

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Desodorización del pretratamiento
de la E.D.A.R. "Guadalete"

Autor: Alejandro FINCH ROSIQUE

Fecha: Marzo 2006





DOCUMENTO I

MEMORIA

DOCUMENTO I : MEMORIA

1.- INTRODUCCIÓN	Pág. 1
2.- OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	Pág. 5
3.- SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES	Pág. 6
4.- PROBLEMAS DE LOS OLORES.	Pág. 8
4.1.- CAMBIOS OPERACIONALES.	Pág. 10
4.2.- CONTROL DE VERTIDOS A LA RED DE ALCANTARILLADO.	Pág. 11
4.3.- CONTROL DE OLORES EN FASE LÍQUIDA.	Pág. 11
4.4.- CONTROL DE GASES OLOSOSOS.	Pág. 12
4.4.1.- MÉTODOS FÍSICOS.	Pág. 12
4.4.2.- MÉTODOS QUÍMICOS.	Pág. 13
4.4.3.- MÉTODOS BIOLÓGICOS.	Pág. 13
5.- INTRODUCCIÓN A LA VENTILACIÓN.	Pág. 14
5.1.- ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN.	Pág. 14
5.1.1.- FUNCIONES DE VENTILACIÓN.	Pág. 14
5.1.1.1.- TIPOS DE VENTILACIÓN.	Pág. 14
5.1.1.2- SITUACIÓN DEL EXTRACTOR.	Pág. 16
5.1.2.- VENTILACIÓN GENERAL.	Pág. 17
5.1.3.- VENTILACIÓN LOCALIZADA	Pág. 18
5.1.4.- ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN.	Pág. 19
5.2.- PRESURIZACIÓN DE EDIFICIOS.	Pág. 21
5.2.1.- DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE AIRE.	Pág. 21
5.2.1.1.- TASAS DE RENOVACIÓN.	Pág. 21

5.2.1.2.- EXCESO DE CAUDAL PARA PRESURIZACIÓN.	Pág. 22
5.2.2.- UBICACIÓN DE LAS TOMAS.	Pág. 24
5.3.- CUBIERTAS DE TANQUES Y CANALES.	Pág. 26
5.3.1.- DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE AIRE.	Pág. 26
5.3.1.1.- TEORÍA DEL MOVIMIENTO DE AIRE.	Pág. 26
5.3.1.2.- ESTUDIO EMPÍRICO.	Pág. 28
5.3.2.- CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS.	Pág. 29
5.4.- CAMPANAS DE EXTRACCIÓN.	Pág. 34
5.5.- RED DE EXTRACCIÓN Y VENTILACIÓN.	Pág. 36
5.6.- CONSIDERACIONES SOBRE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD PERSONAL.	Pág. 39
5.7.- TRATAMIENTO DEL AIRE CONTAMINADO.	Pág. 42
5.7.1.- CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS OLOROSO DE CONTROL.	Pág. 42
5.7.2.- TIPOS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO.	Pág. 43
6.- DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES ADOPTADAS EN LA CAPTACIÓN.	Pág. 45
6.1.- JUSTIFICACIÓN.	Pág. 45
6.2.- DESCRIPCIÓN DE CADA ZONA DE ACTUACIÓN.	Pág. 45
6.2.1.- POZO DE GRUESOS.	Pág. 45
6.2.2.- TORNILLOS DE ARQUÍMEDES.	Pág. 46
6.2.3.- TAMICES INCLINADOS DE DESBASTE.	Pág. 47
6.2.4.- CONTENEDORES DE RESIDUOS.	Pág. 47
7.- ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS.	Pág. 49

7.1.- INCINERACIÓN.	Pág. 49
7.1.1.- TIPOS DE INCINERACIONES.	Pág. 49
7.1.2.- VENTAJAS E INCONVENIENTES.	Pág. 50
7.2.- ABSORCIÓN Y OXIDACIÓN QUÍMICA EN TORRES DE LAVADO.	Pág. 51
7.2.1.- CUESTIONES DE DISEÑO.	Pág. 52
7.2.2.- APLICACIÓN DEL PROCESO DE ABSORCIÓN Y OXIDACIÓN QUÍMICA AL H₂S.	Pág. 52
7.2.2.1.- TORRES DE PLATOS.	Pág. 56
7.2.2.2.- LAVADORES VENTURI.	Pág. 58
7.2.2.3.-CÁMARAS Y TORRES DE ASPERSIÓN.	Pág. 59
7.2.2.4.- COLUMNAS DE RELLENO.	Pág. 59
A) COMPARACIÓN COLUMNAS DE RELLENO Y DE PLATOS.	
B) HIDRÁULICA DE LAS COLUMNAS DE RELLENO.	
C) INUNDACIÓN Y CARGA.	
D) PLACAS SOPORTE.	
E) RETENCIÓN DE LÍQUIDOS.	
F) DISTRIBUCIÓN DE LÍQUIDOS.	
G) EFECTOS FINALES.	
H) ÁREA INTERFACIAL.	
I) SELECCIÓN DEL DISOLVENTE.	
7.2.3.- VENTAJAS E INCONVENIENTES.	Pág. 71
7.2.4.- ABSORCIÓN DE GASES.	Pág. 72
7.2.5.- VELOCIDAD DE ABSORCIÓN.	Pág. 75
7.3.- OXIDACIÓN BIOLÓGICA. BIOFILTROS.	Pág. 80
7.3.1.- DEFINICIÓN Y TIPOS.	Pág. 81
7.3.2.- VENTAJAS E INCONVENIENTES.	Pág. 83
7.3.3.- PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN.	Pág. 84

7.3.4.- CARACTERÍSTICAS DEL GAS CONTAMINANTE.	Pág. 84
7.4.- ADSORCIÓN CON SÓLIDOS	Pág. 86
7.4.1.- TIPOS DE DISOLVENTES.	Pág. 86
7.4.2.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.	Pág. 90
7.4.3.- VENTAJAS E INCONVENIENTES.	Pág. 91
7.5.- OXIDACIÓN CON OZONO POR VÍA HÚMEDA.	Pág. 93
7.5.1.- INSTALACIÓN.	Pág. 93
7.5.2.- VENTAJAS E INCONVENIENTES.	Pág. 94
8.- EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.	Pág. 95
8.1.- EVALUACIÓN TÉCNICA.	Pág. 95
8.1.1.- INCINERACIÓN.	Pág. 95
8.1.2.- ABSORCIÓN Y OXIDACIÓN QUÍMICA.	Pág. 95
8.1.3.- BIOFILTRACIÓN.	Pág. 96
8.1.4.- ADSORCIÓN CON SÓLIDOS.	Pág. 96
8.1.5.- OXIDACIÓN CON OZONO.	Pág. 96
8.1.6.- CONCLUSIONES.	Pág. 97
8.2.- EVALUACIÓN ECONÓMICA.	Pág. 97
9.- BIBLIOGRAFÍA.	Pág. 99
10.- ANEXOS:	
1.- DESCRIPCIÓN EDAR “GUADALETE”.	
2.- SITUACIÓN DE LA DEPURADORA.	
3.- CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO.	
4.- CARACTERÍSTICAS DE LOS TORNILLOS DE ARQUIMEDES.	

5.- INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL.

DOCUMENTO I : MEMORIA

1.- INTRODUCCIÓN:

El olor está considerado como una forma específica de contaminación ambiental. La presencia del olor en el aire constituye de por sí una molestia y por tanto un empeoramiento de su calidad estando en muchos casos asociada a elementos nocivos tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas. Hay sustancias cuyo olor nos puede provocar hasta vómitos y náuseas, un ejemplo es el olor a huevos podridos provocados por el sulfhídrico (SH_2).

Los problemas de emisiones de olor de procesos industriales aunque generalmente no constituyen un riesgo para la salud, son en nuestro país la causa principal del mayor número de quejas y denuncias a la Administración.

El olor es una sensación que se produce al ser estimulado el sistema olfativo por un compuesto oloroso. Los diferentes tipos de respuesta ante un estímulo olfativo dependen de las características del olor recibido y a su vez estas características son subjetivas de cada individuo, ya que el grado de sensibilidad olfativa es diferente a cada persona.

Las emisiones industriales de olor tienen generalmente una problemática diferente y más compleja, y en determinados casos una mala o deficiente solución puede llegar a constituir un problema muy serio o grave, tanto para la industria que genera el olor, como también para la Administración que recibe las quejas.

Las emisiones de olor de los procesos industriales afectan hoy a todos los sectores, y todavía en nuestro país no existe un buen nivel de conocimiento sobre este

tema, ni a nivel de legislación ni de las tecnologías de tratamiento.

Existen algunas actividades industriales que son potencialmente generadoras de olor, que llamaríamos así como fabricantes de olor, y que podríamos catalogar en tres grupos:

1.-Tratamiento de aguas residuales urbanas (EDAR):

► Los vertidos domésticos contienen sulfonatos, procedentes de los detergentes, y compuestos orgánicos de azufre incluidos en la composición de algunas proteínas existentes en las excreciones de los seres humanos. También contienen sulfatos, el precursor más importante de los sulfuros, cuyo principal origen está en las aguas de abastecimiento. La incidencia de estos compuestos de azufre en el saneamiento se extiende por todo el mundo, acrecentándose aún más en las zonas de climas cálidos. En algunas poblaciones costeras el contenido en sulfatos se incrementa con la intrusión de agua de mar en los colectores. El sulfuro de hidrógeno, o ácido sulfhídrico, es una de las sustancias que mayores problemas produce en los sistemas de saneamiento. Salvo que el pH del agua residual sea superior a 9, la presencia de sulfuros en las aguas residuales conlleva la existencia de sulfuro de hidrógeno en la masa líquida y, consecuentemente, en la atmósfera que está en contacto con la superficie de las aguas.

► Tratamiento de subproductos de origen animal (rendering), ejemplos: fábricas de harinas o pescado.

► Tratamiento de residuos sólidos urbanos (R.S.U.): basuras, compostajes, vertederos, ...

Los principales compuestos responsables de una EDAR se pueden agrupar en cuatro familias:

Compuestos sulfurados (sulfuros orgánicos, ácido sulfhídrico...). Tienen un fuerte olor a huevos podidos. El sulfuro (SH_2) tiene un lindar olfativo muy bajo, tan solo es de

0,0005 ppm.

Compuestos nitrogenados (amoníaco, aminas orgánicas,...). Depende del tipo de molécula pueden un fuerte olor a pescado (aminas), olor fecal (compuestos cíclicos nitrogenados), olor a descomposición orgánica (diaminas). Algunas de estas moléculas tienen un nivel olfativo tan bajo como el sulfuro.

Compuestos ácidos (ácidos grasos, ácidos orgánicos volátiles,...). Producen un olor avinagrado y progresivamente más rancio a medida que la cadena carbonatada contiene a más átomos de carbono.

Aldehídos, cetonas y ésteres (formaldéhdidos, acetona,...). Producen olores irritantes y lacrimógenos.

De todos los compuestos causantes de los malos olores, es el ácido sulfhídrico el componente que causa una mayor problemática en la EDAR. Este gas es detectado por el olfato humano a concentraciones muy bajas (0,0005 ppm en el aire), percibiéndose un fuerte olor a huevos podridos, y es tóxico (el valor límite de exposición a 10 ppm es tan solo de 10 minutos).

Sin embargo, los problemas que origina este gas, no son debidos únicamente a su bajo valor umbral olfativo, sino también a sus graves efectos corrosivos sobre el hormigón y estructuras metálicas. Cuando se airean las bacterias presentes en el agua residual oxidan el ácido sulfhídrico en ácido sulfúrico. Este ácido es muy corrosivo y deshace tanto el hormigón como las estructuras metálicas. Además de estos graves efectos, el ácido sulfhídrico también interfiere en los procesos biológicos de depuración ya que favorece la proliferación de un tipo de bacterias filamentosas que reducen la velocidad de sedimentación del fango biológico.

El ácido sulfhídrico en las aguas residuales es el resultado de la reducción de los sulfatos y otros componentes orgánicos que contienen azufre por parte de las bacterias sulfato-reductoras. Estas bacterias son anaerobias estrictas, por tanto proliferan cuando los potenciales de oxidorreducción se encuentran por debajo de los -100mV referidos al

electrodo de hidrógeno.

Otros factores que influyen en el proceso de formación del ácido sulfhídrico son la temperatura (la velocidad de las reacciones aumenta un 7% cada grado centígrado de aumento de la temperatura), la relación materia orgánica/sulfatos, el pH (las bacterias sulfato-reductoras pueden vivir entre un pH de 5 a 9,5 unidades) y finalmente la presencia de determinados compuestos inorgánicos como, por ejemplo, compuestos que contienen nitratos, ya que favorecen el crecimiento de bacterias que compiten con las bacterias sulfato-reductoras por la materia orgánica.

La descripción de los procesos que se realizan en la EDAR “Guadalete” se encuentran en el **ANEXO 1**.

Distribución de la planta de la Depuradora “Guadalete” esta en el **ANEXO 2**.

2.- OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es dotar a la zona del Pretratamiento de la EDAR de Jerez de la Frontera de un sistema o red de captación de gases y un sistema de conducción y tratamiento de esos gases mediante torres de lavado o lavadores químicos. Todo ello para minimizar la concentración de los compuestos olorosos con un rendimiento alto, para paliar los posibles daños sobre los seres humanos, animales y plantas, patrimonios, etc... así como el no sobrepasar el límite de emisión máxima autorizada (20 ppm para el H₂S) ni las concentraciones medias de exposición al H₂S en treinta minutos (100 microgramos por metro cúbico de aire) y en 24 horas (40 microgramos por metro cúbico de aire).

Este sistema de desodorización va a actuar sobre los focos de emisión de olores y no sobre el edificio como tal. Se va a particularizar los sistemas de captación a cada tipo de foco de emisión del Pretratamiento.

Una vez fijados los límites de emisión, el sistema de depuración debe satisfacer los requisitos acordados con el mayor rendimiento económico posible.

En la emisión o emanación de olores que se produce en el Pretratamiento, 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 (EDAR).

Actualmente los olores producidos en el Pretratamiento no son tratados por lo que son enviados al medio ambiente produciendo un cierto malestar ya que las sustancias olorosas liberadas en la depuradora son compuestos de azufre.

Los compuestos de azufre provienen de los vertidos domésticos donde aparecen los sulfonatos procedente 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 aguas de abastecimiento.

3.- SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES

La situación actual de las instalaciones del Pretratamiento consta de un edificio llamado obra de llegada, donde se localiza el pozo de gruesos. Luego se produce un bombeo mediante tornillos de Arquímedes para elevar las aguas al edificio de desbaste para seguir a los desarenadores y más tarde a la cámara de mezcla y floculación.

Existe un sistema de desodorización en el edificio del pozo de grueso y en el de desbaste que no funcionan actualmente. Este sistema consta de un conjunto que aspiran el aire de los edificios y mediante un sistema de tuberías y bombas se impulsa los gases captados hasta las torres de lavado de gases.

Lo que se hace actualmente es abrir la compuertas del edificio para airearlo y evitar así las concentraciones de gases (sulfhídrico, mercaptanos, etc...) evitando así problemas mayores.

Una de las causas del porqué éste sistema no funciona es que la aspiración de gases se hace en la zona más alta del edificio (12 m de altura) y sabiendo que el sulfhídrico es más denso que el aire, éste se queda en la zona baja y no será aspirado para su posterior tratamiento.

Este sistema de desodorización debería tratar el aire contaminado de la sala de rotamices, de los espesadores por gravedad, del edificio de desbaste, etc...

A continuación se detalla el contenido de la instalación actual:

- Un ventilador centrífugo de 20 CV y poleas que funciona a 1800 rpm y es capaz de extraer 6000 m³/h con una presión de 260 mm de agua. Se encuentra en el semisótano del edificio de tamizado.
- Toma de 150mm y conductos de PVC para conectar la atmósfera confinada entre la

superficie de los espesadores y la aspiración del ventilador.

- Tres rejillas para la entrada de aire al conducto de aspiración del ventilador, dos en la zona alta del edificio y otra en el semisótano.
- Conducción de 500mm en PVC que conecta la impulsión del ventilador con el sistema de lavado, diseñado para 20000 m³/h, situado en el edificio de desbaste y que consta de :
 - Dos torres de lavado de 2,5 m de diámetro y 5 m de altura, con una capacidad total de 6,9 m³.
 - Dos bombas de recirculación de 25 m³/h para inyectar sosa e hipoclorito en cada una de las torres.
 - Dos depósitos de 500 l con bombas dosificadoras para el aporte de reactivos a las torres.
 - Ventilador que extrae el aire del pozo de gruesos.
 - Ventilador para la zona de desbaste.
 - Ozonizador de 320 gr/h para aporte de ozono a la corriente gaseosa que entra en la segunda torre.

4.- PROBLEMÁTICA DE LOS OLORES.

Los olores en las plantas de tratamiento se pueden 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 de vez en cuando. 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 procesos, es necesario extraer y procurar 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 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 olorosas, las condiciones meteorológicas de la zona, las condiciones de disipación, y el tipo de zona urbanizada que exista en las proximidades.

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

- 1.- Cambios operacionales en el proceso de tratamiento o mejora del nivel de

tratamiento para eliminar las fuentes de olores.

2.- 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.

3.- Control químico de la fase líquida (agua residual).

4.- Control físico o químico sobre la fase gaseosa (corriente de gas).

Tabla : distancia de amortiguamiento mínimas recomendadas para la disipación de los olores generados en las unidades de tratamiento. (Metcalf & Eddy).

PROCESO DE TRATAMIENTO	DISTANCIA DE AMORTIGUAMIENTO (m)
Tanque de sedimentación	125
Filtro percolador	125
Tanque de aireación	150
Laguna aireada	300
Digestor de fangos	150
Unidades de procesado de fangos	
Eras de secado al aire libre	150
Eras de secado en cubiertas	125
Tanque de almacenamiento de fangos	300
Espesador de fangos	300
Filtro de vacío	150
Oxidación por vía húmeda	450
Lecho de recargas de efluentes	250
Filtración de efluentes secundarios	
abierta	150
cerrada	60
Tratamiento avanzado del agua residual	

PROCESO DE TRATAMIENTO	DISTANCIA DE AMORTIGUAMIENTO (m)
Filtración terciaria de efluentes	
Aire libre	100
Cerrados	60
Desnitrificación	100
Laguna de refino	150
Aplicación al terreno	15

4.1.- Cambios Operacionales.

Los cambios operacionales que se pueden llevar a cabo incluyen:

- 1.- Reducción de las sobrecargas a los procesos.
- 2.-Aumento del nivel de aireación en los procesos de tratamiento biológico.
- 3.-Aumento de la capacidad de la planta poniendo en funcionamiento las instalaciones de reserva, caso de que existieran.
- 4.-Reducción de la masa de fangos existente en la planta.
- 5.-Aumento de la frecuencia de bombeo de fangos y espumas.
- 6.-Adición de agua de disolución clorada a los espesadores de fangos.
- 7.-Reducción de las turbulencias generadas por caída libre del agua mediante el control de los niveles del agua.
- 8.-Control de la liberación de aerosoles.

9.-Aumento de la frecuencia de evacuación de arenas y residuos.

10.-Aumento de la frecuencia de limpieza de las acumulaciones de compuestos olorosos.

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

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

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

4.3.- Control de olores en fase líquida.

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

- 1.-Manteniendo las condiciones aerobias aumentando el nivel de aireación para añadir oxígeno.
- 2.-Controlando el crecimiento microbiano anaerobio por desinfección o por control de pH.
- 3.-Oxidando los compuestos olorosos mediante la adición de productos químicos.

4.-Controlando la turbulencia.

4.4.-Control de gases olorosos.

Los principales métodos existentes para el control de los gases olorosos se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos.

4.4.1.- 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 por temperaturas variables entre 650 y 815 °C. 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 los 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) 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. La eficiencia de los agentes enmascadores es limitada.

▶ 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.

4.4.2.- Métodos Químicos:

▶ Lavado con diversos álcalis: Los agentes 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 de los compuestos del olor presentes en el agua residual es uno de los métodos más comúnmente utilizados para llevar a cabo el control de los olores. El cloro, el ozono y el peróxido de hidrógeno y permanganato de potasio se cuentan entre los oxidantes que se han utilizado. El cloro también limita el desarrollo de películas biológicas.

▶ Precipitación química: La precipitación química se refiere a la precipitación de sulfuros de sales metálicas, especialmente hierros.

4.4.3.- 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 clorosos. Generalmente las torres se llenan con medios de plástico de diversos tipos, sobre los que se puede mantener la película biológica.

5.- INTRODUCCIÓN A LA ELIMINACIÓN DE LOS OLORES EN FASE GAS.

5.1.- ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN:

5.1.1.- Funciones de la ventilación

5.1.2.- Ventilación general.

5.1.3.- Ventilación localizada.

5.1.4.- Estrategias de ventilación.

5.1.1.- Funciones de la ventilación:

Puede definirse la Ventilación como aquella técnica que permite sustituir el aire ambiente interior de un local por otro exterior de mejores características.

A los seres vivos, la ventilación les resuelve funciones vitales como la provisión de oxígeno para su respiración y el control del calor que producen, a la vez que le proporciona condiciones de confort afectando a la temperatura del aire, su humedad, la

velocidad del mismo y la dilución de olores indeseables.

A las máquinas e instalaciones y procesos industriales la ventilación permite controlar el calor, la toxicidad o la potencial explosividad de su ambiente.

5.1.1.1.- Tipos de Ventilación.

- ▶ Ventilación por Sobrepresión.
- ▶ Ventilación por Depresión.
- ▶ Ventilación Mecánica Controlada.
- ▶ Ventilación Localizada.
- ▶ Ventilación Mecánica Controlada.

a) Ventilación por Sobrepresión:

Se obtiene insuflando aire a un local, poniéndole en sobrepresión interior respecto a la presión atmosférica. El aire fluye entonces hacia el exterior por las aberturas dispuestas . A su paso el aire barre los contaminantes interiores y deja el local lleno del aire puro exterior.

b) Ventilación por Depresión:

Se logra colocando el ventilador extrayendo el aire del local, lo que provoca que

éste quede en depresión respecto a la presión atmosférica. El aire penetra desde fuera por la abertura adecuada, efectuando una ventilación de iguales efectos a la anterior.

c) Ventilación Ambiental o General:

El aire que entra en el local se difunde por todo el espacio interior antes de alcanzar la salida. Tiene el inconveniente de que, de existir un foco contaminante concreto, como es el caso de cubas industriales con desprendimiento de gases y vapores molestos o tóxicos, el aire de una ventilación general esparce el contaminante por todo el local antes de ser captado hacia la salida.

d) Ventilación Localizada:

En esta forma de ventilación el aire contaminado es captado en el mismo lugar que se produce evitando su difusión por todo el local. Se logra a base de una campana que abrace lo más estrechamente posible el foco de polución y que conduzca directamente al exterior el aire captado.

e) Ventilación Mecánica Controlada:

Es un sistema peculiar que se utiliza para controlar el ambiente de toda una vivienda, local comercial, e incluso un edificio de pisos, permitiendo introducir recursos para el ahorro de energía.

5.1.1.2.-Situación del Extractor

Los diversos edificios reales, con la gran variedad de construcciones que existen, dificulta que se den normas fijas respecto a la disposición de los sistemas de ventilación.

Damos no obstante unas directrices generales que deberían seguirse en lo posible:

- Los ventiladores deben situarse diametralmente opuestos a las entradas de aire,

de modo que el caudal de ventilación atravesase toda la zona contaminada.

- Colocar los extractores cerca de los focos de contaminación para captar el aire nocivo antes de que se difunda por el local.
- Alejar el extractor de una ventana abierta o entrada de aire exterior, para evitar que entre de nuevo el aire expulsado.

5.1.2.-Ventilación general

Para ventilar un local por el sistema de Ventilación General lo primero que debe considerarse es el tipo de actividad de los ocupantes del mismo.

La razón de ventilar los habitáculos es el proporcionar un ambiente higiénico y confortable a los ocupantes. Hay que diluir el olor corporal, controlar la humedad, el calor, el humo del tabaco, ...

Una forma de proceder es calcular el caudal de aire necesario en base al número de ocupantes y en razón a 7,5 litros por segundo y persona para los casos normales en los que no sea significativa la polución provocada por elementos ajenos a las personas.

Pero si se hace difícil prever el número de ocupantes y se cree mejor referirse a la función del local, puede recurrirse al cálculo basado en el número de renovaciones/hora, esto es, las veces que debe renovarse por hora todo el volumen de aire del local.

Para su cálculo se determina primero el volumen del local, multiplicando el largo por el ancho y por el alto, en caso de paralelepípedo, o descomponiendo en figuras simples el volumen total.

$$\text{Volumen } V \text{ (m}^3\text{)} = L \times A \times H$$

Se escoge luego el número N de renovaciones por hora, según sea la actividad desarrollada en el local y se multiplican ambos.

$$\text{Caudal } Q \text{ (m}^3\text{/h)} = V \times N$$

5.1.3.- Ventilación localizada

Cuando se pueda identificar claramente el foco de contaminación el sistema más efectivo, y económico, es captar localmente la emisión nociva.

Debe procederse así:

- Identificar los puntos de producción del contaminante.
- Encerrar bajo una campana.
- Establecer una succión capaz de captar, arrastrar y trasladar el aire, que posiblemente estará cargado de partículas.

Los elementos básicos de una instalación así, son:

- ▶ La captación.
- ▶ El conducto o canalización.
- ▶ El separador o filtro.
- ▶ El extractor de aire.

La misión de la captación es la de poder atraer el aire con los contaminantes que contenga para trasladarlo al lugar de descarga. Los principios de diseño son:

El caudal de captación varía aproximadamente con el cuadrado de la distancia.

Cuando se trate de gases nocivos la campana debe colocarse de modo que se evacúe fuera del espacio de respiración de los operarios.

La campana que envuelva una máquina debe diseñarse para que las partículas a captar incidan dentro de su boca.

Siempre que sea posible, las boquillas de extracción deben ser con bridas, reduciendo así el caudal en un 25%.

5.1.4.- Estrategias de ventilación

El diseño de la red de extracción y ventilación de las zonas cubiertas, en nuestro caso de una EDAR, depende de varios factores:

- ▶ Volumen de aire a tratar.
- ▶ Número y ubicación de las zonas cubiertas.
- ▶ Régimen de entrada del personal a las zonas cubiertas.
- ▶ Sistema de tratamiento escogido.

Pero además existen tres consideraciones básicas sobre las que se ha de tomar una decisión y que configura lo que hemos denominado la “estrategia de ventilación”. Estas se pueden sintetizar como una elección dentro de cada uno de los planteamientos siguientes:

1.-Se puede optar por:

- Una red en paralelo, que capta el aire independiente de cada elemento cubierto.
- Una red en serie, dividida en pocas líneas, de forma que el aire vaya pasando de las zonas menos contaminadas a las más contaminadas.

El primero de ellos tiene la desventaja de un mayor coste de instalación debido al mayor caudal a tratar. El segundo puede provocar serios problemas de seguridad de personal. La mejor solución son los sistemas intermedios, aplicando el esquema en serie sólo donde sea posible. En cualquiera de los dos casos, pero sobre todo en el de funcionamiento en serie, deben estar previstas las medidas adecuadas para que no se produzcan cortocircuitos, en el caso de que se deje fuera de servicio una instalación y se abra la cubierta para su limpieza.

2.- La segunda opción quedan enmarcadas por los siguientes extremos:

- Diseñar un sistema de cubiertas y cúpulas muy ajustado, reteniendo y captando el aire contaminado directamente en la fuente, lo que permitirá minimizar la cantidad de aire que debe ser trasladado.
- Proyectar un sistema de grandes salas, que alberguen distintos procesos productores de olores, de las que se renueva todo el aire de una manera global.

La mejor solución dependerá del problema particular, aunque seguramente se optará por una solución intermedia. Cuanto más estanco y ajustado sea el sistema de cubiertas, menos será el caudal y más concentrado estará el contaminante, lo que influirá en el sistema de desodorización escogido.

3.- Finalmente se puede optar por :

- Ventilación continua.

- Ventilación intermitente.

La ventilación continua resulta más cara de mantener por el mayor consumo de los ventiladores. La intermitente requiere normalmente una tasa mayor de ventilación y, por tanto, unos equipos más potentes. Normalmente la ventilación intermitente se desaconseja, pero puede ser útil para espacios en que se produzca muy poca emanación de gases olorosos.

A la hora de definir la estrategia de ventilación, se debe tener en cuenta la seguridad del personal.

5.2.- PRESURIZACIÓN DE EDIFICIOS:

Incluso cuando las distintas unidades de procesos ubicadas dentro de un edificio están cubiertas, es necesario una ventilación del mismo, aunque sólo sea por evitar atmósferas excesivamente húmedas.

Si no hay escapes de olores de las zonas cubiertas, puede ser suficiente con las ventanas o los extractores que impulsen el aire hacia el exterior, en caso contrario se debe desodorizar, aunque el número de renovaciones aplicado no sea muy elevado.

5.2.1.- Determinación de los caudales de aire.

5.2.1.1.- Tasas de renovación:

En zonas con entrada rutinaria de personal donde exista una emanación de gases, deben instalarse sistemas potentes de ventilación para aportación y extracción de aire, con un diseño en la distribución de aire que purgue de una manera efectiva las áreas de trabajo.

Para determinar las tasas de ventilación en las zonas cerradas expuestas al agua residual, debería considerarse la tasa de vaporización del líquido más volátil de los esperados.

Algunos manuales americanos muy conservativos, encaminadas sobre todo a la protección contra incendios y a la seguridad del personal, recomiendan 12 renovaciones/hora en zonas de fangos, y de 15 a 21 renovaciones/hora en zonas de aguas residuales. En España se suelen dimensionar entre 7 y 12 renovaciones/hora respectivamente.

Se debe tener en cuenta si la ventilación es continua o alternativa. Por ejemplo, Ten States Standards recomiendan 12 renovaciones/hora en pozos de bombeo e instalaciones de eliminación de arenas si la extracción es continua y 30 si es intermitente.

Si se quiere salvaguardar una sala con acceso a zona de olores, sobre todo por evitar la corrosión de equipos delicados, se debe prever una ventilación forzada con aire del exterior para producir una sobrepresión relativa con respecto a la otra sala.

5.2.1.2.- Exceso de caudal para presurización:

Los edificios o salas deben ser sometidos a presión negativa o positiva para prevenir la entrada o salida de olores en los mismos.

La figura muestra un esquema típico del establecimiento de una presión negativa en un área de olores, como pudiera ser la sala de filtros banda, etc...

El caudal de aire de salida es significativamente mayor que el caudal de aire aportado, lo que genera una entrada de aire exterior dentro de la sala a través de los resquicios en puertas, ventanas y entradas de conducciones.

El diferencial requerido respecto al caudal de entrada normalmente se suele ajustar al 10 %, para un edificio típico. Sin embargo, este porcentaje podría ser menor y debería ser calculada de una forma más exacta para situaciones críticas o grandes volúmenes de aire, donde el coste de la energía puede ser importante.

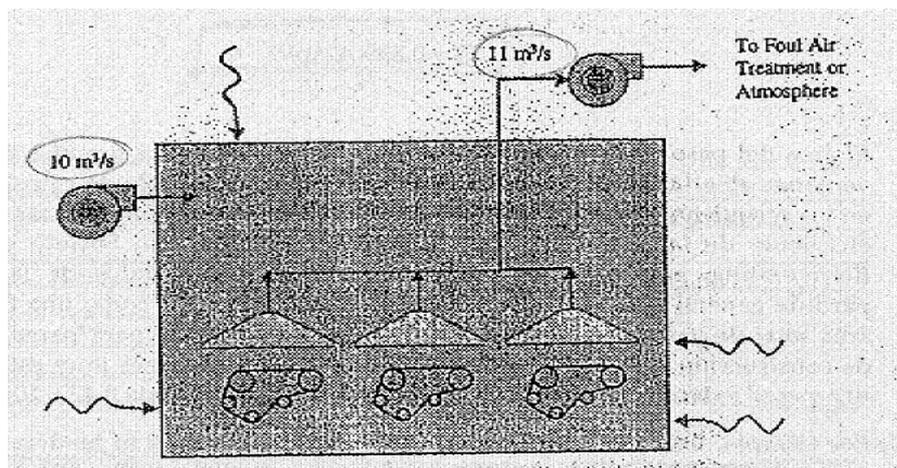


Figura: Ventilación de edificios.

La presurización de un espacio puede expresarse por la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \left(\frac{Q}{C_f A} \right)^2$$

donde :

- Δp = presión diferencial a través del paso de flujo, Pa, (Kg / ms²).
- ρ = densidad del aire entrando por el paso de flujo, Kg/m³
- Q= caudal, m³/s
- Cf= coeficiente de flujo.
- A= área de paso de flujo, m².

E término es la presión de la velocidad. Para las aberturas típicas de edificios, el coeficiente de flujo se encuentra normalmente en el rango de 0,6 a 0,7.

Usando un valor de 0,65 para Cf y una densidad del aire de 1,2 Kg/m³, la ecuación del caudal sería:

$$Q = 0,839 \cdot A \cdot \Delta p^{0,5}$$

El área de paso de flujo puede calcularse fácilmente en las grandes áreas, como ventanas abiertas o rejillas de ventilación, pero es imposible de calcular o medir en los resquicios de puertas, ventanas, ... Por tanto, se deben emplear tablas para el cálculo de las áreas de pérdida general. La American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers aporta datos de las áreas de pérdida general para edificios comerciales, expresándolos como una fracción del área total de pared.

Las relaciones varían entre $0,13 \times 10^{-2}$ para paredes externas de construcción muy abiertas a $0,70 \times 10^{-4}$ para construcciones muy estancas. Para una pared externa de construcción poco estanca, el valor sería de $0,42 \times 10^{-3}$.

5.2.2.- Ubicación de las tomas.

La distribución y ubicación de los puntos de captación es un tema fundamental para lograr la efectividad en el sistema de extracción. Una vez ejecutados y periódicamente cuando estén en funcionamiento, los sistemas de ventilación de aire forzado deberán ser probados para asegurar un flujo y distribución de aire apropiado, que evite las zonas

mueras. Una forma efectiva de chequear el sistema es la medición de caudales de aire y el examen con generadores comerciales de humo no tóxico.

El test del humo es siempre una herramienta útil para observar directamente el movimiento del aire y determinar donde están ocurriendo fugas o acumulaciones.

Respecto a la ubicación en altura de los puntos de captación es muy importante conocer la densidad de los gases a eliminar. A continuación se da una tabla con las densidades de gases relativizadas al aire, así como su masa volúmica:

GAS	DENSIDAD RETIVA AL AIRE	MASA DEL LITRO A 0°C Y 760 mmHg
AIRE	1,00000	1,29349
NITRÓGENO, (N ₂)	0,96700	1,25080
DIÓXIDO DE CARBONO, (CO ₂)	1,52870	1,97800
COLORO, (Cl ₂)	2,49100	3,22200
AMONIACO, (NH ₃)	0,59710	0,77200
DIÓXIDO DE AZUFRE, (SO ₂)	2,26300	2,92700
SULFURO DE HIDRÓGENO, (H ₂ S)	1,18950	1,53900

NOTA: para otra temperatura $M_t = M_o / (1 + 0,00367 \cdot t)$; para otra presión $M_p = M_{760} \cdot P / 760$

Por ejemplo, en la entrada de agua a la planta donde el compuesto más probable sería el sulfuro de hidrógeno, las tomas se deben situar a baja altura sobre el suelo debido a su mayor densidad que el aire. En secado y acondicionamiento de fangos con elevación de pH, donde resulta muy común encontrar amoniaco, las tomas se deben

situar en la zona alta de las salas, incluyendo también alguna a baja altura para el sulfuro.

5.3.- CUBIERTAS DE TANQUES Y CANALES.

La prevención de la liberación de olores de tanques y canales se lleva a cabo mediante el empleo de cubiertas, con el mismo concepto de presurización que para los edificios. Las cubiertas son por sí mismas el principal contribuyente al control de las emisiones de aire, puesto que aumentan la presión parcial en la interfase líquido-aire, reducen la convección a través de la superficie del líquido y favorecen la condensación del vapor.

5.3.1.- Determinación de los caudales de aire

La extracción de aire de las cubiertas crea una ligera presión negativa. Esto reduce o elimina los escapes de olor en los cierres y en las escotillas de acceso. Cuanto más grande es la presión negativa, más efectivamente se contiene el aire oloroso.

El caudal de extracción necesario para mantener ésta dependerá de la sección total de aberturas o escapes.

Para las zonas sucias donde deben entrar los trabajadores, se ha de emplear tanto impulsión como extracción de aire para eliminar zonas muertas.

Si el agua residual está siendo aireada, este caudal de aire debe ser tenido en cuenta en el cálculo de la extracción. Esto es particularmente crítico en los canales de distribución aireados

5.3.1.1.- Teoría del movimiento del aire:

La siguiente figura muestra una situación típica en un tanque o canal aireado. Un extractor saca el aire del espacio libre superior y crea una infiltración de aire a través de las aberturas y entradas de conducciones en la cubierta. La cantidad de aire infiltrado (I)

es igual a la diferencia entre la salida de aire (E) y el aire de proceso (P).

La determinación de las cantidades de extracción e infiltración de aire, tradicionalmente, se ha basado en el principio de tasas de renovación y es todavía el parámetro a considerar cuando se requiere un acceso frecuente de los operarios dentro de la cubierta. Sin embargo, una típica tasa de renovación de 12 renovaciones por hora puede suponer una enorme cantidad de aire que debe circular a través del tanque y ser tratada posteriormente en el sistema de tratamiento de aire.

Si no es necesario el acceso frecuente de los operarios, se puede conseguir un ahorro sustancial reduciendo la cantidad de aire que debe ser conducida.

Se ha sugerido que reduciendo el flujo de aire exterior a través del espacio libre, se reduce el efecto de purificación y se acelera la corrosión; sin embargo, el coste de una protección concreta es significativamente menor que la alternativa (muchos años de purge de un gran volumen de aire).

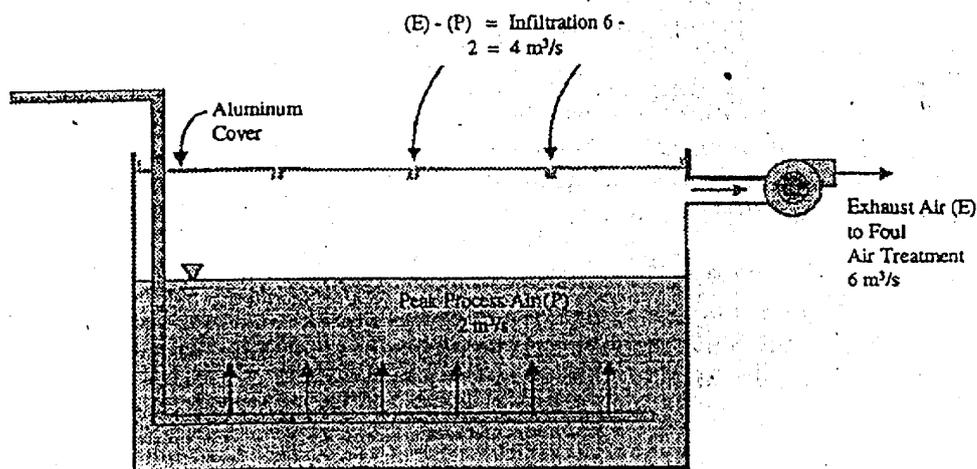


Figura 2: Canales/Tanques cubiertos

La presión negativa desarrollada en el espacio libre de cubierta es función de la velocidad a través de las aperturas de la cubierta. Para calcular la presión establecida en la cubierta se puede emplear la ecuación 1, que expresada como la típica ecuación de pérdida de presión sería:

$$\Delta p = C_L \cdot V_P$$

Donde : C_L = coeficiente de pérdida.
 V_P = presión de velocidad.

Se ha recomendado el valor de 1,78 para el coeficiente de pérdida (American Conference of Governmental Hygienist, 1980), así:

$$\Delta p = 1,78 \cdot V_P$$

En cubiertas solidamente fijadas o permanentemente selladas, que no tienen que ser retiradas frecuentemente y que tienen pocas entradas de conducciones o juntas, las entradas de aire exterior pueden establecerse para ajustarse al área calculada. Sin embargo, para cubiertas típicamente móviles, con muchas juntas o aberturas, la determinación de la presión de velocidad por la medida o cálculo del área de grietas y aberturas resulta imposible. La relación entre el flujo y la consecuente presión debe ser establecida empíricamente.

5.3.1.2.- Estudio Empírico:

Brown and Caldwell han realizado una serie de estudios con cubiertas planas de aluminio con objeto de determinar qué presión negativa debería ser establecida bajo la cubierta y de encontrar una correlación entre la presión negativa y el caudal de aire, en términos de flujo de aire por área de cubierta.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los estudios realizados con

este tipo de cubiertas. Se averiguó también, durante el estudio de King County que aproximadamente la mitad del aire extraído se infiltró a través de la superficie de la cubierta y la mitad a través de la conexión perimetral entre el aluminio y el hormigón.

Localización del estudio	Flujo de Aire m ³ /s/m ² cubierta	Presión establecida Pa	Notas
1	0,0076	12	Cubiertas sin juntas aberturas sin tapar
2	0,0076	25	Cubiertas sin juntas tapado el perímetro
3	0,0061	50	Con juntas, no tapado
4	0,0051	25	
5	0,0061	10	Sin juntas
6	0,0051	2	Sin juntas, con muchas entradas de conducciones

1,2 Estudio Piloto, King County's East Section WWTP, 1993

3 Estudio en cubiertas instaladas, King County's East Section WWTP, 1995

4 Sioux City, Iowa WWTP

5 Ciudad de Edmonton, 1996

Basándose en estos resultados, se puede emplear el valor de 0,005 m³/s/m² para conseguir una presión suficiente. El empleo de cubiertas con buenas juntas permitirá reducir el cauda, pero deberá hacerse estudios concretos para reducir sustancialmente estas tasas.

5.3.2.-Construcción de cubiertas.

El diseño de las cubiertas, su fabricación y los métodos de instalación determinan

la estanqueidad de las mismas y del sistema de captación.

La liberación de olores es mucho mayor en las zonas de turbulencia, por lo que la retención del aire contaminado en un proceso no siempre necesita la cubrición de la superficie total que ocupe el mismo, lo que limita el coste (ej. decantadores primarios).

Los factores que se deben considerar en la construcción de cubiertas son:

Resistencia	Condiciones medioambientales; corrosión ; carga.
Permanencia	Fijas o móviles
Accesibilidad / visibilidad	Escotillas; paneles transparentes; bisagras; contrapesos
Estética	Reflejo del sol ; oxidación de la superficie.
Sellado	Juntas; tapado de grieta ; permanentemente sellado
Aberturas de entrada de aire	Diseñado o a través de grietas

Los problemas de corrosión en las cubiertas y los equipos bajo las mismas pueden ser evitados seleccionando los equipos, materiales y revestimientos apropiados.

Los materiales que han sido utilizados con éxito en cubiertas son :

- ▶ Hormigón revestido.
- ▶ Hormigón forrado de PVC.
- ▶ Acero revestido.
- ▶ Acero inoxidable.
- ▶ Aluminio.
- ▶ Plásticos.
- ▶ Fibra de Vidrio.
- ▶ Forjado.

Los revestimientos de hormigón y acero incluyen brea epoxi, vinilos y pinturas epoxis.

Una gran proporción de hormigón reduce la infiltración de aire pero disminuye la accesibilidad y necesita protección contra la corrosión.

El aluminio es probablemente el material más empleado y se encuentran proveedores muy fácilmente.

La fibra de vidrio ofrece una excelente resistencia a la corrosión, pero su periodo de vida es claramente inferior que la del aluminio.

Las estructuras de forjado son una opción más reciente.

El acero inoxidable ha demostrado una excelente resistencia a la corrosión en muchas aplicaciones de agua residual, sin embargo ciertos tipos como el 304 y el 316 pueden ser atacados por los vapores de cloro.

El aluminio y la fibra de vidrio parecen ser los tipos de cubiertas más comúnmente usados en aplicaciones de agua residual. Las cubiertas de aluminio se montan en armaduras planas (a nivel) o elevadas. Las de plástico reforzado con fibra de vidrio pueden tener forma arqueada o ser nervadas u onduladas. Las ventajas de estos dos tipos de cubiertas se resumen en la siguiente tabla:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cubiertas de Aluminio	
Con juntas. Peso ligero. No se degrada por U.V. Resistente al H ₂ S. Larga vida. Fácil de modificar (compuertas). Disponibilidad de canalones de drenaje.	Mayor pandeo. Superficie resbaladiza. Color no uniforme. Superficie brillante. Mantenimiento de juntas.
Cubiertas de fibra de Vidrio.	
Solidez. Larga vida. Resistencia a la corrosión y oxidación. Los de forma arqueada pueden tener puertas o ventanas.	Pesados (panales de menor tamaño). Potencial degradación por U.V. Superficie irregular para caminar sobre ella. Limitaciones en la distancia sin canaladuras.

Los gases olorosos contenidos bajo las cubiertas pueden ser extremadamente corrosivos y tóxicos. Las cubiertas planas de bajo perfil se deben diseñar para minimizar el espacio libre tanto como sea posible. La reducción del espacio libre sirve también para disminuir el volumen de renovación de aire y, consecuentemente, la capacidad de las instalaciones de tratamiento de olores.

Todos los controles eléctricos deberían de tener protecciones contra explosión y situarse fuera de las áreas cubiertas.

Las cubiertas se pueden fabricar para cualquier forma del tanque y generalmente se diseñan para resistir las cargas de nieve normales (donde nieve).

La resistencia estructural para una cubierta vendrá dictada por las cargas de trabajo necesarias. Por ejemplo, en decantadores primarios rectangulares puede ser necesaria una cubierta capaz de soportar el paso de grúas (para retirar y reinstalar equipos pesados de extracción de fangos).

Un aspecto muy importante para la operación y el mantenimiento es el acceso a la zona bajo la cubierta. Frecuentemente, si las cubiertas son pesadas y difíciles de manejar se dejan abiertas, lo que provoca cortocircuitos en el flujo de aire y anula el sistema de control de olores. Deberían ser ligeras y fáciles de manejar por el operario.

Si la retirada de la cubierta debe hacerse manualmente el peso no debe superar los 45 Kg, para que pueda ser levantada por dos personas. Si se instalan cubiertas móviles o incapaces de soportar carga, debe preverse una barandilla, ya sea de un modo fijo o por algún método que permita su instalación temporal.

Las cubiertas por donde deban pasar los operarios de forma rutinaria deberían tener una superficie antideslizante y un pandeo mínimo, para seguridad personal.

Cuando las cubiertas se han diseñado para cargas típicas que sólo permiten una o dos personas, se debe señalar con señales de peligro para prevenir una sobrecarga.

Resultaría muy conveniente incluir un acceso visual sobre la cubierta. Se pueden emplear escotillas de plástico transparente pero, frecuentemente, la condensación o la suciedad hacen difícil mantenerla limpia. En estos casos, una escotilla ligera de aluminio con bisagras, que es fácil de abrir y cerrar, proporciona un sencillo control visual a los operarios.

5.4.- CAMPANAS DE EXTRACCIÓN.

La función de las campanas de extracción es capturar el aire contaminado tan cerca de la fuente como sea posible y con un caudal de aire tan pequeño como sea posible.

Idealmente, para una captura máxima, la campana debe estar conectada y encerrar completamente el elemento del equipo donde se liberan olores. Esto no siempre es posible debido a razones de accesibilidad y visibilidad. Por ejemplo, los filtros banda se equipan frecuentemente con una campana rectangular sobre el equipo para capturar los olores y vapores liberados, pero también ha de permitir el acceso de operarios. Por tanto, la campana se debe colocar tan ajustada como sea posible.

La velocidad del aire para arrastrar las emisiones olorosas en el punto de liberación debería estar en el rango de 0,25 a 0,50 m/s. Por ejemplo, una campana de filtro banda con unas dimensiones de superficie de entrada de 8 m x 3 m necesita crear un caudal de captura mínima de 6 m³/s. Si la superficie de la campana se sitúa en el punto de liberación de contaminantes, este será igual a la velocidad a través de la abertura de la campana. Como la campana está a cierta distancia sobre el punto de liberación, el caudal necesita incrementarse de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q_n = Q_c \frac{10X^2 + A}{A}$$

donde : Q_n = caudal de la campana, m³/s.

Q_c = caudal de captura, m³/s.

A = área del frente de la campana, m².

X = distancia vertical desde el extremo superior al punto de liberación, m.

Aún en el límite inferior del rango (0,25 m/s), esto resultaría en un caudal de campana de 9.600 m³/s si por ejemplo la campana se situara a 1,2 m sobre el punto de liberación.

Los caudales de aire se reducirán captando el aire contaminado localmente en el punto de liberación; por ejemplo, en la cámara de alimentación del espesador de gravedad, la tolva de fango del filtro banda, el punto de transferencia al transportador, o encerrando totalmente el equipo.

Las campanas se deben construir en el mismo material que los conductos de extracción.

5.5.- RED DE EXTRACCIÓN Y VENTILACIÓN.

Se debe estimar la capacidad total de extracción con un cálculo pormenorizado en cada uno de los elementos cubiertos. Para la selección de los ventiladores se debe tener en cuenta, además, las pérdidas de carga del sistema de conducciones.

Las redes de extracción se construyen en una amplia variedad de materiales, como son:

- ▶ Acero galvanizado.
- ▶ Aluminio.
- ▶ Acero inoxidable.
- ▶ Fibra de vidrio.
- ▶ Plásticos.

La elección del material depende principalmente del ambiente externo y de la corrosividad del aire conducido. Se debe emplear el material más económico que satisfaga las necesidades de resistencia a la corrosión.

En la siguiente tabla se presenta una comparación de los materiales de las conducciones. Cuando se diseña una red de extracción en fibra de vidrio o plástico, se debe tener en cuenta la dilatación longitudinal, que es varias veces superior que la de los conductos metálicos.

Tabla 4: Características de los diferentes materiales de los sistemas de extracción

Ductwork Material	Corrosion Resistance	Installed Cost	Typical Cross-Sections	Comments
Galvanized Steel				Used in non-corrosive environment
Aluminum				Normal life span. Has moderate corrosion resistance.
Fiberglass				Vinyl ester preferred. Rectangular very costly. Indoors needs fire protection.
Stainless Steel				Use grade 316 when acids are present.
PVC				Not available in larger diameters
High-Density Polyethylene				Often used for underground application
Key: Most favorable Least favorable		Key: Round Rectangular		

El tamaño de los conductos se calcula en función de la velocidad y las pérdidas por fricción del aire.

Si las instalaciones se usan intermitentemente, puede ser más económico aumentar un poco las pérdidas típicas por fricción.

El espesor de pared del conducto vendrá determinado por el tipo de conducto

necesario para soportar la presión, positiva o negativa, en el conducto.

A continuación se sugieren una serie de criterios de diseño para los conductos:

- ▶ Velocidad del aire: < 13 m/s.
- ▶ Pérdida por fricción: 8-12 Pa/m.
- ▶ Velocidad de salida: 15 m/s.
- ▶ Rango de presiones internas típicas: 500-2.300 Pa.

Se pueden soportar mayores presiones en función del sistema de control de olores seleccionado, en particular los biofiltros, donde se pueden generar presiones superiores a los 4 Kpa, empleándose entonces tuberías como conductos de aire.

La mayoría de los sistemas de conducción de aire viciado sufren condensación interna debido al aire procedente de las captaciones sobre el agua residual caliente, que al ser conducido por el exterior o subterráneamente entran en contacto con un ambiente más frío. Debe preverse un mecanismo de drenaje continuo de los conductos.

5.6.- CONSIDERACIONES SOBRE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD PERSONAL.

Ya se ha resaltado la importancia de mantener cerrados los accesos a las zonas cubiertas, que se debe tener en cuenta incluso en el diseño de los mismos. El equivalente en las salas desodorizadas son las puertas y las ventanas.

Es muy típico en plantas donde el pretratamiento o el secado de fangos se encuentran encerrados en un edificio para su desodorización encontrarse los portales de entrada de camiones completamente abiertos, con los consiguientes escapes de olores y alteraciones del esquema de distribución y captación de aire.

Cuando un elemento que produce olores se deja fuera de servicio y debe ser abierto y ventilado para su limpieza y mantenimiento, se deben tomar las medidas adecuadas para asegurar el funcionamiento correcto del sistema de captación y tratamiento de olores. En sistemas conectados a múltiples unidades iguales, se requiere el aislamiento para evitar flujos desequilibrados, que cortocircuitarían el aire en el sistema de conducción.

Por otra parte, la limpieza de una unidad fuera de servicio puede necesitar equipos de ventilación y equipos de control de olores móviles, así como paneles de acceso.

Se debe prestar especial atención a la seguridad del personal en lugares donde se puedan acumular gases peligrosos susceptibles de producir riesgos.

Existen dos riesgos fundamentales:

- ▶ Los olores son gases y debe emplearse el procedimiento establecido de entrada en lugares confinados, puesto que estos pueden desplazar al oxígeno.

- ▶ Diversos gases son tóxicos.

La siguiente tabla corresponde a las recomendaciones de seguridad propuesta por la Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS):

GAS	DENSIDAD	PRINCIPALES PROPIEDADES	EFFECTOS EN EL ORGANISMO	EXPOSICIÓN MÁXIMA EN 60 MIN. (% AIRE)	FUENTES DE PROCEDENCIA	LUGARES DONDE APARECE
Sulfuro de Hidrógeno. H₂S	1,19	Es incoloro, inflamable, explosivo y venenoso. Olor a huevos podridos. El olfato pierde sensibilidad	Provoca la muerte en pocos minutos a 0,2 %. Paraliza los centros nerviosos.	0,02 %	Humos de petróleo y procesos de anaerobiosis	Alcantarillado, entrada de agua bruta, tratamiento de fangos.
Metano. CH₄	0,55	Inodoro, insípido, incoloro, no venenoso, inflamable, explosivo.	Desplaza al oxígeno de los tejidos y produce la asfixia.	-----	Gas natural, gas combustible elaborado, biogás, gas de alcantarilla.	Alcantarillado, tratamiento de fangos.
Monóxido de Carbono. CO	0,97	Incoloro, inodoro, no irritante, insípido, inflamable, explosivo.	La hemoglobina tiene afinidad por este gas y causa la muerte por falta de oxígeno. Del 0,20 al 0,25 % provoca la pérdida del conocimiento en 30 minutos.	0,04 %	Gas combustible elaborado, producto de mala combustión.	Digestión.
Dióxido de Carbono. CO₂	1,53	Incoloro, inodoro, no inflamable.	Al 10 % no se resiste. Actúa sobre los centros nerviosos de la respiración.	4,6 %	Se desprende de los estratos carbonosos de la combustión.	Tratamiento de fangos y colectores.
Hidrógeno. H₂	0,07	Incoloro, insípido, inodoro, no venenoso, inflamable, explosivo. Propaga la llama rápidamente.	Actúa desalojando al oxígeno de los tejidos. Es un asfixiante simple.	-----	Gas combustible elaborado.	Tratamiento de fangos.
Nitrógeno. N₂	0,97	Incoloro, inodoro, insípido, no inflamable, no venenoso. Constituye el 79 % del aire.	Actúa desalojando al oxígeno de los tejidos. Es un asfixiante simple.	-----	Gas de alcantarilla.	Alcantarillado.
Etano. C₂H₆	1,05	incoloro, inodoro, insípido, inflamable, no venenoso, explosivo.	Actúa desalojando al oxígeno de los tejidos. Es un asfixiante simple.	-----	Gas natural.	Tratamiento de fangos.
Cloro. Cl₂	2,49	Color real amarillo.	Irrita la garganta. Mortal en altas concentraciones.	0,0004	Tanques de cloro y conductos de alimentación.	Desinfección.

Fuente : AEAS

Se deben instalar alarmas, con indicador audible y visual, que se disparen al sobrepasar un porcentaje de nivel máximo admisible o al fallar el sistema de ventilación.

Antes de entrar en cualquier espacio cerrado donde exista una atmósfera potencialmente peligrosa, los trabajadores deben examinar la diferencia de oxígeno y la presencia de gases o vapores combustibles o tóxicos.

Los gases nunca se deben tratar con un método de control de olores que pudiera enmascarar su presencia, haciéndolos menos detectables por los sentidos de los empleados.

5.7.- TRATAMIENTO DE AIRE CONTAMINADO.

Por razones prácticas, la mayoría de los sistemas de tratamiento de aire maloliente se diseñan y operan en función de un número limitado de compuestos olorosos específicos, que se emplean como factor de control en cada situación.

5.7.1.- Caracterización de los compuestos olorosos de control.

En el diseño de un nuevo sistema se debe conocer los compuestos específicos o tipos de compuestos a tratar. El diseño se asemeja al de una EDAR en lo siguiente:

- ▶ Se deben establecer estándares de emisión.
- ▶ Se deben estimar el caudal a tratar tan exactamente como sea posible.
- ▶ Se deben identificar los contaminantes y su concentración de entrada.
- ▶ Se debe definir la variabilidad en concentración de contaminantes.
- ▶ Se debe determinar el grado de fiabilidad del sistema.

La identificación de las concentraciones de entrada no es fácil. El sistema de ventilación y captación que lleva el aire al tratamiento tendrán un efecto determinante en estas concentraciones y en su variabilidad. Puede ser necesario instalar previamente una planta piloto.

Es más, la forma en que se operan los procesos de la EDAR y estaciones de bombeo con frecuencia dictarán las concentraciones y su variabilidad. Si un bombeo opera intermitentemente puede producir picos de contaminación. Los métodos para minimizar esta oleada de olor suelen ser más rentable que dimensionar el sistema de tratamiento de aire para estas concentraciones punta.

Además, su existencia influirá en la elección del sistema de tratamiento, puesto que algunos de ellos tienen problemas para adaptarse a grandes cambios en concentración.

Si un sistema de tratamiento de aire existente no proporciona el suficiente control, se debe examinar para determinar el problema. Puede haber uno o más problemas mecánicos, químicos y/o de operación, por lo que se debe analizar el rendimiento bajo varios condicionantes. El fallo se puede deber a un diseño inadecuado por una información no correcta sobre los compuestos a tratar. El problema más común es el infradimensionamiento, ya sea por diseño o por evolución a lo largo de la vida del sistema. Cuando se pueda, debería intentarse acomodar las condiciones de operación al diseño original.

5.7.2.-Tipos de sistemas de tratamiento.

A continuación se resumen los diferentes sistemas de control de olores:

- ▶ Descarga atmosférica y dilución.

- ▶ Agentes enmascarantes y productos químicos neutralizantes.

- ▶ Captación, conducción y tratamiento.
 - Absorción.
 - Lavado (con oxidación química).
 - Condensación.

 - Adsorción.
 - Carbón activo.

 - Oxidación.

-Térmica (incineración).

●Biológico.

-Proceso biológico existente (fango activado o lecho bacteriano).

-Biofiltración (suelo o compost).

●Químico (contactores de ozono).

Entre ellos destacan el lavado químico con oxidación por reactivos químicos u ozono, el carbón activo y los filtros biológicos.

6.- DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES ADOPTADAS EN LA CAPTACIÓN:

6.1.- JUSTIFICACIÓN:

Cuando se produce la emanación de olores en una planta depuradora, frecuentemente se lleva a cabo la retención del aire contaminado mediante el empleo de edificios y cubiertas. La captación y el tratamiento del aire de estos recintos minimizan la fuga de olores.

Los sistemas de captación del aire contaminado se situarán en los focos de emanación de olor, se va a tratar cada foco de manera individual.

Se va a diseñar un sistema de cubiertas y muy ajustado, reteniendo y captando el aire contaminado directamente en la fuente, lo que permitirá minimizar la cantidad de aire que debe ser tratado.

6.2.- DESCRIPCIÓN DE CADA ZONA DE ACTUACIÓN:

Las zonas a tratar son:

- Pozo de Gruesos.
- Tornillos de Arquímedes.
- Tamices inclinados estático autolimpiante. Desbaste.
- Contenedores de residuos.
- Arquetas de mallas.

6.2.1.- POZO DE GRUESOS:

En el edificio de obra de llegada se encuentra el pozo de gruesos, donde el agua bruta recibe los primeros tratamientos físicos.

Al pozo de gruesos entran dos colectores: el general y el que recircula la planta.

Aquí el agua bruta está en constante movimiento desprendiendo olor. Aquí se va a instalar una cubierta móvil, de forma que la cuchara que limpia el pozo pueda actuar.

La cubierta se situará a una altura de 5,74 m desde el fondo del pozo, justo donde se anclan las rejas del tratamiento físico. El nivel de agua bruta en el pozo es de 1 m de forma constante.

El Pozo de Grueso será confinado mediante una cubierta de PVC móvil, con anclajes, bastidores de aluminio anodizado. La cubierta a su vez se dividirá en tres cubiertas móviles independientes mediante un mecanismo eléctrico para que la cuchara pueda retirar los residuos, y una vez retirado quede el pozo cerrado de forma hermética. Las placas de PVC serán de 11 mm según indicación del fabricante.

La cubierta será de PVC transparente, para poder tener control visual de la instalación. Las guideras también serán de aluminio porque aguanta los ambientes ácidos. Se instalará un ventilador, con el mismo caudal que el extractor, para favorecer la ventilación en el pozo de gruesos y de esta forma eliminar el aire contaminado.

Se ha elegido el PVC por sus características:

- Alta resistencia química.
- Uso exterior e interior.
- Es impermeable.
- Peso relativamente bajo.
- Alta resistencia mecánica.
- Inalterabilidad a los rayos UV.
- Económico.

6.2.2.- TORNILLOS DE ARQUÍMEDES:

Se sitúan fuera del edificio de obra de llegada y sirve para elevar el agua residual al edificio de desbaste. Las características de dichos tornillos están en el **ANEXO 4**.

Existen 4 tornillos dispuestos de forma paralela. Aquí se van a colocar unas cubiertas de PVC que independice cada tornillo. Las características de la cubierta son las mismas que las del pozo de gruesos. Se va a utilizar los mismos materiales y anclajes, siendo las cubiertas móviles.

Para conseguir que se extraiga la cantidad de aire contaminado se dispone de que la parte inferior no sea cubierta y colocando el extractor en la parte superior de los tornillos. De esta forma conseguimos una constante ventilación.

6.2.3.-TAMICES INCLINADOS DE DESBASTE:

Los tamices inclinados de desbaste se sitúan en el edificio de desbaste. Es una operación unitaria de separación que retiene los sólidos existentes en el agua residual y los envía a un contenedor por medio de unas cintas transportadoras donde se acumulan hasta que la empresa que está contratada para su posterior tratamiento los retire.

La solución que adoptamos en los tamices es situar en la base del tamiz que esté funcionando un sistema de extracción móvil, de forma que dicho extractor pueda situarse indistintamente en el tamiz que esté funcionando. De esta forma los operarios no tendrían dificultad para acceder a dichos tamices inclinados.

6.2.4.- CONTENEDORES:

Hay 4 contenedores que se sitúan en distintas localizaciones y que sirven para ir acumulando los residuos que se van separando del agua bruta. Estos residuos tienen un fuerte olor, y por tanto también serán tratados con un sistema de campanas extractoras, que estarán situadas lo más cerca posible (en altura) a los contenedores.

El primer contenedor se sitúa en el pozo de gruesos, donde recibe los residuos que va aportando una cuchara hidráulica que cuelga de un puente grúa.

Dicho contenedor está apoyado sobre unos raíles de renfe para facilitar la recogida por parte del camión y la sustitución por otro vacío cuando esté lleno de residuos.

Tiene unas medidas de 4 m x 2m, y tiene un volumen de 3 m³.

El segundo contenedor de similares medidas se sitúa en el edificio de desbaste y éste contenedor van a parar todos los residuos separados en los tamices por medio de cintas transportadoras. También tiene acceso directo el camión que lo retira.

El tercer contenedor se sitúa en el exterior, en la parte lateral del desarenador, donde van a parar las arenas clasificadas mediante dos cintas transportadoras.

El cuarto contenedor se sitúa en el exterior y aquí van a parar los residuos del desengrasador.

El tercer y cuarto contenedor al estar en el exterior no se va desodorizar puesto que el olor se diluye con el aire libre, y un sistema de captación de gases tipo campana debería de tratar muchísimo caudal de aire ya que se tendría que situar la campana a una cierta altura, elevando de esta manera el coste energético, el caudal de aire a tratar, y por tanto el dimensionado de las torres de absorción química.

En los contenedores se va a colocar campanas extractoras situadas s 0,5 m por encima de dichos contenedores, donde la campana sobresale 20 cm. Por cada lado del contenedor. Para confinar más la fuente de olor se van a colocar faldones en tres lados del contenedor exceptuando donde se realiza la descarga. Dicha campana y faldones serán también de PVC por sus características especiales.

7.- ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS PARA TRATAR EL AIRE VICIADO.

Según el estado actual de la tecnología, los sistemas de desodorización técnica y económicamente viables son:

7.1.- 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 así 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.

7.1.1.- Tipos de Incineración:

Existen tres tipos de incineración:

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

► Incineración 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 absorbente que 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 ésta 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 cuando la concentración y el poder calorífico de los

componentes son suficientes.

► Incineración Catalítica Regenerativa: Es más avanzada y está en desarrollo.

7.1.2.-Ventajas e inconvenientes.

► Ventajas:

- Bajos costes iniciales.
- Posibilidad de recuperación de energía para otros fines.

► Inconvenientes:

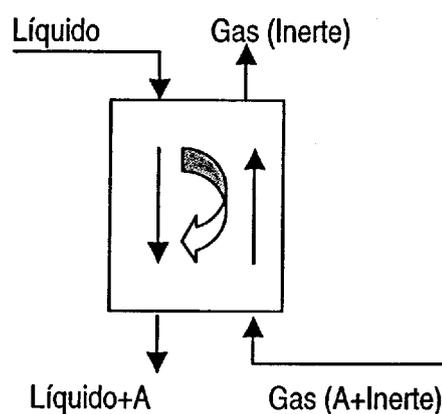
- Alto coste energético.
- Formación de productos gaseosos de combustión como los óxidos de azufre y de nitrógeno, los cuales son contaminantes y corrosivos.

7.2.- ABSORCIÓN Y OXIDACIÓN QUÍMICA EN TORRES DE LAVADO.

Muchos procesos comerciales de absorción de gases implican sistemas en cuya fase líquida tiene lugar reacciones químicas. Generalmente, tales reacciones aumentan la velocidad de absorción y la capacidad de la fase líquida para disolver al soluto, si se comparan con sistemas con absorción física pura. (Perry-Green).

Los sistemas de contacto gas-líquido se utilizan para transferencia de masa, energía y cantidad de movimiento entre fases, bajo las restricciones del equilibrio físico y químico. El equipo de procesamiento para tales sistemas se diseña para realizar las operaciones de transferencia apropiadas con un mínimo gasto de energía e inversión de capital. (Perry-Green).

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 S). 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.

7.2.1.- Cuestiones de Diseño:

Las cuestiones generales para el diseño de un sistema de absorción son:

-Selección del disolvente: Se hará en función de la solubilidad del gas y de la volatilidad, viscosidad, manejabilidad y coste del disolvente.

-Datos de equilibrio.

-Selección del equipo de contacto: torres de platos, de relleno, etc.

-Dimensionado del equipo: altura y diámetro.

-Selección del tipo de relleno.

Seguidamente a la absorción tiene lugar la oxidación química. En este proceso se da la reacción entre un componente B, presente en la fase líquida, y el soluto A absorbido anteriormente. Mediante la oxidación química se aumenta la velocidad de absorción.

El problema principal del estudio de este tipo de sistema es la expresión de la velocidad global, porque hay que tener en cuenta dos velocidades: velocidad del transporte de materia en la absorción y velocidad de reacción química en la oxidación química.

7.2.2.-Aplicación del proceso de absorción y oxidación química al componente principal de la fase olorosa: ácido sulfhídrico.

Los sistemas que utilizan procesos de absorción, para la eliminación de

compuestos gaseosos (y típicamente los de oxidación química), son denominados comúnmente SCRUBBERS.

Como se comentó anteriormente, los procesos de absorción consiste en la transferencia de olores de la corriente de gas a líquido. La transferencia de gas a la fase líquida se controla mediante la Ley de Henry. La constante de ionización en la Ley de Henry para el sulfhídrico es alta; es decir, la solubilidad del gas sulfhídrico en agua es relativamente baja. La baja concentración de SH₂ molecular en la fase líquida se obtiene aumentando el pH de la solución limpiadora con el fin de ionizar el gas sulfhídrico a H⁺ y HS⁻.

La solubilidad del sulfhídrico se controla por medio del equilibrio acuoso, el cual convierte las sustancias sulfhídricas de acuerdo con la siguiente correlación:



donde Ka es la constante de ionización.

Dado que la ionización anterior tiene lugar instantáneamente, la solubilidad del sulfhídrico aumenta con un pH creciente de acuerdo con la tabla siguiente:

pH	Porcentaje de SH ₂	Porcentaje de SH ⁻
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

pH	Porcentaje de SH ₂	Porcentaje de SH ⁻
8,5	2,8	97,0
9	0,89	99,11

Fuente: Aqualia.

Las torres de lavado alcalinas emplean un pH elevado, para eliminar el sulfhídrico de una corriente de aire viciado. El sulfhídrico no se destruye en estas torres, siendo simplemente transformado a una solución.

Puede decirse de estas correlaciones que no es probable que este tipo de torres funcione con un pH inferior a 9. No obstante al incrementar el pH por encima de 11 comenzarán a aparecer sedimentos. Estos sedimentos consisten en carbonato cálcico siendo originados por la reacción del calcio contenido en el agua (dureza) a pH alto. El carbonato cálcico tiene una solubilidad característica que es inversa a la encontrada para el sulfuro (esto es, que la solubilidad del carbonato decrece con el incremento de pH).

El grado de sedimentos de carbonato cálcico es una función de la dureza del agua y la cantidad de dióxido de carbono presente en el gas que se va a lavar, por consiguiente la selección del pH de trabajo y la cantidad de agua a emplear dependerá del coste que suponga el problema de la sedimentación. En la mayoría de los casos los problemas originados por la sedimentación impiden operar a pH superiores a 12,5.

Dependiendo del número de etapas podemos distinguir dos tipos de sistemas:

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

El gas a lavar entra por la parte inferior de la primera torre impulsado por un

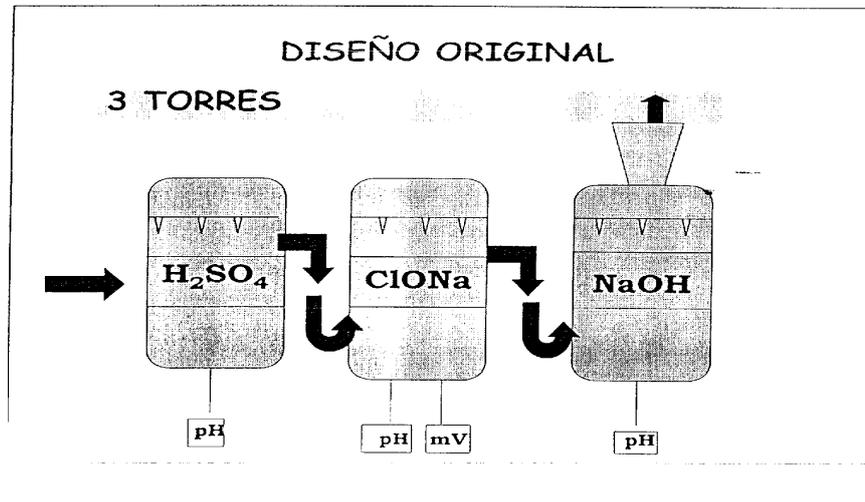
ventilador que proporciona el caudal y presión necesarios para aspirar el aire y hacerlo pasar por las dos torres.

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 redox. Para mantener la solución en pH alcalino se adiciona 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 sódico comercial e hidróxido sódico comercial, por ejemplo).

► Sistemas de tres etapas: El aire a desodorizar en depuradoras de aguas presenta en muchas ocasiones amoníaco, ácido sulfhídrico 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 un lavado (ácido para eliminar amoníaco 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. En efecto, 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 mediante la correspondiente bomba dosificadora.



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.

Entre los sistemas de lavado se encuentran:

7.2.2.1- Torres de Platos:

Las columnas de platos utilizadas para producir el contacto líquido-gas se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de flujo en sus dispositivos internos de contacto:

- a) Platos con flujo cruzado.
- b) Platos con flujos en contracorriente.

a) El plato con flujo cruzado utiliza un conducto o bajante de descarga del líquido y se suele emplear más que el flujo en contracorriente, porque presenta como ventajas mayor eficacia en la transferencia y un intervalo de condiciones de operación más amplio. El patrón de flujo del líquido en un plato con flujo cruzado se puede controlar colocando bajantes para lograr la estabilidad deseada y la eficacia de la transferencia.

Debe tenerse en cuenta que la fracción del área transversal de la columna disponible para los dispositivos de dispersión del gas disminuye al utilizar más de un bajante de descarga. Por esto, el diseño óptimo del plato implica un balance entre la adecuación del flujo del líquido y el uso eficaz de la sección transversal para el flujo del gas.

Tabla: Selección de la disposición de flujo en platos de flujo cruzado.

Diámetro estimado de la columna, ft.	INTERVALO DE CAUDAL DE LÍQUIDO, gal/min			
	Flujo Inverso	Flujo cruzado	Doble paso	Doble paso en cascada.
3	0-30	30-200		
4	0-40	40-300		
6	0-50	50-400	400-700	
8	0-50	50-500	500-800	
10	0-50	50-500	500-900	900-1.400
12	0-50	50-500	500-1.000	1.000-1.600
15	0-50	50-500	500-1.100	1.100
1.800	0-50	50-500	500-1.100	1.100-2.000

Bolles, Design of Equilibrium Stage Processes, McGraw-Hill, 1963

La mayoría de los nuevos diseños de platos de flujos cruzados utilizan perforaciones para la dispersión del gas en el líquido. Estas perforaciones pueden ser simples orificios circulares, o pueden disponer de “válvulas” móviles que configuran orificios variables de forma no circular. Estos platos perforados se denominan platos de malla o plato de válvulas.

En los primeros debe evitarse que el líquido fluya a través de las perforaciones, aprovechando para ello la acción del gas; cuando el flujo de gas es lento, es posible que parte o todo el líquido drene a través de las perforaciones y se salte porciones importantes de la zona de contacto. El plato de válvula está diseñado para minimizar este drenaje o goteo, ya que la válvula tiende a cerrarse a medida que el flujo de gas se hace más lento, por lo que el área total de orificio varía para mantener el balance de presión dinámica a través del plato.

Históricamente, el dispositivo de dispersión de gas más utilizado para platos de flujo cruzado ha sido la campana de burbujeo. Este dispositivo incorpora un sello hidráulico que evita el drenaje de líquido para baja velocidad del flujo de gas.

b) En los platos en contracorriente, el líquido y el gas fluyen a través de las mismas aberturas. Por ello no disponen de bajantes. Las aberturas suelen ser simples perforaciones circulares de diámetro comprendido entre 3-13 mm o hendiduras largas de anchura entre 6-13 mm. El material del plato puede plegarse para separar parcialmente los flujos de gas y líquidos. En general, el gas y el líquido fluyen de forma pulsante, alternándose en el paso a través de cada abertura. (Perry-Green)

7.2.2.2.- 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.

La existencia de datos es bastante limitada, además tiene un tamaño limitado debido a las partes móviles.

7.2.2.3.- Torres y Cámaras de Aspersión:

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

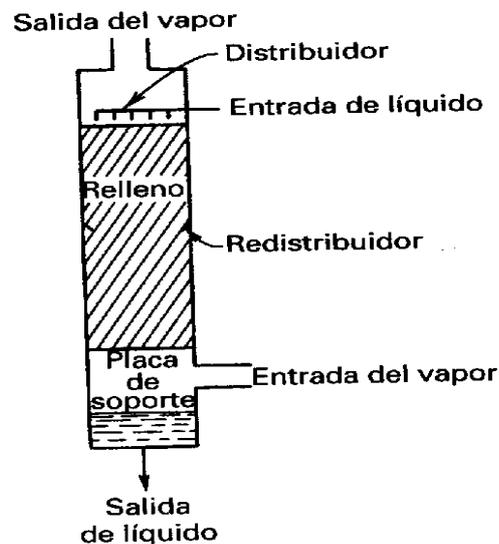
El coste de bombeo para el líquido es relativamente elevado, debido a la caída de presión a través de la boquilla atomizadora. La tendencia del líquido a ser arrastrado por el gas saliente es considerable, y los eliminadores de neblina son necesarios casi siempre.

El cambio de escala en estas torres es difícil, y al igual que los lavadores Venturi existe una limitación de datos.

7.2.2.4.- Columnas de Relleno:

Las columnas de relleno para contactos gas-líquido se utilizan ampliamente en operaciones de absorción, desorción y destilación. Normalmente las columnas se rellenan con material sólido en forma de partículas orientadas al azar, pero en un momento creciente de aplicaciones el relleno se dispone ordenadamente. En las columnas de relleno es característica la operación con flujo de las fases en contracorriente.

En comparación con las columnas de platos, las de relleno es un dispositivo sencillo.



Columna de relleno. Esquema.

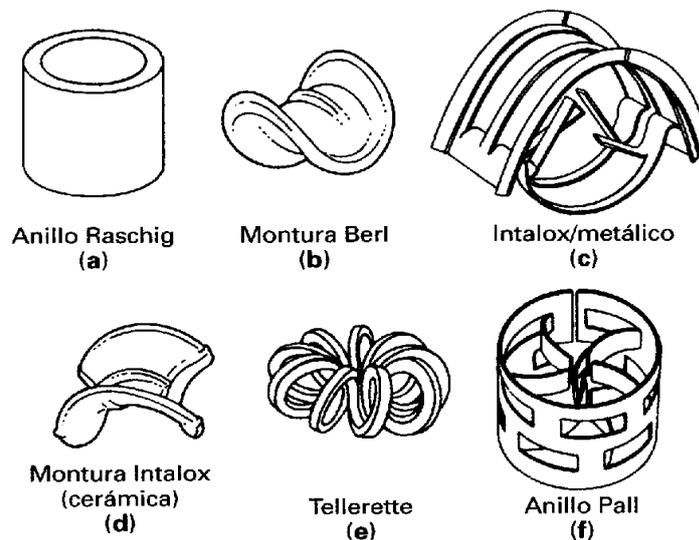
Una columna típica consta de una virola cilíndrica que contiene una placa soporte del relleno y un dispositivo para distribución del líquido, diseñado para proporcionar una irrigación efectiva del relleno. Puede añadirse otros dispositivos al lecho de relleno para redistribuir el líquido que, por formación de canales junto a la pared de la columna o por otras causas, puede perder la buena distribución a medida que desciende por el lecho.

En una misma virola pueden integrarse varios lechos, cada uno con un distribuidor y una placa soporte, formando una única columna. Por ejemplo, una columna de rectificación con zonas de rectificación y de agotamiento requiere un mínimo de dos lechos de relleno.

El aspecto clave en el diseño de una columna de relleno es la elección del material de relleno, que debe proporcionar un contacto eficaz entre las fases sin producir excesiva pérdida de carga. Se dispone de numerosos rellenos comerciales, cada uno de los cuales presenta ventajas específicas en coste, desarrollo superficial, regeneración de interfase, pérdida de carga, peso y resistencia a la corrosión.

Los lechos de relleno pueden dividirse en dos categorías: aquellos que contienen elementos de relleno dispuestos en la columna de forma aleatoria y aquellos que contienen elementos cuidadosamente instalados y diseñados específicamente para

ajustar a las dimensiones de la columna. Los primeros se llaman rellenos aleatorios y los segundos se denominan ordenados o estructurados.



Rellenos aleatorios típicos. Los tipos (c), (e) y (f) son atravesados por el flujo.

La tabla de características de rellenos estructurados está en el **ANEXO 3**.

Comparación entre columnas de relleno y de platos:

Las columnas de relleno se usan normalmente cuando no es factible utilizar las de platos debido a características indeseables de los fluidos o alguna exigencia especial de diseño. Las siguientes condiciones favorecen a las columnas de relleno:

► Si el diámetro de la columna es menor de 0,6 m (2,0 ft), el relleno es más barato que los platos, a menos que aquel deba ser de alguna aleación metálica.

► Las columnas de relleno pueden manejar ácidos y otros materiales corrosivos, porque pueden construirse de cerámica, carbono u otro material resistente.

► En operaciones críticas de destilación a vacío suelen presentar características deseables de eficacia y pérdida de carga.

► Los líquidos con tendencias a producir espuma pueden manejarse mejor en columnas de relleno porque en ellas el gas produce un grado relativamente bajo de agitación del líquido.

► La retención del líquido puede ser considerablemente menor en las columnas de relleno que de platos, lo que constituye una ventaja cuando el líquido es sensible al calor.

Por el contrario, las condiciones siguientes resultan desfavorables para las columnas de relleno:

► Si el gas o el líquido contienen sólidos, las columnas de platos pueden ser diseñadas para permitir más fácilmente la limpieza.

► Algunos materiales de relleno se rompen fácilmente durante su inserción en la columna o como resultado de las dilataciones y contracciones térmicas.

► Para caudales elevados de líquido, las columnas de platos resultan, con frecuencia, más económicas que las de relleno.

► En caso necesario, la incorporación de serpentines de refrigeración es más simple en las columnas de platos.

► Un caudal de líquido bajo conducirá a la humectación incompleta del relleno, lo que hará disminuir la eficacia del contacto.

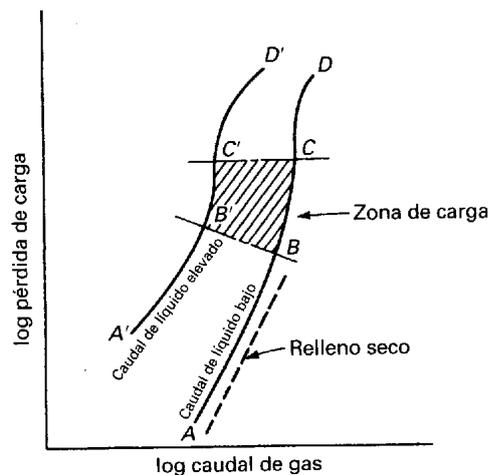
Hidráulica de la columna de relleno:

Cuando el caudal de líquido es muy bajo, el área abierta eficaz de la sección transversal del lecho no difiere apreciablemente de la que presenta el lecho seco y la

pérdida de carga se debe al flujo a través de una serie de diferentes aberturas en el lecho. Por ello, la pérdida de carga resultará aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad del gas.

Para caudales mayores, la presencia del líquido hace disminuir el área abierta eficaz y una parte de la energía de la corriente de gas se utiliza para soportar una cantidad creciente del líquido de la columna.

Cualquiera que sea el caudal de líquido, existe una zona en que la pérdida de carga es proporcional a la velocidad del gas elevada a una potencia distinta de 2 y que se denomina *zona de carga*.



Características de la pérdida de carga en una columna de relleno.

A medida que aumenta la retención del líquido, puede ocurrir uno de los dos cambios siguientes:

-Si el relleno consta de esencialmente de superficies extendidas, el diámetro efectivo de orificio se hace tan pequeño que la superficie del líquido se hace continua a través de la sección transversal de la columna, generalmente en la parte alta del relleno.

El ascenso en la columna de una fase continua formada por el líquido conlleva la inestabilidad de la columna. Con sólo un ligero cambio en el caudal de gas aparece un gran cambio en las pérdidas de carga. El fenómeno se llama *inundación* y es análogo al anegamiento por retención en una columna de platos.

-Si la superficie del relleno es de naturaleza discontinua, tiene lugar una inversión de fases y el gas burbujea a través del líquido. La columna no es inestable y puede volver a la operación con fase gaseosa continua mediante la simple reducción del caudal de gas. Como en la situación de anegamiento, la pérdida de carga aumenta rápidamente a medida que la inversión de la fase progresa.

Inundación y carga:

Puesto que la inundación o inversión de fase representa, normalmente, la condición de máxima capacidad para una columna de relleno, es deseable poder predecir su valor a la hora de efectuar un nuevo diseño. Se han desarrollado innumerables correlaciones generalizadas para el punto de inundación en columnas de relleno, aunque no existe curva específica de inundación. Hay tablas que presentan valores del factor del relleno junto con datos de las dimensiones generales de los distintos rellenos.

Placas soporte:

Aunque el propósito principal de una placa soporte del relleno consiste en retener el lecho sin producir una restricción excesiva a los flujos de gas y líquido, también sirve para distribuir ambas corrientes. A menos que se diseñe cuidadosamente, la placa soporte puede producir inundación prematura en la columna. Por tanto, el diseño de la placa soporte afecta de forma significativa a la pérdida de carga en la columna y a su zona de operación estable.

Puede usarse dos tipos básicos de placas soporte:

-En contracorriente.

-Con pasos separados para los flujos de gas y líquido.

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.

Retención de líquidos:

Se admiten tres tipos de retención de líquido en columnas de relleno:

- Estática.
- Total.
- En operación.

La retención estática es la cantidad de líquido que permanece en el relleno cuando éste ha sido humectado y luego drenado. La retención total es la cantidad de líquido en el relleno en condiciones dinámicas. La retención en operación se debe a la cantidad de líquido atribuible a la operación y se mide como la diferencia entre la retención total y la estática.

Distribución de líquidos:

La distribución uniforme del líquido en cabeza de columna es esencial para que esta funcione eficazmente. Esto se consigue mediante un dispositivo que rocíe uniformemente el líquido a través del plano superior del lecho del relleno.

Se usan distintos dispositivos para la distribución del líquido como son:

- Distribuidor con tubo perforado.
- Distribuidor de orificios.
- Distribuidor de vertederos.
- Distribuidor de elevador y vertedero.
- Tobera de rociado.

La falta de uniformidad en la distribución de las fases en una columna de relleno puede deberse a las causas siguientes:

- ▶ El distribuidor no reparte el líquido uniformemente a través de la sección transversal del lecho.
- ▶ El líquido fluye más fácilmente hacia la pared de la columna que en sentido contrario. El resultado es la formación de canalizaciones a lo largo de la pared, que puede acentuarse por la condensación de vapores debido a pérdidas de calor por la columna.
- ▶ La geometría del relleno inhibe la distribución lateral.
- ▶ Variaciones de la fracción de huecos debido a que el relleno no ha sido apropiadamente instalado.
- ▶ La alineación vertical de la columna no es correcta.

Efectos finales:

El análisis de la eficacia para la transferencia de materia de una columna de relleno debería tener en cuenta la transferencia que tiene lugar fuera del lecho, es decir, en los extremos de las secciones que contienen el relleno. Por debajo de la placa soporte del fondo de la columna puede establecerse buen contacto entre el gas alimento y el líquido de salida, así como el gas de salida puede establecer buen contacto con el líquido alimento, cuando se utilizan algunos tipos de distribuidores. El fondo de la columna es el mejor lugar para la transferencia de materia.

Área interfacial:

El área efectiva de contacto entre el gas y el líquido es la que participa en los procesos de intercambio de materia entre ambas fases. Puede ser menor que el área interfacial real, debido a la formación de zonas estancadas en las que el líquido alcanza la saturación y no participa en los procesos de transferencia.

Selección del disolvente:

El área efectiva no debe confundirse con el área humectada o mojada. La película de líquido que fluye sobre la superficie del relleno contribuye al valor de ésta área, pero el área efectiva incluye también contribuciones de regueros, goteos y burbujas de gas.

Debido a éste esquema físico complejo, el área interfacial efectiva es difícil de medir directamente.

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 H_2S son elevadas, también se usa hidróxido de sodio. El lavado con hipocloritos suele eliminar gases olorosos oxidables cuando las concentraciones de otros gases son

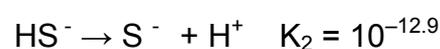
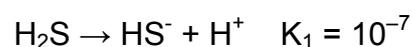
mínimas.

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.

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:



Distintos disolventes utilizados en torres de absorción son:

► Cloro gas, es el mas barato pero el que mas riesgos entraña para la seguridad y salud.

► Permanganato potásico (KMnO_4), tiene un elevado coste relativo. Oxida el H_2SO_4 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 MnO_2 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 H_2S y los olores orgánicos (metilmercaptanos, etc., prácticamente inexistentes en el presente proyecto), esta reacción es extremadamente rápida, por lo que se elimina el H_2S 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 H_2S (9 kg por kg de H_2S).

► Peroxido de hidrógeno (H_2O_2), 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 H_2O_2 oxida el H_2S , retarda la septicidad (añade O_2 disuelto), se requieren menores cantidades para eliminar la misma cantidad de H_2S (3 kg aproximadamente por kg de H_2S).

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).

GAS	RENDIMIENTO ELIMINACIÓN ESPERADO %
Sulfuro de hidrógeno	98
Amoníaco	98
Dióxido de azufre	95
Mercaptanos	90
Otros compuestos oxidables.	70-90

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

7.2.3.- Ventajas e inconvenientes de la absorción y oxidación química.

Ventajas:

- ▶ 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.

Inconvenientes :

- ▶ 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.

7.2.4.- 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.

El componente principal a separar es el sulfuro de hidrógeno de una mezcla gaseosa que serán los gases procedentes de los focos donde se produce olor en el pretratamiento de la EDAR “Guadalete”.

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 H_2S 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:



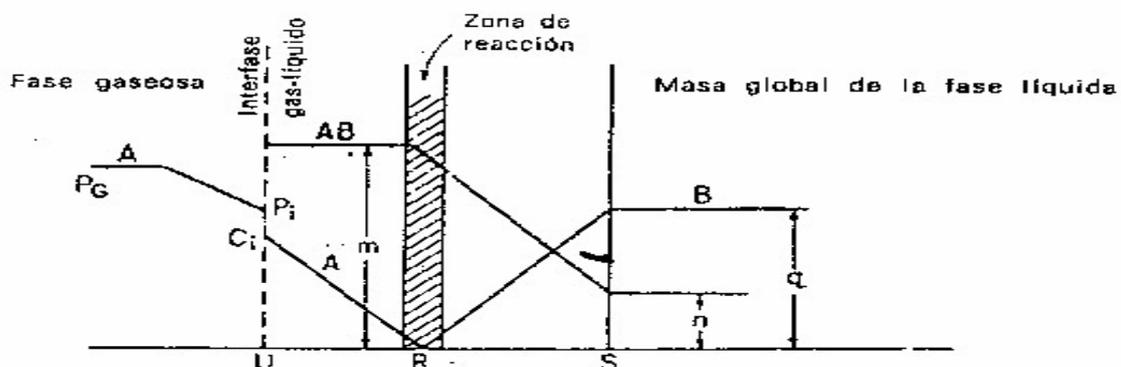
Al aproximarse el gas a la superficie de contacto del líquido, se disuelve y reacciona inmediatamente con *B*. El nuevo producto *P* así formado difunde hacia la masa global del líquido. La concentración de *B* en la interfase disminuye; esto provoca una difusión de *B* desde la masa global de la fase 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 siguiente, 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.

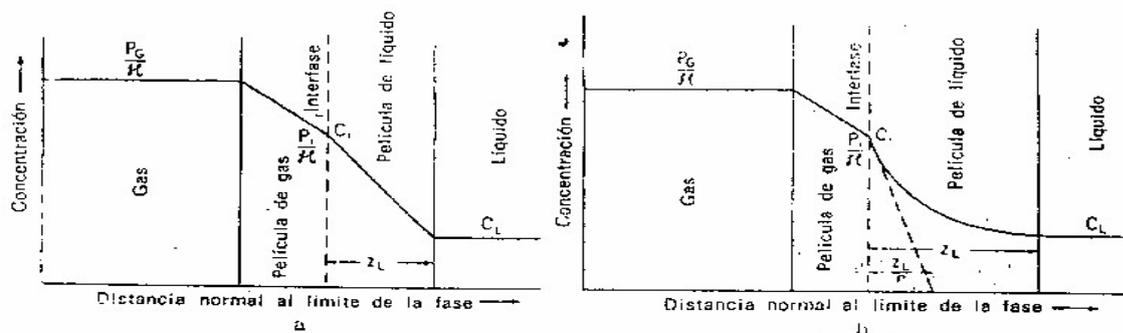
En el diagrama, el plano de la superficie de contacto entre el gas y el líquido está indicado por U, la zona de reacción por R, y el límite exterior de la película de líquido por S.

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 $m - n$.



La diferencia entre una absorción física y una en la que tenga lugar una reacción química, puede ponerse de manifiesto mediante la figura siguiente.

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).



7.2.5.- Velocidad de Absorción. (Levenspiel)

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 a continuación se

representan los distintos casos que pueden presentarse cuando el valor relativo de las velocidades de transporte de materia y de reacción química varía de un extremo al otro

► 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.

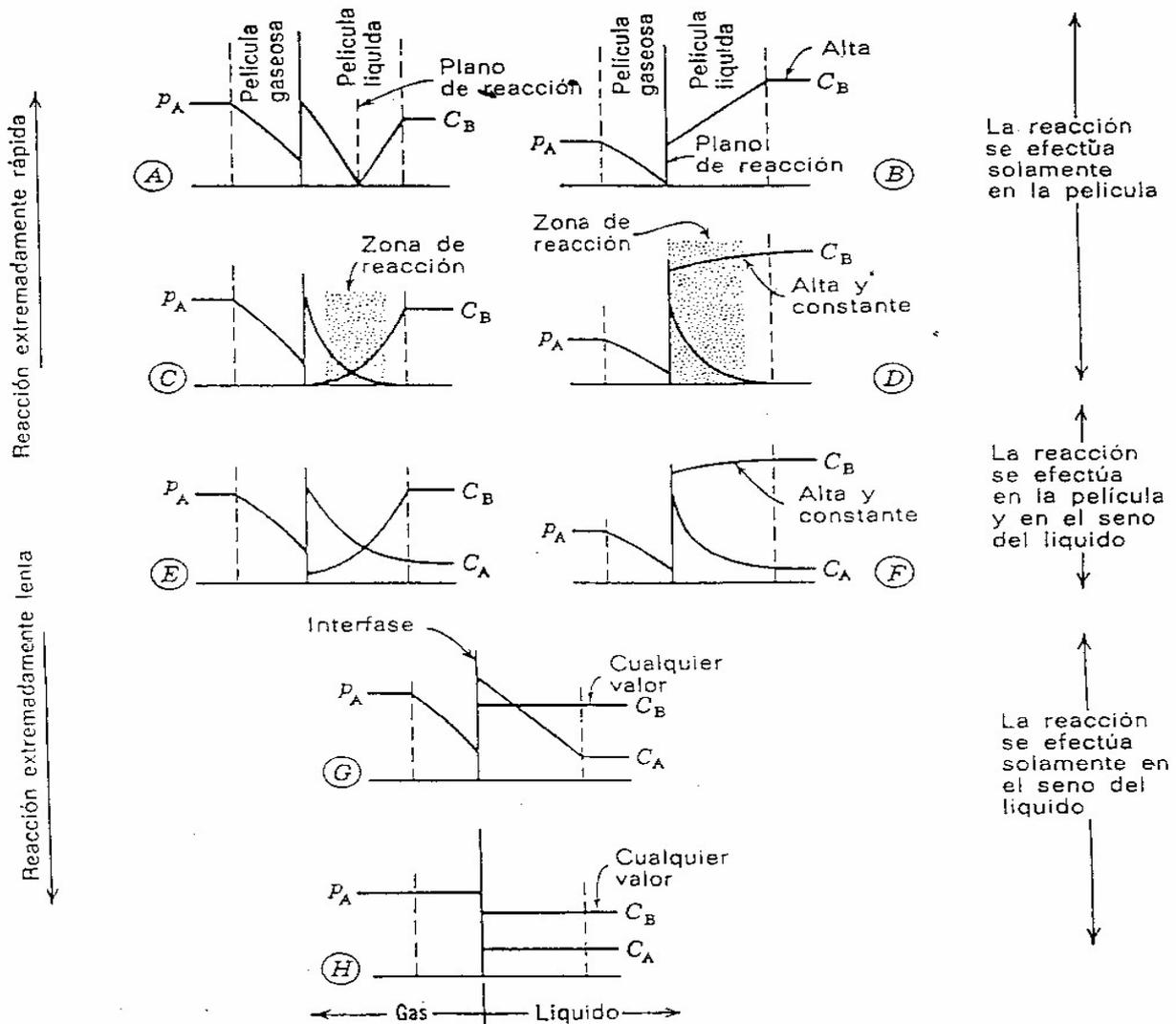
En estos casos la reacción es lo suficientemente lenta para que parte de A se difunda a través de la película hasta el seno del fluido. En consecuencia, A reacciona tanto dentro de la película como en el seno del fluido.

► Caso G: Reacción lenta con respecto al transporte de materia.

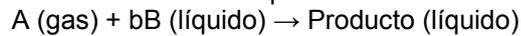
Este caso resulta curioso debido a que toda la reacción se efectúa en el seno del líquido; sin embargo, la película líquida todavía presenta una resistencia al transporte de A hacia el seno del líquido.

► 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 H_2S 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:

$$-r_A'' = -\frac{r_B''}{b} = K_{Ag} (P_A - P_{Ai}) = K_{Ai} (C_{Ai} - 0) \frac{x_0}{x} = \frac{K_{Bi}}{b} (C_B - 0) \frac{x_0}{x_0 - x}$$

A en la película gaseosa
A en la película líquida
A en la película líquida

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

Si se eleva la concentración de B, o más concretamente si $k_{Ag} \cdot p_A \leq k_{Bi} \cdot C_B / b$ 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 H_2S .

k_{Ag} : Coeficiente de transporte de materia de H_2S en la fase gaseosa.

p_A : Presión parcial del componente gaseoso H_2S .

7.3.- OXIDACIÓN BIOLÓGICA. BIOFILTRACIÓN. (Instituto Nacional de Ecología)

7.3.1.- Definición y tipos:

La biofiltración se define como todo proceso biológico utilizado para el control y tratamiento de compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos presentes en la fase gaseosa. En la biofiltración, los microorganismos son los responsables de la degradación biológica de los contaminantes volátiles contenidos en las corrientes de aire residual.

Durante el proceso de biofiltración, el aire contaminado pasa a través de los macroporos del material filtrante. La degradación de los contaminantes ocurre previa transferencia del aire a un medio líquido en donde es utilizado como una fuente de carbono y energía (compuestos orgánicos) o como fuente de energía (compuestos inorgánicos).

La utilización implica la producción de biomasa y la oxidación parcial o total del contaminante. A su vez, la biomasa, bajo ciertas condiciones sufre una oxidación por respiración endógena. De esta manera los procesos de biofiltración dan lugar a una descomposición completa de los contaminantes, creando productos no peligrosos.

Los requerimientos básicos de los medios materiales para la biofiltración son : Porosidad suficiente, tamaño uniforme de partícula, partículas con grandes áreas superficiales , capacidad de trabajar en un alto rango de pH y la habilidad para soportar un gran población de microorganismos.

Los equipos empleados para la purificación biológica de los gases pueden subdividirse en tres tipos:

► **Biofiltro de lecho fijo (BLF):** Consta de un lecho empacado que se conoce como material filtrante y que puede ser sintético u orgánico, que sirve de soporte para los microorganismos y en el caso de los orgánicos como fuente de nutrientes para el crecimiento microbiano. Los materiales filtrantes usados son rocas porosas, tierras de diatomeas, perlita, tierra, trozos de maderas, diferentes tipos de compostas, etc...

El principio de los BLF consiste en pasar la corriente gaseosa saturada de humedad que contiene al contaminante a través del lecho en donde los contaminantes son degradados por los microorganismos. Una característica importante es la ausencia de la fase acuosa móvil que lo hace convenientes para tratar contaminantes muy poco

solubles en agua.

► **Biofiltro de lecho escurrido (BLE):** Consiste en una columna empacada con un soporte inerte (usualmente de material cerámico o plástico) donde se desarrolla la biopelícula. A través del lecho se alimenta una corriente gaseosa que contiene al sustrato por biodegradar y una corriente líquida que es comúnmente reciclada a través del lecho y que tiene la función de aportar nutrientes esenciales a la biopelícula, así como remover los productos de degradación de los microorganismos.

Estos sistemas se recomiendan para compuestos solubles en agua. Los BLE tienen similares ventajas que los biolavadores, ya que la recirculación del líquido facilita la eliminación de los productos de reacción, así como un mayor control sobre el proceso biológico a través del control del pH y la composición del medio líquido. La operación de absorción y biodegradación del contaminante en los BLE se lleva a cabo en un solo reactor, lo cual los pone en ventaja sobre los biolavadores respecto a la huella física.

► **Biolavador (BL):** A diferencia de los biofiltros, en los biolavadores el compuesto a degradar primero es absorbido en la fase líquida localizada en una torre de absorción llena de líquido. La operación consiste en hacer fluir el gas a contracorriente a través del líquido, donde los contaminantes y el O₂ son absorbidos. Posteriormente el líquido es alimentado a un reactor empacado de un material inerte cubierto de una película biológica encargada de degradar al contaminante. Los BL son los sistemas más adecuados para el tratamiento de compuestos muy solubles en agua.

7.3.2.- Ventajas e inconvenientes:

TIPO DE BIOFILTRO	VENTAJA	INCONVENIENTE
Biofiltro de lecho fijo	<p>Alta superficie de contacto gas-líquido.</p> <p>Fácil arranque y operación.</p> <p>Bajos costos de inversión.</p> <p>Soporta periodos sin alimentación.</p> <p>Convenientes para operaciones intermitentes.</p> <p>No produce aguas de deshecho.</p>	<p>Poco control sobre fenómenos de reacción.</p> <p>Baja adaptación a altas fluctuaciones de flujo de gas.</p> <p>Grandes volúmenes de reactor.</p> <p>No conveniente para tratamiento de contaminantes cuyos subproductos son compuestos ácidos.</p>
Biolavador	<p>Mejor control de la reacción,</p> <p>Posibilidad de evitar acumulación de subproductos.</p> <p>Equipos compactos.</p> <p>Baja caída de presión.</p>	<p>Baja superficie de contacto gas-líquido.</p> <p>No soporta periodos sin alimentación.</p> <p>Genera lodo residual.</p> <p>Arranque completo.</p> <p>Necesidad de aireación extra.</p> <p>Altos costos de inversión, operación y mantenimiento.</p> <p>Necesidad de suministrar nutrientes.</p>
Biofiltro de lecho escurrido	<p>Control de concentración de sustratos.</p> <p>Posibilidad de evitar acumulación de subproductos.</p> <p>Equipos compactos.</p> <p>Baja caída de presión.</p> <p>Alta transferencia de oxígeno y del contaminante.</p>	<p>Baja superficie de contacto gas-líquido.</p> <p>Generación de lodos.</p> <p>No resiste periodos sin alimentación.</p> <p>Necesidad de suministrar nutrientes.</p> <p>Arranque complejo.</p> <p>Altos costos de inversión, operación y mantenimiento.</p> <p>Taponamiento por biomasa.</p> <p>Producción de agua de deshecho.</p> <p>No conveniente para tratamiento de contaminantes cuyos subproductos son compuestos ácidos.</p>

Ventajas e inconvenientes de los sistemas de biofiltración.

7.3.3.-Parámetros de diseño de un sistema de biofiltración:

Los principales parámetros de biofiltración son los siguientes:

- ▶ Características del gas contaminante (concentración, flujo, presencia de partículas, temperatura, ...).
- ▶ Selección del material filtrante.
- ▶ Contenido de humedad del material filtrante.
- ▶ Microorganismos.

7.3.4.- Característica del gas contaminante:

Las características del gas a tratar son muy importantes para la selección del biofiltro. Generalmente se ha considerado para los sistemas de biofiltración que el rango de concentración óptimo es de 0 a 5 g/m³, sin embargo en los últimos tiempos hay sistemas que eliminan concentraciones mayores.

La temperatura óptima es de 15-35 °C, a partir de 40 °C será necesario un proceso de pretratamiento para reducirla. Los sistemas humidificadores tienen doble función, por un lado aumentan la humedad relativa y reducen la temperatura del gas a tratar.

Es necesario evaluar la presencia de partículas para evitar el taponamiento del lecho filtrante.

Este procedimiento es ideal para sustancias de procedencia biológica, las cuales son usadas por bacterias como alimento transformando contaminantes como sulfanos y ácido sulfhídrico en ácido sulfúrico o azufre elemental, aminas en N₂ o ácido nítrico, sustancias carbónicas en CO₂ y H₂O; además de formarse una pequeña cantidad de

biomasa.

El porcentaje de humedad recomendado es del 40 al 60%.

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.

7.4.- ADSORCIÓN CON SÓLIDOS.

La adsorción es una operación básica en la que un componente (adsorbato) de una mezcla fluida (líquido o gas) se transfiere hacia la superficie de un sólido (adsorbente), sobre la que queda retenido. Dependiendo de la fuerza de los enlaces fluido-sólido formados en la adsorción tendremos dos tipos:

- ▶ Adsorción física (enlaces débiles).

- ▶ Adsorción química (enlaces fuertes).

Los adsorbentes deben tener un gran área superficial para aumentar la adsorción, tener poca caída de presión, resistencia mecánica a la abrasión, presión e impacto, y resistencia química.

El proceso contrario a la adsorción es la desorción, en el cual las moléculas del fluido adheridas al sólido dejan de estarlo y son liberadas al exterior del mismo.

La adsorción alcanza el equilibrio cuando la velocidad de adsorción es igual a la velocidad de desorción. Podemos ver las relaciones entre las composiciones del adsorbato en la fase fluida y en la fase sólida mediante las isothermas de adsorción (Langmuir, Freundlich y Brunauer-Emmett-Teller).

7.4.1.- Tipos de adsorbentes:

Los tipos de adsorbentes más comunes son:

- ▶ Arcillas naturales o activadas.

- ▶ Kieselguhr, dolomía.

- ▶ Bauxita, alúmina, alúmina alcalinizada.

- ▶ Oxido de hierro, cinc.
- ▶ Carbón de huesos, vegetal o activado.
- ▶ Polímeros sintéticos.
- ▶ Gel de sílice.
- ▶ Tamices moleculares.

El adsorbente más utilizado es el carbón activo.

7.4.1.1.- Carbón activo: (revista Ingeniería Química 2000)

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.

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.

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.

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.

Las propiedades que hacen del carbón activo el adsorbente ideal son :

- ▶ Área superficial elevada.
- ▶ Baja afinidad por el agua.
- ▶ Actividad del tetracloruro de carbono (mínimo del 60%).
- ▶ Dureza.
- ▶ Resistencia.
- ▶ Contenido en humedad (%).
- ▶ Densidad aparente.

- ▶ Número de yodo (mg yodo/ g de carbón).
- ▶ Diámetro de poro (Angstrom).
- ▶ Contenido de cenizas (%).
- ▶ Rango de tamaño de partícula.

Los tipos de carbón activos son:

▶ Carbón de origen vegetal:

Se utiliza en aquellos campos que se requiere un proceso industrial, máxima capacidad de retención en condiciones de trabajo difíciles o inestables.

▶ Carbón de origen mineral:

Es el más económico y se suele emplear en aplicaciones de olores no muy específicos, generalmente en instalaciones de acondicionamiento y cuyas condiciones de trabajo son relativamente estables y controladas.

▶ 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 NaOH 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 caústica para posteriormente vaciarlo y proceder al secado del carbón. A partir de ese momento volverá a estar en condiciones de uso. Por otro lado, la regeneración térmica se lleva a cabo en los hornos de los fabricantes donde se somete a altas temperaturas , cercanas a los 1000 °C, en atmósferas inertes o reductoras durante un tiempo predeterminado.

La eliminación se puede favorecer y aumentar su rendimiento de dos formas:

► Carbón impregnado:

Se suelen usar como impregnantes la sosa (NaOH) o la potasa (KOH) para la neutralización de componentes ácidos como el ácido sulfhídrico y metil-mercaptano. Con esta neutralización ácido-base aumenta la eficiencia de la eliminación. La posterior etapa que se da es la oxidación de H₂S por el O₂ atmosférico, para dar varios productos como el azufre elemental.

► Carbón con inyección de gas:

En este caso, en lugar de impregnar el carbón, se la inyecta una corriente de reactivo gaseoso que no se adsorbe en el carbón, como pueden ser el gas amoniac, CO₂,... Este método tiene una capacidad del 50% mayor que el carbón impregnado.

7.4.2.- Descripción de una 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.

7.4.3.- Ventajas e Inconvenientes:

Ventajas:

- ▶ 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.

Inconvenientes:

- ▶ Poco rentable para desodorizar caudales altos-medios.

- ▶ Elevados costes de reposición del carbón.

- ▶ No resulta adecuado para tratamiento de concentraciones altas de H_2S , 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.

7.5.- 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.

7.5.1.- 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/m^3) 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.

7.5.2.- Ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

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

Inconvenientes:

- Alto coste.
- Poca fiabilidad.

► 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.

8.- EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.

8.1.- EVALUACIÓN TÉCNICA:

8.1.1.- Incineración:

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

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

8.1.2.- Absorción y oxidación química en torres de lavado:

Con un diseño adecuado se alcanza elevados rendimientos con pequeñas pérdidas de carga.

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.

8.1.3.- Biofiltración:

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

Hay una elevada mano de obra, es difícil de evaluar su eficacia y operatividad debido a su escaso uso.

El biofiltro es sensible a cambios de temperatura y humedad.

No puede trabajar con altas concentraciones de contaminantes.

8.1.4.- Adsorción con sólidos:

Eficaces en aplicaciones en las que se tratan pequeños caudales de aire, pero son poco rentables para desodorizar emisiones industriales de mayor caudal.

Alta fiabilidad, baja demanda de espacio, funcionamiento óptimo para una gran variedad de compuestos olorosos.

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

8.1.5.- Oxidación con ozono por vía húmeda:

Poca fiabilidad de funcionamiento y altos costes de inversión.

8.1.6.- Conclusión:

Las opciones de incineración y de oxidación con ozono se eliminan 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 muy alto.

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

8.2.- EVALUACIÓN ECONÓMICA:

La evaluación económica se realizó solicitando presupuestos a Casals Cardona, S.A. TECNIUM y Pro-Eco Ambiente. La siguiente tabla refleja las cantidades:

TECNOLOGÍA	INVERSIÓN (€)	COSTE REACTIVO (€/dia)	COSTE ENERGIA (€/dia)	MANTENIMIENTO O (€/dia)	TOTAL (€/dia)
BIOFILTRACIÓN	72540,65	13,74	50,32	4,87	69,64
ADSORCIÓN	62930,31	85,41	70,32	5,69	161,42
LAVADORES	59753,54	54,58	61,03	12,95	128,83

Como se puede observar, la absorción química mediante lavadores químicos tiene

elevados consumos tanto energéticos, como de reactivos y mantenimiento. Es decir, tiene alto coste de operación, pero el coste de inversión es el menor. Hay que decir a su favor que es la tecnología más usada en la actualidad para este tipo de problemáticas.

9.- BIBLIOGRAFÍA:

- JM COULSON & RICHARDSON, 3º EDICIÓN."INGENIERÍA QUÍMICA".
- AMERICAN SOCIETY OF CIVL ENGINEERS; 1995: "ODOR CONTROL IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS".
- BADGER, W. Y COL.; 1972: "INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA".
- CORTES DIAZ, J. M.; 1997: "TÉCNICAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES". "COSTA LÓPEZ, J. Y COL.; 1991:"CURSO DE QUÍMICA TÉCNICA".
- MacCabe-SMITH: **OPERACIONES BASICAS DE INGENIERIA QUÍMICA. VOLUMEN II**. COULSON, J. Y COL.; 1988: "INGENIERÍA QUÍMICA OPERACIONES BÁSICAS".
- HENLEY, E. J. Y COL.; 1988: "OPERACIONES DE SEPARACIÓN POR ETAPAS DE EQUILIBRIO EN INGENIERÍA QUÍMICA".
- HERNANDEZ, A.; 2001: "DEPURACIÓN Y DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES".
- HERNANDEZ,A. 6ª EDICION: "SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO. VERTIDOS INDUSTRIALES".
- KEMMER, F. Y COL.; 1993: "MANUAL DEL AGUA. SU NATURALEZA, TRATAMIENTO Y APLICACIONES".
- LEVENSPIEL, O.; 1990: "INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS".
- METCALF & EDDY; 1995: "INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES, TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACIÓN".
- PARKER, A.; 1983: "CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR LA INDUSTRIA".
- PERRY, R. Y COL.; 7ª EDICIÓN: "MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO".
- RAMALHO, R.; 1993: "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES".
- TREYBAL, R.; 1980: "OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA".
- VIAN ORTUÑO, A. Y COL.; 1979: "ELEMENTOS DE INGENIERÍA QUÍMICA".
- REVISTA "TECNOLOGÍA DEL AGUA". ENERO 1995
- BIBLIOGRAFÍA PROPIA DE AGUAS DE JEREZ Y DE AQUALIA.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA.
- MADDOX, " PROCESS ENGINEER´S ABSORPTION POCKET HANDBOOK".
- I JORNADAS TECNICAS SOBRE GENERACIÓN Y CONTROL DE OLORES EN LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO, POR IGNACIO DEL RIO.

ANEXO 1: DESCRIPCIÓN EDAR “GUADALETE”.

La EDAR de Jerez de la Frontera está situada en la zona sur de la ciudad, en la confluencia del río Guadalete, quien le da el nombre a la propia EDAR.

La EDAR consta de una serie de etapas en las que se realizan procesos y operaciones básicas de naturaleza física, química y biológica. Estas operaciones están supeditadas a la separación de la contaminación contenida en el agua residual, en sus diferentes formas, y a los procesos de concentración y degradación de dicha contaminación.

La planta está diseñada para una capacidad de 103.000 m³/día aproximadamente, pero en la actualidad trabaja para una capacidad de 56.000 m³/día.

El funcionamiento de la EDAR se divide en tres líneas de actuación:

- ▶ Línea de Agua.
- ▶ Línea de Fangos.
- ▶ Línea de Gas.

1.-LÍNEA DE AGUA.

Son los procesos y operaciones en los que se retira la contaminación del agua. Las principales fuentes contaminantes pueden ser:

a) De Origen Doméstico:

Son sustancias incorporadas procedentes de los residuos de la actividad humana (alimentos, deyecciones, limpieza casera y viaria, etc.). Se caracterizan por ser inodoras, si son recientes, y por su color gris amarillento o blanco. Al sufrir procesos de fermentación huelen a sulfhídrico, pasando su color a gris negruzco.

Se caracterizan estos vertidos por la incorporación de productos orgánicos, inorgánicos y microorganismos.

b) De Origen Industrial:

Son sustancias procedentes de las actividades industriales (materias primas utilizadas, productos de transformación y acabados, así como la transmisión de calor y frío). Pueden aparecer elementos propios de cada actividad industrial, entre los que pueden citarse: tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, productos radioactivos, etc.

c) De Origen Agrícola:

Son sustancias procedentes de las actividades agrícolas y ganaderas (pesticidas y herbicidas, residuos varios, estiércol, etc.). Sus residuos perjudican sensiblemente las características de las aguas del curso receptor. Otras sustancias son los fertilizantes, que antes eran de origen orgánico, y hoy han sido casi sustituidos por abonos de origen inorgánicos, tales como sulfatos, nitratos, fosfatos, etc.

(A. Hernández)

1.1.-CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica.

CARACTERÍSTICAS		PROCEDENCIA	
Propiedades Físicas	Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica	
	Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales	
	Sólidos	Agua de suministros, aguas residuales domésticas e industriales, erosión de suelo, infiltración y conexiones incontroladas.	
	Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.	
	Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.	
	Grasas animales, aceites y grasas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.	
	Pesticidas	Residuos agrícolas	
	Constituyentes Químicos Orgánicos	Fenoles	Vertidos industriales
		Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Compuestos orgánicos volátiles (COV)	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Constituyentes Químicos Inorgánicos	Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterránea
Cloruros		Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterránea	
Metales pesados		Vertidos industriales	
Nitrógeno		Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas	
pH		Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.	

	Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
	Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Azufre	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Gases	Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
	Metano	Descomposición de residuos domésticos.
	Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial.
Constituyentes Biológicos	Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
	Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
	Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
	Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
	Virus	Aguas residuales domésticas

(Metcalf & Eddy).

El proceso comienza con la llegada a través de dos colectores de las aguas residuales procedentes de Jerez al Pozo de Gruesos. Posteriormente se eleva mediante cuatro tornillos de Arquímedes para iniciar el pretratamiento. Dicho pretratamiento comienza con un Desbaste donde se eliminan las partículas en suspensión haciendo pasar el agua por tres mallas con tamaños de paso de 25, 10 y 4 mm separando las partículas cada vez más pequeñas. El siguiente paso es el Desarenado-desengrasado donde se elimina la arena por gravedad y las grasas por flotación mediante el insuflado de aire. El último paso del Pretratamiento consiste en un Tratamiento Físico-químico que en la EDAR de Jerez no está en uso actualmente porque el contenido en agua residual industrial es bajo en la zona.

El Tratamiento Primario consta de una decantación primaria con cuatro decantadores, en los cuales penetra el agua por la parte central y se desplaza hasta los bordes decantando las partículas sólidas en su recorrido. Todo el sedimento sólido será bombeado hacia los espesadores por gravedad. Estos decantadores no originan ningún tipo de problemas oloroso. El agua sigue su camino comenzando el Tratamiento

Secundario con los cuatro Reactores Biológicos o Balsas de Aireación, es la zona donde se degrada la materia orgánica gracias a las bacterias presentes en el agua y que son activadas mediante aireación con ocho turbinas provocando la entrada de oxígeno en el agua. Una vez tratada, el agua pasa a la Decantación Secundaria, que consta de cuatro decantadores que deben ser devueltos a las balsas por Recirculación de Fangos mediante cuatro tornillos de Arquímedes. El resto de fangos son bombeados hacia los espesadores por flotación. Luego, el agua pasa a un Tratamiento Terciario para ser aprovechada para su utilización como agua de riego para un campo de Golf que se encuentra en las inmediaciones de la propia depuradora. Es obvio que la totalidad de agua que se depura no se usa para regar dicho campo, siendo vertida al río Guadalete sin pasar por el terciario.

2.-LÍNEA DE FANGOS.

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

a).- Bombeo de fangos primarios. Tamizado:

Los sólidos sedimentados en los decantadores primarios se extraen periódicamente con válvulas automáticas temporizadas. Seguidamente el fango primario se conduce hasta un sistema de tamizado de fangos al objeto de eliminar sólidos que pueden originar problemas de deposiciones o costra en los digestores. Este sistema de tamizado está integrado por dos rototamices que básicamente son cilindros enrejados con una luz de paso de entre 1-2 mm. El fango llega hasta una cámara de descarga donde pasa a la arqueta de reparto a espesadores .

Los sólidos retirados se vierten a una tolva de entrada a una compactadora de donde salen a contenedor y de ahí se transportan hasta un vertedero autorizado.

b).- Bombeo de fangos en exceso:

Los fangos en exceso son los sólidos sedimentados que provienen de los decantadores secundarios y que no son recirculados hacia las balsas de aireación. Estos fangos serán bombeados hacia los espesadores por flotación.

c).- Espesamiento por gravedad:

El fango primario bombeado y tamizado llega a los dos espesadores por gravedad, que son básicamente decantadores con algunas modificaciones que les permiten trabajar con fluidos muy cargados y viscosos.

La entrada de fangos a los espesadores se realiza en la zona central donde existe una campana deflectora y tranquilizadora.

Existen dos salidas una correspondiente al sobrenadante o agua clarificada y otra de fango espesado que se conduce hasta la arqueta de mezcla de fango a digestión. El sobrenadante se manda a través de la red de vaciados hasta el pozo de gruesos para su procesamiento.

d).-Espesamiento por flotación:

La sedimentación natural de los fangos en exceso es precaria al ser su densidad más próxima a la del agua. Esto supone un inconveniente para el espesamiento de los fangos en exceso al requerir equipos de grandes superficies y muy bajas velocidades en el vertedero.

Para evitar estas dificultades lo que se hace es favorecer la flotación de los fangos, es decir, espesarlos de forma inversa a la sedimentación. Esto se consigue mediante la formación de burbujas de aire en el seno del fango de entrada a los dos flotadores de 15m de diámetro, que actúan como flotadores al adherirse a los flóculos, arrastrándolos hasta la superficie del equipo. La formación de burbujas se consigue disolviendo aire en el fango

en exceso o en el propio sobrenadante del equipo que luego se mezcla con el fango.

El fango espesado por flotación se conduce directamente a la arqueta de homogeneización.

e).- Arqueta de mezcla. Bombeo de fangos a digestión:

En esta arqueta confluyen tanto los fangos espesados por flotación como los espesados por gravedad. En ella se ubica un agitador para la mezcla y homogeneización de los mismos.

De esta arqueta aspiran las bombas que impulsan este fango hasta los digestores.

f).- Digestión anaerobia de fangos:

En los cuatro digestores comienza la reducción y eliminación de parte de contaminación.

Al igual que en los reactores biológicos se trata de adoptar un proceso natural, pero se intenta hacerlo de manera más rápida y adecuada proporcionando las mejores condiciones posibles para que la digestión de los microorganismos anaerobios no supere los 25 días.

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 tanto hay que aportar calor al sistema para mantener la temperatura óptima.

Como resultado de la digestión se reduce la materia volátil contenida en el fango formándose diversos compuestos gaseosos que constituyen el biogás. Este biogás es rico

en metano, lo que lo hace apto para su empleo como combustible. De hecho, el aporte calórico que necesitan los microorganismos para desarrollarse se consigue quemando el biogás en calderas de agua caliente. Esta energía calorífica se transmite al agua del circuito primario o de calderas y con posterioridad al fango de recirculación a través de intercambiadores.

g).- Almacenamiento de fango digerido:

El fango digerido se conduce hacia los dos depósitos de almacenamiento. Estos depósitos aún continúan el proceso de digestión en los estratos inferiores, reduciéndose aún más el contenido en materia orgánica. De aquí el fango se bombea hacia la zona de secado.

h).- Deshidratación de fangos:

La deshidratación o secado de fangos se puede llevar a cabo mediante tres dispositivos: filtros prensa, filtros banda o decantadores centrífugos. En la EDAR se emplean nueve filtros banda y un aditivo que provoca la floculación de los sólidos que integran el fango digerido, el más usado es el polielectrolito.

Podemos decir que el fango está ya estabilizado puesto que hemos reducido su contenido en materia orgánica y su humedad.

El fango deshidratado se conduce mediante cintas transportadoras hasta los silos de almacenamiento, donde una empresa se hace cargo de ellos.

i).- Almacenamiento y transporte de fango digerido:

En los silos o tolvas de almacenamiento se acumula el fango deshidratado hasta que sean cargados en camiones propiedad de una empresa ajena a la EDAR y que suelen utilizarlos para uso agrícola en cualquiera de sus facetas.

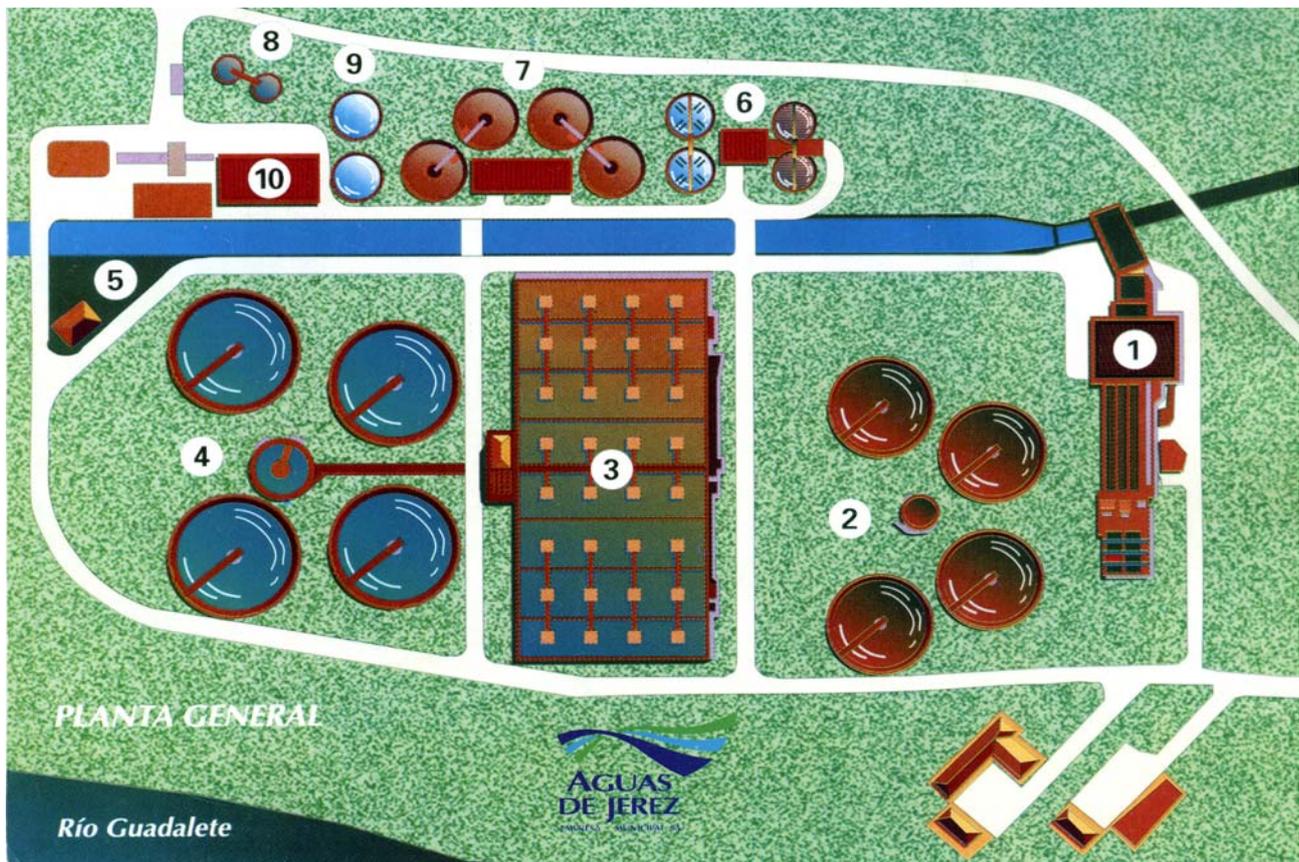
3.- LÍNEA DE GAS.

Los compuestos gaseosos originados en la digestión anaerobia conforma el biogás, el cual 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 biogás que se destina a las calderas es regulado en los gasómetros donde se almacena los gases producidos en la digestión.

Otra aplicación está en destinar parte del caudal de gas formado a los compresores de agitación, lugar donde se comprimen los gases para volverlos a introducir en los digestores y agitar todo el contenido de fangos. Por último, cuando no se almacenan gases, se realiza una combustión.

ANEXO 2 : PLANTA GENERAL



- 1.- PRETRATAMIENTO.
- 2.- DECANTADORES PRIMARIOS.
- 3.- REACTORES BIOLÓGICOS.
- 4.- DECANTADORES SECUNDARIOS.
- 5.-CLORACIÓN.
- 6.-ESPESAMIENTO DE FANGOS.
- 7.- DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE FANGOS.

8.- GASÓMETROS.

9.-ALMACENAMIENTO DE FANGOS.

10.-SECADO DE FANGOS.

ANEXO 3: CARACTERISTICAS DE RELLENOS ESTRUCTURADOS. (Perry vol.III)

TABLA 14.7a. Características de rellenos estructurados

Nombre	Material	Tamaño nominal	Área superficial, m ² /m ³	Vacío, %	Factor de relleno, 1/m	Vendedor
Flexipac	S	1	558	91	108	Koch
		2	223	93	72	
		3	134	96	52	
Flexiramic	C	28	282	70	131	Koch
		48	157	74	79	
		88	102	85	49	
Gempak	S	4A	446	92	105	Glitsch
		3A	335	93	69	
		2A	223	95	53	
Intalox	S	1T	315	95	66	Norton
		2T	213	97	56	
		3T	177	97	43	
Max-Pak	S	—	229	95	39	Jaeger
Mellapak	S	125Y	125	97	33	Sulzer
		125X*	125	97		
		250Y	250	95	66	
		250X*	250	95	8	
		350Y	350	93	75	
		500X*	500	91	25	
Montz-Pak	S	B1-125	125	97	72	Julius Montz
		B1-250	250	95		
		B1-350	350	93		
	G	A3-500	500	91		
		E	BSH-250	250	95	
			BSH-500	500	91	
Ralupak	S	250YC*	250	95		Raschig
Sulzer	G	AX*	250	95	69	Sulzer
		BX*	492	90		
		CY	700	85		

Notas: * Ángulo de corrugación 60° (con la horizontal); todos los demás 45°.

Factores de relleno de Kister y Gill [*Chem. Eng. Progr.*, 87(2), 32 (1991) y Houston AIChE meeting, marzo 19-23 (1995)].

Materiales de construcción: C = cerámica; E = metal expandido; G = tela metálica; S = placa metálica.

Vendedores: Glitsch, Inc., Dallas, Texas; Koch Engineering Co., Wichita, Kansas; Jaeger Products, Inc., Houston, Texas; Julius Montz, Hilden, Alemania; Raschig AG, Ludwigshafen, Alemania; y Sulzer Bros., Winterthur, Suiza.

Nombre	Material	Tamaño nominal		Espesor de pared, mm	Peso de lecho, kg/m ³	Área, m ² /m ³	Vacío, %	Factor de relleno, F_p , m ⁻¹	Factor de relleno seco, F_{ps} , m ⁻¹	Vendedor
		mm	Número							
Anillos Raschig	C	6	—	1,6	960	710	62	—	5.250	Varios
		13	—	2,4	880	370	64	1.900	1.705	
		25	—	3,2	670	190	74	587	492	
		50	—	6,4	660	92	74	213	230	
		75	—	9,5	590	62	75	121	—	
Anillos Raschig	M	19	—	1,6	1.500	245	80	984	—	Varios
		25	—	1,6	1.140	185	86	472	492	
		50	—	1,6	590	95	92	187	223	
		75	—	1,6	400	66	95	105	—	
Anillos Pall	M	16	—	0,40	—	—	92	256	262	Norton, Koch, Glitsch
		25	—	0,51	480	205	94	183	174	
		38	—	0,64	415	130	95	131	91	
		50	—	0,81	385	115	96	89	79	
		90	—	—	270	92	97	59	46	
Minianillos (CMR)	M	—	1	—	389	250	96	131	102	Glitsch
		—	1,5	—	234	144	97	95	—	
		—	2,5	—	195	123	98	72	79	
	P	—	3	—	58	103	98	46	43	
		—	1A	—	71	185	94	98	92	
		—	3A	—	40	74	96	39	33	
Sillas Berl	C	6	—	—	900	900	60	—	2.950	Koch
		13	—	—	865	465	62	790	900	
		25	—	—	720	250	68	360	308	
		38	—	—	640	150	71	215	154	
Sillas Intalox	C	50	—	—	625	105	72	150	102	Norton
		6	—	—	864	984	65	302	2.720	
		13	—	—	736	623	71	—	613	
		25	—	—	672	256	73	302	208	
		50	—	—	608	118	76	131	121	
Fleximax	M	—	300	—	—	141	98	85	—	Koch
		—	400	—	—	85	98	56	—	
Intalox Metal (IMTP)	M	25	—	—	352	230	97	134	141	Norton
		40	—	—	237	154	97	79	85	
		50	—	—	150	98	98	59	56	
		70	—	—	130	56	98	39	—	
Anillos Nutter	M	—	1	0,30	178	168	98	98	89	Nutter
		—	2	0,45	173	96	98	59	56	
		—	2,5	0,45	145	83	66	52	49	
		—	3,0	0,50	133	66	98	43	36	
Anillos Pall	P	25	—	—	80	206	90	180	180	Norton
		50	—	—	61	102	92	85	82	
		90	—	—	53	85	92	56	39	
	C	25	—	—	—	—	—	351	—	
		38	—	—	—	—	—	180	—	
50	—	—	—	—	—	141	—	—		
Sillas Intalox	P	—	1	—	96	207	90	131	131	Norton
		—	2	—	56	108	93	92	85	
Snowflake	P	—	—	—	45	92	95	43	—	Norton
Nor-Pac	P	25	1	—	72	180	92	82	—	NSW
		38	1,5	—	61	144	93	56	—	
		50	2,0	—	53	102	94	39	—	
Tri-Pack	P	25	1	—	72	180	92	82	—	Jaeger
		50	2	—	53	102	94	39	—	
VSP	M	25	1	—	352	206	98	105	—	—
		50	2	—	296	112	96	69	—	
Tellerettes	P	25	1	—	112	180	87	—	—	Ceilcote
		50	2	—	89	125	93	—	—	

Notas: M = metal, acero al carbono. Otros metales disponibles. P = plástico, polipropileno. Otros plásticos disponibles.
 Factor de relleno F_p de Kister y Gill [*Chem. Eng. Progr.*, **87**(2), 32 (1991) y Houston AIChE meeting, marzo 19-23 (1995)]; Strigle, *Packed Tower Design and Applications* [Gulf Publ. Co., Houston, 1994]; factor para relleno seco F_{ps} de Robbins [*Chem. Eng. Progr.*, **87**(1), 19 (1990)].
 Vendedores: Ceilcote Co., Berea, Ohio; Glitsch, Inc., Dallas, Texas; Koch Engineering Co., Wichita, Kansas; Jaeger Products, Inc., Houston, Texas; NSW Corp., Roanoke, Virginia; Norton Co., Akron, Ohio; y Nutter Engineering Co., Tulsa, Oklahoma.

ANEXO 4 : CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TORNILLOS DE ARQUÍMEDES:

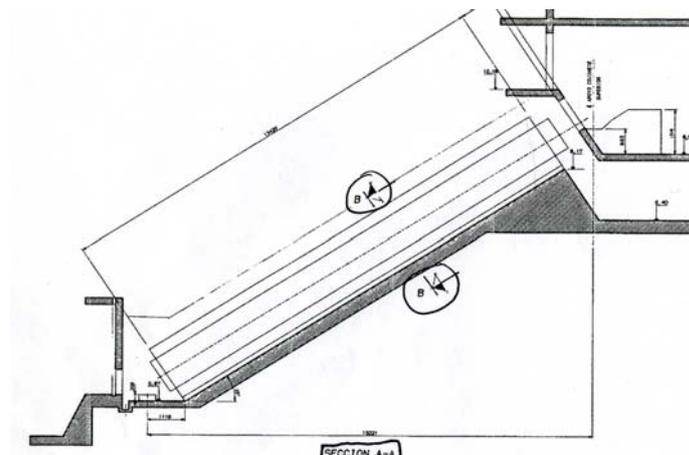
CONDICIONES DE DISEÑO:

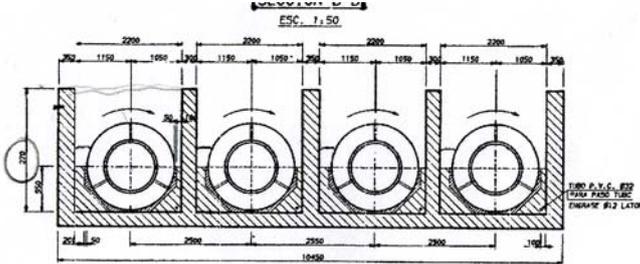
Servicio:	Continuo.
Fluido:	Agua residual.
Densidad:	1.
Tª Diseño:	Ambiente.
Tª Operación:	Ambiente.
Caudal Diseño:	2.250 m ³ /h.
Altura Elevación:	6,12 m.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS:

Velocidad Rotación:	34 r/m.
Diámetro Exterior Hélice:	1.800 mm.
Diám Exterior Tubo Soporte:	1.080 mm.
Longitud Hélice:	13,42 m.
Fabricante:	Tacke Olalde.
Tipo:	NHK-III-355
Potencia:	90 Kw.

Datos de PRIDESA.





INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL.

1.- MEMORIA RESUMEN DEL PROYECTO.

1.1.- INTRODUCCIÓN:

El proyecto trata sobre la modificación de la instalación y tratamiento de la desodorización del aire contaminado en la zona del pretratamiento de la EDAR “Guadalete” de Jerez de la Frontera, mejorando el control de olores. El método elegido para la desodorización es el de Absorción y Oxidación Química mediante lavadores químicos.

En la instalación del pretratamiento actualmente no se hace ni captación , ni conducción, ni tratamiento de gases (principalmente SH_2), generados en la zona de actuación, limitándose exclusivamente a la apertura de las puertas de la instalación para eliminar la concentración del aire viciado.

1.2.- ACCIONES:

Las acciones emprendidas para dicho proyecto son:

► Sellado de arquetas de rejillas, situadas en el exterior del edificio de obra de llegada y en el interior de los edificios de pozo de gruesos y de desbaste.

► Cubrición mediante PVC de los Tornillos de Arquímedes, que elevan el agua bruta desde el pozo de gruesos al edificio de desbaste, y posterior recogida de gases mediante extractores.

- ▶ Cubrición mediante PVC del Pozo de Gruesos con extracción de aire.

- ▶ Instalación de sistemas de extracción de gases con sistemas de conducción y sistema de tratamiento.

- ▶ Instalación de torres de desodorización.

- ▶ Obra auxiliar.

1.3.- ACCIONES SUCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTO:

Fase de Obras: ▶ Movimiento de maquinaria.

- ▶ Aumento del nivel de ruidos.

- ▶ Colocación de Cubiertas.

- ▶ Colocación de conducciones de aire contaminado.

- ▶ Colocación de extractores de aire.

- ▶ Cubrición de Arquetas externas e internas.

- ▶ Impacto en la atmósfera: calidad del aire disminuye, mayor polución.

- ▶ Impacto sobre el relieve: Nulo.

- ▶ Impacto sobre zona Urbana: Nulo. Horarios de trabajo diurnos.

Fase de Explotación:

- ▶ Disminución de olores.
- ▶ Aumento de la calidad del aire.
- ▶ Mejoras medioambientales.
- ▶ Mejoras estéticas.
- ▶ Aumento de la seguridad para trabajadores.

2.- ESTUDIO DEL ENTORNO.

2.1.- MEDIO ABIÓTICO:

Es el conjunto de elementos no vivos que determinan las condiciones de un ecosistema al que los organismos vivos deben adaptarse, es decir, el clima, el agua, el aire, las rocas, etc...

2.1.1.- LOCALIZACIÓN :

LA localización de la EDAR "Guadalete" se sitúa en el término municipal de Jerez de la Frontera (Cádiz).

Jerez es un municipio cuyas características son:

MUNICIPIO	JEREZ DE LA FRONTERA
PROVINCIA	CÁDIZ
LATITUD	36°42'

MUNICIPIO	JEREZ DE LA FRONTERA
LONGITUD	-6°07'
EXTENSIÓN	1.186 Km ²
ALTITUD	56 m
Nº NÚCLEOS	25
POBLACIÓN	191.002 habitantes

2.1.2.- CLIMA:

Equivalente al de una zona meridional cálida. El océano Atlántico colindante ejerce una notable influencia como elemento moderador de las temperaturas.

El viento de poniente resulta bastante decisivo, pues transporta humedad marítima en los meses secos de verano.

Las precipitaciones se estiman en 600 L/m² anuales y la región goza de una media de 290 días soleados al año. Clima templado y suave, con temperatura media de 22 °C.

Temperaturas:

Fuente: INM

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T	10.9	12.0	13.6	15.4	18.4	21.8	25.1	25.6	23.6	19.2	14.4	11.4
Tm	15.8	17.1	19.4	21.2	24.8	28.4	32.6	33.0	30.3	25.0	19.6	16.2
Tm	6.0	7.0	7.8	9.5	12.0	15.2	17.7	18.2	16.8	13.3	9.2	6.5

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
R	81	77	71	69	64	62	57	57	62	68	77	81
I	184	173	233	233	296	314	355	339	257	226	184	164

T: T^a media mensual/anual.

TM: T^a media mensual/anual de las T^a máximas diarias.

Tm: T^a media mensual/anual de las T^a mínimas diarias.

R: Precipitación mensual/anual medio (mm).

I: N^o medio mensual de horas de sol.

Lluvias (2.003):

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
66.0	54.0	38.7	98.7	4.8	1.6	0.0	0.0	38.5	160.7	163.5	133.9	760.4

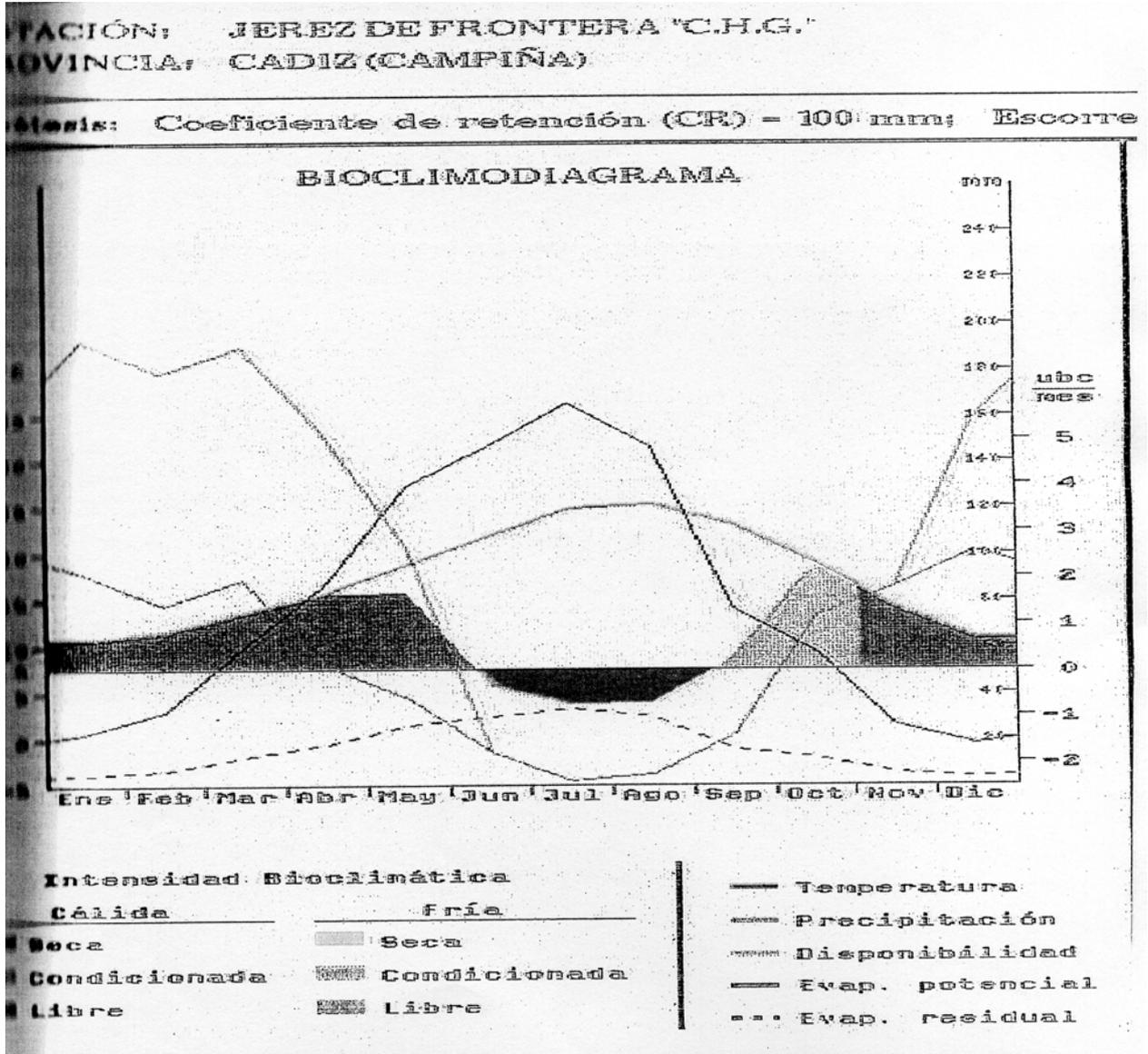
Fuente: Aeropuerto de Jerez

Vientos:

Valores medios mensuales y anuales de la frecuencia (f en %) y velocidad del viento según los 16 rumbos.

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
N	f	11	6	7	2	1	2	2	2	2	4	8	10	5
	v	14	14	15	16	14	17	13	15	14	15	14	15	14
NNE	f	6	5	5	3	2	0.5	0.5	2	1	2	4	5	3
	v	17	18	20	20	17	14	13	18	15	16	16	15	17
NE	f	2	1	1	2	1	0.5	0.5	0.5	2	1	1	2	1

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ENE	v	17	25	18	24	16	18	17	11	14	12	13	19	18
	f	2	2	2	2	1	0.5	1	0.5	2	1	1	1	1
E	v	16	12	15	17	17	18	14	18	14	14	13	13	15
	f	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	2	2
ESE	v	24	20	17	18	18	22	21	19	18	18	19	21	21
	f	3	4	5	2	3	4	3	3	5	4	4	2	4
	v	22	27	24	25	21	33	25	26	24	25	22	22	25
SE	f	3	3	2	3	3	3	3	1	4	5	4	4	3
SE	v	22	31	26	28	27	26	23	22	22	29	28	27	26
SSE	f	3	4	5	5	5	5	6	5	6	6	6	3	5
	v	26	23	23	23	22	27	24	25	24	25	25	24	24



FUENTE: AGENCIA DEL MEDIO AMBIENTE.

2.1.3.- SUELO:

El área de la Andalucía del Guadalquivir, en la que está enclavado el término de Jerez, queda incluida en la llamada “Hispania Arcillosa o Neohispania”, de moderna formación y muy apta para el desarrollo agrícola.

El suelo jerezano está en su mayor parte formado por un conjunto de terrenos oligocénicos. Por su estratigrafía cabe distinguir dos series: una superior de margas blancas y otra inferior de arcillas rojas. En sus márgenes, estos terrenos oligocenos están recubiertos por otros miocenos y pliocenos más modernos. La erosión ha modelado con facilidad este conjunto de materiales blandos en una suave campiña de ondulaciones poco marcadas.

Las partes más notables están formadas por margas blancas (oligoceno superior), de fácil desagüe por ocupar las zonas de mayor relieve; pero a pesar de esto, conservan bien la humedad, lo que unido a su calificación mineral las convierte en suelos de calidad superior, acaso los de mayor personalidad dentro de la campiña jerezana y conocidos como “tierras albarizas”.

Las tierras negras sobre las arcillas rojas son causa de suelo muy fértiles, de gran aptitud cerealista.

2.1.4.- GEOLOGÍA:

Es particularmente importante hacer una investigación geológica para definir la naturaleza de los recursos de aguas subterránea, ya que la presencia de fallas, canales de disolución u otras conexiones similares entre suelo y el agua subterránea, disminuyen la conveniencia de utilización del emplazamiento.

Ello no ocurre en este caso en el que consultado los mapas geológicos e hidrológicos se pone de manifiesto de forma clara la ausencia de acuíferos y la existencia de unos terrenos impermeables pertenecientes al Plioceno Superior y Mioceno y zonas de trias compuestos por margas, margocalizas y arcillas, situación que queda confirmada por el estudio hidrológico de campo.

El subsuelo está constituido por una arcilla compacta (CL, CH, MH), de plasticidad media a alta.

2.1.5.- HIDROLOGÍA:

El término Municipal de Jerez de la Frontera está atravesado en dirección Este-Oeste por el río Guadalete, cauce fluvial de gran protagonismo en la historia y la economía de la zona, y por su afluente de la margen izquierda, el Majaceite, que discurre por el extremo norte del mismo.

Nace el Guadalete en la Sierra del Endrinal (Grazalema), vertiente noroccidental de la Serranía de Ronda, atraviesa las Sierras de Algodonales y Ubrique para salir mediante un cañón que sirva de asiento a la presa de Bornos, a través de Arcos, a la llanura aluvial, desembocando en la Bahía de Cádiz por el Puerto de Santa María.

El Guadalete es río de tipo fluvial subtropical, caracterizado por sus elevados

coeficientes de Diciembre y Febrero, y su extremado estiaje de verano con estrechamientos de la región de desembocadura.

Su cuenca vertiente es de un 300.000 hectáreas, con un elevado coeficiente de esorrentía, y su longitud de 164 Kms. El desnivel es de 900 m , que es la altitud de la Sierra del Endrinal. En su recorrido caben distinguir 3 tramos : a partir de su nacimiento y durante 50 Kms. No tiene influencia económica alguna por no formar vega. A partir de Puerto Serrano se asoma a la Campiña y recorre un segundo tramo de 100 Kms. Hasta la marisma del Puerto de Santa maría. En este tramo forma los pantanos de Bornos y Arcos. El tercer tramo hasta su desembocadura en la Bahía de Cádiz, al sur de la ciudad.

A partir de su nacimiento afluyen a él, por su margen derecha, los Arroyos de Pandina, Batán, Humo, Corrales y Juncales, y más abajo Porcún, Salado y Espera; y ya en el Término de Jerez los del Charco, Jédula y Salado de Caulina. Por su parte izquierda recibe los de Arroyo Molinos, Las Mesas, Ranchiles, Las Toscas Mora, Carretero y Alberite; y ya en el Término de Jerez el Majaceite (que recibe aguas del Ubrique a través del Charco de los Hurones y que a su vez llena el embalse de Guadalcacín, llegando al Guadalete en el paraje conocido como Junta de los Ríos), Zumajo, Cabañas, Salado de Paterna y Buitrago.

A su paso por Jerez el Guadalete y sus afluentes dan lugar a una amplia zona de “Riegos de Interés Nacional” que comprende los parajes de la Barca de la Florida, Torrecera, El Torno, San Isidro, La Ina, Nueva Jarilla; guadalcacín y Estella, con una superficie aproximada de 12.000 hectáreas. Se hace la captación en el embalse de Guadalcacín y por medio de canales de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir se distribuye el agua por la red del antiguo Instituto Nacional de Colonización.

El río Guadalete fue en su día navegable hasta El Portal para embarcaciones de poco calado, pero hoy sólo es practicable en los accesos a los muelles del Puerto de Santa María.

2.2.- MEDIO BIÓTICO:

Es el conjunto de organismos vivos que componen un ecosistema interrelacionándose entre ellos.

2.2.1.- FLORA:

Las formaciones vegetales de los cauces de los ríos y arroyos se integran en el orden POPULETALIA ALBAE, en el cuál corresponde a todos los bosques de carácter hidrófilo de las regiones mediterráneas y eurosiberianas. Disectando los geosistemas de QUERCETEA ILICIS hallaremos en la campiña alamedas de POPULUS ALBA (chopo) y SAUCEDAS apoyadas sobre los suelos aluviales de las riberas altas. El bosque galería es entonces de gran talla arbórea de hojas caducas, acompañado por un matorral y herbazal muy conspicuo rico en hemcriptófitos y geófitos. En transición hacia las formaciones del Aljibe se establece una catena en particular en las vaguadas fluviales; los alcornocales climatófilos pasan en las riberas altas a fresnedas de FRAXINUS ANGUSTIFOLIA, para levantarse por alisedas en contacto permanente con el cauce encharcado.

Es frecuente encontrar otro tipo de bosques ribereños de menor talla que aquellos cauces con aguas y suelos más eutrofos, evolucionando igualmente de degradaciones de las formaciones de porte más arbóreo y mayor complejidad estratal. Corresponde a la vegetación de la clase NERIO-TAMARICETEA, con tarajes y adelfas.

Los bosques de la ribera del ámbito campiñés están determinados por el estado de conservación de su vegetación y por la tipología y densidad de ésta así como por el carácter permanente o estacional del curso del agua. Los sotos ribereños pueden significar el refugio de la fauna de la campiña, a la vez que vía de penetración o cazadero alternativo para los pequeños carnívoros y rapaces de las sierras próximas.

2.2.2.- FAUNA:

La dedicación agrícola del espacio campañés ha implicado desde la antigüedad la roturación de tierras y con ésta la alteración de los ecosistemas por parte del hombre. La consecuencia inmediata ha sido el retroceso de la flora y la fauna.

En la fauna hay que diferenciar las especies que habita permanentemente y los que no. Nos centramos en los permanentes, y encontramos al azor, el águila calzada, el cárabo, el búho, y el mochuelo como predadores primarios de los biotopos ripícolas. También hay águilas culebreras y halcón común.

Anguila, sapo común, salamandra y rana común entre otros , ocupan el escalón de los predadores secundarios en la cadena trófica ripícola.

En la comunidad de los sotos ribereños la constituyen las aves insectívoras y granívoras que deambulan por los campos cultivados y utilizan aquellos para anidar. El martín pescador y el mirlo acuático son especies poco abundantes, aunque pueden ser vistos sin mucha dificultad. El zorro, la comadreja y esporádicamente la nutria son los carnívoros habituales de estos biotopos.

2.4.- MEDIO SOCIAL:

2.4.1.- DEMOGRÁFICO: (2.003)

Población Total	191.002 hab.
Población Hombres	93.325 hab.
Población Mujeres	97.677 hab.
Población en Núcleos	187.247 hab.
Población en Diseminado	3.755 hab.
% población <20 años	24,14%
% población >65 años	12,43%
Incremento relativo de la población	4,79%

Nº Extranjeros	1.815 hab.
Principal procedencia	América del Sur
% Representativa total de extranjeros	30,14%
Emigrantes 2.002	2.776 hab.
Inmigrantes 2.002	4.001 hab.
Nacidos vivos por residencia materna	2.248 hab.
Fallecidos por lugar de residencia en 2.002	1.397 hab.
Matrimonios	1201

Fuente: Instituto de Estadística Andaluz

2.4.2.- SOCIEDAD:

Centro Enseñanzas Básicas	72
Centros Enseñanzas Secundarias	41
Centro Enseñanzas Adultos	12
Bibliotecas Públicas	10
Centros de Salud	8
Consultorios	13

Viviendas familiares principales	56674
Viviendas para alquiler	55
Viviendas para vender	1479
Viviendas rehabilitadas	741
Viviendas Libres	2335
Nº Pantallas Cine	24

Fuente: Instituto de Estadísticas Andaluz

2.4.3.-ECONOMÍA: (Fuentes: Instituto de Estadística Andaluz)

Agricultura:

Cultivos Herbáceos. Año 2.003

Superficie	70.621 hectáreas
Ppal. Cultivo Regadío	Algodón
Ppal. Cultivo Regadío (Has)	4.352 has.
Ppal. Cultivo Secano	Trigo
Ppal. Cultivo Secano (Has)	24.816 has

Cultivos Leñosos. Año 2.003

Superficie	8.539 has.
Ppal. Cultivo Regadío	Olivar
Ppal. Cultivo Regadío (Has)	264 has.
Ppal. Cultivo Secano	Viñedos
Ppal. Cultivo Secano (Has)	7.796 has.

Transportes: (2.003)

Vehículos turismos	78033
Autorizaciones de transportes (taxi)	154
Autorizaciones de transportes (mercancías)	2801
Autorizaciones de transportes (viajeros)	375
Vehículos matriculados	7847
Vehículos matriculados turismos	6387

Mercado de Trabajo (2.001)

Población Activa	79392
Población Ocupada	57872
Población Parada	21520
Trabajadores eventuales agrarios	1646

Tasa Empleo	39,10%
Tasa de Paro	27,1
Paro registrado (2.003)	10228

Otros Indicadores (2.003)

Inversiones en nuevas Industrias	19.222.574 euros
Oficinas Bancarias	117
Consumo de Energía Eléctrica	573.612 Mwh
Consumo de Energía Eléctrica Residencial	177.460 Mwh
Líneas Telefónicas	48477
Líneas ADSL	4737
Renta Familiar Disponible por habitante	8.100-9.000 euros

2.4.4.- INFORMACIÓN SOCIO-CULTURAL:

Jerez, situada al sur de la Península Ibérica, forma parte de la extensa campiña que forma la vega del Guadalquivir.

Aunque existen restos de presencia humana desde el paleolítico, no se puede asegurar su existencia como núcleo urbano hasta la etapa hispano musulmana. Desde la invasión norteafricana en 711 hasta su conquista definitiva 1.264 por Alfonso X El Sabio, la ciudad se consolidará, y durante los siglos XI y XII el Jerez musulmán vivirá una etapa de gran desarrollo. Los almohades la fortificarán y construirán un importante Alcázar. Con la incorporación de Jerez a la corona castellana, la población musulmana será expulsada y sus tierras y casas serán repartidas entre la población conquistadora, iniciándose un nuevo proceso para Jerez.

Los monumentos más destacables son : El Alcázar, Cabildo, Catedral, Cartuja, Santo Domingo, San Dionisio, San Lucas, San Marcos, San Miguel, Santiago, etc...

Es aconsejable la visita a: Bodegas, Museo Arqueológico, Museo del Vino, Palacios, Yeguada de la Cartuja Hierro del Bocado, Real Escuela Arte Ecuestre, Parque Zoológico, Mundiales de Velocidad en el Circuito, etc...

3.- LEGISLACIÓN APLICABLE:

Las directrices de gestión para una industria de aguas depuradoras tomará no sólo las normas legales de aplicación, sino también las recomendaciones internacionales y sobre todo comunitarias al efecto más los criterios concienzudos y basados en la experiencia de gestión ambiental de este tipo de instalaciones.

3.1.- LEGISLACIÓN EN VIGOR DE APLICACIÓN A LA INSTALACIÓN:

► 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.

► 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 (H₂S), tomado como base para la desodorización, la concentración máxima es de 20 ppm o 20 µg/m³).

► 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 H₂S en 30 minutos (100 microgramos por metro cúbico de aire) y en 24 horas (40 microgramos por metro cúbico de aire).

► Directiva 91/156/CEE de 12-06-85 relativa a la protección del medio ambiente.

► Decreto 74/1996 de 20 Febrero. Protección del medioambiente. Reglamento de Calidad del Aire (BOJA nº 30, 07-03-96).

▶ Decreto 326/2003 de 25 Noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la contaminación Acústica de Andalucía (BOJA nº 243, 18-12-99)

▶ Directiva 96/61/CE del Consejo del 24 Septiembre, relativa a la Prevención y Control Integrado de la Contaminación.

▶ Ley 7/1994 de 18 Mayo, por la que se crea las normas reguladoras de Protección Ambiental (BOJA nº 79, 31-05-1994).

▶ Ley de Aguas 29/1995 de 2 de Agosto derogada por el Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 Junio (BOE nº176, 24-07-2001).

▶ Ley 10/1998, 21 Abril, de Residuos (BOE nº 96, 22-04-1998).

4.- IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS.

4.1.-IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS:

		FASE DE OBRA	FASE DE EXPLOTACIÓN
FACTORES DEL MEDIO	ATMÓSFERA	Beneficiosos	Beneficiosos
	SUELO	Perjudiciales	Beneficiosos
	RUIDOS	Perjudiciales	Beneficiosos
	OLOR	Perjudiciales	Beneficiosos
	ESTÉTICO-VISUAL	Perjudiciales	Beneficiosos
FACTORES SOCIALES	SERVICIOS-INFRAESTRUCTURAS	Beneficiosos	Beneficiosos
	EMPLEO	Beneficiosos	Beneficiosos
	CULTURAL	Beneficiosos	Beneficiosos
	PROCESOS	Beneficiosos	Beneficiosos
FACTORES BIOLÓGICOS	FLORA	Beneficiosos	Beneficiosos
	FAUNA	Beneficiosos	Beneficiosos
	RELACIONES ECOLÓGICAS	Perjudiciales	Beneficiosos

	Perjudiciales
	Ni benefician ni perjudican
	Beneficiosos

4.2.- VALORACIÓN DE IMPACTOS.

4.2.1.- MATRIZ DE IMPACTOS EN FASE DE EXPLOTACIÓN:

ACCIONES PROYECTO	ATMÓSFERA		SUELO		RUIDOS		ESTETICO-VISUAL		PROCESOS		SERV. INFRAESTR	
	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
SELLADO ARQUETAS	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
CUBRICIÓN TORNILLOS ARQUÍMEDES	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
CUBRICIÓN POZO DE GRUESOS	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
INSTALAC. SIST. EXTRACC. GASES	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
INST. TORRES DESODORIZACIÓN	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
OBRA AUXILIAR	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO

ACCIONES PROYECTO	CULTURAL		EMPLEO		MOV. MAQUINARIA		FLORA		FAUNA		RELAC. ECOLÓG.	
	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
SELLADO ARQUETAS	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
CUBRICIÓN TORNILLOS ARQUÍMEDES	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
CUBRICIÓN POZO DE GRUESOS	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
INST. SIST. EXTRACC. GASES	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
INST. TORRES DESODORIZACIÓN	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
OBRA AUXILIAR	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO

4.2.2.- VALORACIÓN CUALITATIVA DE LOS IMPACTOS:

La valoración cualitativa de los impactos viene dada por los siguientes parámetros:

POSITIVO: La acción es positiva sobre el factor del medio.

COMPATIBLE: No necesita acción correctora, el impacto es mínimo.

MODERADO: El impacto se elimina con la aplicación de una acción correctora.

SEVERO: Precisa de la aplicación de una acción correctora y una vigilancia ambiental. Una vez aplicada la acción correctora puede quedar un impacto residual.

CRÍTICO: Puede eliminarse con la aplicación de acciones correctoras u otras medidas.

		FASE DE OBRA	FASE DE EXPLOTACIÓN
FACTORES DEL MEDIO	ATMÓSFERA	COMPATIBLE	POSITIVO
	SUELO	COMPATIBLE	POSITIVO
	RUIDOS	MODERADO	COMPATIBLE
	OLOR	SEVERO	COMPATIBLE
	ESTÉTICO VISUAL	COMPATIBLE	POSITIVO
FACTORES SOCIALES	SERVICIOS INFRAESTRUCTURAS	COMPATIBLE	POSITIVO
	EMPLEO	COMPATIBLE	POSITIVO
	CULTURAL	COMPATIBLE	POSITIVO
	PROCESOS	COMPATIBLE	POSITIVO
FACTORES BIOLÓGICOS	FLORA	COMPATIBLE	POSITIVO
	FAUNA	COMPATIBLE	POSITIVO
	RELACIONES ECOLÓGICAS	COMPATIBLE	POSITIVO



POSITIVO
COMPATIBLE
MODERADO
SEVERO
CRÍTICO

5.- MEDIDAS CORRECTORAS.

Hay que señalar, en primer lugar, y según lo expuesto, el carácter positivo del proyecto, ya que según los impactos identificados y valorados, la disminución de olores conseguida constituirá una mejora notable tanto para los trabajadores de la instalación como para la población cercana a la EDAR. Aún así, para minimizar los impactos detectados y sobre todo en la fase de obra, se señalan las siguientes acciones correctoras:

1.- Atmósfera:

Riesgo en las zonas con levantamiento de polvo.

Toda la maquinaria estará al día en el paso de ITV, seguro, ...

2.- Ruidos:

Se tomarán medidas de los equipos diurnos y nocturnos no sobrepasando en ningún caso los valores establecidos por la legislación.

Si fuese preciso se insonorizarán las salas.

3.- Estético-visual:

Se utilizarán materiales y colores propios del entorno cercano, favoreciendo de esta forma la integración en el paisaje.

4.- Flora:

Se repoblarán y revegetarán todas las zonas verdes que pudieran verse afectadas a consecuencia del proyecto.

6.- PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL.

El programa de vigilancia ambiental establece un sistema que garantiza el cumplimiento de indicaciones y medidas protectoras y correctoras contenidas en el proyecto.

De acuerdo con la valoración de los impactos realizados, el programa de vigilancia contendrá un seguimiento y medición de:

- ▶ Caudales de agua bruta.
- ▶ Medición del sulfhídrico: mediante exposímetro de gases tipo Draguer.
- ▶ Mediciones de caudales, horas de funcionamiento. (bombas, extractores, ventiladores,...)
- ▶ Niveles de ruido, lecturas diurnas y nocturnas en dB (A).
- ▶ Área de percepción de olores antes y después del proyecto.

En la fase de explotación se llevará a cabo un registro en el que constarán todos los datos citados anteriormente, así como cualquier incidencia significativa que pudiera acontecer.

DOCUMENTO II

CÁLCULOS

DOCUMENTO II : CÁLCULOS

1.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS:	Pág. 1
1.1.- CÁLCULO DE CAUDALES A DESODORIZAR.	Pág. 1
1.1.1.- POZO DE GRUESOS.	Pág. 1
1.1.2.- TORNILLOS DE ARQUIMEDES.	Pág. 1
1.1.3.- CONTENEDORES.	Pág. 2
1.1.4.- DESBASTE.	Pág. 2
1.1.5.- RESUMEN.	Pág. 3
1.2.- BALANCE DE MATERIA.	Pág. 3
1.2.1.- BALANCE AL ACIDO SULFHÍDRICO.	Pág. 4
1.2.2.- BALANCE AL HIPOCLORITO DE SODIO.	Pág. 5
1.2.3.- BALANCE AL HIDRÓXIDO SÓDICO.	Pág. 6
2.- DIMENSIONADO:	Pág. 9
2.1.- CALCULO DEL DIAMETRO DE LA COLUMNA.	Pág. 9
2.2.- CALCULO DE LA PERDIDA DE PRESION A LO LARGO DE LAS TORRES DE RELLENO.	Pág. 12
2.3.-CALCULO DEL NUMERO DE UNIDADES DE TRANSFERENCIA.	Pág. 14
2.4.- CALCULO DE LA ALTURA DE LA UNIDAD DE TRANSFERENCIA.	Pág. 19
2.5.- CALCULO DE LA ALTURA DEL LECHO DE RELLENO.	Pág. 20
2.6.- VOLUMEN OCUPADO POR EL LECHO DE RELLENO.	Pág. 20
2.7.- CALCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN EL LECHO.	Pág. 21
2.8.- CALCULO DEL SEPARADOR DE GOTAS.	Pág. 22
2.9.- CALCULO DEL ESPACIO OCUPADO POR EL LIQUIDO EN LA COLUMNA.	Pág. 23
2.10.- CALCULO DE LA ALTURA DE LA TORRE.	Pág. 24

2.11.- CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE ASPIRACION.	Pág. 24
2.12.- CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO EN LA TUBERIA DE ASPIRACIÓN.	Pág. 25
2.13.- CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPUSION.	Pág. 25
2.14.- CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO EN LA TUBERIA DE IMPULSION.	Pág. 26
2.15.- CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE APORTE DEL REACTIVO.	Pág. 26
2.16.- DEPOSITO DE ALMACENAMIENTO.	Pág. 26
2.17.- CUADRO RESUMEN.	Pág. 27
3.- DESCRIPCION DE EQUIPOS.	Pág. 28
3.1.- EXTRACTOR DE LOS CONTENEDORES.	Pág. 28
3.2.- EXTRACTOR EN LOS TORNILLOS DE ARQUIMEDES.	Pág. 28
3.3.- DESBASTE.	Pág. 28
3.4.- POZO DE GRUESOS.	Pág. 29
3.5.- CONDUCCIONES.	Pág. 29
3.6.- BOMBAS DE RECIRCULACION.	Pág. 29
3.7.- VENTILADOR.	Pág. 31
·PRESUPUESTOS.	Pág. 32

II CÁLCULOS

1.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS:

1.1.- CÁLCULOS DE CAUDALES A DESODORIZAR:

1.1.1.- Pozo de Gruesos:

En el Pozo de Gruesos, conociendo su volumen mediante los planos facilitados por Aguas de Jerez, tenemos un volumen de :

$$V = 10 \text{ m} \times 6,3 \text{ m} \times 5,74 \text{ m} = 361.6 \text{ m}^3.$$

$$Q = 361.6 \text{ m}^3 \times 20 \text{ renvac./hora} = 7.232,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

He tomado la máxima tasa de renovación ya que al cerrar el pozo el sulfhídrico ataca al hormigón corrompiéndolo y resquebrajándolo. Al usar una tasa alta nos aseguramos la extracción total del aire viciado sin perjuicio para las estructuras.. Lo mismo va a ocurrir para la extracción en los Tornillos de Arquímedes.

1.1.2.- Tornillos de Arquímedes:

Hay cuatro tornillos que se han cubierto de manera individualizada, con un extractor para cada tornillo, de manera que sólo funcione el/los extractor/es del/los tornillo/s que estén funcionando. El cálculo para un tornillo, teniendo en cuenta que la cubierta va a ras del murete y está abierta por la zona de abajo para que entre en aire externo por ahí y que el extractor se sitúa en la parte de arriba de los tornillos:

$$V = 52 \text{ m}^3. \text{ (facilitados por Aguas de Jerez).}$$

$$Q = 52 \text{ m}^3 \times 20 \text{ renov./ hora} = 1.040 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Al existir 4 tornillos de Arquímedes se disponen de 4 extractores dando un

caudal final de 4.160 m³/h.

1.1.3.- Contenedores:

Hay dos contenedores, uno situado en el edificio de obra de llegada y otro en el edificio de desbaste. Los dos tienen las mismas dimensiones de: 4 m x 2 m x 1 m.

Se le ha situado una campana extractora a 1,5 m de altura del suelo, con la particularidad que la campana tiene unas medidas que exceden en 20 cm por cada lado de la cuba. También se ha dispuesto de unos faldones de PVC en tres de sus caras, menos en la cara que recibe los residuos.

Se ha consultado a empresas que proporcionan equipos de extracción y aconsejan poner un extractor que trate de 800 a 1.000 m³/h. Las empresas consultadas son S&P, Luis Capdevilla, S.A. Y NOVOVENT, S.A. Coincidiendo en dicho rango de caudal. Aseguro la completa extracción tomando el caudal mayor de los facilitados.

1.1.4.-Desbaste:

En el sistema de desbaste se va a colocar un extractor móvil para recoger los gases de la reja que esté funcionando en cada momento, pudiendo ser cambiada sin problemas por un operador cuando empiece a funcionar otra reja.

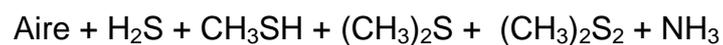
El caudal de extracción lo fijamos en 1.000 m³/h por indicación del fabricante, ya que resulta imposible realizar cálculos de extracción de volumen.

1.1.5.- Resumen:

	Cantidad	Volumen Individual (m ³)	Nº de renovaciones a la hora	Caudal Indiv. (m ³ /h)	Caudal Total (m ³ /h)
Tornillos Arquímedes	4	52	20	1040	4160
Pozo de Gruesos	1	362	20	7.240	7.240
Contenedores	2	3	--	1.000	1.000
Desbaste	1	--	--	1.000	1000

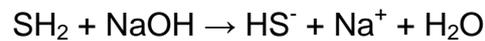
1.2.- BALANCES DE MATERIA:

La composición de los gases olorosos en una depuradora es :



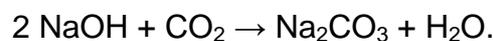
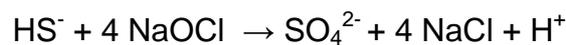
Las concentraciones máximas de éstos componentes son :

COMPONENTES	CONCENTRACIÓN MÁX. (mg/Nm ³)
H₂S	5
CH₃SH	3
CH₃)₂S + (CH₃)₂S₂	1
NH₃	<6

1.2.1.- Balance al H₂S :a) Reacción de Absorción:

La mayor parte del SH₂ se encuentra en la solución de lavado en forma de HS⁻.

También una parte de NaOH reacciona con el CO₂ presente en el aire, dando una reacción secundaria no deseada:

b) Reacción de Oxidación:

Para que esta reacción se produzca es necesaria la presencia de un mínimo de cloro residual en la solución de lavado.

El balance se puede representar de la siguiente manera:

$$\mathbf{(Acumulación) = (Entra) - (Sale) + (Gasta) - (Consume)}$$

Aquí tanto la (A) como (G) son cero, por tanto:

$$\mathbf{(E) = (S) + (C)}$$

(N) : Caudal másico de componente por Nm³ de gas. (Kg/ Nm³).

(F) : Caudal molar de componente. (Kmol/h).

Los subíndices _E y _S corresponden a la entrada y la salida.

El caudal de entrada de gases se conoce mediante los equipos dispuestos en los focos de olores, dando como resultado un caudal global de 15.000 m³/h.

Teniendo en cuenta que la absorción de SH₂ es del 99% de eficacia, tenemos:

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

$$(F_{H_2S})_E = 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 15.000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1.000 \text{g}}{1 \text{Kg}} \cdot \frac{1 \text{molSH}_2}{34.08 \text{g}} = 2.20 \frac{\text{molSH}_2}{\text{h}}$$

$$(F_{H_2S})_{\text{consumido}} = (F_{H_2S})_{\text{Absorb}} = 0.99 \cdot 2.20 \frac{\text{molSH}_2}{\text{h}} = 2.178 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$(F_{H_2S})_E = (F_{H_2S})_{\text{Consumido}} + (F_{H_2S})_S$$

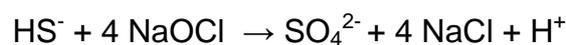
$$(F_{H_2S})_S = 2.20 - 2.178 = 0.022 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

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

► Caudal másico diario H₂S = Q (m³/h) · [H₂S] (mg/m³) · 24 h/día · 1 kg/10⁶ mg.
Caudal = 15.000 · 5 · 24 · 1/10⁶ = 1,8 kg H₂S/día.

1.2.2.- Balance al hipoclorito de sodio:

La reacción que se produce es:



Cálculo de la cantidad de hipoclorito de sodio necesaria para eliminar el SH₂.
Los datos a tener en cuenta son los siguientes:

P molec NaOCl = 74,5 g/mol.

P molec H₂S = 34,08 g/mol.

$$\rho_{NaOCl} = 1,230 \frac{g}{ml}$$

► Cantidad de NaOCl :

$$\frac{Pmolec_{NaOCl}}{Pmolec_{H_2S}} = \frac{4 \cdot 74,5}{34,08} = 8,74 \frac{g_{NaOCl}}{g_{H_2S}} = 8,74 \frac{Kg_{NaOCl}}{Kg_{H_2S}}$$

► Cantidad NaOCl puro al día:

$$8,74 \frac{Kg_{NaOCl}}{Kg_{H_2S}} \cdot 1,8 \frac{Kg_{H_2S}}{día} = 15,73 \frac{Kg_{NaOCl}}{día}$$

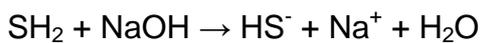
Al estar al 5% :

$$15,730 \frac{g_{NaOCl}}{día} \cdot \frac{100}{5} = 314,600 \frac{g_{NaOCl}}{día} \cdot \frac{1}{1,23} = 225,772,3 \frac{ml}{día} = 225,78 \frac{L}{día}$$

$$225,78 \frac{L}{día} \cdot \frac{1día}{24h} = 10,66 \frac{L}{h}$$

1.2.3.- Balance al hidróxido sódico:

Cálculo de la cantidad de hidróxido sódico necesaria para eliminar el SH₂.



Los datos a tener en cuenta son :

$$P \text{ molec Cl}_2 = 71 \text{ g/mol.}$$

$$P \text{ molec NaOH} = 40 \text{ g/mol.}$$

$$P \text{ Molec H}_2\text{S} = 34,08 \text{ g/mol.}$$

$$\rho_{\text{NaOH}} = 1,5253 \text{ g/ml}$$

► Cantidad de NaOH:

$$\frac{P_{\text{molec NaOH}}}{P_{\text{molec H}_2\text{S}}} = \frac{40}{34,08} = 1,173 \frac{\text{g}_{\text{NaOH}}}{\text{g}_{\text{H}_2\text{S}}} = 1,173 \frac{\text{Kg}_{\text{NaOH}}}{\text{Kg}_{\text{H}_2\text{S}}}$$

Empíricamente se usa sobre 4 Kg. de NaOH por cada Kg. de sulfhídrico.

► Cantidad de NAOH puro:

$$\frac{\text{Kg}_{\text{NaOH}}}{\text{Kg}_{\text{H}_2\text{S}}} \cdot \frac{\text{Kg}_{\text{H}_2\text{S}}}{\text{día}} = \frac{4}{1} \cdot \frac{1,8}{\text{día}} = 7,2 \frac{\text{Kg}_{\text{NaOH}}}{\text{día}}$$

Al estar al 10 % :

$$7.200 \frac{\text{g}_{\text{NaOH}}}{\text{día}} \cdot \frac{100}{10} = \frac{72.000 \text{ g/día}}{1,5253 \text{ g/ml}} = 47.203,8 \frac{\text{ml}}{\text{día}} = 47,2 \frac{\text{L}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 1,97 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

Hay que tener en cuenta la cantidad suministrada a la segunda torre para neutralizar el cloro residual libre; la reacción es la que sigue:



► Cantidad NaOH:

$$\frac{2 \cdot 40 \text{ g/mol}}{71 \text{ g/mol}} = 1,127 \frac{\text{gNaOH}}{\text{gCl}_2} = 1,127 \frac{\text{Kg}_{\text{NaOH}}}{\text{Kg}_{\text{Cl}_2}}$$

El cloro residual óptimo es 0,6 g/L de NaOCl, por tanto quedaría:

$$\text{Cl}_{2\text{Residual}} = 255,78 \frac{\text{L}}{\text{día}} \cdot 0,6 \frac{\text{g}}{\text{día}} = 153,46 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

► Cantidad de NaOH puro al día:

$$\frac{\text{g}_{\text{NaOH}}}{\text{g}_{\text{Cl}_2}} \cdot \frac{\text{g}_{\text{Cl}_2}}{\text{día}} = 1,127 \cdot 153,46 = 172,9; 173 \frac{\text{g}_{\text{NaOHpuro}}}{\text{día}}$$

Al estar la concentración de sosa al 10% :

► Cantidad NaOH día:

$$173 \frac{\text{g}_{\text{NaOHpuro}}}{\text{día}} \cdot \frac{100}{10} = 1.730 \frac{\text{g}_{\text{NaOH}}}{\text{día}}$$

► Cantidad NaOH gastado:

$$\frac{1.730 \text{ g/día}}{1,5253 \text{ ml/día}} = 1.134,2 \frac{\text{ml}}{\text{día}} = 1,134 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

2.- DIMENSIONADO.

2.1.- CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA COLUMNA.

Para el cálculo del diámetro de la columna seguiremos la siguiente nomenclatura:

- G_{GF} : caudal de gas en el punto de inundación. (Kg-masa/hr-m²).
- g : aceleración de la gravedad. (9,8 m/s²).
- a_v : superficie específica del relleno (m²/m³ de espacio relleno).
- F : fracción en volumen de los huecos (m³/m³ de espacio relleno).
- ρ_G : densidad del gas (Kg/m³).
- ρ_L : densidad del líquido (Kg/m³).
- η_L : viscosidad del líquido (centipoises).
- G_{LF} : velocidad del líquido en el punto de inundación (Kg/hr-m²).

El cálculo se hace para el punto de inundación. El punto de inundación depende del tipo de relleno utilizado, y la caída de presión a la cual aparece, disminuye a medida que es mayor el tamaño de la unidad de relleno. El punto de inundación también está afectado por la viscosidad del líquido y ocurre que la pérdida de presión disminuye a medida que la viscosidad del líquido aumenta.

Supongo que el gas que entra en la torre es aire, y que el líquido es agua.

Para el relleno utilizo monturas de Berl, cuyas características están en el

ANEXO 1.

Los datos que dispongo son:

- densidad media del gas : 1,093 Kg/m³.
- densidad del líquido : 998 Kg/m³.
- η del agua : 1 centipoise.

- a_v/F : 220 (tabla del anexo).

$$\frac{G_{LF}}{G_{GF}} = \frac{Q_L \cdot \rho_L}{Q_G \cdot \rho_G} = \frac{28 \cdot 998}{15.000 \cdot 1,093} = 1,70$$

Donde :

$$\left(\frac{G_{LF}}{G_{GF}} \right) \cdot \left(\frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{0,5} = 1,70 \cdot \left(\frac{1,093}{998} \right)^{0,5} = 0,056$$

Viendo la gráfica que está en el **ANEXO 2** se comprueba que corresponde con un valor aproximado de 0,17.

Sustituyendo los datos y valores nos queda:

$$\left(\frac{G_{GF}}{3.600} \right)^2 = 0,17 \cdot \left(\frac{F^3}{a_v} \right) \cdot \left(\frac{\rho_L \cdot \rho_G \cdot g}{\mu_L^{0,2}} \right) = 0,17 \cdot \frac{1}{260} \cdot \frac{1,093 \cdot 998 \cdot 9,8}{1^{0,2}} = 6,99$$

Despejando queda:

$$G_{GF} = 3.600 \cdot \sqrt{6,99} = 9.517,9 \frac{Kg}{h \cdot m^2}$$

Como :

$$S = \frac{16.395 \frac{Kg}{h}}{9.517,9 \frac{Kg}{h \cdot m^2}} = 1,72 m^2.$$

Entonces:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 1,72} = 1,48m^2.$$

Como en la práctica una torre no puede operar en las condiciones del punto de inundación, se considera segura las velocidades próximas al 50 % de dicho punto.

Por tanto, la sección recta real sería aproximadamente el doble de la calculada anteriormnete, es decir, de 3,44 m². El diámetro correspondiente a la sección sería de 2,09 m. Utilizando el catálogo de Casals Cardona como fabricante de torres de desodorización, el modelo que mejor se ajusta es el ELF SS-25 con un diámetro de 2.500 mm. Cuyo revestimiento exterior es de resina ortoftálica reforzada con fibra de vidrio y el revestimiento interno de resina bisfenólica reforzada con fibra de vidrio.

2.2.- CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE PRESIÓN A LO LARGO DE LAS TORRES RELLENAS.

Los pasos a seguir para el cálculo de dicha pérdida son:

1.)- Se determina la pérdida de presión en el punto de la inundación mediante la tabla que se encuentra en los anexos. Se designa como $(\Delta P_F)_{H_2O}$.

2.)- Con éste valor y la figura del anexo determinamos la caída de presión en el punto de inundación para el líquido, puesto que es conocida la viscosidad cinemática del agua. Se designa como $(\Delta P_F)_L$.

3.)-La velocidad del gas en el punto de inundación, que corresponde con G_L , debe conocerse.

4.)-Se conoce la relación G_{GF}/G_G

Según la tabla "Caída de Presión en el Punto de Inundación" del **ANEXO 3**, el relleno monturas de Berl de 38 mm tiene una caída de presión de 180 mm de H_2O por metro de altura de relleno.

La sección transversal de la torre es de $1,72 \text{ m}^2$, entonces:

$$G_G = 16.395 / 1,72 = 9.532 \text{ Kg/h m}^2.$$

$$G_L = 27944 / 1,72 = 16.246,5 \text{ Kg/h m}^2.$$

$$10 / 0,998 = 10,02 \text{ centistokes.}$$

Con la gráfica 9-6 del anexo corresponde aun valor de $(\Delta P_F)_L = 144 \text{ mm/m}$

De la tabla 9-8 mínima velocidad de líquido para fase líquida observamos que para nuestro caso sale un G_L mínimo cercano a los 50.000 Kg/h m^2 .

Puesto que la velocidad de líquido utilizada es menor que ésta ($16.246,5$), la

torre no opera en la región de fase líquida continua.

El valor G_G en el punto de inundación que corresponde a $G_L = 16.246,5$, se obtendrá de la figura 9-10. **ANEXO 4.**

$$\left(\frac{G_L}{3.600}\right)^2 \cdot \left(\frac{a_V}{F^3}\right) \cdot \left(\frac{\eta_L^{0.2}}{\rho_L^2 \cdot g}\right) = \left(\frac{16.246,5}{3.600}\right)^2 \cdot 260 \cdot \left(\frac{8 \cdot 10^{-5^{0.2}}}{998^2 \cdot 9,8}\right) = 0,000082$$

Sale un valor de :

$$\frac{G_{LF}}{G_{GF}} \cdot \left(\frac{\rho_G}{\rho_L}\right)^{0.5} = 0,018$$

$$G_{GF} = \left(\frac{16.246,5}{0,018}\right) \cdot \left(\frac{1,093}{998}\right)^{0.5} = 29.870$$

de donde

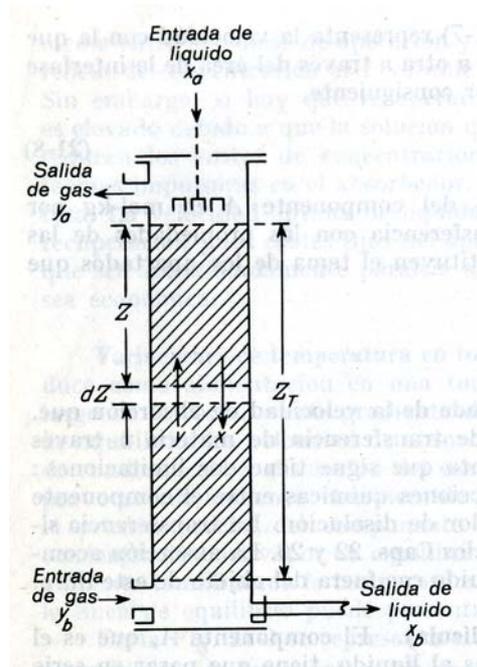
$$\frac{G_{GF}}{G_G} = \frac{29.870}{9.532} = 3,13$$

de la figura 9-9:

$$\frac{(\Delta P)_L}{(\Delta P_F)_L} = 0,055$$

Entonces, $\Delta P_L = (0,055)(144) = 7,92$ mm por metro de agua.

2.3.-CÁLCULO DEL NÚMERO DE UNIDADES DE TRANSFERENCIA.



La altura de una torre de relleno depende de la velocidad de absorción, que depende de la velocidad de transferencia de materia a través de las fases de líquido y gas.

Se toma un elemento de volumen con un espesor diferencial de la columna de absorción, siendo:

a : superficie específica del relleno. (m^2 de superficie de transferencia / m^3 de columna).

S : sección de la columna (m^2).

N_a : densidad de flujo del componente que se absorbe.

Z : altura.

La totalidad del componente A absorbido por unidad de tiempo en este volumen será:

$$Na \cdot a \cdot S \cdot dZ$$

Si Na se expresa en función del coeficiente global de transferencia de materia (K_x):

$$K_x \cdot (X_A^* - X_A) \cdot a \cdot S \cdot dZ$$

Siendo: X_A^* la fracción molar de A en fase líquida en equilibrio con y_A .
 X_A la fracción molar de A en el seno de la fase líquida.

Si hacemos un balance de soluto absorbido por la fase líquida, en el volumen diferencial se tendrá:

$$(\text{Solutos Absorbidos}) = L \cdot X_A + d(L \cdot X_A) - L \cdot X_A = d(L \cdot X_A)$$

que corresponde a la cantidad expresada en la ecuación anterior, por tanto:

$$K_x \cdot (X_A^* - X_A) \cdot a \cdot S \cdot dZ = d(L \cdot X_A)$$

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 y resulta:

$$d(L \cdot X_A) = L' \cdot d\left(\frac{X_A}{1 - X_A}\right) = L' \cdot \frac{dX_A}{(1 - X_A)}$$

sustituyendo en la anterior:

$$K(X_A^* - X_A) \cdot a \cdot S \cdot dZ = L' \cdot \frac{dX_A}{(1 - X_A)}$$

separando variables e integrando nos queda:

$$Z = \frac{L'}{K_X \cdot a \cdot S} \int \frac{dX_A}{(1 - X_A)^2 \cdot (X_A^* - X_A)}$$

Se ha considerado constante $K_X \cdot a$ porque se trata de disoluciones diluidas a las que se le puede aplicar la Ley de Henry.

Para mezclas diluidas $X_A \ll 1$ y se desprecia el factor $(1 - X_A)^2$ del denominador, con lo que la expresión resultante es :

$$Z = \frac{L'}{K_X \cdot a \cdot S} \int \frac{dX_A}{(X_A^* - X_A)}$$

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

$$N_A = K_Y (y_A - y_A^*)$$

De esta forma quedaría la ecuación:

$$Z = \frac{G'}{K_Y \cdot a \cdot S} \int \frac{dy_A}{(y_A - y_A^*)}$$

En esta ecuación $G' / K_Y \cdot a \cdot S$ tiene unidades de longitud denominándose **AUT** (Altura de una Unidad de Transferencia). la integral de la ecuación es adimensional, y se denomina **NUT** (Número de Unidades de Transferencia). Su producto dará la altura del relleno:

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

Las consideraciones que propongo para la operación son : que la concentración de H₂S sea cero en la interfase, y que sea también cero la concentración de sulfuro en equilibrio con la existente en la fase líquida. Para el cálculo del NUT supongo una base de cálculo de 100 mg de gases/m³.

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

$$NUT = Y_1 - Y_2 + \ln \frac{Y_1}{Y_2}$$

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

Los coeficientes utilizados corresponden a la fase gaseosa y el significado de los distintos términos son :

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 . 15.000 m³/h.

[N_{H2S}]_E = 5 mg/m³.

[F_{H2S}]_E = 2,2 mol/h.

Eficacia de la torre del 99%.

[N_{H2S}]_S = 0,05 mg/m³.

[F_{H2S}]_S = 0,022 mol/h.

[Aire] = 95 mg/m³.

[Aire] = G' = 49,30 mol/h.

$$[AIRE] = 95 \cdot 10^{-6} \frac{Kg}{m^3} \cdot 15.000 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1000g}{1Kg} \cdot \frac{1molaire}{28,9g} = 49,30 \frac{mol}{h}$$

Los moles totales que entran en la torre de lavado son 51,5 mol/h, de los cuales el 95,71 % es aire y el 4,27% es SH₂. Se cumple la consideración que decía que lo que entra en la columna es prácticamente aire.

La razón molar de sulfuro que entra en los lavadores es: $Y_1 = 0,044$

$$\frac{[F_{H_2S}]_E}{[Aire]} = \frac{2,2}{49,30} = 0,044$$

La razón molar de sulfuro que sale de los lavadores es: $Y_2 = 4,46 \cdot 10^{-4}$

$$\frac{[F_{H_2S}]_S}{[Aire]} = \frac{0,022}{49,30} = 4,46 \cdot 10^{-4}$$

Sustituyendo en la ecuación de diseño para el cálculo del NUT:

$$NUT = Y_1 - Y_2 + \ln \frac{Y_1}{Y_2} = 0,044 - 4,46 \cdot 10^{-4} + \ln \frac{0,044}{4,46 \cdot 10^{-4}} = 4,63$$

2.4.- CÁLCULO DE LA ALTURA UNIDAD DE TRANSFERENCIA.

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

$$AUT = \frac{\left(\frac{G'}{S}\right)}{K_g \cdot a}$$

es :

siendo : AUT : altura de unidad de transferencia.

G' : caudal molar de inerte en fase gaseosa.

S : sección de la columna de relleno.

A : área interfacial específica (m^2/m^3).

K_g : coeficiente global de transferencia de materia para el gas la fase gas.

El área interfacial específica es un dato de diseño que para Monturas de Berl de 38 mm (1'5'') es de $150 m^2/m^3$, peso de $650 Kg/m^3$. (datos obtenidos en Celene).

El coeficiente global de transferencia de materia para el gas en el caso de monturas Berl de 38 mm es de $0,1514 mol/m^2h$. (Perry, R.;1992)

En el cálculo de la sección tomo el valor de radio de 1,25 m correspondiente a la torre que es facilitada por TECNIUM.

Entonces, $K_g \cdot a = 22,70 mol/m^3h$. Sustituyendo los valores en la ecuación de AUT queda:

$$AUT = \frac{\frac{49,3 mol / h}{4,9 m^2}}{0,1514 (mol / m^2 \cdot h) \cdot 150 m^2 / m^3} = 0,4430$$

2.5.- CÁLCULO DE LA ALTURA DEL LECHO DE RELLENO.

El cálculo de la altura del lecho de relleno se realiza aplicando el número de unidades de transferencia y la altura de la unidad de transferencia, mediante la ecuación de diseño visata anteriormente: $Z = AUT \cdot NUT$

La altura de unidades de transferencia ha sido calculada anteriormente obteniendo un valor de **0,4430 m**.

El número de unidades de transferencia ha sido calculado en el apartado 2.3 dando un valor de **4,63**. Por tanto :

$$Z = AUT \cdot NUT = 0,4430 \cdot 4,63 = 2,05m$$

2.6.- VOLUMEN OCUPADO POR EL LECHO DE RELLENO.

La torre es un cilindro, y el volumen de un cilindro viene dado por la siguiente ecuación:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot Z$$

Por lo tanto, sustituyendo los valores en la fórmula el volumen que ocupa el relleno será :

$$V = \pi \cdot 1,25^2 \cdot 2 = 9,81m^3$$

2.7.- CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN EL LECHO. (Coulson-Richardson)

$$\Delta P / Z = (1-\varepsilon) \cdot (\rho - \rho_G) \cdot g / g_c.$$

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 y 1 en otros sistemas.

Sustituyendo en la expresión anterior los valores de los distintos parámetros, se obtendrá un valor de la pérdida de carga del lecho:

$$Z = 2 \text{ m.}$$

$$\varepsilon = 0,92.$$

$$\rho = 610 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\rho_G = 1,093 \text{ Kg/m}^3.$$

$$G_C = 1.$$

$$\Delta P = ((1-0,92) \cdot (610-1,093) \cdot (9,81/1)) \cdot 2 = 955 \text{ (Kg/m} \cdot \text{s}^2) = 955 \text{ Pa.}$$

$\Delta P = 955 \text{ Pa} = 97,44 \text{ mm H}_2\text{O.}$

2.8.- CÁLCULO DEL SEPARADOR DE GOTAS.

La distribución uniforme de líquido en cabeza de la columna es esencial para que ésta funcione eficazmente. Esto se consigue mediante un dispositivo que rocíe uniformemente el líquido a través del plano superior del lecho de relleno. (Perry).

Para el diseño del separador de gotas se considerarán los siguientes datos comerciales de partida:

Caudal volumétrico de gas	$Q_g = 15.000 \text{ m}^3/\text{h}.$
Espesor de las láminas	$e = 4 \text{ mm}.$
Altura de las láminas	$h = 10 \text{ mm}.$
Distancia entre láminas	$d = 60 \text{ mm}.$
Longitud de las láminas	$l = 2500 \text{ mm}.$
Distancia entre capas de láminas	$D = 280 \text{ mm}.$
Pérdida de carga	$P = 6 \text{ mm. H}_2\text{O /capa}.$

Si cada capa de láminas ocupa la sección transversal del separador, el número de capas de lámina N será de 1 sola capa.

El número de láminas n , dispuestas en los $4,9 \text{ m}^2$ de sección transversal del separador será el número de láminas de una capa del mismo y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$R = e \cdot n + d \cdot (n - 1)$$

Sustituyendo en la expresión queda:

$$1,25 = 0,004 \cdot n + 0,06 \cdot (n - 1)$$

Siendo $n = 20,4$ láminas.

Donde el **Número Total de Láminas** = $n \cdot N = 1 \cdot 20,4 = 20,4 \approx 21$ láminas

Altura Total que ocupan las capas de láminas del separador (H) :

$$H = N \cdot h + (N - 1) \cdot D$$

$$H = 1 \cdot 100 + (1 - 1) \cdot 0,280 = 100\text{mm} = 0,1\text{m.}$$

Pérdida de carga por capa de lámina:

$$\Delta P = 6\text{mmH}_2\text{O} \cdot N = 6 \cdot 1 = 6\text{mmH}_2\text{O}$$

$$\Delta P = 58,81\text{Pa}$$

Para el modelo de separador de TECNIUM Casals Cardona de 2,5 m de diámetro, existe incluida una boca de salida de aire, que ocupa una altura de 0,8 m.

Teniendo en cuenta el espacio ocupado por el anillo que soporta el separador de gotas, la altura total del separador es de 1,5 m.

2.9.- CÁLCULO DEL ESPACIO OCUPADO POR EL LÍQUIDO EN LA COLUMNA.

La capacidad del líquido contenido en el fondo se fija en 5 m^3 , por tanto y conociendo el radio de la columna, la altura del líquido será:

$$L = \frac{V}{(\pi \cdot R^2)} = \frac{5}{(\pi \cdot 1,25^2)} = 1,01m$$

La altura del líquido se considera 1 m.

2.10.- CÁLCULO DE LA ALTURA TOTAL DE LA TORRE.

La altura de la torre viene dada por la suma de los distintos elementos que componen la columna.

$$\text{ALTURA TOTAL : } 1 \text{ m.} + 2 \text{ m.} + 1,5 \text{ m.} + 0,8 \text{ m.} = \mathbf{5,3 \text{ metros.}}$$

2.11.- CÁLCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE ASPIRACIÓN.

Según la bibliografía se aconseja que la velocidad de flujo por la línea de aspiración esté comprendida entre 0,5 m/s y 1,5 m/s. Tomando el valor de 1 m/s y aplicando fórmulas para calcular el diámetro queda :

$$Q = V \cdot A$$

$$D = \left(\frac{4Q}{V \cdot \pi} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \cdot 0,0077}{1 \cdot \pi} \right)^{1/2} = 0,099m$$

donde : Q = caudal volumétrico del líquido (m³/s). Q = 28 m³/h = 0,0077 m³/s.

V = velocidad del fluido (m/s). V = 1 m/s.

A = área transversal de la tubería (m^2).

D = diámetro de la tubería (m).

Calculado el diámetro de la tubería usamos las normas ANSI de tuberías de acero para conocer el diámetro nominal de tuberías con su Sch, espesor, etc...

Las normas ANSI se encuentran en el **ANEXO 5**.

Para la corriente de aspiración se observa que el diámetro más apropiado es de 4'' con designación o cédula 40.

Por lo tanto el diámetro nominal de aspiración = DN = 80.

2.12.- CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO EN LA TUBERÍA DE ASPIRACIÓN.

El cálculo se realiza con la expresión: $V = Q / A$

Sustituyendo los datos en la ecuación, nos sale para la corriente de aspiración una velocidad de **0,96 m/s**, que está dentro del intervalo aconsejado de velocidades.

2.13.- CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN.

El diámetro de la tubería de impulsión se obtiene también mediante un criterio análogo al usado por en aspiración. Para impulsión se recomienda que la velocidad se encuentre entre 7 y 10 ft/s, es decir, entre 2,1 y 3 m/s aproximadamente.

Tomando el intermedio del rango de velocidades procedo a calcular el diámetro mediante la misma fórmula del apartado anterior.

$$Q = 28 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0077 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$V = 2,5 \text{ m/s}.$$

$$D = \left(\frac{4 \cdot Q}{V \cdot \pi} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \cdot 0,0077}{2,5 \cdot \pi} \right)^{1/2} = 0,062m$$

Usando la tabla de dimensiones de tuberías de aceros normalizadas nos sale un diámetro óptimo de tubería de 2 ½'' cedula 40.

Diámetro nominal de impulsión es de 65.

2.14.- CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO EN LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN.

Se hace de forma análoga al cálculo de velocidades del fluido en tuberías de aspiración. Queda una velocidad de **2,43 m/s**. Está dentro del intervalo aconsejado de velocidades.

2.15.- CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE APOORTE DE REACTIVO.

Se considera la tubería como una tubería de impulsión, de forma que se hace de forma análoga a la anterior, dando como resultado un diámetro de 1/3'' con un Sch de 40.

El DN es de 50.

2.16.- DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO.

Los depósitos van a ser dos, uno de NaOH y otro de ClONa. Los volúmenes dependen de la cantidad de litos/día que se use. Para el caso de la sosa se calculó un caudal de 1,13 l/día y para el hipoclorito de 225,78 l/día.

Los depósitos tendrán un volumen de 2.000 litros asegurando de esta manera que los reactivos no van a faltar al proceso.

Los depósitos, con sus respectivas bombas dosificadoras, estarán diseñadas con materiales específicos para su función. Estos materiales son poliéster reforzado con fibra de vidrio y PVC para los depósitos y polipropileno para las bombas de dosificación.

Las bombas dosificadoras estarán reguladas por dos pHmetros y un redoxímetro.

2.17.- CUADRO RESUMEN.

Fabricante	Casals Cardona ELF-SS25
Caudal de Aire	15.000 m ³ /h.
T ^a Máxima	40 °C.
Pérdida de Carga	150 mm H ₂ O.
Caudal de Lavado	28 m ³ /h.
Líquidos de Lavado	Sosa/Hipoclorito
Volumen Almacenamiento	4.000 litros
Diámetro	2.500 mm.
Altura	5.300 mm.
Tipo de Anillos	Monturas Berl de 38 mm.
Separador de Gotas	Laminar.
Nº Pulverizadores	9
Espesor Virola	8 mm. y 7 mm.
Espesor Fondo	8 mm.
Tipo de Fondo	Plano.
Material del Cuerpo	Poliéster y fibra de vidrio.
Material del Separador	PVC.
Entrada/Salida Aire	DN-80
Entrada Lavado	DN-65
Llenado de reactivo	DN-50

3.- DESCRIPCION DE EQUIPOS.

3.1.- EXTRACTOR DE LOS CONTENEDORES.

La disposición de las cubas ya se especificó anteriormente. Los caudales a extraer son de 1.000 m³/h cada uno. Para ello usamos extractores tipo :

Modelo CAL-205/2T PP de 400V a 2.800 rpm, para un caudal de 1.080 m³/h, con 62 dB(A), con turbina anticorrosiva en polipropileno y voluta anticorrosiva también en polipropileno, especiales para ambientes altamente corrosivos.

Tienen un precio por unidad de 758,08 euros

Se considerará la posibilidad de tener un extractor de las mismas características por si se avería uno.

3.2.- EXTRACTORES EN LOS TORNILLOS DE ARQUÍMEDES.

Hay cuatro tornillos de arquímedes que no funcionan de forma simultánea, suelen funcionar solamente uno o dos al mismo tiempo. Por eso no tendremos equipos de reserva.

Para los tornillos de Arquímedes las características de caudal son las mismas que las cubas, por eso usaremos cuatro extractores iguales a los descritos anteriormente.

3.3.- DESBASTE.

Para la zona de desbaste se ha elegido un brazo aspirante articulado(ASPIFLEX-2) suspendido sin ventilador, con accesorio para soportar a pared o techo para captar de forma localizada en la industria. Tiene una baja pérdida de carga, una longitud de hasta 5 m., con distintos diámetros, con un peso que se aproxima a los 45 Kg.

El brazo es de la empresa Luis Capdevila, S.A.

El ventilador es igual que los anteriores, con las mismas características.

3.4.- POZO DE GRUESOS.

Para el pozo de gruesos tenemos que desalojar un caudal de 7.240 m³/h, para ello usamos un extractor tipo CAL-365/2T PP para 9.000 m³/h , de 80 dB (A) con un precio de 2.132,3 euros. Va a 3.000 rpm, tiene tanto la turbina como la voluta de polipropileno (PP).

Todos los ventiladores son de la casa EUROVENTILATORI S.A., los datos están cogidos de los catálogos facilitados por la filial de la empresa en la península ibérica. Los motores son IP 55, clase F, ATEX antideflagrante.

3.5.- CONDUCCIONES.

Las conducciones estarán fabricadas en PVC para evitar el ataque corrosivo a la instalación. Los diámetros de los conductos variarán dependiendo del caudal extraído, su presión, etc...

Los codos serán del Diámetro Nominal correspondiente a las tuberías donde se anclen y serán de tres piezas.

3.6.- BOMBAS DE RECIRCULACIÓN.

Para seleccionar la bomba centrífuga para la recirculación se determina la razón entre líquido y gas, que 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 la transferencia de materia y las reacciones.

Dicha relación se determina empíricamente, y 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, siendo :

(L/G) : relación de caudales máximos de líquido y gas (Kg/Kg).

(l/g) : relación de caudales mínimos. (m^3/m^3).

L : caudal máximo de líquido. ($Kg/m^2/h$).

l : caudal de líquido por unidad de superficie de relleno. ($m^3/m^2/h$).

Como valores normales se consideran :

(L/G) = 3,4 (Kg/Kg).

(l/g) = 0,00187 (m^3/m^3).

Caudal de la bomba de recirculación = $15.000 \cdot 0,00187 = 28 m^3/h$.

La altura útil proporcionada por la bomba es de 20 m.c.a. Si se realiza una distribución a presión con suficiente pulverización.

La selección de bombas se ha realizado mediante 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 son de la empresa Casals Cardona para TECNIUM. Son bombas centrífugas horizontales de un cuerpo hidráulico en polipropileno y 4Kw de potencia, con un motor de 2.900 rpm.

Para la dosificación automática de reactivos se instalarán dos bombas dosificadoras de la empresa Casals Cardona para TECNIUM 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 rpm.

3.7.- VENTILADOR.

Para determinar la potencia del ventilador, hay que basarse en la pérdida de presión total del sistema.

Según lo calculado en el lecho la pérdida de carga es de 97,44 m.c.a. (apartado 2.7). Si suponemos que hay una pérdida de carga para conductos y accesorios de 90 m.c.a. Tenemos un total para el sistema de desodorización de 187,44 m.c.a.

Para calcular la potencia del ventilador lo hago para 200 m.c.a. Para asegurar la impulsión del gas a desodorizar a través de las torres.

Se aplica la siguiente expresión:

$$P = \left[\left(\frac{G_E \cdot P_E}{\eta} \right) \right] \cdot \left[\left(\frac{P_S}{P_E} \right)^{\delta - \frac{1}{\delta}} - 1 \right] \cdot \left(\frac{\delta - 1}{\delta} \right)$$

Ddonde:

- 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 : $C_p/C_v = 1,4$

La potencia suministrada por el ventilador que se encuentra a la salida del segundo absorbedor se obtendrá con los siguientes datos:

$$G_E = 15.000 \text{ m}^3/\text{h} = 4,16 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$P_{\text{atm}} = 101,325 \text{ Kpa}.$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 200 \text{ m.c.a.} = 19,61 \text{ Kpa}.$$

$$P_E = P_{\text{atm}} = 101,325 \text{ Kpa}.$$

$$P_S = P_{\text{atm}} + \Delta P_{\text{TOTAL}} = 120,94 \text{ Kpa}.$$

$$\mathbf{P = 20,71 \text{ Kw.}}$$

4.- PRESUPUESTOS

DENOMINACIÓN	PARTIDAS IGUALES	PRECIO UNIDAD (€)	PRECIO TOTAL (€)
Obras de acondicionamiento de las distintas zonas, albañilería, electricidad, saneamiento, retiradas de escombros, etc...	150	30	4500
Kg. de acero en perfiles laminado A-42b en distintos elementos estructurales, mediante unión soldada, en soporte de acero, incluso corte y elaboración, montaje, p/p de soldaduras, previa limpieza de bordes, pletinas casquillos y piezas especiales, dejando la estructura preparada para recibir el paramento y la cubierta, construida según normas MV-102, 103, 104.	1000	1,3	1300
Kg. de acero en barra corrugada para elementos estructurales varios, incluso cortes, labrado, colocación y p/p de atado con alambre recocido y separador.	1000	0,6	600
Kg. de pintado en estructura metálica, comprendiendo, lijado de oxido, una mano de protección de minio plomo, una mano de pintura y otra de acabado. Medida la pintura según el peso nominal de la estructura metálica.	2500	8,00	4000
Uds de ensayo de soldaduras, transporte del equipo de control, redacción del informe con resultado de los ensayos.	4,00	450	1800
M ² de cubierta de PVC, elementos electricos, estructurales, tornillería, colocación y fijación.	210,00	225	47250
Compra de torres de hipoclorito y sosa, transporte, colocación y pruebas.	2	16900	33800
Compra de depósitos de hipoclorito y sosa, transporte, colocación y pruebas	2	10000	20000

DENOMINACIÓN	PARTIDAS IGUALES	PRECIO UNIDAD (€)	PRECIO TOTAL (€)
Medidor pH, colocación, prueba	1	3000	3000
Medidor Redox	1	3000	3000
Compra de bombas, ventiladores, extractores, transporte, colocación y pruebas	6	1500	9000
Colocación de conducciones con los accesorios necesarios en cada caso y especificados en el proyecto, con los diámetros correspondientes y las conexiones descritas en el proyecto.	400	600	24000
Uds. de puntos de luz de emergencia y señalización instalado con conductor de 750 V de aislamiento y empotrado a la pared, incluso aparato, elementos para colgar del techo de la Nave, p/p de mecanismo e instalación, totalmente terminado y funcionando.	10	70	700
Uds. de grupo de enchufe instalado con conductor de 750 V de aislamiento y protegido con tubo de P.V.C. empotrado a la pared, p/p de mecanismo e instalación, totalmente instalado y funcionando.	15	20	300
Ud. de toma de tierra instalado con conductor de cobre de 35 mm ² de sección y pica de cobre de 2 m de longitud, totalmente instalado.	1	125	125
		TOTAL	153375 Euros

ANEXO I : CARACTERISTICAS DE RELLENOS ESTRUCTURADOS. (Perry vol.III)

TABLA 14.7a. Características de rellenos estructurados

Nombre	Material	Tamaño nominal	Área superficial, m ² /m ³	Vacío, %	Factor de relleno, 1/m	Vendedor
Flexipac	S	1	558	91	108	Koch
		2	223	93	72	
		3	134	96	52	
Flexiramic	C	28	282	70	131	Koch
		48	157	74	79	
		88	102	85	49	
Gempak	S	4A	446	92	105	Glitsch
		3A	335	93	69	
		2A	223	95	53	
Intalox	S	1T	315	95	66	Norton
		2T	213	97	56	
		3T	177	97	43	
Max-Pak	S	—	229	95	39	Jaeger
Mellapak	S	125Y	125	97	33	Sulzer
		125X*	125	97		
		250Y	250	95	66	
		250X*	250	95	8	
		350Y	350	93	75	
		500X*	500	91	25	
Montz-Pak	S	B1-125	125	97	72	Julius Montz
		B1-250	250	95		
		B1-350	350	93		
	G	A3-500	500	91		
	E	BSH-250	250	95		
		BSH-500	500	91		
Ralupak	S	250YC*	250	95		Raschig
Sulzer	G	AX*	250	95	69	Sulzer
		BX*	492	90		
		CY	700	85		

Notas: * Ángulo de corrugación 60° (con la horizontal); todos los demás 45°.

Factores de relleno de Kister y Gill [*Chem. Eng. Progr.*, 87(2), 32 (1991) y Houston AIChE meeting, marzo 19-23 (1995)].

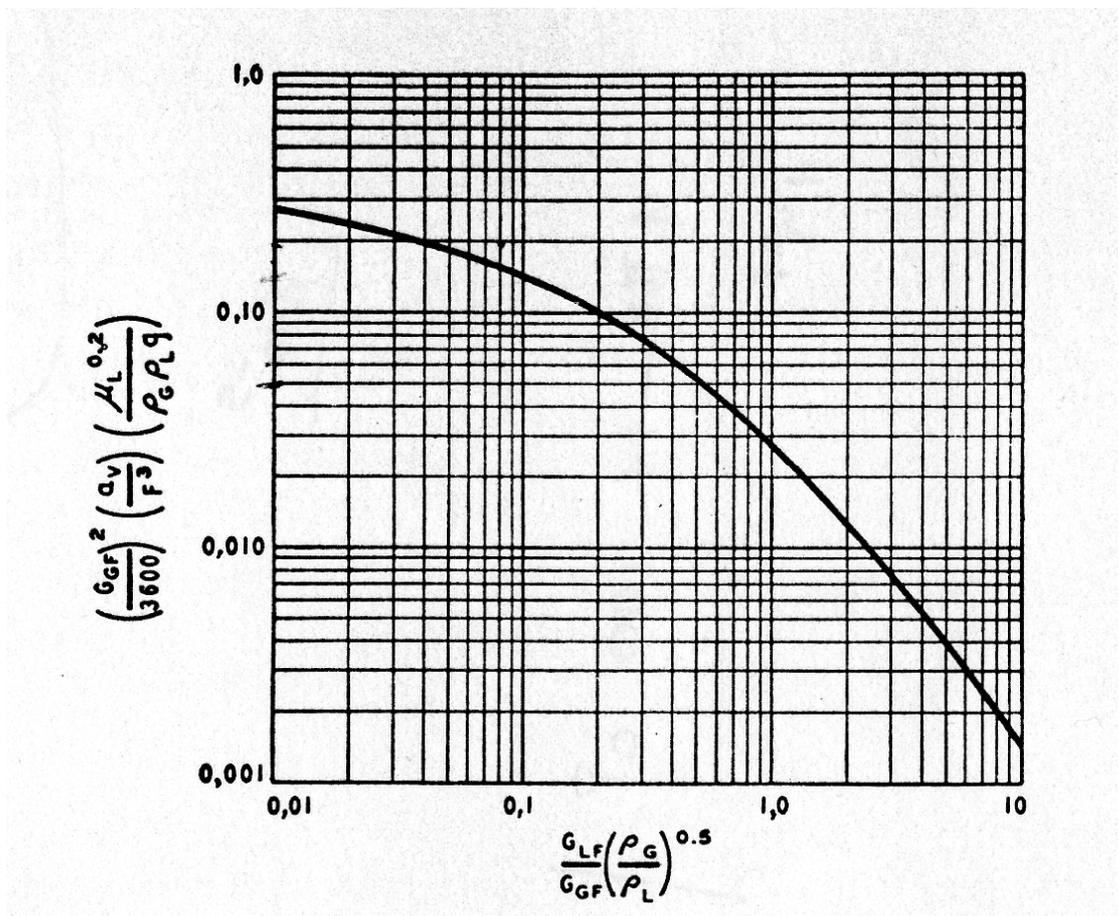
Materiales de construcción: C = cerámica; E = metal expandido; G = tela metálica; S = placa metálica.

Vendedores: Glitsch, Inc., Dallas, Texas; Koch Engineering Co., Wichita, Kansas; Jaeger Products, Inc., Houston, Texas; Julius Montz, Hilden, Alemania; Raschig AG, Ludwigshafen, Alemania; y Sulzer Bros., Winterthur, Suiza.

Nombre	Material	Tamaño nominal		Espesor de pared, mm	Peso de lecho, kg/m ³	Área, m ² /m ³	Vacío, %	Factor de relleno, F_p , m ⁻¹	Factor de relleno seco, F_{ps} , m ⁻¹	Vendedor
		mm	Número							
Anillos Raschig	C	6	—	1,6	960	710	62	—	5.250	Varios
		13	—	2,4	880	370	64	1.900	1.705	
		25	—	3,2	670	190	74	587	492	
		50	—	6,4	660	92	74	213	230	
		75	—	9,5	590	62	75	121	—	
Anillos Raschig	M	19	—	1,6	1.500	245	80	984	—	Varios
		25	—	1,6	1.140	185	86	472	492	
		50	—	1,6	590	95	92	187	223	
		75	—	1,6	400	66	95	105	—	
Anillos Pall	M	16	—	0,40	—	—	92	256	262	Norton, Koch, Glitsch
		25	—	0,51	480	205	94	183	174	
		38	—	0,64	415	130	95	131	91	
		50	—	0,81	385	115	96	89	79	
Minianillos (CMR)	M	—	1	—	389	250	96	131	102	Glitsch
		—	1,5	—	234	144	97	95	—	
		—	2,5	—	195	123	98	72	79	
	P	—	3	—	58	103	98	46	43	
		—	1A	—	71	185	94	98	92	
Sillas Berl	C	—	3A	—	40	74	96	39	33	Koch
		6	—	—	900	900	60	—	2.950	
		13	—	—	865	465	62	790	900	
		25	—	—	720	250	68	360	308	
		38	—	—	640	150	71	215	154	
Sillas Intalox	C	50	—	—	625	105	72	150	102	Norton
		6	—	—	864	984	65	302	2.720	
		13	—	—	736	623	71	—	613	
		25	—	—	672	256	73	302	208	
		50	—	—	608	118	76	131	121	
Fleximax	M	—	300	—	—	141	98	85	—	Koch
		—	400	—	—	85	98	56	—	
Intalox Metal (IMTP)	M	25	—	—	352	230	97	134	141	Norton
		40	—	—	237	154	97	79	85	
		50	—	—	150	98	98	59	56	
		70	—	—	130	56	98	39	—	
Anillos Nutter	M	—	1	0,30	178	168	98	98	89	Nutter
		—	2	0,45	173	96	98	59	56	
		—	2,5	0,45	145	83	66	52	49	
		—	3,0	0,50	133	66	98	43	36	
Anillos Pall	P	25	—	—	80	206	90	180	180	Norton
		50	—	—	61	102	92	85	82	
		90	—	—	53	85	92	56	39	
	C	25	—	—	—	—	—	351	—	
		38	—	—	—	—	—	180	—	
50	—	—	—	—	—	—	141	—		
Sillas Intalox	P	—	1	—	96	207	90	131	131	Norton
		—	2	—	56	108	93	92	85	
Snowflake	P	—	—	—	45	92	95	43	—	Norton
Nor-Pac	P	25	1	—	72	180	92	82	—	NSW
		38	1,5	—	61	144	93	56	—	
		50	2,0	—	53	102	94	39	—	
Tri-Pack	P	25	1	—	72	180	92	82	—	Jaeger
		50	2	—	53	102	94	39	—	
VSP	M	25	1	—	352	206	98	105	—	
		50	2	—	296	112	96	69	—	
Tellerettes	P	25	1	—	112	180	87	—	—	Ceilcote
		50	2	—	89	125	93	—	—	

Notas: M = metal, acero al carbono. Otros metales disponibles. P = plástico, polipropileno. Otros plásticos disponibles.
 Factor de relleno F_p de Kister y Gill [*Chem. Eng. Progr.*, **87**(2), 32 (1991) y Houston AIChE meeting, marzo 19-23 (1995)]; Strigle, *Packed Tower Design and Applications* [Gulf Publ. Co., Houston, 1994]; factor para relleno seco F_{ps} de Robbins [*Chem. Eng. Progr.*, **87**(1), 19 (1990)].
 Vendedores: Ceilcote Co., Berea, Ohio; Glitsch, Inc., Dallas, Texas; Koch Engineering Co., Wichita, Kansas; Jaeger Products, Inc., Houston, Texas; NSW Corp., Roanoke, Virginia; Norton Co., Akron, Ohio; y Nutter Engineering Co., Tulsa, Oklahoma.

ANEXO II: CORRELACIÓN PARA CONDICIONES DE INUNDACIÓN EN TORRES DE RELLENO.



ANEXO III

Valores de a_v/F^3 para varios rellanos de torres. Los rellenos están colocados al azar.

Tipo de relleno	Valor de a_v/F^3	Tipo de relleno	Valor de a_v/F^3
Anillos Raschig, 6 mm	7.640	Monturas de Berl 6 mm	13.860
» » 9,5 »	1.480	» » 12,5 »	1.480
» » 12,5 »	1.330	» » 25,0 »	390
» » 16,0 »	1.150	» » 38,0 »	260
» » 19,0 »	700	» Intalox 19,0 »	460
» » 25,0 »	565	» » 25,0 »	320
» » 31,0 »	305	» » 38,0 »	170
» » 38,0 »	330		
» » 50,0 »	220		

Caída de presión en el punto de inundación.

Relleno	mm	mm de H ₂ O por m de altura de relleno	Relleno	mm	mm de H ₂ O por m de altura de relleno
Anillos Raschig	51	210	Anillos Raschig	9,5	330
» »	38	210	» »	6	330
» »	31	200	Monturas de Berl	38	180
» » (con cruz)	25	250	» »	25	210
» » (normales)	25	330	» »	19	210
» »	19	250	» »	12,5	165
» »	16	210	» »	6	105
» »	12,5	290			

ANEXO IV: AJUSTE DE LA CORRELACIÓN.

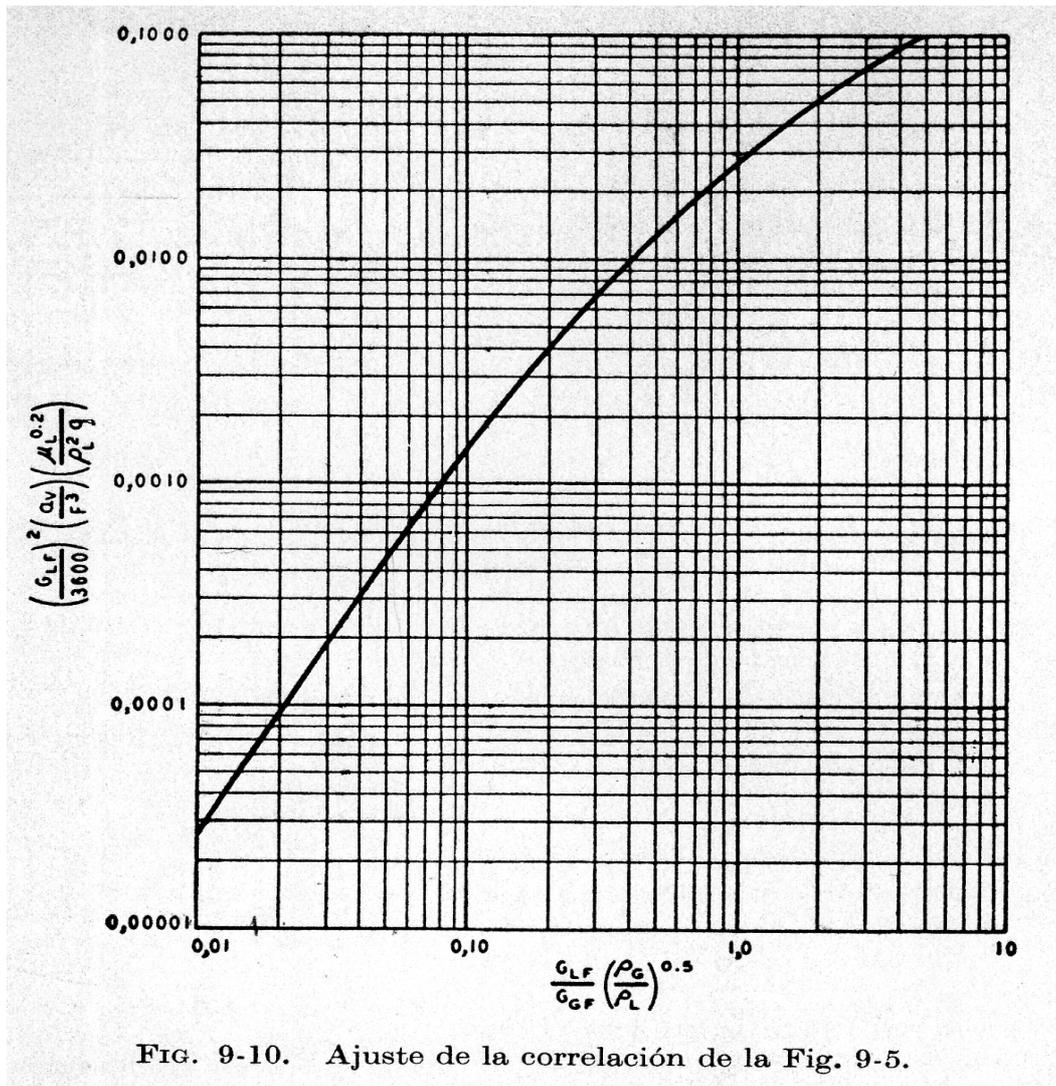


FIG. 9-10. Ajuste de la correlación de la Fig. 9-5.

ANEXO V:

DIMENSIONES, CAPACIDADES Y PESOS DE TUBERIAS DE ACERO NORMALIZADA.

TAMAÑOS DE TUBO Y ESPESORES DE PARED NOMINAL GENERALMENTE DISPONIBLE.

Número del diámetro	Diámetro exterior (mm)	Cédula o designación								
		5S	10S	Std	40	XS	80	120	160	XXH
3	10.3	0.089	1.24	1.73	1.73	2.41	2.41			
6	13.7	1.24	1.65	2.24	2.24	3.02	3.02			
10	17.1	1.65	1.65	2.31	2.31	3.20	3.20			
15	21.3	1.65	2.11	2.77	2.77	3.73	3.73		4.87	7.47
20	26.7	1.65	2.11	2.87	2.87	3.91	3.91		5.56	7.82
25	33.4	1.65	2.77	3.38	3.38	4.55	4.55		6.35	6.35
30	42.2	1.65	2.77	3.56	3.56	4.85	4.85		6.35	9.70
40	48.3	1.65	2.77	3.68	3.68	5.08	5.08		7.14	10.15
50	60.3	1.65	2.77	3.91	3.91	5.54	5.54		8.74	11.07
65	73.0	2.11	3.05	5.16	5.16	7.01	7.01		9.53	14.02
80	88.9	2.11	3.05	5.49	5.49	7.62	7.62		11.13	15.24
90	101.6	2.11	3.05	5.74	5.74	8.08	8.08			16.15
100	114.3	2.11	3.05	6.02	6.02	8.56	8.56	11.13	13.49	17.12
125	141.3	2.77	3.40	6.55	6.55	9.53	9.53	12.70	15.88	19.05
150	168.3	2.77	3.40	7.11	7.11	10.97	10.97	14.27	18.26	21.95
200	219.1	2.77	3.76	8.18	8.18	12.70	12.70	18.26	23.10	22.23
250	273.0	3.04	3.96	9.27	9.27	12.70	15.09	21.44	28.58	25.40
300	323.8	3.96	3.96	9.53	10.31	12.70	17.48	25.40	33.23	25.40
350	355.6	3.96	6.35	9.53	11.13	12.70	19.05	25.40	35.71	
400	406.4	3.96	6.35	9.53	12.70	12.70	21.44	30.96	40.49	
450	457	3.96	6.35	9.53	14.27	12.70	23.83	34.93	45.24	
500	508	4.78	6.35	9.53	15.09	12.70	26.19	38.10	50.01	
600	601	5.54	6.35	9.53	17.48	12.70	30.96	46.02	59.54	
>600				9.53		12.70				

TAMAÑOS DE TUBO Y ESPESORES DE PARED NOMINAL GENERALMENTE DISPONIBLES.

D _{NOM} Tamaño nominal del tubo	Diámetro exterior (in)	Unidades convencionales								
		Cédula o designación								
		5S	10S	Std	40	XS	80	120	160	XXS
1/8	0.405	0.035	0.049	0.068	0.068	0.095	0.095			
1/4	0.540	0.049	0.065	0.088	0.088	0.119	0.119			
3/8	0.675	0.065	0.065	0.091	0.091	0.126	0.126			
1/2	0.840	0.065	0.083	0.109	0.109	0.147	0.147			
3/4	1.050	0.065	0.083	0.113	0.113	0.154	0.154		0.187	0.294
1	1.315	0.065	0.109	0.133	0.133	0.179	0.179		0.218	0.308
1 1/4	1.660	0.065	0.109	0.140	0.140	0.191	0.191		0.250	0.358
1 1/2	1.900	0.065	0.109	0.145	0.145	0.200	0.200		0.281	0.382
2	2.375	0.065	0.109	0.154	0.154	0.218	0.218		0.281	0.400
2 1/2	2.875	0.083	0.120	0.203	0.203	0.276	0.276		0.344	0.436
3	3.500	0.083	0.120	0.216	0.216	0.300	0.300		0.375	0.552
3 1/2	4.000	0.083	0.120	0.226	0.226	0.318	0.318		0.438	0.600
4	4.500	0.083	0.120	0.237	0.237	0.337	0.337	0.438	0.531	0.674
5	5.563	0.109	0.134	0.258	0.258	0.375	0.375	0.500	0.625	0.750
6	6.625	0.109	0.134	0.280	0.280	0.432	0.432	0.562	0.719	0.864
8	8.625	0.109	0.148	0.322	0.322	0.500	0.500	0.594	0.906	0.875
10	10.75	0.134	0.165	0.365	0.365	0.500	0.594	0.719	1.125	1.000
12	12.75	0.156	0.165	0.375	0.406	0.500	0.688	0.844	1.312	1.000
14	14.00	0.156	0.250	0.375	0.438	0.500	0.750	1.094	1.406	
16	16.00	0.165	0.250	0.375	0.500	0.500	0.844	1.219	1.594	
18	18.00	0.165	0.188	0.375	0.562	0.500	0.938	1.375	1.781	
20	20.00	0.188	0.250	0.375	0.594	0.500	1.219	1.500	1.969	
24	24.00	0.218	0.250	0.375	0.688	0.500	1.219	1.812	2.344	
>24				0.375		0.500				

CARBON STEEL PIPE WALL THICKNESS									
NOMINAL PIPE SIZE		OUTSIDE DIAMETER		STANDARD		EXTRA STRONG		XX STRONG	
IN.	MM.	IN.	MM.	IN.	MM.	IN.	MM.	IN.	MM.
2	50,8	2,38	60,3	0,15	3,91	0,21	5,53	0,43	11,07
3	76,2	3,5	88,9	0,21	5,49	0,3	7,62	0,55	15,24
4	101,6	4,5	114,3	0,23	6,02	0,33	8,58	0,67	17,12
6	152,4	6,63	168,3	0,28	7,12	0,43	10,97	0,84	21,94
8	203,2	8,63	219	0,32	8,17	0,5	12,7	0,87	22,22
10	254	10,75	273	0,36	9,27	0,5	12,7	1	25,4
12	304,8	12,75	323,9	0,37	9,52	0,5	12,7	1	25,4
14	355,6	14	355,6	0,37	9,52	0,5	12,7		
16	406,4	16	406,4	0,37	9,52	0,5	12,7		
18	457,2	18	457,2	0,37	9,52	0,5	12,7		

DOCUMENTO III

**PLIEGO DE
CONDICIONES**

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.	Pág. 1
PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS.	Pág. 3
PLIEGO DE CONDICIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD	Pág. 11
Capítulo 1: Pliego de Condiciones Generales	Pág. 14
Capítulo 2: Pliego de las condiciones de Índole Facultativo	Pág. 17
Capítulo 3: Pliego de Condiciones de Índole Técnico	Pág. 37
Capítulo 4. Pliego de Condiciones de Índole Económico	Pág. 80

DOCUMENTO III. PLIEGOS DE CONDICIONES

1.- PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1.- OBJETO

El presente Pliego de Condiciones afectará a la ejecución de todas las obras que comprende al presente Proyecto

1.2.- CONTRATA.

El adjudicatario estará obligado al cumplimiento de la Reglamentación Vigente correspondiente a las relaciones entre patronos y obreros.

El adjudicatario deberá tomar las precauciones máximas en todas las operaciones y usar los equipos para la protección de las personas y cosas.

1.3.- CONDICIONES DE LOS MATERIALES.

Todos los materiales a emplear, aún los no relacionados en el Pliego de Condiciones, tendrán que ser de primera calidad.

El adjudicatario presentará a la Dirección de la obra los catálogos y muestras que crea oportunas.

Se realizarán cuantos análisis y pruebas se consideren oportunas por la Dirección de la Obra, las cuales se ejecutaran en los laboratorios que se

designe por la Dirección de la Obra, siendo los gastos por cuenta de la contrata.

1.4.- ORDEN DE LOS TRABAJOS.

La Dirección de la Obra fijará el orden en que deberán llevarse a cabo los trabajos, así como el replanteo de los mismos, marcando los puntos necesarios para que el contratista ejecute debidamente la obra. Siendo la custodia y reposición de las señales de replanteo del contratista.

Una vez iniciada las obras, deberán continuarse estas sin interrupción en el plazo estipulado. Los retrasos cuando sean justificados tendrán que ser aceptado por la Dirección de la Obra.

El acopio de los materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirarse todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia.

Las obras necesarias para la ejecución de aparatos, máquinas, etc., serán por cuenta del contratista y están consignadas en el Presupuesto.

Todos los materiales que se puedan haber omitido en este Pliego de Condiciones y resulte necesario para el completo y perfecto funcionamiento de la obra quedan a determinar por la Dirección de la Obra.

1.5.- RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.

La contrata será la única responsable de la ejecución de la obra, no teniendo derecho a indemnizaciones de ninguna clase por errores que pueda cometer y que serán de su cuenta y riesgo.

Aun después de la recepción provisional, la contrata está obligada a rectificar toda diferencia que se advierta por la Dirección de la Obra. La demolición o reparación precisa será de exclusivo cargo de la contrata.

La contrata se responsabilizará ante los tribunales de los accidentes que puedan ocurrir durante la ejecución de la obra. Estará obligado a cumplir todos los permisos legales sobre accidente de trabajo.

2.- PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.

2.1.-OBJETO.

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir las condiciones facultativas y técnicas que deben reunir los materiales, máquinas y mano de obra en la ejecución de las obras del presente proyecto.

2.2.- CONTRADICCIONES Y OMISIONES EN LA DOCUMENTACIÓN.

Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos y viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos.

En caso de contradicción, prevalecerá lo prescrito en el primero.

Las omisiones en Planos y Pliego de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de las obras que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo al espíritu o intención expuesta en los Planos y Pliego de Condiciones, o que por uso u costumbre, deban de ser realizados, no solo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles, sino que, por el contrario, deberán de ser ejecutados como si hubieran sido correctas y completamente especificado en los citados documentos.

2.3.- OBRAS QUE COMPRENDE EL PROYECTO.

Comprende todas aquellas que se detallan en la Memoria, Planos y Presupuesto.

2.4.- PROCEDENCIA Y CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES.

Todos los materiales tendrán las condiciones que para cada uno de ellos se especifican. A juicio del Director de Obra, dentro de un criterio de justicia, todos aquellos materiales que no cumpla las condiciones generales o que perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra, serán retirados, demolidos o reemplazados en cualquier etapa de la Obra.

2.5.- MUESTRAS DE MATERIALES.

De cada clase de materiales presentará el contratista muestra al Director de Obra para su aprobación.

Dichas muestra se conservarán para contratar en su día los materiales empleados con los de la muestra aceptada.

2.6.- ÚTILES Y HERRAMIENTAS.

Los útiles, herramientas y máquinas que sean necesarios para la ejecución de la obra, reunirán las mejores condiciones para su funcionamiento y de seguridad.

2.7.- AGUA.

El agua de amasado y curado no contendrá sustancias perjudiciales en cantidad suficiente para alterar el fraguado, ni disminuir con el tiempo las condiciones útiles exigidas al hormigón.

Son admisibles, sin análisis previo, todas aquellas aguas que por sus características físicas y químicas sean potables.

Las aguas no potables se analizarán, rechazándose todas aquellas que rebasen los límites siguientes, salvo que se haga un estudio especial de la resistencia del cemento empleado bajo la acción de las mismas:

PH	Inferior a 5
Total sustancias disueltas	Mayor a 15 gr/l
Hidratos de Carbono	En cualquier cantidad
Sustancias Orgánicas solubles al éter	Mayor a 15 gr/l

2.8.- ÁRIDOS.

Como áridos para la fabricación de morteros y hormigones, pueden emplearse arena y grava procedente de yacimientos naturales, rocas resistentes trituradas y otros productos, que por su naturaleza, resistencia y diversos tamaños, reúnan las condiciones siguientes.

El material del que proceda el árido ha de tener, en igual o superior grado, las cualidades que se exigen para el hormigón con el que se fabrica.

En el caso de que para aumentar la capacidad u otras propiedades físicas se considere necesario añadir materias extrañas a la arena, las materias que se agreguen para la formación de los morteros y hormigones, deben estar exentas de productos químicos de la parte de cemento. Así mismos, deben ser inertes desde el punto de vista de ataques a las armaduras metálicas.

Estarán exentos de sustancias perjudiciales, de forma que mezclado con un volumen de agua igual al suyo, al cabo de 24 h, el agua presente menos de 0,03 gr. de anhídrido sulfúrico (SO₃) y menos de 0,1 gr. de cloruros por 100 c.c.

No contendrá más de un 3% en volumen de cuerpos extraños inertes de calidad inferior a la exigida al árido.

Deben considerarse nocivas y por tanto se prescriben las sustancias siguientes:

- a.-) Lomo, arcilla y materias análogas.
- b.-) Las escoria y otras sustancias procedentes de Altos Hornos.
- c.-) Los carbonatos, sobre todo lignitos.

d.-) Productos que contengan combinaciones de azufres, análogas a los residuos de combustión de calderas.

Las materias de adicción, en caso de emplear, serán resistentes a las atmosféricas.

Se prescriben los áridos muy largados o en lascas.

El tamaño del árido no será superior al cuarto del ancho o espesor mínimo de la obra o elemento en que se va a emplear, y no contendrá mas de un 10 % de elementos más grueso que la separación entre barras

2.9.- CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS.

Los cementos que hayan de emplearse en las obras cumplirán las condiciones que figuran en el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos, (RC-74), aprobado por Decreto 1.964/1.975 de 23 de mayo.

2.10.- LADRILLOS Y PIEZAS CERÁMICAS.

No deberán contener cal, piedras ni otras impurezas.

Estarán bien cocidos, serán duros y sus aristas no presentarán deformaciones y al romperse deberán presentar una contextura uniforme y de grano fino, así como un color homogéneo, no habrá de secarse rápidamente, exfoliarse, presentar fluorescencias bajo la acción de los agentes atmosféricos ni ser dañados por el fuego.

Deberán dar sonido metálico al golpearlo, ni absorber más del 16 % de su peso de agua.

2.11.- YESOS.

Debe ser untoso y suave al tacto, exento de materias extrañas y estar bien cocido, comprimido fuertemente un puñado del mismo, deberán marcarse sensiblemente las huellas de los dedos.

El fraguado debe empezar ante de 6 minutos, una pastilla formada por 1/4 de litro de yeso y la mitad aproximada de su peso de agua, no deberá de romperse sin exigir algún esfuerzo a los 6 u 8 minutos de fraguado.

Al mazar debe absolver aproximadamente un volumen de agua igual al suyo, dando una pasta untosa y no deleznable.

La resistencia a la compresión del yeso amasado con agua, debe ser a los 7 días de confeccionada la pasta de 0,5 Kg por cm², y la tracción de 5 kgs por cm²

2.12.- HIERROS Y ACEROS.

Los aceros laminados, piezas y palatros estarán bien calibrados.

Los perfiles laminados para soldar serán del tipo AE-42F.

2.13.- MADERAS.

Cualquiera que sea su procedencia, la madera que se emplee tanto en construcciones definitivas, como en provisionales o auxiliares a las

definitivas tales como cimbras, encofrados, andamios, etc., deberá reunir las condiciones siguientes:

- a.-) En el momento de su empleo estarán secas.
- b.-) Estará desprovista de vetas o irregularidades en sus fibras y sin indicio de enfermedad que ocasione la descomposición del sistema leñoso.
- c.-) No se podrá utilizar madera cortada fuera del periodo de paralización de la savia.

2.14.- CRISTALES.

Los cristales en general han de ser de espesor uniforme, superficies planas, transparentas y ha de estar exentos de rayas, burbujas, grietas o cualquier otro defecto.

Deberán cortarse con limpieza para su colocación.

Las caras laterales, previamente a su colocación, deberán pintarse con pintura blanca opaca que evite la transparencia oscura del mortero a través del vidrio.

2.15.- COLORES, ACEITES Y BARNICES.

Todas las sustancias de uso general en pintura habrá de ser de buena calidad.

Los colores serán sólidos y deberán mezclarse con aceite purificado y sin poros.

El barniz que se emplee será de primera calidad y transparente.

2.16.- MATERIALES NO CONSIGNADO EN EL PLIEGO DE CONDICIONES.

Los materiales no consignados en este Pliego y que hayan de ser empleadas en la obra, tendrán que ser reconocidas y aprobadas previamente si no reunieran las condiciones precisas para su empleo.

El contratista no tendrá derecho a ningún tipo de indemnización por los materiales rechazados.

Podrán ser rechazados todos aquellos materiales que no reúnan las condiciones impuestas a cada uno de ellos por el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista se atenderá en todo a lo que por escrito ordene el Director de Obra, para el cumplimiento de las prescripciones del presente Pliego y del art. 24 de Condiciones Generales de Obras publicas.

PLIEGO DE CONDICIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD:

Capítulo 1: Pliego de Condiciones Generales.

1.1.- Normativa Legal Vigente.

Capítulo 2: Pliego de las Condiciones de Indole facultativo.

2.1.- Obligatoriedad del Plan de Seguridad y Salud.

2.2.- Obligatoriedad de las partes intervinientes en la obra.

2.2.1.- Obligaciones de los contratistas y subcontratistas.

2.2.2.- Obligaciones de los trabajadores autónomos.

2.2.3.-Obligaciones del Coordinador en materia de seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

2.2.4.-Obligaciones generales de los trabajadores pertenecientes a la obra.

2.2.5.- Obligaciones del vigilante de seguridad.

2.3.- Libro de Incidencia.

2.4.- Integración de la prevención en las empresas intervinientes en la obra.

2.4.1.- Delegación de Prevención.

2.4.2.- Comité de Seguridad y Salud.

2.4.3.- Modalidades de Organización de la Prevención.

Capítulo 3 : Pliego de Condiciones de Indole Técnico.

3.1.- Medios de Protección Colectiva.

- 3.1.1.- Orden y Limpieza.
- 3.1.2.- Señalización.
- 3.1.3.- Barandillas.
- 3.1.4.- Cubrición de Huecos.
- 3.1.5.- Redes de Seguridad.
- 3.1.6.- Marquesinas.
- 3.1.7.- Interruptores Diferenciales.
- 3.1.8.- Toma de Tierra.
- 3.1.9.- Extintores.

3.2.- Medios de Protección Individual.

- 3.2.1.- Protección de la Cabeza.
- 3.2.2.- Protección del Pie.
- 3.2.3.- Protección Ocular o Facial.
- 3.2.4.- Protección Respiratoria.
- 3.2.5.- Protección del Oído.
- 3.2.6.- Protección del tronco, brazos y manos.
- 3.2.7.- Ropa de Trabajo.
- 3.2.8.- Equipos de protección anticaídas.
- 3.2.9.-Lista de riesgos asociados a la utilización de los EPI's

3.3.-Equipo de Trabajo, Materiales y Medios Auxiliares.

- 3.3.1.- Equipos de Trabajo.
- 3.3.2.- Materiales.
- 3.3.3.- Medios Auxiliares.
- 3.3.4.- Instalaciones higiénicas y locales de descanso.

3.4.- Información y Formación de los Trabajadores.

3.5.- Vigilancia de la Salud y Primeros Auxilios.

3.5.1.- Vigilancia de la Salud.

3.5.2.- Primeros Auxilios.

3.6.- Accidentes e Indices Estadísticos.

3.6.1.- Accidentes.

3.6.2.- Incidentes estadísticos.

Capítulo 4 : Pliego de Condiciones de Indole Económica.

4.1.- Criterio de Medición y Valoración.

4.2.- Certificaciones de Obra.

4.3.- Condiciones no Estipuladas.

4.4.- Seguros.

CAPITULO 1: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1. NORMATIVA LEGAL VIGENTE

La ejecución de la obra estará regulada por la normativa de obligada aplicación que se cita a continuación, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Únicamente:

ANEXO I

Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo

9. Escaleras de mano

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

También son de aplicación las disposiciones establecidas en las siguientes normas, siempre que no se oponga a la legislación anteriormente citada:

Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores

Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, relativo a la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Orden de 23 de mayo de 1977 por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos Elevadores para Obras.

Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

Instrucciones Técnicas Complementarias al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad y Salud en el Trabajo. Título II.

Orden de 28 de agosto de 1970, por la que se aprueba la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Orden de 31 de enero de 1940, por la que se aprueba el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Pliego General de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura

Ordenanzas municipales de carácter local

Convenio Colectivo Provincial de la Construcción

Normas Técnicas de Edificación NTE

CAPITULO 2: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO

2.1. OBLIGATORIEDAD DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995) es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un nivel adecuado de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Dicha Ley determina en su artículo 15 los principios generales de prevención que deben aplicarse para eliminar o reducir los riesgos derivados del trabajo.

Para la aplicación de dicha Ley en un sector de actividad tan peculiar como es el relativo a las obras de construcción, se establece el Real Decreto 1627/1997 por el que se determinan las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

El artículo 7 del dicho Real Decreto, establece que en aplicación del estudio de seguridad y salud, cada contratista del Centro de Trabajo queda obligado a elaborar un plan de seguridad y salud, en el que se analiza, estudia, desarrolla y complementa las previsiones contenidas en el estudio antes citado.

Dicho plan ha de contener las propuestas de medidas de prevención que la Empresa adjudicataria proponga, con la correspondiente valoración de las mismas, que no podrá implicar una disminución del importe total.

Este plan debe ser aprobado por el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, en caso de que no sea necesario dicho coordinador, por la dirección facultativa.

El plan de seguridad y salud constituye el instrumento básico de ordenación de las actividades de identificación, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva a las que se refiere el Capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/1997).

Constituye, por tanto, la evaluación y la planificación en el centro de trabajo exigida por la normativa en materia de prevención de riesgos laborales.

Dicho plan puede ser modificado por el contratista en función de las incidencias de la obra, siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, en caso de que no sea necesario dicho coordinador, por la dirección facultativa.

En dicho plan se consideran igualmente los riesgos a que pueden estar sometidos todos los trabajadores, incluso cuando los trabajos sean desarrollados por empresas subcontratistas.

En cualquier caso, y a fin de tener identificados y evaluados los riesgos específicos de dichos subcontratistas, éstos deberán contemplar los riesgos existentes y las medidas preventivas asociadas a aquellos equipos y/o métodos particulares de trabajo no contemplados o previstos por el contratista, comunicando de tales circunstancias a las partes implicadas, siempre con la correspondiente organización del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, a fin de garantizar el cumplimiento de las medidas y para que dichos riesgos no afecten a ninguno de los trabajadores presentes en la obra.

En el siguiente cuadro se muestran las obligaciones que, a este respecto, deben cumplir las empresas contratistas y subcontratistas.

FUNCIONES EN RELACIÓN CON EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	
Contratista	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar el plan de seguridad y salud. • Informar del plan de seguridad y salud a los subcontratistas y, en concreto, de aquellos aspectos que les afecten. • Poder modificar el plan de seguridad y salud en función del proceso de ejecución. • Cumplir y hacer cumplir a sus trabajadores el plan de seguridad y salud, en especial en lo que respecta a su actividad. • Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos.
Subcontratista	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir y hacer cumplir a sus trabajadores el plan de seguridad y salud, en especial en lo que respecta a su actividad. • Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos. • Identificar e informar de los riesgos derivados de sus propios métodos de trabajo, no contemplados en el plan de seguridad y salud

2.2. OBLIGACIONES DE LAS PARTES INTERVINIENTES EN LA OBRA

2.2.1. Obligaciones de los contratistas y subcontratistas

Entre los aspectos más importantes de la Ley 31/1995 que afectan a las obras de construcción figuran aquellas disposiciones que se refieren a las actividades de prevención en los centros de trabajo donde concurren dos o más empresas.

En este sentido, los empresarios están obligados a cumplir las disposiciones que corresponden al artículo 24 de la Ley, acerca de la coordinación de actividades empresariales.

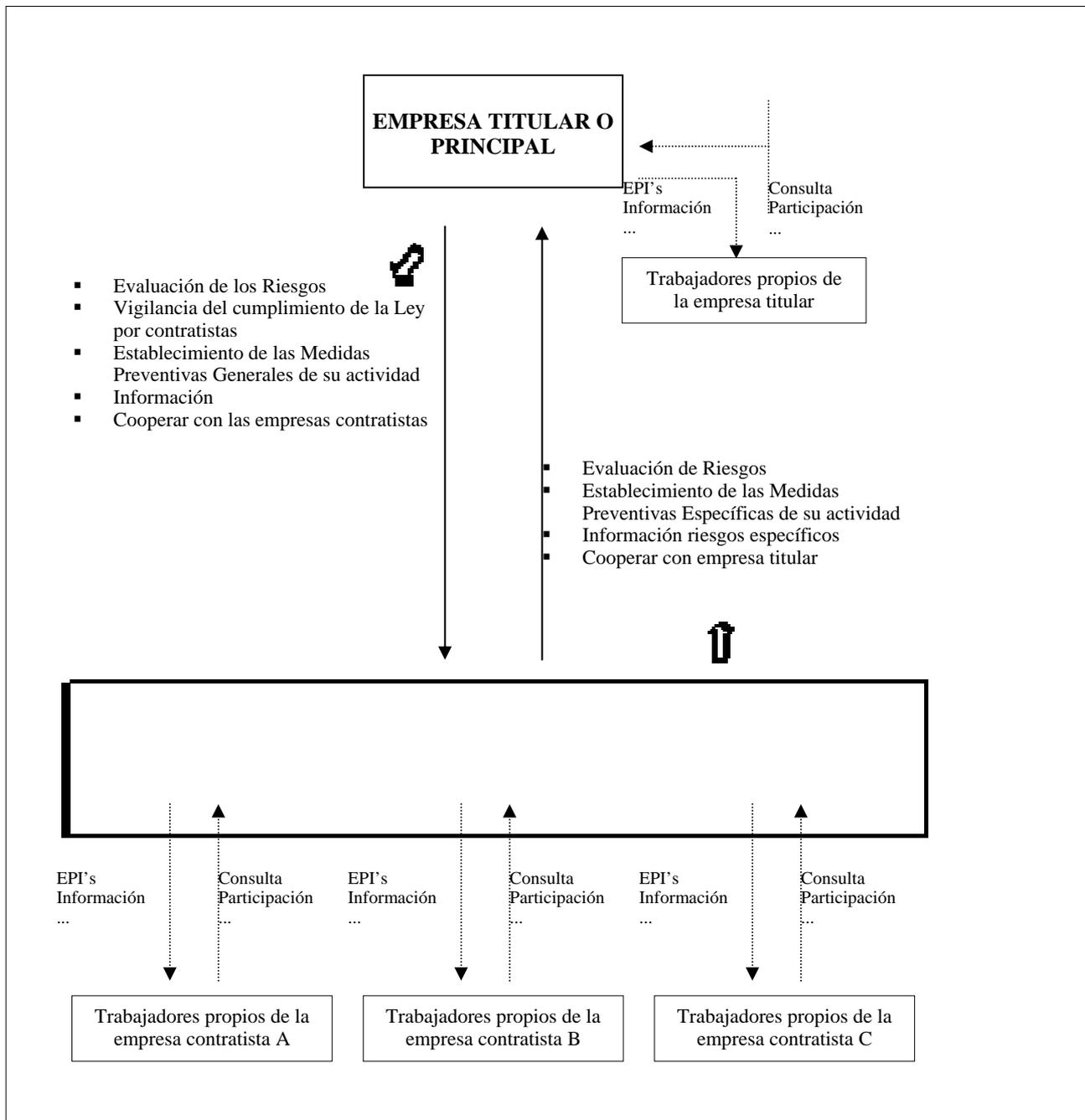
Por otra parte, también es importante destacar que las empresas contratistas y subcontratistas tienen que realizar una serie de obligaciones de las que destacan las siguientes:

- Realizar una Evaluación de los Riesgos específicos de la actividad que desarrollan.
- Poner los equipos de protección individual que correspondan a disposición de sus propios trabajadores, debiendo, cuando proceda, informar adecuadamente a la Empresa titular para facilitar el control del cumplimiento de la normativa en materia de prevención de riesgos laborales.
- Formación e información a sus propios trabajadores

Por tanto, las empresas subcontratistas que desarrollen su actividad en el Centro de Trabajo tienen que realizar una evaluación de los riesgos específicos que se deriven de los trabajos concretos que desempeñen sus trabajadores y de los medios propios que dicha empresa subcontratista utilice.

En conclusión, todas las empresas que desarrollen alguna actividad en una obra de construcción deben tener presentes todos los principios que contempla la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, y, en particular, su artículo 24.

En el siguiente esquema se establece de forma gráfica las funciones que deben desempeñar las empresas (titular y contratistas) en relación con la coordinación de las actividades que desarrollan en el centro de trabajo.



Además de las obligaciones establecidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el Real Decreto 1627/1997 determina las obligaciones de contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos, así como del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

Según establece el artículo 11 del Real Decreto mencionado, los contratistas y subcontratistas están obligados a:

- a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del Real Decreto anteriormente indicado.
- b) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud al que se refiere el artículo 7 de dicho Real Decreto 1627/1997.
- c) Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del Real Decreto anteriormente mencionado, durante la ejecución de la obra.
- d) Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
- e) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.

Asimismo, los contratistas y los subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Además, los contratistas y los subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

2.2.2. Obligaciones de los trabajadores autónomos

Por su parte, el artículo 12 del Real Decreto mencionado determina las siguientes obligaciones que han de cumplir los trabajadores autónomos que intervengan en la obra:

- a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- b) Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad y salud establecidas en el anexo IV de dicho Real Decreto, durante la ejecución de la obra.
- c) Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

- d) Ajustar su actuación en la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidos en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
- e) Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- f) Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- g) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.

Además, los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el presente plan de seguridad y salud, en relación con los riesgos y medidas preventivas contempladas en las diferentes fases de obra donde éstos intervengan.

2.2.3. Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra

Con respecto a las obligaciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, el artículo 9 del Real Decreto 1627/1997 establece:

- a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:

1º. Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.

2º. Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.

- b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto mencionado.
- c) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. Conforme a lo dispuesto en el último párrafo del apartado 2 del artículo 7, la dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.
- d) Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- e) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- f) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

2.2.4. Obligaciones generales de los trabajadores pertenecientes a la obra

Establece el artículo 29 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales que los trabajadores tienen también asignadas unas obligaciones en materia de prevención de riesgos. En este sentido, se pueden resumir en las siguientes:

- a) Cada trabajador deberá velar por su propia salud y la de las personas afectadas, mediante el cumplimiento de las medidas de prevención establecidas.
- b) Los trabajadores, de acuerdo a las instrucciones del empresario, deberán:
 - 1º Usar adecuadamente los equipos de trabajo
 - 2º Usar y conservar correctamente los equipos de protección
 - 3º No anular los dispositivos y medios de seguridad
 - 4º Informar inmediatamente a su superior jerárquico y responsables de prevención en caso de situación que entrañe un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.
- c) Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.
- d) Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones seguras de trabajo

2.2.5. Obligaciones del vigilante de seguridad

En virtud de lo establecido en la aún vigente ordenanza de trabajo en la construcción, vidrio y cerámica (Orden de 28 de agosto de 1970) el contratista nombrará,

de entre sus trabajadores con formación y experiencia suficiente, a un vigilante de seguridad.

El vigilante de seguridad asumirá las siguientes funciones:

- a) Colaborar con el contratista y con el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra en la mejora de la acción preventiva.
- b) Promover y fomentar la cooperación de todos los trabajadores en el cumplimiento de la normativa.
- c) Ejercer una labor de vigilancia y control sobre el cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales, así como de las instrucciones establecidas por el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.
- d) Participar en la coordinación de la implantación de las medidas preventivas establecidas en el plan de seguridad y salud, así como de aquellas que sean necesarias en función de las características de la obra.
- e) Informar a los trabajadores de la obra de las instrucciones dadas por el coordinador o dirección facultativa en materia preventiva, y ser informado y consultado respecto de dichas medidas.

A fin de dar cumplimiento a las funciones anteriormente mencionadas, el vigilante de seguridad y salud deberá:

- a) Acompañar a los técnicos en las evaluaciones y comprobaciones de carácter preventivo, así como a los inspectores de trabajo.

- b) Realizar visitas a los lugares de trabajo para ejercer una labor de vigilancia y control del estado de las condiciones de trabajo.
- c) Tener acceso a la información y documentación relacionada con las condiciones de trabajo, así como al Plan de Seguridad y Salud.
- d) Ser informado de aquellos daños producidos en la salud de los trabajadores cuando por cualquier motivo no estuviera en conocimiento de ello.
- e) Recibir las correspondientes instrucciones y recomendaciones del coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra en relación con la coordinación de actividades dentro de la obra de construcción, a fin de prevenir los riesgos para la salud de los trabajadores.
- f) El vigilante de seguridad podrá proponer medidas dirigidas a prevenir riesgos a los trabajadores de la obra.

2.3.- LIBRO DE INCIDENCIAS

En cumplimiento del artículo 13 del Real Decreto 1627/1997, durante la ejecución de la obra se debe tener disponible un libro de incidencias, que constará de hojas por duplicado, para el control y el seguimiento del plan de seguridad y salud, que será facilitado a través del Colegio Oficial al que pertenece el técnico que haya aprobado dicho plan o a través de la Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones públicas.

En dicho libro se han de recoger las observaciones sobre el incumplimiento de las instrucciones y recomendaciones preventivas recogidas en el plan de seguridad y salud.

Al libro de incidencias tendrán acceso:

- Dirección facultativa
- Contratistas y subcontratistas
- Trabajadores autónomos
- Representantes de los trabajadores en materia de prevención
- Personas u órganos con responsabilidades en prevención
- Técnicos de los órganos especializados en materia de prevención

Cuando se realice una anotación en dicho libro de incidencias, el coordinador durante la ejecución de la obra o, en su caso, la dirección facultativa, deberá remitir una copia a la Inspección de Trabajo en el plazo de 24 horas.

2.4. INTEGRACIÓN DE LA PREVENCIÓN EN LAS EMPRESAS INTERVINIENTES EN LA OBRA

Según establece la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario tiene el deber de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo. Este deber de protección se traduce, a través de las disposiciones recogidas en la mencionada Ley, en un conjunto de obligaciones y actuaciones por parte del empresario que no se pueden obviar en el ámbito de la construcción.

En este sentido, además de la coordinación necesaria entre los empresarios intervinientes en la obra de construcción en materia de seguridad y salud, cada uno de ellos debe adaptarse a lo establecido en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Para ello, en el presente apartado se establecen, en el marco de cada empresa, las herramientas de participación y consulta de trabajadores, así como la organización de la prevención en la empresa.

2.4.1. Delegados de Prevención

En cumplimiento del artículo 34 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los trabajadores tienen derecho a participar dentro de su empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

Esta participación se realiza a través de los Delegados de Prevención, los cuales son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo.

Los Delegados de Prevención serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

De 50 a 100 trabajadores	2 Delegados de Prevención
De 101 a 500 trabajadores	3 Delegados de Prevención
De 501 a 1000 trabajadores	4 Delegados de Prevención
De 1001 a 2000 trabajadores.....	5 Delegados de Prevención
De 2001 a 3000 trabajadores.....	6 Delegados de Prevención
De 3001 a 4000 trabajadores.....	7 Delegados de Prevención
De 4001 en adelante.....	8 Delegados de Prevención

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

A efectos de determinar el número de Delegados de Prevención se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- a) Los trabajadores vinculados por contratos de duración determinada superior a un año se computarán como trabajadores fijos de plantilla.
- b) Los contratados por término de hasta un año se computarán según el número de días trabajados en el período de un año anterior a la designación. Cada doscientos días trabajados o fracción se computarán como un trabajador más.

Entre las competencias de los Delegados de Prevención y según lo dispuesto en el artículo 36 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se encuentran:

- a) Colaborar con la dirección de la empresa en la mejora de la acción preventiva.
- b) Promover y fomentar la cooperación de los trabajadores en la ejecución de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- c) Ser consultados por el empresario, con carácter previo a su ejecución, acerca de las decisiones a que se refiere el artículo 33 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- d) Ejercer una labor de vigilancia y control sobre el cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales.

En el ejercicio de las competencias atribuidas a los Delegados de Prevención, éstos estarán facultados para:

- a) Acompañar a los técnicos en las evaluaciones, así como a los Inspectores de Trabajo y Seguridad Social.

- b) Tener acceso a la información y documentación relativa a las condiciones de trabajo, con el respeto a la confidencialidad cuando proceda.
- c) Ser informados por el empresario sobre los daños producidos a los trabajadores.
- d) Recibir del empresario las informaciones procedentes de órganos encargados de las actividades de protección y prevención en la empresa.
- e) Realizar visitas para ejercer la labor de vigilancia.
- f) Recabar del empresario las medidas preventivas, pudiendo realizar propuestas al empresario y al Comité de Seguridad y Salud, si lo hubiere.
- g) Proponer al órgano de representación de los trabajadores la adopción del acuerdo de paralización de las actividades en caso de riesgo grave e inminente.

El empresario deberá proporcionar a los Delegados de Prevención los medios y la formación en materia preventiva que resulten necesarios para el ejercicio de sus funciones.

El tiempo dedicado a la formación será considerado como tiempo de trabajo a todos los efectos y su coste no podrá recaer en ningún caso sobre los Delegados de Prevención.

2.4.2. Comité de Seguridad y Salud

Según determina el artículo 38 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el Comité de Seguridad y Salud es el órgano paritario y colegiado de participación destinado

a la consulta regular y periódica de las actuaciones de la empresa en materia de prevención de riesgos.

Dicho Comité debe constituirse en todas las empresas o centros de trabajo que cuenten con 50 o más trabajadores.

El Comité estará formado por los Delegados de Prevención, de una parte, y por el empresario y/o sus representantes en número igual al de los Delegados de Prevención, de la otra.

En las reuniones del Comité de Seguridad y Salud participarán, con voz pero sin voto, los Delegados Sindicales y los responsables técnicos de la prevención en la empresa que no estén incluidos en la composición a la que se refiere el párrafo anterior.

En las mismas condiciones podrán participar trabajadores de la empresa que cuenten con una especial cualificación o información respecto de concretas cuestiones que se debatan en este órgano y técnicos en prevención ajenos a la empresa, siempre que así lo solicite alguna de las representaciones en el Comité.

El Comité de Seguridad y Salud se reunirá trimestralmente y siempre que lo solicite alguna de las representaciones en el mismo. El Comité adoptará sus propias normas de funcionamiento.

Las empresas que cuenten con varios centros de trabajo dotados de Comité de Seguridad y Salud podrán acordar con sus trabajadores la creación de un Comité Intercentros, con las funciones que el acuerdo le atribuya.

El artículo 39 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales determina las competencias y facultades del Comité de Seguridad y Salud.

Entre las principales competencias del Comité de Seguridad y Salud se encuentran:

- a) Participar en la elaboración, puesta en práctica y evaluación de los planes y programas de prevención de riesgos de la empresa.
- b) Promover iniciativas sobre métodos y procedimientos para la efectiva prevención de los riesgos.

Además, en el ejercicio de sus competencias, dicho comité estará facultado para:

- a) Conocer la situación de la prevención de riesgos en el centro de trabajo.
- b) Conocer cuantos documentos e informes relativos a las condiciones de trabajo sean necesario para el cumplimiento de sus funciones.
- c) Conocer y analizar los daños producidos en la salud de los trabajadores
- d) Conocer e informar la memoria y programación anual de servicios de prevención.

El Comité de Seguridad y Salud está facultado para conocer la situación y los documentos e informes relativos a las condiciones de trabajo, a la salud o integridad física de los trabajadores y a la prevención de riesgos en el centro de trabajo.

2.4.3. Modalidades de organización de la Prevención

Los aspectos relativos a los Servicios de Prevención se encuentran recogidos en los artículos 30 y 31 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995).

Dicha Ley establece el deber del empresario de designar uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituir un servicio de prevención o concertar dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa, con el fin de cumplir con el deber de prevención de riesgos profesionales.

Para el desarrollo de las actividades de prevención, el empresario podrá optar por alguna de las modalidades siguientes, en función del número de trabajadores y de la actividad de la empresa:

- Asumir personalmente las funciones
- Designar a uno o varios trabajadores
- Constituir un servicio de prevención propio
- Concertar un servicio de prevención con una entidad especializada

En cualquiera de estos casos, los servicios deberán contar con los medios humanos y materiales suficientes.

La disposición de estos medios está regulado por el Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/1997), desarrollado a su vez por la Orden de 27 de Junio de 1997.

En dicho Reglamento se establece que cuando el empresario realice las actividades de prevención mediante la asignación de trabajadores o mediante un servicio de prevención propio, deberán además concertar con una persona o entidad autorizada los servicios de auditoría, que se realizarán cada cinco años o cuando así lo decida la autoridad laboral.

La Ley establece las bases de los servicios de prevención, así como de los trabajadores que tienen que desempeñar estas funciones.

La Ley entiende por Servicio de Prevención al *“conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados”*.

El empresario deberá facilitar la información necesaria al servicio de prevención.

Para realizar sus funciones, el servicio de prevención debe tener carácter interdisciplinario, con los medios suficientes para realizar sus funciones, lo que dependerá del tamaño de la empresa y de los tipos y distribución de los riesgos en el centro de trabajo.

Las entidades especializadas que actúen como servicios de prevención ajenos deberán estar acreditadas por la Administración Laboral, previa comprobación por la Administración Sanitaria.

CAPITULO 3: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICO

3.1. MEDIOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

Según el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, entre los principios de la acción preventiva se establece la obligación de adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.

Por tanto, como norma general se considerará que las medidas de protección colectiva son prioritarias sobre las medidas de protección individual.

Asimismo, primará el carácter preventivo (eliminación o reducción del riesgo) sobre el correctivo.

Los medios de protección colectiva deberán ser revisados periódicamente y antes del inicio de cada jornada.

3.1.1. Orden y limpieza

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y, tal y como establece el artículo 10 del Real Decreto 1627/1997, la obra debe mantenerse en buen estado de orden y limpieza.

3.1.2. Señalización

Sin perjuicio de lo dispuesto específicamente en otras normativas particulares, la señalización de seguridad y salud en el trabajo deberá utilizarse siempre que el análisis

de los riesgos existentes, de las situaciones de emergencia previsibles y de las medidas preventivas adoptadas, ponga de manifiesto la necesidad de:

- e) Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- f) Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- g) Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- h) Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

Todas las señales utilizadas, ya sean en forma de panel, luminosas, acústicas, gestuales, etc., estarán de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

En todo caso, se debe tener muy en cuenta que bajo ningún concepto se podrá considerar la señalización como una medida que sustituya a los medios técnicos de protección colectiva.

3.1.3. Barandillas

Tal y como establece el anexo IV del Real Decreto 1627/1997, las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.

Las barandillas serán lo suficientemente resistentes (se puede tomar como referencia 150 kg/m² como mínimo), tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

3.1.4. Cubrición de huecos

La cubrición, en general, ha de ser fija y de resistencia adecuada para garantizar la seguridad de las personas que pudieran circular sobre la misma. Además, siempre que exista riesgo de caída a distinto nivel, se deberán colocar barandillas de seguridad u otro sistema de protección con, al menos, igual eficacia.

3.1.5. Redes de seguridad

Las redes de seguridad utilizadas en obra para eliminar o reducir el riesgo de caída a distinto nivel deberán ser de malla cuadrada (no de rombo) y estar en buen estado, sin que existan roturas ni desgastes, debiendo presentar una resistencia adecuada.

Se dispondrán de los anclajes necesarios y de resistencia adecuada para la colocación de pescantes y la sujeción de redes (se emplean preferentemente redondos de diámetro adecuado).

El almacenamiento de las redes se debe hacer bajo cubierto y, en la medida de lo posible, en envoltura opaca y lejos de fuentes de calor.

En el montaje de las redes de seguridad se deberá disponer de cinturones de seguridad para los montadores, así como los puntos de anclaje necesarios para la utilización de los mismos.

Redes para evitar caídas

- Redes tipo tenis: Se utilizan para la protección de los bordes de los forjados en plantas diáfanas colocando siempre la red por la cara interior de los pilares. Constan, básicamente, de una red de fibras (con una altura mínima de 1,25 metros), dos cuerdas del mismo material de 12 mm. de diámetro, una en su parte superior y otra en la inferior, atadas a los pilares para que la red quede convenientemente tensa, de tal manera que pueda soportar en el centro un esfuerzo de, al menos, 150 kg/m².
- Redes verticales de fachada: Se utilizan para la protección en fachadas, estando sujetas a unos soportes o al propio forjado.
- Redes horizontales: Se utilizan para evitar la caída de personas y materiales por huecos de forjados, debiendo estar las cuerdas laterales sujetas fuertemente a los estribos embebidos en el forjado.

Redes para limitar caídas

- g) Redes con soporte tipo horca: Estas redes limitan la caída en las plantas superiores, siendo admisible la caída en altura. Se emplean redes verticales de 6 x 6 metros, con un tamaño máximo de malla de 100 mm. para la caída de personas. En caso de protección de caída de objetos, se empleará un tamaño máximo de malla de 25 mm. Para la sujeción de dichas redes se emplean soportes metálicos (pescantes) que van anclados adecuadamente sobre el forjado, mediante redondos de tamaño adecuado u otro sistema que garantice la estabilidad y resistencia de la sujeción.
- h) Redes horizontales: Se emplean con el mismo objetivo de limitar la caída de personas y objetos, si bien la disposición es diferente a las de tipo horca. Las redes se fijarán a los soportes desde diversos puntos de la cuerda límite o perimetral, con la ayuda de estribos adecuados, u otros medios de fijación que ofrezcan las mismas garantías, tal como tensores, mosquetones con cierre de seguridad, etc.

Altura de caída

Las redes deben estar instaladas de manera que impidan una caída libre de más de 6 metros, y que permitan que en caso de caída se forme una flecha de entre 0,85 metros a 1,43 metros, aproximadamente.

Se deberá dejar siempre un espacio suficiente entre la red y el suelo (o cualquier obstáculo) en razón de la elasticidad de la misma.

3.1.6. Marquesinas

Las marquesinas se utilizan para la protección de las personas frente a la caída de objetos desde altura y básicamente consisten en una estructura soporte en forma de ménsula o pies derechos, cuajada horizontalmente de tablonos durmientes de reparto y tableros.

Se debe considerar las necesidades de colocación de este tipo de protección, en función de las características de la obra y, sobre todo, de la ubicación. En este sentido se considerarán:

- f) Marquesinas de entrada a obra: Se colocan para proteger a los trabajadores en el acceso a la obra, que se realizara por un solo punto, donde se coloca dicha protección.
- g) Marquesinas o andamios sobre aceras: Se emplean en edificaciones urbanas para permitir la libre circulación de los peatones. Se suele utilizar andamios modulares o tubulares donde se crea un túnel que se cubre con madera.

3.1.7. Interruptores diferenciales

La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales será:

- 30 mA para alumbrado.
- 300 mA para fuerza.

3.1.8. Toma de tierra

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 contacto de 24 voltios.

3.1.9. Extintores

En aplicación del artículo 82 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, los extintores se colocarán en sitios visibles y de fácil acceso, serán revisados periódicamente y cargados según las normas de las casas constructoras inmediatamente después de usarlos.

Los extintores dispuestos en obra deberán tener una placa donde se indique:

- Tipo de extintor
- Capacidad de carga
- Vida útil
- Tiempo de descarga

Los extintores estarán homologados por el Ministerio de Industria con su contraseña.

De manera general, se emplearán los siguientes tipos de extintores:

Tipo de extintor	Tipo de fuego
Extintor de anhídrido carbónico (CO ²)	Fuegos de origen eléctrico
Extintor para clase A	Fuegos de materias sólidas
Extintor para clase B	Fuegos de líquidos o sólidos licuables
Extintor para clase C	Fuegos de gases
Extintor para clase D	Fuegos de metales

Para la colocación de un extintor en una zona donde exista una carga de fuego importante, se tendrá en cuenta que el agente extintor presente la eficacia adecuada para el tipo de fuego (A, B, C o D) que se pudiese originar.

Será necesario valorar la necesidad de colocación de extintores en función de las zonas o elementos que pudieran ser origen de fuego:

Zona de acopio de materiales combustibles (madera de encofrado, etc.)

Bombonas de gases combustibles (acetileno para soldadura, etc.)

Recipientes de líquidos inflamables (barnices, pinturas, carburante para maquinaria, etc.)

Cuadros eléctricos

Oficinas y locales de descanso

Almacenes de medios auxiliares (herramientas, etc.)

3.2. MEDIOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

El artículo 17 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales determina la obligación por parte del empresario de proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso

efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sean necesarios.

Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Los equipos de protección individual dispuestos en la obra se ajustarán a lo regulado en el Real Decreto 773/1997, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.

Asimismo, todos los equipos de protección individual utilizados en la obra deberán ajustarse a lo establecido en Real Decreto 1407/1992 que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

En conformidad con dicho último decreto, los equipos de protección individual llevarán el marcado correspondiente, para su puesta en servicio, según la normativa vigente. Por tanto, se deberá comprobar que lleve dicho marcado.

En virtud del R.D. 1407/1992, se considerarán que los equipos de protección que lleven la marca "CE" son conformes con los requisitos establecidos por esta normativa.

El uso del equipo de protección individual por parte del trabajador no le dispensa en ningún caso de la obligación de emplear los sistemas de tipo colectivo u otros que se hubieren establecido.

Los equipos de protección individual deberán:

- Garantizar una protección adecuada contra los riesgos.
- Ser lo más ligero posible, sin pérdida de eficacia.

- Ajustarse al usuario, por lo que la talla deberá ser la adecuada.
- No generar riesgos por si mismos.
- No obstaculizar los movimientos del trabajo donde se utilizan los EPI's.
- Deben contar con un folleto informativo que contenga las instrucciones de uso y conservación.

3.2.1. Protección de la cabeza

La protección de la cabeza se realizará mediante el casco de seguridad, el cual se utiliza como equipo de protección frente a los riesgos de caídas de objetos y golpes en la cabeza.

Las exigencias específicas que deben cumplir estos equipos se especifican en el apartado 3 del anexo II del Real Decreto 1407/1992.

3.2.2. Protección del pie

El calzado de protección y seguridad consiste en un equipo de protección individual utilizado para evitar o reducir los riesgos de aplastamientos de la parte anterior del pie, pisadas sobre objetos puntiagudos o cortantes, caídas por resbalón, etc.

Las exigencias específicas en los riesgos que hay que prevenir mediante la utilización de este equipo de protección individual se especifican en el punto 3 del anexo II del Real Decreto 1407/1992.

Las botas impermeables simples consisten en una prenda que protege en exclusiva del contacto con elementos líquidos o mojados a la par que resbaladizos. Ha de

estar confeccionada en caucho o P.V.C. y se debe utilizar en trabajos de superficies encharcadas o embarradas.

Las polainas se utilizarán en los trabajos de soldadura.

3.2.3. Protección ocular o facial

Se utilizarán gafas contra impactos en trabajos con riesgo de impacto en los ojos. Estas gafas son similares a unas gafas ordinarias de montura robusta y están dotadas de cristales de gran dureza.

Durante la realización de trabajos de soldadura se utilizarán pantallas faciales adecuadas.

3.2.4. Protección respiratoria

Como medio de protección de las vías respiratorias se utilizarán, principalmente, mascarillas antipolvo, que, en función del ambiente podrán ser autofiltrantes o con filtro.

La mascarilla antipolvo con filtro está dotado de un elemento fijo, máscara, sujeta a la nuca mediante el uso de bandas elásticas; y de otro desmontable (filtro).

3.2.5. Protectores del oído

Los equipos de protección contra los efectos nocivos del ruido deben atenuarlo para que los niveles sonoros equivalentes, percibidos por el usuario, no superen nunca los valores límite de exposición diaria prescritas en el Real Decreto 1316/1989 relativo a la

protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Se deberán emplear aquellos protectores (tapones, orejeras, cascos) que presenten un nivel de atenuación del ruido tal que permita que el nivel diario equivalente de exposición sea inferior a 80 dBA.

3.2.6. Protección del tronco, los brazos y las manos

Los mandiles de cuero son equipos de protección delantera del pecho, pelvis y piernas, fabricado en cuero y utilizado para trabajos de soldadura, donde existe el riesgo de proyección de partículas candentes.

Asimismo, en los trabajos de soldadura se utilizarán manguitos de cuero.

Los guantes impermeables protegen contra el contacto con sustancias líquidas, cemento, etc. y suelen ser de materiales como el neopreno, goma o P.V.C.

Se utilizarán guantes para la protección en las operaciones de carga y descarga de materiales abrasivos.

Los guantes para la protección contra objetos cortantes y puntiagudos son resistentes al corte y a la abrasión.

Por su parte, los guantes para soldador son aislantes de la electricidad y de efectos en la piel por contacto con las partículas incandescentes que se producen en el transcurso de las operaciones de soldadura.

Se utilizarán también guantes aislantes para protección del contacto eléctrico en aquellas tareas que lo requieran. Estos guantes estarán fabricados en material dieléctrico.

3.2.7. Ropa de trabajo

La ropa de trabajo debe ser la adecuada, ni ajustada ni demasiado holgada. Es preferible que los bolsillos puedan cerrarse para evitar enganchones.

Como prenda de protección en trabajos en tiempo lluvioso se utilizarán trajes impermeables.

Asimismo, para protegerse del efecto del frío se dispondrá de cazadoras de nylon con costuras termoselladas o prendas similares que sean eficaces para la protección contra las bajas temperaturas.

3.2.8. Equipos de protección anticaídas

Se utilizarán Arnés de sujeción con prolongador, amarre frontal y doble protección del muslo y cinturón de seguridad con doble sistema de amarre lateral.

La utilización de un tipo u otro, así como del tipo de anclaje, estará en función de las tareas a desarrollar y más concretamente de las necesidades de movilidad para el desarrollo de dichas tareas.

3.2.9. Lista de riesgos asociados a la utilización de los EPI's

En el presente apartado se presentan los riesgos asociados a la utilización de los EPI's en función de la zona del cuerpo que protegen, según establece el Real Decreto 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Cada una de las tablas pertenece a la protección de alguna/s zona/s del cuerpo, estableciéndose:

- h) Los riesgos que deben cubrirse en dicha/s zona/s
- i) Los riesgos debidos al equipo
- j) Los riesgos debidos a la utilización del equipo

CASCOS DE PROTECCIÓN PARA LA INDUSTRIA

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Acciones mecánicas.	f) Caídas de objetos, choques. g) Aplastamiento lateral. h) Puntas de pistola para soldar plásticos.	- Capacidad de amortiguación de los choques. - Resistencia a la perforación. - Rigidez lateral. - Resistencia a los tiros.
Acciones eléctricas.	▪ Baja tensión eléctrica.	▪ Aislamiento eléctrico.
Acciones térmicas.	▪ Frío o calor. ▪ Proyección de metal en fusión.	▪ Mantenimiento de las funciones de protección a bajas y altas temperaturas. ▪ Resistencia a las proyecciones de metales en fusión.
Falta de visibilidad.	▪ Percepción insuficiente.	▪ Color de señalización/retrorreflexión
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	5º Insuficiente confort de uso.	6º Concepción ergonómica: ▪ Peso ▪ Altura a la que debe llevarse ▪ Adaptación a la cabeza ▪ Ventilación
Accidentes y peligros para la salud.	7º Mala compatibilidad. 8º Falta de higiene. 9º Mala estabilidad, caída del casco. 10º Contacto con llamas	11º Calidades de los materiales. 12º Facilidad de mantenimiento. 13º Mantenimiento del casco sobre la cabeza. 14º Incombustibilidad y resistencia a la llama
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	15º Intemperie, limpieza, utilización, condiciones ambientales,.	16º Resistencia del equipo a las agresiones industriales. 17º Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo.
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		
Eficacia protectora insuficiente.	-Mala elección del equipo. - Mala utilización del equipo. - Suciedad, desgaste o deterioro del equipo.	- Elección del equipo en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos y condicionamientos industriales. - Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario. - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo. - Respeto de las indicaciones del fabricante. - Mantenimiento en buen estado - Controles periódicos. - Sustitución oportuna. - Respeto de las indicaciones del fabricante.

PROTECTORES DE LOS OJOS Y DE LA CARA

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Acciones generales no específicas.	<ul style="list-style-type: none"> i) Molestias por la utilización. j) Penetración de cuerpos extraños de poca energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocular con resistencia mecánica suficiente y un modo de rotura en esquirla no peligroso. - Estanquidad y resistencia.
Acciones mecánicas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Partículas de alta velocidad, etc. ▪ Puntas pistola soldar plásticos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistencia mecánica.
Acciones térmicas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Partículas incandescentes a gran velocidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistencia a los productos incandescentes o en fusión.
Acción del frío.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hipotermia de los ojos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estanquidad en la cara.
Acción química.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Irritación por gases, aerosoles, polvos y humos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estanquidad (protección lateral) y resistencia química.
Acción de radiaciones.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuentes de radiaciones (visibles, infrarrojas, ultravioletas,...). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Características filtrantes del ocular. ▪ Estanquidad de la radiación de la montura. ▪ Montura opaca a la radiación.
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	<ul style="list-style-type: none"> 18º Insuficiente confort de uso. ▪ Elevado volumen ▪ Aumento de la transpiración c) Mantenimiento insuficiente 	<ul style="list-style-type: none"> 19º Diseño ergonómico: ▪ Menor volumen ▪ Ventilación suficiente, ocular antivaho ▪ Adaptación al individuo
Accidentes y peligros para la salud.	<ul style="list-style-type: none"> 20º Mala compatibilidad. 21º Falta de higiene. 22º Riesgos de corte por aristas. 23º Alteración de la visión por mala calidad óptica. 24º Reducción del campo visual. 25º Reflejos 26º Cambio brusco de transparencia 	<ul style="list-style-type: none"> 27º Calidad de los materiales. 28º Facilidad de mantenimiento. 29º Aristas y bordes redondeados. 30º Utilización de oculares de seguridad. 31º Controlar la clase de calidad óptica. 32º Utilizar oculares resistentes a la abrasión. 33º Oculares y montura antirreflejos. 34º Velocidad de reacción de los oculares (fotocrómicos).
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	<ul style="list-style-type: none"> 35º Intemperie, limpieza, utilización, condiciones ambientales,. 	<ul style="list-style-type: none"> 36º Resistencia del equipo a las agresiones industriales. 37º Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo.
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		

Eficacia insuficiente de protección.	-	Mala elección del equipo.	-	Elección del equipo en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos y condicionamientos industriales.
	-	Mala utilización del equipo.	-	Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario.
	-	Suciedad, desgaste o deterioro del equipo.	-	Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo.
			-	Respeto de las indicaciones del fabricante.
			-	Mantenimiento en buen estado
			-	Controles periódicos.
			-	Sustitución oportuna.
			-	Respeto de las indicaciones del fabricante.

PROTECTORES DEL OÍDO

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Acción del ruido.	k) Ruido continuo. l) Ruido repentino.	- Atenuación acústica suficiente para cada situación sonora
Acciones térmicas.	▪ Proyecciones de gotas de metal (por ejemplo al soldar).	▪ Resistencia a los productos incandescentes o fundidos.
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	38º Insuficiente confort de uso. ▪ Elevado volumen ▪ Aumento de la transpiración d) Demasiada presión	39º Diseño ergonómico: ▪ Menor volumen ▪ Esfuerzo y presión de aplicación ▪ Adaptación al individuo
Limitación de capacidad de comunicación acústica	40º Deterioro de la inteligibilidad de la palabra, del reconocimiento de las señales, ruidos informáticos, etc.	41º Variación de la atenuación con la frecuencia, reducción de las potencias acústicas. 42º Posibilidad de reemplazar auriculares por tapones, previa prueba auditiva. 43º Utilización de un protector electrostático adecuado.
Accidentes y peligros para la salud.	44º Mala compatibilidad. 45º Falta de higiene. 46º Materiales inadaptados. 47º Riesgos de corte por aristas. 48º Enganchamiento del pelo. 49º Contacto con cuerpos incandescentes. 50º Contacto con la llama.	51º Calidad de los materiales. 52º Facilidad de mantenimiento. 53º Limitación del diámetro de las fibras minerales de los patones para los oídos 54º Aristas y ángulos redondeados. 55º Eliminación de elementos que puedan dar pellizcos. 56º Resistencia a la combustión y a la fusión. 57º Ininflamabilidad y resistencia a la llama.
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	58º Intemperie, limpieza, utilización, condiciones ambientales,.	59º Resistencia del equipo a las agresiones industriales. 60º Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo.
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		

Eficacia insuficiente de protección.	<ul style="list-style-type: none"> - Mala elección del equipo. - Mala utilización del equipo. - Suciedad, desgaste o deterioro del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elección del equipo en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos y condicionamientos industriales. - Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario. - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo. - Respeto de las indicaciones del fabricante. - Mantenimiento en buen estado - Controles periódicos. - Sustitución oportuna. - Respeto de las indicaciones del fabricante.
--------------------------------------	---	--

PROTECTORES DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Acciones de sustancias peligrosas contenidas en el aire respirable.	<ul style="list-style-type: none"> -Contaminantes atmosféricos en forma de partículas. -Contaminantes en forma de gases y vapores. -Contaminantes en forma de aerosoles de partículas y de gases 	<ul style="list-style-type: none"> - Filtro de partículas de eficacia apropiada a la concentración, toxicidad para la salud y el espectro granulométrico de las partículas, con especial atención a las partículas líquidas. - Elección de los tipos de filtros de antigás apropiados, en función e las concentraciones, toxicidad para la salud, duración de uso y dificultades del trabajo - Elección de las combinaciones apropiadas de filtros análoga a la de los filtros frente a las partículas y los filtros de antigás.
Falta de oxígeno en el aire respirable.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Retención del oxígeno. ▪ Descenso del oxígeno. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantía de alimentación de aire respirable. ▪ Respeto de la capacidad de suministro de aire en relación con el tiempo de intervención.
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	<ul style="list-style-type: none"> 61° Insuficiente confort de uso. ▪ Elevado volumen y tamaño ▪ Alimentaciones e) Resistencia respiratoria f) Microclima bajo la máscara g) Utilización 	<ul style="list-style-type: none"> 62° Diseño ergonómico: ▪ Volumen escaso y adaptabilidad ▪ Libertad de movimiento para la cabeza ▪ Resistencia respiratoria. ▪ Aparato con válvulas, ventilación asistida, y de manipulación sencilla
Accidentes y peligros para la salud.	<ul style="list-style-type: none"> 63° Mala compatibilidad. 64° Falta de higiene. 65° No estanquidad (fuga). 66° Enriquecimiento de CO₂ del aire. 67° Contacto con las llamas, chispas o metales fundidos. 68° Reducción del campo visual. 69° Contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> 70° Calidad de los materiales. 71° Facilidad de mantenimiento y desinfección. 72° Apoyo estanco de la pieza facial y del equipo. 73° Equipo provisto de válvulas respiratorias, con ventilación asistida o absorbedor de CO₂. 74° Utilización de materiales ininflamables. 75° Amplitud suficiente del campo visual. 76° Resistencia, aptitud para la descontaminación.
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	<ul style="list-style-type: none"> 77° Intemperie, limpieza, utilización, condiciones ambientales,. 	<ul style="list-style-type: none"> 78° Resistencia del equipo a las agresiones. 79° Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo.
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		

Eficacia insuficiente de protección.	<ul style="list-style-type: none"> - Mala elección del equipo. - Mala utilización del equipo. - Suciedad, desgaste o deterioro del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elección del equipo en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos. - Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario. - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo. - Respeto de las indicaciones del fabricante. - Mantenimiento en buen estado - Controles periódicos. - Sustitución oportuna.
--------------------------------------	---	--

GUANTES DE PROTECCIÓN

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Acciones generales.	p) Por contacto. q) Desgaste relacionado con el uso.	- Envoltura de la mano. - Resistencia al desgarro, alargamiento, resistencia a la abrasión.
Acciones mecánicas.	▪ Por abrasivos, objetos cortantes. ▪ Choques.	▪ Resistencia a pinchazos, corte, penetración. ▪ Relleno
Acciones térmicas.	▪ Productos ardientes o fríos. ▪ Contacto con llamas. ▪ Trabajos de soldadura.	▪ Aislamiento contra frío o calor. ▪ Ininflamabilidad, resistencia a la llama. ▪ Resistencia a la radiación y a la proyección de metales en fusión.
Acciones eléctricas.	▪ Tensión eléctrica.	▪ Aislamiento eléctrico.
Acciones químicas.	▪ Daños por acciones químicas.	▪ Estanquidad y resistencia química.
Acción de vibraciones.	▪ Vibraciones mecánicas	▪ Atenuación de las vibraciones.
Contaminación.	▪ Productos radiactivos.	▪ Estanquidad, resistencia y aptitud para la descontaminación.
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	80° Insuficiente confort de uso.	81° Diseño ergonómico: volumen, progresión de tallas, masa de la superficie, confort, permeabilidad al vapor de agua.
Accidentes y peligros para la salud.	82° Mala compatibilidad. 83° Falta de higiene. 84° Adherencia excesiva.	85° Calidad de los materiales. 86° Facilidad de mantenimiento. 87° Forma ajustada, hechura.
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	88° Intemperie, limpieza, utilización, condiciones ambientales,.	89° Resistencia del equipo a las agresiones industriales. 90° Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo. 91° Conservación de las dimensiones.
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		
Eficacia insuficiente de protección.	- Mala elección del equipo. - Mala utilización del equipo. - Suciedad, desgaste o deterioro del equipo.	- Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario. - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo. - Respeto de las indicaciones del fabricante. - Mantenimiento en buen estado - Controles periódicos. - Sustitución oportuna. - Respeto de las indicaciones del fabricante.

ZAPATOS Y BOTAS DE SEGURIDAD

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Acciones mecánicas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caídas de objetos o impactos de la parte anterior del pie. ▪ Caídas/impactos sobre el talón. ▪ Caída por resbalón. ▪ Caminar sobre objetos puntiagudos o cortantes. ▪ Acción sobre los maléolos. ▪ Acción sobre el metatarso. ▪ Acción sobre la pierna. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistencia de la punta del calzado. ▪ Capacidad del tacón para absorber energía. ▪ Refuerzo del contrafuerte. ▪ Resistencia de la suela al deslizamiento. ▪ Calidad de la suela antiperforación. ▪ Existencia de protección de maléolos. ▪ Existencia de protección del metatarso. ▪ Existencia de protección de la pierna.
Acciones eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja y media tensión. ▪ Alta tensión. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aislamiento eléctrico. ▪ Conductibilidad eléctrica.
Acciones térmicas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frío o calor. ▪ Proyección de metales fundidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aislamiento térmico. ▪ Resistencia y estanquidad.
Acciones químicas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Polvos o líquidos agresivos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistencia y estanquidad.
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	92° Insuficiente confort de uso. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mala adaptación al pie ▪ Mala transpiración h) Fatiga debido al uso i) Penetración de humedad	93° Diseño ergonómico: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Forma, relleno, número de calzado ▪ Permeabilidad al vapor de agua ▪ Flexibilidad, masa ▪ Estanquidad
Accidentes y peligros para la salud.	94° Mala compatibilidad. 95° Falta de higiene. 96° Riesgos de luxaciones y esguinces debido a la mala sujeción del pie.	97° Calidad de los materiales. 98° Facilidad de mantenimiento. 99° Rigidez transversal del calzado y de la combadura del calzado, buena adaptación al pie.
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	100° Intemperie, limpieza, utilización, condiciones ambientales,.	101° Resistencia de la suela a la corrosión. 102° Resistencia a las agresiones industriales. 103° Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo.
Carga electrostática	104° Descarga electrostática.	105° Conductibilidad eléctrica.
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		

Eficacia insuficiente de protección.	<ul style="list-style-type: none"> - Mala elección del equipo. - Mala utilización del equipo. - Suciedad, desgaste o deterioro del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario. - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo. - Respeto de las indicaciones del fabricante. - Mantenimiento en buen estado - Sustitución oportuna. - Respeto de las indicaciones del fabricante.
--------------------------------------	---	--

ROPA DE PROTECCIÓN

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Acciones generales.	r) Por contacto. s) Desgaste debido al uso.	- Protección del tronco. - Resistencia al rasgado, alargamiento.
Acciones mecánicas.	▪ Por abrasivos, objetos puntiagudos y cortantes.	▪ Resistencia a la penetración.
Acciones térmicas.	▪ Productos ardientes o fríos. ▪ Contacto con las llamas. ▪ Por trabajos de soldadura.	▪ Aislamiento contra el frío o el calor. ▪ Incombustibilidad, resistencia a la llama. ▪ Resistencia a la radiación y metales fundidos.
Acciones eléctricas	▪ Tensión eléctrica.	▪ Aislamiento eléctrico.
Acción química.	▪ Daños por acciones químicas.	▪ Estanquidad y resistencia química.
Acción de la humedad.	▪ Penetración de agua.	▪ Permeabilidad al agua.
Falta de visibilidad	▪ Percepción insuficiente.	▪ Color vivo, retrorreflexión.
Contaminación	▪ Productos radiactivos	▪ Estanquidad, resistencia y aptitud para la descontaminación.
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	106º Insuficiente confort de uso.	107º Diseño ergonómico: dimensiones, progresión de las tallas, volumen de superficie, confort, permeabilidad al vapor de agua.
Accidentes y peligros para la salud.	108º Mala compatibilidad. 109º Falta de higiene. 110º Adherencia excesiva.	111º Calidad de los materiales. 112º Facilidad de mantenimiento. 113º Forma ajustada, hechura.
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	114º Intemperie, limpieza, utilización, condiciones ambientales,.	115º Resistencia del equipo a las agresiones industriales. 116º Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo. 117º Conservación de las dimensiones.
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		
Eficacia insuficiente de protección.	- Mala elección del equipo. - Mala utilización del equipo. - Suciedad, desgaste o deterioro del equipo.	- Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario. - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo. - Respeto de las indicaciones del fabricante. - Mantenimiento en buen estado - Controles periódicos. - Sustitución oportuna. - Respeto de las indicaciones del fabricante.

CHALECOS SALVAVIDAS PARA LA INDUSTRIA

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Ahogamiento.	t) Caída al agua de una persona vestida con ropa de trabajo, eventualmente sin conocimiento o privada de sus capacidades físicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Flotabilidad suficiente. - Capacidad de vuelta a la posición estable, incluso en caso de inconsciencia - Puesta en marcha del dispositivo de inflado automático.
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	118° Molestias por las dimensiones o formas inapropiadas.	119° Diseño ergonómico que no restrinja la visión, la respiración o los movimientos del portador, disposición correcta de los órganos de maniobra.
Accidentes y peligros para la salud.	120° Pérdida del chaleco al caer al agua. 121° Deterioro del chaleco durante su utilización. 122° Alteración de la función del sistema de inflado.	123° Diseño del chaleco. 124° Resistencia a las agresiones mecánicas. 125° Mantenimiento de la función de seguridad en todas las condiciones de empleo. 126° Características del gas de llenado. 127° Eficacia del dispositivo de inflado automático. 128° Posibilidad de puesta en acción manual. 129° Existencia de un dispositivo bucal de inflado. 130° Instrucciones de uso someras en el chaleco.
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	131° Intemperie, limpieza, utilización, condiciones ambientales.	132° Resistencia del equipo a las agresiones químicas, biológicas y físicas. 133° Resistencia a las agresiones climáticas (humedad, lluvia, etc.). 134° Resistencias de los materiales constituyentes y cubiertas de protección (rasgados, abrasión,...)
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		
Eficacia insuficiente de protección.	<ul style="list-style-type: none"> - Mala elección del equipo. - Mala utilización del equipo. - Suciedad, desgaste o deterioro del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elección del equipo en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos. - Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario. - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo.

PROTECTORES CONTRA CAÍDAS

RIESGOS	ORIGEN Y FORMA DE LOS RIESGOS	FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO
RIESGOS QUE DEBEN CUBRISE		
Impacto.	u) Caída de altura. v) Pérdida del equilibrio.	- Resistencia y aptitud del equipo y del punto de enganche (anclaje).
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestias al trabajar.	135º Diseño ergonómico insuficiente. 136º Limitación de la libertad de movimientos.	137º Diseño ergonómico: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modo de construcción ▪ Volumen ▪ Flexibilidad ▪ Facilidad de colocación ▪ Dispositivo de presión con regulación automática longitudinal
Accidentes y peligros para la salud.	138º Tensión dinámica ejercida sobre el equipo y el usuario durante el frenado de la caída. 139º Movimiento pendular y choque lateral. 140º Carga estática en suspensión ejercida por las correas. 141º Tropiezo en el dispositivo de enlace.	142º Aptitud del equipo: <ul style="list-style-type: none"> e) Reparto de los esfuerzos de frenado entre las partes del cuerpo que tengan absorción f) Reducción de la fuerza de frenado g) Distancia de frenado h) Posición de la hebilla de fijación 143º Punto de enganche por encima de la cabeza, enganche en otros puntos (anclaje). 144º Diseño del equipo (reparto de fuerzas). 145º Dispositivo de enlace corto, por ejemplo, reductor de correa, dispositivo anticaídas.
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento.	146º Alteración de la resistencia mecánica relacionada con la intemperie, las condiciones ambientales, la limpieza y la utilización.	147º Resistencia a la corrosión. 148º Resistencia del equipo a las agresiones industriales. 149º Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo.
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		
Eficacia insuficiente de protección.	- Mala elección del equipo. - Mala utilización del equipo. - Suciedad, desgaste o deterioro del equipo.	- Elección del equipo en relación con los factores individuales del usuario. - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo. - Respeto de las indicaciones del fabricante. - Mantenimiento en buen estado - Controles periódicos. - Sustitución oportuna. - Respeto de las indicaciones del fabricante.

3.3. EQUIPOS DE TRABAJO, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES

3.3.1. Equipos de trabajo

Los equipos de trabajo utilizados en la obra deberán ajustarse a lo establecido en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

En el mencionado decreto se define equipo de trabajo como cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo, estableciéndose en el mismo que los empresarios intervinientes en la obra de construcción deberán utilizar únicamente equipos de trabajo que satisfagan:

- g) Cualquier disposición legal o reglamentaria que le sea de aplicación.
- h) Las condiciones generales previstas en el R.D. 1215/1997.

De manera general, el Real Decreto 1215/1997 establece determinadas obligaciones para los empresarios que empleen equipos de trabajo:

- e) Para la elección del equipo de trabajo adecuado, el empresario deberá considerar:
 - c) las condiciones y características del trabajo a desarrollar
 - d) los riesgos existentes (tanto en el entorno como en el puesto de trabajo, así como los riesgos derivados del uso del propio equipo)
 - e) la adaptación del equipo para la utilización por los trabajadores encomendados
- f) El empresario garantizará que todos aquellos equipos de trabajo cuya seguridad dependa de sus condiciones de instalación se sometan a una comprobación inicial, tras su instalación y antes de su puesta en marcha por primera vez. Asimismo, cuando los equipos de trabajo sean susceptibles de ocasionar o sufrir deterioros que puedan

originar situaciones peligrosas, éstos se deberán someter a comprobaciones periódicas.

Dichas comprobaciones deberán ser realizadas por personal competente y los resultados de las mismas deberán documentarse y estar a disposición de la autoridad laboral.

- g) Los empresarios que empleen en obra equipos de trabajo que requieran la mencionada comprobación, deberán acompañar junto a los mismos una prueba material de la realización de la última comprobación.
- h) El empresario deberá garantizar que los equipos de trabajo tengan un correcto mantenimiento, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante o, en su defecto, las características del equipo.
- i) El empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban la formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como de las medidas de prevención y protección. La información se suministrará preferentemente por escrito, con una presentación de fácil comprensión.

Maquinaria de transporte

Toda máquina de transporte que intervenga en la obra deberá tener pasada la I.T.V. conforme establece la legislación vigente (cuando corresponda según la antigüedad del vehículo) y ser utilizada por personal formado e instruido para ello, debiendo estar en posesión del carnet de conducción pertinente.

Aquellas máquinas de transporte que dispongan de grúa, deberán tener indicadas de manera claramente visibles la carga máxima a soportar.

Todas las máquinas de transporte empleadas deben ofrecer garantías para que no se produzca el vuelco de las mismas

Maquinaria de excavación

La maquinaria de excavación empleada en la obra deberá tener pasada la I.T.V. conforme establece la legislación vigente (cuando corresponda según la antigüedad del vehículo) y ser utilizada por personal formado e instruido para ello, debiendo estar en posesión del carnet de conducción pertinente.

Antes de la utilización dentro de la obra, el operador de la máquina deberá ser informado de las condiciones del terreno (consistencia, resistencia, etc.) y de las vías de circulación.

Grúas torre

La instalación en obra de una grúa torre será realizada por una empresa especializada y debidamente acreditada para este tipo de instalaciones.

La grúa torre deberá tener claramente indicada la carga máxima a soportar mediante un letrero colocado a tal efecto.

Después de su instalación y antes de su primera puesta en servicio, la grúa torre deberá someterse a una prueba de carga. Dicha prueba de carga será realizada por personal competente, que deberá elaborar, asimismo, un informe en relación con los resultados de dicha prueba.

Será utilizada por personal instruido adecuadamente y el radio de giro permitido no deberá sobrepasar zonas de circulación y tránsito de peatones. Para ello la grúa deberá disponer de los correspondientes limitadores de ángulos horizontales de orientación o giro, entre otros.

Cuando la grúa torre esté situada sobre raíles, estos deberán estar conectados a una red equipotencial.

Máquinas con partes móviles y/o elementos cortantes

Todas aquellas máquinas que presenten partes móviles con riesgo de atrapamiento deberán protegerse convenientemente con resguardos y/o defensas, quedando prohibida la anulación de los mismos por parte de los trabajadores.

Se deberá mantener un aislamiento suficiente de las personas ajenas al trabajo sobre las zonas peligrosas de las máquinas empleadas en obra (sierra circular, hormigoneras, etc.) cercando el área de trabajo si fuera necesario, especialmente cuando se trate de trabajos en el exterior con posible paso de peatones ajenos a la obra.

Máquinas y herramientas de accionamiento eléctrico

Las máquinas que empleen energía eléctrica para su funcionamiento deberán tener sus masas conectadas a tierra, y protegidas contra contactos indirectos mediante interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a la corriente de alimentación.

Por su parte, las herramientas portátiles de accionamiento eléctrico deberán tener como mínimo una protección de doble aislamiento, lo que se indica en el propio equipo mediante el siguiente símbolo:

Herramientas manuales

Las herramientas manuales deberán permanecer en buen estado de conservación, y correctamente ordenados y colocados dentro de la obra. Deberán estar constituidas por

materiales resistentes, y la unión de sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

Los mangos de las herramientas deberán tener unas dimensiones adecuadas, sin bordes agudos ni superficies resbaladizas, y, en caso de ser necesario, serán aislantes.

Instalación eléctrica

La instalación eléctrica (tanto la provisional como la existente en la obra de construcción) deberá ser ejecutada por un instalador autorizado o empresa instaladora autorizada y contar con la propia autorización de la Consejería de Trabajo e Industria en la provincia donde se ejecute la obra.

Instalación de aparatos de elevación de carga

La instalación de aparatos elevadores (ascensores, montacargas, etc.) deberá estar realizada por un instalador o empresa instaladora autorizada, contando además, cuando corresponda en función de las características del aparato, con la correspondiente autorización de la Consejería de Trabajo e Industria en la provincia donde se ejecute la obra.

En los aparatos de elevación de cargas deberá figurar una indicación claramente visible de su carga nominal y, en su caso, una placa de carga que estipule la carga nominal de cada configuración de la máquina.

Después de su instalación y antes de su primera puesta en servicio, la grúa torre deberá someterse a una prueba de carga. Dicha prueba de carga será realizada por personal competente, que deberá elaborar, asimismo, un informe en relación con los resultados de dicha prueba.

Aquellos aparatos para la elevación exclusiva de carga (no de trabajadores) deberá indicarse mediante señalización claramente visible.

En la parte inferior de los aparatos elevadores como el montacargas o ascensores se dispondrá de un vallado perimetral para evitar el paso o estancia de operarios en la vertical de las cargas.

Instalación contra incendios

Los equipos utilizados para la protección contra incendios, especialmente extintores portátiles, deberán tener un mantenimiento adecuado por empresa autorizada y especializada.

3.3.2. Materiales

Los materiales deben cumplir los requisitos funcionales fijados en las Normas Tecnológicas de la Edificación (N.T.E.), así como las correspondientes Normas vigentes.

El acopio de todos los materiales deberá garantizar que se mantienen en el momento de su colocación las condiciones exigidas para su recepción en obra.

3.3.3. Medios auxiliares

Los medios auxiliares deberán cumplir adecuadamente las funciones de seguridad.

Andamios

En aplicación del anexo IV del Real Decreto 1627/1997, los andamios deben proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite, que se desplomen o se desplacen accidentalmente.

Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deben construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

Los andamios deben ser inspeccionados por una persona competente:

- Antes de su puesta en servicio.
- A intervalos regulares en lo sucesivo.
- Después de cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas, o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.

Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios. Cuando se trate de la instalación de andamios tubulares, dicha instalación será efectuada por empresa autorizada, debiendo constar antes del inicio de su utilización del correspondiente certificado de las pruebas de carga, efectuadas igualmente por personal competente.

Cuando dichos andamios estén situados en el exterior de la obra (como calles, Acerados, parques y vías de uso público en general) o en zonas con paso de peatones, se tomarán las medidas para que éstos no sufran daños a la salud por caída de objetos. Para ello se podrá impedir el paso de los peatones por las zonas peligrosas (mediante vallado, etc.) o disponer de protecciones (marquesinas, redes, túneles, etc.) que impidan la caída de objetos sobre los peatones.

Escaleras de mano

Las escaleras de mano deben cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Según dicho Real Decreto, las escaleras de mano tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En particular, las escaleras de tijera dispondrán de elementos de seguridad que impidan su apertura al ser utilizadas.

Las escaleras de mano se utilizarán de la forma y con las limitaciones establecidas por el fabricante. No se emplearán escaleras de mano y, en particular, escaleras de más de 5 metros de longitud, de cuya resistencia no se tengan garantías. Queda prohibido el uso de escaleras de mano de construcción improvisada.

Antes de utilizar una escalera de mano deberá asegurarse su estabilidad. La base de la escalera deberá quedar sólidamente asentada. En el caso de escaleras simples la parte superior se sujetará, si es necesario, al paramento sobre el que se apoya y cuando éste no permita un apoyo estable se sujetará al mismo mediante una abrazadera u otros dispositivos equivalentes.

Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo aproximado de 75 grados con la horizontal. Cuando se utilicen para acceder a lugares elevados sus largueros deberán prolongarse al menos 1 metro por encima de ésta.

El ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán de frente a las mismas. Los trabajos a más de 3,5 metros de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del

trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad o se adoptan otras medidas de protección alternativas.

Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador. Las escaleras de mano no se utilizarán por dos o más personas simultáneamente.

Las escaleras de mano se revisarán periódicamente. Se prohíbe la utilización de escaleras de madera pintadas, por la dificultad que ello supone para la detección de sus posibles defectos.

Puntales

En el caso de utilización de puntales de madera, éstos serán de una sola pieza, de madera sana, preferentemente sin nudos y seca. Estarán descortezados con el fin de ver el estado real del rollizo, tendrán la longitud exacta para el apeo en el que se instalen. Se acuñarán con doble cuña de madera en la base, clavándose entre sí.

En el caso de los puntales metálicos, se comprobará que éstos se encuentren en buen estado de mantenimiento, con ausencia de óxidos y con todos sus componentes auxiliares, también en buen estado. Carecerán de deformaciones en el fuste y tendrán en sus dos extremos placas de apoyo para clavazón.

Torretas o castilletes de hormigonado

Las torretas o castilletes de hormigonado estarán contruidos en acero laminado, correctamente rigidizado (para lo que se utilizarán cruces de San Andrés) e inmovilizado.

La plataforma de trabajo será de chapa metálica y de tipo antideslizante, constando de barandillas de seguridad para evitar la caída de personas y de objetos a distinto nivel, por lo que dispondrá de una altura adecuada, rodapiés y protección intermedia.

El ascenso y descenso a la plataforma de trabajo se realizará mediante una escalera metálica soldada a la propia torreta.

3.4. Instalaciones higiénicas y locales de descanso

Servicios higiénicos

Según establece el anexo IV del Real Decreto 1627/1997, cuando los trabajadores tengan que llevar ropa especial de trabajo deberán tener a su disposición vestuarios adecuados.

Estos vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo exijan (por ejemplo sustancias peligrosas, humedad, suciedad), la ropa de trabajo deberá poder guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales.

Cuando los vestuarios no sean necesarios, cada trabajador deberá poder disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave.

Cuando el tipo de actividad o la salubridad lo requieran, se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas y en número suficiente.

Las duchas deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene. Las duchas deberán disponer de agua corriente, caliente y fría.

Cuando, con arreglo al párrafo primero de este apartado, no sean necesarias duchas, deberá haber lavabos suficientes y apropiados con agua corriente, caliente si fuere necesario, cerca de los puestos de trabajo y de los vestuarios.

Si las duchas o los lavabos y los vestuarios estuvieren separados, la comunicación entre unos y otros deberá ser fácil.

Los trabajadores deberán disponer en las proximidades de sus puestos de trabajo, de los locales de descanso, de los vestuarios y de las duchas o lavabos, de locales especiales equipados con un número suficiente de retretes y de lavabos.

Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá preverse una utilización por separado de los mismos.

Locales de descanso o de alojamiento

Tal y como establece el anexo IV del Real Decreto 1627/1997, cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivos de alejamiento de la obra, los trabajadores deben poder disponer de locales de descanso y, en su caso, de locales de alojamiento de fácil acceso.

Estos locales de descanso o de alojamiento deben tener unas dimensiones suficientes y estar amueblados con un número de mesas y de asientos con respaldo acorde con el número de trabajadores.

Cuando no existan este tipo de locales se debe poner a disposición del personal otro tipo de instalaciones para que puedan ser utilizadas durante la interrupción del trabajo.

Cuando existan locales de alojamiento fijos, deben disponer de servicios higiénicos en número suficiente, así como de una sala para comer y otra de esparcimiento.

Dichos locales deben estar equipados de camas, armarios, mesas y sillas con respaldo acordes al número de trabajadores, y se deberá tener en cuenta, en su caso, para su asignación, la presencia de trabajadores de ambos sexos.

En los locales de descanso o de alojamiento deberán tomarse medidas adecuadas de protección para los no fumadores contra las molestias debidas al humo del tabaco.

3.4. INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

Según establece el artículo 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en cumplimiento del deber de protección, el empresario debe garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

También el Real Decreto 1627/1997, establece en su artículo 15 el deber de los contratistas y subcontratistas de garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra. Esta información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados.

Asimismo, y en cumplimiento del Real Decreto 1215/1997 y del Real Decreto 773/1997, el empresario debe proporcionar a sus trabajadores la formación necesaria

para la utilización de los equipos de trabajo y los equipos de protección individual puestos a su disposición.

La formación deberá estar centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario. los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

3.5. VIGILANCIA DE LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS

3.5.1. Vigilancia de la salud

Indica la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95) que el Empresario deberá garantizar a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes a su trabajo.

La vigilancia de la salud sólo podrá llevarse a efecto con el consentimiento del trabajador, exceptuándose, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de la salud de un trabajador puede constituir un peligro para sí mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa o cuando esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

En todo caso se optará por aquellas pruebas y reconocimientos que produzcan las mínimas molestias al trabajador y que sean proporcionadas al riesgo.

Las medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona del trabajador y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud. Los resultados de tales reconocimientos serán puestos en conocimiento de los trabajadores afectados y nunca podrán ser utilizados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador.

El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores, sin que pueda facilitarse al empresario o a otras personas sin conocimiento expreso del trabajador.

No obstante, el empresario y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de prevención y protección, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materias preventivas.

En los supuestos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo haga necesario, el derecho de los trabajadores a la vigilancia periódica de su estado de salud deberá ser prolongado más allá de la finalización de la relación laboral, en los términos que legalmente se determinen.

Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo por personal sanitario con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

3.5.2. Primeros auxilios

En aplicación del anexo IV del Real Decreto 1627/1997, los locales para primeros auxilios deben estar dotados de las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables y tener fácil acceso para las camillas. Deben estar señalizados conforme al Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Es responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.

En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran se debe disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso.

Una señalización claramente visible debe indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

3.6. ACCIDENTES E ÍNDICES ESTADÍSTICOS

3.6.1. Accidentes

En caso de que ocurra un accidente, se procederá a practicar los primeros auxilios al accidentado y, si fuera necesario, se tomarán aquellas medidas encaminadas a que el trabajador reciba la atención especializada conveniente.

Se procederá a cumplimentar el parte de accidente de trabajo, recogiendo, entre otros, los siguientes datos:

- h) Nombre del accidentado
- i) Domicilio del accidentado
- j) Ocupación y tipo de contrato del accidentado
- k) Identificación de la obra
- l) Fecha y hora en que se produjo el accidente
- m) Lugar donde se produjo el accidente
- n) Causas del accidente
- o) Testigos de accidente

Asimismo, se realizará la correspondiente anotación en el libro de incidencias, comunicando a la Inspección de Trabajo en los términos previstos en el Real Decreto 1627/1997 (disposiciones de seguridad y salud en obras de construcción).

3.6.2. Índices estadísticos

En el caso de que ocurran accidentes, éstos deben ser objetos de registro y control estadístico, a fin de detectar la eficacia de las medidas de prevención adoptadas. Para ello se hace uso de los siguientes índices estadísticos:

Índice de frecuencia

“Relación entre el número de accidentes registrados en un período de tiempo y el número de horas-hombre trabajadas en dicho período”.

El índice IF representa el número de accidentes ocurridos por cada millón de horas

$$IF = \frac{\text{N}^\circ \text{ accidentes}}{\text{N}^\circ \text{ horas - hombre trabajadas}} 10^6$$

trabajadas.

Índice de gravedad

”Relación entre el número de jornadas perdidas por los accidentes en un período de tiempo y el total de horas-hombre trabajadas durante dicho período de tiempo”.

El índice IG representa el número de jornadas perdidas por cada mil horas-hombre trabajadas.

$$IG = \frac{\text{N}^\circ \text{ jornadas perdidas}}{\text{N}^\circ \text{ horas - hombre trabajadas}} 10^3$$

Índice de incidencia

”Relación entre el número de accidentes registrados en un período de tiempo y el número medio de personas expuestas al riesgo considerado.”

El índice II representa el número de accidentes ocurridos por cada mil o cien personas expuestas.

$$II = \frac{\text{N}^\circ \text{ total accidentes}}{\text{N}^\circ \text{ medio personas expuestas}} 10^3 \text{ ó } 10^2$$

Índice de duración media

“Relación entre las jornadas perdidas por incapacidades en un período de tiempo y el número de accidentes con baja”.

El índice IDM representa el número de jornadas perdidas por cada accidente con baja y se puede calcular mediante una de las siguientes expresiones:

$$IDM = \frac{\text{N}^\circ \text{ jornadas perdidas}}{\text{N}^\circ \text{ accidentes con baja}}$$

CAPITULO 4: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICO

4.1. CRITERIO DE MEDICIÓN Y VALORACIÓN

Criterios de medición

Para toda posible verificación de partidas y obras ejecutadas se seguirán los mismos criterios que figuran en las hojas de mediciones.

Criterios de valoración

Las partidas ejecutadas se valorarán con los precios que figuran en las hojas de presupuesto.

No son objeto de valoración todas aquellas partidas, procesos o trabajos sin los cuales no sería posible llevar a cabo la ejecución material misma de las obras y que según las normas de la buena construcción son necesarias para la total terminación de las mismas.

4.2. CERTIFICACIONES DE OBRA

Una vez al mes, la Constructora extenderá valoración detallada de las partidas que, en materia de seguridad y salud, se hubiesen realizado en la obra.

La valoración se hará conforme al presente plan y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad. Esta valoración será aprobada por la Dirección Facultativa y sin dicho requisito no podrá ser abonada por la propiedad.

El abono de dichas partidas se realizará según estipule el correspondiente Contrato de Obra.

La Dirección Facultativa podrá requerir todos aquellos documentos como actas de chequeo, relación de existencias del almacén de seguridad, partes de entrega de protecciones individuales, etc., que considere oportunos para las comprobaciones pertinentes de las cantidades certificadas.

La ausencia de presentación de certificaciones de seguridad o el retraso en la elaboración y redacción de las mismas por parte del Contratista, no exime al mismo del cumplimiento de las especificaciones y directrices del presente plan de seguridad y salud.

El contratista ejecutará todas las partidas presupuestadas.

De las liquidaciones de obras se deducirán, con los precios de adjudicación, todas aquellas unidades que no hayan sido ejecutadas y que estuvieran reflejadas en el presupuesto del presente plan.

En cada partida descrita están incluidas todas las obras auxiliares que según las normas de buena construcción son necesarias para la total terminación de la unidad correspondiente.

4.3. CONDICIONES NO ESTIPULADAS

Para lo no previsto en el presente Pliego, será de aplicación lo estipulado en el Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación, compuesto por la Dirección General de Arquitectura y adoptado para sus obras por la Dirección general de arquitectura del M.O.P.U. el cual se interpretará también como complemento del Presupuesto del Plan en lo que afecta a la descripción de las unidades de obra.

4.4. SEGUROS

Seguros de responsabilidad civil y de todo riesgo de construcción y montaje.

Será preceptivo en la obra que los técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil profesional, así mismo, el contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por los hechos nacidos de culpa o negligencia imputables al mismo o a las personas que debe de responder, se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El contratista viene obligado a la contratación de un seguro de la modalidad de todo riesgo en la construcción durante el plazo de ejecución de la obra con la ampliación a un periodo de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

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/cm² (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/cm² (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 se han descrito en el apartado de cálculos justificativos.
- 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 centrífugas, de montaje horizontal que se han descrito en el apartado de cálculos justificativos.

8.3.- Ventiladores centrífugos

- 1 ventilador centrífugo de las siguientes características:

Caudal:	15.000 m ³ /h.
Presión total:	200 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.

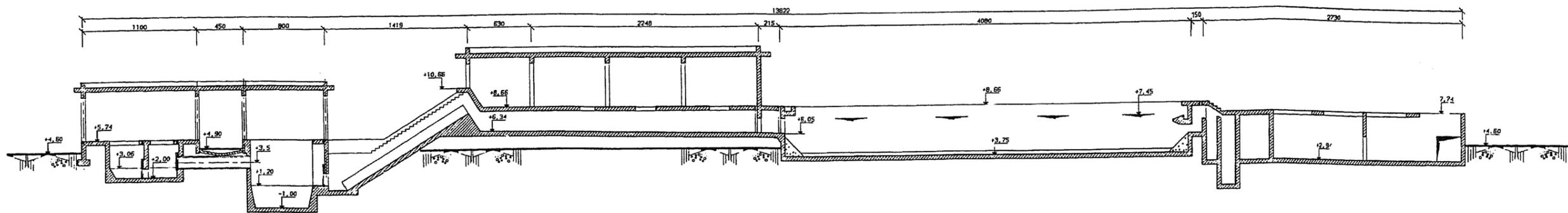
Electroválvula 2".

Tubería de desagüe (DN 50).

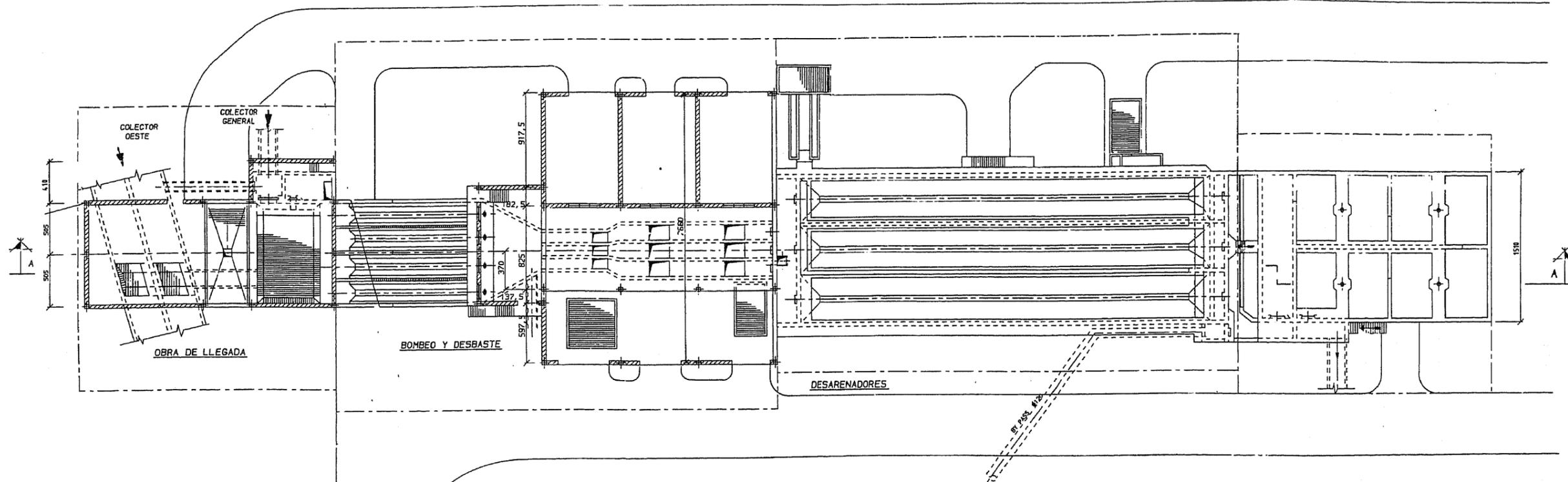
Temporizador.

DOCUMENTO IV

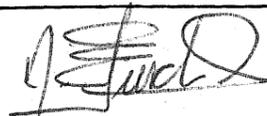
PLANOS

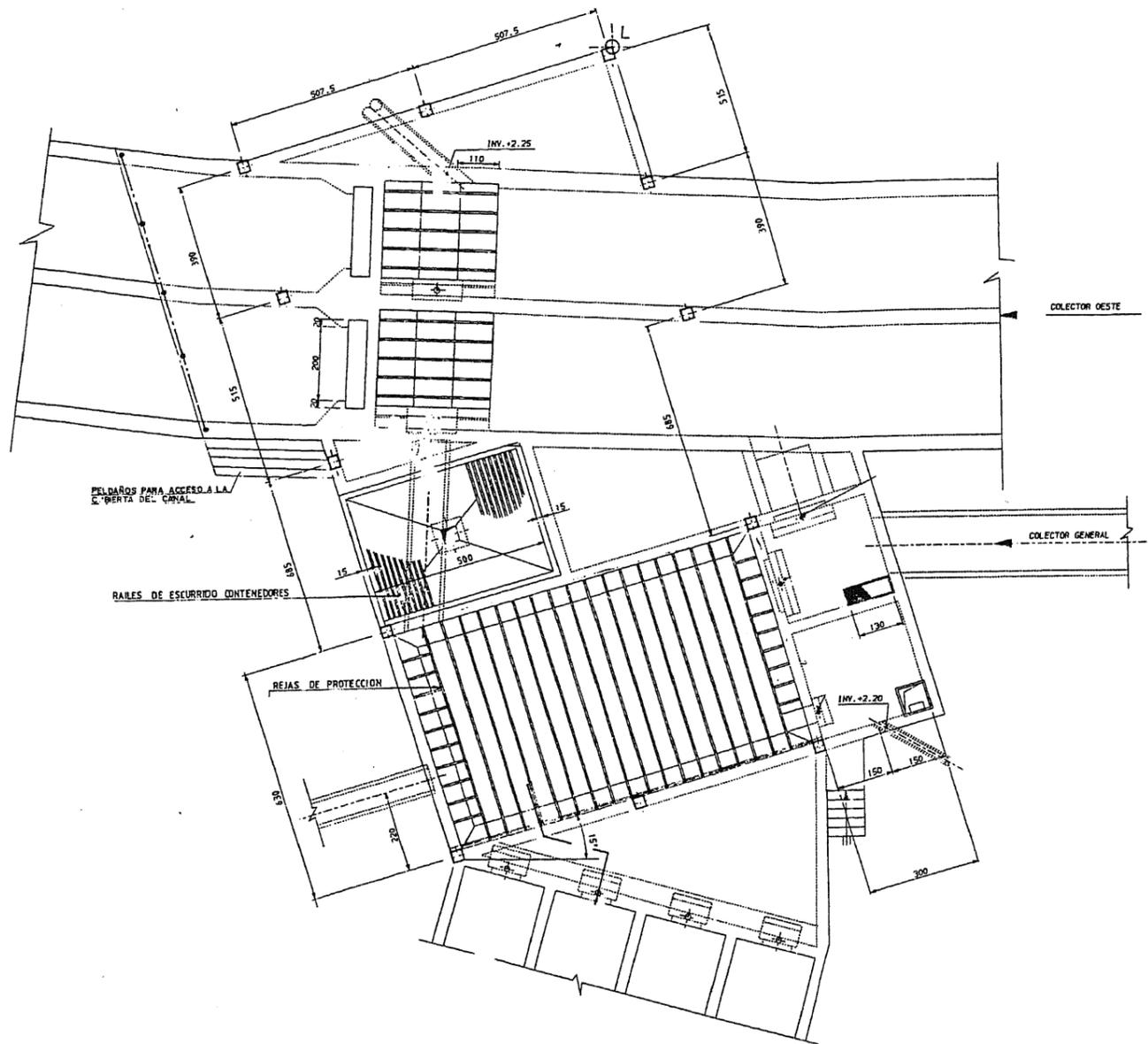


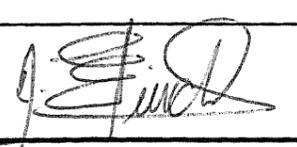
SECCION A-A

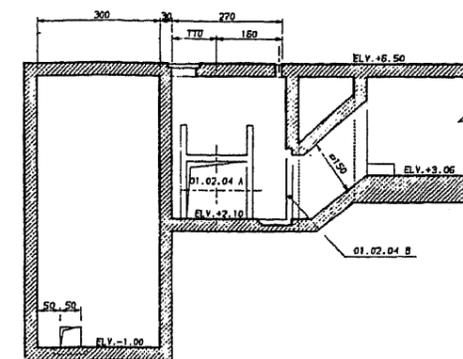
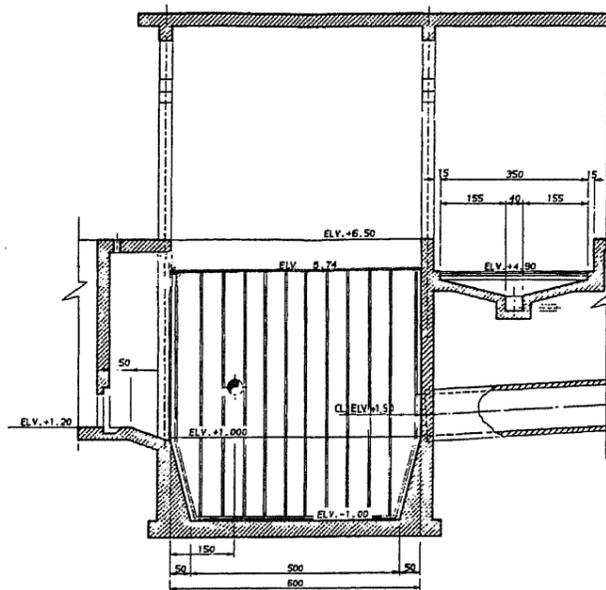
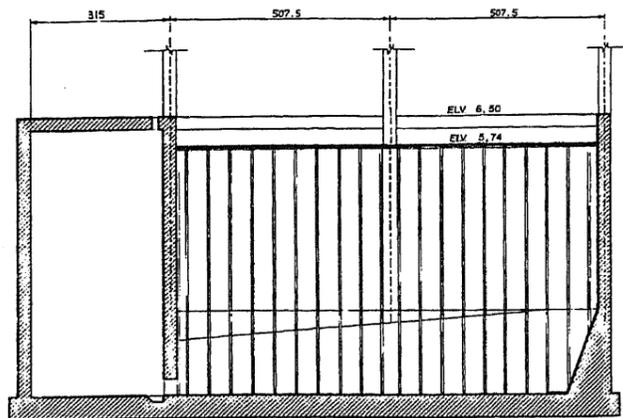


NOTA:
COTAS DE NIVEL EN Mts.
RESTO DE DIMENSIONES EN Cmts.

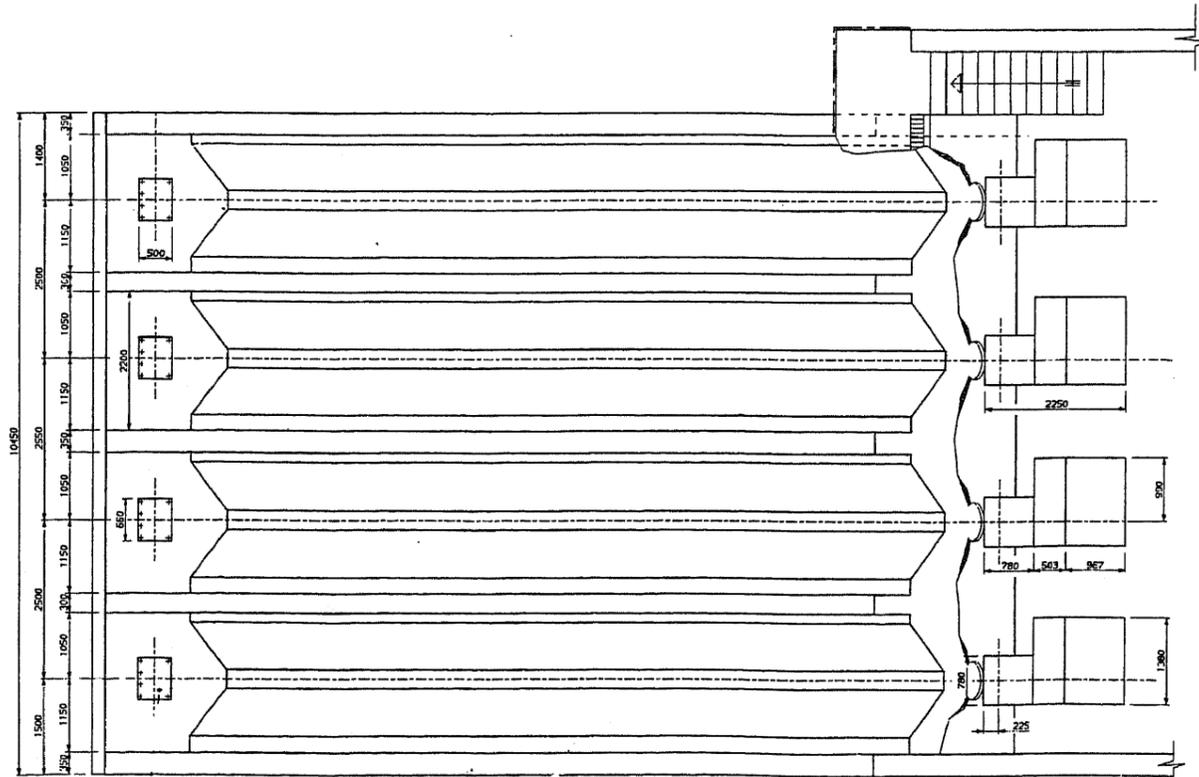
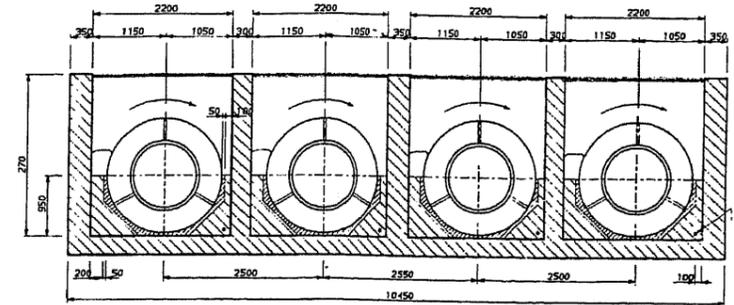
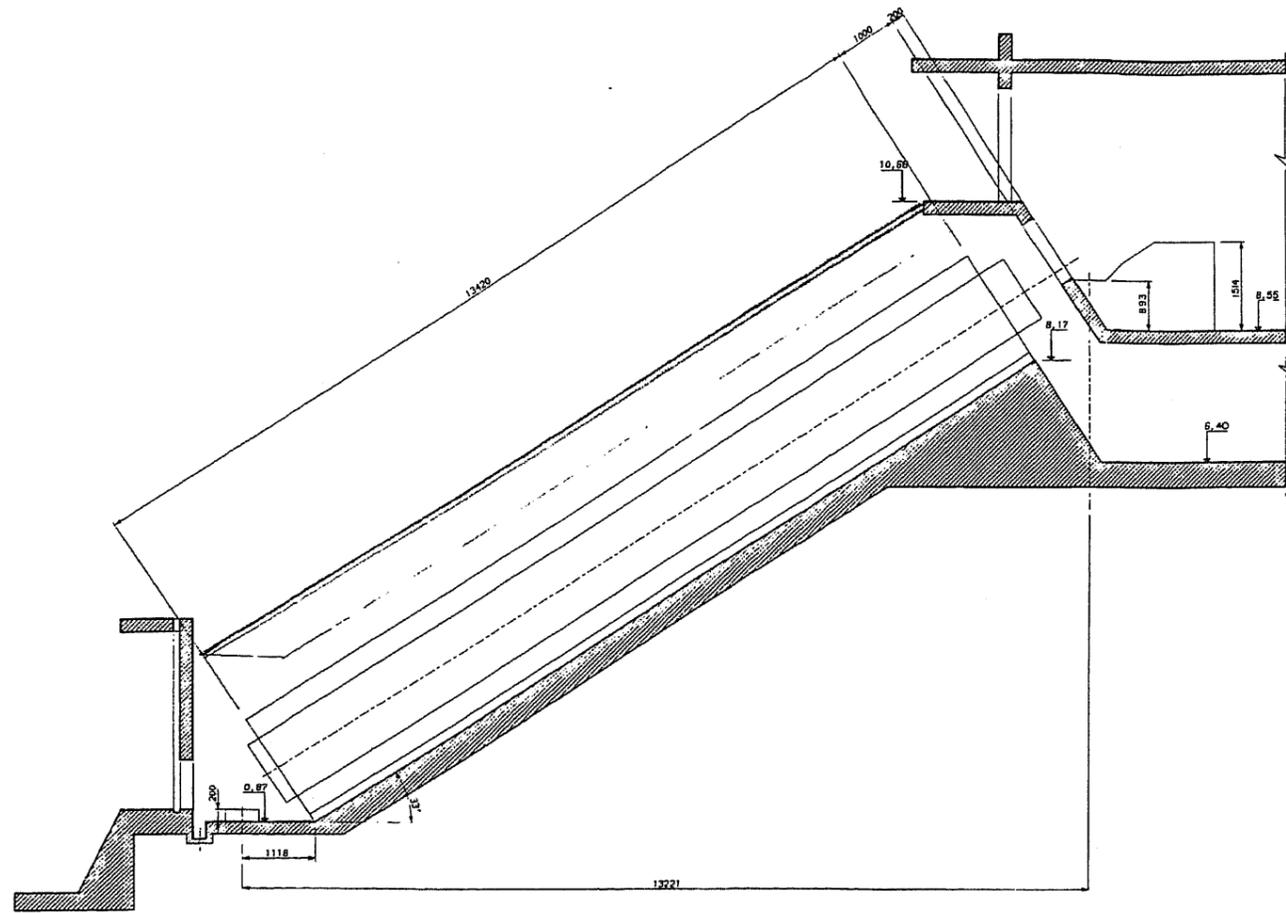
PROYECTO FIN DE CARRERA	PLANO N°: 1
FECHA: MARZO-2006	DESODORIZACION DEL PRETRATAMIENTO EDAR GUADALETE
ESCALA: 1/200	OBRA DE LLEGADA, BOMBEO Y PRETRATAMIENTO
FIRMA: ALEJANDRO FINCH ROSIQUE.	

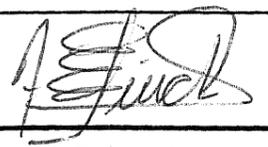


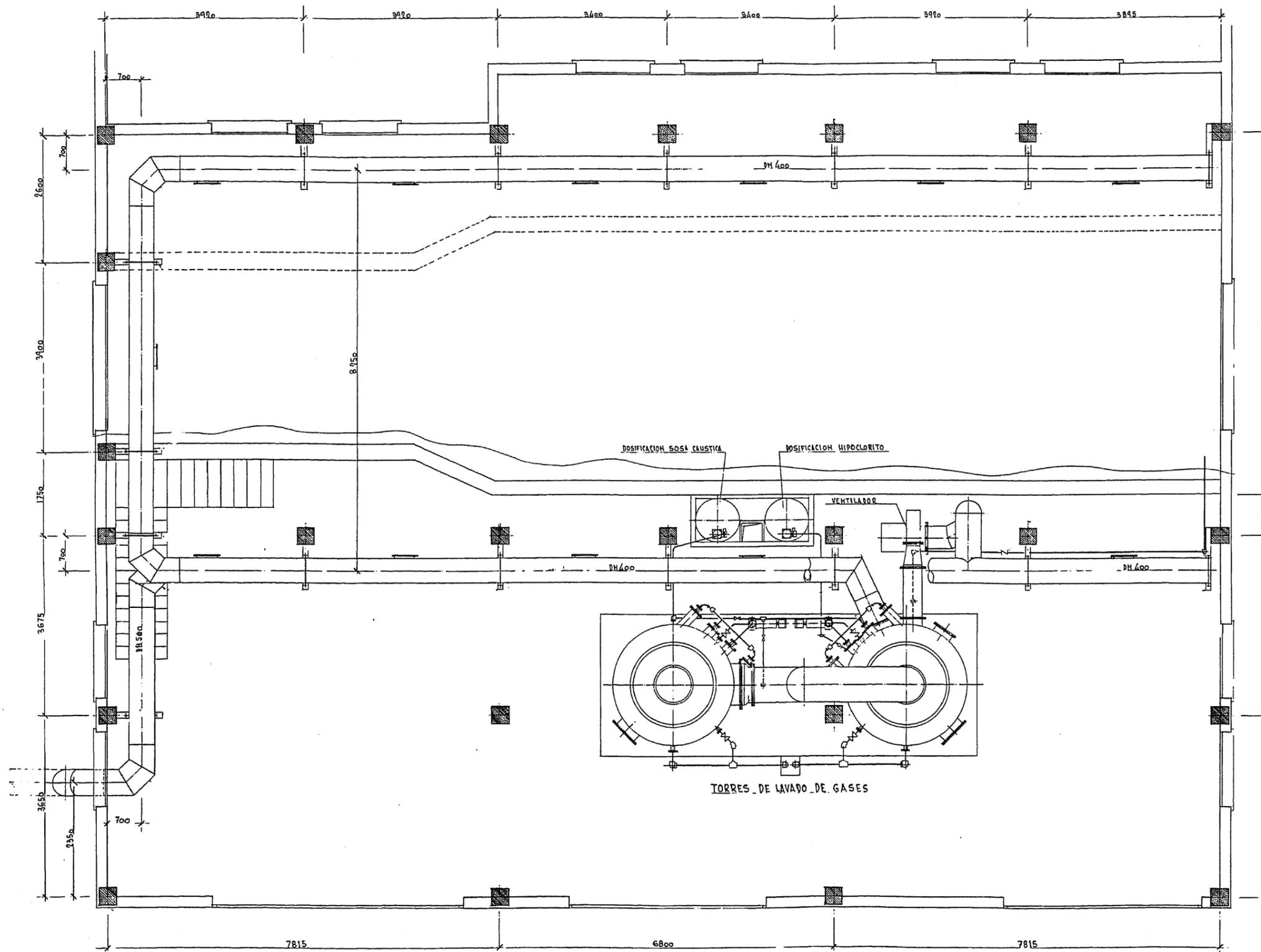
PROYECTO FIN DE CARRERA	PLANO N°: 2
FECHA: MARZO-2006	DESODORIZACION DEL PRETRATAMIENTO EDAR GUADALETE
ESCALA: 1/200	PLANTA DE OBRA DE LLEGADA.
FIRMA: ALEJANDRO FINCH ROSIQUE.	



PROYECTO FIN DE CARRERA	PLANO N°: 3
FECHA: MARZO-2006	DESODORIZACION DEL PRETRATAMIENTO EDAR GUADALETE
ESCALA: 1/200	POZO DE GRUESOS.
FIRMA: ALEJANDRO FINCH ROSIQUE.	



PROYECTO FIN DE CARRERA		PLANO N°: 4
FECHA: MARZO-2006	DESODORIZACION DEL PRETRATAMIENTO EDAR GUADALETE	
ESCALA: 1:50	PLANTA, ALZADO Y PERFIL TORNILLO DE ARQUIMEDES	
FIRMA: ALEJANDRO FINCH ROSIQUE.		



- PLANTA

PROYECTO FIN DE CARRERA	PLANO N°: 5
FECHA: MARZO-2006	DESODORIZACION DEL PRETRATAMIENTO EDAR GUADALETE
ESCALA: 1:40	CONJUNTO TUBERIAS DESODORIZACION
FIRMA: ALEJANDRO FINCH ROSIQUE.	

