesando.
- Ser estructuralmente fuerte para permitir el fácil manejo y la instalación.
- Tener bajo coste.

Los rellenos son principalmente de dos tipos, aleatorios y regulares.

Empaquetamiento al azar

Los empaquetamientos al azar son aquellos que simplemente se introducen en la torre durante la instalación de forma aleatoria.

Los más utilizados son:

- Anillos Rasching, son cilindros huecos, cuyo diámetro oscila entre 6 y 100 mm. (1/4 a 4 in) o incluso superiores. Pueden fabricarse de porcelana industrial, de carbón, de metales o de plásticos.
- Anillos de Lessing y otros, con particiones internas, que se utilizan con menos frecuencia.
- Berl e Intalox, tienen forma de sillas de montar. Se pueden conseguir en tamaños de 6 a 75 mm. (1/4 a 3 in); se fabrican de porcelanas químicas o plásticos.
- Anillos Pall, también conocidos como Flexirings, son anillos de cascada que se pueden obtener de metal y de plástico.

Los rellenos mencionados se hallan disponibles en una amplia gama de materiales. Los anillos de cerámica son resistentes a la corrosión y comparativamente baratos, pero son pesados y pueden requerir unos cimientos y un soporte de una mayor fortaleza. Los anillos metálicos más pequeños pueden encontrarse también contruidos en tela metálica, mejorándose así en gran manera sus características de transferencia.

El tamaño del relleno utilizado influye en la altura y el diámetro de la columna y en la caída de presión y coste de relleno. Generalmente, al aumentar el tamaño del relleno se reduce el coste por unidad de volumen de relleno y la caída de presión por unidad de altura del relleno, reduciéndose también la eficacia de la transferencia de materia. Esta reducción de la eficacia de la transferencia de materia tiene como resultado una mayor altura de la columna, por lo que no siempre se reduce el coste global de ésta al aumentar el tamaño del relleno (Coulson, J.M.; 1988).

Así, como criterio general, los tamaños de empaque de 25 mm. o mayores se utilizan, generalmente, para un flujo de gas de 0,25 m³/seg y tamaños de 50 mm. o mayores para un flujo de gas de 1 m³/seg.

Normalmente, una columna en la que el relleno tenga una ordenación al azar, el tamaño del relleno no debe exceder de una octava parte del diámetro de la columna. Por encima de este tamaño, la distribución del líquido –y por lo tanto la eficacia en la transferencia de materia- disminuye rápidamente, además si es mayor el número de piezas de empaque es generalmente menor en la vecindad inmediata de las paredes de la torre. Se recomienda, si es posible, la relación diámetro de anillo / diámetro torre = 1/15 (Treybal, R.; 1988).

Como el coste por unidad de volumen de relleno no disminuye mucho para tamaños por encima de 50 mm., mientras que la eficacia sigue bajando, pocas veces significa una ventaja el utilizar rellenos mucho mayores de 50 mm. en una columna rellena al azar.

Empaquetamientos ordenados

Hay una gran variedad. Ofrecen las ventajas de una menor caída de la presión para el gas y un flujo mayor, generalmente, a expensas de una instalación más costosa que la necesaria para los empaquetamientos aleatorios.

Cuerpo de la torre

La torre puede ser de madera, metal, porcelana química, ladrillo a prueba de ácidos, vidrio, plástico, metal cubierto de plástico o vidrio, u otro material, según las condiciones de corrosión. Para facilitar su construcción y aumentar su resistencia, generalmente, son circulares en la sección transversal.

Soportes de empaquetamiento

Es necesario un espacio abierto en el fondo de la torre, para asegurar la buena distribución del gas en el relleno. En consecuencia, el relleno descansa sobre un plato soporte que debe diseñarse de forma que tenga al menos un 75% del área libre para el paso del gas, para ofrecer una resistencia tan baja como sea posible. Por supuesto, el soporte debe ser lo suficientemente fuerte para sostener el peso de una altura razonable de empaquetamiento. El soporte mas sencillo es una rejilla formada por barras relativamente separadas entre sí, sobre la que se apilan unas pocas capas de anillos Rasching o de partición. Uno de los platos de inyección de gas es el diseñado para proporcionar aberturas de paso distintas para el gas y el líquido, de manera que ambas corrientes no intenten pasar por la misma abertura. Esto se consigue colocando las entradas de gas al lecho en un punto situado por encima del nivel al que el líquido lo abandona (Treybal. R; 1988).

Distribuidor del líquido

Es de mucha importancia la adecuada distribución inicial del líquido en la parte superior del relleno. Por supuesto, el empaquetamiento en seco no es efectivo para la transferencia de masa; además se utilizan diferentes dispositivos para la distribución del líquido (Perry, R.; 1992):

- Presión: la única fuente de energía proviene del fluido atomizado. Es sencillo y de bajo coste. Limitada tolerancia de sólidos; aspersion incierta con líquidos de elevada viscosidad; propensos a la erosión. Dentro de estos dispositivos pueden diferenciarse:

1. Cono hueco: el líquido sale como lámina cónica, debido a su movimiento centrífugo. El núcleo de aire se extiende al interior de la tobera. Tiene una eficacia de atomización elevada. Como desventaja tiene que el patrón de aspersion está concentrado en los límites del cono.

1.a. Cámara de remolino: movimiento centrífugo por la entrada tangencial a la cámara aguas arriba del orificio. Mínima probabilidad de atascamiento.

1.b. Núcleo rasurado: movimiento centrífugo por las inserciones existentes en la cámara. Menores ángulos de rocío y capacidad de flujo que la cámara de remolino.

2. Cono sólido: similar al cono hueco, pero con inserciones para proporcionar distribución uniforme. Gotas más gruesas para caudales y caídas de presión comparables. No produce el mismo patrón con fluidos diferentes.

3. Flujo en abanico (plano): el líquido sale como una lámina plana o una elipse aplanada. El patrón es útil para el recubrimiento de superficies y para inyección en corrientes. Pequeños espacios muertos.

3.a. Orificio oval o rectangular: la combinación de cavidad y orificio produce dos corrientes que chocan con el deflector curvo.

3.b. Deflector: el líquido procedente del orificio circular plano choca con el deflector curvo. Atascamiento mínimo. Gotas más gruesas.

3.c. Chorros de impacto: dos chorros chocan fuera de la tobera y producen una lámina perpendicular a su plano. Los líquidos diferentes van aislados hasta que se mezclan fuera del orificio. Puede producirse una lámina circular plana cuando el ángulo de colisión de los chorros es de 180° . Requiere gran cuidado para el alineamiento de los chorros.

4. Toberas con un intervalo de regulación amplio.

4.a. De derrame (bypass): una porción de líquido se recircula tras pasar por la cámara de rotación. Consigue un patrón de atomización uniforme como el del cono hueco, con elevada razón de giro. Control más sencillo en un intervalo muy amplio. Pérdida

de energía en la corriente de “bypass”. Tubo añadido para el flujo de derrame.

4.b. De válvula vertical con desplazamiento: el flujo entre el orificio y la válvula se desarrolla en lámina cónica. Si aumenta la presión, se desplaza la válvula y aumenta el área de flujo. Control más sencillo en un intervalo muy amplio. Es difícil mantener las tolerancias adecuadas.

- Dos fluidos: un gas choca coaxialmente con el líquido y suministra la energía para la rotura. Pueden alcanzarse elevadas velocidades a menores presiones, al ser el gas la corriente de alta velocidad. Los pasos para el flujo de líquido pueden ser grandes, minimizándose el taponamiento. Puesto que también se acelera el gas, la eficacia es inherentemente menor que en las toberas de presión
- Sónico: el gas genera un campo de sonido intenso a cuyo interior se dirige el líquido. Semejante al de dos fluidos, pero con mayor tolerancia de sólidos.
- Ruedas giratorias, discos y tazas: El líquido se alimenta a una superficie giratoria y se dispersa como una película uniforme. Se utilizan discos planos, discos con palas y tazas en forma de cuenco. La dirección de salida del líquido forma 90° con el eje. La velocidad que determina el tamaño de gotas es independiente del flujo. Por tanto, este dispositivo puede operar en un amplio intervalo de velocidades. Además, puede tolerar materiales muy viscosos así como suspensiones. Una única unidad puede alcanzar gran capacidad. No requiere bomba de alta presión. Presenta la complejidad mecánica propia de los equipos rotatorios. Descarga radial.
- Ultrasónico: el líquido se alimenta sobre una superficie que vibra con una frecuencia >20 kHz. Atomización estrecha, pequeño

tamaño y baja velocidad de inyección. Bajo caudal y necesidad de incorporar un generador ultrasónico.

Contenedores del empaquetamiento

Los contenedores son necesarios cuando la velocidad del gas es elevada; generalmente son deseables para evitar el levantamiento del relleno durante un aumento repentino del gas. Pueden utilizarse las pantallas o barras gruesas. Para el empaquetamiento de cerámica gruesa, se pueden utilizar platos que descansen libremente sobre la parte superior del relleno. Para empaquetamientos de plástico y otros rellenos ligeros, los contenedores están unidos al cuerpo de la torre.

Separador de gotas

A velocidades elevadas del gas, especialmente, el gas que abandona la parte superior del empaque puede arrastrar gotitas del líquido como una niebla. Esta puede eliminarse mediante eliminadores de neblina, a través de los cuales debe pasar el gas; los eliminadores se instalan sobre la entrada del líquido. Una capa de malla (de alambre, teflón, polietileno u otro material), entretejida especialmente con huecos del 98-99%, aproximadamente de 100 mm. de espesor, colectará prácticamente todas las partículas de neblina. Otros tipos de eliminadores incluyen ciclones y rearreglos del tipo de persianas venecianas. Un metro de empaque al azar seco es muy efectivo (Treybal, R.; 1988).

4.5.2.- Selección del disolvente

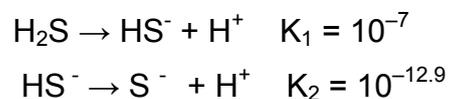
El lavado por oxidación con líquidos se suele realizar con disoluciones de cloro, especialmente con hipoclorito de sodio. En sistemas en los que las concentraciones de H₂S son elevadas, también se usa hidróxido de sodio. El lavado con hipocloritos suele eliminar gases olorosos oxidables cuando las concentraciones de otros gases son mínimas.

Los criterios que se deben seguir para la selección del disolvente son:

- Solubilidad del gas: elevada y selectiva
- Volatilidad: la menor posible, para reducir pérdidas.
- Viscosidad: pequeña, lo que supone mejor transferencia de calor y materia y menores costes de bombeo.
- Manejabilidad: corrosividad, toxicidad, inflamabilidad, estabilidad química y punto de congelación.
- Coste: función del grado de recuperación del disolvente.

La solubilidad del sulfuro de hidrógeno es relativamente baja y debe ser corregida jugando con el pH del disolvente. Está demostrado que al aumentar el pH, aumenta la solubilidad del H₂S y, por tanto, la transferencia desde la fase gaseosa a la líquida (Metcalf & Eddy.; 1995).

La transferencia de los compuestos a la fase líquida es controlada por la ley de Henry. La constante de la ley de Henry para el sulfuro de hidrógeno es alta (solubilidad baja). La transferencia no se producirá a no ser que la concentración del sulfuro de hidrógeno en la solución de los lavadores sea menor de 0,01 mg/l. Esto se consigue elevando el pH para ionizar el sulfuro de hidrógeno, de acuerdo con las siguientes reacciones:



Puesto que esta ionización se produce instantáneamente, la solubilidad del sulfuro se incrementa con un aumento de pH, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5: Solubilidad del H₂S en función del pH

pH	% de H ₂ S	% de HS ⁻
4	99,9	0,1
5	98,9	1,1
6	90,1	9,9
7	47,7	52,3
7,5	22,5	77,5
8	8,3	91,7
8,5	2,8	97,2
9	0,89	99,11

Distintos disolventes utilizados en torres de absorción (Estudio Eliminación Olores.; 1999):

- Cloro gas, es el mas barato pero el que mas riesgos entraña para la seguridad y salud.
- Permanganato potásico (KMnO₄), tiene un elevado coste relativo. Oxida el H₂SO₄ y los compuestos orgánicos. Reacciona muy rápidamente y es efectivo para olores orgánicos.
Un inconveniente del permanganato es que requiere una limpieza periódica del lavador, ya que en la reacción se forman incrustaciones de MnO₂ en el relleno.
- Hipoclorito sódico, se puede considerar una forma líquida del cloro. Se presenta en soluciones de 5-15% en peso y se estima un tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente de 2 a 6 meses. Se estiman perdidas en condiciones de almacenamiento de 1-2% en cloro activo al mes.
El hipoclorito sódico oxida el H₂S y los olores orgánicos (metilmercaptanos, etc., prácticamente inexistentes en el presente proyecto), esta reacción es extremadamente rápida, por lo que se elimina el H₂S casi de forma instantánea. Es una reacción muy estudiada. Inhibe el crecimiento de biopelículas.
Debido a su naturaleza corrosiva, se deben tener medidas especiales de seguridad, almacenamiento, etc.

Se requiere un elevado consumo de NaOCl para la oxidación de H₂S (9 kg por kg de H₂S).

- Peroxido de hidrógeno (H₂O₂), es un producto comercializable en soluciones al 35 o 50% en peso. Al igual que el NaOCl es corrosivo pero más oxidante que este, y también tiene un coste mas elevado.

El H₂O₂ oxida el H₂S, retarda la septicidad (añade O₂ disuelto), se requieren menores cantidades para eliminar la misma cantidad de H₂S (3 kg aproximadamente por kg de H₂S).

Necesita un largo tiempo de reacción. Al requerir mas tiempo, por tanto mas relleno, las dimensiones de la torre son mayores y en consecuencia se elevan los costes de inmovilizado en gran proporción. El reactivo presenta un alto coste relativo, se requieren altas dosis de reactivo para un control superior a dos horas. No elimina los olores orgánicos. Pocas referencias y estudios en sus aplicaciones. Debido a su naturaleza corrosiva, se deben mantener medidas especiales de seguridad, almacenamiento, etc.

El disolvente mas utilizado en España para la oxidación de compuestos olorosos, es el hipoclorito sódico (Revista Ingeniería Química.; 2000).

Tabla 6: Eficiencia en la eliminación de varios gases malolientes de los lavadores de hipoclorito por vía húmeda. (METCALF & EDDY.; 1995)

Gas	Rendimiento de eliminación esperado %
<i>Sulfuro de hidrógeno</i>	98
<i>Amoníaco</i>	98
<i>Dióxido de azufre</i>	95
<i>Mercaptanos</i>	90
<i>Otros compuestos oxidables</i>	70-90

Ventajas de la absorción y oxidación química

- Existe un uso muy extendido de estos sistemas para la

transferencia de gas a líquido.

- Capacidad para manejar grandes corrientes de gas en tamaños económicos de los sistemas.
- Capacidad para operar con rápidas variaciones en la concentración de H₂S y otros componentes.
- Gran eficacia de transferencia de masa para algunos compuestos con el adecuado diseño y operación.

Desventajas de la absorción y oxidación química

- Los componentes olorosos en solución son recirculados y pueden volver a la corriente gaseosa de salida.
- Escapes químicos.
- Mantenimiento de inyectores.
- Compuestos químicos que salen con el gas tratado.
- Ablandamiento del agua.
- Problemas estéticos debido al uso de largas columnas verticales.
- No son muy eficientes con los compuestos olorosos orgánicos de baja solubilidad.

4.6.- EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

4.6.1.- Evaluación técnica

Absorción

Con el adecuado diseño este sistema de desodorización permite alcanzar elevados rendimientos con bajas pérdidas de carga.

Posibilidad de manejar grandes corrientes de gas en tamaños económicos de los sistemas.

Este tipo de sistema de desodorización, tiene la ventaja que según sea la composición de los olores, así se determinan los reactivos para conseguir la estequiometría precisa para su neutralización.

Admite grandes fluctuaciones en la concentración de sulfuro de hidrógeno

Con este tipo de instalaciones es posible tratar los grupos de compuestos habituales causantes del olor en las depuradoras.

Requiere una atención permanente lo cual implica una elevada mano de obra.

Biofiltración

Este sistema de desodorización no genera efluentes líquidos, al no precisar de reactivo.

La instalación y construcción es sencilla.

El sustrato biológico usado como filtro tiene una vida limitada y puede presentar caminos preferenciales.

Ocupa una gran superficie de terreno, incluso para tratar bajos caudales de aire.

Se debe contar con una elevada mano de obra tanto para la elección del sustrato como para su mantenimiento.

El biofiltro es sensible a cambios de temperatura y humedad.

No puede trabajar con altas concentraciones de contaminantes.

Las experiencias de uso de este tipo de filtro son escasas y, por lo tanto, es difícil evaluar su eficacia y operatividad.

Adsorción

Tiene una alta fiabilidad, baja demanda de espacio y funcionamiento óptimo para una gran variedad de compuestos olorosos.

Estos equipos son muy eficaces en aplicaciones en las que se tratan pequeños caudales de aire, pero son poco rentables para desodorizar emisiones industriales de mayor caudal. Así la desodorización con carbón activo no es adecuada para tratar caudales superiores a 5.000 m³/h.

Presentan elevadas pérdidas de carga y por lo tanto requieren ventiladores muy potentes.

Incineración

Este sistema presenta un bajo coste inicial y la posibilidad de recuperación de energía para otros fines.

En este proceso se forman gases contaminantes y corrosivos como los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno.

Oxidación con ozono

Poca fiabilidad de funcionamiento y altos costes de inversión.

➤ Conclusión:

Las opciones de incineración y oxidación con ozono quedan eliminadas al tratarse de opciones técnicamente inviables.

La biofiltración presenta problemas de desconocimiento y de capacidad para tratar altas cargas contaminantes.

La adsorción tampoco sería adecuada para el caso del presente proyecto, ya que hay que tratar un caudal de 10.000 m³/h.

La absorción y oxidación química es técnicamente la mejor opción, debido a los conocimientos existentes y a su capacidad para tratar altas cargas contaminantes.

4.6.2.- Evaluación económica

La evaluación económica se ha realizado solicitando previamente presupuestos de las tecnologías de biofiltración y filtros de carbón a las empresas Proeco-Ambiente y PQS-Brentag-CPL, respectivamente para las mismas condiciones de partida.

$$Q_g = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$\text{H}_2\text{S} = 5 \text{ mg}/\text{Nm}^3.$$

Tecnología	Coste de Inversión €	Coste Reactivos €/día	Coste Energía €/día	Mantenimiento €/día	Total €/día
Biofiltración	69400,41	10,74	48,08	4,37	63,19
Carbón activo	59291	71,04	78,7	5,46	155,2
Lavadores	56389,54	51,97	63,06	9,65	124,68

Tabla 7

Absorción

Tiene elevados consumos energéticos, de reactivos y de mantenimiento, es decir, unos altos costes de operación, pero la inversión inicial es la menor de las tres alternativas.

Biofiltración

Los costes de operación son bajos, pero su poca fiabilidad y experiencia actual, además de una alta inversión inicial la hacen arriesgada. Por lo tanto, queda descartada.

Adsorción

La inversión no es elevada, pero tiene el inconveniente de los altos costes de operación debido al alto coste de reposición del carbón activo.

➤ Conclusión:

Económicamente la alternativa más factible es la eliminación de olores mediante lavadores químicos.

CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

5.1.- JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución final adoptada aparece como resultado de la evaluación técnica y económica realizada en el capítulo anterior.

Los lavadores permiten tratar elevados caudales, incluso conteniendo contaminantes con baja solubilidad o partículas sólidas, obteniéndose altas eficacias con pérdidas de carga relativamente pequeñas y con tamaños económicos de los sistemas.

Los absorbedores tienen la capacidad de operar con rápidas variaciones en la concentración de sulfuro de hidrógeno y otros componentes.

Gran eficacia de transferencia de masa para algunos compuestos con el propio diseño y operación.

Se pueden obtener distintas velocidades de transferencia por unidad de volumen de la torre, simplemente seleccionando rellenos distintos que proporcionen diferentes superficies de contacto entre las dos fases.

Los reactivos seleccionados, hipoclorito sódico e hidróxido sódico, son fáciles de obtener y relativamente baratos en comparación con otro tipo de reactivos necesarios en otros sistemas.

Además la experiencia existente en plantas, con resultados positivos y económicos, hace que el sistema de desodorización de estaciones depuradoras de aguas residuales, mediante absorción química sea el más utilizado en la actualidad. Mientras que, los medios físicos (adsorción en lecho de carbón activo, arena o suelo) son fáciles y más baratos de implementar, pero sus costos de explotación (reactivos) son altos y se obtienen resultados inciertos.

5.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESODORIZACIÓN MEDIANTE ABSORCIÓN QUÍMICA

El proceso de desodorización de gases se basa en la operación unitaria de absorción con reacción química, donde el principal componente a absorber es el sulfuro de hidrógeno. A continuación, se verá en que consiste la operación de absorción y su relación con el H₂S.

5.2.1.- Absorción de gases

La absorción es una operación de ingeniería química que ocupa un lugar de importancia, entre las que están basadas en la transferencia de materia.

La absorción gaseosa es aquella operación básica en que se separan uno o más componentes de una mezcla de gases por medio de un líquido en el que son solubles. En el presente proyecto, el componente principal a separar es el sulfuro de hidrógeno de una mezcla gaseosa que serán los gases procedentes de la deshidratación, del desbaste y de la digestión anaerobia que son las zonas que provocan mayores problemas de olor.

El mecanismo del paso de este componente de una a otra fase comprende, de una parte, las relaciones de equilibrio, y de otra, la velocidad con que se desarrolla el proceso. La importancia del equilibrio es obvia, ya que mediante su conocimiento se puede calcular el límite a conseguir en unas condiciones determinadas. La velocidad del proceso indica el tiempo que se tardará en alcanzar el resultado que se desea. Con ambos datos se llega al conocimiento completo de la operación y se podrá proyectar técnicamente el aparato.

El proceso de absorción del gas en el líquido puede tratarse como un proceso físico, sin que la reacción química tenga ningún efecto apreciable, o como un proceso físico-químico, donde la reacción química ejerce una influencia sobre la velocidad real de absorción. Resulta por tanto conveniente

dividir los procesos de absorción en dos grupos, aquellos en los que el proceso es únicamente físico, y aquellos en los que tiene lugar una reacción química. El proceso de desodorización de gases presenta una reacción química entre el H₂S y el absorbente utilizado y, por tanto, es definido como un proceso de absorción con reacción química.

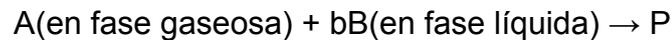
Por lo general, las reacciones químicas mejoran la velocidad de absorción e incrementan la capacidad de la solución líquida para disolver el soluto, en comparación con los sistemas de absorción física.

Uno de los conceptos más útiles del proceso de absorción es el dado por la teoría de la doble película debida a *Lewis y Whitman*. Según esta teoría, la materia se transfiere en la masa global de las fases por transporte convectivo, y las diferencias de concentración son despreciables excepto en las proximidades de la superficie de contacto existente entre las dos fases (interfase). A cada lado de esta interfase se supone que las corrientes desaparecen, existiendo una delgada película de fluido, a través de la cual la transferencia se efectúa únicamente por difusión molecular. Esta película es ligeramente más gruesa que la subcapa laminar, ya que ofrece una resistencia equivalente a la de toda la fase.

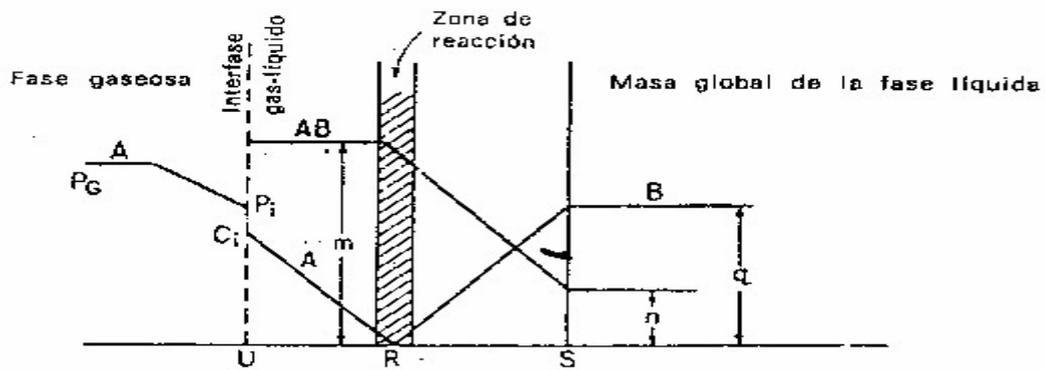
La dirección de la transferencia de materia a través de la interfase, sin embargo, no depende de la diferencia de concentraciones, sino de las relaciones de equilibrio. Hay un gradiente de concentración muy grande a través de la interfase, pero no es éste el factor que controla la transferencia de materia, ya que generalmente se supone que no existe resistencia en la interfase propiamente dicha, en la que las condiciones son las de equilibrio. El factor controlante será la velocidad de difusión a través de las dos películas.

En la fase líquida de un proceso de absorción con reacción química, como el proceso de desodorización del presente proyecto, existe, además de una película de líquido, una zona de reacción. Si se considera que la reacción es irreversible entre el gas soluto *A* y el absorbente *B*, el gas soluto *A* es

absorbido desde los gases por la sustancia B de la fase líquida, que se combina con A según la ecuación:

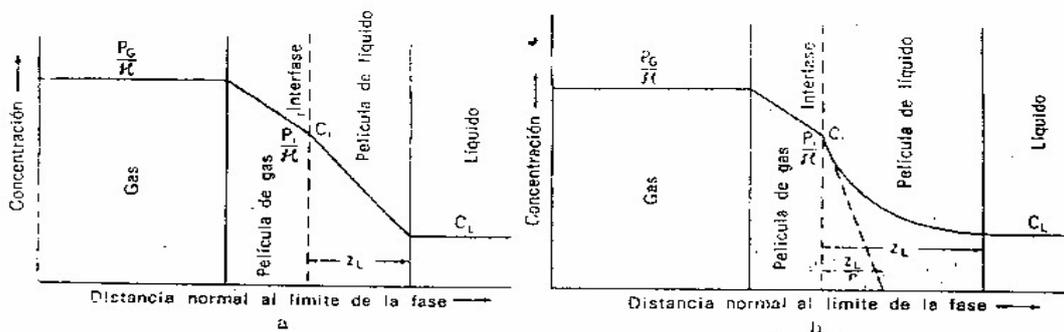


Al aproximarse el gas a la superficie de contacto del líquido, se disuelve y reacciona inmediatamente con B . El nuevo producto P así formado difunde hacia la masa global del líquido. La concentración de B en la interfase disminuye; esto provoca una difusión de B desde la masa global de la fase líquida hacia la interfase. Como la reacción química es rápida, B es eliminado muy rápidamente, por lo que es necesario que el gas A difunda a través de parte de la película de líquido antes de encontrar a B . Existe una zona de reacción entre A y B que se desplaza alejándose de la superficie de contacto gas-líquido, y tomando una cierta posición en el interior de la fase líquida. La posición final de esta zona de reacción será tal que la velocidad de difusión de A desde la interfase gas-líquido es igual a la velocidad de difusión de B desde la masa global del líquido. Cuando esta condición ha sido alcanzada, las concentraciones de A , B y P pueden indicarse según se muestra en la figura 5.1, en la que las concentraciones se representan en ordenadas y la posición del plano de reacción con relación a la interfase se representa en abcisas. En el diagrama, el plano de la superficie de contacto entre el gas y el líquido está indicado por U , la zona de reacción por R , y el límite exterior de la película de líquido por S . El componente A difunde a través de la película de gas debido a la fuerza impulsora $P_G - P_i$ y difunde a la zona de reacción gracias a la fuerza impulsora C_i existente en la fase líquida. El componente B difunde desde la masa principal del líquido a la zona de reacción por una fuerza impulsora q , y el producto no volátil P difunde hacia la masa global del líquido bajo una fuerza impulsora $m - n$.



(FIG. 5.1)

La diferencia entre una absorción física y una en la que tenga lugar una reacción química, puede ponerse de manifiesto mediante la figura 5.2, tomadas de un artículo de *Van Krevelen y Hoftijzer*. El diagrama *a* muestra el perfil normal de concentraciones para la absorción física, mientras que el *b* muestra el perfil modificado por la reacción química (Coulson, J.; 1988).



(FIG. 5.2)

5.2.2.- Velocidad de absorción

Este apartado se aproximará a la expresión que presenta la velocidad de absorción para un proceso de absorción con reacción química, como es el proceso de desodorización de gases.

De forma general, se supondrá que el reactante en la fase gaseosa es *A* y el reactante en la fase líquida es *B*. La expresión global de la velocidad ha de tener en cuenta la resistencia al transporte de materia (para poner en contacto

los reactantes entre sí) y la resistencia de la etapa de reacción química. Como el valor relativo de estas dos resistencias puede variar ampliamente se tendrá una inmensa gama de posibilidades, y como cada caso requiere un análisis particular, el primer problema consistirá en identificar estos regímenes cinéticos y seleccionar aquél que se ajuste a la situación física considerada.

De acuerdo con la teoría de la doble película de *Lewis y Whitman*, en la figura 5.3 se representan los distintos casos que pueden presentarse cuando el valor relativo de las velocidades de transporte de materia y de reacción química varían de un extremo al otro (Levenspiel, O.; 1990).

- CASO A: *Reacción instantánea con respecto al transporte de material.*

Como un elemento del líquido puede contener *A* o *B*, pero no ambos componentes, la reacción se efectuará en un plano situado entre el líquido que contiene *A* y el líquido que contiene *B*. Por otra parte, como los reactantes han de difundirse hasta alcanzar este plano de reacción, las velocidades de difusión de *A* y *B* determinarán la velocidad global, de tal manera que al variar la presión parcial del componente gaseoso *A*, p_A , o la concentración del reactante *B* en el líquido, C_B , este plano se desplazará en un sentido o en el contrario.

- CASO B: *Reacción instantánea; C_B alta.*

En este caso especial el plano de reacción se desplaza hasta la interfase gas-líquido; por consiguiente, la velocidad global estará controlada por la difusión de *A* a través de la película gaseosa. Un aumento de C_B por encima del valor mínimo necesario para que el plano de reacción sea el de la interfase no influirá sobre la velocidad global.

- CASO C: *Reacción rápida; cinética de segundo orden.*

El plano de reacción correspondiente al caso A se convierte ahora en una zona de reacción en la que están presentes *A* y *B*. Sin embargo, la

reacción es lo suficientemente rápida para que esta zona de reacción permanezca totalmente dentro de la película líquida. Por tanto, A no alcanza el seno del líquido para reaccionar en la masa global del mismo.

- CASO D: *Reacción rápida; C_B alta y por lo tanto la cinética es de pseudo primer orden.*

Para este caso especial, en el que C_B no desciende apreciablemente dentro de la película, se supone que permanece constante en toda la película y la cinética de reacción de segundo orden (caso C) se simplifica para dar la expresión cinética de primer orden.

- CASOS E y F: *Velocidad intermedia con respecto al transporte de materia.*

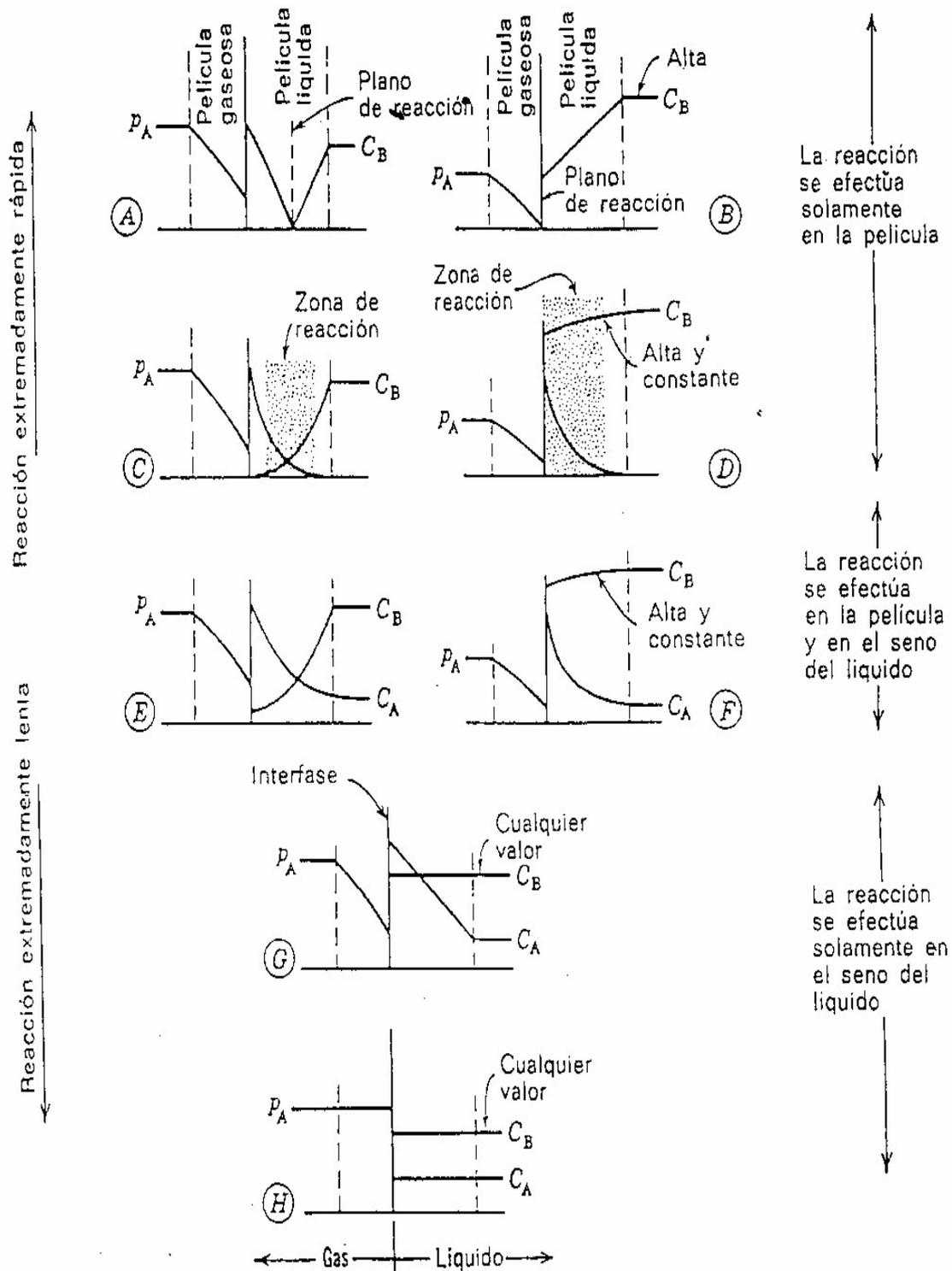
En estos casos la reacción es lo suficientemente lenta para que parte de A se difunda a través de la película hasta el seno del fluido. En consecuencia, A reacciona tanto dentro de la película como en el seno del fluido.

- CASO G: *Reacción lenta con respecto al transporte de materia.*

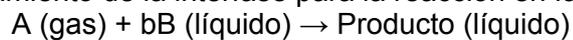
Este caso resulta curioso debido a que toda la reacción se efectúa en el seno del líquido; sin embargo, la película líquida todavía presenta una resistencia al transporte de A hacia el seno del líquido.

- CASO H: *Reacción infinitamente lenta.*

En este caso la resistencia al transporte de materia es despreciable, son uniformes las composiciones de A y B en el líquido, y la velocidad viene determinada solamente por la cinética química.



Comportamiento de la interfase para la reacción en fase líquida



Correspondiente a todo el intervalo de relaciones entre la velocidad de reacción y la velocidad de transporte de materia.

Levenspiel recomienda para dichas reacciones un reactor tipo torre de relleno, si además se tiene en cuenta la enorme corrosividad del H_2S , queda justificada la elección de rellenos y materiales de construcción anticorrosivos para dicha torre.

Del mismo modo justifica la utilización de soluciones de lavado en las torres:

En la torre I, se aumenta el pH con un medio alcalino para que se solubilice prácticamente todo el H_2S en forma de HS^- , aumentándose así la transferencia de materia del gas al líquido. A continuación el NaOCl actúa oxidando de forma instantánea a esta forma iónica y transformando el gas contaminante en sales estables, eliminando los olores. No puede utilizarse como solución absorbente del H_2S el NaOH, si se considera que solamente lo absorbe o solubiliza, pero no lo oxida. Esto presenta como problema que cuando se pone la purga líquida de la torre (a pH alto) en contacto con H_2O (a un pH menor), el pH disminuye y el H_2S pasará de nuevo a estado gaseoso, volviendo a contaminar a la corriente de aire en cuestión. De ahí la necesidad de oxidar dicho gas una vez absorbido.

En la torre II, los olores de cloro se neutralizan a pH 10. El mecanismo es similar; se facilita la transferencia de materia a través de la película gaseosa con el pH alto y, después reacciona instantáneamente con los iones OH^- de la sosa.

Según estos datos, dependiendo de la concentración del reactante, se estaría en el *Caso A* o *B* descritos anteriormente. Concretamente, a nivel industrial se opera con una concentración de reactante lo suficientemente alta para estar en el *Caso B*, lo que supone que la velocidad global de difusión estará controlada por la película gaseosa y la altura del absorbedor será menor que para el *Caso A*, donde la velocidad global de difusión estaría controlada por la película gaseosa y la líquida.

Por tanto, la zona de reacción entre el H₂S y la solución alcalina se desplazará hacia la interfase y permanecerá en ella. Cuando sucede esto, la resistencia de la fase gaseosa es la controlante y la velocidad global no está afectada por cualquier aumento posterior de la concentración del absorbente. La ecuación de velocidad del proceso se obtendrá de la siguiente forma:

$$-r_A = -r_B/b = \underset{\substack{\text{A en la película} \\ \text{gaseosa}}}{k_{Ag}} \cdot (p_A - p_{Ai}) = \underset{\substack{\text{A en la película} \\ \text{líquida}}}{k_{Al}} \cdot (C_{Ai} - 0) \cdot x_0/x = \underset{\substack{\text{B en la película} \\ \text{líquida}}}{k_{Bl}/b} \cdot (C_B - 0) \cdot x_0/x_0 - x$$

Donde k_{Ag} , y k_{Al} , k_{Bl} son los coeficientes de transporte de materia en las fases gaseosa y líquida.

Si se eleva la concentración de B, o más concretamente si

$$k_{Ag} \cdot p_A \leq k_{Bl} \cdot C_B / b$$

se desplaza la zona de reacción hacia la interfase y permanece en ella. De esta forma llegamos a la ecuación de velocidad del proceso:

$$-r_A = - (1/S) \cdot dN_A/dt = k_{Ag} \cdot p_A$$

Donde:

- $-r_A$: Velocidad de absorción de H₂S.
- k_{Ag} : Coeficiente de transporte de materia de H₂S en la fase gaseosa.
- p_A : Presión parcial del componente gaseoso H₂S.

5.3.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El proyecto se centrará en la desodorización de la sala de deshidratación, del desbaste, del espesador y del reactor anaerobio. El volumen total de estas zonas se estima en 1.430 m³ y se ha de tratar un caudal de aire sucio de 10.000 m³/h considerando una concentración máxima de 5 mg/Nm³ de sulfuro de hidrógeno. Esto supone un régimen de renovación del

ambiente interior de 7 renovaciones/hora. El rendimiento del proceso deberá ser del 99% para conseguir el objetivo final de desodorización de la zona.

Los gases olorosos procedentes de la EDAR incluirán: Aire + H₂S + CH₃SH + (CH₃)₂S + (CH₃)₂S₂ + NH₃.

Las concentraciones máximas de estos compuestos, expresadas en las especificaciones del proyecto, serán las indicadas en la tabla 8.

Componente	Concentración máxima (mg/Nm³)
H ₂ S	5
CH ₃ SH	3
(CH ₃) ₂ S + (CH ₃) ₂ S ₂	1
NH ₃	< 6

Tabla 8

Se tiene una muy baja concentración de derivados nitrogenados, ya que éstos pasan a nitrito o nitrato debido a la nitrificación y, por tanto, no es recomendable la tecnología de tres etapas.

La solubilidad del sulfuro de hidrógeno es relativamente baja y debe ser corregida modificando el pH del disolvente. Está demostrado que al aumentar el pH, aumenta la solubilidad del H₂S y por lo tanto la transferencia desde la fase gaseosa a la líquida. Como se indica en el capítulo 4, apartado 4.5.2 de la Memoria Descriptiva (Metcalf & Eddy.; 1995).

El método elegido para la eliminación de los gases olorosos es el lavado químico. Como ya se ha indicado anteriormente, este lavado se va a realizar utilizando como reactivos hipoclorito sódico e hidróxido sódico. Estos reactivos proporcionan el pH adecuado para que se produzca la reacción con el H₂S, son fáciles de obtener, su coste es relativamente bajo y se encuentran comercialmente con las siguientes concentraciones:

- Primera etapa: NaOCl al 5%.

- Segunda etapa: NaOH al 10%.

Con las disoluciones de hipoclorito sódico e hidróxido sódico se consigue un pH = 10.

Cada lavador contendrá 2.000 litros de disolución reactiva.

La eficacia de lavado para los distintos gases que componen el aire sucio será:

- 99% de H₂S.
- 98% de CH₃SH.
- 98% de (CH₃)₂S + (CH₃)₂S₂.

5.3.1.- Absorbedores

Son columnas verticales que se han llenado con relleno o con dispositivos de superficie grande. El líquido se distribuye sobre éstos y escurre hacia abajo, a través del lecho empaquetado, de tal forma que expone una gran superficie al contacto con el gas.

Las normas que se han seguido, son las que se utilizan para el diseño de tanques o recipientes de almacenamiento:

- Norma API Std 650 (American Petroleum Institute).
- Norma B.S. 2654 (British Standard).

La planta de desodorización estará compuesta por dos lavadores compactos verticales, cada uno de ellos estará formado por el *relleno*, *cuerpo de la torre*, *soporte de relleno* y *distribuidor del líquido*.

Relleno

El relleno elegido para el sistema de desodorización son los anillos Rasching. Su elección es debida a que proporcionan una superficie interfacial grande entre el líquido y el gas, con un coste comparativo con los demás tipos de rellenos mas bajo. Estos anillos Rasching tendrán las siguientes características y dimensiones:

- Diámetro: 50 mm., calculado en el apartado 1.2.2 del capítulo 1 de los Cálculos Justificativos.
- Superficie específica: $95 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- Volumen libre: 74%.
- Material: Polipropileno.

Cuerpo de la torre

El cuerpo de la torre es aquella zona donde se produce la absorción del H_2S . Sus dimensiones y características más importantes, calculadas en el apartado 1.2 del capítulo 1 de los Cálculos Justificativos son:

- Material barrera química: Resina Bisfenólica/fibra vidrio.
- Material refuerzo: Resina Ortoftálica/fibra vidrio.
- Diámetro: 1.600 mm.
- Altura total: 5.200 mm.
- Espesor de construcción: 5 mm.

- Boca DN-800, para salida de aire incluyendo anillo para soporte del separador de gotas.
- Boca DN-500 para carga-descarga de relleno.
- 3 bocas DN-200, para entrada de las rampas de distribución de líquido.
- 1 indicador de nivel, tipo visual, con tubo de vidrio.
- Medidores de pH y potencial redox.
- 4 anclajes metálicos.

Soporte de relleno

En el interior de la torre y a partir de 1.800 mm. sobre la base, se disponen dos parrillas horizontales de acero inoxidable AISI-316 de 25 mm. de espesor, con un diámetro de 1.600 mm., montadas con una separación entre ellas de 2.000 mm. Entre las parrillas se dispondrá el relleno de anillos Rasching.

Distribuidor del líquido

La sección de la torre de absorción presenta en la parte superior el sistema distribuidor de líquido, que está compuesto por:

- 3 rampas provistas de pulverizadores para la distribución de líquido, en PVC.
- 12 pulverizadores a cono lleno, tipo helicoidal (no obstruibles), con ángulo de dispersión de 90°, en polipropileno.

El control de los reactivos se realiza por medio de señales procedentes de pHmetro y redoxímetros que mantienen siempre la solución de lavado en condiciones óptimas.

El funcionamiento de las torres será en continuo, ya que no hay diferencias bruscas de composición; así, el contacto entre el líquido y el gas tiene lugar de forma continua a lo largo de toda la columna.

5.3.2.- Separador de gotas o “Desmister”

Su interior consta de varias láminas activas para flujo vertical y su funcionamiento se basa en la fuerza centrífuga que se imprime a las gotas contenidas en la corriente de aire, siendo éstas proyectadas contra las láminas, retenidas en unos resaltes a tal fin y autodrenadas. La elección del separador de gotas se ha realizado, teniendo en cuenta diversos catálogos.

El separador de gotas seleccionado es de flujo vertical, tipo laminar, construido en polipropileno, con las siguientes características funcionales:

- Velocidad de paso: 3,5 m/s.
- Eficacia: 99% gotas mayores de 40 micras.
- Pérdida de carga: 6 m.c.a.
- Boca DN-800 para entrada aire.

Desplazándose de forma ascendente por el interior del “desmister”, pueden visualizarse los elementos que se describen a continuación. En su parte inferior se encontrará una sección muerta de entrada que mide 1.000 mm. En este espacio se instalarán las boquillas necesarias para el aporte de reactivo al proceso. A continuación, se disponen, en los 400 mm. siguientes, las capas de láminas para separar las gotas. Concretamente, se dispondrá 1 capa horizontal de 14 láminas, como se calcula en el apartado 1.2.9 del

capítulo 1 de los Cálculos Justificativos. Las dimensiones y disposición de las láminas serán las siguientes:

- Espesor de las láminas: 4 mm.
- Altura de las láminas: 100 mm.
- Distancia entre las láminas: 60 mm.
- Diámetro de las láminas: 1.600 mm.
- Distancia entre capas de láminas: 280 mm.

En la parte superior del “desmister” se encontrará una sección muerta de salida que medirá 300 mm.

5.3.3.- Bombas centrífugas

La instalación de desodorización tendrá instaladas dos bombas centrífugas para la recirculación del reactivo en la torre de absorción.

La selección de las bombas se ha realizado según catálogos, teniendo en cuenta el caudal de impulsión y la altura necesaria, de forma que el rendimiento sea máximo, la potencia de accionamiento mínima y se evite la cavitación de la bomba.

Criterios a seguir para su selección:

- Elegir primero la bomba de menor NPSH (altura máxima de aspiración sin que se produzca cavitación) para evitar que la bomba cavite.
- Elegir, a continuación, la bomba que proporcione mayor altura útil.

- Seleccionar la bomba que presente un mayor rendimiento.
- Selección de la bomba que consume menor potencia (mayor ahorro eléctrico).
- Por último, y en el caso de que los requisitos anteriores sean coincidentes para distintas bombas, se elige la bomba que tenga un menor diámetro de rodete (menos costes).

Las bombas necesarias para la recirculación de reactivos deberán tener las siguientes características:

- Material contacto fluido: polipropileno.
- Caudal: 22 m³/h.
- Altura útil: 18 m.c.a.
- Acoplamiento: directo.
- Material cierre mecánico:
 - Rotor: Csi.
 - Estator: Csi.
 - Juntas: Vitón.
- Potencia instalada: 4 Kw.
- Tensión motor: 220/380 Vca.
- r.p.m. de motor: 2.900.
- Material cuerpo: polipropileno.

- Material rodete: polipropileno.

La altura útil, 18 m.c.a., será suficiente para compensar las pérdidas de carga que se producen a través de la tubería de PVC y los accesorios existentes (codos, válvulas, boquillas, etc.) además de transmitir la presión suficiente como para inyectar el líquido.

5.3.4.- Bombas de dosificación

Son necesarias dos bombas para la dosificación de hidróxido sódico e hipoclorito sódico a sus correspondientes torres de lavado que tendrán las siguientes características:

- Marca: Tecnum o similar.
- Tipo: pistón.
- Regulación: manual o señal 4/20 mA.
- Motor: 0,25 Kw/1.500 r.p.m.
- Variador de frecuencia: 0,25 Kw.
- Según especificación: EM-09-398.
- Material parte en contacto fluido: PVC/AISI-316
- Caudal: 2-20 l/h.
- Presión: 2 bar.
- Potencia instalada: 0,09 Kw.
- Tensión del motor: 380 v.

5.3.5.- Sensores

En la torre de oxidación, se dispone de una sonda de medición del potencial redox y una sonda de medición de pH para mantener siempre la solución en su estado óptimo de trabajo. Se establece el punto de consigna en 600 mV., de forma que cuando el potencial redox es menor se pone en marcha la bomba de dosificación de hipoclorito. Para mantener la solución en pH alcalino, se adiciona hidróxido sódico mediante una segunda bomba, que en este caso recibe la señal de un pHmetro. El punto de consigna se va a establecer en 10, de manera que cuando baje de este valor se ponga en marcha esta bomba.

Para la torre de hidróxido sódico, se dispone de un pHmetro para mantener las condiciones de trabajo. El punto de consigna del pH será 10, de forma que cuando el pH se reduce por debajo de este valor, actuará la bomba de dosificación de NaOH.

Las torres de lavado van dotadas de sondas de nivel que comandan una electroválvula y permiten disponer de un volumen de agua constante en el depósito de recirculación. Por lo tanto, las sondas comandan dicha electroválvula de forma automática; debe mantener un nivel constante en el depósito de recirculación de ambas torres. Cuando se purgan, se llenaran con agua de forma automática.

Se debe vaciar parte del líquido contenido en el depósito de recirculación de las torres cada cierto tiempo para eliminar residuos líquidos de la misma. El purgado se realiza mediante un desagüe en la parte inferior del depósito de las columnas. La purga está comandada por una electroválvula que, a su vez está gobernada por un temporizador.

5.3.6.- Ventilador

La planta posee un ventilador centrífugo y su selección esta basada en su capacidad para proporcionar el caudal y la presión total demandada por el sistema.

El ventilador estará situado en la salida de los gases, ya que estos al haber pasado por los lavadores no poseerán gases corrosivos (sulfuro de hidrógeno) y por tanto no perjudicaran a los rodamientos y a los demás componentes del ventilador.

Las características de este ventilador serán:

- Caudal: 10.000 m³/h.
- Presión total: 180 m.c.a.
- Velocidad del rodete: 1.400 r.p.m.
- Potencia instalada: 11 Kw.
- Tensión del motor: 380/660 V.
- Protección del motor: IP-55.
- r.p.m. del motor: 1.450.
- Nivel sonoro: 77 db.
- Transmisión: correas.
- Material voluta: polipropileno.
- Material rodete: polipropileno.

Este ventilador incluirá:

- Bancada metálica, construída en perfiles laminados protegidos con pintura antiácida.
- Transmisión por correas y poleas trapezoidales.
- Sistema de estanqueidad por deflector.
- Tubuladura de purga.
- Equilibrado estático y dinámico del rodete.

5.3.7.- Tuberías, conductos, válvulas y accesorios

En este apartado se describirán todas las tuberías necesarias para conducir las distintas corrientes involucradas en la planta desodorizadora. Para una mayor comprensión puede consultarse el trazado que presenta cada línea de tubería en el documento Planos del presente proyecto.

Conductos de aire

Para la conducción desde el plenum hasta el ventilador se utilizará una tubería con codos y accesorios de polipropileno, DN-800. Así mismo la tubería desde el ventilador hasta la salida también será en polipropileno, DN-800.

Para la aspiración del ventilador se empleará una unión elástica, con una abrazadera.

Para el ajuste del caudal de aire al valor de diseño se usará una válvula de mariposa, en PVC, DN-500.

Las juntas empleadas serán Hypalon y la tornillería en acero cadmiado.

Aspiración bombas

Se dispone una tubería en PVC, DN-80, con codos, bridas y accesorios, para la aspiración de reactivos desde los lavadores hasta la bomba.

Se utilizará una válvula de bola, DN-80, para el corte de la tubería.

Las juntas en Hypalon y tornillos en acero cadmiado.

Impulsión bombas

Se empleará una tubería en PVC, DN-65, con codos, bridas y accesorios, para la impulsión de los reactivos desde la bomba hasta el distribuidor de líquido.

Esta rama dispondrá de una válvula de bola y de retención, DN-65.

Las juntas serán Hypalon y los tornillos en acero cadmiado.

Drenaje-vaciado

Para el drenaje y vaciado de los lavadores se utilizará una tubería en PVC, DN-50, con doble codo para cierre hidráulico, codo, bridas y accesorios.

Dispondrá además de una válvula de bola, DN-50.

5.4.- ZONA DE ACTUACIÓN

Se consideran en el presente proyecto las emisiones gaseosas procedentes de la sala de deshidratación, del desbaste, del espesador y de la digestión anaerobia, que son las que provocan mayores problemas de olor, debido al sulfuro de hidrógeno.

5.4.1.- Desbaste

El desbaste pertenece a la línea de agua y es la primera de las etapas de tratamiento que sufre el agua residual.

En el desbaste se realiza la retirada de partículas en suspensión haciendo pasar el agua residual por rejas y tamices de distinto tamaño.

Estas operaciones de desbaste incluyen rejas de gruesos seguida de un tamiz.

Tiene el objetivo de proteger a la EDAR de la posible llegada de objetos grandes y pequeños capaces de producir obstrucciones y atascos en las distintas unidades de la planta.

Los sólidos extraídos caen sobre cintas transportadoras por donde se envían hasta una prensa de residuos, o directamente a contenedor.

Además del desbaste se puede incluir, a efectos de tratamiento de emisión de olores, el desarenado y desengrasado, teniendo en cuenta que cada vez es más común la unión de estos dos tratamientos en una sola etapa. Los gases presentes en disolución y en emulsión en las aguas, son arrastrados por el aire inyectado en el desengrasado a la atmósfera.

En el desarenador, se separan gravas, arenas, partículas minerales y cualquier materia pesada que tenga una velocidad de sedimentación o peso específico superiores a los sólidos orgánicos. Para la extracción de las arenas decantadas se utilizan bombas centrífugas, que vierten sobre el canal de recogida por donde, posteriormente, se envían al sistema de tratamiento.

En el desengrasado, se eliminan grasas y aceites que se encuentren libres en el agua residual mediante el insuflado de aire. Las grasas desmenuadas son arrastradas por una barredera superficial que las

conduce hasta un pozo de recogida desde donde se bombean a un concentrador.

En estas zonas, tanto en el desbaste como en el desarenado-desengrasado, se produce la agitación turbulenta del agua residual, con lo cual se favorece la emisión de gases que producen olores desagradables. Además, la acumulación en estos canales y rejillas, de partículas orgánicas y detritus contenidos en el agua bruta, pueden ser fuentes potenciales de malos olores. La extracción y el sistema de conducción de arenas también pueden generar olores por el revestimiento orgánico de las arenas.

Estas emisiones son aspiradas y conducidas por las redes de tuberías hasta el sistema centralizado de tratamiento de olores.

5.4.2.- Espesadores

Antes de proceder a la eliminación o a la estabilización de los fangos que se han separado del agua residual, es conveniente proceder al espesamiento de los fangos purgados de los distintos elementos de la línea de agua.

El contenido en sólidos varía considerablemente en función de las características del fango, de las instalaciones de eliminación y bombeo de fangos, y del método de operación. El espesado es un procedimiento que se emplea para aumentar el contenido de sólidos del fango, por eliminación de parte de la fracción líquida del mismo.

El espesado se suele llevar a cabo mediante procedimientos físicos, que incluyen el espesado por gravedad, flotación, centrifugación, y filtros de banda por gravedad.

- Espesamiento por gravedad:

El tiempo de retención del fango es un factor crítico. Cuanto más tiempo permanezca mas posibilidades existen de que aparezcan condiciones anaerobias en el manto de fangos. Sin embargo debe permanecer un tiempo para alcanzar la concentración deseada, por lo que la operación es un equilibrio entre estos dos factores.

Otro de los puntos clave en el control de olores, es la tasa de sobrenadantes, que se puede controlar por la tasa de alimentación de fangos y por la aportación de agua de dilución.

Normalmente están cubiertos y desodorizados.

- Espesamiento por flotación

Los problemas de olores son mucho menores que en los otros sistemas de espesamiento, aunque sí se producen olores se debe cubrir y desodorizar. El aspecto crítico son las características del fango de alimentación.

Los gases producidos en los espesadores, sean del tipo que sean, serán conducidos hasta las instalaciones de desodorización.

5.4.3.- Digestión anaerobia

Un digestor es un reactor biológico donde una serie de microorganismos efectúan la degradación de los compuestos contaminantes, llegando hasta el compuesto orgánico más simple que se puede generar en las condiciones del proceso. Estos microorganismos se desarrollan a 35-37° C por lo tanto se ha de aportar calor al sistema para mantener la temperatura óptima.

Como resultado de la digestión se reduce la materia volátil contenida en el fango favoreciéndose la formación de diversos compuestos gaseosos que constituyen el biogás. El biogás obtenido por digestión anaerobia está formado básicamente por una mezcla binaria de metano -CH₄- y anhídrido carbónico

-CO₂- con variaciones porcentuales que oscilan entre 55 y 75% para el primero y entre el 25 y 45% para el segundo. Por ello, el biogás constituye un subproducto proveniente de procesos de depuración con un alto valor energético que puede ser empleado en equipos de combustión sin adaptaciones sustanciales y con rendimientos adecuados. Únicamente la presencia de sulfuro de hidrógeno, en proporciones que varían normalmente entre 1.000 y 3.000 ppm pero que en ocasiones pueden llegar al 2%, plantea serios problemas para la utilización de gases de combustión. Los más frecuentes son: (Revista Tecnología del Agua.; 1994).

- Corrosión: el H₂S ataca tanto las canalizaciones de acero, -especialmente en los lugares donde se acumula agua de condensación-, como los materiales que habitualmente vienen empleándose en las técnicas gasistas. Los motores térmicos y los aparatos convencionales también se ven afectados por la corrosión cuando el carburante contiene H₂S.
- Toxicidad: el H₂S es un gas altamente tóxico con un fuerte olor característico muy desagradable. En concentraciones superiores a 700 ppm es súbitamente mortal. Además, las fugas no pueden ser detectadas por el olfato a menos que la concentración sea lo suficientemente baja, lo que implica graves riesgos a elevadas concentraciones.
- Contaminación medioambiental: los productos de combustión de un gas sin depurar contienen cantidades variables de SO₂ y SO₃ que afectan al aire y al agua, contribuyendo a la producción de lluvias ácidas y perjudicando directamente al mundo vegetal y animal.

Para su utilización como combustible en el calentamiento de los fangos, este biogás puede ser tratado con óxidos de hierro para la eliminación del sulfuro de hidrógeno presente en el mismo. Se debe evitar añadir estos óxidos en el fango caliente, porque se pueden producir precipitaciones en las

tuberías. Además, las sales de hierro pueden reducir la alcalinidad de los digestores por lo que se debe controlar el pH.

- Olor: el gas producido tras la digestión es oloroso y puede escapar a la atmósfera por diversos medios, por ejemplo, para proteger el digestor de sobrepresiones en la cubierta existen válvulas de presión y de vacío. Normalmente, las válvulas de presión no son herméticas y pierden pequeñas cantidades de gas cuando se opera en el 80 ó 90% del punto de consigna. Las variaciones en las condiciones de operación interfieren en el delicado balance de presiones del digestor y se pueden producir salidas de gases por las válvulas de la cubierta. Las cubiertas flotantes pueden también liberar olores por el cierre de agua/fango, entre la cubierta y la pared perimetral. Las espumas son típicas en el arranque de los digestores. En algunas condiciones extremas pueden escapar por la cubierta derramándose y en los digestores de cubierta flotante escaparan por el cierre. Estas producen olores mientras están húmedas. A no ser que se incluya un tamizado de los fangos de entrada, se producirá en los digestores una acumulación de arenas y partículas orgánicas que deben ser retiradas periódicamente y que producirán olores.

Estos gases son los que se van a tratar en el presente proyecto, para ello se produce su traslado mediante los colectores correspondientes hasta el sistema de lavado por vía química.

5.4.4.- Deshidratación

La deshidratación o secado pertenece a la línea de fango.

La deshidratación se realiza tras la digestión anaerobia de los fangos y se puede efectuar mediante tres dispositivos: filtros prensa, filtros bandas o decantadores centrífugos. Se suele emplear un aditivo que provoca la

floculación o aglutinamiento de los sólidos que integran el fango digerido. El mas usado es el polielectrolito.

Esta deshidratación produce la estabilización del fango reduciendo su materia orgánica y su humedad.

En la deshidratación, debido al prensado del fango, además de quitarle al agua también se produce la emisión de olores debido a la agitación y movimiento que sufre el fango.

Los olores producidos son recogidos por la red de conductos que los conduce hasta el sistema de desodorización.

5.5.- RESUMEN GENERAL

El caudal de gases a tratar es de 10.000 m³/h y se utiliza como líquido de lavado hipoclorito sódico e hidróxido sódico, con lo cuál se consigue un pH de 10.

En estas condiciones se consigue una eficacia de lavado del 99% sobre el sulfuro de hidrógeno.

La pérdida de carga en equipos es de 105 m.c.a., mientras que se supone una pérdida de carga en conductos de 55 m.c.a., lo cuál hace que la pérdida de carga total del sistema sea de 160 m.c.a.

Se utiliza para la desodorización dos lavadores compactos verticales fabricados en resinas bisfenólicas reforzados con fibra de vidrio como material de barrera química y resina ortoftálica con fibra de vidrio como material de refuerzo.

La altura de los lavadores es de 5.200 mm. y 1.600 mm. de diámetro, espesor de construcción 5 mm.

Reactivo inyectado a contracorriente en contacto con el aire mediante anillos Rasching de 50 mm. de diámetro. La capacidad del líquido contenido en el fondo se fija en 2 m³.

Dos bombas centrífugas horizontales de 22 m³/h serán las encargadas de recircular el líquido estabilizador, cada bomba tiene una potencia instalada de 4 Kw y una altura manométrica de 18 m.c.a.

Un ventilador de 10.000 m³/h y 11 Kw forzará el paso del aire a desodorizar por las torres, que dispondrá a su salida de anillos separadores de gotas para no arrastrar agua en su salida.

Se dispondrá además de un sistema de control de la desodorización, que constará de un cuadro eléctrico desde donde se accionará el agua de servicio y los reactivos según las necesidades.

Las bombas encargadas de la dosificación automática de los reactivos requeridos tienen capacidad de 2-20 l/h y una PN 2 bar, el material de contacto con el fluido es PVC. Estas bombas estarán conectadas a los depósitos existentes en la EDAR.

Todas las tuberías de unión, accesorios y válvulas de recirculación de líquido se construirán en PVC. Las tuberías, accesorios y válvulas de conducción de gases entre lavadores y el ventilador en polipropileno. La tornillería se servirá en acero cadmiado.

CAPÍTULO 6: ASPECTOS DE MANTENIMIENTO

6.1.- INTRODUCCION

Una vez construida la planta de desodorización se tendrán en cuenta los aspectos generales de mantenimiento de todos los equipos que la componen, con el fin de conseguir la correcta operación de los mismos, el alargamiento de sus vidas y la minimización de las pérdidas y daños ocasionados por las incidencias del mantenimiento.

El mantenimiento de la planta de desodorización comenzará antes de la puesta en marcha de la misma a través de una inspección y prueba de los diferentes equipos e instalaciones que la componen. Una vez puesta en marcha la planta, el mantenimiento se planificará atendiendo a los componentes correctivo, preventivo y predictivo.

6.2.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El programa de mantenimiento se elaborará en función de las siguientes premisas:

- Los aspectos observados durante la puesta en marcha de la planta y su posterior funcionamiento en régimen estacionario.
- Las recomendaciones ofrecidas por los proveedores de los distintos equipos e instalaciones que componen la planta.

Dicho programa de mantenimiento clasificará a los distintos trabajos de mantenimiento en tres grupos bien definidos:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento predictivo.

6.2.1.- Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en reparar un equipo o pieza que ha sufrido una avería aleatoria o inesperada con el fin de que siga operando correctamente.

El fin que debe perseguir el mantenimiento es el de disminuir el número de trabajos llamados “después de la avería” o imprevistos y aumentar el número de trabajos planificados. Por lo tanto, se intentará que el mantenimiento correctivo sea el mínimo posible en la planta.

De este mantenimiento correctivo se elaborarán informes que reflejarán la frecuencia de las averías en los distintos equipos, para elaborar planes preventivos a fin de que disminuyan dichas averías.

6.2.2.- Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se define como la realización de ciertas reparaciones y 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. Este tipo de mantenimiento está totalmente planificado, pudiendo basarse en períodos fijos de tiempo o en un número de operaciones de un determinado componente.

Se trata pues, de un mantenimiento programado, con el fin de reducir al mínimo posible el número de paradas imprevistas de los equipos o instalaciones. El éxito de este tipo de mantenimiento se apoya en elegir bien el período de la inspección, de forma que no se lleguen a producir averías entre dichas inspecciones, pero sin acortarlas mucho, ya que esto lo encarecería considerablemente. Hay que buscar un equilibrio en el binomio costes-efectividad, para lograr este fin.

Este tipo de mantenimiento es fácilmente aplicable a aquellas unidades e instalaciones que cuentan con una unidad en espera o stand-by garantizando el funcionamiento continuo de la planta.

6.2.3.- Mantenimiento Predictivo

Consiste en el conocimiento del estado de una máquina o equipo por medición periódica o continua de algún parámetro significativo. La intervención de mantenimiento se condiciona a la detección precoz de los síntomas de las averías.

El mantenimiento predictivo de averías es, por tanto, una metodología que tiene como objeto asegurar el correcto funcionamiento de los equipos a través de una vigilancia continuada de sus parámetros específicos de funcionamiento, indicadores de su condición. Se ejecuta con el equipo funcionando sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas. Algunas de las técnicas de verificación que utiliza el mantenimiento predictivo son las siguientes:

- Inspección visual.
- Inspección por líquidos penetrantes.
- Inspección por partículas magnéticas.
- Inspección por ultrasonidos.
- Inspección radiográfica.
- Análisis de las vibraciones.
- Estudio del lubricante.
- Análisis del espectro de corrientes.

- Termografías.

6.3.- MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE DESODORIZACIÓN

La mejor opción para conseguir el objetivo de mantenimiento de la instalación de desodorización es una adecuada simbiosis entre el *mantenimiento preventivo* y el *mantenimiento predictivo*, pero aplicado en distintas escalas y proporciones, lo que constituye el mantenimiento planificado.

El *mantenimiento predictivo* se aplicará a todos los equipos de la instalación que estén funcionando, quedando por tanto excluidos los equipos en stand-by y aquellos que no sean accesibles o los de escasa importancia operativa.

Resultará de gran importancia la elección del período de las correspondientes inspecciones, los parámetros a controlar, la formación apropiada del personal y los instrumentos empleados tanto para la toma de datos como en su análisis y estudio.

Mediante la aplicación de esta técnica se podrán detectar fallos cuyo hallazgo no sería posible, o de muy costosa determinación, así como de aquellas anomalías que precisan para su detección que el equipo esté en operación, como el caso de roces, desequilibrios, temperaturas anormales, ruidos, etc.

Existen dos técnicas para realizar el mantenimiento predictivo:

- Técnicas directas: para medir o verificar directamente los deterioros sufridos por los elementos.

Operaciones predictivas (directas)	Periodicidad
Inspección estanqueidad aire mecánico de bombas recirculación	3 meses (2.000 h)
Inspección estanqueidad ejes ventilador	3 meses (2.000 h)
Inspección fugas NaOH en bomba y línea dosificación	Mensual
Inspección fugas NaOCl en bomba y línea dosificación	Mensual
Inspección del presostato (refrigeración bomba recirculación)	Mensual
Inspección visor nivel de torres	15 días
Inspección sondas nivel y electroválvula	Mensual
Inspección purga automática/manual	Mensual

- Técnicas indirectas: permiten detectar los defectos a través de la medida de algún parámetro de funcionamiento.

Operaciones predictivas (indirectas)	Periodicidad
Verificación auditiva bomba electromagnéticas (ausencia de ruido)	3 meses (2.000 h)
Medida de las vibraciones en motor y cuerpo bombas centrifugas (parte próxima cojinetes)	3 meses (2.000 h)
Medida de las vibraciones en motor y cuerpo ventilador (parte próxima cojinetes)	3 meses (2.000 h)

El *mantenimiento preventivo* que se desarrollará en la instalación de desodorización será de tres tipos:

Mantenimiento preventivo programado: Abarca una serie de ajustes, comprobaciones, inspecciones y sustituciones periódicas de componentes de equipos, que no son necesarias para garantizar su correcto funcionamiento. Para efectuar estas operaciones los equipos podrán estar en funcionamiento o fuera de servicio.

Operaciones preventivas (programadas)	Periodicidad
Cambio de aceite cárter bombas recirculación	3 meses (2.000 h)
Engrase rodamientos de bola del motor bombas recirculación	9 meses (8.000 h)
Engrase rodamientos del eje acople motor ventilador	6 meses (4.000 h)
Verificación funcionamiento cuadro de mando y protección	6 meses (4.000 h)
Verificación calibrado controlador pH	Mensual
Limpieza electrodos medidores pH	Mensual
Verificación calibrado controlador redox	Mensual

Mantenimiento preventivo en paradas: Es el mantenimiento realizado en aquellos equipos a los que mediante mantenimiento predictivo se les ha detectado un deterioro incipiente que requiere una inspección en detalle. Para estas operaciones es necesario que esté parada la instalación.

Mantenimiento preventivo legal: Es el mantenimiento que se realiza tanto en plazos como en operaciones impuestas por imperativos de la reglamentación vigente. No obedece a razones puramente técnicas.

II) CÁLCULOS

CAPITULO 1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1.1.- BALANCES DE MATERIA

Se realizará un balance global a la instalación de desodorización mediante el cuál, y a partir de la alimentación y composición del gas a tratar, se llegará a conocer las características del gas de salida de la planta de desodorización.

La composición del gas oloroso procedente de la estación depuradora es:



La concentración de estos compuestos es la que se indica a continuación, y forman parte de las especificaciones:

Componente	Concentración máxima (mg/Nm³)
H ₂ S	5
CH ₃ SH	3
(CH ₃) ₂ S + (CH ₃) ₂ S ₂	1
NH ₃	< 6

Los balances se realizaran para los principales compuestos implicados en el proceso de desodorización, es decir, para aquellos compuestos más relevantes a la hora de la desodorización. Estos son:

- Sulfuro de Hidrógeno: principal responsable de los malos olores de una estación depuradora de aguas residuales.

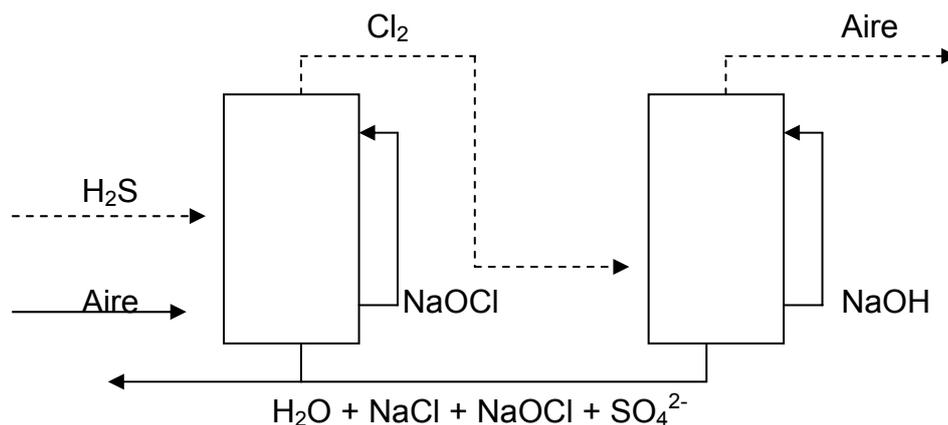
- Hidróxido Sódico: para el tratamiento del sulfuro de hidrógeno, componentes ácidos menores (acético, butírico, etc.) y cloro residual.
- Hipoclorito Sódico: para el tratamiento del sulfuro de hidrógeno y mercaptanos (metilmercaptanos, etc.).

Antes de abordar los balances de materia se tendrá en cuenta la siguiente nomenclatura para los caudales de los componentes y su composición:

- $(N_1)_2$: Caudal másico de componente por Nm^3 de gas (kg/Nm^3).
- $(F_1)_2$: Caudal molar de componente (kmol/h).

Los subíndices 1 y 2 indicarán el componente y la corriente a la que pertenecen, respectivamente.

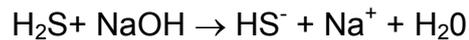
El proceso de desodorización se podría representar mediante el siguiente diagrama de flujo:



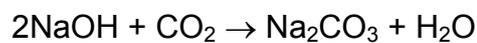
1.1.1.- Balance de Materia al Sulfuro de Hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno reacciona en las torres de lavado, tanto con el hidróxido sódico como con el hipoclorito sódico, según las siguientes reacciones:

1.- Reacción de Absorción:



Se produce además una reacción secundaria no deseada:



Para evitar esta reacción secundaria se debe trabajar con un pH elevado, de forma que se favorece la reacción entre la sosa y el sulfuro asegurando su prevalencia frente a la otra reacción.

2.- Reacción de Oxidación:



El balance de materia al sulfuro de hidrógeno puede representarse del siguiente modo:

$$(A) = (E) + (G) - (S) - (C)$$

Si se considera que los términos de velocidad de acumulación de materia en el elemento de volumen (A) y generación de materia (G) son nulos, el balance se quedará con los términos de entrada de materia (E), salida de materia (S) y consumo de materia (C):

$$(E) = (S) + (C)$$

$$(E) = (N_{H_2S})_1$$

$$(S) = (N_{H_2S})_2$$

$$(C) = (N_{H_2S})_{CONSUMIDO}$$

Donde los subíndices 1 y 2 corresponden a las corrientes de entrada y salida de gases, respectivamente.

El caudal de sulfuro de hidrógeno del gas de entrada se conoce, ya que es un dato de diseño. Por tanto, debe calcularse en primer lugar el caudal de sulfuro consumido para obtener el caudal de sulfuro del gas de salida.

Si en el sistema de desodorización se produce la absorción del sulfuro de hidrógeno con un 99% de eficacia, los kmol/h de H₂S absorbidos serán:

$$(N_{H_2S})_1 = 5 \text{ mg/Nm}^3 \rightarrow (N_{H_2S})_1 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3.$$

$$(F_{H_2S})_1 = \underline{1,46 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/h.}}$$

$$(F_{H_2S})_{CONSUMIDO} = (F_{H_2S})_{ABSORBIDO} = 0,99 \cdot (F_{H_2S})_1 = \underline{1,44 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/h.}}$$

$$(F_{H_2S})_2 = \underline{2 \cdot 10^{-5} \text{ kmol/h.}}$$

La cantidad diaria de H₂S a eliminar en los absorbedores será:

$$[H_2S] = 5 \text{ mg/m}^3.$$

$$\text{Caudal másico diario H}_2\text{S} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} \cdot [H_2S] \text{ (mg/m}^3\text{)} \cdot 24 \text{ h/día} \cdot 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg.}$$

$$\text{Caudal} = 10.000 \cdot 5 \cdot 24 \cdot 1/10^6 = \underline{1,2 \text{ kg H}_2\text{S/día.}}$$

1.1.2.- Balance de Materia al Hipoclorito Sódico

Se calculará la cantidad de hipoclorito sódico necesario para eliminar el sulfuro de hidrógeno producido en la estación depuradora.

La reacción entre el hipoclorito sódico y el sulfuro de hidrógeno es:



Peso molecular NaOCl = $P_m \text{ NaOCl} = 74,5 \text{ g/mol}$.

Peso molecular H₂S = $P_m \text{ H}_2\text{S} = 34,08 \text{ g/mol}$.

Densidad NaOCl = $\rho_{\text{NaOCl}} = 1,230 \text{ g/ml}$.

Cantidad NaOCl = $(4 \cdot 74,5 \text{ g/mol}) / 34,08 \text{ g/mol} = 8,74 \text{ g de NaOCl/g de H}_2\text{S}$
→ 8,74 kg de NaOCl/kg de H₂S.

Se suele utilizar una cantidad de NaOCl entre 6 y 15 kg de NaOCl por cada kg de H₂S. Se considera apropiado una cantidad de 9 kg de NaOCl por kg de H₂S.

Cantidad de NaOCl puro necesario día = $(\text{kg NaOCl/kg H}_2\text{S}) \cdot (\text{kg H}_2\text{S/día})$.

Cantidad NaOCl puro = $9 \cdot 1,2 = 10,8 \text{ kg NaOCl puro/día}$.

[NaOCl] = 5%.

Cantidad de NaOCl día = $(10.800 \text{ g/día} \cdot 100 \text{ g}) / 5 \text{ g} = 216.000 \text{ g/día de NaOCl}$
al 5%.

Cantidad de NaOCl gastado = $\text{cantidad NaOCl (g/día)} / \rho_{\text{NaOCl}} \text{ (g/ml)}$

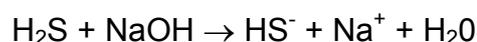
Cantidad de NaOCl = $216.000 / 1,230 = 175.609,756 \text{ ml/día} \rightarrow 175,609 \text{ l/día}$.

Dosificación mínima = $\text{Caudal NaOCl (l/día)} \cdot 1 \text{ día}/24 \text{ h} = 175,609/24 = \underline{7,317 \text{ l/h}}$.

1.1.3.- Balance de Materia al Hidróxido Sódico

Al igual que para el hipoclorito sódico se va a calcular la cantidad de hidróxido sódico necesario para eliminar el sulfuro de hidrógeno producido en la estación depuradora.

La reacción entre el hidróxido sódico y el sulfuro de hidrógeno es:



Peso molecular NaOH = P_m (NaOH) = 40 g/mol.

Peso molecular H₂S = P_m (H₂S) = 34,08 g/mol.

Densidad NaOH = ρ_{NaOH} = 1,5253 g/ml.

Cantidad NaOH = $(1 \cdot 40 \text{ g/mol}) / 34,08 \text{ g/mol} = 1,173 \text{ g de NaOH/g de H}_2\text{S}$. →
1,173 kg de NaOH/kg de H₂S.

Se suele utilizar una cantidad de NaOH entre 4 y 5 kg de NaOH por kg de H₂S. Se considera un consumo de 4,5 kg de NaOH por kg de H₂S.

Cantidad de NaOH puro necesario día = $(\text{kg NaOH/kg H}_2\text{S}) \cdot (\text{kg H}_2\text{S/día})$.

Cantidad NaOH puro = $4,5 \cdot 1,2 = 5,4 \text{ kg NaOH puro/día}$.

[NaOH] = 10%.

Cantidad de NaOH día = $(5.400 \text{ g/día} \cdot 100 \text{ g}) / 10 \text{ g} = 54.000 \text{ g/día de NaOCl}$
al 10%.

Cantidad de NaOH gastado = $\text{cantidad NaOH (g/día)} / \rho_{\text{NaOH}} \text{ (g/ml)}$

Cantidad de NaOH = $54.000 / 1,5253 = 35.402,871 \text{ ml/día} \rightarrow 35,402 \text{ l/día}$.

Dosificación mínima = $\text{Caudal NaOH (l/día)} \cdot 1 \text{ día}/24 \text{ h} = 35,402/24 = \underline{1,475 \text{ l/h}}$.

En el caso del hidróxido sódico, se debe tener en cuenta la cantidad suministrada a la torre II para la neutralización del cloro residual libre.

La reacción entre el hidróxido sódico y el cloro residual es:



Peso molecular NaOH = P_m (NaOH) = 40 g/mol.

Peso molecular Cl₂ = P_m (Cl₂) = 71 g/mol.

Densidad NaOH = ρ_{NaOH} = 1,5253 g/ml.

Cantidad de NaOH = $(2 \cdot 40 \text{ g/mol}) / 71 \text{ g/mol} = 1,126 \text{ g de NaOH/g de Cl}_2$
→ 1,126 kg de NaOH/kg de Cl₂.

El cloro residual óptimo se establece en 0.6 g/l de NaOCl, en el apartado anterior se cálculo la cantidad de NaOCl necesario para neutralizar el H₂S que se estableció en 175,609 l/día. Por tanto, la cantidad de Cl₂ residual es 105,365 g/día.

Cantidad de NaOH puro necesario día = (g NaOH/g Cl₂) · (g Cl₂/día).

Cantidad de NaOH puro = 1,126 · 105,365 = 118,641 g NaOH puro/día.

[NaOH] = 10%.

Cantidad de NaOH día = (118,641 g/día · 100 g) / 10 g = 1.186,41 g/día de NaOCl al 10%.

Cantidad de NaOH gastado = cantidad NaOH (g/día) / ρ_{NaOH} (g/ml)

Cantidad de NaOH = 1.186,41 / 1,5253 = 777,820 ml/día → 0,7778 l/día.

En este caso al ser el caudal diario tan bajo se utilizará el necesario para la absorción del H₂S, de forma que nos aseguramos la neutralización de los olores residuales de cloro y H₂S que no haya reaccionado en la torre I.

1.2. DIMENSIONADO DE LOS DISTINTOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE DESODORIZACIÓN

Los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso definido y mostrado en el diagrama de flujo se dibujan con detalle en los planos que se adjuntan en el documento correspondiente del presente proyecto.

1.2.1.- Cálculo de la sección de la torre de absorción

El cálculo de la sección transversal de las torres de absorción se realizará atendiendo a los criterios de diseño establecidos que son:

Diámetro de los anillos Rasching = 50 mm. (supuestos)

Caudal volumétrico del gas → Q_g = 10.000 m³/h

Densidad del gas → ρ_g = 1,093 kg/m³

Caudal volumétrico del líquido → Q_L = 22 m³/h

Densidad del líquido $\rightarrow \rho_L = 998 \text{ kg/m}^3$

Caudal másico del gas $\rightarrow G_{GF} = Q_g \cdot \rho_g = 10.000 \cdot 1,093 = 10.930 \text{ kg/h.}$

Caudal másico del líquido $\rightarrow G_{LF} = Q_L \cdot \rho_L = 22 \cdot 998 = 21.956 \text{ kg/h.}$

Viscosidad del líquido $\rightarrow \mu_L = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m s} \rightarrow \mu_L = 8 \cdot 10^{-5} \text{ cp.}$

Superficie específica del relleno / fracción en volumen de los huecos $\rightarrow \alpha_v/F^3 = 220. \text{ (Anexo 2).}$

Debido a que la cantidad máxima de sulfuro de hidrógeno es 5 mg/Nm^3 , cantidad muy pequeña en comparación con la cantidad de gas con la que se está trabajando, se ha considerado que el gas que entra en la torre de absorción es aire.

Como la disolución utilizada para el lavado es hidróxido sódico al 10% e hipoclorito sódico al 5% y el volumen de líquido es de 2.000 litros se ha considerado solo agua.

Se determinará el diámetro de la torre de absorción para el punto de inundación (Badger, W.; 1972).

$$G_{LF} / G_{GF} = (21.956 / S) / (10.930 / S) = 21.956 / 10.930$$

$$(G_{LF} / G_{GF}) \cdot (\rho_G / \rho_L)^{0,5} = (21.956 / 10.930) \cdot (1,093 / 998)^{0,5} = 0,06647$$

De la gráfica 9-5, del Anexo 3 $\rightarrow 0,16.$

$$(G_{GF} / 3.600)^2 = 0,16 \cdot (F^3 / \alpha_v) \cdot [(\rho_G \cdot \rho_L \cdot g) / \mu_L^{0,2}] = \\ = 0,16 \cdot [(1,093 \cdot 998 \cdot 9,81) / (220 \cdot (8 \cdot 10^{-5})^{0,2})] = 51,34$$

$$G_{GF} = 3.600 \cdot \sqrt{51,34} = 25.794,7 \text{ kg/h m}^2.$$

$$S = 10.930 / 25.794,7 = 0,4237 \text{ m}^2.$$

$$D = \sqrt{[(4 \cdot 0,4237) / \pi]} = 0,7344 \text{ m.}$$

Como en la práctica una torre no puede operar en las condiciones correspondientes al punto de inundación, este razonamiento da el diámetro mínimo de la torre. Prácticamente se consideran como seguras las velocidades próximas al 50% de las del punto de inundación, por lo que la sección recta real sería aproximadamente el doble de la calculada anteriormente, unos 0,8474 m² y el diámetro correspondiente sería 1,0387 m. Se utiliza el catálogo de lavadores ECOLAV, de Ecología Técnica S.A., (Anexo 6) el modelo que mejor se ajusta al proceso, teniendo en cuenta las simplificaciones que se han realizado es el 16. Este modelo corresponde a un diámetro de 1,6 m.

Según la Norma API Std. 650, para tanques con diámetro inferior a 15.200 mm. el espesor mínimo ha de ser de 4,76 mm. En el presente proyecto se considera un espesor de 5 mm., el cual se subdivide a su vez: 1,5 mm. revestimiento interno que actúa como material de barrera química (resina bisfenólica reforzada con fibra de vidrio), 3,5 mm. de revestimiento externo (resina ortoftálica reforzada con fibra de vidrio).

1.2.2.- Cálculo del diámetro de los anillos de relleno

Según el apartado 4.5.1.4 del capítulo 4 de la Memoria Descriptiva, el diámetro de los anillos no debe exceder de la octava parte del diámetro de la torre.

1/8 del diámetro como máximo $\rightarrow 1/8 \cdot 1,6 = 0,2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$.

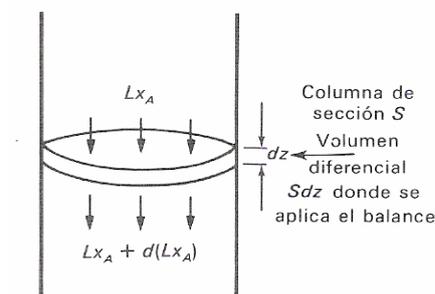
Se utilizan anillos Rasching distribuidos al azar, en este caso el número de piezas de empaquetamiento es generalmente menor en la vecindad inmediata de las paredes de la torre; por esta causa, el líquido tiende a segregarse hacia las paredes y el gas a fluir en el centro de la torre. Dicha tendencia es menos pronunciada si el diámetro de cada pieza de empaque es al menos menor de un octavo del diámetro de la torre. Por encima de este tamaño, la distribución del líquido – y por lo tanto la eficacia en la transferencia de materia – disminuye rápidamente. Como el coste por unidad de volumen de relleno no disminuye mucho para tamaños por encima de 50 mm., mientras que

la eficacia sigue bajando, pocas veces significa una ventaja el utilizar rellenos mucho mayores de 50 mm. en una columna rellena al azar.

Además los tamaños de empaque de 25 mm. o mayores se utilizan generalmente para un flujo de gas de 0,25 m³/s, y 50 mm. o mayores para un flujo de gas de 1 m³/s. En nuestro caso tenemos un caudal de 2,7 m³/s por lo que teniendo en cuenta esto y lo anteriormente expuesto el tamaño de los anillos Rasching mas adecuado para la torre de lavado químico es de 50 mm., con lo que la suposición realizada en el cálculo de la sección y el diámetro de la torre es correcta.

1.2.3.- Cálculo del número de unidades de transferencia

El cálculo de la altura de relleno necesario para llevar a cabo una determinada absorción se puede realizar a partir de un balance de materia generalizado. Sin embargo, en el caso del presente proyecto el balance de materia se realiza sobre un elemento de volumen de espesor diferencial de la columna de absorción, tal como muestra la figura 1 (Costa López, J.; 1994).



Aplicación del balance de materia a un volumen diferencial de una columna de absorción de relleno.

(Fig. 1)

Así pues, si a es la superficie específica del relleno (m^2 de superficie de transferencia/ m^3 de columna), la superficie total de transferencia (se desprecia el espesor de la película líquida) en el volumen diferencial será:

$$aSdz$$

siendo S la sección de la columna. Si N_A es la densidad de flujo de A (componente que se absorbe) para la altura z la totalidad del componente A absorbido por unidad de tiempo en este volumen será:

$$N_A a S dz$$

y si N_A se expresa en función del coeficiente global de transferencia de materia K_x , se podrá escribir:

$$K_x (x_A^e - x_A) a S dz \tag{1}$$

Donde x_A^e es la fracción molar de A en la fase líquida en equilibrio con y_A , y x_A es la fracción molar de A en el seno de la fase líquida.

Por otra parte, si se efectúa un balance de soluto absorbido por la fase líquida, en el volumen diferencial, se tendrá:

$$(\text{Solute absorbido}) = Lx_A + d(Lx_A) - Lx_A = d(Lx_A)$$

que corresponde, a la cantidad expresada en la ecuación 1. Por tanto:

$$K_x(x_A^e - x_A) a S dz = d(Lx_A) \tag{2}$$

Teniendo en cuenta que

$$L' = L(1 - x_A)$$

es el caudal de disolvente no volátil y que por tanto es constante a lo largo de toda la columna resulta:

$$d(Lx_A) = L'd(x_A/1 - x_A) = L' dx_A/(1 - x_A)^2$$

de esta forma, la ecuación 2 se podrá escribir:

$$K_x(x_A^e - x_A) aSdz = L' dx_A/(1 - x_A)^2$$

Separando variables e integrando:

$$Z = L'/K_x aS \int dx_A/(1 - x_A)^2 (x_A^e - x_A)$$

en donde se ha considerado constante $K_x a$, ya que se trata de disoluciones diluidas para las que puede aplicarse la ley de Henry. Para mezclas diluidas $x_A \ll 1$ y se puede despreciar el factor $(1 - x_A)^2$ del denominador, con lo que la expresión resultante es:

$$Z = L'/K_x aS \int dx_A/(x_A^e - x_A) \tag{3}$$

Son posibles, otras expresiones análogas a la 3 si se considera el coeficiente de transferencia de la fase gas:

$$N_A = K_y (y_A - y_A^e)$$

De esta forma la ecuación quedará:

$$Z = G'/K_y aS \int dy_A/(y_A - y_A^e)$$

En esta ecuación $G'/K_y aS$ tiene unidades de longitud denominándose "altura de una unidad de transferencia" (AUT). La integral de la ecuación es adimensional, y se denomina "número de unidades de transferencia" (NUT). Su producto proporcionará la altura de relleno:

$$Z = (AUT) \cdot (NUT)$$

Las condiciones de operación para este caso – concentración de sulfuro de hidrógeno en la interfase nula y concentración de sulfuro en equilibrio con la existente en la fase líquida nula – permiten sustituir en las ecuaciones de diseño para el cálculo del número de unidades de transferencia en una columna de relleno, simplificándose de manera importante.

Para la estimación del número de unidades de transferencia, se supondrá una base de cálculo de 100 mg. de gases/m³.

Además, la eficacia del lavado para el caso del sulfuro de hidrógeno está establecida como norma general en todas las estaciones depuradoras en un 99%.

La ecuación de diseño para el cálculo del número de unidades de transferencia es:

$$NUT = Y_1 - Y_2 + \ln (Y_1/Y_2)$$

$$Y = y / (1 - y)$$

Donde los coeficientes utilizados corresponden a la fase gaseosa y el significado de los distintos términos es el siguiente:

NUT = número de unidades de transferencia.

Y = razón molar del H₂S en la fase gas.

y = fracción molar de H₂S en la fase gas.

$$Q_g = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

La fracción molar de sulfuro de hidrógeno que entra en la torre de lavado será:

$$[N_{H_2S}]_1 = 5 \text{ mg/m}^3 \rightarrow [F_{H_2S}]_1 = 1,46 \text{ mol/h.}$$

La eficacia de la torre es del 99%, por tanto, la fracción molar de H₂S que sale de la torre es:

$$[N_{H_2S}]_2 = 0,05 \text{ mg/m}^3 \rightarrow [F_{H_2S}]_2 = 0,01467 \text{ mol/h.}$$

Se ha supuesto que entran 100 mg/m³ de gases, por tanto la fracción de aire que entra en la torre acompañando al sulfuro de hidrógeno es:

$$[\text{Aire}] = 95 \text{ mg/m}^3 \rightarrow [\text{Aire}] = G' = 35,57 \text{ mol/h}$$

Los moles totales de gas que entran en la torre de lavado son 37,03 mol/h, de los cuales el 3,9% es H₂S y el 96,1% es aire. Por tanto, la consideración realizada en el apartado 1.2.1 del capítulo de Cálculos Justificativos, es correcta.

La razón molar de sulfuro de hidrógeno que entra en los lavadores es:

$$Y_1 = 0,04104$$

Mientras que la razón molar de H₂S que sale de ellos será:

$$Y_2 = 4,12 \cdot 10^{-4}$$

Con lo que sustituyendo en la ecuación de diseño para el cálculo del número de unidades de transferencia obtendremos:

$$\text{N}^\circ \text{ UNIDADES DE TRANSFERENCIA} = \text{NUT} = Y_1 - Y_2 + \ln (Y_1 / Y_2) = \underline{4,642}.$$

1.2.4.- Cálculo altura unidad de transferencia

La ecuación de diseño para el cálculo de la altura de la unidad de transferencia es:

$$AUT = (G' / S) / K_g a$$

Donde los coeficientes utilizados corresponden a la fase gaseosa y el significado de los distintos términos es el siguiente:

AUT = altura de la unidad de transferencia.

G' = caudal molar de inerte en la fase gas.

S = sección de la columna de relleno.

a = área interfacial específica (m² de superficie interfacial / m³ de columna).

K_g = coeficiente global de transferencia de materia para la fase gas.

El área interfacial específica es un dato de diseño (Anexo 1) que para anillos Rasching de 50 mm. tiene un valor de 95 m²/m³ y además estos anillos tienen un espacio libre de un 74%.

El coeficiente global de transferencia de materia para el gas en el caso de anillos Rasching de 50 mm. es de 0,4322 mol/m³ h. (Perry, R.; 1992).

$$K_g \cdot a = 41,06 \text{ mol/m}^3\text{h.}$$

El caudal molar de inerte en la fase gas se ha calculado en el apartado anterior.

$$G' = 35,57 \text{ mol/h}$$

La sección de la torre se ha determinado a partir del radio, que previamente se ha calculado.

$$R = 0.8 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación de diseño se obtendrá la altura de la unidad de transferencia.

$$\text{ALTURA UNIDAD DE TRANSFERENCIA} = AUT = (G' / S) / K_g a = \underline{0,4308 \text{ m.}}$$

1.2.5.- Cálculo altura del lecho de relleno

El cálculo de la altura del lecho de relleno se realiza a partir del número de unidades de transferencia y de la altura de la unidad de transferencia, mediante la siguiente ecuación de diseño :

$$Z = \text{AUT} \cdot \text{NUT}$$

Tanto la altura de la unidad de transferencia como el número de unidades de transferencia han sido calculadas anteriormente.

$$\text{AUT} = 0,4308 \text{ m.}$$

$$\text{NUT} = 4,642$$

Con lo que sustituyendo en la ecuación correspondiente, se calcula la altura del lecho de relleno necesario para obtener una eficacia de limpieza del 99%.

$$\text{ALTURA DEL LECHO DE RELLENO} = \text{AUT} \cdot \text{NUT} = \underline{2 \text{ m.}}$$

1.2.6.- Volumen ocupado por el lecho de relleno

El volumen de un cilindro viene dado por la siguiente ecuación:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot Z$$

Por lo tanto el volumen ocupado por el relleno será:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot Z = \pi \cdot 0,8^2 \cdot 2 = \underline{4,02 \text{ m}^3}.$$

1.2.7.- Cálculo número de anillos Rasching

El número de anillos por metro cúbico es un dato de diseño (Anexo 1) y que en el caso de anillos Rasching de 50 mm. es de 5.790/m³.

Con lo que teniendo en cuenta el volumen ocupado por el relleno se obtiene el número de anillos Rasching que hay en la columna de relleno.

$$\text{N}^\circ \text{ DE ANILLOS TOTALES} = 5790 \cdot 4,02 = \underline{23.276 \text{ anillos.}}$$

1.2.8.- Cálculo pérdida de carga en el lecho

Según Coulson la pérdida de carga corresponderá al peso del relleno, de este modo:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Caída} \\ \text{Presión} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \text{Área} \\ \text{Transversal} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Volumen} \\ \text{Lecho} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \text{Fracción} \\ \text{de} \\ \text{Sólidos} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \text{Peso} \\ \text{Específico} \\ \text{de Sólidos} \end{array} \right)$$

$$\Delta P / A_t = A_t \cdot Z \cdot (1 - \epsilon) \cdot (\rho - \rho_G) \cdot g / g_c$$

Reordenando:

$$\Delta P / Z = (1 - \epsilon) \cdot (\rho - \rho_G) \cdot g / g_c$$

Donde:

ΔP = pérdida de carga del lecho (Pa).

Z = altura del lecho (m).

ϵ = porosidad del lecho.

ρ, ρ_G = densidad de los anillos y del gas (kg/m^3)

g = constante de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

g_c = constante correspondiente al sistema de medida que relaciona la unidad de masa y de fuerza, 9,81 en el sistema técnico; 1 en los otros sistemas.

Sustituyendo en la expresión anterior los siguientes valores de los distintos parámetros, se obtendrá el valor de la pérdida de carga del lecho:

$$Z = 2 \text{ m.}$$

$$\varepsilon = 0,92.$$

$$\rho = 657 \text{ kg/m}^3.$$

$$\rho_G = 1,057 \text{ kg/m}^3.$$

$$g_c = 1$$

$$\Delta P / Z = (1 - 0,92) \cdot (657 - 1,057) \cdot 9,81 / 1 = 514,78$$

$$\Delta P = 1.029,56 \text{ Pa.} \rightarrow \Delta P = \underline{105 \text{ mm H}_2\text{O.}}$$

1.2.9.- Cálculo del separador de gotas

Para el diseño del separador de gotas se considerarán los siguientes datos comerciales de partida:

Caudal volumétrico de gas; $Q_g = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$

Espesor de las láminas; $e = 4 \text{ mm.}$

Altura de las láminas; $h = 100 \text{ mm.}$

Distancia entre las láminas; $d = 60 \text{ mm.}$

Longitud de las láminas; $l = 1600 \text{ mm.}$

Distancia entre capas de láminas; $D = 280 \text{ mm.}$

Pérdida de carga = $6 \text{ mm. H}_2\text{O/capa.}$

El área necesaria para el caudal de gas será:

$$A = Q / v$$

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

Si cada capa de láminas ocupa la sección transversal del separador, el número de capas de láminas N , será:

$$S = 2 \text{ m}^2.$$

$$N = A / S$$

$$N = 1 \text{ capa.}$$

El número de laminas n , dispuestas en los 2 m² de sección transversal del separador será el número de láminas de una capa del mismo y puede obtenerse a partir de la expresión siguiente:

$$R = e \cdot n + d \cdot (n - 1)$$

Donde:

R = radio del separador (R = 0,8)

$$n = (R + d) / (e + d)$$
$$n = (0,8 + 0,06) / (0,004 + 0,06) = 13,4375$$

El número total de láminas que presenta el separador será:

$$\text{NUMERO TOTAL DE LAMINAS} = n \cdot N = 13,4375 \cdot 1 = 13,4375 \approx 14 \text{ láminas}$$

Para el cálculo de la altura total que ocupan las capas de láminas del separador H , se utilizará la expresión siguiente:

$$H = N \cdot h + (N - 1) \cdot D$$
$$H = 1 \cdot 100 + (1 - 1) \cdot 280 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m.}$$

Tanto a la entrada como a la salida del separador existirán sendas secciones muertas con el fin de ubicar en ella un juego de boquillas cuya misión será la de aportar la disolución necesaria para el proceso o la limpieza de dicho separador.

Para el modelo de separador ECODROP de Ecología Técnica S.A. de 1,6 m de diámetro, existe incluida una boca para salida de aire de DN 1.000. Sin embargo, teniendo en cuenta el espacio ocupado por el anillo que soporta el separador de gotas, el diámetro de la torre será el equivalente a 1,2 m. A este diámetro le corresponde una boca de salida de DN 800. De manera que

las tuberías de conducción del gas en el sistema de desodorización tendrán todas un DN 800.

Por lo tanto la altura total del separador será:

$$H_{\text{TOTAL SEPARADOR}} = \underline{1.4 \text{ m.}}$$

Conociendo la pérdida de carga por capa de láminas del separador y el número de capas del mismo, la pérdida de carga total será:

$$\Delta P = 6 \text{ mm. H}_2\text{O} \cdot N \rightarrow \Delta P = 6 \text{ mm. H}_2\text{O} \rightarrow \Delta P = \underline{58,81 \text{ Pa.}}$$

1.2.10.- Cálculo espacio ocupado por el líquido en la columna

La capacidad de líquido contenido en el fondo se fija en 2 m^3 , por tanto y conociendo el radio de la columna la altura del líquido en la torre será:

$$L = V / (\pi \cdot R^2)$$

$$L = 2 / (\pi \cdot 0,8^2) = 0,99 \text{ m.}$$

La altura del líquido se considera 1 m. con el fin de asegurar que el líquido nunca va a alcanzar la entrada de gas a la torre, que se encuentra justo por encima del líquido.

1.2.11.- Cálculo altura total de la torre

La altura total de la torre será la suma de los distintos elementos que componen la columna.

$$\text{Altura del líquido} = 1 \text{ m.}$$

$$\text{Altura del relleno} = 2 \text{ m.}$$

$$\text{Altura del separador} = 1,4 \text{ m.}$$

Espacio ocupado por la entrada del gas = 0,8 m.

Por lo tanto la ALTURA TOTAL DE CADA TORRE DE LAVADO ES DE 5,2 m.

1.2.12.- Cálculo del diámetro de la tubería de aspiración

Existen varios criterios que ayudan a elegir el diámetro de las tuberías, atendiendo a consideraciones económicas, velocidades límite aconsejadas, etc. El criterio seguido para obtener el diámetro de aspiración de las tuberías consiste en una recomendación de los distintos textos de mecánica de fluidos, que aparecen en la bibliografía, que aconsejan que la velocidad de flujo por líneas de aspiración esté comprendida entre 1 y 6 ft/s. Se supondrá, por tanto, como velocidad, la media de este intervalo recomendado, es decir 3,5 ft/s o lo que es lo mismo 1,066 m/s. El cálculo del diámetro de aspiración será el siguiente:

$$Q = V \cdot A$$

$$A = (\pi \cdot D^2) / 4$$

$$D = \sqrt{[(4 \cdot Q) / (V \cdot \pi)]}$$

Donde:

Q = caudal volumétrico del líquido (m³/s).

V = velocidad del fluido (m/s).

A = área transversal de la tubería (m²).

D = diámetro interior de la tubería (m).

Atendiendo a la expresión anterior:

$$Q = 22 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q = 0,00611 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$V = 1,066 \text{ m/s}.$$

$$D = 0,085 \text{ m}.$$

Una vez calculado el diámetro de la tubería se acudirá a las normas A.N.S.I. donde aparece un listado de tuberías comerciales de acero (Anexo 4) perfectamente dimensionadas con sus diámetros y espesores y se elegirá aquel diámetro que se acerque más al calculado siempre atendiendo a que los tipos o cédulas más comunes son la cédula 40, la cédula 80, la cédula 160, la cédula 20 y la cédula 10.

Para la corriente de aspiración se observa que el diámetro más apropiado, es el de 3"1/2 cédula 40 y por tanto:

DIAMETRO NOMINAL ASPIRACIÓN = DN = 80.

1.2.13.- Cálculo de la velocidad del fluido en la tubería de aspiración

Una vez calculado el diámetro de aspiración se calculará la velocidad de aspiración y se comparará con la supuesta de 3,5 ft/s. El cálculo se realizará a través de la siguiente expresión:

$$V = Q / A$$

Para la corriente de aspiración se obtendrá lo siguiente:

$$V = \underline{0,778 \text{ m/s.}}$$

Que está comprendida en el rango recomendado 0,3-1,8 m/s.

1.2.14.- Cálculo del diámetro de la tubería de impulsión

El diámetro de la tubería de impulsión se obtiene atendiendo a un criterio análogo al utilizado en aspiración. Los autores recomiendan que la velocidad para el flujo por líneas de impulsión esté comprendida entre 7 a 10 ft/s. Se supondrá, como velocidad de paso, la media del intervalo recomendado, es decir, 8,5 ft/s o lo que es lo mismo 2,590 m/s y se calculará el diámetro de

forma análoga a como se hizo para el cálculo del diámetro de la tubería de aspiración.

$$Q = 22 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q = 0,00611 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$V = 2,590 \text{ m/s}.$$

$$D = 0,054 \text{ m}.$$

Para la corriente de impulsión se observa que el diámetro más apropiado, atendiendo al Anexo 4, es de 2"1/2 cédula 80 y, por tanto:

$$\text{DIAMETRO NOMINAL IMPULSIÓN} = \text{DN} = \underline{65}.$$

1.2.15.- Cálculo de la velocidad del fluido en la tubería de impulsión

Se hará de forma análoga al cálculo de la velocidad del fluido en la tubería de aspiración.

$$\text{VELOCIDAD DE IMPULSIÓN} = V = \underline{1,84 \text{ m/s}}.$$

1.2.16.- Cálculo del diámetro de la tubería de aporte de reactivo

Se considera la tubería como una tubería de impulsión, de forma que se hará de forma análoga a la anterior.

$$Q = 20 \text{ l/h} \rightarrow Q = 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$V = 2,590 \text{ m/s}.$$

$$D = 0.001644 \text{ m}.$$

Atendiendo al Anexo 4, el diámetro es de 1/3" cédula 80.

$$\text{DIAMETRO NOMINAL APORTE DE REACTIVO} = \text{DN} = \underline{50}.$$

1.2.17.- Selección bombas

Antes de seleccionar la bomba centrífuga, para la recirculación, habrá que determinar la razón entre líquido y gas. La razón líquido a gas es un parámetro que permite estimar la velocidad de circulación del disolvente, necesaria para asegurar una perfecta humectación del relleno, ya que con ello se optimiza tanto la transferencia de materia como las reacciones posteriores.

Se suele determinar empíricamente. En el presente proyecto la razón líquido a gas se refiere a la velocidad requerida para la recirculación de la solución de lavado, ya que es la forma de introducir el líquido en la cabeza de la torre.

L/G: relación caudales máximos de líquido y gas. kg/kg

l/g: relación caudales mínimos. m³/m³

L: caudal máximo de líquido. kg/m²/h.

l: caudal de líquido por unidad de superficie de relleno. m³/m²/h.

Se admiten como valores normales en este sistema:

$$(L/G) = 3,3 \text{ kg/kg}$$

$$(l/g) = 0,0022 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 2,2 \text{ l solución absorbente/m}^3 \text{ aire a desodorizar}$$

A partir de estos datos se puede seleccionar la bomba que es necesaria para el sistema.

$$Q_{\text{bomba recirculación}} = Q_{\text{aire}} \cdot l/g = 10.000 \cdot 0,0022 = 22 \text{ m}^3/\text{h}.$$

La altura útil proporcionada por la bomba (o presión de impulsión necesaria) es de 18 m.c.a. (metros de altura de agua) si se realiza una distribución a presión con suficiente pulverización.

La selección se ha realizado según catálogos, teniendo en cuenta el caudal de impulsión y la altura necesaria, de forma que el rendimiento sea

máximo, la potencia de accionamiento mínima y se evite la cavitación de la bomba.

Las bombas más adecuadas para la unidad de desodorización serán bombas centrífugas horizontales, de marca Tecnum. Presenta un cuerpo hidráulico en polipropileno y 4 Kw de potencia, con un motor de 2.900 r.p.m.

La selección de las bombas dosificadoras de hipoclorito sódico e hidróxido sódico se realiza mediante catálogo, teniendo en cuenta la resistencia del material de la bomba a los reactivos. Además se debe tener en cuenta la dosificación mínima de reactivo calculada en los apartados 1.1.2 y 1.1.3 del presente capítulo de Cálculos Justificativos.

Para la dosificación automática de reactivo, se instalarán dos bombas dosificadoras marca Tecnum y de tipo pistón, con un cuerpo en contacto con el fluido de PVC/AISI-316. La potencia instalada será de 0,25 Kw, con un motor de 1.500 r.p.m.

1.2.18.- Ventilador

Para determinar la potencia del ventilador, hay que basarse en la pérdida de presión total del sistema.

La pérdida de carga en el lecho, calculada en el apartado 1.2.8 del capítulo 1 de los Cálculos Justificativos, es de 105 m.c.a. Para conductos y accesorios suponemos una pérdida de carga de 55 m.c.a. Esto implica que la pérdida de carga total para el sistema de desodorización es de 160 m.c.a. Sin embargo, se calculará la potencia del ventilador considerando una pérdida de presión de 180 m.c.a., para asegurar la impulsión del gas a desodorizar a través de las torres.

Para el cálculo de la potencia correspondiente al trabajo efectuado por el ventilador, se atenderá a la siguiente expresión.

$$P = [(G_E \cdot P_E) / \eta] \cdot [(P_S / P_E)^{\delta-1/\delta} - 1] \cdot (\delta-1 / \delta)$$

Donde:

- P: potencia suministrada por el ventilador (Kw).
- G_E : caudal volumétrico de gas a la entrada del ventilador (m^3/s).
- P_E : presión de entrada al ventilador (KPa).
- η : rendimiento del ventilador (75%).
- P_S : presión de salida del ventilador (KPa).
- δ : C_p / C_v .

La potencia suministrada por el ventilador que se encuentra a la salida del segundo absorbedor se obtendrá atendiendo a lo siguiente:

$$G_E = 10.000 \text{ m}^3/\text{h} = 2,77 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\Delta P_{\text{TOTAL}} = 180 \text{ m.c.a.} = 17,652 \text{ KPa.}$$

$$P_{\text{ATMOSFERICA}} = 101,325 \text{ KPa.}$$

$$P_E = P_{\text{ATMOSFERICA}} = 101,325 \text{ KPa.}$$

$$P_S = P_{\text{ATMOSFÉRICA}} + \Delta P_{\text{TOTAL}} = 118,95 \text{ KPa.}$$

$$\delta = 1,4$$

$$P = \underline{10,95 \text{ Kw.}}$$

1.2.19.- Renovación de aire en los locales de una EDAR

Es un parámetro fundamental.

Depende del volumen del local y del caudal de impulsión de aire de ventilación.

El número de renovaciones por hora de un local se define como el cociente entre el caudal aportado (m^3/h) y el volumen del local (m^3).

El caudal de aire que se aporta al interior del local sitúa las tasas de renovación en una EDAR entre 5 y 10 renovaciones/hora, dependiendo de la concentración de contaminantes y volumen del local (Maldonado, M.; 2000).

Zona a desodorizar	Nº renovaciones/hora
Bombeo y espesamiento lodos	10
Deshidratación	8
Pozo gruesos	10
Desbaste	9
Desarenado-desengrasado	5
Floculación	5
Depósito lodos biológico	7

El proyecto está centrado en la desodorización de la sala de deshidratación, del desbaste y del reactor anaerobio. El volumen total de estas zonas se estima en 1.430 m³ y se ha de tratar un caudal de aire sucio de 10.000 m³/h considerando una concentración máxima de 5 mg/Nm³ de sulfuro de hidrógeno. Esto supone un régimen de renovación del ambiente interior de 7 renovaciones/hora.

III) NORMATIVA APLICABLE

1. Ley de Contratos del Estado.
2. Reglamento General de Contratación del Estado, aprobado por Decreto 3410/1975, de 25 de Noviembre.
3. Real Decreto Legislativo 931/1986, de 2 de Mayo, por el que se modifica la Ley de Contratos del Estado para adaptarla a las directivas de la Comunidad Económica Europea.
4. Real Decreto 555/1986, de 21 de Febrero, sobre obligatoriedad de inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.
5. Real Decreto 2528/1986, de 28 de Noviembre, por el que se modifica el Reglamento General de Contratación del Estado para adaptarlo al Real Decreto Legislativo 931/1986, de 2 de Mayo, y a las directivas de la Comunidad Económica Europea.
6. Normas UNE, DIN, ASME, ASTM, ANSI, API y CEI a distintos tipos de materiales.
7. Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado.
8. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos. (en lo sucesivo "RC-88").
9. Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado. (en lo sucesivo "EP-80").
10. Instrucción para la Fabricación y Suministro de Hormigón Preparado. (en lo sucesivo "EHPRE-72")

11. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua, de 28 de Julio de 1974.
12. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones, de 15 de Septiembre de 1973.
13. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por Decreto 2413/1973, de 20 de Septiembre de 1973.
14. Reglamento de Instalación de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, aprobado por Decreto 3.151/1968, de 20 de Noviembre de 1968.
15. Reglamento del Ministerio de Industria para Estaciones de Transformación, aprobado por Orden del 23 de Febrero de 1949.
16. Normas Básicas de la Edificación (NBE), del M.O.P.U.
17. Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), del M.O.P.U.
18. Reglamento de Recipientes a Presión.
19. Normas para Bombeo del Hidraulic Institute (H.I.S.)
20. Norma sismo-resistente PDS-1 (1974), parte A.
21. Métodos normalizados para el examen de aguas residuales, publicados por el American Water Works Association y Water Pollution Control Federation.

IV) BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN SOCIETY OF CIVL ENGINEERS; 1995: "Odor Control in Wastewater Treatment Plants".
- BADGER, W. y col.; 1972: "Introducción a la Ingeniería Química".
- BUENO, L. y col.; 1997: "Contaminación e Ingeniería Ambiental".
- CORTES DIAZ, J. M.; 1997: "Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales".
- COSTA LÓPEZ, J. y col.; 1991: "Curso de Química Técnica".
- COULSON, J. y col.; 1988: "Ingeniería Química Operaciones Básicas".
- FOUST, A. y col.; 1980: "Principios de Operaciones Unitarias".
- HENLEY, E. J. y col.; 1988: "Operaciones de Separación por Etapas de Equilibrio en Ingeniería Química".
- HERNANDEZ, A. y col.; 1996: "Manual de Depuración Uralita".
- HERNANDEZ, A.; 2001: "Depuración y Desinfección de Aguas Residuales".
- KEMMER, F. y col.; 1993: "Manual del Agua. Su Naturaleza, Tratamiento y Aplicaciones".
- LEVENSPIEL, O.; 1990: "Ingeniería de las Reacciones Químicas".
- LEVENSPIEL, O.; 1986: "El Omnilibro de los Reactores Químicos".
- MALDONADO, M.; 2000: "Manual Práctico de Ventilación Industrial Estática o Natural".
- METCALF & EDDY; 1995: "Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización".
- PARKER, A.; 1983: "Contaminación del Aire por la Industria".
- PERRY, R. y col.; 1992: "Manual del Ingeniero Químico".
- RAMALHO, R.; 1993: "Tratamiento de Aguas Residuales".
- SEOANEZ CALVO, M. y col.; 1996: "Ingeniería del Medio Ambiente, Aplicada al Medio Continental".
- SEOANEZ CALVO, M; 2002: "Tratado de la Contaminación Atmosférica. Problemas, Tratamiento y Gestión".
- TREYBAL, R.; 1980: "Operaciones de transferencia de Masa".
- VIAN ORTUÑO, A. y col.; 1979: "Elementos de Ingeniería Química".

- WARK, K. y col.; 1998: "Contaminación del Aire. Origen y Control".
- Revista "Ingeniería Química". Abril 2000.
- Revista "Tecnología del Agua". Febrero 1994.
- Revista "Tecnología del Agua". Enero 1995.
- Estudio de Eliminación de Olores de la EDAR Guadalquivir de Sanlúcar de Barrameda. 1999.

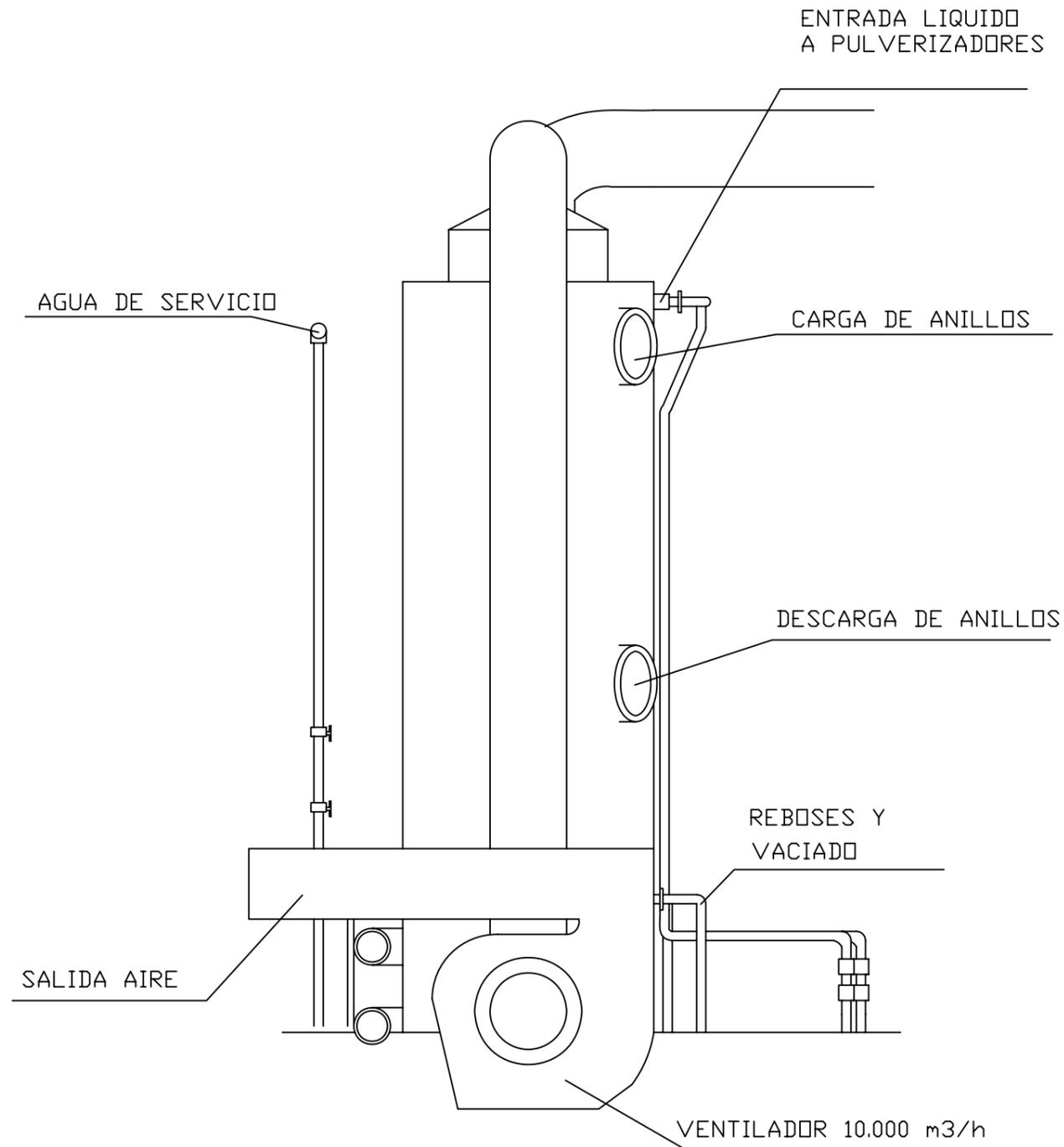
V) ANEXOS A LA MEMORIA

- 1.- DATOS DE DISEÑO PARA ANILLOS RASCHING.
- 2.- FACTOR α_v/F^3 PARA EL CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TORRE.
- 3.- CORRELACIÓN PARA CONDICIONES DE INUNDACIÓN EN TORRES RELLENAS.
- 4.- ESPESOR DE TUBERÍAS.
- 5.- CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS DE PVC.
- 6.- LAVADORES.
- 7.- SEPARADORES DE GOTAS, ELIMINADORES DE NIEBLAS.
- 8.- CONTROLADORES.
- 9.- VÁLVULAS.
- 10.- CURVAS CÁLCULO VENTILADOR.
- 11.- BOMBAS DOSIFICADORAS.
- 12.- BOMBAS CENTRIFUGAS.

PLANOS

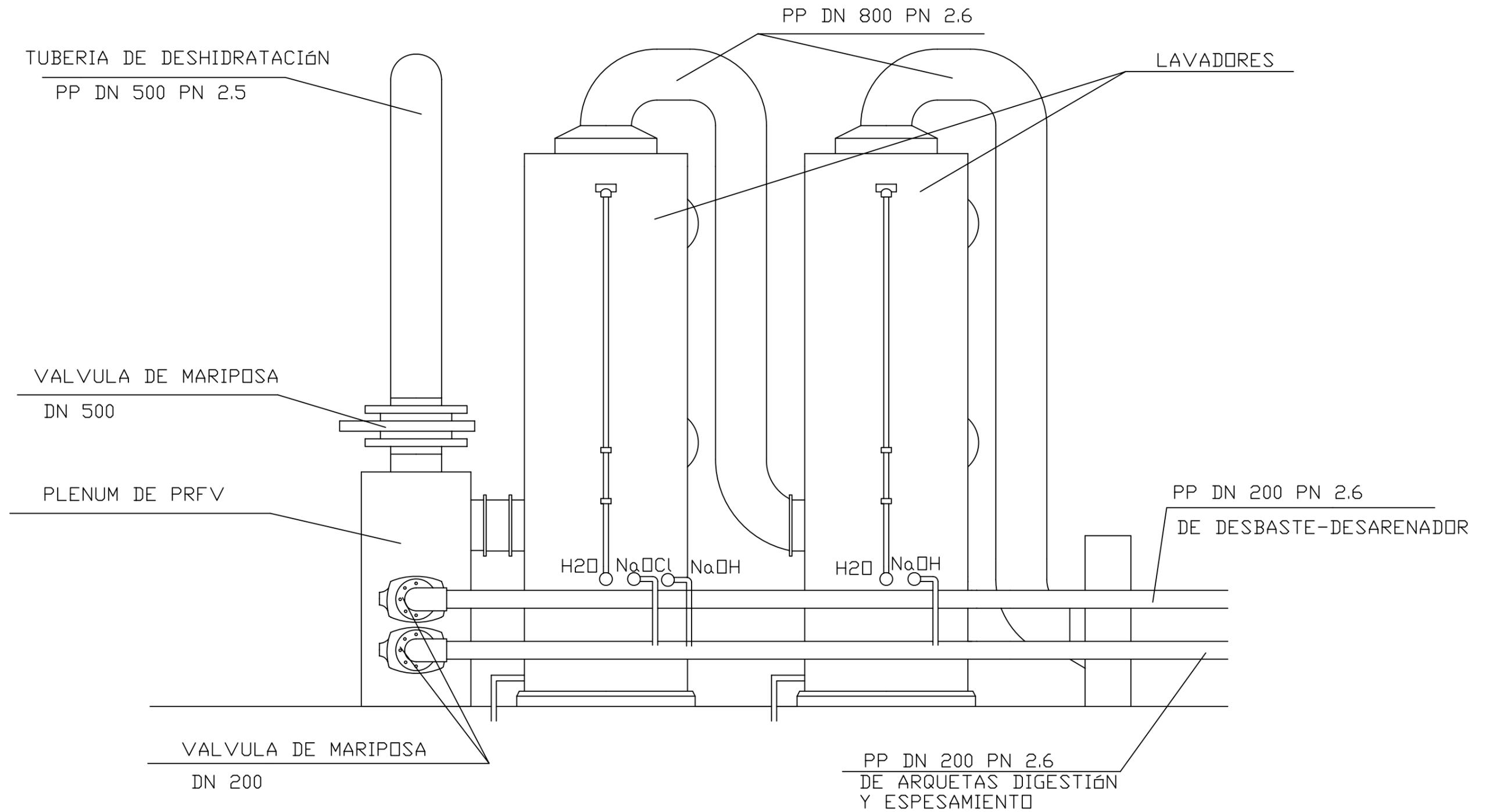
DIAMETRO DE LA TORRE
 ALTURA DE LA TORRE

1600 mm.
 5200 mm.

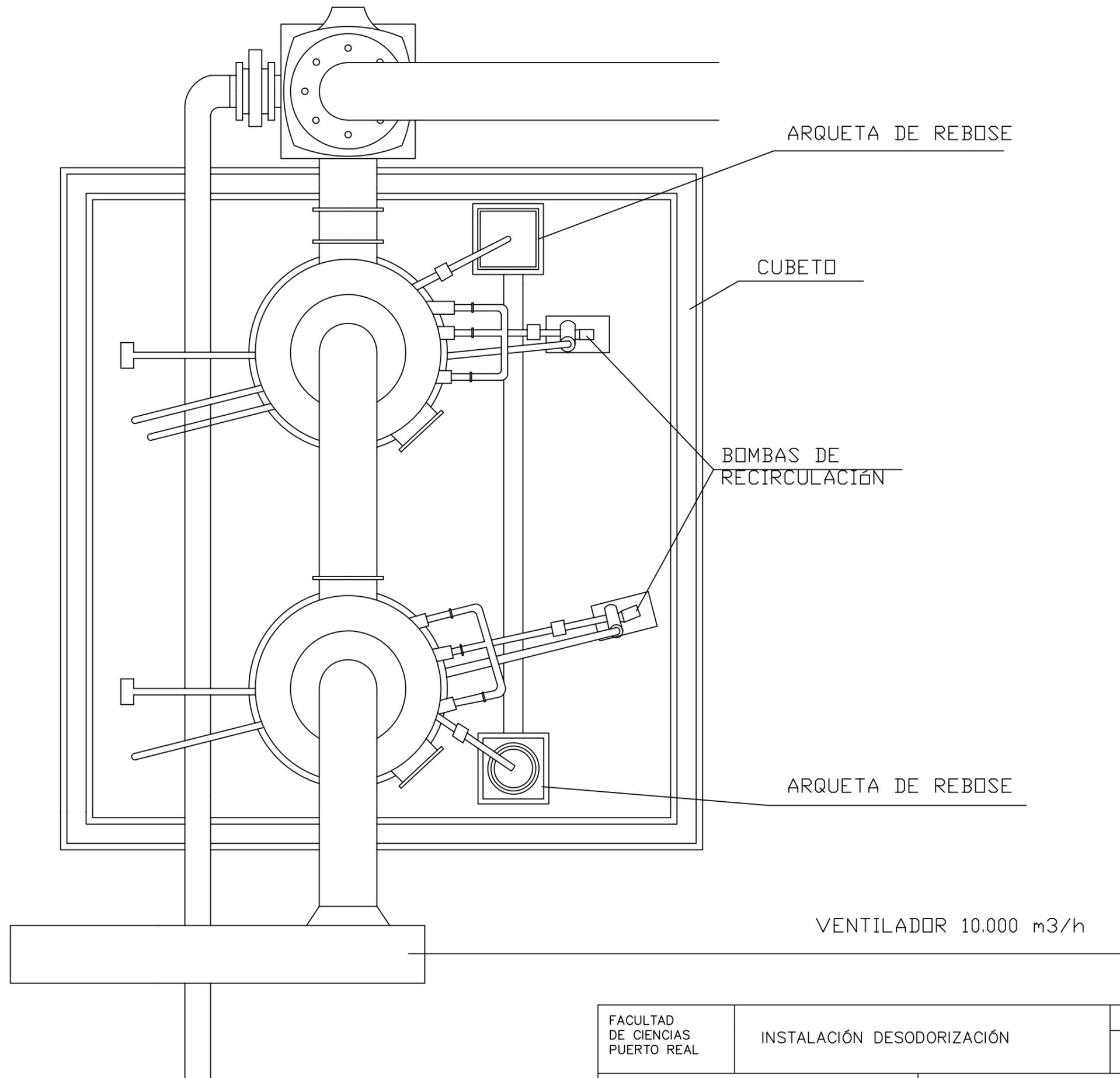


UD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	SALIDA DE GASES	PP
2	ENTRADA PULVERIZADORES	PVC
2	COLECTOR DE RECIRCULACIÓN	PVC
2	CARGA DE ANILLOS	PRFV
2	DESCARGA DE ANILLOS	PRFV
1	ENTRADA DE GASES	PP
2	DRENAJES Y REBOSES	PVC
2	NIVEL DE VIDRIO	VIDRIO
7	BRIDA DE ENTRADA 2 1/2"	PRFV
2	BOMBAS DE RECIRCULACIÓN	
1	VENTILADOR 10000 m3/h	
1	PLENUM	PRFV
1	VALVULA DE MARIPOSA DN 500 PN 2.6	
2	VALVULA DE MARIPOSA DN 200 PN 2.6	

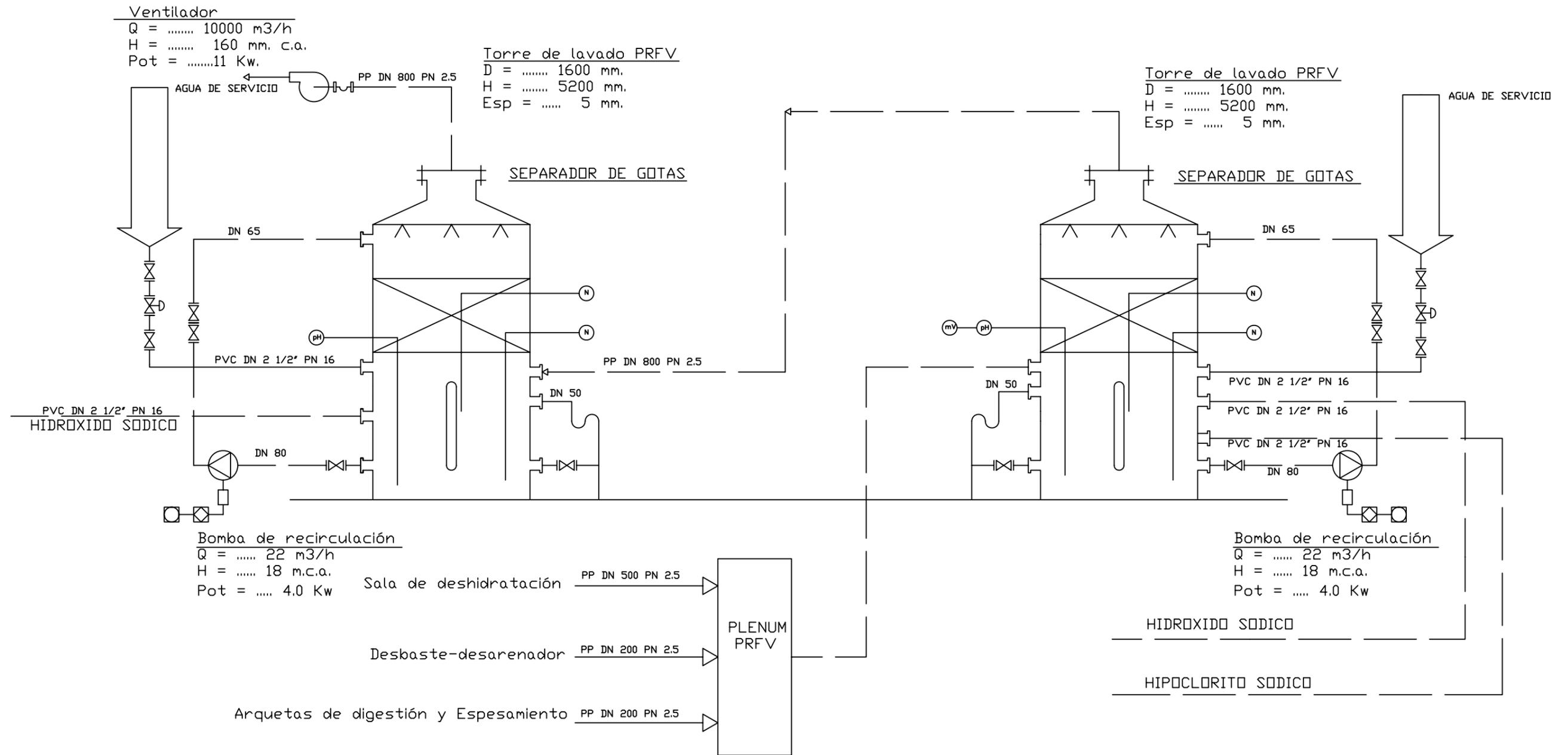
FACULTAD DE CIENCIAS PUERTO REAL	INSTALACIÓN DESODORIZACIÓN	FECHA	LAMINA
		11-Enero-2005	1
ALZADO PRINCIPAL		FRANCISCO ACOSTA MORENO	



FACULTAD DE CIENCIAS PUERTO REAL	INSTALACIÓN DESODORIZACIÓN	FECHA	LAMINA
		11-Enero-2005	2
ALZADO LATERAL IZQUIERDO		FRANCISCO ACOSTA MORENO	



FACULTAD DE CIENCIAS PUERTO REAL	INSTALACIÓN DESODORIZACIÓN	FECHA	LAMINA
		11-Enero-2005	3
VISTA SUPERIOR		FRANCISCO ACOSTA MORENO	



FACULTAD DE CIENCIAS PUERTO REAL	INSTALACIÓN DESODORIZACIÓN	FECHA	LAMINA
		11-Enero-2005	4
PROCESO E INSTRUMENTACIÓN		FRANCISCO ACOSTA MORENO	

PLIEGO DE CONDICIONES
TÉCNICAS

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL	1
1.1.- Procedencia de los materiales	2
1.2.- Ensayos de recepción	3
1.3.- Almacenamiento	3
1.4.- Gastos correspondientes a los ensayos	4
1.5.- Materiales no específicos en el pliego	4
1.6.- Suelos para rellenos	4
1.7.- Material filtrante para drenes	5
1.8.- Hormigones y Morteros	5
1.8.1.- Áridos	5
1.8.2.- Conglomerantes	9
1.8.3.- Cales	11
1.8.4.- Productos de adición	11
1.8.5.- Agua	12
1.8.6.- Hormigones prefabricados	14
1.9.- Encofrados	15
1.9.1.- De madera	15
1.9.2.- Metálicos	15
1.9.3.- Deslizantes	16
1.10.- Acero para armadura	16
1.10.1.- Especial	16
1.10.2.- Mallas Electrosoldadas	17
1.11.- Materiales metálicos	18
1.11.1.- Acero para perfiles laminales	18

1.11.2.- Palastros de acero	19
1.11.3.- Carriles	19
1.11.4.- Acero de perfiles especiales	19
1.11.5.- Acero moldeado	20
1.11.6.- Aluminio	20
1.11.7.- Cobre	20
1.11.8.- Bronce	21
1.12.- Ladrillos	21
1.13.- Tuberías	22
1.13.1.- Tubos de amianto-cemento	22
1.13.2.- Tubos de hormigón	23
1.13.3.- Tubos de PVC o PE	24
1.13.4.- Tubería de fundición dúctil	25
1.13.5.- Tuberías enterradas de palastro	27
1.14.- Piezas Especiales	29
1.14.1.- Válvulas de compuerta	29
1.14.2.- Válvulas de mariposa	30
1.14.3.- Ventosas	31
1.14.4.- Otras piezas	31
1.14.5.- Compuertas	32
CAPÍTULO 2: INSTALACIONES ELECTRICAS	33
2.1.- Cuadros eléctricos	33
2.2.- Protecciones generales	33
2.3.- Distribución de fuerza de alumbrado automatismo, instrumentación	34

2.3.1.- Cajas de distribución	34
2.3.2.- Tubos	35
2.3.3.- Bandejas de canalización	35
2.3.4.- Soportes	36
2.3.5.- Cables	36
2.4.- Motores	37
2.5.- Iluminación	38
CAPÍTULO 3: TRATAMIENTO DE SUPERFICIES	40
3.1.- Tratamiento preliminar de superficies de acero o hierro	40
3.1.1.- Elementos y capas perjudiciales	40
3.1.2.- Métodos de tratamiento preliminar	41
3.1.3.- Limpieza	41
3.1.4.- Desoxidación	41
3.1.4.1.- Desoxidación manual	41
3.1.4.2.- Desoxidación con máquina	42
3.1.4.3.- Desoxidación con chorro	42
3.1.4.4.- Grado de desoxidación	43
3.1.4.5.- Grado de desoxidación alcanzable	43
3.1.4.6.- Desoxidación con llama	44
3.1.4.7.- Chorro de agua de alta presión	44
3.2.- Uniones monolíticas	44
3.2.1.- Examen estático	44
3.2.2.- Margen de seguridad	45
3.2.3.- Tratamiento preliminar del soporte	46
3.3.- Medidas de protección	47

3.3.1.- Productos a base de resinas reactivas exentas de solventes	48
3.3.2.- Medidas de seguridad para la piel y las mucosas	49
3.3.3.- Normas de la CNA	50
3.4.- Revestimiento de suelos a base de resinas artificiales	50
3.4.1.- Condiciones especiales	51
3.5.- Pinturas y revestimientos	52
3.5.1.- Calidad del soporte	52
3.5.2.- Espesores de la capa	53
3.5.3.- Estratificados	53
3.5.4.- Humedad del soporte	54
3.5.5.- Ejecución del trabajo	54

PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS GENERALES

Además de las Condiciones Técnicas que debe cumplir la obra civil, instalaciones, materiales y equipos que conforman la obra y que se presentan en el presente Pliego de Condiciones, existen numerosas normativas legales, pliegos oficiales, instrucciones, etc. que también es de obligado cumplimiento, el no hacer referencia explícita a todas ellas, no exime al constructor de su implícito acatamiento.

El presente Pliego de Condiciones Técnicas constituye el conjunto de las condiciones que deben regir en la ejecución de las obras, tanto en lo que se refiere a la construcción de las estructuras, como a la fabricación, montaje y puesta en marcha de los equipos electromecánicos a instalar.

Las condiciones de este Pliego, juntamente con las Especificaciones Técnicas Particulares, las Instrucciones y Normas generales, y los planos del Proyecto, definen los requisitos de las obras objeto del mismo.

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL

Serán de aplicación de modo explícito las siguientes normas y disposiciones:

1. Reglamento General de Contratación del Estado. D.3410/75 de 25 de Noviembre.
2. Pliego de cláusulas Administrativas Generales par la Contratación de Obras del Estado. D.854/70 de 31 de Diciembre, en lo que no haya sido modificado por el reglamento antedicho.
3. Instrucciones del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (Normas UNE).

4. Legislación sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.
5. La instrucción para el Proyecto y Ejecución de las Obras de Hormigón EH.
6. “Recomendaciones Internacionales Unificadas para el cálculo y la ejecución de las obras de hormigón armado” (C.E.B.).
7. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua (M.O.P. de Julio de 1973).
8. Reglamento electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones complementarias. D. N° 2413/73 de 20 de Septiembre. O.M. del 31 de Octubre de 1973 y O.M. del 6 de Abril de 1974.
9. Recomendaciones y Normas de la Organización Internacional de Normalización (I.S.O.).

En general, cuantas prescripciones figuran en los reglamentos, normas e instrucciones oficiales, que guarden relación con obras del presente proyecto, o con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

1.1 PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES

Todos los materiales que se hayan de emplear en las obras serán suministrados por el Contratista de las mismas, salvo que se exprese lo contrario en los planos o en el Pliego de Condiciones del Proyecto.

La dirección de la Obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que provengan de lugares o firmas cuyos productos no ofrezcan la suficiente garantía a su juicio.

1.2 ENSAYOS DE RECEPCIÓN

La Dirección de Obra, determinará los materiales que deben ser ensayados antes de su utilización y el tipo y normas de ensayo, así como donde debe realizarse los mismos y el número total de ensayos a efectuar. A juicio de la Dirección de Obra, podrán sustituirse los ensayos por un documento de idoneidad técnica expedido por AENOR, u otro organismo público de reconocida solvencia.

El contratista deberá tomar las medidas oportunas, de las que dará cuenta a la Dirección de Obra para distinguir los materiales aceptados o rechazados durante los ensayos de recepción. Los materiales rechazados deberán ser evacuados inmediatamente por cuenta del Contratista y repuestos por otros adecuados de forma que no se perturbe el desarrollo normal de las obras.

1.3 ALMACENAMIENTO

El Contratista debe cuidar convenientemente el almacenamiento de los materiales que tenga a pie de obra, siendo de su cuenta el reponer aquellos que presente defectos, o estén en malas condiciones, debido a deficiencias de almacenaje, o a otras causas a él imputables. Los daños producidos en los materiales por fenómenos meteorológicos, inundaciones, corrimientos de tierras, etc., los producidos por animales o plantas, serán también de cuenta del Contratista, que deberá afrontar el servicio de guardia preciso y garantizar la seguridad de los almacenes.

La Dirección de Obra podrá pedir al Contratista que se realicen los ensayos periódicos, especialmente poco tiempo antes de la utilización de aquellos materiales que sean más susceptibles de ser dañados durante el almacenaje, como el material electrónico, etc.

El hecho de haberse realizado los ensayos de recepción correspondientes, no lo exime al Contratista de la obligación de subsanar o reponer parcial o totalmente, aquellos materiales que puedan haberse estropeado durante su almacenamiento.

1.4 GASTOS CORRESPONDIENTES A LOS ENSAYOS

Todos los gastos de pruebas y análisis de cuenta del Contratista y se hallan comprendidos explícita o implícitamente en los precios del Presupuesto, y coeficiente de gastos generales de Contrata.

1.5 MATERIALES NO ESPECÍFICOS EN EL PLIEGO

Los materiales que, sin especificarse en el presente Pliego, hayan de ser empleados en obra, serán de primera calidad, y no podrán utilizarse sin antes haber sido reconocidos por el Director de Obra, que podrá rechazarlos si no reuniesen a su juicio, las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objeto que motivara su empleo.

1.6 SUELOS PARA RELLENOS

Para rellenos normales pueden utilizarse cualquier clase de terrenos, salvo la arcilla o el fango, que se deslíe fácilmente en agua o que experimentan grandes variaciones de volumen por las influencias atmosféricas y la tierra mezclada con raíces y otros elementos orgánicos, que al descomponerse pueden dar lugar a asientos en las superficies del terreno.

Para rellenos portantes, o lo que así lo estime la Dirección de Obra, se utilizarán suelos adecuados para terraplenes.

Si no se realizan ensayos específicos conforme se señala en el presente Pliego Particular de Condiciones, la Dirección de Obra determinará si los suelos procedentes de las excavaciones de la obra cumplen estas condiciones

y son admisibles para la ejecución del relleno o si precisan alguna corrección que los haga aptos para este fin.

En caso de zanjas para tuberías, podrán utilizarse las procedentes de excavación de la zanja, previa aprobación del Director de la Obra, pero siempre a condición de que la capa que va sobre la arena que envuelve a la tubería, sea en espesor como mínimo de veinte (20) centímetros medidos a partir de la cara superior de la arena sea de material exento de tamaños gruesos (inferiores a 3 cm. de tamaño máximo). Cuando el Ingeniero Director deseche toda o parte de las tierras procedentes de las zanjas, el Contratista está obligado a sustituirlas por otras que reúnan las debidas condiciones, cualquiera que sea la distancia de transporte, sin derecho a compensación alguna.

1.7 MATERIAL FILTRANTE PARA DRENES

Los materiales filtrantes a emplear en drenes subterráneos, serán áridos naturales procedentes del machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural, suelos seleccionados o materiales locales exentos de arcilla, marga y otras materias extrañas.

La composición granulométrica se ajustará a lo dispuesto en el PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (P.G.3.) del M.O.P.

1.8 HORMIGONES Y MORTEROS

1.8.1 Áridos

El árido a emplear en hormigones será grava natural o procedente del machaqueo y trituración de piedra de cantera o graveras y otros productos cuyo empleo haya sido sancionado por la práctica. Si los áridos proceden de machaqueo, se desechará, antes de dicha operación, la roca meteorizada y, cuando se obtenga por trituración, la forma de las partículas debe ser aproximadamente cúbica, y las planas o alargadas se desecharán. Se define

como partícula plana o alargada aquella cuya dimensión máxima sea mayor que cinco (5) veces la dimensión mínima. El porcentaje de estas partículas no podrá exceder al diez por ciento (10%) en peso del árido grueso total. En todo caso, el árido se compondrá de elementos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, suciedad, arcilla y otras materias extraños. Cumplirá además, las condiciones exigidas en la construcción para el proyecto y ejecución de las Obras de Hormigón en masa o Armado E.H. 91 y las disposiciones o normas complementarias que en lo sucesivo sean aprobadas, con carácter oficial, por Consejería de Obras Públicas y organismos equivalentes de la Administración Central.

La cantidad de sustancias perjudiciales que pueden contener el árido grueso no excederá de los límites que a continuación se relacionan, referidos en tanto por ciento al peso de la muestra:

- Terrones de arcilla: Veinticinco centésimas por ciento (0,25%) máximo, determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7.133.
- Partículas blandas, determinadas con arreglo al método de ensayo UNE 7.134, cinco por ciento (5%) máximo.
- Material que pasa por el tamiz 0,080 UNE 7.050 determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7.135, menor del uno por ciento (1%) material retenido en el tamiz 0,063 UNE 7.050.
- Uno por ciento (1%) máximo que flota en un líquido de peso específico dos (2), determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7.244.
- Compuestos de azufre expresados en SO_3 y referidos al árido seco; determinados con arreglo al método de ensayo UNE 83.120, cero con cuarenta por ciento (0,40%).

El árido grueso estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contenga el cemento

determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7.137. Caso de utilizar las escorias siderúrgicas como árido grueso se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7.243.

Las pérdidas del árido grueso sometido a la acción de soluciones de sulfato sódico o magnésico, en cinco (5) ciclos, serán inferiores al doce por ciento (12%) y al dieciocho por ciento (18%) en peso, respectivamente de acuerdo con el método de ensayo UNE 7.136. El coeficiente de calidad será inferior a cuarenta (40).

El árido fino a emplear en morteros y hormigones será arena natural, arena procedente de machaqueo una mezcla de ambos materiales y otro producto cuyo empleo haya sido sancionado por la práctica.

Las arenas naturales estarán constituidas por partículas estables y resistentes.

Las arenas artificiales se obtendrán de piedras que deberán cumplir los requisitos exigidos para el árido grueso a emplear en hormigones.

La cantidad de sustancias perjudiciales que puede contener el árido fino no excederá de los límites que a continuación se relacionan, referidos en por ciento al peso total de la muestra:

- Terrenos de arcilla: Uno por ciento (1%) máximo determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7.133.
- Finos que pasen por el tamiz 0.080 UNE 7.050:

Seis por ciento (6%) máximo determinados con arreglo a ensayo UNE 7.135, aunque si se trata de machaqueo de rocas calizas se elevará este valor según EH 91.

- Material retenido por el tamiz 0.063 UNE 7.050 y que flota en un líquido cuyo peso específico es dos (2):

Cinco décimas por ciento (0,5%) máximo, determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7.244.

- Compuestos de azufre expresados en SO₃ y referidos al árido seco:

Cero cuatro por ciento (0,4%), máximo, determinado con arreglo al método de ensayo UNE 83.120.

El árido fino estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis del cemento. Su determinación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7.137.

No se utilizarán aquellos áridos finos que presente una proporción de materia orgánica que produzcan un color más oscuro que el de una sustancia patrón (ensayos con arreglo al método de ensayo UNE 7.082).

Las pérdidas de árido fino sometido a la acción de soluciones de sulfato sódico o magnésico, en cinco (5) ciclos. Serán inferiores al diez por ciento (10%) o al quince por ciento (15%) respectivamente, de acuerdo con el método de ensayo UNE 7.136.

El tamaño máximo del árido se fijará de acuerdo con la distancia libre entre armaduras establecida para cada elemento de hormigón armado, debiendo cumplir las prescripciones de la Norma E.H.91 y lo indicado en los documentos del Proyecto.

En hormigones armados el noventa por ciento (90%) del árido total será de tamaño inferior a los cuatro quintos (4/5) de la distancia libre horizontal entre armaduras y a la cuarta parte del ancho o espesor mínimo de la pieza que

hormigona. La totalidad del árido será de dimensión menor que el cincuenta por ciento (50%) superior a los límites citados.

Para hormigón se requerirá la utilización de un número mínimo de tamaños de árido diferente que se cifra según la siguiente tabla:

<u>Tamaño máximo</u>	<u>Número de áridos</u>
>20 mm.	3
40 mm.	4
<60 mm.	5

1.8.2 Conglomerantes

Para la clasificación, usos recomendados y ensayos de recepción de los conglomerados hidráulicos será de aplicación cuanto dice R.C.-88.

Se consideran las normas UNE siguientes:

UNE 80301.- Definiciones, clasificaciones y especificaciones de los cementos.

UNE 80303.- Cementos con características especiales.

UNE 80305.- Cementos blancos.

El Contratista deberá disponer de los lugares apropiados para almacenar los conglomerantes hidráulicos, tanto si el suministro es en sacos como si es a granel. En el primero de los casos, los envases los recibirá cerrados. Tal como hayan salido de fábrica, y el lugar elegido para el almacenaje deberá estar ventilado y defendido, tanto de la intemperie, como de la humedad del suelo y paredes.

En el caso de que el suministro fuese a granel, el almacenamiento se realizará en silos convenientemente aislados de la humedad.

En cualquiera de los dos casos se observará además de lo dicho, lo expuesto en la E.H.91 a este respecto y cuantas normas puedan ser aprobadas oficialmente en el futuro, tanto por la administración Autonómica como por la Estatal.

El cemento, será capa de proporcionar al hormigón las condiciones exigidas en los apartados correspondientes del presente pliego.

El tipo de cemento Portland a utilizar será el siguiente:

- Portland con adiciones activas, de trescientos cincuenta kilogramos por centímetro cuadrado (350 Kg./cm^2) de resistencia mínima del mortero standard a los veintiocho (28) días.
- Puzolánico de trescientos cincuenta kilogramos por centímetro cuadrado (350 kg/cm^2) de resistencia mínima del mortero standard a los veintiocho (28) días.

El cemento será transportado en envases de tipo aprobado en los que deberá figurar expresamente el tipo de cemento y nombre del fabricante, o bien a granel o en depósitos herméticos, en cuyo caso deberá acompañar a cada remesa el documento de envío con las mismas indicaciones citadas.

Todos los vehículos utilizados para el transporte de cemento estarán provistos de dispositivos de protección contra el viento y la lluvia.

Se efectuarán ensayos para determinar la calidad del cemento utilizado de acuerdo con los procedimientos indicados en el vigente Pliego R.C.-88.

Deberán repetirse los ensayos de comprobación de condiciones de almacenamiento si transcurren tres semanas o más desde la anterior hasta el momento de su empleo. En ambientes muy húmedos o en el caso de

condiciones atmosféricas especiales, el Director de Obra podrá variar, a su criterio, el indicado plazo de dos (2) semanas.

No se emplearan los cementos I-O.

El cemento será rechazado si deja de cumplir alguna de las condiciones que se le exigen en los ensayos que se mencionan en el presente Pliego o en el R.C.-88.

1.8.3 Cales

Podrán ser aéreas o hidráulicas, según que fragüen únicamente al aire y también en agua.

Cumplirán en todo lo dispuesto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de 1.975, editado por el M.O.P. (P.G.3)

Se utilizaran para morteros de cal bastardos, para pinturas de cal.

1.8.4 Productos de adición

Se consideran productos de adición aquellos que se utilizan añadiéndolos al hormigón en pequeñas cantidades para modificar algunas de sus características, como reducir la retracción y aumentar su resistencia, manejabilidad, impermeabilidad, etc., tales como impermeabilizantes, plastificantes, aireantes, acelerantes de fraguado, espumantes, productos de curado, etc. Bajo ningún concepto se emplearan cenizas volantes.

La utilización de estos productos está supeditado a su aprobación por la Dirección de Obra. Cumplirán en todo caso lo prescrito por la vigente instrucción EH.

Estos productos procederán de casa debidamente especializadas y que ofrezcan suficiente garantía a la Dirección de Obra.

Antes de utilizar estos productos, será necesario que se justifique mediante los oportunos ensayos, que agregados en las debidas proporciones producen el efecto deseado en el hormigón sin perturbar excesivamente las restantes características, ni representar un peligro para las armaduras.

Se realizarán probetas, que se romperán a los veintiocho (28) días, para comprobar sus características con las otras probetas sin aditivo. Según el resultado de dicho comprobación de obra establecerá el número preciso de probetas, en principio seis (6) con aditivo y seis (6) sin él, además de los ensayos que estime oportunos.

No se podrán utilizar productos acelerantes del fraguado tipo cloruro cálcico, sin un permiso especial y escrito de la Dirección de Obra.

1.8.5 Agua

El agua que se emplee en el amasado de los morteros y hormigones, y en general en todos los conglomerantes, deberá reunir las condiciones que prescribe la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de las Obras de hormigón en masa o armado, E.H.91.

Como norma general, podrán utilizarse todas aquellas aguas que la práctica haya sancionado como aceptables, es decir, que no hayan producido eflorescencias, agrietamiento o perturbaciones en el fraguado y resistencia de obras similares a las que se proyectan.

Salvo justificación especial, deberán rechazarse las aguas que no cumplan las condiciones siguientes:

- Acidez (pH) superior a cinco (5).

- Sustancias solubles en cantidad inferior a quince gramos por litro (15 gr/l.).
- Contenido en sulfatos, expresado en SO₄, inferior a un gramo por litro (1gr/l.).
- Glúcidos (azúcares o carbohidratos) ni aún en cantidades mínimas.
- Ion Cloro en proporción inferior a seis gramos por litro (6 gr/l.).
- Grasas o aceites de cualquier origen en cantidad inferior a quince gramos por litro (15 gr/l.)

Las características del agua a emplear en morteros y hormigones se comprobarán antes de su utilización mediante la ejecución de las series completas o reducidas de ensayos que estime pertinente el Ingeniero Directo de las Obras.

La utilización del agua de las bocas de riego próximas estará sujeta a la autorización del Ingeniero Director de las Obras y de la oportuna contratación con la Empresa u Organismo responsable del suministro.

Se cuidará especialmente la cantidad de agua en el amasado, limitándose la relación agua-cemento al valor 0,55 para hormigón armado cuyo contenido mínimo en cemento por metro cúbico de hormigón será de 300 Kg y al, 0,6 para hormigón en masa cuyo contenido mínimo será de 200 Kg de cemento por metro cúbico de hormigón.

En cualquier caso se prohíbe explícitamente la adición de agua al hormigón una vez ha salido de la central de fabricación.

En lo que se refiere al agua de curado deberá cumplir igualmente las condiciones antes señaladas para el agua de amasado. El curado deberá prolongarse al menos hasta que el hormigón alcance el 70% de la resistencia de cálculo.

1.8.6 Hormigones prefabricados

Se denomina hormigón prefabricado aquel cuya dosificación y mezcla se realizan en la instalación fija llamada Central, por persona ajena al Contratista, trasladándose al lugar de su utilización en transportes que impidan disgregación.

El tiempo empleado en el transporte no ha de ser superior a una (1) hora.

Serán de aplicación las prescripciones dadas por la vigente Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Hormigón en Masa o Armado.

La Dirección de Obra exigirá al Contratista que se realicen ensayos de consistencia de hormigón prefabricado que se reciba, para comprobar que tiene las características exigidas al fabricante. El Contratista será responsable ante la Dirección de obra que se cumplan dichas características.

La Dirección de Obra podrá rechazar todas aquellas cargas que acusen un estado de desecación, disgregación o principio de fraguado.

El ensayo de consistencia se efectuará por cualquier de los dos procedimientos descritos en los métodos de ensayo UNE-7102 y UNE-7103.

Se entiende que no es preciso tomar muestras de todas las cargas que lleguen a la obra. El número y frecuencia de las muestras a extraer vendrá determinado por el criterio que defina el Director de la Obra.

A los elementos constituyentes de estos hormigones, serán de total aplicación los apartados anteriores.

1.9 ENCOFRADOS

1.9.1 De madera

Las maderas que se empleen en moldes y encofrados deberán estar secas, sanas, limpias, de nudos y veteaduras y hallarse bien conservadas, presentando la suficiente resistencia y rigidez para soportar sin deformaciones el peso, empujes laterales y cuantas acciones pueda transmitir el hormigón directa o indirectamente

Se cuidará especialmente el encofrado a emplear en las partes vistas de hormigón, donde se dispondrán las tablas perfectamente enrasadas.

Se seguirá, las prescripciones dadas en el “Pliego de Condiciones Varias de la Edificación” en el capítulo VII, Carpintería de Armar y Taller, de su Capítulo I, Condiciones Generales de Índole Técnica, editado por EXCO (Exposición permanente e información de la Construcción del Ministerio de la Vivienda).

1.9.2 Metálicos

Las piezas metálicas para encofrados deberán ser lisas en sus caras de contacto con el hormigón y dar una junta suficientemente estanca, en su unión con las piezas inmediatas, par que la Techada no escurra y no se marque excesivamente en el hormigón. La Dirección de Obra rechazará las piezas con abolladuras, rugosidades, defectos en los aparatos de unión, y que no ofrezcan suficiente garantía de resistencia a las deformaciones. Todas las piezas deberán estar perfectamente limpias y sin óxido antes de su empleo.

1.9.3 Deslizantes

Serán de un sistema de montaje, avance y apoyo suficientemente sancionado por la práctica, debiendo cumplir las exigencias de estanqueidad, limpieza y rigidez.

1.10 ACERO PARA ARMADURA

1.10.1 Especial

El acero especial a emplear en armaduras está formado por barras corrugadas de alta adherencia.

Barras corrugadas son las que presentan, en el ensayo de adherencia por flexión descrito en la Instrucción E.H., una tensión media de adherencia b_m y una tensión de rotura de adherencia b_u que cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes, válidas para $\phi \leq 32$.

$$b_m \geq 80 - 1,2 \cdot \phi$$

$$b_u \geq 130 - 1,9 \cdot \phi$$

donde b_m y b_u se expresan en kp/cm^2 y el ϕ en mm.

Los diámetros superiores a 32 no podrán emplearse si no están avalados por un estudio experimental previo de adherencia.

Las características de adherencia serán objeto de homologación, mediante ensayos realizados en Laboratorios Oficiales. En el certificado de homologación se consignarán obligatoriamente los límites admisibles de variación de las características geométricas de los resaltes.

Podrá ser de dureza natural o endurecido por deformación en frío, y deberá proceder de Casa de reconocida marca, cuya estimación compete a la Dirección de Obra.

El límite elástico característico será el indicado en los planos correspondientes, no siendo en todo caso, nunca inferior a cuatro mil cien (4.100) kilogramos por centímetro cuadrado.

El fabricante indicará si el acero es apto para el soldeo, las condiciones y procedimientos en que éste debe realizarse.

La aptitud del acero para el soldeo se comprobará de acuerdo con la Instrucción E.H.-91. Cumplirá la Norma UNE 26.088 "Barras corrugadas para hormigón armado" y las prescripciones del Art. 9.3. de la E.H.-91.

En cuanto a la recepción, ensayos de plegado, otros ensayos, identificación de partidas y horas de ensayos correspondientes, se seguirá lo indicado para los redondos ordinarios.

Serán suministrados, en barras rectas u horquillas de gran radio de curvatura, que al enderezarse no presentarán ningún pelo o fisura.

1.10.2 Mallas electrosoldadas

Las mallas electrosoldadas para elementos resistentes de hormigón armado se presentan en paneles rectangulares, constituidos por barras soldadas a máquina.

En los paneles las barras se disponen aisladas o pareadas. La separación entre ejes de barras, o en su caso entre ejes de pares de barras, puede ser en una dirección, de 50, 75, 100, 125 y 200 mm. La separación en la dirección normal a la anterior no será superior a tres (3) veces la separación en aquellas, ni a 30 mm.

El límite elástico característico de los alambres será de cinco mil cien (5.100) kilogramos por centímetro cuadrado, y su tensión de rotura mínima de seis mil kilogramos por centímetro cuadrado.

Se emplearán en aquellos lugares que se indiquen en los planos, preferentemente losas, placas, bóvedas y estructuras laminares de hormigón armado.

Para su almacenamiento se tendrá en cuenta las indicaciones dadas para los redondos ordinarios.

1.11 MATERIALES METÁLICOS

1.11.1 Acero de perfiles laminales

Los aceros laminados y piezas y palastros deberán ser de grano fino y homogéneo, sin presentar grietas o señales que puedan comprometer su resistencia, estarán bien calibrados cualquiera que sea su perfil y los extremos encuadrados y sin rebabas.

El almacenamiento se hará con precauciones necesarias para reducir las oxidaciones.

Los pernos y roblones serán de acero F-621 permitiéndose el F-622 cuando la suma de espesores a unir no exceda de cuatro (4) veces el diámetro nominal de tornillo o roblón.

Cumplirán las condiciones señaladas en la Norma MV 102/1.964 Acero Laminado para Estructuras de Edificación.

1.11.2 Palastros de acero

Los palastros presentarán una superficie exenta de defectos, con espesor, uniforme y estarán perfectamente laminados.

El palastro podrá ser trabajado a lima o buril y perfilado o encorvado, embutido y recalentado según las practicas ordinariamente terminadas en los talleres sin hundirse ni agrietarse.

Los ensayos a tracción, deberán arrojar caras de rotura de treinta y seis (36) kilogramos por milímetro cuadrado. El alargamiento mínimo en el momento de la rotura será del veintitrés por ciento (23%) operando en barras de doscientos (200) milímetros.

Los palastros galvanizados deberán resistir cuatro (4) inmersiones de un (1) minuto en una solución de sulfato de cobre en agua al veinte por ciento (20%). Se deberán poder desarrollar sobre un mandril de diámetro seis veces superior a su espesor, sin que se agriete el galvanizado.

1.11.3 Carriles

Los tipos de carril a emplear deberán cumplir las Normas: UNE 25069, 25071, 25072 y 25073 de acuerdo con el peso por metro lineal correspondiente.

1.11.4 Acero de perfiles especiales

El acero en perfiles especiales poseerá, como mínimo, las mismas cualidades que el de perfiles laminados normales, y estará dotado de las formas, rebajes y pestañas que le hagan apto para su uso.

1.11.5 Acero moldeado

Deberán poseer las cualidades y propiedades exigidas por el P.P.TiG. del Ministerio de Obras Públicas.

Los agujeros para pasadores y pernos, se practicarán siempre en taller, y de acuerdo con la normalización DIN correspondiente.

Las barras de ensayo se sacarán de la colada correspondiente y vendrán fundidas con las piezas moldeadas. El ensayo consistirá en una prueba a tracción que se efectuará mediante probetas cilíndricas de ciento cincuenta (150) milímetros de sección y cien (100) milímetros de longitud, cuyos resultados no pueden ser inferiores a los siguientes:

- Cargas de rotura: 15 kg/mm².
- Alargamiento después de rotura: 6%.

1.11.6 Aluminio

El aluminio será laminado y recogido y su carga de rotura a tracción será de ocho (8) kilogramos por milímetro cuadrado que corresponderá a un alargamiento del tres por ciento (3%).

Será de estructura fibrosa, color blanco brillante, con matiz ligeramente azulado, no contendrá más del tres por ciento (3%) de impurezas. Su densidad será 2,7 y el punto de fusión 658 grados centígrados.

1.11.7 Cobre

El cobre para tubos, chapa, bandas y pletinas, será homogéneo y de primera calidad. Tendrá una dureza mínima de 99,75%.

La resistencia a la tracción será la siguiente:

- Cobre recocido 20 kg/mm².
- Cobre semiduro 30 kg/mm².
- Cobre duro 37 kg/mm².

El cobre para conductores eléctricos tendrá una conductibilidad mínima de noventa y ocho por ciento (98%) referida al patrón internacional. Su carga de rotura no será inferior a veinticuatro (24) kilogramos por milímetro cuadrado y el alargamiento permanente en el momento de producirse la rotura no será inferior a veinte por ciento (20%).

1.11.8 Bronce

En cuanto a las características del bronce, se atenderán a lo dispuesto en los Artículos 2.25.1., 2.25.2. y 2.25.3. del Pliego de Condiciones Facultativas para Abastecimiento de Agua.

1.12 LADRILLOS

Deberán ser homogéneos en toda la masa, no desmoronándose por frotamiento entre ellos.

Deberán ser compactos, no presentando hendiduras, grietas ni oquedades.

Deberán presentar regularidad absoluta de formas y dimensiones, que permita la obtención de tendelas de espesor uniforme, igualdad de hiladas y por consiguiente parámetros regulares y asiento uniforme de fábrica.

Deberán tener distintas caras perfectamente claras; sus aristas vivas y finas, pudiendo presentar partículas vitrificadas debidas a exceso de cochura, pero no la presencia de arena, sílice o escorias de hierro que indiquen impurezas en las arcillas.

Deberán poderse cortar con facilidad, sin destrozarse, al tamaño que las fábricas lo requieran.

Deberán presentar sonido metálico y campanil al ser golpeados por un cuerpo duro.

Deberán presentar fractura de grano fino y apretado, con aristas finas y vivas y masa compacta, sin manchas blancas o caliches procedentes de los trozos de cal mezclados en la arcilla de fabricación.

No se disgregarán en el agua y no deberán absorber más del quince por ciento (15%) de su peso de este líquido, una vez transcurridas veinte horas de inmersión.

Las condiciones generales enumeradas podrán ser exigidas en la recepción mediante la comprobación y ensayo correspondiente de acuerdo con las Normas UNE 41004 y 7059.

No deberán aparecer eflorescencias al aplicar el ensayo según Norma UNE 7063.

1.13 TUBERÍAS

1.13.1 Tubos de amianto-cemento

El amianto-cemento es un material artificial obtenido por la mezcla íntima y homogénea de agua, cemento y fibras de amianto, sin adición alguna que pueda perjudicar su calidad.

Los tubos deberán presentar interiormente una superficie regular y lisa sin protuberancias ni desconchados. También cumplirá estas condiciones la superficie exterior del tubo en la zona de unión.

Los tubos se denominarán en función de la presión normalizada (M.O.P.) definida en kilogramos por centímetro cuadrado en la forma siguiente: Clase 5, 10, 15, 20, 25 y 30 kilogramos por centímetro cuadrado.

Los conductos cumplirán lo dispuesto por el Pliego de Prescripciones Generales para tuberías ya citado.

Los espesores serán tales que la relación entre la presión de rotura por presión interna y la presión normalizada, marcada en el tubo, sea por lo menos igual a dos (2), y no deberán ser inferiores a ocho (8) milímetros, como se define en el Pliego de Prescripciones para tuberías de abastecimiento de Agua.

1.13.2 Tubos de hormigón

El hormigón y sus componentes para la fabricación de tubos cumplirán las prescripciones indicadas en la vigente Instrucción para el Proyecto de Hormigón en Masa o Armado (E.H.91), y lo especificado en el vigente Pliego General de Tuberías.

Además de las presiones interiores será preceptivo el estudio del tipo de apoyo previsto; la naturaleza del terreno, el material de sustentación, el relleno sobre la tubería y las sobrecargas móviles, determinándose las cargas de fisuración por flexión transversal y longitudinal, que se aprobarán en las pruebas correspondientes.

El recubrimiento mínimo tanto de la armadura principal como de las de reparto será de dos (2) centímetros en hormigón armado y dos con cinco (2,5) para pretensado.

En tuberías no pretensadas la tensión de tracción en el hormigón debida a la presión interior, teniendo en cuenta las armaduras y la camisa en su caso, no sobrepasará los veinticinco (25) kilogramos por centímetro cuadrado para una presión interior igual a vez y media (1,5) la presión máxima de trabajo.

Salvo justificación especial, el coeficiente de equivalencia entre armaduras y hormigón no será superior a doce (12).

1.13.3 Tubos de PVC o PE

Los tubos de plástico cumplirán las prescripciones indicadas en el Pliego de Prescripciones para Tuberías de Abastecimiento de Agua.

Se fabricarán en instalaciones especialmente preparadas con todos los dispositivos necesarios para obtener una producción sistematizada y con un laboratorio necesario para comprobar por muestra, al menos las condiciones de resistencia y absorción exigidas al material.

No se admitirán piezas especiales fabricadas por unión, mediante soldadura o pegamento de diversos elementos.

En tuberías de pequeño diámetro, se cuidará especialmente el tipo de junta adoptada.

Los tubos se clasificarán por su diámetro exterior (diámetro nominal) y la presión máxima de trabajo (PN) definida en kilogramos por centímetro cuadrado. Dicha presión de trabajo se entiende para cincuenta (50) años de vida útil de la obra y veinte grados centígrados (20º) de temperatura de uso del agua. Cuando dichos factores se modifiquen, se definirá explícitamente el periodo útil previsto y la temperatura de uso.

Los tubos serán de tipo fijo según Normas DIN 8062 o UNE 53112.

Los espesores y tolerancias serán los marcados en el referido Pliego de Tuberías de Abastecimiento de Agua. No se admiten tolerancias en menos.

El material de los tubos estará exento de grietas, granulaciones, burbujas o faltas de homogeneidad de cualquier tipo. Las paredes serán suficientemente opacas para impedir el crecimiento de algas o bacterias cuando las tuberías queden expuestas a la luz solar.

Las condiciones de funcionamiento de las juntas y uniones deberán ser justificadas con ensayos realizados correspondientes al propio tubo. La soldadura se ejecutará según la Norma DIN 16930.

Los tubos no serán atacables por roedores, cumpliendo las condiciones de impacto de ISO 5/6 número 212.

9.13.4 Tubería de fundición dúctil

La fundición empleada para la fabricación de tubos, será dúctil elaborada como las otras calidades de fundición a partir de fundición bruta producida por altos hornos cuya marcha rigurosamente controlada gozará de las mejoras introducidas en siderurgia; cribado del coque, aglomeración del mineral, inyección de alquitrán por las toberas y elevación de la temperatura del viento. La cristalización del grafito bajo la forma esferoidal, particularidad de la fundición dúctil, se logrará con adición de magnesio en la fundición gris de fusión.

La proporción de carbono deberá ser de 3,5 al 4%. Por lo tanto, será apta para su resistencia a la corrosión.

Las características mecánicas de la fundición dúctil, que se comprobarán de acuerdo con los ensayos que figuran en este Pliego, deberán ser como mínimo las siguientes:

- La resistencia a la tracción del metal que constituye los tubos centrifugados será de 40 a 42 kg/mm².
- El alargamiento a la rotura será como mínimo del 10%.
- Los tubos deberán poder cortarse, perforarse o mecanizarse.
- La dureza superficial no sobrepasará 230 unidades Brinell.

Los tubos y accesorios de fundición dúctil para canalizaciones con presión cumplirán las prescripciones y especificaciones según Norma Internacional ISO 2531 de Septiembre de 1.979. Solo es válida la Norma Original en su edición mas reciente.

El espesor normal de los tubos y de las piezas se calcula en función de su diámetro nominal mediante la fórmula $e = k(0,5 + 0,001 DN)$.

e = Espesor.

k = Coeficiente definido en Norma.

DN = Diámetro nominal.

Cada tubo, accesorio y pieza especial, de canalización debe llevar la marca del fabricante, una indicación especificando que la pieza colocada es de fundición dúctil y la indicación de su diámetro nominal.

Los tubos, accesorios y piezas de canalizaciones no han de presentar ningún defecto que perjudique a su uso.

Las condiciones de funcionamiento de las juntas deberán ser justificadas con los ensayos realizados al propio tubo.

Cualquier tubo o pieza cuyos defectos se hayan ocultado por soldadura, mastic, plomo o cualquier otro procedimiento serán rechazados. El mismo criterio se seguirá respecto a la ocultación de fugas por calafates o cualquier otro sistema.

Los tubos, uniones y piezas que presenten pequeñas imperfecciones inevitables a consecuencia del proceso de fabricación y no perjudiquen al servicio para el que están destinados, no serán rechazados.

1.13.5 Tuberías enterradas de palastro

El acero para la construcción de las tuberías y demás elementos de refuerzo, será del tipo A 37C (Norma MV.102) o de calidad semejante, siempre que sus características mecánicas estén dentro de las especificaciones siguientes:

Carga de rotura	Comprendida entre treinta y siete (37) y cuarenta y cinco (45) kilogramos por milímetro cuadrado (kg/mm^2).
Limite elástico	Superior a veinticuatro (24) kilogramos por milímetro cuadrado (kg/mm^2).
Alargamiento mínimo de rotura	Veinticinco por ciento (25%).
Los contenidos en azufre y fósforo	Serán inferiores a cinco diezmilésimas (0,05%) y la suma de ambos inferior a ocho diezmilésimas (0,08%).

Debiendo cumplir en cualquier caso las características definidas en la Norma UNE 36-080-73.

De la misma calidad o de la correspondiente al acero A37 serán los tornillos, espárragos de anclaje, placas de apoyo, perfiles y tapas de arquetas.

El Contratista deberá presentar a la Dirección de Obra, el certificado de garantía de la factoría siderúrgica suministradora de los materiales metálicos.

Los electrodos a utilizar para la soldadura, serán de cualquiera de los tipos de calidad estructural definidos en la Norma UNE 14.003. La clase, marca y diámetro a emplear serán propuestos por el Contratista a la Dirección de Obra, antes de su uso para su aprobación.

Las superficies, antes de ser pintadas, deberán estar exentas de residuos de grasa de aceites, así como también de óxido de cascarilla de laminación.

La grasa o aceites se eliminarán con disolventes apropiados como el Disolvente para limpieza 150210 INTA 23 0211,1 haciendo uso de trapos embebidos en los mismos.

La cascarilla de laminación, óxido y herrumbre se eliminarán mediante chorreado de arena silícea, con un noventa y ocho por ciento (98%) como mínimo de sílice, que pase por el tamiz número veinte (20) y sea retenida por el número cuarenta (40) de ASTM E-11-61 a una presión que podrá variar entre seis (6) y seis y media (6,5) atmósferas.

La operación de chorreado se hará cuando la temperatura de las superficies metálicas, sometidas a limpieza, estén al menos dos grados y medio centígrados (2,5°C) por encima del punto de rocío y la humedad relativa del ambiente sea inferior al ochenta y cinco por ciento (85%). La superficie alcanzará el grado Sa 2 ½ de SWENSK STANDARD SIS 055900.

Exteriormente se aplicará una capa de pintura de imprimación anticorrosiva al cromato de zinc y óxido de hierro, que deberá cumplir la especificación Inta 14 41 01. Es espesor de la película seca será de cincuenta (50) micras.

Dieciséis horas después, se aplicará una capa idéntica a la descrita anteriormente.

Cumplidas dieciséis horas de la aplicación anterior, se aplicará una primera capa de acabado con pintura de aluminio sintético fino, pigmentado de azul de veinte (20) micras de espesor.

Su composición contará con un barniz sintético y purpurina de aluminio en pasta, ambos componentes envasados por separado y mezclados en el momento de su utilización.

Cumplidas dieciséis horas de la aplicación anterior, se aplicará la segunda capa de acabado, idéntica a la descrita anteriormente pero sin pigmentación azul.

Interiormente la tubería llevará un tratamiento de pintura sin disolvente, anticontaminante, según la normativa de Sanidad.

Antes de empezar las operaciones de protección descritas, el Contratista presentará un plan detallado de las operaciones a utilizar, teniendo en cuenta los controles a ejercer por la Dirección de Obra, y no podrá empezarlas sin la previa autorización de aquella, estando obligado a aceptar cuantas modificaciones al plan se le impusieran.

1.14 PIEZAS ESPECIALES

1.14.1 Válvulas de compuerta

Los cuerpos de las válvulas serán de fundición de primera calidad o de acero moldeado y será, todos probados en fábrica a una presión de cuatro (4) veces la presión de servicio.

Para presiones menores de 10 atmósferas o diámetros comprendidos entre 20 y 40 mm., los cuerpos serán de fundición gris y para presiones mayores y diámetros de 50 mm. en adelante serán de fundición dúctil. Revestidos de epoxídico o nitrilo interior y exteriormente.

Serán de asiento elástico para presiones iguales o menores de 16 atmósferas. Las válvulas deben tener un desmontaje fácil y sellado permanente.

Las válvulas estarán construidas de modo que las piezas móviles tengan frotamiento de bronce con bronce, debiendo estar perfectamente ajustadas todas las piezas.

Los modelos que se propongan deberán ser sometidos a la aprobación del Ingeniero Director de Obras.

Deberán probarse para presiones doble de la presión de servicio actuando con las dos caras alternativamente sin dar paso a ninguna cantidad de agua en absoluto, y sin que se observe ninguna anomalía.

Todos los gastos que ocasionen estas operaciones de prueba, serán de cuenta del Contratista.

1.14.2 Válvulas de mariposa

Los cuerpos de las válvulas de mariposa serán de acero fundido y deberán ser probadas a la presión de cuatro (4) veces la presión de servicio.

La mariposa será de acero inoxidable o de bronce en calidades de completa garantía, debiendo hacer el cierre sobre elementos de goma u otro material inalterable y resistente a la erosión y corrosión.

Serán de palanca o de reductor y viene determinado su uso según los diámetros de la válvula y por la presión de la conducción, en líneas generales se utilizará la palanca hasta diámetros menores o iguales de doscientos (200) mm. requiriéndose el uso de reductor para diámetros superiores.

Los modelos que se propongan deberán ser sometidos a la aprobación del Director de las Obras con indicación expresa de que todas las partes interiores que han de estar en contacto con el agua sean de materiales inoxidables.

Deberán probarse en fábrica a presión hasta dos veces la presión de servicio, actuando por las dos caras alternativamente, exigiéndose una estanqueidad completa durante la prueba y no debiéndose observar anomalías ni deformaciones de ninguna clase, siendo todos los gastos de pruebas por cuenta del Adjudicatario.

1.14.3 Ventosas

Las ventosas serán automáticas. Teniendo un doble propósito: evacuar burbujas de aire del sistema ya presurizado y evacuar aire durante el proceso de llenado de las tuberías, introduciendo aire cuando se vacía.

Serán de hierro fundido con recubrimiento de epoxi para soportar altas presiones.

Deben de estar capacitadas para soportar los productos químicos normales que se emplean en los sistemas de distribución de agua.

Los modelos que propongan deberán ser sometidos a la aprobación del Director de Obra con indicación expresa de que todas las partes interiores que han de estar en contacto con el agua sean de materiales inoxidables.

1.14.4 Otras piezas

El resto de piezas especiales habrán de cumplir análogas condiciones a las fijadas para las válvulas siendo precisa la aprobación del Ingeniero Director de la Obra, previamente a su utilización.

Deberán probarse en fábrica a presiones dos veces la presión de servicio, exigiéndose un perfecto comportamiento durante la prueba y no debiéndose observar ninguna anomalía ni deformación en la misma. Todos los gastos originados por la prueba serán de cuenta del Adjudicatario de la Obra.

1.14.5 Compuertas

Estarán fabricadas con las siguientes especificaciones:

- El cuerpo de la compuerta está fabricado en acero laminado A24B.
- Los husillos serán de Y 50 m/m., contruidos en acero inoxidable AISI-316-L, con rosca trapezoidal.
- Las correderas, soleras, puentes de maniobra, sotillas intermedias estarán fabricadas con chapa de 6 mm. A-37-B.
- La obturación lateral y superior será por doble banda de latón laminado y cepillado.
- Las cunas serán de bronce.
- La obturación inferior será por banda de neopreno fijada a la compuerta por tornillería de acero inoxidable.
- La pérdida será inferior a 10 l/m. De cierre y día.
- Las compuertas de accionamiento manual se equiparán con el correspondiente mecanismo de elevación, compuesto de columna, desmultiplicador y volante, siendo los rodamientos axilares y tuercas en bronce y el resto de hierro fundido de calidad GG25.
- Todas las compuertas serán accionadas eléctricamente con mando de socorro.
- Todas las superficies de las compuertas deberán ir chorreadas con arena al grado SA2-1/2 de las normas suecas SIS 05.59.00 de 1.977 y posterior imprimación de brea epoxi-bituminosa.

CAPÍTULO 2: INSTALACIONES ELECTRICAS

2.1 CUADROS ELÉCTRICOS

Dispondrán de un embarrado con aislamiento total, a partir del cual, y previa protección diferencial y automática magnetotérmica, partirán los distintos circuitos.

Los armarios serán metálicos, practicables, accesibles y de fácil montaje. Todos los elementos alojados en su interior, irán identificados mediante código. Se construirán a base de chapa de 2 mm. de espesor como mínimo. La chapa será sometida a un tratamiento de desengrase, fosfatado y pasivado, con los necesarios lavados intermedios, que permitan garantizar una correcta defensa contra la oxidación.

La pintura final de acabado se aplicará electrostáticamente por proyección de polvo de pintura a partir de resinas epoxílicas, polimerizadas posteriormente por calentamiento en horno continuo a 180°C.

Todos los cuadros llevarán un esquema sinóptico de funcionamiento y maniobra propio con pilotos de señalización de estado.

2.2 PROTECCIONES GENERALES

Se dispondrán en cada cuadro de protecciones magnetotérmicas, fusibles, etc. y de un relé diferencial como protección de puesta en tensión accidental de partes aisladas de cualquiera de los receptores a él conectados. La sensibilidad de estos relés diferenciales será de 0,3 Amps. Para fuerza y 0,03 Amp. Para alumbrado, e irán dotados de relés de retardo al disparo. Todos los elementos de protección serán escalonados y de funcionamiento selectivo.

2.3 DISTRIBUCIÓN DE FUERZA ALUMBRADO AUTOMATISMO E INSTRUMENTACIÓN

La distribución del cableado de fuerza, alumbrado, automatismos e instrumentación será independiente y deberá permitir un fácil acceso a todas las partes del mismo con identificación del sistema a que pertenecen.

La identificación del conjunto se hará mediante el empleo de “brida cremallera” con portatexto, todo ello en PVC o NYLON.

2.3.1 Cajas de distribución

En interiores e instalación vista con montaje saliente, se emplearán cajas rectangulares construidos en policarbonato o similares, con buen comportamiento frente a agentes ácidos, álcalis, humedad, etc. y con un buen grado de estanqueidad IP-547 s/UNE 20.324. Las paredes serán ciegas, la tapa opaca y costados cerrados mecanizables. El cierre de los mismos será mediante tornillería inoxidable o PVC termoendurecido.

La alimentación a las cajas se hará mediante el empleo de racores y prensaestopas en material plástico e irrompible.

El conexionado en el interior de las cajas se hará empleando bornas construidas en poliamida de gran resistencia mecánica, eléctrica y química.

En casos autorizados previamente por la Dirección de Obra, podrán emplearse cajas con costados abiertos y entradas mediante conos elásticos.

En instalaciones interiores y empotradas, las características serán similares.

En instalaciones de intemperie, las características generales serán idénticas a las anteriores, pero el material de las cajas será de aluminio inyectado.

2.3.2 Tubos

En instalaciones interiores y canalización vista se empleará tubo de PVC rígido.

En instalaciones interiores y empotrado se empleará tubo de PVC flexible.

En intemperie se empleará tubo metálico galvanizado.

En instalaciones empotradas en hormigones de/y soleras o pavimentos, se empleará tubo metálico de espesor reforzado y galvanizado en caliente.

En cualquier caso, en las terminaciones de los tubos se dispondrán capuchones de PVC elástico que impidan el deterioro de los cables en las aristas de salida y dar estanqueidad al pozo del conductor y los soportes serán de PVC.

2.3.3 Bandejas de canalización

Para el empleo e conducciones eléctricas de varios cables, podrán emplearse bandejas en material plástico PVC rígido, dúctil, aislante y no propagador de la llama. Las bandejas serán con tapa lisa y ciega, laterales lisos y base perforada. La distribución interior de las bandejas se hará con ménsula y tabiques.

Para instalaciones de intemperie, el material será metálico galvanizado en caliente mediante baño por inmersión.

Se empleará el mismo criterio para los soportes. Todos los accesorios como soportes, codos, derivaciones, reducciones, tapas finales, etc., serán suministrados por el fabricante de la bandeja y normalizados, no admitiéndose las fabricadas in situ.

2.3.4 Soportes

Para anclaje de tubos instalados superficialmente se emplearán grapas-abrazaderas de PVC rígido similares a las del tipo JIR o Stauff, con el correspondiente perfil y tornillería tratada superficialmente mediante productos anticorrosivos.

Para las bandejas se emplearán soportes angulares metálicos galvanizados en caliente mediante inmersión o de PVC rígido y suministrados siempre por el fabricante de la bandeja.

2.3.5 Cables

Tanto en fuerza como alumbrado, los cables serán flexibles y con conductor de cobre con tensión de servicio de hasta 1.000 V. y designación AFUMEX-Pirelli o similares. Cuando vayan enterradas, irán bajo tubo y llevarán la señalización y protección correspondiente.

Serán no propagadores de incendio ni llama y e reducida emisión de humos y gases tóxicos, de manera que en la composición de su aislamiento-cubierta no contengan halógenos (Cl, F, etc.).

La composición de los gases emitidos en pruebas de incendio por cada 5 Kg. de material orgánico con una concentración 350 ppm. De CO₂ en el aire ambiente antes de la prueba será:

CO ₂ (p.p.m.)	CO (p.p.m.)	CLH (mg/m ³)	Humos (mg/m ³)
<385	No Apreciable	Nulo	6

En el caso de que vayan enterradas se situaran arquetas de registro en acometidas derivatorias en los cambios de dirección y en los cruces de los viales interiores. Estos cruces se efectuarán a 80 cm. de profundidad desde la terminación de la calzada con protección superior de 30 cm. de hormigón en masa; en los demás casos, la profundidad mínima será de 40 cm.

Las secciones mínimas a emplear serán de 2,5 mm² en circuitos de fuerza y de 1,5 mm² en circuitos de alumbrado y señalización. En todo caso, se atenderán las especificaciones impuestas por el reglamento Electrónico de Baja Tensión vigente.

Para el cableado de automatismo y control, podrá emplearse cable de las mismas características y 500 V. de aislamiento.

Para el cableado de instrumentación se empleará cable multipolar apantallado y con puesta en tierra como protección contra interferencias.

2.4 MOTORES

Corresponderán, como mínimo, a las prescripciones para máquinas eléctricas giratorias VDE 0530.

El tipo de protección general será IP-55, según características de la zona a instalar. El aislamiento será, como mínimo, de clase F del tipo micaelástico o similar.

Los rodamientos serán, coto mínimo, para 50.000 horas, fácilmente desmontables y reparables.

El límite de ruidos será lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas de este Pliego de Condiciones.

La caja de bornas será de aluminio fundido a presión y se podrá girar 90°, de manera que se pueda realizar la entrada de cable por cualquier lado, con un IP-55.

Para su dimensionamiento y pruebas se considerará una temperatura ambiente exterior de 42°C.

Los ensayos a los que se les someterá serán los siguientes:

- Ensayo de cortocircuito.
- Ensayo de vacío.
- Ensayo de calentamiento.
- Rendimientos a 2/4, 3/4 y 4/4 de carga.
- Factor de potencia.
- Perdidas globales.
- Par máximo y par inicial.
- Intensidad de aceleración.
- Velocidad de régimen.

Todos los motores de potencia superior a 10 CV. llevarán un sistema de arranque estático.

En las inmediaciones de cada motor se colocará un pulsador de parada de emergencia enclavada tipo “seta”.

2.5 ILUMINACIÓN

Los circuitos de alumbrado llevarán automático magnetotérmico, cuadro general y equipo diferencial. El alumbrado se llevará a cabo con lámparas fluorescentes, equipados con reactancias en alto factor.

Las intensidades mínimas de iluminación serán:

- | | |
|---|---------|
| ➤ Oficinas, Sala de Control y vestíbulos: | 350 lux |
| ➤ Pasillos de tuberías y filtros, salas de máquinas, servicios de personal y salas de dosificación: | 200 lux |
| ➤ Almacenes, Cámaras de válvulas y caseta de válvulas y Caseta de transformación: | 180 lux |
| ➤ Aseos, escaleras: | 100 lux |

Se preverá un alumbrado de emergencia zonal. Todas las instalaciones eléctricas, cumplirán los vigentes reglamentos de Alta y Baja Tensión, especialmente en lo que se refiere a seguridad.

CAPÍTULO 3: TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Dada la importancia que tiene en instalaciones de este tipo, el deterioro y corrosión de elementos metálicos y de otros materiales en contacto con aguas y líquidos del proceso, se hace especial hincapié en el tratamiento de superficies.

En las siguientes páginas, queda expresamente reflejados los grados y tipo de protección de cada uno de los elementos.

3.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR DE SUPERFICIES DE ACERO O HIERRO

Cuando se efectúe una aplicación de resinas reactivas sobre un soporte de acero o hierro es indispensable proceder a un tratamiento preliminar del mismo.

Las superficies deben estar exentas de elementos de naturaleza ajena al soporte, como también de elementos de su misma naturaleza.

3.1.1 Elementos y capas perjudiciales

Se incidirá prioritariamente de la eliminación de los siguientes:

<i>Propios del soporte</i>	<i>De naturaleza ajena al soporte</i>
Oxido	Aceite, grasa
Costra de fundición	Cenizas, escorias, polvo
Residuos del recocido	Aguas, ácidos, álcalis, jabón
	Sales, pintura antigua, etc.

3.1.2 Métodos de tratamiento preliminar

Los métodos admitidos son los que se relacionan a continuación:

	Manuales	Con máquinas
Mecánicos	Raspado Aguardado Lijado	Chorro de arena Chorro de agua a presión Chorro de arena sin polvo
Térmicos	Con llama Chorro de vapor	Horno
Químicos y físicos	Decapado Lavado	Chorro de agua a muy alta presión

3.1.3 Limpieza

Se entiende por limpieza de la superficie el quitar totalmente las capas o elementos extraños e indeseables. Entre los métodos de limpieza figuran principalmente los procedimientos químico-físicos y los metálicos con máquina. En elementos metálicos en contacto con el agua sólo serán admitidos estos dos tipos.

3.1.4 Desoxidación

La desoxidación consiste en quitar las capas y partes que son de la misma naturaleza que el soporte y han formado parte de este.

Se utilizarán para ello métodos mecánicos o térmicos. La calidad de la eliminación del óxido se designará aquí por el grado de desoxidación. Depende en gran parte del procedimiento escogido y del cuidado con que se ejecute.

3.1.4.1 *Desoxidación manual*

No se deberá emprender la desoxidación manual, con ayuda de elementos auxiliares, por ejemplo, martellina (martillo de cantero), cepillo de púas metálicas, espátula, rascador (bruñidor), etc. más que cuando todos los

demás procedimientos queden absolutamente excluidos, por motivos de construcción o de explotación.

Para este tipo de desoxidación manual habrá que contar con la autorización expresa de la Dirección de Obra.

3.1.4.2 Desoxidación con máquina

En cuanto las condiciones locales permitan como mínimo un ligero desprendimiento de polvo, se puede realizar la desoxidación con máquina, Sin embargo hay que tener en cuenta los siguientes factores:

Los aparatos rotativos (por ejemplo, muelas de esmeril, cepillos rotativos de púas, etc.) pueden colmatar la superficie.

Las herramientas de percusión (por ejemplo, pistola de aire comprimido), decapan demasiado la superficie y pueden llegar a deformar los elementos delgados.

3.1.4.3 Desoxidación con chorro

El sistema prioritario de desoxidación será con chorro de arena o chorro de arena sin polvo.

La desoxidación es óptima y produce una eliminación muy satisfactoria de la costra de fundición. Como agente abrasivo se utilizará arena de cuarzo, esmeril (corindón) o granalla de acero.

Hay que tener en cuenta dos factores: La profundidad del decapado y su perfil en anchura.

La profundidad del decapado aumenta con el grosor del grano del abrasivo y según la energía con que se proyecta dicho abrasivo.

La profundidad del decapado, dentro de lo posible, no deberá sobrepasar las 70 micras, ya que con un decapado más profundo es necesario realizar a continuación una capa anticorrosión de mayor espesor. Señalemos, sin embargo, que con una mayor profundidad de decapado proporciona la ventaja de un mejor anclaje mecánico (fuerza de adherencia) de una serie reactiva.

3.1.4.4 Grado de desoxidación

Grado de desoxidación	Estado de la superficie y objeto de la operación	Descripción
1	Exenta de suciedad, de óxido, de pintura mal adherida, de costra de fundición que no esté sólidamente adherida	Las capas de pintura adheridas pueden ser conservadas. Las zonas oxidadas deber ser tratadas conforme el grado 2 de desoxidación. Entre las zonas de pintura conservadas y las superficies metálicas limpias, hay que establecer una zona de transición (soplado).
2	Oxido metálico limpio (aspecto nuboso)	Hay que eliminar la costra de fundición, quitar el óxido y la pintura. Estos de primer (aparecen poros negros).
3	Desoxidación metal pulido	Eliminación total de la pintura, del óxido y de la costra de fundición, hasta que aparezca el acero pulido (blanco)

3.1.4.5 Grado de desoxidación alcanzable

Procedimiento de desoxidación	Grado de desoxidación		
Mecánico a mano	1	-	-
Mecánico con máquina	1	2(*)	-
Térmico (con llama)	1	2	-
Mediante chorro (chorro de arena)	1	2	3

(*) Este grado de desoxidación no se suele alcanzar, la mayor parte de las veces, en la práctica.

3.1.4.6 Desoxidación con llama

La desoxidación con llama únicamente será admitida cuando deban ser quemadas y eliminadas ligeras capas de óxido superficiales. Se procederá, inmediatamente después, a un cepillado con máquina.

3.1.4.7 Chorro de agua a alta presión

Esta técnica aplicable en particular con la utilización de presiones superiores o iguales a 700 atm. Se reforzará su efecto añadiendo al chorro de agua una pequeña cantidad de un agente abrasivo (arena de cuarzo).

Para que la humedad no provoque, inmediatamente, la formación de óxido, se añadirá al agua un agente inhibidor.

3.2 UNIONES MONOLÍTICAS

Las uniones monolíticas y duraderas de los elementos de construcción entre sí se harán posibles por pegado, vertido o inyección de resinas reactivas.

Antes de realizar una unión monolítica, es indispensable estudiarla desde el punto de vista estético y teniendo en cuenta el significado de los elementos constructivos.

No bastará con escoger el material adecuado, sino que además habrá que prever la ejecución correcta y profesional del trabajo y una vigilancia apropiada.

3.2.1 Examen estático

Se considerará de forma especial los datos técnicos relativos al producto en cuestión, siendo los principales:

- Resistencia a compresión.
- Resistencia a flexotracción.
- Resistencia a tracción.
- Resistencia al cizallamiento.
- Resistencia de adhesión a la tracción.
- Módulo de elasticidad E.
- Módulo de elasticidad al cizallamiento.
- Retracción.
- Fluencia.
- Dilatación térmica, etc.

Algunos datos se refieren muy especialmente a las resinas reactivas no siendo tenidos en cuenta para los materiales de construcción tradicionales, tales como el hormigón o el acero.

Estos datos son:

- Resistencia al envejecimiento.
- Resistencia al calor.
- Comportamiento con el tiempo, sobre todo bajo los efectos de una carga.
- Tiempo de endurecimiento completo.
- Comportamiento del elemento de construcción en caso de incendio.

Para reducir en la medida de lo posible la influencia de la magnitud de la fluencia, en los casos en que se utilicen resinas reactivas, el espesor previsto de las uniones monolíticas deberá ser el menor posible.

3.2.2 Margen de seguridad

Es preciso, por lo tanto, cuando se utilicen resinas reactivas, fijarse un margen de seguridad más elevado que tratándose de los materiales de construcción tradicionales, como el acero o el hormigón.

Los coeficientes de seguridad admitidos para estos materiales de construcción, que van de 1,8 a 2,5 entre el esfuerzo de ruptura durante ensayos de duración limitada y el esfuerzo admitido en la práctica, deberán ser en ciertos casos multiplicados por dos, tratándose de resinas reactivas. Como norma general no serán nunca inferiores a 2.

3.2.3 Tratamiento preliminar del soporte

La preparación afecta, pues, a las superficies de las dos partes que deben ser unidas. Cuando se tengan que unir partes de acero (acero-hormigón, etc.) y deba transcurrir cierto tiempo entre su limpieza preliminar mediante chorro de arena y el momento de la unión, es indispensable que se cubran las superficies inmediatamente después de ser limpiadas, con el objeto de evitar que se oxiden.

Aplicación

Se aplicará sobre el soporte debidamente preparado una capa bastante espesa del adhesivo, que haya sido bien mezclado. De este modo se evitará la oclusión de aire entre las partes unidas y se conseguirá que aparezca un poco de adhesivo fuera de la junta.

Si fuera necesario aplicar el adhesivo sobre un soporte húmedo, habrá que frotarlo para que penetre bien toda la superficie.

Habrà que verificar si el líquido inyectado llega igualmente hasta el lado opuesto (por ejemplo, en el caso de muros o elementos de poco espesor).

Presión

Una presión de inyección demasiado elevada puede provocar resquebrajamientos y la formación de nuevas fisuras. Por lo tanto, ahí se tendrán en cuenta los siguientes puntos: Controlar la presión, muy especialmente si se inyecta con máquina (depósitos de aire comprimido o

mezclador de dos componentes), y controlar las cantidades de productos inyectadas.

Medidas de seguridad

Durante la inyección es indispensable utilizar gafas de seguridad o un casco protector con visera de vidrio.

3.3 MEDIDAS DE PROTECCIÓN

En los trabajos en los que se empleen resinas reactivas, incluso si son bajo la forma de adhesivos, mezclas autonivelantes, inyecciones, morteros, pinturas, revestimientos, revestimientos de pavimentos, estratificados, etc., se pueden provocar daños a la salud si no se ejecutan con cuidado, de la forma apropiada y con la limpieza necesaria. En todos los casos se extremará las medidas de Seguridad y Salud.

Conteniendo solventes o elementos volátiles

- Los vapores de solventes pueden ser nocivos, según su naturaleza química, si se respiran muy concentrados.
- Según las condiciones del trabajo, se pueden formar mezclas de aire y vapor de solvente que pueden provocar peligro de incendio, incluso de explosión.
- El producto no puede secar y endurecer correctamente si el ambiente no está exento de vapores de solvente.

Es necesario que las dos partes que deben ser unidas permanezcan inmóviles hasta obtener un endurecimiento completo.

Medidas a adoptar

- Se debe garantizar una buena ventilación y mantenerla permanente.
- No es suficiente únicamente la eliminación del aire viciado, sino que será necesario la aportación de aire puro por medio de un ventilador.
- Habrá que tener cuidado con que la aportación del aire puro no provoque condensaciones de agua sobre el soporte.
- El rendimiento horario del ventilador será:
 - Para un local grande: aproximadamente, cinco veces su capacidad.
 - Para un local pequeño: aproximadamente, diez veces su capacidad.
- Cuando las condiciones de trabajo sean difíciles, el operario debe estar provisto de mascarillas de protección. Además debe mantenerse un vigilante que desde el exterior observe al operario constantemente, lo que implica que por tajo debe haber por lo menos dos operarios:
 - Uno encargo de ejecutar el trabajo.
 - Otro que vigile el exterior.
- No se debe bajo ningún concepto, fumar en semejantes atmósferas, hacer o utilizar aparatos eléctricos que no tengan protección antideflagrante.
- No se debe tomar ninguna bebida alcohólica mientras se ejecutan estos trabajos.

3.3.1 Productos a base de resinas reactivas exentas de solventes

Los productos exentos de solventes normalmente no necesitan instalaciones técnicas de ventilación. Sin embargo, se recomienda tener

aparatos de este tipo en la obra, con el fin de poderlos emplear en caso de necesidad.

Aunque se trate de productos exentos de solventes, la aplicación de grandes cantidades de resinas reactivas no se deben efectuar por una sola persona en locales cerrados. Se dispondrá siempre, al menos de dos operarios.

3.3.2 Medidas de seguridad para la piel y las mucosas

Los productos a base de resinas reactivas, así como los compuestos de resinas, endurecedores y aceleradores, entra fácilmente en reacción, y estas reacciones son muy enérgicas. Esto es válido para todos los productos basados en resinas reactivas de uno o dos componentes, lo que incluye los productos que contengan solventes, productos exentos de solventes y las dispersiones acuosas.

Se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- Usar siempre guantes de protección y un traje protector cuando se trabaja con resinas reactivas.
- Es imprescindible proteger los ojos de las salpicaduras con gafas de seguridad.
- Se recomienda dar una crema protectora en las manos antes de comenzar a trabajar.
- Una vez que se haya terminado el trabajo, o antes de una interrupción de larga duración, lavarse con cuidado las manos con agua y jabón. No utilizar un solvente sino en casos excepcionales, u en el supuesto de utilizarlo emplear pequeñas cantidades. Hacer a continuación un buen lavado de manos con agua. Cuando la piel este limpia totalmente, debe aplicarse crema protectora.

3.3.3 Normas de la CNA

La Caisse Nationale Suisse d'Assurances publicó las siguientes normas, relativas a los trabajos que se ejecuten con pinturas, y revestimientos que contengan solventes volátiles:

- Durante los trabajos que se efectúen con estos materiales no se debe encender fuego ni usar iluminación artificial. Sin embargo, si la luz artificial es indispensable, se deben usar, como prevención del riesgo de explosión aparatos eléctricos antideflagrantes.
- Una ventilación fuerte es indispensable cuando se ejecutan trabajos de pintura en un local cerrado. Como los vapores son más pesados que el aire, los conductos de aspiración deben encontrarse lo más cerca posible del nivel del suelo. En todos los casos en que una ventilación así no se pueda realizar, y los vapores nocivos no puedan ser totalmente eliminados, los obreros deben estar dotados de equipos de aire puro.
- En pozos, depósitos, etc., donde es imposible una ventilación total y perfecta, los obreros deben además, estar atados al exterior y vigilados mientras dure el trabajo.
- En locales cerrados no se autoriza la aplicación por pulverización de los productos mencionados anteriormente.

3.4 REVESTIMIENTOS DE SUELOS A BASE DE RESINAS ARTIFICIALES

Las superficies deben estar cepilladas, limpias de lechada de cemento, de suciedades, de restos de solado, de yeso, y de pintura. Es necesario evitar todas las suciedades causadas por el aceite en la parte inferior.

Las ventanas y las puertas serán tapadas, eventualmente acristaladas, se asegurará la iluminación necesaria, así como la energía eléctrica (220/380

V). Se dispondrá de medios de transporte para los materiales (montacargas, grúa, etc.).

Los trabajos de pintura de techos deben ser ejecutados antes de la colocación de los revestimientos de los suelos, con resinas artificiales. Las paredes no deben de estar pintadas hasta una altura de 1,50 a 2,00 metros del suelo. Todas las instalaciones de calefacción, agua, electricidad, gas, aire comprimido, etc., deben de haber sido instaladas y las rozas, para el empotramiento de las tuberías correspondientes, deben de haber sido hormigonadas.

3.4.1 Condiciones especiales

1. Temperatura

Los valores mínimos de temperatura del soporte, cuando se coloquen revestimientos de resinas artificiales, serán: 10° C para las imprimaciones y los sellados; 15° C para los enlucidos y revestimientos de suelos (con determinados ligantes; sin embargo, se podrán admitir temperaturas más bajas, en estos casos deberá autorizar la puesta en obra la Dirección de Obra).

2. Grado de humedad

El grado de humedad del soporte no debe sobrepasar el 3 por 100.

3. Ventilación del local

En general, la aplicación implica el uso de disolventes o de productos que los contengan. Por lo tanto, hace falta que el local tenga ventilación adecuada.

4. Precauciones

Mientras duren los trabajos y dado el peligro de incendio, no se deberá fumar en los locales en objeto de la aplicación, ni en los adyacentes. Además no se debe permitir que otros equipos efectúen trabajos que impliquen el uso del fuego o de aparatos de soldadura (peligro de chispas).

3.5 PINTURAS Y REVESTIMIENTOS

Las pinturas, revestimientos y estratificados constituyen primordialmente una protección de la superficie de un elemento de construcción contra la corrosión o erosión. La finalidad estética estará siempre supeditada a este fin. Serán objetivos fundamentales la prolongación de la vida de este elemento.

3.5.1 Calidad del soporte

La condición previa para que las pinturas puedan cumplir correctamente su misión es la preparación correcta del soporte.

En el caso de soportes a base de cemento, se hará un sellado de los poros, cuando se haya terminado el tratamiento previo. De este modo se obtienen o pueden realizar revestimientos impermeables exentos de poros.

Si los soportes son de acero, se dará una mano de imprimación con un producto que contenga pigmentos activos antióxido.

Para realizar el revestimiento se hará la aplicación por pulverización en dos etapas, que se harán "cruzadas". No hará una pulverización sino después de una primera capa o después de aplicada una imprimación.

3.5.2 Espesores de la capa

El cuadro que sigue se debe considerar como guía, de los valores indicativos, para protección normal contra la corrosión y presuponiendo siempre que no existen poros ni en la pintura ni en el revestimiento.

Solicitaciones previstas	Espesor total de la capa (Incluida la imprimación exenta de poros)
Solicitaciones normales	100 – 160 μ
Ataque mas fuerte (zona de condensación)	200 – 400 μ
Ataque más fuerte (zona de cambio de agua)	400 – 1.000 μ
Solicitaciones por líquido (contacto de larga duración)	500 – 1.000 μ

3.5.3 Estratificados

Cuando se deba realizar revestimientos reforzados con fibra de vidrio, y principalmente en soportes a base de cemento, se tendrán en cuenta las siguientes indicaciones:

- El soporte ya preparado al cual se aplicará el revestimiento, debe recibir una buena imprimación.
- Sobre la imprimación todavía ligeramente húmeda, se aplicará la resina reactiva y se colocará la tela o fieltro de refuerzo.
- La cantidad de resina debe ser tal que la armadura de refuerzo se encuentre totalmente recubierto.
- El estratificado no debe tener ninguna oclusión de aire (quitar las oclusiones de aire con un rodillo de laminado).
- Las tiras de textura de refuerzo deben solaparse de 3 a 5 cm.

- Con el fin de que las distintas capas se unan lo mejor posible, hay que dejar pasar poco tiempo entre la aplicación de las diferentes capas, de forma que la superficie este todavía húmeda.
- Se recomienda utilizar colores diferentes para las distintas capas a aplicar.
- Se debe dar siempre como terminación una capa no armada (para fijar las fibras de vidrio que queden levantadas).

3.5.4 Humedad del soporte

Los productos epoxi se adhieren bien a los soportes a base de cemento aun ligeramente húmedos (resistencia de adhesión a la tracción mayor que la resistencia mecánica del soporte). Sin embargo, hay que tener en cuenta los datos relativos a las características físicas de la obra. Las pinturas y los revestimientos constituyen, por lo menos a partir de un cierto espesor de la capa, una película impermeable, que equivale a una barrera de vapor. Si existe la posibilidad de que a través del soporte se establezca una corriente de vapor debido, por ejemplo, a diferencias de temperaturas soporte-local (radiación solar), nos pueden aparecer ampollas o abolsamientos. Este proceso de desprendimiento ocurre normalmente después de la aplicación, o sea, mientras que el producto no ha endurecido totalmente.

Es necesario por tanto tener en cuenta, en casos semejantes, el grado de humedad del soporte. En el caso de soportes de acero, es indispensable verificar que estos estén secos y que permanezcan secos, evitando la formación de agua de condensación (corrosión, formación de óxido bajo la pintura).

3.5.5 Ejecución del trabajo

El producto se podrá aplicar una vez que este correctamente dosificado y mezclado, sobre el soporte debidamente preparado:

Con brocha o rodillo

Siempre que sea posible, se procederá a la aplicación de la imprimación con brocha, principalmente cuando los soportes sean de acero y con brocha o con rodillo en los soportes a base de cemento.

En soportes de acero no se usará el rodillo nada más que a partir de la segunda capa.

Pulverización

Podrá realizarse con aire comprimido o con alta presión sin aire comprimido (Airless).

En el primer caso la viscosidad deberá tener bajo nivel de viscosidad. Para mayor viscosidad y aplicación de capas gruesas de una sola vez se empleará el procedimiento Airless.

Fdo: Francisco Acosta Moreno
Ingeniero del Proyecto

ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES

1.- TUBERÍAS DE ACERO AL CARBONO ELECTROSOLDADO DIN 2410-2458	1
2.- TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE UNE 36016 UNE 36257	3
3.- TUBERÍAS DE PVC RÍGIDO UNIONES ENCOLADAS	5
4.- TUBERÍAS DE PVC RÍGIDO UNIONES ROSCADAS	6
5.- TUBERÍAS DE POLIETILENO	7
6.- VÁLVULA DE RETENCIÓN PVC	8
7.- VÁLVULA DE BOLA PVC	9
8.- EQUIPOS DE ABSORCIÓN DE OLORES	11
8.1.- Columnas de lavado	11
8.2.- Bombas centrífugas	12
8.3.- Ventiladores centrífugos	13
8.4.- Tuberías, conductos, válvulas y accesorios	14
8.5.- Dosificación automática de reactivos	15

1.- TUBERÍAS DE ACERO AL CARBONO ELECTROSOLDADO DIN 2410-2458

1.1- Características

Soldadura Longitudinal

- Diámetro Nominal: Hasta 150 mm. DIN 2440.
- Tipo de Soldadura: Por resistencia eléctrica (doble cordón exterior e interior).
- Procedimiento de Soldadura: Arco sumergido.
- Material: Acero st 33 según DIN 17100.
- Fabricación: Según DIN 2440.
- Espesores Pared: Según DIN 2440.
- Dimensiones y Pesos: Según DIN 2440.
- Prueba en Fábrica: Según norma.

Soldadura Helicoidal

- Diámetro Nominal: Mayor de 150 mm. DIN 2458.
- Tipo de Soldadura: Por resistencia eléctrica (doble cordón exterior e interior).
- Procdmto. de Soldadura: Arco sumergido.

- Material: Acero st 37.2 según DIN 17100.

- Fabricación: Según DIN 2458.

- Espesores de Pared (mm.):
 - Hasta 250: 5
 - De DN mayor de 250 hasta 400: 5,6
 - De DN mayor de 400 hasta 500: 6,3
 - De DN mayor de 500 hasta 700: 7,1
 - De DN mayor de 700 hasta 800: 8

- Prueba de Fábrica: Según norma.

1.2. Acabado

- Según normas general

2.- TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE UNE 36016 UNE 36257

2.1.- Características

- | | |
|-----------------------------------|---|
| - Diámetro Nominal: | Todas las medidas. |
| - Tipo de Soldadura: | Por resistencia eléctrica (doble cordón exterior e interior). |
| - Forma de Soldadura: | Longitudinal. |
| - Procdmto. de Soldadura: | Arco sumergido. |
| - Material: | AISI 316 L. |
| - Fabricación y Dimensionamiento: | Según UNE 36016 y UNE 36257. |
| - Tolerancias: | Normalizadas según UNE 36016, UNE 36257. |
| - Formas de Suministro: | Largos de 6 m. con extremos lisos para soldar. |
| - Prueba de Fábrica: | Según norma. |

2.2.- Accesorios

- Superior a Diámetro 80m; Material AISI 316 L. Tipo unión: soldadura.

2.3.- Acabados

- Según normas generales.

3.- TUBERÍAS DE PVC RÍGIDO UNIONES ENCOLADAS

3.1.- Características

- | | |
|----------------------------------|--|
| - Diámetro Nominal: | Todas las medidas. |
| - Material: | Policloruro de Vinilo. |
| - Características Físicas: | Según normas UNE 53020, UNE 53118, UNE 53112, UNE 53039. |
| - Características Dimensionales: | Según Norma UNE 53112. |
| - Uniones: | Encoladas según los casos. |
| - Presiones de Trabajo: | 4, 6,10 ó 16 kg/cm ² (según los casos). |

4.- TUBERÍAS DE PVC RÍGIDO UNIONES ROSCADAS

4.1.- Características

- Diámetro Nominal: Hasta 2".
- Material: Policloruro de Vinilo C.
- Características Físicas: Según Normas UNE 53112.
- Características Dimensionales: Según Norma ISO 161/2.
- Uniones: Roscada.
- Presiones de Trabajo: 4, 6, 10 ó 16 kg/cm² (según los casos).

5.- TUBERÍAS DE POLIETILENO

5.1.- Características

- | | |
|---|---|
| - Diámetro Nominal: | Todas las medidas. |
| - Material: | Alta densidad (0,955): Semirrígida.
Baja densidad (0,932): Flexible. |
| - Características Físicas: | Según Normas UNE 53151. |
| - Características Dimensionales
y Ensayos: | Según Normas UNE 53133. |
| - Uniones: | Electrosoldadas y bridadas. |
| - Presiones de Trabajo: | 4, 6, 10 kg/cm ² (según los casos). |
| - Forma de suministro: | Bobinas de longitudes variables
depende del DN y PN. |

6.- VÁLVULA DE RETENCIÓN PVC

6.1.- Características

- Tipo: Retención por bola.
- Diámetro Nominal: Todas las medidas.
- Presión Nominal: PN 10.
- Posición de Trabajo: Vertical y horizontal.
- Conexiones: Roscadas.

6.2.- Materiales

- Cuerpo: PVC
- Bola: PVC

6.3.- Acabados

- Según standard del fabricante.

7.- VÁLVULA DE BOLA PVC

7.1.- Características

- Tipo: De bola.
- Diámetro Nominal: Hasta 2".
- Presión Nominal: 10 kg/cm² a 20°.
- Temperatura Máxima de Trabajo: 60° C a 4 kg/cm².
- Conexiones: Roscadas, encoladas o embridadas, según los casos.
- Accionamiento: Manual por llave.
- Desmontaje: Radial.
- Paso: Total.
- Homologación: N.S.F. Norma 14.

7.2.- Materiales

- Cuerpo: PVC
- Bola: PVC
- Asientos: PTFE autolubricantes

- Juntas Tóricas:

Acrilo-nitrilo.

7.3.- Acabados

- Según normas del fabricante.

8.- EQUIPOS DE ABSORCIÓN DE OLORES

8.1.- Columnas de Lavado

- 2 columnas de lavado, compactas verticales cuyas características generales son las siguientes:

Material barrera química:	Resina bisfenólica/fibra de vidrio
Material refuerzo mecánico:	Resina ortoftálica/fibra de vidrio
Diámetro:	1.600 mm.
Altura total:	5.200 mm.
Espesor de construcción:	5 mm.

Además la columna incluye:

- Anillos de relleno para intercambio de masa, de características:

Superficie específica:	95 m ² /m ³ .
Volumen libre:	74%.
Material:	Polipropileno.

- Separador de gotas para flujo vertical, tipo láminas, construido en polipropileno, con las siguientes características funcionales:

Velocidad de paso:	3,5 m./seg.
Eficacia:	99% gotas mayores 40 micras.
Pérdida de carga:	6 m.c.a.

- Boca DN-800, para entrada de aire.

- Boca DN-800, para salida de aire incluyendo anillo para soporte del separador de gotas.
- Boca DN-500, para carga-descarga de rellano.
- 3 Bocas DN-200, para entrada de las rampas de distribución de líquido.
- 3 Rampas provistas de pulverizadores para la distribución de líquido, en PVC.
- 12 Pulverizadores a cono lleno, tipo helicoidal (no obstruibles), con ángulo de dispersión de 90°, en polipropileno.
- 1 Indicador de nivel, tipo visual, con tubo de vidrio.
- 4 Anclajes metálicos.

8.2.- Bombas Centrífugas

- 2 bombas centrifugas, de montaje horizontal, de las siguientes características:

Material contacto fluido:	Polipropileno.
Caudal:	22 m ³ /h.
H.m.t.:	18 m. c.a.
Acoplamiento:	Directo.
Material Cierre Mecánico:	
	Rotor: CSi.
	Estátor: CSi.
	Juntas: Vitón.

Potencia instalada:	4 Kw.
Tensión motor:	220/380 Vca.
Protección motor:	OP-55.
r.p.m. del motor:	2.900
Material cuerpo:	Polipropileno.
Material rodete:	Polipropileno.

Provista de bancada y equilibrado estático y dinámico del rodete.

8.3.- Ventiladores centrífugos

- 1 ventilador centrífugo de las siguientes características:

Caudal:	10.000 m ³ /h.
Presión total:	180 mm.
Velocidad del rodete:	1.400 r.p.m.
Potencia instalada:	11 Kw.
Tensión del motor:	380/660 V.
Protección del motor:	IP-55.
r.p.m. del motor:	1.450
Nivel sonoro:	77 db
Transmisión:	Correas.
Material voluta:	Polipropileno
Material rodete:	Polipropileno.

Incluye:

- Bancada metálica, construida en perfiles laminados protegidos con pintura antiácida.

- Transmisión por correas y poleas trapezoidales.

- Sistema de estanqueidad por deflector.
- Tubuladura de purga.
- Equilibrio estático y dinámico del rodete.

8.4.- Tuberías, conductos, válvulas y accesorios

Conductos de aire

- Tuberías con codos y accesorios en polipropileno, DN-800, para conducción desde el plenum hasta los ventiladores.
- Tubería con codo y transformación redondo/cuadrado en PVC, DN-800 para unión del ventilador con la salida.
- 1 Unión elástica, con 1 abrazadera, para la aspiración del ventilador.
- 1 Válvula mariposa, en PVC, DN-500 para ajuste del caudal de aire al valor de diseño.
- Juntas en Hypalón y tornillería en acero cadmiado.

Aspiración de bombas

- Tubería en PVC, DN-80, con codos, bridas y accesorios.
- Válvula de bola, DN-80.
- Juntas en Hypalón y tornillos en acero cadmiado.

Impulsión de bombas

- Tubería en PVC, DN-65, con codos, bridas y accesorios.
- Válvula de bola y de retención, DN-65.
- Juntas en Hypalón y tornillos en acero cadmiado.

Drenaje-vaciado

- Tubería en PVC, DN-50, con doble codo para cierre hidráulico, con codos, bridas y accesorios.
- Válvula de bola, DN-50.

8.5.- Dosificación automática de reactivos

- 2 Bombas dosificadoras de NaOH y NaOCl:

Material partes en contacto fluido:	PVC/AISI-316
Caudal:	2 – 20 l/h.
Presión:	2 bar.
Potencia instalada:	0.09 Kw.
Tensión del motor:	380 V.

- 1 Controlador redox:

Marca:	Bailey-F & P o similar.
Pantalla de visualización:	Matriz gráfica LCD, con resolución 128x64 con LED de iluminación general;

caracteres gráficos
principales con 13 mm. de
altura y auxiliares de 3 mm.

Información visualizada:

Visualización principal:

Potencial redox (mV).

Visualización auxiliar:

Temperatura, salida del
controlador PID (%), fecha
prevista fin de vida del
sensor, fecha y hora, fecha
próxima calibración.

Compuesto por:

Transmisor:

TB 541-31222 B

Portaelectrodos:

TB-551-50104F20

Transmisor de montaje:

Manual.

Rango:

+/- 2000mV.

Señal de salida:

4 - 20 mA.

Calibración:

Automática con dos métodos
incorporados en memoria
mas arbitrario para el usuario

Alimentación:

220 V - 50 Hz. Monofásica.

Compensación automática de temperatura.

2 Contactos de alarma, salida por relé (de contacto sólido y C.A.).

Electrodo de platino.

Portaelectrodos de 1 metro

6 Metros de cable de conexión.

S/Especificación E67-25-1 y E67-21-3.

- 2 Controladores pH:

Marca:

LLI o similar.

Pantalla de visualización:

Visualización principal:	pH.
Visualización auxiliar:	Temperatura, salida del controlador PID (%), fecha prevista fin de vida del sensor, fecha y hora, fecha próxima calibración.
Señal de salida:	4 - 20 mA.
Calibración:	Automática con dos métodos incorporados en memoria mas arbitrario para el usuario
Alimentación:	220 V - 50 Hz. Monofásica.
Compensación automática de temperatura:	
Salida por relé:	3 Relés AC de estado sólido (todos SPST) U.L. clasificados a segundos continuos. Se ha de prever un mínimo de 24 – 80 NAC y 0,02 ARMS.
Modo de operación:	
Control:	Configurado para activar o desactivar dispositivos de seguridad, temporizador de alimentación en espera y fin de espera.
Alarma:	Configurado para activar o desactivar dispositivos de seguridad. Dos contactos de alarma y salida por relé.
Indicadores:	Relé A, B y C para indicar el estado de los reles.
Electrodos de platina.	

Portaelectrodos de 1 metro.
6 Metros de cable de conexión.

- Llenado automático de torres de lavado:

Controladores de nivel de llenado de agua de la red de las torres de lavado. Consiste en tres sondas de nivel y una electroválvula. Las sondas comandan dicha electroválvula de forma automática; debe mantener un nivel constante en el depósito de recirculación de ambas torres. Cuando se purgan, se llenaran con agua de forma automática.

Las sondas de nivel son hidrostáticas, la presión hidrostática de un líquido es proporcional a la altura de la columna de líquido. Esta presión actúa sobre la membrana de un transmisor de presión dando lugar a una magnitud eléctrica.

Electroválvula de 1".
Juego de sondas de nivel.

- Purga automática de las torres de lavado:

Vaciar parte del líquido contenido en el depósito de recirculación de las torres cada cierto tiempo para eliminar residuos líquidos de la misma.

El purgado se realiza mediante un desagüe en la parte inferior del depósito de las columnas. La purga está comandada por una electroválvula que, a su vez está gobernada por un temporizador. El temporizador purgará las torres cada determinado tiempo, si bien hay que programarlo.

Electroválvula 2".
Tubería de desagüe (DN 50).

Temporizador.

ESTUDIO DE SEGURIDAD
Y SALUD

DOCUMENTO Nº 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

I) MEMORIA

CAPÍTULO 1: OBJETO	1
CAPÍTULO 2: DISPOSICIONES GENERALES DE SEGURIDAD	2
CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA	5
3.1.- Descripción de la obra	5
ACTUACIONES	
3.2.- Unidades constructivas que componen la obra	7
CAPÍTULO 4: RIESGOS	8
4.1.- Riesgos Profesionales	8
CAPÍTULO 5: PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES	9
5.1.- Protecciones individuales	9
5.2.- Protecciones colectivas	10
5.3.- Formación	10
5.4.- Medicina preventiva y primeros auxilios	11
CAPÍTULO 6: PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	12
6.1.- Aparatos para combatir incendios	12
6.2.- Sistemas de alarma, simulacros de incendios, etc.	16

CAPÍTULO 7: RESGUARDOS DE MAQUINARIA	18
7.1.- Disposiciones generales	18
7.2.- Ventilador y sistema de conducción de gases	19
CAPÍTULO 8: EQUIPO ELÉCTRICO	21
8.1.- Disposiciones generales de instalación	21
8.2.- Protección de los elementos a tensión	22
8.3.- Equipos para combatir incendios y equipos de protección personal	23
CAPÍTULO 9: CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN	25
CAPÍTULO 10: EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	27
10.1.- Ropa de trabajo	27
10.2.- Protección de la cabeza	28
10.3.- Protección de la vista	29
10.4.- Protección de los oídos	31
10.5.- Vestidos protectores	32
10.6.- Cinturones de seguridad	32
10.7.- Protección para manos y brazos	33
10.8.- Protección para los pies y las piernas	34
10.9.- Protección del sistema respiratorio	34
CAPÍTULO 11: PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS	37

II) PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1: DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN	38
CAPÍTULO 2: CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN	40
2.1.- Protecciones personales	40
2.2.- Protecciones colectivas	41
CAPÍTULO 3: SERVICIOS DE PREVENCIÓN	43
3.1.- Servicio Técnico de Seguridad y Salud	43
3.2.- Servicio Médico	43
CAPÍTULO 4: RIESGOS, PRIMEROS AUXILIOS Y ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS	44
4.1.- Sulfuro de hidrógeno	44
4.2.- Hidróxido sódico	46
4.3.- Hipoclorito sódico	49
CAPÍTULO 5: COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD	52
CAPÍTULO 6: INSTALACIONES MÉDICAS	53
CAPÍTULO 7: PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	54

I) MEMORIA

CAPÍTULO 1: OBJETO

Este Estudio de Seguridad y Salud establece, durante la ejecución de las obras, las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.

CAPÍTULO 2: DISPOSICIONES GENERALES DE SEGURIDAD

Los deberes generales de los jefes de personal vendrán recogidos en los siguientes puntos:

- Todos los jefes de personal que sean legalmente responsables de la provisión y conservación de los lugares de trabajo, deberán asegurar que estos estén contruidos, equipados, instalados, explotados y dirigidos de tal manera que suministren una razonada y adecuada protección a sus trabajadores contra accidentes y daños a la salud.
- Tomarán las medidas para asegurar que los trabajadores reciban las instrucciones apropiadas referentes a los riesgos de sus ocupaciones respectivas y las precauciones necesarias para evitar accidentes y daños a la salud.
- Señalar a los trabajadores nuevamente empleados los riesgos a los cuales puedan estar expuestos.
- Con una semana de antelación al comienzo de los trabajos de un establecimiento industrial, el jefe de personal notificará a la autoridad competente el comienzo de las operaciones en dicho establecimiento. Dicha notificación contendrá una descripción del trabajo que se ha de realizar en el establecimiento industrial. La autoridad competente será debidamente notificada siempre que cambie la naturaleza del trabajo en el establecimiento industrial.
- En todos los locales de trabajo se colocarán avisos indicando los deberes de los jefes de personal y trabajadores con respecto a las condiciones de seguridad y salud, de manera que todos los trabajadores puedan tener conocimiento de ello.

- Se dispondrá de señales visuales y distintivas para indicar todos aquellos lugares donde pueda haber peligro.

Los deberes generales de los empleados vendrán recogidos en los siguientes puntos:

- Todo empleado deberá cooperar con el jefe de personal en el cumplimiento de las disposiciones generales de seguridad.
- Todo empleado pondrá inmediatamente remedio e informará seguidamente al jefe de personal o al capataz de cualquier defecto que descubriere en la fábrica o en los aparatos allí utilizados.
- Todo empleado hará uso apropiado de todos los resguardos, dispositivos de seguridad o demás aparatos proporcionados para su protección, o de otras personas y obedecerá todas las instrucciones sobre seguridad procedentes o aprobadas por la autoridad competente relacionadas con su trabajo.
- Ningún empleado intervendrá, cambiará, desplazará, dañará o destruirá los dispositivos de seguridad o demás aparatos proporcionados para su protección, o la de otras personas, ni tampoco contrariará los métodos o procedimientos adoptados con el fin de reducir al mínimo los riesgos inherentes a su ocupación, salvo cuando le sea ordenado por el jefe de personal o por su capataz responsable.

Los deberes generales de terceras personas vendrán recogidos en los siguientes puntos:

- Los contratistas, arquitectos o individuos que construyan o renueven edificios que vayan a usarse como lugares de trabajo cumplirán con las disposiciones generales de seguridad.

- Los constructores, fabricantes o vendedores cumplirán con las disposiciones generales de seguridad en lo referente a la protección de máquinas, aparatos y recipientes, así como también al empaquetamiento y al marcado de sustancias inflamables, explosivas o tóxicas.

CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS

3.1.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

En este apartado se recopila las formas que se proyectan para la desodorización de una EDAR. Tratando el problema del desprendimiento de gases procedentes del desbaste y de la línea de fangos con torres de absorción de olores.

Desprendimiento de gases

En la tabla siguiente se recoge sitios donde existe desprendimiento de gases olorosos, así como los parámetros de control que emplearemos en el seguimiento posterior de las medidas correctoras proyectadas.

SITUACIÓN	CONTROL
Desbaste + Línea de Fangos	- Sulfuro de hidrógeno H ₂ S - Presencia de olor desagradable fuerte.

Para solucionar los problemas en estas instalaciones, se proyecta hacer pasar los gases procedentes de ellas, a través de torres de lavado químico de neutralización de olores.

ACTUACIONES

- **Construcción de torres de lavado químico.**

Se proyecta la construcción de un equipo de 10.000 m³/h que de servicio a las zonas de una EDAR donde se produzca desprendimiento de malos olores, es decir, zona de desbaste, desarenador-desengrasador y línea de fangos.

Este tipo de sistema de desodorización, tiene la ventaja que según sea la composición de los olores, así se determina los reactivos para conseguir la estequiometría precisa para la neutralización. Además, con este tipo de instalaciones somos capaces de tratar los grupos de agentes habituales causantes del olor en las depuradoras, clasificados en:

- Derivados nitrogenados: Amoníaco, aminas, etc...
- Mercaptanos: Metil y Etil Mercaptanos, etc...
- Sulfuro de hidrógeno.
- Componentes ácidos: Acético, Butínico, etc...

Para cada uno de estos grupos, se instala un scrubber-lavador con un reactivo adecuado:

- Hipoclorito para el sulfuro de hidrógeno y los mercaptanos.
- Sosa diluida para el sulfuro de hidrógeno, componentes ácidos y el cloro residual.

El control de los anteriores reactivos se realiza por medio de señales procedentes de pHmetro y redoxímetros que mantienen siempre la solución de lavado en condiciones óptimas.

A continuación se resumen las condiciones de operación:

Procedencia de los gases:	Edificio pretratamiento + Edificio deshidratación + Digestor anaerobio + Espesador
Composición:	Aire + H ₂ S + CH ₃ SH + (CH ₃) ₂ S + (CH ₃) ₂ S ₂ + NH ₃ .

Concentración:	máximo 5 mg/Nm ³ de H ₂ S. máximo 3 mg/Nm ³ de (CH ₃ SH). máximo 1 mg/Nm ³ de (CH ₃) ₂ S + (CH ₃) ₂ S ₂ .
Temperatura:	Ambiente.
Líquido de lavado:	1ª etapa: ClONa al 5%. 2ª etapa: NaOH al 10%.
Eficacia de lavado:	99% de H ₂ S 98% de CH ₃ SH 98% de (CH ₃) ₂ S + (CH ₃) ₂ S ₂

3.2.- UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA

- Obra civil
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones electromecánicas.

CAPÍTULO 4: RIESGOS

4.1.- RIESGOS PROFESIONALES

- Desprendimientos.
- Electrocuciiones.
- Caídas de personas.
- Vuelco de vehículos.
- Atropellos.
- Polvo.
- Caídas de material.
- Caídas de altura.
- Caídas de nivel.
- Cortes y golpes.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Salpicaduras.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Interferencias con líneas de alta tensión.

CAPÍTULO 5: PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

5.1.- PROTECCIONES INDIVIDUALES

- Cascos: para todas las personas que participan en la obra, incluidos visitantes.
- Monos: se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según Convenio Colectivo Provincial.
- Prendas reflectantes.
- Botas de seguridad de lona.
- Botas de seguridad de cuero.
- Botas impermeables al agua y a la humedad.
- Botas dieléctricas.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma.
- Guantes de soldador.
- Guantes dieléctricos.
- Cinturón de seguridad de sujeción.
- Cinturón de seguridad de caída.
- Cinturón antivibratorio.
- Mascarillas antipolvo.
- Gafas contra impactos y antipolvo.
- Protectores auditivos.
- Pantalla de seguridad para soldador eléctrico.
- Polainas de soldador.
- Manguitos de cuero.
- Mandiles de cuero.
- Trajes de agua.
- Gafas soldadura autógena.

5.2.- PROTECCIONES COLECTIVAS (máximas a confirmar en obra)

En soldaduras.

- Válvulas antirretroceso.

En riesgos eléctricos.

- Interruptor diferencial.
- Tomas de tierra.
- Transformadores de seguridad.
Pórticos limitadores de gálibo para líneas eléctricas.

En incendios.

- Extintores portátiles.

5.3.- FORMACIÓN

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear para evitarlos.

Estas charlas deberán repetirse periódicamente a todo el personal.

A un número lo más amplio posible, del personal más cualificado, se le impartirán un cursillo de socorrismo y primeros auxilios, que será reciclado anualmente.

5.4.- MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

A todo el personal de obra se le habrá hecho el oportuno reconocimiento médico a su ingreso.

Se harán periódicamente inspecciones sanitarias en las dependencias higiénicas de la obra (aseos, vestuarios, comedores, etc.) tomando las medidas oportunas para que su mantenimiento higiénico sea permanente.

Se vigilará la potabilidad del agua de consumo, instalándose aparatos para su cloración en caso necesario.

En caso de que el botiquín existente en la depuradora sea insuficiente, se prevé dotar la obra con un botiquín destinados a primeros auxilios.

CAPÍTULO 6: PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

6.1.- APARATOS PARA COMBATIR INCENDIOS

Todos los establecimientos industriales estarán provistos de suficientes equipos contra incendios y las personas adiestradas a usar correctamente el equipo estarán presentes durante todos los períodos normales de trabajo.

Se tendrán en cuenta las siguientes reglas relacionadas con los aparatos para combatir los incendios:

- Un abastecimiento de agua adecuado, a presión suficiente, se mantendrá en todo momento para extinguir el incendio de materiales combustibles ordinarios.
- Cuando no sea posible la conexión con el sistema público de distribución de agua, se establecerá el suministro de la misma por medio de tanques elevados, o por medio de bombas, de un depósito de agua o de una corriente.
- Las bombas para incendios estarán situadas o protegidas de tal modo que no se interrumpa su funcionamiento cuando se produzca un incendio en el establecimiento.
- Los hidrantes para incendios deberán ser fácilmente asequibles y estarán situados o protegidos de tal manera que no estén expuesto a daños inferidos por vehículos.
- Durante la época de fríos, los hidrantes para incendios deberán ser convenientemente desaguados después de usados para prevenir que se congelen.

- Los hidrantes y las tuberías debieran ser desaguados a intervalos frecuentes para eliminar sedimentos.
- Todas las conexiones de mangueras para uso exterior y los hidrantes o los tubos de alimentación serán del tipo usado por el servicio público contra incendios que pueda ser llamado para asistencia.
- Las mangueras para protección exterior o de patios debieran ser por lo menos de 63 mm. (2 ½ pulgadas), con pitones de 25 a 32 mm. (1 a 1 ¼ pulgadas), teniendo en consideración la presión del agua.
- Las mangueras para ser usadas en el interior por los ocupantes del edificio deberán ser por lo menos de 38 mm. (1 ½ pulgadas), con pitones de 10 ó 13 mm. (3/8 ó ½ pulgada), teniendo en consideración la presión del agua, a menos que se emplee personal entrenado en combatir incendios.
- Las mangueras deberán desaguarse y secarse después de usarlas. Las mangueras forradas con caucho serán probadas por lo menos cada tres meses.
- No deberá usarse agua, excepto pulverizada, en los incendios de grandes cantidades de líquidos, grasas o pinturas inflamables, o en los incendios de polvos orgánicos inflamables.
- El agua no se empleará para extinguir incendios de polvos de aluminio o magnesio, o en presencia de carburo de calcio o de sustancias susceptibles de desprender gases inflamables o nocivos o en incendios que impliquen equipos eléctricos, excepto para corriente de baja tensión en la forma de pulverización fina.

- Se colocarán avisos a la entrada y en el interior de los locales en los cuales se encuentren las sustancias mencionadas en el punto anterior, así como también en la entrada del establecimiento industrial.
- La presencia de dichas sustancias será notificada a aquellas brigadas públicas y privadas de la localidad que puedan ser llamadas en el caso de incendio.
- Cuando se empleen sistemas de rociadores automáticos, las válvulas de control del agua se conservarán siempre abiertas, disponiéndose que tales válvulas puedan cerrarse bajo la orden de una persona responsable.
- Deberán disponerse de aparatos automáticos de señales eléctricas para avisar cuando la posición normal de cualquier válvula sea alterada.
- Se mantendrá un espacio libre de 60 cm. (24 pulgadas) por lo menos debajo y a cada lado de los sistemas automáticos de rociadores para asegurar la acción efectiva del rociado.
- Todos los establecimientos industriales, incluyendo aquellos que estén provistos de rociadores automáticos, estarán equipados con protección contra pequeños principios de incendio por medio de aparatos portátiles para combatir incendios, adecuados al tipo de incendio que pueda ocurrir, considerando la naturaleza de los procedimientos o del contenido del establecimiento o de sus dependencias.
- Todos los aparatos estarán conveniente y claramente colocados.
- Cuando exista la posibilidad de incendio en materiales combustibles o en otros que no sean los mencionados en los puntos siguientes, el equipo portátil deberá consistir en baldes de agua, cubos-tanque, tanques de bombeo llenos

de agua o de extintores de soda-ácido, anticongelador, espuma u otros sistemas equivalentes.

- Cuando puedan ocurrir incendios de líquidos, grasas o pinturas inflamables el equipo portátil no requerirá el uso de agua en su estado ordinario, sino que deberá consistir en extintores de espuma, tetracloruro de carbono, bióxido de carbono, de polvo seco u otros sistemas equivalentes.
- Cuando puedan ocurrir incendios que impliquen equipos eléctricos a tensión, el equipo portátil no deberá consistir en extintores de soda-ácido, de espuma o de agua (excepto pulverizada), sino que consistirá en extintores de dióxido de carbono, polvo seco, u otros sistemas equivalentes. No obstante, deberá tomarse en consideración, de manera general, la tensión de la corriente existente.
- Cuando puedan ocurrir incendios en polvos o virutas de magnesio o aluminio el empleo de líquidos, extintores del tipo de dióxido de carbono y espuma está prohibido y se tendrá disponible una amplia cantidad de arena fina seca, polvo de piedra u otro material inerte a fin de aislar dichos incendios construyendo diques o retener a su alrededor.
- Los aparatos portátiles contra fuegos serán inspeccionados por lo menos una vez por semana.
- Los extintores de soda-ácido y de espuma serán vaciados y recargados anualmente.
- Los extintores químicos serán recargados inmediatamente después que se usen.

- Se llamará la atención al personal encargado de la extinción de incendios del peligro que presenta el tetracloruro de carbono y cloruro de metilo en una atmósfera cerrada, así como también a las reacciones químicas que, en ciertos casos, se producen entre los líquidos extintores y los materiales empleados.

6.2.- SISTEMAS DE ALARMA, SIMULACROS DE INCENDIOS, ETC

Con respecto a los sistemas de alarma y la realización de simulacros de incendios se tendrán en cuenta las siguientes reglas:

- Todas las dependencias de alto riesgo y de riesgo moderado están equipadas con sistemas de alarma contra incendios, con una cantidad suficiente de señales claramente audibles a todas las personas que se encuentren en el edificio aunque la alarma suene en una parte del mismo.
- Se deberá disponer de un número suficiente de estaciones de avisos funcionadas a mano o de cajas de alarma para incendios en cada piso y serán colocadas de tal manera que no sea necesario recorrer más de 30 metros para alcanzar una estación.
- Las estaciones de alarma para incendios debieran estar colocadas visiblemente, con fácil acceso, y en el recorrido natural de escape de un incendio.
- Los aparatos de alarma resonantes serán distintos en calidad y en tono a todos los demás aparatos resonantes, y no se utilizarán para ningún otro fin, salvo para dar la alarma o para simulacros de incendio.
- Siempre que sea factible la instalación de las señales y alarmas deberán ser alimentadas por una fuente de energía independiente de aquella empleada para el alumbrado o accionamiento de las máquinas.

- Los ejercicios de salida se debieran hacer por lo menos una vez cada tres meses, para asegurar, en la eventualidad de un incendio, la salida ordenada de los edificios y para evitar el pánico.
- Los ejercicios deberán estar dirigidos por una organización de vigilancia capaz de planear y dirigir el ejercicio, compuesta de un jefe, de ayudante, de guardas y otras personas, de acuerdo con las necesidades del establecimiento.
- Se deberán proyectar los ejercicios de modo que simulen, en realidad, las condiciones de un incendio.
- Todas las personas empleadas en la empresa deberán participar en los ejercicios y deberán adiestrarse en el empleo de los extintores portátiles.
- Cuando se mantengan organizadas brigadas contra incendios, los ejercicios deberán efectuarse, por lo menos, una vez al mes, preferiblemente sin previo aviso.
- Dichos ejercicios deberán aproximarse, todo lo posible, a las condiciones reales de un incendio, incluyendo el uso del equipo.
- Si no se mantienen brigadas contra incendios, se deberá tener, por lo menos, algunos miembros del personal corriente adiestrados en el manejo apropiado del equipo contra incendios de la empresa y el uso apropiado de dicho equipo contra el tipo de incendios para el cual se intenta.
- Los empleadores deberán informar a los trabajadores nuevos de todas las instalaciones destinadas a combatir incendios, así como de todas las salidas y de uso en caso de incendio.

CAPÍTULO 7: RESGUARDOS DE MAQUINARIA

7.1.- DISPOSICIONES GENERALES

Las siguientes disposiciones generales a tener en cuenta con respecto a este aspecto serán:

- Se protegerán todas las partes móviles de los motores primarios, los equipos de transmisión y las partes peligrosas de las máquinas accionadas, a menos que estén construidas o colocadas de tal manera que eviten que una persona u objeto entre en contacto con ellas.
- Cuando un jefe ordene maquinaria, partes de maquinaria u otros equipos de trabajo, especificará en su orden que tales maquinarias, partes o equipos estarán provistos de todos los dispositivos de seguridad requeridos por los reglamentos de seguridad para cualquier parte peligrosa de los mismos; disponiéndose que, para los casos donde sea imposible anticipar el tipo de dispositivo requerido para operaciones especiales, pueda éste obtenerse de otras fuentes.
- Los fabricantes, los vendedores y los arrendatarios de maquinaria, de partes de maquinaria o de otros equipos de trabajo, serán responsables de que todos los artículos entregados, en venta o en arriendo, estén provistos de todos los dispositivos de protección requeridos por el punto anterior.
- Los jefes que instalen nueva maquinaria, partes de maquinaria u otros equipos de trabajo y las personas o firmas encargadas de su erección o instalación se ocuparán de que todas las maquinarias, las partes de maquinaria u otros equipos de trabajo instalados o erigidos por ellos estén colocados y protegidos de tal manera que respondan a las prescripciones de seguridad.

- Ninguna persona o personas quitará o anulará los resguardos, aparatos de seguridad o dispositivos de seguridad que protejan una maquinaria o una parte de la misma que sea peligrosa, excepto cuando la máquina esté parada con el fin de reparar o arreglar inmediatamente dichos resguardos, accesorios o dispositivos.
- Al término de las reparaciones o arreglos se colocarán inmediatamente de nuevo dichos resguardos, accesorios o dispositivos.
- El operario u otro empleado cualquiera del establecimiento dará cuenta inmediatamente de los defectos o deficiencias que descubra en una máquina, resguardo, aparato o dispositivo.
- Se detendrá la fuerza motriz y se cerrarán los controles o se colocará un aviso visible, prohibiendo su uso, hasta que se hayan hecho las reparaciones y arreglos necesarios y la máquina esté de nuevo en condiciones de trabajar.

7.2.- VENTILADOR Y SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE GASES

Las consideraciones a tener en cuenta para el ventilador serán las siguientes:

- El ventilador estará construido de material incombustible y concebido de adecuada pero no excesiva capacidad para efectuar propiamente las funciones requeridas.
- Estarán firmemente asegurados a soportes o cimentaciones sólidas y colocados y arreglados de tal manera que permitan un acceso fácil y seguro para las operaciones de limpieza, inspección, lubricación y reparación y provistos de control a distancia además de los otros controles colocados junto a los sistemas.

- El ventilador será de suficiente resistencia para evitar contacto con las cajas o distorsiones debidas al depósito de la carga o de otros factores de funcionamiento.
- El ventilador estará construido de tal manera que evite la distorsión y pérdida de alineamiento debido a las condiciones de funcionamiento.
- Las aberturas de toma del ventilador estarán protegidas con rejillas metálicas o parrillas sólidas.
- Las chumaceras del ventilador serán de tipo de lubricación automática a prueba de polvo y colocadas fuera de las cajas y conductos.

Las consideraciones a tener en cuenta para el sistema de conducción de gases serán las siguientes:

- Los conductos estarán contruidos razonablemente herméticos en su conjunto sin otras aberturas que aquellas requeridas para la propia operación y conservación de los sistemas.
- Los conductos estarán sólidamente soportados por medio de ménsulas o suspensores metálicos y completamente arriostrados donde se requiera y mantenidos libres y sin obstrucción en toda su longitud y sin pantallas interiores.
- Las aberturas de mano para la limpieza de los conductos en los transportadores neumáticos estarán equipadas con puertas corredizas o giratorias de ajuste hermético provistas de fuertes pestillos
- Se tomarán las precauciones necesarias para evitar la acumulación de electricidad estática.

CAPÍTULO 8: EQUIPO ELÉCTRICO

8.1.- DISPOSICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

Habrán de tenerse en cuenta las siguientes disposiciones referentes a los equipos eléctricos:

- Todos los equipos e instalaciones eléctricas serán de una construcción tal y estarán instalados y conservados de tal manera que prevengan a la vez el peligro de contacto con los elementos a tensión y el riesgo de incendio.
- El material para todos los equipos eléctricos se seleccionará con relación a la tensión de trabajo, la carga y todas las condiciones particulares de su utilización.
- Todo equipo debiera estar conforme con las normas establecidas por la autoridad competente y debiera estar claramente marcado.
- Solamente las personas calificadas por su experiencia, conocimientos técnicos y demás requisitos estipulados por la autoridad competente estarán autorizadas a instalar, regular, examinar o reparar equipos o circuitos eléctricos.
- Después de la instalación de un nuevo sistema eléctrico o después que se hayan efectuado alteraciones de importancia en un sistema ya existente, una persona competente, distinta de aquella o aquellas que han llevado a cabo el trabajo, hará una inspección antes de colocar en servicio dicho nuevo sistema o extensión.
- Los trabajadores que tengan que poner en funcionamiento instalaciones o maquinaria eléctrica o que tengan que trabajar en las inmediaciones de tales

instalaciones, serán provistos por los jefes de folletos que contengan las disposiciones principales de seguridad relativas a sus trabajos.

8.2.- PROTECCIÓN DE LOS ELEMENTOS A TENSIÓN

La protección de los elementos a tensión se recoge en los siguientes puntos:

- Cuando sea factible se dispondrá de cercos, cubiertas y otros resguardos de norma de maquinaria en todos los elementos conductores de corriente de los circuitos o equipos eléctricos que estén bajo una tensión de 50 voltios o más a tierra, en corriente alterna, incluyendo los elementos expuestos a través de ventanas o aberturas de paredes, a menos que dichos elementos estén aislados por su colocación de acuerdo con los requisitos establecidos en las disposiciones generales.
- Los cercos, las cubiertas y los demás resguardos de los equipos o conductores a tensión estarán contruidos de tal manera que eviten el peligro de conmoción eléctrica o de cortocircuito.
- Se dispondrá de acceso seguro a los conductores y equipos a fin de regularlos o repararlos.
- Los cercos, las cubiertas y resguardos para los elementos de los circuitos o equipos eléctricos a tensión que puedan en cualquier momento quitarse mientras los elementos estén a tensión, serán de material aislante o instalados de tal manera que ellos no puedan entrar en contacto con los elementos a tensión.
- Cuando los elementos metálicos a tensión que formen parte de los circuitos o equipos eléctricos a una tensión que exceda a 50 voltios a tierra, en corriente

alterna o continua, deban estar al descubierto (como en los grandes tableros de distribución) para fines de funcionamiento y control, se instalarán para los trabajadores puestos de trabajo de material aislante apropiados. Estos puestos de trabajo estarán situados de tal modo y serán de dimensiones tales que los trabajadores no puedan fácilmente tocar ningún elemento a tensión sin estar sobre dichos puestos.

8.3.- EQUIPOS PARA COMBATIR INCENDIOS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

En lo referente al combate contra los incendios tendremos lo siguiente:

- Los equipos portátiles utilizados para combatir incendios en los que se encuentren implicados equipos eléctricos a tensión consistirán en extintores de dióxido de carbono, de polvo seco o de cualquier otra sustancia no conductora e inofensiva que no implique riesgo alguno para el operario.
- Estos equipos estarán claramente marcados y convenientemente situados cerca de las instalaciones eléctricas y no serán instalados en lugares sujetos a temperaturas lo suficientemente altas o bajas para que puedan afectar a su eficiencia.
- En los incendios que impliquen equipos eléctricos a tensión estará prohibido el uso de cualquier extintor que se lleve a mano y emita un chorro continuo de agua u otro líquido conductor.
- Mientras los operarios estén trabajando en circuitos o equipos a tensión o en la proximidad de ellos deberán usar ropa apropiada, sin accesorios metálicos.

- Deberán evitar el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables tales como anillos, cadenillas de reloj o de llaveros y viseras o gafas protectoras de metal o de celuloide.

- Deberán estar provistos y usar equipo de protección apropiado y llevar las herramientas o equipos metálicos de tal manera que no se les caigan de las manos o de los bolsillos.

CAPÍTULO 9: CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Todos los edificios y demás estructuras que formen parte o que estén directamente relacionados con una fábrica o taller, todas las máquinas instalaciones eléctricas y mecánicas y demás instalaciones, y todas las herramientas y equipos, se conservarán siempre en condiciones buenas y seguras.
- Siempre que sea factible, y teniendo en consideración la importancia y naturaleza del establecimiento o fábrica y las condiciones prevalecientes en el mismo, una o más personas deberán ser designadas por la dirección de la empresa para dirigir y organizar todos los trabajos de reparación y conservación en la fábrica y un número suficiente de trabajadores especialmente adiestrados bajo las órdenes de capataces calificados, deberán ser seleccionados para llevar a cabo todos los trabajos de conservación y reparación en la planta, cuando sea factible a base de tiempo completo.
- Toda persona empleada en el establecimiento industrial que descubra defectos o condiciones peligrosas en edificios o parte de ellos, estructura, maquinaria, instalación herramienta, equipo o cualquier otro accesorio o instrumento que forme parte de la planta o que se usen en la misma, informará inmediatamente de dichos defectos o condiciones a su superior inmediato, o a la persona responsable del trabajo de conservación y reparación.
- Todos los defectos serán reparados convenientemente tan pronto como sea posible.

- En el caso en que los defectos puedan ocasionar peligros a la vida o a la salud de los empleados u otras personas alrededor de la fábrica o taller, se tomarán inmediatamente las medidas adecuadas para evitar accidentes.

- Cuando los resguardos de las máquinas u otros dispositivos protectores sean removidos, debido a trabajos de conservación o reparación, dichos resguardos y dispositivos serán quitados solamente cuando la máquina no esté en movimiento, bajo la orden directa de la persona encargada del trabajo de reparación; y la persona encargada del trabajo de reparación será responsable de que los resguardos y demás dispositivos de protección hayan sido propiamente reinstalados antes de permitir que la máquina, aparato o instalación en que la reparación se ha efectuado se ponga de nuevo en operación.

- Para los trabajos de reparación o conservación se dispondrá una iluminación adecuada y conveniente; cuando sea necesario, dicha iluminación será suministrada por equipos provisionales especialmente instalados.

CAPÍTULO 10: EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

10.1.- ROPA DE TRABAJO

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Cuando se seleccione ropa de trabajo se deberá tomar en consideración los riesgos a los cuales el usuario pueda estar expuesto y se deberán seleccionar aquellos tipos que reduzcan los riesgos al mínimo, asequible en cada caso.
- Las ropas de trabajo deberán ajustar bien; no deberán tener partes flexibles que cuelguen, o cordones sueltos, ni bolsillos, y si los hay deberán ser pocos y tan pequeños como sea factible.
- Las prendas de vestir sueltas, desgarradas o rotas, corbatas, y cadenas de llaveros o de relojes no se usarán próximos a los elementos con movimiento de las máquinas.
- Cuando las operaciones encierren un peligro de explosión o incendio, se prohibirá, durante las horas de trabajo, el uso de artículos tales como cuellos, guardavistas, viseras de cofia y armaduras de anteojos de celuloide u otros materiales inflamables.
- Las camisas con mangas cortas deberán usarse con preferencia a las camisas con mangas enrolladas.
- No se deberán llevar en bolsillos objetos afilados o con puntas, ni materiales explosivos o inflamables.

- Las personas expuestas a polvos inflamables, explosivos o tóxicos no usarán ropa que tenga bolsillos, bocamangas o partes vueltas hacia arriba que puedan recoger dichos polvos.
- El uso y condición del calzado será regulado cuando sea necesario. En aquellos casos en que el calzado ordinario no sea apropiado, los jefes proveerán calzado, botas, zapatos fuertes u otros medios convenientes de protección. En todo caso, los cordones de los zapatos deberán mantenerse ajustados.

10.2.- PROTECCIÓN DE LA CABEZA

Se tendrá en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Los trabajadores expuestos a objetos que caigan o salten y a golpes en la cabeza deberán usar cascos que ajusten bien.
- El peso total de un casco completo deberá ser menos de 0,4 kg.
- Los cascos serán fabricados de material incombustible o de combustión lenta, y deberán ser no conductores de la electricidad.
- Los cascos deberán tener un ala a todo su alrededor para proporcionar protección a la cabeza, cara y parte posterior del cuello.
- Para trabajo en espacios confinados, los cascos pueden no tener alas y deberán tener copas bajas.
- Para trabajo en humedad excesiva, los cascos serán de material impermeable.
- La cuna y la badana de los cascos serán separables y reemplazables.

- Antes de que un casco usado por una persona vaya a ser usado por otra, el cuerpo del casco se deberá esterilizar y la cuna y badana se deberán reemplazar o esterilizar.
- Cuando sea necesario, todas las personas con cabello largo empleadas alrededor de maquinaria cubrirán completamente sus cabellos con cofias que ajusten bien o con otros medios de protección equivalente.
- Las cofias serán de material que no sea fácilmente inflamable y que sea suficientemente durable para resistir lavado y desinfección regular por métodos comerciales.

10.3.- PROTECCIÓN DE LA VISTA

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Todos los trabajadores que ejecuten cualquier operación que pueda poner en peligro sus ojos dispondrán de protección apropiada para la vista.
- Los trabajadores cuya vista requiera el empleo de anteojos con lentes correctivas y necesiten usar gafas protectoras serán provistos de gafas de uno de los siguientes tipo:
 - a) Gafas cuyas lentes puedan ser superpuestas a los anteojos correctivos sin disturbar el ajuste de los mismos.
 - b) Gafas cuyas lentes protectoras suministren la corrección óptica correspondiente.
 - c) Gafas que incorporen las lentes correctivas montadas dentro de las lentes protectoras.

- Los cristales y el material plástico transparente para lentes y ventanas de los protectores serán de suficiente resistencia para el propósito a que se destinen y realmente libres de estrías, burbujas de aire, ondulaciones u otros defectos.
- Las superficies del frente y de la parte posterior de las lentes y ventanas no causarán distorsión lateral, excepto cuando las lentes proporcionen corrección óptica para vista defectuosa.
- Todas las lentes para gafas protectoras que se destinen solamente para protección mecánica serán, cuando sean nuevas, capaces de transmitir por lo menos 89% de la luz incidente visible.
- Las armaduras deberán ser ligeras y ajustables a la cara y deberán estar equipadas, cuando sea necesario, con viseras laterales que serán de metal, cuero y otro material de durabilidad adecuada.
- Las gafas protectoras para los trabajadores expuestos al viento y polvo tendrán portales conectados flexiblemente, modelados para conformar la configuración de la cara.
- Las gafas protectoras, los capuchones y las pantallas protectoras para los trabajadores ocupados en soldadura por arco, soldadura oxiacetilénica, trabajos en hornos o en cualquier otra operación donde sus ojos puedan estar expuestos a deslumbramiento deberán tener lentes o ventanas filtros conforme a las normas de absorción aceptadas por la autoridad competente.
- Las viseras de cara y pantallas para proteger la cara contra la luz, impactos ligeros o chispas, deberán tener una visera transparente no inflamable, libre de arañazos u otros defectos.

- Antes de que las gafas protectoras que han sido usadas por una persona sean entregadas a otra serán esterilizadas y cualquiera de las partes que no sean esterilizables, tales como bandas elásticas para la cabeza, deberán ser reemplazadas.
- Cuando las gafas protectoras y viseras de cara no se usen deberán conservarse en recipientes cerrados especiales, protegiéndolas contra daños mecánicos y contaminación por aceite, grasa u otras sustancias.
- Las gafas protectoras y viseras de cara se examinarán a intervalos regulares y todas las partes defectuosas deberán ser inmediatamente reemplazadas.

10.4.- PROTECCIÓN DE LOS OÍDOS

Se tendrá en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Los hombres que trabajan en lugares de ruido intenso y prolongado deberán usar tapones de oído.
- Los tapones de oído serán limpiados diariamente a menos que se descarten cada vez que se usen y no deberán ser transferidos de un usuario a otro sin esterilizarlos.
- Los resguardos para la protección de los oídos contra chispas, metal fundido, partículas u otros cuerpos extraños consistirán en una malla fuerte, ligera en peso en inoxidable, montada en copas para oído hechas de cuero y mantenidas en su lugar por medio de un resorte ajustable de acero alrededor de la cabeza, o en un dispositivo protector equivalente.

- Cuando los dispositivos para la protección de los oídos no se usen deberán conservarse en recipientes cerrados, protegiéndolos contra daños mecánicos y contaminación por aceite, grasa u otras sustancias.

10.5.-VESTIDOS PROTECTORES

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Los vestidos protectores y capuchones para los trabajadores expuestos a sustancias corrosivas u otras sustancias dañinas serán a prueba de líquido o gas de acuerdo con la naturaleza de la sustancia o sustancias empleadas y de construcción y material tal que sean aceptados por la autoridad competente.
- Los vestidos de amianto para protección en aquellos lugares donde pueda ocurrir fuego o explosión súbita durante operaciones de urgencia consistirán en una prenda de vestir completa, con su capuchón, guantes y botas adheridas.

10.6.- CINTURONES DE SEGURIDAD

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Los cinturones de seguridad y sus arneses serán confeccionados de cuero fuerte curtido al cromo, de lino o algodón tejido u otro material apropiado.
- Los cinturones de seguridad serán por lo menos de 12 cm. de ancho y 6 mm. de espesor y tendrán una resistencia a la rotura de por lo menos 1.154 kg.
- Las cuerdas salvavidas serán de cuerda de manila de buena calidad y deberán tener una resistencia a la rotura de por lo menos 1.150 kg.

- Todos los cinturones y sus herrajes serán examinados a intervalos frecuentes y aquellas partes defectuosas serán reemplazadas.
- Los cinturones de seguridad de cuero serán examinados a intervalos frecuentes para investigar cortes o arañazos en el lado de la piel del cuero.
- Todo remache de un cinturón se examinará separadamente para asegurarse de que mantiene su agarre propiamente.
- Todos los herrajes y fijaciones de u cinturón de seguridad serán capaces de soportar una carga por lo menos igual a la resistencia de la rotura especificada para el cinturón.
- Cuando se seleccionen guantes, se deberán tomar en consideración los riesgos a los cuales el usuario pueda estar expuesto y a la necesidad del movimiento libre de los dedos.

10.7.- PROTECCIÓN PARA MANOS Y BRAZOS

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Usaran guantes los trabajadores que operen taladros, prensas punzonadoras u otras máquinas en las cuales la mano pueda ser atrapada por el aparato en movimiento.
- Los guanteletes para trabajadores que manipulen sustancias corrosivas, tales como ácidos o cáusticos, serán confeccionados de caucho natural, caucho sintético o películas plásticas flexibles y su resistencia a la corrosión se ajustará a las normas aceptadas por la autoridad competente.

- Los guanteletes para proteger a los trabajadores contra la acción de sustancias tóxicas, irritantes o infecciosas cubrirán tanto como sea posible el antebrazo, cerrarán bien ajustados en el extremo superior y no tendrán ni la más ligera quebradura, reemplazándose cuando se desgaren durante el trabajo.

10.8.- PROTECCIÓN PARA LOS PIES Y LAS PIERNAS

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Las polainas de seguridad serán diseñadas de tal manera que puedan ser quitadas instantáneamente en caso de emergencia.
- Deberán usar polainas de seguridad apropiadas aquellos trabajadores cuya ocupación requiera subir a mástiles, postes o árboles.
- Se usarán protectores de pie, botas o zapatos de seguridad en aquellas ocupaciones donde se manipule material pesado.
- Las botas de seguridad tendrán punteras de acero o de otro metal conforme a las normas de resistencia aceptadas por la autoridad competente.
- El calzado para los trabajadores ocupados en trabajos eléctricos no deberá tener ajustes de metal y tendrá suelas y tacones clavados con clavijas de madera o cosidos.

10.9.- PROTECCIÓN DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones generales:

- Todos los equipos protectores del sistema respiratorio serán de un tipo apropiado para las condiciones en las cuales tienen que usarse, y también del tipo aceptado por la autoridad competente para usarse en dichas condiciones.
- Al seleccionar equipos protectores del sistema respiratorio se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones:
 - a) El procedimiento y condiciones que originan la exposición.
 - b) Las propiedades químicas, físicas, tóxicas u otras propiedades peligrosas de la sustancia de la cual se requiere protección.
 - c) La naturaleza de los deberes que ejecuta la persona que va a usar el equipo e impedimento o restricción de movimiento en la zona de trabajo y las facilidades para la conservación, mantenimiento y vigilancia del uso.
- Los equipos protectores del sistema respiratorio serán capaces de ajustar en los diversos contornos faciales sin filtración.
- Los respiradores de aire inyectado o las máscaras a manguera deberán emplearse para trabajos en atmósferas peligrosas en los casos en que el trabajo es de tal naturaleza y se lleva a cabo en lugares donde abastecimiento de aire fresco pueda mantenerse seguramente. Se emplearán para operaciones que no sean de urgencia en atmósferas en las cuales el contenido de gas o emanaciones peligrosas sea demasiado elevado para el uso seguro de respiradores de cartucho o depósito.

Los aparatos de respiración del tipo aprobado por la autoridad competente mas usados por los trabajadores:

- a) Empleados en combatir incendios, salvamento o trabajos de reparación en atmósfera que contenga altas concentraciones de gases o que tenga deficiencia de oxígeno.

- b) Cuyos órganos respiratorios deban ser protegidos y que estén situados a más de 45 metros de la fuente más cercana de aire suficientemente puro, disponiéndose, sin embargo, que en tales casos el uso de respirador de filtro no sea permitido.
- Los aparatos de respiración de oxígeno serán usados solamente por personas especialmente adiestradas.
 - A intervalos que no excedan de un mes, los aparatos de respiración serán cuidadosamente examinados por una persona competente y autorizada con respecto a su condición general y con particular atención a aquellas partes delicadas y perecederas y ensayados para investigar filtraciones.
 - Los trabajadores informarán inmediatamente al capataz competente de cualquier aparato de respiración asignado a ellos que se encuentre roto o de manera defectuosa.
 - Los aparatos de respiración estarán bajo la directa vigilancia de una persona competente y autorizada, responsable de su propio mantenimiento y almacenados en un lugar limpio, fresco y seco que esté convenientemente situado y sea fácilmente accesible.

CAPÍTULO 11: PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS

A fin de evitar posibles accidentes a terceros, se colocarán las oportunas señales de advertencia en la zona de la EDAR en la que transcurren los trabajos.

En las zonas en que puedan transitar personas y que sean afectadas por los trabajos, se colocarán vallas metálicas, balizamiento de señalización, etc.

Si algún camino o zona pudiera ser afectado por proyecciones de piedras, se establecerá el oportuno servicio de interrupción del tránsito, así como las señales de aviso y advertencias que sean precisas.

II) PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1: DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Estatuto de los Trabajadores.
- Ordenanza General de Seguridad y Salud en el Trabajo (O.M. 9-3-71) (B.O.E. 16-3-71)
- Plan Nacional de Salud y Seguridad en el Trabajo (O.M. 9-3-71) (B.O.E. 11-3-71).
- Comités de Seguridad y Salud en el Trabajo (Decreto 11-3-71) (B.O.E. 16-3-71).
- Reglamento de Seguridad y Salud en la Industria de la Construcción (O.M. 20-5-52) (B.O.E. 15-6-52).
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21-11-59) (B.O.E. 27-11-59).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-8-70) (B.O.E. 517/8/9-9-70).
- Homologación de medios de protección personal de los trabajadores (O.M. 17-5-74) (B.O.E. 29-5-74).
- Reglamento Estaciones Transformadoras (O.M. 11-3-71) (B.O.E. 26-3-71).

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20-9-73) (B.O.E. 9-10-73).
- Reglamento de líneas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-11-68) (B.O.E. 27-12-68).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Código de circulación
- Reglamento de Seguridad en las Máquinas (R.D. 149511986) (B.O.E. 21-786).
- Norma sobre señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo (R.D. 140311986 B.O.E. 8-7-86).
- Obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo en los proyectos de Edificación y obras públicas (R.D. 55511986, 21-2.86) (B.O.E. 21-3-86).
- Orden por la que se establece el modelo de libro de incidencia correspondiente a las obras en las que sea obligatorio un estudio de Seguridad y Salud en el trabajo (O.M. 20-9-86) (B.O.E. 13-10-86).

Y demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad, Salud y Medicina del Trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.

CAPÍTULO 2: CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente) será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

2.1.- PROTECCIONES PERSONALES

Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas de Homologación del Ministerio de Trabajo (O.M. 17-5-74) (B.O.E. 29-5-74), siempre que exista en el mercado.

En los casos en que no exista Norma de Homologación oficial, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

2.2.- PROTECCIONES COLECTIVAS

Los elementos de protección colectiva se ajustarán a las características fundamentales siguientes:

- Vallas de limitación y protección.

Tendrán como mínimo 90 cm. de altura, estando construidas a base de tubo metálico.

Dispondrán de patas para mantener su verticalidad.

Estarán pintadas en color amarillo.

- Topes de desplazamiento de vehículos.

Se podrán realizar con un par de tablonces embridados, fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma que garantice su eficacia.

- Barandillas.

Dispondrán de listón a una altura de 90 cm., de suficiente resistencia para garantizar la retención de personas y llevarán un listón horizontal intermedio, así como el correspondiente rodapié.

- Redes.

Serán de poliamida y sus dimensiones principales serán tales que cumplan, con garantía, la función protectora para la que están previstas.

- Cables de sujeción de cinturón de seguridad, sus anclajes, soportes y anclajes de redes.

Tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos de acuerdo con función protectora.

- Interruptores diferenciales y tomas de tierra.

La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales será de 300 mA. La resistencia de las tomas de tierra no será superior a la que garantice, de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial, una tensión máxima de 24 V. en locales húmedos y 50 V. en locales secos.

Se medirá su resistencia periódicamente y, al menos, en la época más seca del año.

- Extintores.

Serán adecuados en agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible, y se revisarán cada 6 meses como máximo.

- Riegos.

Las pistas para vehículos se regarán convenientemente para que no se produzca levantamiento de polvo por el tránsito de los mismos.

CAPÍTULO 3: SERVICIOS DE PREVENCIÓN

3.1.- SERVICIO TÉCNICO DE SEGURIDAD Y SALUD

La obra deberá contar con un técnico de Seguridad, en régimen alternativo, cuya misión será la prevención de riesgos que puedan presentarse durante la ejecución de los trabajos y asesorar al Jefe de Obra sobre las medidas de seguridad a adoptar. Asimismo investigará las causas de los accidentes ocurridos para modificar los condicionantes que los produjeron para evitar su repetición.

3.2.- SERVICIO MÉDICO

La empresa constructora contará con Servicio Médico de Empresa propio o mancomunado.

CAPÍTULO 4: RIESGOS, PRIMEROS AUXILIOS Y ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

4.1.- SULFURO DE HIDRÓGENO

El sulfuro de hidrógeno es un gas, y por tanto el aparato respiratorio es el principal afectado por la acción del mismo, siendo los primeros síntomas irritación de la nariz, garganta y ojos.

Este compuesto se empieza a detectar por el olfato humano a concentraciones mucho más bajas que las que pueden tener efectos nocivos para la salud.

Exposiciones a corto plazo de concentraciones altas pueden provocar dolor de cabeza, mareos y vómitos.

Propiedades físico-químicas del sulfuro de hidrógeno

Peso molecular	34.08 g/mol
Temperatura ignición	260° C
Presión de vapor	15.600 mm Hg. a 25° C
Solubilidad en agua	0.1-1 g/100 ml
Apariencia	Gas incoloro
Punto de fusión	187 K (-86° C)

Riesgos

La sustancia es normalmente estable aún a bajas exposiciones al fuego; no reacciona con agua.

El daño a la salud es alto y puede ser permanente o temporáneo.

Los gases son muy inflamables, los líquidos ardientes muy volátiles, los materiales en forma de cenizas o gases pueden formar mezclas explosivas con el aire.

- Ingestión: puede causar náuseas y vómitos.
- Inhalación: peligroso, puede ser fatal.
- Piel: puede causar picazón y dolor.
- Ojos: puede causar quemaduras.
- Otros efectos: puede afectar al sistema nervioso.

Primeros auxilios

- Ojos: si el producto químico penetra en los ojos, inmediatamente lavar los ojos con abundante agua; ocasionalmente levantar el párpado superior y el inferior. Recibir asistencia médica inmediatamente. Las lentes de contacto no deberán ser usadas cuando se trabaja con este producto químico.
- Piel: si este producto químico tiene contacto con la piel, inmediatamente enjuagarse la piel contaminada con agua. Si este producto químico penetra a través de la ropa, sacarla inmediatamente y enjuagar la piel con agua. Recibir atención médica pronto.
- Inhalación: si una persona aspira en grandes cantidades este producto químico, llevar a la persona expuesta a un lugar con aire limpio de forma inmediata. Si la respiración se ha parado, practicar

respiración artificial. Mantener a la persona afectada caliente y en reposo. Recibir atención medica tan rápido como sea posible.

4.2.- HIDRÓXIDO SÓDICO

El hidróxido sódico es también conocido como sosa cáustica o soda cáustica.

Reacciona químicamente con una amplia variedad de químicos orgánicos e inorgánicos. En todas sus formas la sosa cáustica es altamente corrosiva y tiene un alto riesgo de producir quemados químicos, daños permanentes o cicatrices, y ceguera, debido a su alta reactividad.

El contacto con los ojos de solo unos pocos segundos puede causar daño permanente, incluso la ceguera. Incluso un contacto de corta duración con la piel puede causar intensa irritación o quemaduras de tipo químico.

El producto absorbe agua y dióxido de carbono del aire.

Puede reaccionar violentamente con agua, ácidos y compuestos orgánicos. Puede generar hidrógeno cuando entra en contacto con metales como estaño, aluminio, zinc y bronce. El hidrógeno es inflamable y explosivo.

El hidróxido sódico es incompatible con sustancias como el agua y los ácidos.

Propiedades físico-químicas del NaOH

Apariencia	Incoloro
Peso molecular	40 g/mol
Punto de fusión	596 K (323° C)
Punto de ebullición	1.663 K (190 ° C)
Densidad	$2.1 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$

Riesgos

- Ingestión: puede causar daños graves y permanentes al sistema gastrointestinal. Es un producto clasificado como corrosivo.
- Inhalación: polvos y vaporizaciones del producto pueden causar irritaciones severas en la parte superior del aparato respiratorio.
- Piel: peligroso. Breves exposiciones pueden causar severas quemaduras en la piel. Es un producto clasificado como corrosivo,
- Ojos: peligroso. Puede causar irritación severa con daño a la córnea y resultar en un deterioro permanente de la visión, causando hasta la ceguera.

Almacenamiento

Se debe evitar el contacto con los ojos o la piel. No respirar sus polvos.

Evitar almacenar el producto cerca de ácidos fuertes. La soda cáustica debe almacenarse en áreas secas y limpias. No almacenar en tanques subterráneos.

Se debe mantener los recipientes cerrados y sellados.

Primeros auxilios

En caso de contacto con soda cáustica enjuáguese con agua solamente. No intentar neutralizar la soda cáustica con productos químicos. Continuar enjuagándose con agua durante media hora y seguir las instrucciones del médico. No ir al hospital o a un centro médico puesto que éstos no podrán suministrar otro

tratamiento distinto al enjuague con agua y la pérdida de tiempo durante el transporte de la víctima puede causar un daño irreparable.

- Ojos: enjuáguese inmediatamente con agua a baja presión en la fuente lavaojos. Una vez que se haya enjuagado las manos completamente, mantener los párpados abiertos y continuar lavándose durante media hora.
- Cuerpo: lavar inmediatamente con agua en la ducha de seguridad. Lavar la zona afectada con agua durante media hora. Quitar la ropa mientras se ducha. Si los ojos no han estado expuestos, no quitar los anteojos de seguridad hasta que se haya enjuagado completamente la cabeza y el cabello, puesto que la soda cáustica podría entrar a los ojos. Enjuagar la cabeza completamente, quitar los anteojos y seguir lavándose.
- Ingestión: no inducir el vómito. Suministrar inmediatamente grandes cantidades de leche (de preferencia) o agua y llamar al médico.
- Manos: enjuagar con agua hasta que la sensación resbaladiza desaparezca.
- Ropas: lavar la ropa contaminada para eliminar la soda cáustica, antes de volver a ponérsela. Los zapatos contaminados y los artículos de cuero deben ser desechados.

Medidas a tomar en caso de emisiones accidentales

Evacuar y ventilar el área del derrame. Utilizar equipo de protección personal completo durante la limpieza.

Solamente el personal entrenado y protegido adecuadamente puede involucrarse en las operaciones de limpieza del derrame.

4.3.- HIPOCLORITO SÓDICO

La sustancia se descompone al calentarla intensamente, en contacto con ácidos y bajo la influencia de la luz, produciendo gases tóxicos y corrosivos, incluyendo cloro.

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.

Propiedades físico-químicas del NaClO

Aspecto y color	Solución clara, entre amarillo y verde
Olor	Característico
Densidad relativa (agua = 1)	1.21
Solubilidad en agua	29.3 g/100 ml a 0° C
Peso molecular	74.4 g/mol

Riesgos

- Ojos: enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas y graves.

- Piel: corrosivo. Enrojecimiento, dolor, ampollas. Sensibilidad en la piel.

- Ingestión: corrosivo. Calambres abdominales, sensación de quemazón, vómitos, debilidad, pérdida de conocimiento.

- Inhalación: corrosivo. Sensación de quemazón, tos, jadeo. Edema pulmonar.

Riesgo de incendio y explosión

No es combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio y 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.

En caso de incendio mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

En caso de incendio están permitidos todos los agentes extintores.

El equipo de protección personal está compuesto por un traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración.

Primeros auxilios

En todos los casos luego de aplicar los primeros auxilios, derivar al médico.

- Piel: aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
- Ojos: enjuague con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.

- Inhalación: aire limpio, reposo, posición de semicoroporado y proporcionar asistencia medica.
- Ingestión: enjuagar la boca. No provocar el vómito y proporcionar asistencia medica.

Almacenamiento

Evitar el contacto. No poner en contacto con sustancias combustibles. No comer, beber, ni fumar durante el trabajo.

Almacenar separado de ácidos, alimentos, piensos y sustancias incompatibles. Mantener en lugar fresco, oscuro y bien cerrado.

CAPÍTULO 5: COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD

Por no tener en la obra más de 50 trabajadores, no es obligado constituir un Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo.

CAPÍTULO 6: INSTALACIONES MÉDICAS

Se dispondrá de unos botiquines de tajo, equipados con el material sanitario para atender cualquier accidente, además de todos los elementos precisos para que el técnico sanitario desarrolle su labor diaria de asistencia a los trabajadores y demás funciones necesarias para el control de la sanidad en la obra.

CAPÍTULO 7: PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

El contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad y Salud adaptando este Estudio a sus medios y métodos de ejecución.

Dicho Plan deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa de la obra quien controlará su aplicación práctica.

PRESUPUESTO

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	-------------	--------	----------	---------

CAPITULO 1 INSTALACIÓN DESODORIZACIÓN

C039001

Ud EQUIPO DESODORIZACIÓN

equipo de desodorización 10000 m³/h. equipo completo de desodorización de gases por vía química, con una capacidad de tratar 10000 m³/h de aire a temperatura ambiente. según especificación técnica eq-08/D1/D1/99. incluido parte proporcional de tuberías, accesorios y válvulas, transporte, montaje, bombas de recirculación interna, ventilador, conducto de aire de conexión entre scrubbers y ventilador. totalmente instalado y funcionando.

formado por:

scrubbers de 1600 mm. de diámetro y 5200 mm. de altura, según especificación técnica.

bomba centrífuga horizontal de las siguientes características:

materia en contacto con el fluido: pp

caudal: 22 m³/h

altura manométrica total: 18 m.c.a.

resto de características técnicas según especificaciones técnicas.

ventilador centrífugo:

caudal: 10000 m³/h

presión total: 180 mm

material voluta: pp

material rodete: pp

resto de características técnicas según especificaciones técnicas.

tuberías, accesorios y válvulas de:

interconexión ventilador y columnas

recirculación de líquido en columnas.

U033011	2,000 Ud.	scrubbers	6.000,00	12.000,00
U033002	2,000 Ud.	bomba centrífuga horizontal	752,20	1.504,40
ET0671	2,000 Ud.	separador de gotas	1.678,73	3.357,46
U033003	1,000 Ud.	tuberías, accesorios y válvulas	1.538,00	1.538,00
U033004	1,000 Ud.	transporte	1.500,00	1.500,00
U033006	1,000 Ud.	montaje mecánico	4.110,00	4.110,00
U033005	1,000 Ud.	puesta en marcha	1.080,00	1.080,00
U033007	2,820 Ud.	material auxiliar para el montaje de los equipos	240,00	676,80
U032002	5,530 Ud.	material complementario o piezas especiales	0,50	2,77
U000165	0,060	6% de costes indirectos	25.332,63	1.519,95

TOTAL PARTIDA..... 27.289,39

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISIETE MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS

D0GD20013

Ud CUADRO ELÉCTRICO

cuadro eléctrico para mando y maniobra de la desodorización, con selector manual automático y con señalización luminosa marcha paro. debidamente montado, conexionado y probado.

sin descomposición

TOTAL PARTIDA..... 451,38

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS

D034001

PA CONEXIÓN DE EQUIPOS DE DESODORIZACIÓN A CUADRO ELECTRICO

sin descomposición

TOTAL PARTIDA..... 231,90

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y UN EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D039002	Ud	BOMBA DOSIFICADORA SOSA bomba de dosificación para sosa, capacidad 2-20 l/h, presión 2 bar, potencia del motor asociado 0,09 kw. marca: tecnum o similar. tipo: pistón. regulación: manual o señal 4/20 ma. caudal: 2-20 l/h. motor: 0,25 kw / 1500 r.p.m. variador de frecuencia: 0,25 kw. según especificación em-09-398.			
U034153	1,000 Ud	bomba sosa	1.500,00	1.500,00	
U032007	0,570 Ud	transporte a obra	300,00	171,00	
U032002	3,600 Ud	material complementario o piezas especiales	0,50	1,80	
U003244	0,100	10% m/o indirecta	1.672,80	167,28	
U002134	0,060	6% costes indirectos	1.840,08	110,40	
TOTAL PARTIDA.....					1.950,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL NOVECIENTOS CINCUENTA EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D039003	Ud	BOMBA DOSIFICADORA HIPOCLORITO SÓDICO bomba de dosificación para hipoclorito sódico, capacidad 2-20 l/h, presión 2 bar, potencia del motor asociado 0,09 kw. marca: tecnum o similar. tipo: pistón. regulación: manual o señal 4/20 ma. caudal: 2-20 l/h. motor: 0,25 kw / 1500 r.p.m. variador de frecuencia: 0,25 kw. según especificación em-09-398.			
U034054	1,000 Ud	bomba hipoclorito sódico	1.500,00	1.500,00	
U032007	0,570 Ud	transporte a obra	300,00	171,00	
U032002	3,600 Ud	material complementario o piezas especiales	0,50	1,80	
U003244	0,100	10% m/o indirecta	1.672,80	167,28	
U002134	0,060	6% costes indirectos	1.840,08	110,40	
TOTAL PARTIDA.....					1.950,48

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL NOVECIENTOS CINCUENTA EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

D040001	Ud	COLECTOR AGUA colector de alimentación de agua de servicio al sistema de desodorización, con tubería de pvc dn 65 pn 16, uniones encoladas. incluye parte proporcional de válvulas manuales y automáticas. totalmente instalado y en funcionamiento.			
U033008	1,000 Ud	colector agua	72,00	72,00	
U001001	1,500 H	oficial de 1"	11,94	17,91	
U001004	2,500 H	peón especial	10,77	26,93	
U032009	3,080 Ud	herramientas de montaje de obra	0,45	1,39	
U090444	0,100	parte proporcional de pequeño material, válvulas, codos y t	118,23	11,82	
U002342	0,050	5% de pérdidas	130,05	6,50	
U004443	0,060	6% costes indirectos	136,55	8,19	
TOTAL PARTIDA.....					144,74

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D040003	Ud	COLECTOR SOSA colector de alimentación de sosa al sistema de desodorización con salida en el edificio de reactivos hasta los equipos de desodorización, en tubería de pvc dn 1 1/2" pn 16, uniones encoladas. incluye parte proporcional de válvulas manuales y automáticas. totalmente instalado y en funcionamiento.			
U033010	1,000 Ud	colector sosa	165,00	165,00	
U001001	1,500 H	oficial de 1ª	11,94	17,91	
U001004	2,500 H	peón especial	10,77	26,93	
U032009	3,560 Ud	herramientas de montaje de obra	0,45	1,60	
U004349	0,100	parte proporcional de pequeño material, válvulas, codos y t	211,44	21,14	
U003344	0,050	5% pérdidas	232,58	11,63	
U003434	0,060	6% costes indirectos	244,21	14,65	
TOTAL PARTIDA					258,86

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS

D040004	Ud	COLECTOR HIPOCLORITO SÓDICO colector de alimentación de hipoclorito al sistema de desodorización con salida en el edificio de reactivos hasta los equipos de desodorización, con tubería de pvc dn 1 1/2" pn 16, uniones encoladas. incluye parte proporcional de válvulas manuales y automáticas. totalmente instalado y en funcionamiento.			
U033012	1,000 Ud	colector hipoclorito sódico	150,00	150,00	
U001001	1,500 H	oficial de 1ª	11,94	17,91	
U001004	2,500 H	peón especial	10,77	26,93	
U032009	3,230 Ud	herramientas de montaje de obra	0,45	1,45	
U034394	0,100	parte proporcional de pequeño material, válvulas, codos y t	196,29	19,63	
U004324	0,050	5% de pérdidas	215,92	10,80	
U039403	0,060	6% costes indirectos	226,72	13,60	
TOTAL PARTIDA					240,32

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA EUROS con TREINTA Y DOS CÉNTIMOS

D040007	Ud	COLECTOR ENTRADA PLENUM DIGESTIÓN ANAEROBIA colector de entrada al plenum de prfv desde digestión anaerobia. en pp de dn 200 mm. pn 2,5. incluye 1 codo a 90°, una válvula de mariposa de dn 200 y parte proporcional de piezas de anclaje. totalmente instalada, conectada y probada.			
U033014	1,000 Ud	colector entrada plenum	330,00	330,00	
D003001	1,000 H	cuadrilla con un mecánico o electricista y ayudante especialista	22,71	22,71	
U001001	1,500 H	oficial de 1ª	11,94	17,91	
U001004	2,500 H	peón especial	10,77	26,93	
U032009	18,370 Ud	herramientas de montaje de obra	0,45	8,27	
U034934	0,100	parte proporcional de pequeño material, válvulas, codos y t	405,82	40,58	
U034324	0,050	5% de pérdidas	446,40	22,32	
U044442	0,060	6% de costes indirectos	468,72	28,12	
TOTAL PARTIDA					496,84

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
D040011	Ud	COLECTOR ENTRADA PLENUM DESHIDRATACIÓN colector de entrada al plenum de prfv desde deshidratación. en pp de dn 500 mm. pn 2,5. incluye 2 codos a 90°, una válvula de mariposa de dn 500 y parte proporcional de piezas de anclaje. totalmente instalada, montada y probada.			
U033018	1,000 Ud	colector entrada plenum	1.257,98	1.257,98	
U001001	1,500 H	oficial de 1ª	11,94	17,91	
D003001	1,000 H	cuadrilla con un mecánico o electricista y ayudante especialista	22,71	22,71	
U001004	2,500 H	peón especial	10,77	26,93	
U032009	18,370 Ud	herramientas de montaje de obra	0,45	8,27	
U054355	0,100	parte proporcional de pequeño material, válvulas, codos y t	1.333,80	133,38	
U043344	0,050	5% de pérdidas	1.467,18	73,36	
U044321	0,060	6% de costes indirectos	1.540,54	92,43	
TOTAL PARTIDA.....					1.632,97

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SEISCIENTOS TREINTA Y DOS EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS

D040013	Ud	COLECTOR ENTRADA PLENUM DESBASTE colector de entrada al plenum de prfv desde desbaste en pp dn 200 mm. pn 2,5 incluye 1 codo a 90°, una válvula de mariposa de dn 200 y parte proporcional de piezas de anclaje, totalmente instalada, conectada y probada.			
U033020	1,000 Ud	colector entrada plenum	330,00	330,00	
U001001	1,500 H	oficial de 1ª	11,94	17,91	
D003001	1,000 H	cuadrilla con un mecánico o electricista y ayudante especialista	22,71	22,71	
U001004	2,500 H	peón especial	10,77	26,93	
U032009	18,370 Ud	herramientas de montaje de obra	0,45	8,27	
U034344	0,100	parte proporcional de pequeño material, válvulas, codos y t	405,82	40,58	
U034593	0,050	5% de pérdidas	445,40	22,32	
U069844	0,060	6% de costes indirectos	468,72	28,12	
TOTAL PARTIDA.....					496,84

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

D040012	Ud	PLENUM plenum de prfv de dimensiones 2 x 1 x 1 para la entrada de las tuberías procedentes de deshidratación, digestión de fangos y desbaste, salida dn 800 a los scrubbers de desodorización. todas las entradas iran bridadas para la conexión con su colector correspondiente. totalmente instalado, probado y en funcionamiento.			
U033019	1,000 Ud	plenum de prfv	390,00	390,00	
U001001	2,800 H	oficial de 1ª	11,94	33,43	
U032009	7,080 Ud	herramientas de montaje de obra	0,45	3,19	
U045314	0,060	6% de costes indirectos	426,62	25,60	
TOTAL PARTIDA.....					452,22

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 2 OBRA CIVIL					
D002028	M3	HORMIGÓN PARA ARMAR			
		hormigón para armar de 200 kg/cm2 en alzados y estructuras colocado y vibrado.			
ACH02000	1,000 m3	hormigon h-200, ii-/35.(pa-350)	39,26	39,26	
OO100	1,000 h	of. 1ª albañilería	10,87	10,87	
OP003100	1,000 h	peon ordinario	8,88	8,88	
D0340303	0,060 Ud.	6% de costos indirectos	59,26	3,56	
TOTAL PARTIDA.....					62,57
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS					
D007001	Kg	ACERO BARRAS CORRUGADO			
		acero en barras corrugadas aeh-400n/f para elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y parte proporcional de atado con alambre recocido y separadores, puesto en obra según instrucción eh vigente. medido en peso nominal.			
PCA00200	1,000 kg	acero aeh-400 n/f	0,60	0,60	
PCA01700	1,000 kg	alambre de atar	0,59	0,59	
OO0130	1,000 h	oficial 1ª	10,87	10,87	
OP003100	1,000 h	peon ordinario	8,88	8,88	
D094230	0,060 Ud.	6% de costos indirectos	20,94	1,26	
TOTAL PARTIDA.....					22,20
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIDOS EUROS con VEINTE CÉNTIMOS					
D010081	M2	FABRICA DE LADRILLO			
OO0130	1,000 h	oficial 1ª	10,87	10,87	
OP003100	1,000 h	peon ordinario	8,88	8,88	
FAB200	1,000 M2	obr. fabrica 1/2 pie	27,04	27,04	
TOTAL PARTIDA.....					46,79
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y SEIS EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS					
D022060	M2	ENFOSCADO			
		enfoscado maestrado en paredes con mortero m-40 (1:6); construido según nte/rpe-5. medido a cinta corrida.			
AGM02000	1,000 m3	mortero de cemento	58,92	58,92	
OO100	1,000 h	of. 1ª albañilería	10,87	10,87	
OP003100	1,000 h	peon ordinario	8,88	8,88	
D894350	0,050 Ud.	5% de pérdidas	78,67	3,93	
D923505	0,060 Ud.	6% de costos indirectos	82,60	4,96	
TOTAL PARTIDA.....					87,56
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
D030030	M2	PINTADO			
		pintura plástica lisa sobre paramentos horizontales y verticales de ladrillo, yeso o cemento, formada por: lijado y limpieza del soporte, mano de fondo y tres manos de acabado; según nte/rp-p24. medida la superficie ejecutada.			
P325534	1,000 M2	pintura	5,80	5,80	
OO0130	1,000 h	oficial 1ª	10,87	10,87	
D932932	0,060 Ud.	6% de costos indirectos	16,67	1,00	
TOTAL PARTIDA.....					17,67
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS					

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1 INSTALACIÓN DESODORIZACIÓN									
C039001	Ud EQUIPO DESODORIZACIÓN								
	<p>equipo de desodorización 10000 m³/h. equipo completo de desodorización de gases por vía química, con una capacidad de tratar 10000 m³/h de aire a temperatura ambiente. según especificación técnica eq-08/01/01/99. incluido parte proporcional de tuberías, accesorios y válvulas, transporte, montaje, bombas de recirculación interna, ventilador, conducto de aire de conexión entre scrubbers y ventilador. totalmente instalado y funcionando.</p> <p>formado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> scrubbers de 1600 mm de diámetro y 5200 mm de altura, según especificación técnica. bomba centrífuga horizontal de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> materia en contacto con el fluido: pp caudal: 22 m³/h altura manométrica total: 18 m.c.a. resto de características técnicas según especificaciones técnicas. ventilador centrífugo: <ul style="list-style-type: none"> caudal: 10000 m³/h presión total: 180 mm material voluta: pp material rodete: pp resto de características técnicas según especificaciones técnicas. tuberías, accesorios y válvulas de: <ul style="list-style-type: none"> interconexión ventilador y columnas recirculación de líquido en columnas. 	1				1,00			
							1,00	27.289,39	27.289,39
DCGD20013	Ud CUADRO ELÉCTRICO								
	<p>cuadro eléctrico para mando y maniobra de la desodorización, con selector manual automático y con señalización luminosa marcha paro. debidamente montado, conexionado y probado.</p>	1					1,00		
							1,00	451,38	451,38
D034001	PA CONEXIÓN DE EQUIPOS DE DESODORIZACIÓN A CUADRO ELÉCTRICO								
		0					1,00		
							1,00	231,90	231,90
D039002	Ud BOMBA DOSIFICADORA SOSA								
	<p>bomba de dosificación para sosa, capacidad 2-20 l/h, presión 2 bar, potencia del motor asociado 0,09 kw .</p> <ul style="list-style-type: none"> marca: tecnum o similar. tipo: pistón. regulación: manual o señal 4/20 ma. caudal: 2-20 l/h. motor: 0,25 kw / 1500 r.p.m. variador de frecuencia: 0,25 kw . según especificación em-09-398. 						1,00		
							1,00	1.950,48	1.950,48

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D039003	<p>Ud BOMBA DOSIFICADORA HIPOCLORITO SÓDICO</p> <p>bomba de dosificación para hipoclorito sódico, capacidad 2-20 l/h, presión 2 bar, potencia del motor asociado 0,09 kw . marca: tecnum o similar. tipo: pistón. regulación: manual o señal 4/20 ma. caudal: 2-20 l/h. motor: 0,25 kw / 1500 r.p.m. variador de frecuencia: 0,25 kw . según especificación em-09-398.</p>	1				1,00	1,00	1.950,48	1.950,48
D040001	<p>Ud COLECTOR AGUA</p> <p>colector de alimentación de agua de servicio al sistema de desodorización, con tubería de pvc dn 65 pn 16, uniones encoladas. incluye parte proporcional de válvulas manuales y automáticas. totalmente instalado y en funcionamiento.</p>	1				1,00	1,00	144,74	144,74
D040003	<p>Ud COLECTOR SOSA</p> <p>colector de alimentación de sosa al sistema de desodorización con salida en el edificio de reactivos hasta los equipos de desodorización, en tubería de pvc dn 1 1/2" pn 16, uniones encoladas. incluye parte proporcional de válvulas manuales y automáticas. totalmente instalado y en funcionamiento.</p>	1				1,00	1,00	258,86	258,86
D040004	<p>Ud COLECTOR HIPOCLORITO SÓDICO</p> <p>colector de alimentación de hipoclorito al sistema de desodorización con salida en el edificio de reactivos hasta los equipos de desodorización, con tubería de pvc dn 1 1/2" pn 16, uniones encoladas. incluye parte proporcional de válvulas manuales y automáticas. totalmente instalado y en funcionamiento.</p>	1				1,00	1,00	240,32	240,32
D040007	<p>Ud COLECTOR ENTRADA PLENUM DIGESTIÓN ANAEROBIA</p> <p>colector de entrada al plenum de prfv desde digestión anaerobia. en pp de dn 200 mm pn 2,5. incluye 1 codo a 90°, una válvula de mariposa de dn 200 y parte proporcional de piezas de anclaje. totalmente instalada, conectada y probada.</p>	1				1,00	1,00	496,84	496,84
D040011	<p>Ud COLECTOR ENTRADA PLENUM DESHIDRATACIÓN</p> <p>colector de entrada al plenum de prfv desde deshidratación. en pp de dn 500 mm pn 2,5. incluye 2 codos a 90°, una válvula de mariposa de dn 500 y parte proporcional de piezas de anclaje. totalmente instalada, montada y probada.</p>	1				1,00	1,00	1.632,97	1.632,97
D040013	<p>Ud COLECTOR ENTRADA PLENUM DESBASTE</p> <p>colector de entrada al plenum de prfv desde desbaste en pp dn 200 mm pn 2,5 incluye 1 codo a 90°, una válvula de mariposa de dn 200 y parte proporcional de piezas de anclaje, totalmente instalada, conectada y probada.</p>	1				1,00	1,00	496,84	496,84

MEDICIONES Y PRESÚPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D040012	Ud PLENUM plenum de prfv de dimensiones 2 x 1 x 1 para la entrada de las tuberías procedentes de deshidratación, digestión de fangos y desbaste, salida dn 800 a los scrubbers de desodorización. todas las entradas iran bridadas para la conexión con su colector correspondiente. totalmente instalado, probado y en funcionamiento.						1,00	452,22	452,22
TOTAL CAPITULO 1 Instalación Desodorización									40.180,07

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 2 OBRA CIVIL									
D002028	M3 HORMIGÓN PARA ARMAR hormigón para armar de 200 kg/cm ² en alzados y estructuras colocado y vibrado.	2	0,50	0,50	0,30	0,15	0,15	62,57	9,39
D007001	Kg ACERO BARRAS CORRUGADO acero en barras corrugadas aeh-400n/f para elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y parte proporcional de atado con alambre recocido y separadores, puesto en obra según instrucción eh vigente. medido en peso nominal.	1				1,00	1,00	22,20	22,20
D010081	M2 FABRICA DE LADRILLO	2	4,00	0,30		2,40			
		1	6,00	0,30		1,80			
							4,20	46,79	196,52
D022060	M2 ENFOSCADO enfoscado maestrado en paredes con mortero m-40 (1:6); construido según nte/rpe-5. medido a cinta corrida.	2	4,00	0,30		2,40			
		1	6,00	0,30		1,80			
							4,20	87,56	367,75
D030030	M2 PINTADO pintura plástica lisa sobre paramentos horizontales y verticales de ladrillo, yeso o cemento, formada por: lijado y limpieza del soporte, mano de fondo y tres manos de acabado; según nte/rp-p24. medida la superficie ejecutada.	2	4,00	0,30		2,40			
		1	6,00	0,30		1,80			
							4,20	17,67	74,21
TOTAL CAPITULO 2 Obra civil									670,07
TOTAL									40.850,14

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1	INSTALACIÓN DESODORIZACIÓN.....	40.180,07
2	OBRA CIVIL.....	670,07
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		40.850,14
	19,00% GG + BI.....	7.761,53
	16,00% I.V.A.....	7.777,87
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		56.389,54
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		56.389,54

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CINCUENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

, a 19 de Enero de 2004.

LA DIRECCION FACULTATIVA

