

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELIMINACIÓN POR BIOFILTRACIÓN DE H_2S Y NH_3 DE EFLUENTES GASEOSOS PROCEDENTES DE UNA E.D.A.R.

Autor: Antonio Daniel RIVERA GONZÁLEZ

Fecha: Octubre 2006





ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA 1

ANEXOS A LA MEMORIA..... 89

DOCUMENTO N° 2: PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES 122

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES..... 174

DOCUMENTO N° 3: PRESUPUESTO 188

DOCUMENTO N° 4: PLANOS 200

DOCUMENTO N° 1:

MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Antecedentes Generales	4
2.2. Antecedentes Particulares.....	12
3. PROCESO DE OPERACIÓN	16
3.1. Biofiltración: Definición y clasificación	16
3.2. Justificación de la elección	21
3.3. Descripción del proceso	22
4. MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS	28
4.1. Características y obtención del aire.....	28
4.2. Relleno	32
4.3. Medio de cultivo.....	34
4.4. Inóculo	36
4.5. Productos	37
5. MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	39
5.1. Biofiltro.....	39
5.2. Depósito de inóculo	43
5.3. Depósito de medio de cultivo.....	44
5.4. Compresor de aire	45
5.5. Tuberías y uniones	46
5.6. Bombas	47
5.7. Válvulas.....	48

6. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	50
6.1. Consideraciones generales	50
6.2. Distancia entre las instalaciones y recipientes	52
7. CONTROL Y MANTENIMIENTO EN PLANTA.....	53
7.1. Control en planta	53
7.2. Mantenimiento en planta	57
8. SEGURIDAD E HIGIENE	63
8.1. Riesgos generales	63
8.2. Riesgos derivados de la exposición a agentes biológicos	65
8.3. Riesgos derivados de la exposición a agentes químicos.....	67
8.4. Fichas internacionales de seguridad química.....	68
9. CALIDAD EN EL PROCESO.....	81
10. MARCO LEGAL	83
10.1. Normativa general	83
10.2. Normativa específica de Seguridad e Higiene en el Trabajo	84
11. BIBLIOGRAFÍA	85

1. OBJETO DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN.

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de una planta de biofiltración que realizará la desodorización de los efluentes gaseosos de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

Las EDAR, como consecuencia de su actividad, sobre todo los tratamientos biológicos de las aguas residuales, generan como subproducto corrientes residuales gaseosas constituidas por una mezcla de distintos compuestos. Estas emisiones, además de su toxicidad, constituyen una fuente de molestias olfativas debido a la presencia de NH_3 y el H_2S .

Los tratamientos tradicionales de efluentes gaseosos tienen como inconvenientes los altos costes de tratamiento y la generación de corrientes residuales secundarias potencialmente peligrosas. Las medidas regulatorias de las emisiones, cada vez más restrictivas en el control de contaminantes gaseosos, especialmente los que producen mal olor, han incrementado la demanda de tecnologías económicamente eficientes para el control de la contaminación del aire.

Actualmente, la biofiltración está considerada como la mejor tecnología disponible en el tratamiento de contaminantes disueltos en gases o compuestos olorosos, dado que es más económica que otras tecnologías y minimiza la producción de corrientes residuales contaminantes.

En el presente proyecto se abordará el diseño de una unidad de biofiltración en la que dos especies de bacterias inmovilizadas en un medio de soporte eliminarán durante su metabolismo estos dos compuestos de forma limpia y eficaz.

2. ANTECEDENTES.

2.1. ANTECEDENTES GENERALES.

2.1.1. Contaminación atmosférica.

La alteración de la composición normal del aire es un hecho que se viene produciendo incluso desde antes de aparecer el hombre sobre la tierra: erupciones volcánicas, terremotos, incendios forestales, emanaciones de pantanos, etc., eran y son fuentes naturales de emisión que lanzan al aire grandes cantidades de sustancias ajenas a su normal composición.

En la mitad del siglo XIX se inicia el gran desarrollo para la humanidad, se instalan torres de extracción de petróleo, se crean grandes complejos industriales, grandes ciudades. Se mejoran las vías de comunicación y se construyen carreteras que conllevan la aparición de más industrias y más poblaciones.

El espectacular desarrollo de los medios de transporte de tracción mecánica y el incremento del confort han sido igualmente, características destacadas del presente siglo.

Junto a la industrialización y el bienestar que ocasiona el aumento del nivel de vida, aparece uno de los mayores problemas que el hombre ha conocido: la contaminación atmosférica.

Hay un gran número de definiciones distintas de contaminación atmosférica, dependiendo del punto de vista que se adopte. Lo habitual es considerar como contaminantes sólo aquellas sustancias que han sido añadidas en cantidades suficientes como para producir un efecto medible en las personas, animales, vegetales o los materiales.

Así, podemos definir la contaminación atmosférica como: "Cualquier condición atmosférica en la que ciertas sustancias alcanzan concentraciones lo suficientemente elevadas sobre su nivel ambiental normal como para producir un efecto medible en el hombre, los animales, la vegetación o los materiales".

Una medida de la contaminación atmosférica es el Índice de Calidad del Aire (ICA), herramienta usada por la Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos y otras agencias para proveerle al público información

oportuna y fácil de comprender sobre la calidad del aire local. También indica si los niveles de polución son perjudiciales a la salud. El ICA informa al público si la condición del aire debe preocuparlos por su salud.

Valores del Índice de la Calidad de Aire (ICA)	Los Niveles de Preocupación Para la Salud	Colores
Cuando el ICA es dentro de estos límites:	...las condiciones de la calidad del aire son:	...indicado por este color:
0 to 50:	Bueno	Verde
51 to 100:	Moderado	Amarillo
101 to 150:	No saludable para grupos sensibles	Naranja
151 to 200:	No saludable	Rojo
201 to 300:	No muy saludable	Morado
301 to 500:	Peligroso	Rojo oscuro

Figura 2.1. Índice de calidad del aire.

Al igual que el capital, la mano de obra o las infraestructuras de transporte, la calidad del aire se convertirá probablemente en un factor determinante para orientar las inversiones y, por consiguiente, para el crecimiento económico de una región.

El olor también está considerado como una forma específica de contaminación ambiental. Su presencia en el aire constituye por sí mismo una molestia y, por tanto, un empeoramiento de su calidad. En muchos casos, el olor está relacionado con la presencia de elementos clasificados como nocivos, tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas. Los compuestos más comunes responsables del mal olor se dividen en cuatro categorías:

- ✚ Compuestos con nitrógeno: amoníaco (NH_3) y aminas.
- ✚ Compuestos sulfurados: sulfuro de hidrógeno (H_2S), metil mercaptano o metanotiol (CH_3SH , MM o MT), dimetil sulfuro ($(\text{CH}_3)_2\text{S}$, DMS), dimetil disulfuro ($(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$, DMDS).
- ✚ Ácidos grasos volátiles.
- ✚ Aldehídos, cetonas y ésteres.

Existen diversas actividades industriales que son potencialmente generadoras de olores. Entre ellas, destacamos las que emiten simultáneamente sulfuro de hidrógeno y amoníaco a la atmósfera, que son: plantas de procesamiento de pescado, crematorios de ganado, trabajos de compostaje y plantas de tratamiento de aguas residuales.

2.1.2. Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales.

En las EDAR las aguas residuales impulsadas por las estaciones de bombeo reciben el tratamiento necesario para ser vertidas a un cauce receptor (río, embalse, mar) en las condiciones higiénico-sanitarias que establece la legislación vigente.

De forma general, podemos distinguir las siguientes partes:

Pretratamiento: se efectúa en dos etapas claramente diferenciadas; en una primera etapa de desbaste se eliminan primero los sólidos de mayor tamaño y pesados por medio de un pozo de gruesos y una cuchara anfibia. Después, las rejillas de gruesos eliminan los sólidos grandes flotantes. Posteriormente, las rejillas de finos retienen los sólidos flotantes mayores de 10 mm, que son evacuados a un contenedor por medio de una cinta transportadora. Las rejillas se pueden poner en funcionamiento manual, temporizado, por pérdida de carga o en función del caudal de entrada.

La segunda etapa del pretratamiento se realiza en los desarenadores-desengrasadores, donde gracias al aire aportado por varias soplantes a través de unos difusores, flotarán las grasas y aceites que son recogidos por sendas rasquetas a un pozo desde el cual se bombea a un contenedor. Al mismo tiempo, la arena desprovista casi en su totalidad de materia orgánica sedimentará y será evacuada a través de bombas al clasificador de arenas y posteriormente, a un contenedor.

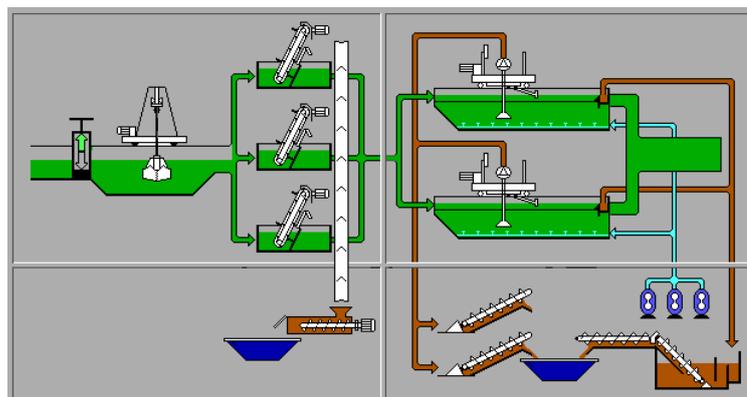


Figura 2.2. Pretratamiento.

Tratamiento primario: en el tratamiento primario se pretende eliminar la materia en suspensión sedimentable, para lo cual se emplean decantadores donde sedimenta, por acción de la gravedad, una buena parte de la

contaminación. Si este proceso lo potenciamos con reactivos hablamos de tratamiento físico-químico. Habitualmente, este tratamiento físico-químico se divide en dos etapas: en la primera, se produce la coagulación del agua en los tanques de mezcla rápida y en la segunda se produce la floculación en los tanques del mismo nombre. Los tanques de mezcla están provistos de electroagitadores para conseguir la mezcla del agua a depurar con los reactivos dosificados. En los tanques de floculación hay también electroagitadores, pero éstos giran mucho más lento para conseguir que los microflocúlos se encuentren y se agreguen sin romperse. Una vez conseguida la floculación mejora la sedimentación ya que parte de los sólidos coloidales y disueltos pasan a ser sólidos en suspensión sedimentables.

Si bien no todas las EDAR cuentan con tratamiento físico-químico previo a la decantación primaria, sí es habitual que cualquier instalación de más de 10.000 habitantes equivalentes posea decantadores primarios. Estos decantadores pueden ser o rectangulares o circulares. Cada decantador circular posee un vertedero perimetral, con deflector para retener flotantes y un puente radial de accionamiento periférico, que recoge y conduce los fangos sedimentados hacia una arqueta de donde se realizan las purgas de los mismos. Del mismo modo, los flotantes son arrastrados hacia una pequeña tolva donde pasan a otra arqueta para ser evacuados por medio de bombas sumergibles.

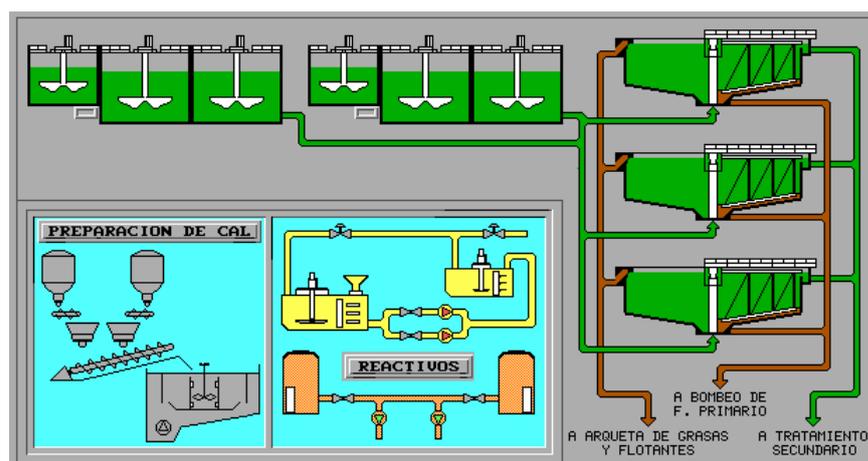


Figura 2.3. Tratamiento primario.

Tratamiento secundario: puede ser de tipo biológico o químico. Los tratamientos biológicos son los más utilizados. El tratamiento biológico persigue la transformación de la materia orgánica disuelta en sólidos sedimentables que se

retiran fácilmente del proceso. Adicionalmente se consigue el atrapamiento de sólidos coloidales y en suspensión.

Si bien todos los tratamientos biológicos consiguen disminuir la DBO₅, sólo se consigue eliminar nitrógeno y fósforo si se diseña el proceso para ello.

El tratamiento biológico se realiza en varios reactores biológicos. Éstos pueden presentar apariencias muy diversas (circulares, rectangulares, canales...). Para conseguir que entre oxígeno para los microorganismos, y producir la necesaria agitación suele haber electroagitadores superficiales o inyección de aire que sale por domos cerámicos, instalados en el fondo y que aportan el aire en forma de burbujas. El aire es captado de la atmósfera por varias soplantes de gran potencia.

La decantación secundaria o clarificación final, se realiza en varios decantadores generalmente circulares dotados de rasquetas que van suspendidas de un puente radial, arrastrando el fango hacia la zona central del decantador, desde donde dicho fango es recirculado mediante bombas sumergibles o tornillos de Arquímedes a la entrada del tratamiento biológico. Con esta recirculación se consigue concentrar los microorganismos hasta valores muy altos. Para mantener controlado el proceso hay que sacar continuamente fango. Las purgas de fangos en exceso se pueden realizar desde el reactor biológico o desde la recirculación, esta última estará más concentrada.

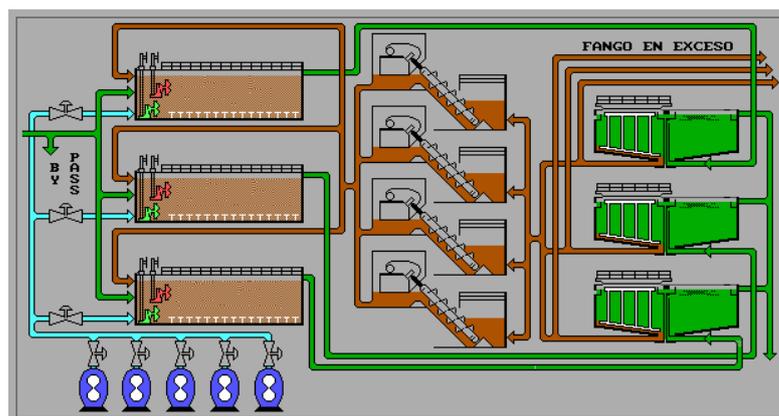


Figura 2.4. Tratamiento secundario.

Espesamiento de lodos: el espesamiento de los fangos se realiza, previo paso por unos tamices, en cubas circulares dotadas de sistema de arrastre central que mueve unos peines giratorios situados en la parte inferior del tanque y cuya labor es la de liberar el agua ocluida en los flóculos de los fangos, produciéndose

el espesamiento de los mismos. El sobrenadante que se obtiene en la parte superior es enviado al pozo de sobrenadantes y a su vez a cabecera.

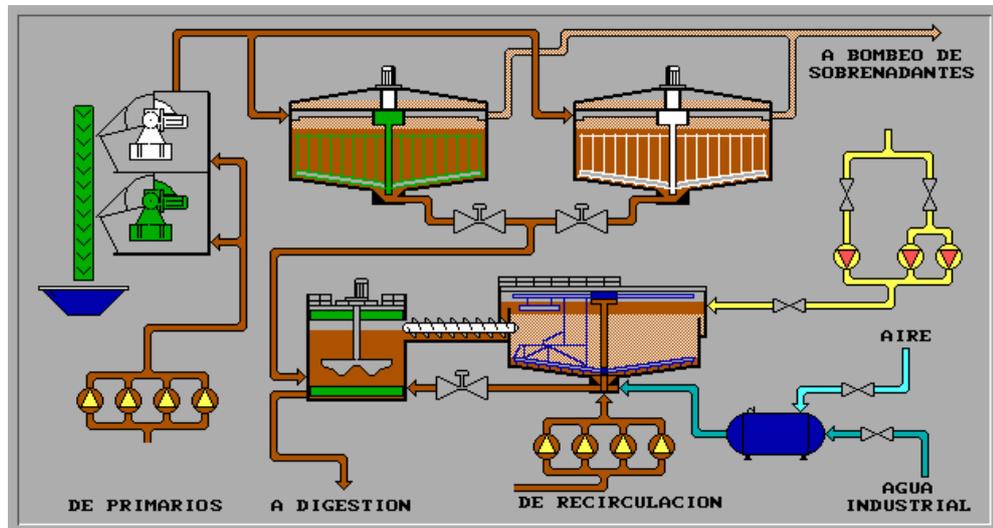


Figura 2.5. Espesamiento.

Estabilización de lodos por digestión: El objeto de la estabilización es disminuir el contenido de materia orgánica de los fangos y eliminar los microorganismos patógenos que contiene.

El proceso de digestión anaerobia se realiza en tanques completamente cerrados en los que intervienen varios tipos de microorganismos. Entre los más importantes y específicos de este proceso están por un lado las bacterias productoras de ácidos y por otro las bacterias productoras de metano. Las bacterias productoras de ácidos transforman la materia orgánica compleja, en productos intermedios. Las bacterias productoras de metano actúan sobre dichos productos intermedios transformándolos en gases y subproductos estabilizados. El proceso que se origina es lento y requiere unas condiciones determinadas. La primera fase del proceso se denomina fase ácida, con pH por debajo de 6,8, la segunda fase se denomina metánica, la cual aumenta el pH a valores de 7,4, estas bacterias son muy sensibles a los valores de pH y se inhiben con valores inferiores a 6.

En digestiones de dos fases el fango de los digestores primarios (agitados y calentados por el propio gas producido) pasa a un segundo tanque o digestor secundario que no tiene ni mezcla ni calentamiento que sirve a su vez como espesador para poder retirar el sobrenadante con facilidad.

Este proceso es productor de cantidades importantes de sulfuro de hidrógeno.

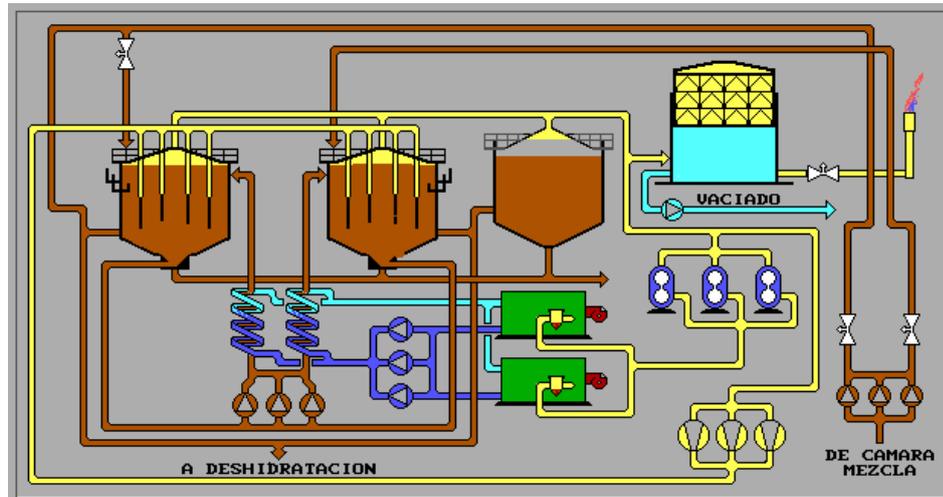


Figura 2.6. Estabilización de lodos por digestión anaerobia.

Deshidratación de fangos: Finalmente, y antes de ser evacuados al exterior, los fangos se deshidratan en varias máquinas de filtrado de banda continua a las que se bombea el fango a través de bombas de tornillo helicoidal, acondicionándolo en línea con un polielectrolito que se dosifica automáticamente.

El fango así deshidratado se transporta a través de cintas transportadoras a un silo para su posterior evacuación mediante camiones. Este fango deshidratado suele tener unas buenas características para ser reutilizado en agricultura, después de su compostaje. A este fango se le denomina también biosólido.

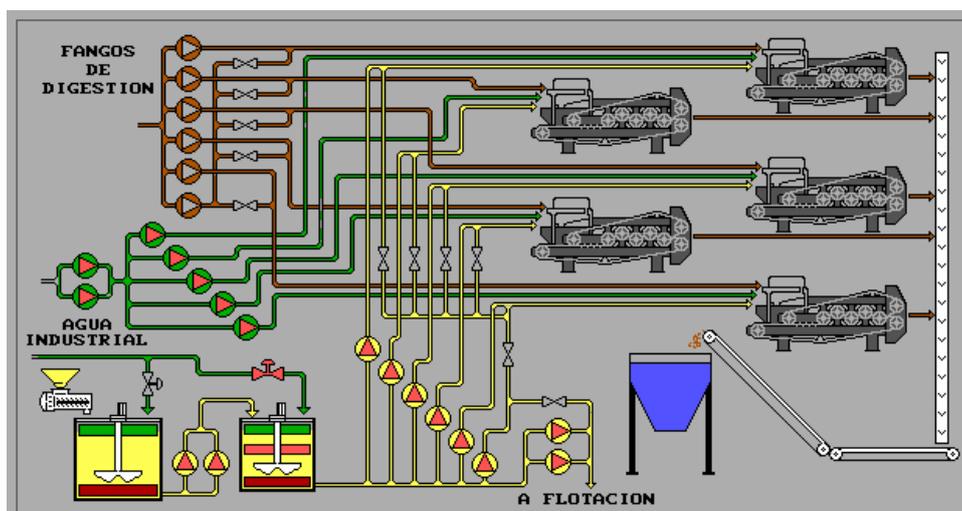


Figura 2.7. Deshidratación de fangos.

Toda planta de tratamiento de aguas residuales es susceptible de generar olores, si bien son las que realizan un tratamiento anaerobio las que tienen una mayor probabilidad. En un ambiente anaerobio las bacterias sulfatorreductoras producen sulfuro de hidrógeno como consecuencia de su metabolismo durante el que degradan los sulfatos presentes en el agua residual.

Para reducir la emisión de olores de las plantas de tratamiento de aguas residuales los tanques que contienen los lodos o las aguas residuales se cubren y se ventilan mediante sistemas de extracción, dirigiendo el aire con los compuestos que provocan el mal olor hacia algún sistema de tratamiento como el que describiremos en el presente Proyecto.

2.2. ANTECEDENTES PARTICULARES.

2.2.1. Tecnologías tradicionales de tratamiento de gases.

Tradicionalmente se han utilizado tecnologías de base físico-química, destacando entre ellas:

Absorción: es un proceso de transferencia de materia entre un gas y un líquido, en el que el contaminante simplemente se disuelve en el líquido absorbente o reacciona con él. Se realiza normalmente en torres de lavado, lavaderos, torres de relleno o columnas de platos. Esta técnica de control de emisiones es utilizada con mayor frecuencia para gases inorgánicos que para gases orgánicos.

Adsorción: en este caso, la transferencia de materia se produce entre un gas y un sólido, generalmente sin que se produzca reacción química. Ésta técnica es utilizada normalmente para gases con bajas concentraciones de compuestos orgánicos.

Combustión: para la eliminación de contaminantes oxidables se recurre frecuentemente al mecanismo de la combustión. Las dos formas más empleadas son la combustión ordinaria o incineración y la combustión catalítica. Los equipos de combustión catalítica son similares a los tradicionales en diseño y operación pero emplean un catalizador que permite operar a temperaturas mucho menores que los incineradores térmicos y se utilizan más en los casos de concentraciones muy bajas de contaminantes.

Reducción catalítica: es una técnica opuesta a la combustión, puesto que supone el paso de los contaminantes a formas más reducidas. La transformación se realiza con catalizadores específicos, generalmente de tipo metálico. El proceso se lleva a cabo en un reactor en cuyo interior se encuentra el catalizador, a través del cual circula una corriente gaseosa con contaminantes oxidados. Se utiliza en los escapes de los vehículos y las emisiones industriales que contienen óxidos de nitrógeno.

Condensación: consiste en la separación de uno o más componentes volátiles de una mezcla gaseosa por medio de la saturación seguida de un cambio de fase. Generalmente los condensadores operan a la presión de la fuente de emisión, que suele estar cerrada a la atmósfera. Por este motivo muchos de estos

equipos de condensación trabajan enfriando los vapores orgánicos hasta el punto de rocío, para luego eliminarlos como líquido.

Estas tecnologías presentan dos inconvenientes principales: altos costes de operación y la generación de subproductos de tratamiento difícil o costoso.

Por esta razón emergen actualmente las tecnologías biológicas en las que bajo condiciones aeróbicas muchos compuestos volátiles, orgánicos e inorgánicos, son oxidados por microorganismos que pueden estar formando parte de una matriz sólida, inmovilizados en una biopelícula o suspendidos en una fase líquida.

2.2.2. Historia de la biofiltración.

Los primeros informes del uso de sistemas de biofiltración datan de 1923 y se utilizaron para eliminar el sulfuro de hidrógeno proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales. Los primeros biofiltros fueron sistemas abiertos en los que se empleaba suelo poroso como soporte. Se hacían huecos en el suelo y se colocaba un sistema de tubos perforados en la base que dejaban pasar aire a través del suelo. Para ciertas aplicaciones, aún se siguen utilizando variantes de este diseño. La primera patente de esta tecnología se registró en 1934, para el tratamiento de compuestos olorosos. A partir de 1950 se publican los fundamentos de la tecnología de la biofiltración y se difunde en los Estados Unidos de América y Alemania occidental. En esta década, se instalan biofiltros de tierra para el tratamiento de olores en California, EAU. y en Nuremberg, Alemania.

En la década de 1970, los nuevos diseños de biofiltros permitieron mayores cargas de olores y compuestos volátiles. Estos diseños se desarrollaron principalmente en Alemania y en los Países Bajos. Los sistemas seguían siendo abiertos pero con una modificación en la distribución del aire para evitar el taponamiento y se utilizaron nuevos materiales de empaque, tales como mezclas de compost y trozos de madera. En los años 80 se desarrollaron sistemas cerrados, algunos con sistemas de control computerizados y empleando medios filtrantes inorgánicos novedosos, tales como el carbón activo granular, el poliestireno y las cerámicas. A mediados de esa década se publican también

diferentes modelos matemáticos que permiten optimizar y comprender mejor los sistemas de biofiltración (Ottengraff et al., 1986).

Posteriormente, a nivel laboratorio, el estudio de la biofiltración permitió hacer de ésta una tecnología versátil para el control de diversos compuestos volátiles (CV), como son los compuestos halogenados, no halogenados, alifáticos, aromáticos, compuestos que contienen azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco y algunos compuestos que contienen cloro (HCl). Entre estos compuestos están los orgánicos como alcoholes, cetonas, alcanos, derivados del benceno y compuestos clorados. La acetona, el benceno, el butanol, el diclorometano, el etanol, el etileno, el hexano, el isopropanol, el isopentano, el metano, el metanol, el genol, el propano y el tolueno son ejemplos de estos compuestos. Con el avance del estudio en la biofiltración, la lista de los compuestos que pueden ser tratados mediante esta tecnología fue aumentando, hasta incluir algunos compuestos que alguna vez fueron considerados como difícilmente biodegradables, como el metil-terc-butil éter (MTBE), un compuesto oxigenado presente en las gasolinas reformuladas.

A su vez, la evolución de los diseños de los biofiltros ha permitido el tratamiento de mayores cargas de contaminantes. Ejemplo de ello son los biofiltros que se han instalado en Alemania y en los Países Bajos. La optimización de los biorreactores también ha sido posible mediante el estudio de diversos materiales filtrantes que proporcionan el medio adecuado para el desarrollo de los microorganismos y entre los que se encuentran materiales orgánicos (como compost, turbas y suelos contaminados) o bien materiales sintéticos (carbón activo granular, poliestireno y cerámicas). En los últimos años, las investigaciones se han enfocado a la creación de sistemas con mejor control de los procesos, al estudio de las cinéticas de degradación de los compuestos contaminantes o bien al estudio de modelos matemáticos que permiten optimizar y comprender mejor los sistemas de biofiltración.

Existen actualmente numerosas aplicaciones a nivel industrial de la biofiltración en la mayoría de países industrializados, como es el caso de los Estados Unidos de América, Canadá, Alemania, Holanda, Italia, Nueva Zelanda, Dinamarca, Australia, Inglaterra, Colombia y México (Devinny et al., 1999). La tendencia actual involucra el perfeccionamiento de la biofiltración tradicional hacia

equipos de alto rendimiento para el tratamiento de emisiones con concentraciones altas de compuestos contaminantes utilizando microorganismos previamente seleccionados y adaptados. Sin embargo, existen pocos informes acerca de la implantación de este tipo de procesos a nivel industrial y, por consiguiente, de las técnicas de escalamiento correspondientes.

3. PROCESO DE OPERACIÓN.

3.1. BIOFILTRACIÓN: DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.

La biofiltración se define como todo proceso biológico utilizado para el control o 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 corrientes de aire residual.

Los reactores biológicos en fase gaseosa utilizan reacciones metabólicas para tratar el aire contaminado. Este tipo de tratamiento es efectivo y económico para bajas concentraciones de contaminantes en grandes cantidades de aire. Los contaminantes pasan del gas a la fase acuosa, donde se produce el ataque microbiano por el que son convertidos en dióxido de carbono, vapor de agua y biomasa orgánica. Estos contaminantes gaseosos pueden ser orgánicos o inorgánicos y son usados como fuente de energía y a veces como fuente de carbono para el mantenimiento y crecimiento de la población microbiana.

Aunque existen numerosas configuraciones diferentes, los equipos más empleados para la depuración biológica de gases pueden subdividirse en tres tipos: biofiltros, biofiltros de película (biotrickling filter) y biolavadores. Esta clasificación se basa en las condiciones en las que se encuentran los microorganismos en el sistema y en el patrón de flujo de la fase líquida, tal y como se muestra en el siguiente cuadro:

Tipo de reactor	Microorganismos	Soporte	Fase móvil
Biofiltro	Inmovilizados	Orgánico o sintético	Gas
Biofiltro de película	Inmovilizados	Sintético	Líquido y gas
Biolavador	Suspendidos	Ninguno	Líquido y gas

Tabla 3.1. Clasificación de biofiltros.

Biofiltros.

Estos equipos usan microorganismos fijos a un medio poroso para descomponer los contaminantes presentes en una corriente de aire. Los microorganismos crecen en una biopelícula sobre la superficie de un medio o están suspendidos en la fase acuosa alrededor de las partículas del medio. El lecho filtrante, formado por sustancias relativamente inertes, asegura una gran superficie de contacto y puede ser además un suministro adicional de nutrientes. Cuando el aire pasa por el lecho los contaminantes de la fase gas pasan a la biopelícula y al medio filtrante, donde son degradados.

Los biofiltros no son unidades de filtración estrictamente definidas, sino que son sistemas que usan una combinación de procesos básicos: absorción, adsorción, degradación y desorción de contaminantes de la fase gaseosa.

Los biofiltros suelen incorporar algún sistema de adición de agua para controlar la humedad y adición de nutrientes. En general, la corriente de aire se humidifica antes de entrar al reactor. Sin embargo, si se demuestra que la humidificación es inadecuada, puede hacerse necesario regar directamente el lecho.

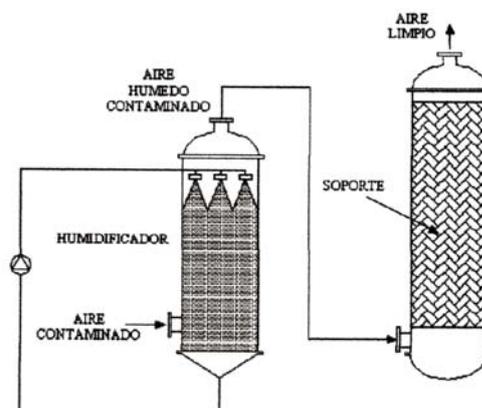


Figura 3.1. Biofiltro.

La efectividad global del biofiltro está gobernada en gran parte por las propiedades y características del medio de soporte, incluyendo porosidad, grado de compactación, capacidad de retención de agua y capacidad para mantener la población microbiana. Los parámetros críticos de operación y funcionamiento

incluyen a los microorganismos introducidos, el pH, la temperatura y la humedad del medio y el contenido en nutrientes.

Biofiltro de película (biotrickling filter).

Es un sistema en fase líquida en una etapa. Consiste de una columna rellena 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 (puede ir en sentido ascendente o descendente) 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 de arrastrar los productos del metabolismo de los microorganismos. La recirculación del líquido proporciona un mayor control sobre el proceso biológico a través del control del pH y la composición del medio líquido.

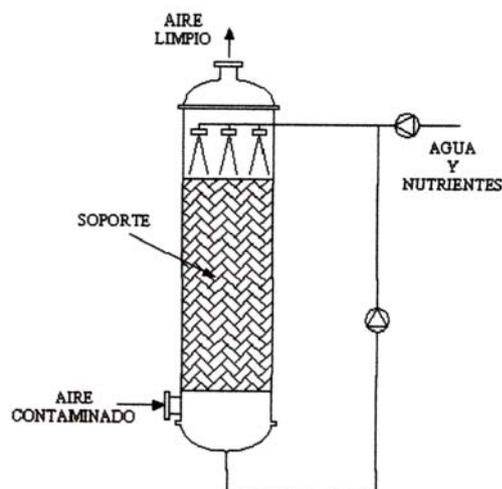


Figura 3.2. Biofiltro de película.

La generación de una biopelícula protege a los microorganismos de sustancias tóxicas o de protozoos. Se realiza a través de cinco pasos:

- 1) Adsorción de macromoléculas en la superficie.
- 2) Transporte de microorganismos hacia la superficie.
- 3) Adhesión inicial de los microorganismos.
- 4) Crecimiento y formación especial de estructuras de polisacáridos.

5) Formación de la biopelícula.

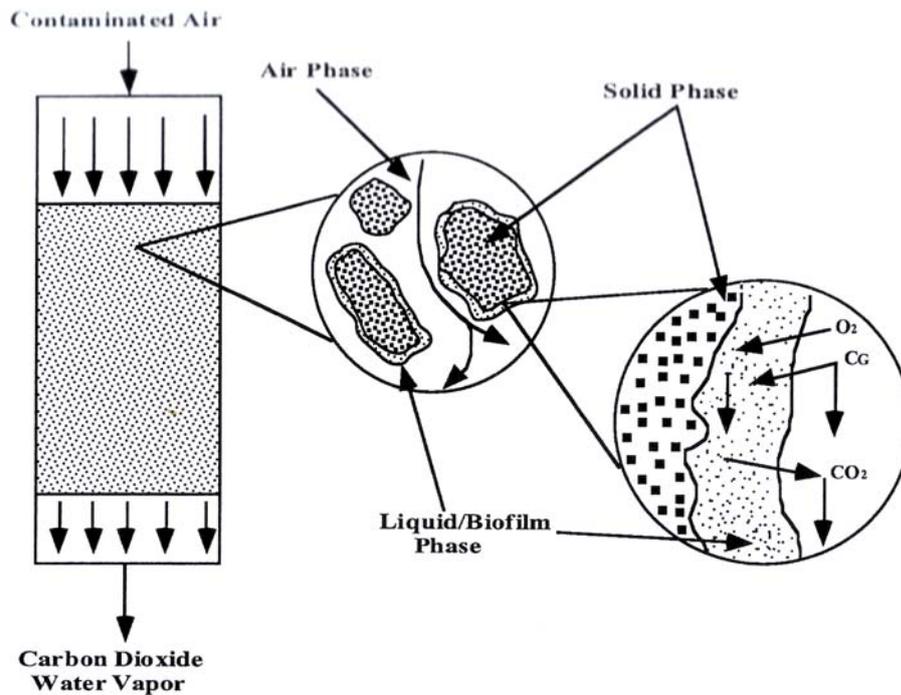


Figura 3.3. Mecanismo de reacción en la biopelícula.

En la Figura 3 encontramos un esquema del mecanismo por el que la corriente gaseosa (C_G) al pasar por a través del lecho se adsorbe en la biopelícula, donde, en presencia de oxígeno, es transformada por los microorganismos, en este caso, en CO_2 y H_2O .

Es muy importante en estos equipos controlar el crecimiento de los microorganismos, ya que un exceso de biomasa provocaría un aumento en la biopelícula, disminuyendo la fracción de huecos del lecho y elevando considerablemente las pérdidas de carga en el reactor.

Biolavadores.

En este sistema el proceso se realiza en dos etapas. En primer lugar el gas y el líquido fluyen a contracorriente por una columna en la que se produce la absorción de los contaminantes y el oxígeno del aire al líquido. Posteriormente el líquido pasa a un reactor relleno con un material inerte cubierto de la biopelícula

encargada de eliminar el contaminante. Son los sistemas más adecuados para el tratamiento de compuestos muy solubles en agua (Kennes et al., 1998).

Las principales ventajas de los biolavadores son:

a) la recirculación del líquido favorece que no se acumulen productos que pudieran tener efectos nocivos para los microorganismos.

b) la facilidad de control del proceso biológico a través de la composición del medio líquido.

Sin embargo, el requerimiento de dos equipos, uno para la absorción y otro para la biodegradación del contaminante, los hace poco convenientes con respecto a los otros sistemas. Su utilización está muy limitada porque muchos contaminantes gaseosos son poco solubles en agua, además, presentan una menor área superficial entre el gas y el líquido en comparación con los biofiltros (van Groenestijn y Hesselink, 1993).

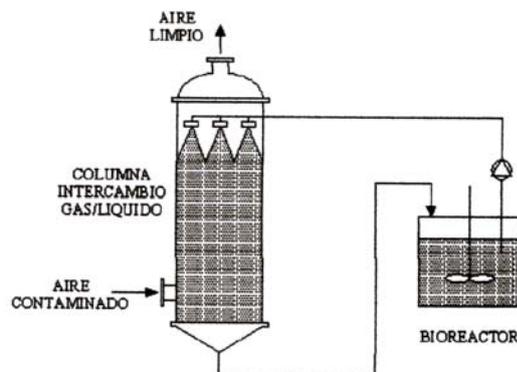


Figura 3.4. Biolavador.

3.2. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN.

La biofiltración ha demostrado ser un método de tratamiento de corrientes gaseosas económicamente efectivo. El empleo de microorganismos inmovilizados como medio filtrante presenta una serie de ventajas tales como elevado contenido microbiano, prevención de pérdidas de células, gran facilidad de operación y control y alta estabilidad durante la operación.

Para una corriente gaseosa de elevado caudal y baja concentración de contaminantes como la definida para este proyecto, el sistema más adecuado es un biofiltro de película, como hemos visto anteriormente.

Las fases fluyen por la columna a contracorriente, de forma que el gas entra por el fondo del reactor y asciende por éste a través del relleno, saliendo por la parte superior, y el líquido es introducido por la parte alta de la columna, baja a través del lecho y moja toda la superficie de éste, poniéndose en contacto con el gas.

El líquido consiste en una solución de nutrientes imprescindibles para el desarrollo de los microorganismos inmovilizados en el biofiltro. Además, el paso del líquido proporciona al lecho la humedad necesaria para mantener la biopelícula. Al recircular la solución, ésta se convierte también en un medio de control del pH del medio de reacción.

Los microorganismos han sido seleccionados en función de la disponibilidad de datos bibliográficos sobre su funcionamiento en este tipo de sistemas y del rendimiento que se haya obtenido a nivel de laboratorio. En este caso, la *Pseudomonas Putida* para la eliminación del H_2S y la *Arthrobacter Oxydans* para el NH_3 han alcanzado eficacias de eliminación superiores al 99% en sistemas de eliminación conjunta de ambos componentes (Chung et al., 2004).

El medio de soporte elegido para los microorganismos es el carbón activo granular (GAC). Este material tiene excelentes propiedades estructurales, tamaño de partícula uniforme y buena resistencia a la rotura. Además posee una buena capacidad para retener agua y mantener la humedad del medio y proporciona una amplia superficie para el ataque microbiano. Al ser un material inerte, debe ser inoculado con los microorganismos antes de comenzar la operación.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

En este apartado describiremos el proceso mediante el que conseguiremos la desodorización de una corriente gaseosa procedente de una depuradora. Para ello la corriente gaseosa se hace pasar a través de un lecho relleno en el que se encuentran inmovilizados dos especies de bacterias: *Pseudomonas Putida* y *Arthrobacter Oxydans*, que llevan a cabo la eliminación de los compuestos indeseables presentes en la corriente de aire, H_2S y NH_3 , respectivamente.

A nivel microscópico, el proceso es una mezcla de fenómenos físicos, químicos y biológicos. En la superficie del soporte se forma una biopelícula que contiene a los microorganismos a la que llega el contaminante por medio de mecanismos de difusión a través del gas y del líquido. En esta biopelícula es donde se produce la degradación de la sustancia a eliminar.

Podemos resumir el proceso esquemáticamente de la siguiente forma:

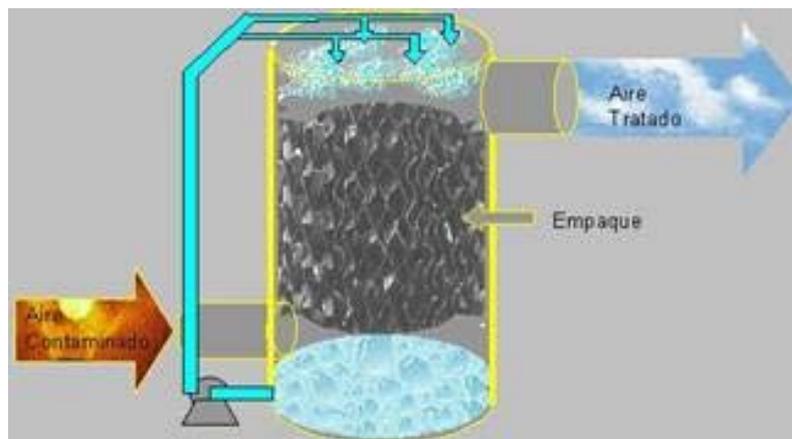


Figura 3.5. Biofiltro de película.

En contracorriente con el gas circula una corriente de medio de cultivo con los nutrientes necesarios para el buen desarrollo de los microorganismos. Además este medio arrastra los productos de reacción del medio, evitando su acumulación.

La corriente de gas a tratar ha sido una de las variables de diseño utilizadas. Sus características son las siguientes:

- ✚ Caudal volumétrico: $80 \text{ m}^3/\text{h}$
- ✚ Concentración de H_2S : 100 ppm

🚦 Concentración de NH₃: 25 ppm

El resto de compuestos presentes en el aire se suponen inertes para este proceso. Debido a las bajas concentraciones de contaminantes consideraremos que el gas a tratar tiene las mismas propiedades que el aire ambiente.

Por razones de construcción y mantenimiento el proceso se ha diseñado como dos etapas en serie, es decir, se han diseñado dos biofiltros con la mitad de volumen que el que sería necesario para realizar el proceso en una sola etapa.

Tras su paso por los reactores obtendremos una corriente de aire depurado, con una eficiencia de eliminación de Sulfuro de hidrógeno y Amoniacó del 95%, calculada de la siguiente forma:

$$RE = \frac{C_o - C_s}{C_o} \cdot 100$$

Donde:

RE = Eficacia de eliminación (Removal Efficiency).

C_o = Concentración del contaminante a la entrada.

C_s = Concentración del contaminante a la salida.

Por tanto, las concentraciones a la salida serán de 5 y 1 ppm respectivamente, lo que unido a la capacidad de dispersión de la atmósfera elimina las molestias olfativas producidas por ambos compuestos, dado que las concentraciones son inferiores a los límites de detección.

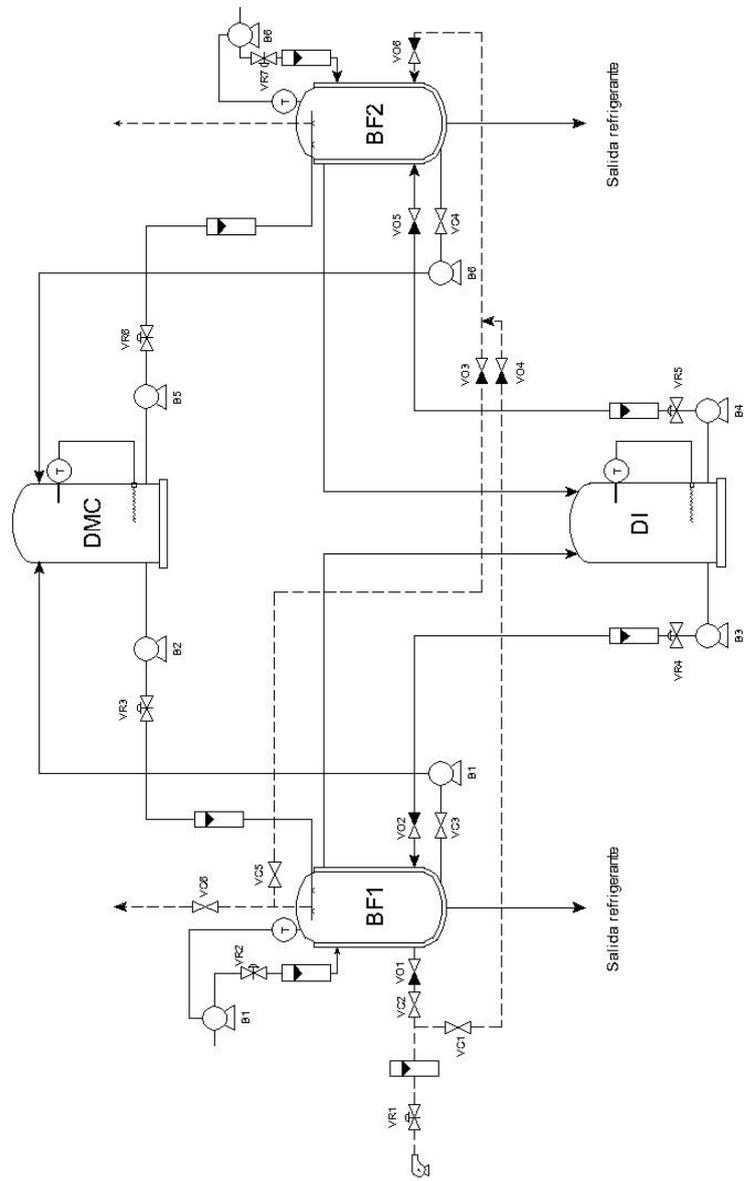
Los biorreactores estarán aislados térmicamente del exterior y rodeados de camisas por las que circulará agua que eliminará el calor producido por el metabolismo microbiano, manteniendo la temperatura óptima de operación a lo largo del relleno (26 ± 2 °C).

El diagrama de flujo del proceso queda ilustrado en la página siguiente.

Diagrama de flujo.

LEYENDA

—	TUBERIA DE PVC
- - -	TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE
	VALVULA DE CONTROL
	VALVULA DE COMPUERTA
	VALVULA DE RETENCION
	DISTRIBUIDOR DE LIQUIDO
	BOMBA CENTRIFUGA
	CAUDALIMETRO
	TERMOSTATO
	COMPRESOR



Otra característica de este sistema es la existencia de dos etapas: una primera etapa de inoculación y la etapa de eliminación propiamente dicha.

Como el lecho filtrante es inerte, es decir, no contiene microorganismos en su composición, es necesario inocular las especies bacterianas que llevarán a cabo la eliminación de los contaminantes. Para ello se dispone de un tanque con el inóculo, que contiene bacterias de ambas especies en medio de cultivo líquido, que se hace pasar de arriba hacia abajo por los reactores, de forma que el relleno quede sumergido. El cultivo vuelve desde la parte superior del biofiltro al depósito de inóculo, donde es recirculado al biofiltro. De esta forma los microorganismos se adhieren a la superficie del soporte de carbón activo formando la biopelícula. Esta etapa tiene una duración aproximada de tres días.

Para comprobar si se ha completado la inoculación debe tomarse una muestra del relleno de la columna, desde la boca de llenado de la misma. Un cilindro de GAC debe secarse cuidadosamente con ayuda de un papel absorbente para eliminar el líquido retenido. A continuación se sumerge en 25 ml de medio estéril y se somete a ultrasonido durante 15 minutos para provocar la desorción de las bacterias realizando un recuento de la cantidad total de bacterias mediante un método simple de recuento de células al microscopio.

En este proyecto recomendamos la utilización de la cámara de Neubauer. Dicha cámara posee dos zonas de recuento, como se puede observar en la figura 3.6. En la figura 3.7 podemos observar un detalle de la zona de recuento.

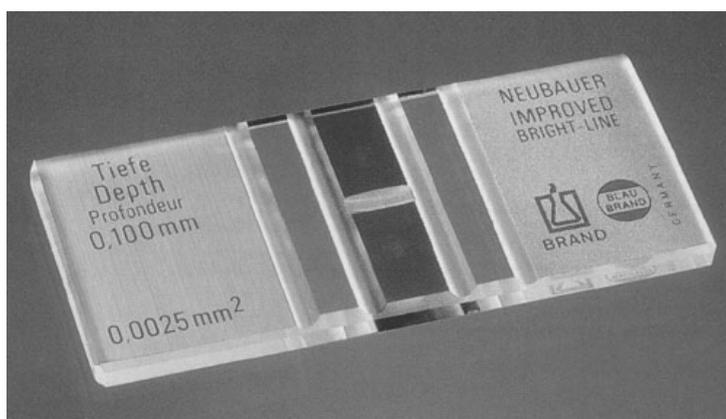


Figura 3.6. Cámara Neubauer.

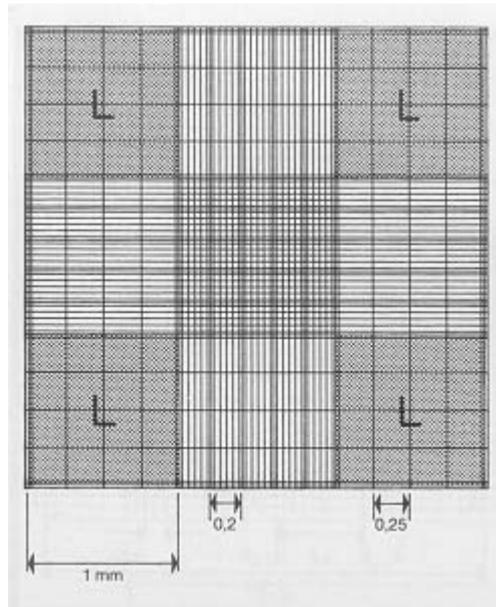


Figura 3.7. Zona de recuento.

Cada cuadro pequeño tiene un área de $0,0025 \text{ mm}^2$ y una profundidad de $0,1 \text{ mm}$. Por tanto, el cálculo de la concentración celular en millones de células por mililitro viene dado por:

$$\frac{n \times f \times 4 \cdot 10^6}{N}$$

Donde:

n = número total de bacterias contadas

f = factor de dilución

N = número de cuadros pequeños contados.

Para pesar el trozo de soporte debe realizarse previamente un secado a 80°C en estufa durante 1h. Esta técnica ha sido validada estudiando la resistencia de las células al ultrasonido y la eficacia de desorción de las células de soporte.

El material necesario para esta operación es imprescindible en el laboratorio de cualquier EDAR con tratamiento biológico, por lo que no será necesaria la inversión en materiales adicionales. La inoculación se considerará completa cuando el número de células en el relleno sea de 10^{10} células por gramo de relleno.

Una vez alcanzada la inoculación del lecho, se hace pasar la corriente de gas y la corriente de medio de cultivo (del mismo tipo que en el que se encontraban los microorganismos en el tanque de inóculo) a contracorriente para conseguir la eliminación de los contaminantes. Durante la etapa de eliminación, la instalación trabaja en continuo.

4. MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.

En éste capítulo vamos a caracterizar las materias primas utilizadas en el proceso.

4.1. CARACTERÍSTICAS Y OBTENCIÓN DEL AIRE.

La corriente gaseosa contaminada es una de las variables de diseño de la planta, como ya se ha comentado anteriormente. Consiste en la corriente que se obtendría de los equipos de extracción de gases de todos los puntos de la EDAR. Todos los procesos de una EDAR deben estar convenientemente confinados y separados unos de otros. En cada uno de los recintos (tratamientos primarios, secundarios, terciarios...) debe estudiarse la presencia de H_2S y/o NH_3 y, en función de las concentraciones existentes y de la generación de dichos compuestos durante el tratamiento, diseñar los dispositivos de extracción de gases. Las corrientes de salida de los extractores deben ser unificadas y dirigidas hacia la Unidad de Desodorización que estamos diseñando.

Así pues, las características de la corriente de aire serán similares a las del aire ambiente existente en la Estación de Depuración, con caudal y concentraciones de contaminantes definidas por el autor. Dichas características son las siguientes:

- ✚ *Caudal volumétrico: 80 m³/h*
- ✚ *Concentración de H₂S: 100 ppm*
- ✚ *Concentración de NH₃: 25 ppm*
- ✚ *Temperatura: 25°C (media)*
- ✚ *Densidad: 1,2059 Kg/m³*
- ✚ *Viscosidad: 2,17· 10⁻⁵ Kg/m·s*
- ✚ *Peso Molecular: 29 g/mol*

Los contaminantes a eliminar son, como ya hemos visto, sulfuro de hidrógeno y amoníaco, cuyas características son las siguientes:

4.1.1. Sulfuro de hidrógeno.

Características. El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro y muy tóxico, con un característico olor a huevo podrido. Se encuentra en el ambiente y puede proceder, entre otros, de la actividad volcánica, de los pantanos, o de los procesos bacterianos de plantas de tratamiento de residuos. La generación de sulfuro de hidrógeno se produce cuando el oxígeno es agotado y la materia orgánica presente contiene compuestos sulfurados (Svendsen, 2001). Sus características generales se recogen en la tabla 1.

Nombre IUPAC	Sulfuro de Hidrógeno
Nombre común	Sulfuro de hidrógeno
Sinónimos	Monosulfuro de dihidrógeno, Sulfuro de dihidrógeno, Ácido sulfhídrico
Fórmula Molecular	H ₂ S
Peso Molecular	34,09 u.m.a.
Punto de congelación	-85°C (a presión atmosférica)
Punto de ebullición	-60,7°C (a presión atmosférica)
Densidad	1,5392 g/l (a 0°C y presión atmosférica)
Presión de vapor	2026 KPa (a 25,5°C)
Solubilidad (p/p)	0,4% en agua, 2,1% en éter (a 20°C)
Umbral de olor	0,13 ppm
Límites de explosividad	4,3 – 45,5 (% en volumen en el aire)
TLV – TWA	10 ppm
TLV – STEL	15 ppm

Tabla 4.1. Características generales y propiedades del H₂S

Fuentes. Se encuentra de forma natural en los gases de los volcanes, manantiales de azufre, emanaciones de grietas submarinas, pantanos, petróleo crudo, gas natural y como producto de la degradación biológica de la materia orgánica. Las fuentes industriales engloban una gran cantidad de industrias:

refinerías, plantas de gas natural, plantas petroquímicas, hornos de coque, industria alimentaria, industria del papel, etc., pero destacan las estaciones depuradoras de aguas residuales, con las cifras más importantes de generación de olores debido a su gran número y cercanía a las poblaciones.

Efectos sobre la salud. El H₂S tiene variados efectos sobre la salud humana, que dependen de la concentración y el tiempo de exposición. A concentraciones mayores de 0,1 ppm genera irritación de los ojos y en el sistema respiratorio; a concentraciones de 100 ppm se deja de percibir debido a fatiga olfativa, causando náuseas y mareos. A concentraciones mayores de 300 ppm y tiempos del orden de minutos produce pérdida de conciencia y paro respiratorio y a 800 ppm causa muerte inmediata (Smet et al, 1998).

4.1.2. Amoniaco.

Características. El amoniaco es un gas incoloro de olor picante desagradable. Es menos denso que el aire y muy soluble en agua. Sus principales características se detallan en la tabla 2.

Nombre	Amoniaco
Sinónimos	Agua de amonio, Trihidruo de nitrógeno
Fórmula Molecular	NH ₃
Peso Molecular	17,03 u.m.a.
Punto de congelación	-77,7°C (a presión atmosférica)
Punto de ebullición	-33,4°C (a presión atmosférica)
Densidad relativa del gas	0.6 a 25°C
Presión de vapor	860 KPa (a 20°C)
Solubilidad	34 g en 100 ml a 20°C
Límites de explosividad	15 – 28 (% en volumen en el aire)
TLV – TWA	25 ppm
TLV – STEL	35 ppm

Tabla 4.2. Características generales y propiedades del NH₃.

Fuentes y usos. El amoniaco es una valiosa materia prima para la fabricación de numerosos productos de la industria química pesada, sobre todo ácido nítrico y sus derivados: sosa, urea, sulfato amónico y otros abonos orgánicos e inorgánicos. Su producción mundial ronda los 15 millones de toneladas al año y se distribuye para fertilizantes (80%), plásticos, fibras y resinas (10%), explosivos (5%), alimentos para animales (1,5%), celulosa y papel (0,6%), y gomas (0,5%). El amoniaco y sus derivados también son utilizados como fluidos limpiadores y en alimentos como agentes fermentantes, estabilizantes y saborizantes.

Efectos sobre la salud. Los efectos perjudiciales del amoniaco sobre la salud humana son diversos y graves.

Es un irritante, que afecta a la piel, los ojos y las vías respiratorias.

Su ingestión puede causar efectos corrosivos en la boca, el esófago y el estómago.

Los síntomas de la exposición a amoniaco son: sensación de quemazón en ojos, nariz y garganta, dolor en los pulmones, dolor de cabeza, náuseas, tos, y un aumento en la velocidad de respiración.

La inhalación de vapores de amoniaco concentrado provoca irritación en los tejidos profundos de los pulmones. Puede provocar edema pulmonar o neumonía.

El amoniaco gaseoso se disuelve rápidamente en las superficies húmedas del cuerpo, causando quemaduras alcalinas.

El contacto con amoniaco anhidro líquido produce quemaduras de segundo grado con formación de ampollas.

Las soluciones diluidas de amoniaco pueden producir inflamación local y quemaduras leves.

El contacto del amoniaco concentrado gas o líquido con los ojos es muy grave. El daño puede ocurrir dentro de 5 a 10 segundos de exposición. Sin un inmediato lavado con abundante agua seguido de tratamiento médico se puede producir daño permanente y, en ocasiones, ceguera completa.

4.2. RELLENO.

El relleno elegido para el sistema es el carbón activo granulado (GAC), que es comúnmente utilizado en biofiltración. Puede obtenerse con cualquier tamaño de partícula deseado.



Figura 4.1. Carbón activo granular.

Tiene excelentes propiedades estructurales (Figura 2), ideales para la formación de la biopelícula, tamaño de partícula uniforme y buena resistencia a la rotura. Además posee una gran capacidad de retención de agua y proporciona una amplia superficie para el ataque de los microorganismos. Aunque su capacidad de adsorción se reduce al usarlo en biofiltración debido a la formación de la biopelícula, sigue siendo mucho mayor que la de otros medios.

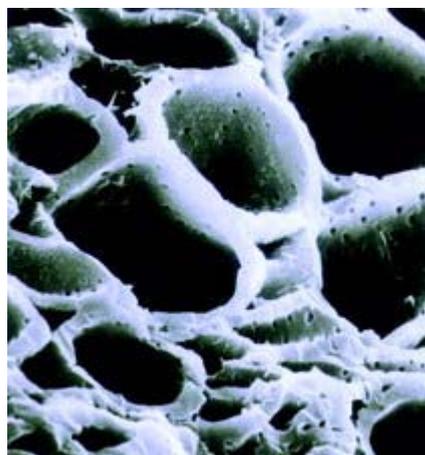


Figura 4.2. Estructura interna del carbón activo.

Las propiedades del relleno utilizado en este proyecto son:

- ✚ Tamaño de partícula: Cilindros de 4,5mm de diámetro x 5mm de altura.
- ✚ Densidad: 480 Kg/m³
- ✚ Área específica: 1250 m²/g

✚ pH: 9

✚ Fracción de huecos: 0,42

La disposición del relleno dentro de la columna es aleatoria para evitar la formación de caminos preferenciales.

4.3. MEDIO DE CULTIVO.

Su función doble: por un lado, debe aportar los nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las bacterias inmovilizadas en el biofiltro, por otro, el paso del medio de cultivo líquido a través del lecho permite mantener la humedad en los niveles adecuados para el desarrollo de la biopelícula, por lo que no es necesario incluir una etapa de humidificación del aire previa a su paso por el biofiltro. Además, dada la alta solubilidad del amoníaco en agua, una etapa de humidificación podría provocar un arrastre del amoníaco al disolverse en el agua, generando aguas básicas que deberían ser tratadas.

La composición del medio de cultivo se indica en la siguiente tabla:

Nutriente	Composición (g/l)
Glucosa	60
KH_2PO_4	4,08
K_2HPO_4	5,22
NH_4Cl	0,4
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,2
Citrato de Fe (III)	0,01

Tabla 4.3. Composición del medio de cultivo.

Además, la disolución debe neutralizarse con disolución de NaOH 2N hasta alcanzar un pH de 7.

La disolución alimentará a los biofiltros por su parte superior de forma continua a través de boquillas difusoras que garantizan una buena dispersión del medio por toda la superficie del relleno.

A la vista de estas concentraciones, para preparar un volumen de medio de cultivo de 1000 litros serán necesarios:

Nutriente	Cantidad (Kg)
Glucosa	60
KH_2PO_4	4,08
K_2HPO_4	5,22
NH_4Cl	0,4
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,2
Citrato de Fe (III)	0,01

Tabla 4.4. Cantidades necesarias para 1000 L de medio de cultivo.

4.4. INÓCULO.

El inóculo utilizado contiene *Pseudomonas Putida* CH11 para la eliminación de H_2S y *Arthrobacter Oxydans* CH8 para el NH_3 .

Pseudomonas Putida: las bacterias del grupo *Pseudomonas* son microorganismos Gram-negativos, siempre móviles, con flagelación polar. Se encuentran normalmente en el suelo. Su metabolismo es siempre respiratorio, bien aerobio (la mayoría usa como aceptor de electrones O_2) o anaerobio (algunos usan NO^-). Presentan una versatilidad metabólica muy grande que se traduce en su capacidad de utilizar como fuente de carbono substratos muy variados. *P. Putida* es una de las cepas de mayor interés industrial entre las bacteria del género *Pseudomonas*, ya que unido a su potencial de degradación de compuestos aromáticos y xenobióticos, presenta la capacidad de colonizar el sistema radicular de plantas, formar biopelículas y de ser manejable desde el punto de vista genético.

Arthrobacter Oxydans: es un género de bacterias que se encuentra comúnmente en suelo. Todas las especies en este género son Gram-positivas aerobias estrictas. Como la mayoría de las especies de suelo, éste género es metabólicamente versátil, pudiendo desarrollarse en una amplia gama de sustratos. Son células bastante resistentes, que pueden soportar la desecación y la falta de sustrato. La mayoría de las especies no son patogénicas. Una característica distintiva de este género es que la forma de las células cambia durante el ciclo del crecimiento, pasando de forma de bastón durante el crecimiento exponencial a forma de cocos en la fase estacionaria.

Ambas cepas deben cultivarse en medio líquido en pequeños volúmenes e ir aumentando gradualmente el volumen de cultivo hasta alcanzar los 1000 litros. La composición del medio de cultivo será la misma que se utilizará en la etapa de eliminación para aporte de nutrientes, descrito anteriormente.

4.5. PRODUCTOS.

4.5.1. Líquidos.

Los productos esperados en un biofiltro de estas características son los siguientes (Chung et al., 2004):

	Producto	Porcentaje (%)
Productos metabólicos del NH ₃	NO ²⁻	0,03
	NO ³⁻	0,002
	NH ₄ ⁺ /NH ₃	15,57
	N orgánico	84,4
Productos metabólicos del H ₂ S	SO ₄ ²⁻	9,09
	SO ₃ ²⁻	0,05
	HS ⁻	0,01
	S elemental	90,85

Tabla 4.5. Productos del proceso de biofiltración.

Los productos mayoritarios son nitrógeno y azufre elementales, por lo que el pH del sistema se mantiene en un rango entre 6 y 8. Al no producirse acidificación ni alcalinización del lecho, no es necesaria la instalación de un sistema específico de regulación de pH, aunque sí se controlará el pH del medio para detectar posibles desviaciones en el buen funcionamiento del sistema.

4.5.2. Gaseosos.

La instalación emitirá a la atmósfera como producto gaseoso el aire tratado, limpio de los compuestos que producen el mal olor. El efluente gaseoso tendrá las siguientes concentraciones de contaminantes, como consecuencia de una eficacia de eliminación del sistema del 95%:

$$[H_2S] = 5 \text{ ppm}$$

$$[NH_3] = 1 \text{ ppm}$$

Estos valores se encuentran claramente por debajo de los límites de detección olfativa, por lo que se considerará subsanada la molestia producida a los habitantes de las zonas cercanas a la EDAR.

5. MAQUINARIA Y EQUIPOS.

5.1. BIOFILTRO.

Es el equipo central de la planta, en el que se produce la degradación de los contaminantes por oxidación aeróbica.

En este caso en concreto el biofiltro ha sido dividido en dos equipos de la mitad de capacidad por las siguientes razones:

- ✚ Aumenta la versatilidad de la planta, permitiendo reducir los costes de operación si la concentración y/o el caudal de aire contaminado disminuyen sensiblemente, como puede suceder en EDAR con importantes diferencias estacionales en los caudales de entrada de aguas residuales.
- ✚ Aumenta la manejabilidad y facilita el control de los equipos.
- ✚ Permite el trabajo en continuo incluso durante el mantenimiento mediante el funcionamiento alterno de los biofiltros, evitando así la emisión de contaminantes a la atmósfera o la construcción de costosos equipos de almacenamiento de gases durante las paradas de mantenimiento. Así, mientras uno de los equipos se encuentra detenido, el otro puede continuar funcionando.

Para el diseño de los equipos se han seguido los siguientes pasos:

- 1) Determinación del volumen de relleno necesario para la eliminación de los contaminantes.
- 2) Determinación de las dimensiones del equipo según su relación altura/diámetro (H/D).
- 3) Diseño y selección de los dispositivos interiores y de entrada/salida del biofiltro.

Cada uno de los reactores es un recipiente cilíndrico de disposición vertical, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), con resina ortofenólica en el exterior como refuerzo mecánico. Estos materiales presentan una alta

resistencia a la corrosión, imprescindible puesto que van a estar en contacto con H_2S , y además buena consistencia mecánica.

Todas las entradas y salidas son embridadas, selladas con anillos de silicona para garantizar la estanqueidad del equipo.

La virola o cuerpo del reactor se encuentra rodeado de una camisa cambiadora de calor por la que circulará agua reciclada procedente de la estación depuradora de aguas residuales a temperatura ambiente. La camisa cumple dos funciones:

- 1) Refrigera el medio de reacción, contrarrestando el calor generado durante la digestión aerobia (proceso exotérmico).
- 2) Aísla el reactor térmicamente del exterior.

A menudo se emplea el encamisado en tanques que precisan una limpieza frecuente, así como para recipientes que sean difíciles de equipar con serpentines internos, como en nuestro caso. La camisa elimina la necesidad de serpentín y proporciona un mejor coeficiente global de transmisión de calor que los serpentines.

El intercambio de calor a través de los fondos se considera despreciable respecto al que se produce en la superficie lateral, por lo que consideramos el sistema aislado térmicamente del exterior, manteniéndose la temperatura de operación a 26 ± 2 °C.

En cuanto a la geometría de los fondos se ha elegido el fondo superior toriesférico, de tipo Korbbogen, como indica la Norma API Std. 650 para recipientes a presión atmosférica. Estos fondos son los de mayor aceptación en la industria debido a su bajo coste y a que soportan grandes presiones manométricas. Su construcción es por estampación. El fondo inferior se construirá plano puesto que no se prevén deposiciones sólidas en el fondo del depósito.

En la parte superior de cada reactor se realizarán tres aperturas:

- ✚ La salida de gas, en el centro del fondo torisférico.
- ✚ La entrada de medio de cultivo, situada en la parte más alta de la superficie lateral.
- ✚ La salida del circuito de inóculo, situada también en la superficie lateral, justo donde termina el relleno y, por tanto, por debajo de la entrada de medio de cultivo.

En la parte inferior encontramos otras tres aperturas:

- ✚ La entrada de aire contaminado.
- ✚ La entrada de inóculo.
- ✚ La salida de medio de cultivo.

Las entradas y salidas tendrán el mismo diámetro nominal que la tubería a la que vayan embridadas, es decir, 1 ½" para entrada y salida de aire y 1 ¼" el resto.

La tornillería y demás componentes metálicos imprescindibles serán de acero inoxidable AISI 316, resistente a la corrosión.

Para asegurar la buena distribución del gas en el relleno, éste quedará soportado a 45 cm de altura del fondo de la columna por un plato perforado de acero inoxidable AISI 316, que soporta las condiciones de corrosión y es lo suficientemente fuerte para sostener el peso del relleno. Sus características son:

- ✚ Diámetro de plato: 60 cm.
- ✚ Espesor: 12 mm.
- ✚ Diámetro de orificio: 20 mm.
- ✚ Separación entre orificios: 30 mm.

Para evitar el arrastre de las partículas del relleno durante la etapa de inoculación, en la que el líquido circula en sentido ascendente, se dispondrá en la parte superior del relleno de una malla de acero inoxidable AISI 316 con aro del mismo material. Sus características son:

- ✚ Diámetro de aro: 60 cm.
- ✚ Espesor de alambre: 2,7 mm Ø
- ✚ Luz: 10 mm.

Para que la distribución del medio de cultivo en la superficie del relleno sea adecuada, obteniendo una humectación del lecho óptima, se dispone en la entrada de medio de cultivo de una tubería ciega de 45 cm de longitud al que van acopladas dos boquillas aspersoras, una a 20 y otra a 40 cm de la entrada. Las boquillas, de marca Spiraljet® y tipo Full Cone, son capaces de proporcionar ángulos de cono de entre 60° y 170°. Sus características son:

- ✚ Marca: Spiraljet.
- ✚ Modelo: HHSJ 340
- ✚ Material: Acero inoxidable 316.
- ✚ Diámetro nominal: 1"
- ✚ Diámetro de orificio: 15,9 mm
- ✚ Diámetro de paso disponible: 6,4 mm
- ✚ Longitud del Nozzle: 92,1 mm
- ✚ Ángulo de dispersión a 1 bar: 60°

Los reactores dispondrán de dos aperturas laterales para introducir y retirar el relleno de GAC. Ambas aperturas son idénticas, de 20 cm de diámetro y estarán situadas: la superior 5 cm por debajo de la unión entre el cuerpo de la columna y el fondo superior, y la inferior 5 cm por encima del plato de soporte del relleno, es decir, a 50 cm del fondo inferior de la columna. El diseño de este equipo puede verse en el Plano n° 4.

5.2. DEPÓSITO DE INÓCULO.

En este recipiente se almacena el inóculo de *Pseudomonas Putida* y *Arthrobacter Oxydans* sumergido en cultivo líquido durante la etapa de inoculación del lecho.

Se trata de un recipiente cilíndrico vertical con el fondo superior toriesférico tipo Korbbogen y el inferior plano, construido en PRFV, al igual que los biofiltros.

Su capacidad es de 1 m³, puesto que tiene que llenar completamente el relleno de ambos biofiltros durante la etapa de inoculación, quedando en el depósito el nivel mínimo de líquido en 45 cm de altura. Sus dimensiones son:

- ✚ Altura: 1,5 m.
- ✚ Diámetro: 95 cm.
- ✚ Espesor de cuerpo y fondos: 5 mm.

Se encuentra a presión atmosférica y 26 °C de temperatura. Es imprescindible el control de la temperatura del depósito para que el cultivo se encuentre a la temperatura óptima de desarrollo de los microorganismos, contribuyendo además al mantenimiento de dicha temperatura óptima en el medio de reacción (biofiltros). El lazo de control se describe en el capítulo 7, apartado 7.1.1 de esta Memoria Descriptiva.

Dispone de un control de nivel consistente en un tubo graduado de PVC transparente conectado a la pared del depósito.

Consta de las siguientes aperturas:

- ✚ Parte inferior: salidas de líquido hacia los biofiltros.
- ✚ Parte superior: entradas del líquido procedente del biofiltro, situadas en la tapa toriesférica del depósito.

Todas las entradas y salidas son embridadas, selladas con anillos de silicona para garantizar la estanqueidad del equipo, con DN 1 ¼".

El plano correspondiente a este equipo es el Plano nº 3.

5.3. DEPÓSITO DE MEDIO DE CULTIVO.

Su función es la de almacenar el medio de cultivo que regará al relleno en el que se encuentran los microorganismos durante la etapa de eliminación.

El volumen, características y dimensiones de este depósito son las mismas que las del depósito de inóculo.

Las condiciones de presión y temperatura, el sistema de control de la misma, la geometría de los fondos, el control de nivel, el número de entradas y salidas son las mismas que para el depósito de inóculo.

La diferencia más notable respecto al depósito de inóculo es la situación de las entradas de líquido recirculado, que están situadas en la superficie lateral del depósito en lugar de en el techo toriesférico. Podemos observar su diseño en el plano n° 2.

5.4. COMPRESOR DE AIRE.

Es el equipo encargado de impulsar el aire para forzar su paso por los biofiltros. El cálculo de este equipo puede verse en el Anexo 4.

Se dispondrá un compresor centrífugo de una etapa de compresión, impulsado por un motor eléctrico de forma que la velocidad de rotación sea constante. Se controla el caudal de descarga mediante una válvula de regulación y un caudalímetro antes de la entrada en el biofiltro.

Su potencia será de 150 W.

5.5. TUBERÍAS Y UNIONES.

Los cálculos de tuberías se encuentran desarrollados en el Anexo 5.

El sistema de tuberías está diseñado de forma que se minimicen las zonas muertas para evitar los focos de contaminación.

Las tuberías siguen la norma ANSI-B-36-10 y son de cédula 40. El material seleccionado es acero inoxidable AISI 316 para las tuberías que conducen el aire contaminado, resistente a la corrosión, y PVC para las tuberías que transportan líquido. Los accesorios son del mismo material de las tuberías,

Las uniones entre tuberías de acero se llevarán a cabo bien mediante codos de radio normal de 90° o crucetas tipo T con flujo desviado a 90°. Todas las uniones de los tramos de tubería van a ser realizadas con bridas tipo SLIP-ON ANSI 150 lb (brida deslizante o postiza). Los asientos de las bridas son de cara realzada y se utiliza juntas planas no metálicas de amianto comprimido (puesto que las condiciones de servicio son moderadas). La Norma utilizada en la selección de las uniones es la Norma ANSI B 16.5.

Las uniones entre tuberías de PVC se realizan con codos de radio normal. Las uniones entre tramos de tuberías son de tipo WELD-ON y en el cual se emplea un anillo de empaque de hule cilíndrico, que asegura un sello perfecto y además cumple con la importante función de absorber la dilatación que por cambio de temperatura pueda presentarse en la tubería.

En los Planos 5 y 6 se puede observar la red de conducciones de la planta.

5.6. BOMBAS.

La planta dispondrá de seis bombas para la impulsión de líquidos. Su nomenclatura es la siguiente:

B1: Depuradora – Camisa del Biofiltro 1

B2: Depuradora – Camisa del Biofiltro 2

B3: Depósito de medio de cultivo – Biofiltro 1

B4: Depósito de medio de cultivo – Biofiltro 2

B5: Biofiltro 1 – Depósito de medio de cultivo

B6: Biofiltro 2 – Depósito de medio de cultivo

B7: Depósito de inóculo – Biofiltro 1

B8: Depósito de inóculo – Biofiltro 2

En el Anexo 6 se explica el cálculo de los parámetros necesarios para la selección de las bombas: altura útil, altura neta de succión positiva y potencia.

Por razones de mantenimiento las bombas deben ser del mismo tipo si es posible, lo que produce un ahorro en el número y tipos de repuestos necesarios en stock.

5.7. VÁLVULAS.

La red dispone de un total de 19 válvulas que cumplen tres funciones:

- ✚ Válvulas de corte de flujo (VC): son válvulas de tipo On/Off. Interrumpen o permiten el paso del fluido por la conducción. En este proyecto se han elegido para esta función válvulas de compuerta.
- ✚ Válvulas de regulación (VR): sirven para establecer el caudal deseado de paso por una conducción. Normalmente van seguidas de un caudalímetro. Para desempeñar esta función hemos elegido válvulas de globo.
- ✚ Válvulas de retención (VO): su función es impedir el paso del fluido en sentido contrario al diseñado. Serán válvulas de clapeta.

A continuación describimos la función de cada válvula de la instalación.

VR1: regula el caudal de la corriente de entrada de aire.

VR2 y VR7: regulan la entrada de agua a las camisas de los biofiltros.

VR3 y VR6: regulan el caudal de medio de cultivo que entra a los biofiltros.

VR4 y VR5: regulan el caudal de inóculo que entra a los biofiltros.

VC1 y VC2: dirigen el flujo de aire de entrada hacia el biofiltro 1 o 2, según corresponda. En condiciones de operación normal la VC1 se encontrará abierta y la VC2 cerrada, forzando el paso de la corriente por el biofiltro1. Durante el mantenimiento de dicho biofiltro, se operará con la VC1 cerrada y la VC2 abierta, dirigiendo la corriente de aire hacia el biofiltro2.

VC3 y VC4: permiten o impiden el paso de fluido por la bomba de retorno al depósito de medio de cultivo.

VC5 y VC6: dirigen la salida de aire del biofiltro1 al exterior o hacia el biofiltro2. En condiciones normales de operación el aire debe ir del biofiltro1 al biofiltro2 (VC5 abierta y VC6 cerrada). Durante el mantenimiento del biofiltro2 el aire que sale del biofiltro1 se dirigirá al exterior de la planta (VC5 cerrada y VC6 abierta).

VO1 y VO6: impide que entre líquido en las conducciones de aire.

VO2 y VO5: impiden que el medio de cultivo entre en las conducciones de entrada de inóculo.

VO3: impide que el aire que se dirige al biofiltro2 durante el mantenimiento del biofiltro1 se dirija hacia éste último.

VO4: impide que el aire que va del biofiltro1 al 2 tome la dirección incorrecta.

6. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

6.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

La distribución en planta de las instalaciones se ha llevado a cabo realizando un estudio para obtener la mayor cantidad de ventajas frente a otras posibilidades. De esta forma se obtienen costes mínimos, la superficie requerida será mínima y, por tanto, también serán mínimos los costes de producción. Para esta instalación, será necesaria una superficie de 112 m².

Se ha tenido presente la reglamentación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo, para minimizar el riesgo, considerando entre otros conceptos:

- ✚ Pasillos de circulación de anchuras adecuadas y direccionales.
- ✚ Redes de distribución y mantenimiento situadas a distintos niveles.
- ✚ Ubicación correcta y protegida de los elementos peligrosos.
- ✚ Servicio contra incendios adecuados.

Todo ello produce una sensación real de seguridad, con lo que se logra simultáneamente una mayor sensación de confortabilidad en los operarios, que se traduce en un aumento de su rendimiento.

Para la distribución en planta se han cumplido los siguientes principios:

- ✚ Principio de racionalidad: La distribución en la planta se basa en una buena coordinación e integración de los elementos básicos de la producción (máquinas, hombres y materiales) en un todo conjuntado.
- ✚ Principios de economía: Los más importantes son:
 - ✓ Recorrido mínimo y continuo: Se ha logrado que los recorridos sean los menores posibles, con lo que disminuye el tiempo de duración del proceso.
 - ✓ Aprovechamiento del espacio: Se ha buscado el mayor aprovechamiento del espacio en las tres dimensiones, lo que rebajará el coste de las instalaciones.

- ✚ Principios de previsión de futuro: existen dos principios considerados los más fundamentales:
 - ✓ Flexibilidad de la planta; se ha proyectado la planta de forma que sus instalaciones tengan la máxima flexibilidad, para poder variar con facilidad su posición en caso necesario.
 - ✓ Posibilidad de ampliación: Se ha planteado la distribución de forma que sean factibles futuras ampliaciones de las instalaciones.
- ✚ Principio de máxima seguridad: Los puestos de trabajo, las máquinas y las instalaciones se han proyectado de forma que se garantice la máxima seguridad y satisfacción de los operarios.

6.2. DISTANCIAS ENTRE LAS INSTALACIONES Y RECIPIENTES.

Para el cálculo de las distancias entre las instalaciones y los recipientes se han seguido las indicaciones del Reglamento sobre Almacenamiento de Productos Químicos y sus instrucciones Técnicas complementarias, en concreto la MIE APQ-006: Almacenamiento de Líquidos Corrosivos.

Distancia entre instalaciones: las distancias mínimas entre las instalaciones que componen la planta y de éstas a otros elementos exteriores, no podrán ser inferiores a los valores obtenidos según la aplicación del procedimiento de la MIE APQ-006.

Distancia entre recipientes: la separación entre dos recipientes contiguos debe ser la suficiente para garantizar un buen acceso a los mismos con un mínimo de 1 metro. La superficie exterior de los depósitos distará al menos 3 metros del límite de la propiedad.

En la planta que se diseña se han dispuesto los cuatro depósitos de que dispone ocupando los vértices de un rombo, estando en los vértices este y oeste los biofiltros, en el vértice norte el depósito de medio de cultivo y en el vértice sur el depósito de inóculo. La separación en diagonal entre los depósitos es de 1,5 m, resultando la diagonal mayor del rombo (distancia entre biofiltros) de 2,8 m y la diagonal menor de 2,1 m. Esta distribución puede verse en el Plano nº 1: "Planta General".

7. CONTROL Y MANTENIMIENTO EN PLANTA.

7.1. CONTROL EN PLANTA.

Los sistemas de control automático permiten ahorrar tiempo, reducir costes y asegurar la calidad del proceso.

Las variables de operación que más influyen en el buen funcionamiento del equipo son la temperatura y el pH, que influyen de forma directa en el buen desarrollo de los microorganismos que se encuentran inmovilizados en los biofiltros.

Estas dos variables son fácilmente controlables y el mercado nos ofrece un amplio abanico de aparatos para su medida y control.

Los valores óptimos y rangos aceptables para estas variables son:

- ✚ Temperatura: valor óptimo 26°C, con un rango admisible de $\pm 2^\circ\text{C}$.
- ✚ pH: el óptimo es 7, aunque podemos admitir de 6 a 8.

En estas condiciones, según la bibliografía, obtendremos una eficacia de eliminación superior al 95% para ambos contaminantes.

Otros parámetros importantes a controlar son las concentraciones de contaminantes a la entrada y a la salida del sistema.

Los datos obtenidos serán almacenados para su estudio. Con ello alcanzaremos un mayor conocimiento del funcionamiento del sistema, lo que nos permitirá en el futuro adelantarnos a posibles disfunciones.

7.1.1. Control de la temperatura.

La planta dispondrá de un sistema para el control de la temperatura de los biofiltros de tipo ON/OFF. En cada biofiltro se instalará un sensor de temperatura conectado a un controlador, que arrancará o parará la bomba del circuito de refrigeración según sea necesario. Como el rango de temperaturas admisibles va de 24 a 28°, éstos serán los puntos de consigna del controlador, de forma que cuando el sensor mida una temperatura de 28°C se accionará la bomba de

refrigeración, hasta que la temperatura del sistema alcance los 24°C, momento en el que el controlador parará la bomba.

Los instrumentos que debemos instalar en cada biofiltro para este lazo de control son:

- ✚ Termorresistencia RTD modelo “Bolt-on probe P-93822-50” de Cole Parmer® o similar.
- ✚ Controlador para el accionamiento de la bomba, con salida de 4/20 mA de Cole Parmer® “P-93279-25” o similar.

En los depósitos de almacenamiento se dispone también de un sistema de control automático de la temperatura, para que los líquidos que entran a los biofiltros se encuentren a la temperatura de operación, aumentando así la efectividad del control. El sistema de control es el mismo para ambos depósitos:

El líquido del depósito se calienta mediante una resistencia eléctrica con tapón de acoplamiento y forma “3U” de 4,5 KW de potencia, modelo RA 01 072 (Figura 7.1), y un termostato tipo resistencia “IMIT” CO 02 171. El lazo de control es de tipo ON/OFF y el termostato está tasado a 24 °C (ON) y 28 °C (OFF). La resistencia se situará en la superficie lateral del depósito, a 30 cm del suelo, para que se encuentre sumergida incluso cuando el nivel de líquido en el tanque se encuentre en su punto más bajo. El termostato se situará en el lado contrario a la resistencia y 10 cm por encima de ésta.



Figura 7.1. Resistencia eléctrica con forma “3U”.

7.1.2. Control del pH.

Según está diseñada la planta, el pH del sistema debe mantenerse constante dentro de los valores admisibles, puesto que los productos de reacción esperados no provocarán acidificación o alcalinización del medio. Sin embargo, para adelantarnos a posibles disfunciones se instalarán sensores de pH en los biofiltros que monitorearán el pH del sistema. El control de este parámetro será manual, de forma que si el pH del sistema baja, se añadirá NaOH 2N al depósito de medio de cultivo, hasta que se alcance el valor de pH óptimo. El sensor de pH emitirá una señal sonora cuando el pH del sistema se desvíe del rango admisible.

Los sensores de pH que se instalarán en los biofiltros son de marca Cole Parmer® modelo "P-05686-00" con compensación automática de temperatura y precisión $\pm 0,01$ o similar, con alarma sonora que se activará en caso de que el pH rebase los límites establecidos.

7.1.3. Control de las concentraciones de contaminantes.

Las concentraciones de NH_3 y H_2S a la entrada del sistema deben medirse para ajustar el caudal de entrada en caso de que varíen.

En la salida del sistema se instalarán un sensor de H_2S y otro de NH_3 que mostrarán en continuo las concentraciones de salida. Estos datos serán almacenados en el archivo histórico de funcionamiento. Sólo se instalarán controladores en la salida del biofiltro 2, que es la salida del sistema en las condiciones normales de operación.

7.1.4. Sensores de caudal.

El control de los caudales en la planta será manual, mediante observación de los sensores instalados y ajuste de la válvula correspondiente.

Para el control del caudal de los fluidos de la planta se instalarán en cada línea el sensor de caudal necesario, inmediatamente después de la válvula de regulación de esa línea. Se instalará en todos los casos el mismo tipo de sensor de caudal, consistente en un rotámetro de las siguientes características:

- ✚ Marca: Kobold®
- ✚ Material: Trogamida.
- ✚ Presión máxima: PN10
- ✚ Temperatura máxima: 140 °C
- ✚ Modelo para líneas de aire: KSK 1999 M IG2 00
- ✚ Modelo para líneas de agua: KSK 1999 H K32 00

La Figura 7.3 muestra el sensor elegido.



Figura 7.2. Rotámetro.

7.2. MANTENIMIENTO EN PLANTA.

Una vez construida la planta, debemos hacer frente a los aspectos de mantenimiento, con el fin de conseguir un correcto funcionamiento de la misma, minimizando las pérdidas ocasionadas por ineficiencias del mantenimiento.

El mantenimiento es uno de los factores básicos para el correcto funcionamiento y desarrollo de las plantas industriales. Si se realiza convenientemente, la planta podrá explotarse al máximo rendimiento con el mínimo tiempo perdido en paradas no programadas.

Las averías se suelen producir en momentos totalmente imprevisibles y frecuentemente inoportunos, causando grandes perjuicios a la instalación. Por eso es recomendable planificar y programar los trabajos de mantenimiento, evitando así que se produzcan accidentes que pudieran provocar daños a la salud de las personas.

Existen tres tipos de mantenimiento que se deben realizar en una planta industrial: predictivo, preventivo y correctivo.

El mantenimiento predictivo consiste en la instalación de detectores o sensores adecuados que permitan saber si un equipo o sistema tendrá en un futuro próximo un fallo que lo inutilice temporalmente. Entre estos sistemas podemos destacar:

Presencia de sensores de presión a la entrada y salida del biofiltro, que permiten detectar el grado de ensuciamiento, ayudando a la planificación de las limpiezas periódicas.

Gestión adecuada de la información que suministran en continuo los sensores de la planta, de forma que nos sirvan para predecir fallos o averías.

El mantenimiento preventivo consiste en la sustitución periódica de los equipos o piezas que más suelen fallar estadísticamente, evitando así que lleguen a la ruptura, lo que causaría costes muy elevados en caso de parada no programada de la planta frente al coste del elemento o equipo a sustituir. Los elementos que se someterán a este tipo de mantenimiento son, sobre todo, elementos problemáticos de bombas y válvulas en general, con un stock de repuestos en almacén de todos los modelos.

Durante el tiempo que dure el mantenimiento preventivo del biofiltro, se aprovechará para realizar labores de limpieza general que también forman parte del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento correctivo implica la reparación de averías una vez que han ocurrido. Este mantenimiento se minimiza si los dos tipos anteriores se realizan correctamente y, en cualquier caso, las consecuencias del fallo no deberían llevar a la parada de la planta.

7.2.1. Mantenimiento general.

Engloba todas aquellas actividades que permiten preservar y aumentar la vida útil de los equipos de la instalación, así como realizar las reparaciones necesarias.

Las actividades rutinarias de mantenimiento consisten en prestar atención a la lubricación, engrases, reposición de niveles, comprobación de presiones, comprobación del funcionamiento de válvulas, etc. En general, comprobar el buen funcionamiento de todos los elementos que forman parte de la instalación.

Las actividades planificadas de servicio y reparación se llevarán a cabo según un programa establecido con antelación, que sólo será interrumpido por necesidades de reparación de averías.

7.2.2. Mantenimiento específico.

Las principales operaciones de mantenimiento necesarias en los equipos de la planta son:

Depósitos.

Es necesario un vaciado ocasional para una adecuada limpieza. Estos depósitos disponen de una boquilla de descarga para vaciarlos en caso de que sea necesario. Su limpieza es sencilla puesto que su superficie es lisa.

Cada tres meses deberá sustituirse el medio de cultivo para evitar una saturación del mismo y una disminución en las concentraciones de los nutrientes necesarios para la vida de los microorganismos.

Esta operación puede realizarse sin necesidad de parar la planta desviando el flujo de medio de cultivo al salir de los biofiltros, procediendo al llenado del tanque con medio de cultivo nuevo en cuanto el depósito se haya vaciado. El tiempo que los biofiltros pasarán sin que circule medio de cultivo será mínimo (insuficiente para que se produzca el secado de la biopelícula), puesto que las bombas volverán a accionarse cuando el nivel de líquido en el depósito sea mínimo (45 cm de altura).

Las cantidades anuales necesarias de los nutrientes de que dispone el medio de cultivo serán cuatro veces las calculadas en el apartado 4.3 de esta Memoria Descriptiva, es decir:

Nutriente	Cantidad (Kg)
Glucosa	240
KH_2PO_4	16,32
K_2HPO_4	20,88
NH_4Cl	1,6
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,8
Citrato de Fe (III)	0,04

Tabla 7.1. Cantidades de nutrientes necesarias por año.

Biofiltros.

Una vez al año se realizará una limpieza exhaustiva de los biofiltros y de sus elementos internos.

La configuración de la planta permite que no sea necesario parar la planta para realizar esta operación, limpiando ambos biofiltros de forma alterna y desviando el flujo de aire contaminado hacia el biofiltro que no está siendo mantenido en ese momento. Esto evita la parada de la planta, si bien es posible que se produzca un aumento de las emisiones debido a una reducción de la efectividad de eliminación del sistema, por reducir el tiempo de residencia a la mitad.

Las operaciones necesarias para la limpieza son las siguientes (desde las condiciones normales de operación):

Limpieza del biofiltro 1:

- 1) Apertura de la válvula VC1.
- 2) Cierre de la válvula VC2.
- 3) Apagado de la bomba B3.
- 4) Apagado de la bomba B5.
- 5) Apagado de los elementos de control del biofiltro 1.
- 6) Mantenimiento del biofiltro 1.

Limpieza del biofiltro 2:

- 1) Apertura de la válvula VC6.
- 2) Cierre de la válvula VC5.
- 3) Apagado de la bomba B4.
- 4) Apagado de la bomba B6.
- 5) Apagado de los elementos de control del biofiltro 2.
- 6) Mantenimiento del biofiltro 2.

El principal problema de mantenimiento del sistema es la formación de azufre elemental como producto del metabolismo bacteriano, por lo que se producirán incrustaciones azufre en los elementos internos de los biofiltros, principalmente relleno, paredes internas y plato de soporte.

La limpieza de cada biofiltro incluye las siguientes operaciones:

- ✚ Revisión de los elementos conectados al biofiltro: bombas, red de conducciones, elementos de control.
- ✚ Apertura de las bocas de carga y descarga del relleno.
- ✚ Extracción del relleno.
- ✚ Lavado del interior del biofiltro y del relleno con agua a presión o con ácido diluido.
- ✚ Evacuación del líquido de limpieza acumulado.
- ✚ Carga del relleno por la boca destinada a tal efecto.

- ✚ Puesta en marcha del biofiltro, incluyendo una primera etapa de inoculación previa a su operación normal.

Relleno.

La vida media del relleno de carbón activo se estima en 5 años. Por esta razón, cada 5 años será necesaria la sustitución del relleno por uno nuevo. Para ello se sigue el mismo procedimiento que para la limpieza anual de los biofiltros, es decir, se realiza el mantenimiento de ambos biofiltros de forma alternativa, incluyendo una etapa de inoculación para su puesta en marcha, evitando una parada de la planta.

Camisas de refrigeración.

Los trabajos de mantenimiento de los biofiltros incluirán una limpieza de las deposiciones calcáreas que se produzcan en la superficie interna de la camisa.

Bombas.

El mantenimiento de las bombas incluye las siguientes revisiones:

- ✚ Control de arranque.
- ✚ Comprobación de vibraciones de motores.
- ✚ Limpieza exterior.
- ✚ Presión en la conexión con el conducto de impulsión.
- ✚ Temperatura del motor.
- ✚ Comprobación del ajuste entre bomba y motor.
- ✚ Comprobación de la estanqueidad.
- ✚ Comprobación de los niveles de aceite.
- ✚ Engrase de rodamientos.
- ✚ Comprobación de automatismos.
- ✚ Comprobación de intensidades, potencias y tensiones.

Resto de elementos.

Aquí se incluyen elementos no descritos anteriormente como sensores válvulas, caudalímetros, etc., su mantenimiento será el siguiente:

- ✚ Limpieza de equipos.
- ✚ Comprobación de conexiones.
- ✚ Comprobación de la alimentación.
- ✚ Comprobación de la señal de entrada a terminales.
- ✚ Comprobación de la posición de puentes de entrada.
- ✚ Comprobación de la programación.

8. SEGURIDAD E HIGIENE.

8.1. RIESGOS GENERALES.

Se adoptarán todas las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo.

8.1.1. Ruido.

En términos generales, para reducir los ruidos se debe aplicar un sistema de control, cada fuente debe ser evaluada individualmente, y aplicar un plan integral de control que sea compatible con la normativa vigente. El control del ruido es un problema relacionado con el sistema compuesto por la fuente generadora de ruido, la propagación del ruido y el individuo receptor. El método de control deberá reducir la intensidad de la fuente, impedir la propagación de la energía acústica o proteger a la persona receptora final del ruido.

En el presente proyecto, la única fuente generadora de ruido es el compresor de aire. Es aconsejable que el nivel de ruido no sobrepase los 65 dB.

8.1.2. Incendios.

Los riesgos de incendios en la planta propuesta son bajos debido a que se opera a temperaturas bajas y no se utilizan líquidos inflamables, por lo que el principal riesgo a considerar es el de un cortocircuito eléctrico. En las zonas de riesgo eléctrico como en los cuadros eléctricos, se situarán extintores de CO₂, que serán objeto de revisiones periódicas, de acuerdo con la legislación vigente y recomendaciones del fabricante, y como mínimo una vez al año.

Por otro lado, se dispondrá de puestos para el accionamiento de la alarma consistente en pulsadores manuales con sirena asociada y perfectamente audible en toda la zona y de tono distinto de los usados para otros fines. Se establecerán normas de evacuación para evitar el bloqueo de los accesos cuando suene la alarma y existirá un teléfono que permita la comunicación con el cuerpo de bomberos.

En las zonas de mayor riesgo se dispondrá además de bocas de incendio equipadas (BIE). Se instalarán con una distancia máxima entre ellas de 30 m.

Cada BIE constará de una vitrina que lleve bien visible el letrero “Equipo de protección contra incendios” y contendrá una manguera de 45 mm de diámetro y una longitud de 15 m de uso exclusivo contra incendios. La presión más desfavorable en la BIE será de 3,5 Kg/cm² y proporcionará un caudal de 9 m³/h.

8.2. RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS.

Según el REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo, las bacterias *Pseudomonas Putida* y *Arthrobacter Oxydans*, no aparecen encuadradas en los grupos 2, 3 ó 4, por lo que se considerará del grupo 1. Siguiendo las recomendaciones del R.D. se aplicarán medidas de correcta seguridad e higiene profesional.

De forma general, estará prohibido comer, beber, fumar y almacenar alimentos u otros productos de consumo humano en el local de trabajo, salvo en lugares específicamente preparados para ello. El trabajador se lavará las manos después del contacto con animales o materiales y siempre antes de abandonar el puesto de trabajo. Está recomendada la utilización de batas o uniformes para prevenir la contaminación o suciedad de las prendas de la calle. Se comprobará periódicamente que no se han modificado las condiciones de exposición y que, por lo tanto, la evaluación de riesgos realizada siendo válida.

Las instalaciones dispondrán de retretes y cuartos de aseo adecuados para el uso de los trabajadores, que incluyan productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel. Asimismo, se habilitará un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.

Al salir de la zona de trabajo, los trabajadores se quitarán las ropas de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados por agentes biológicos y los guardarán en el lugar dispuesto a tal efecto, que no contendrá otras prendas, En la misma, se procederá al lavado, descontaminación y, en caso necesario, destrucción de la ropa de trabajo y los equipos de protección allí depositados, sin que estos elementos abandonen las instalaciones sin estar debidamente empaquetados.

Será necesario hacer análisis médicos a los trabajadores en los siguientes momentos:

- ✚ Antes de la exposición.
- ✚ A intervalos regulares en lo sucesivo, con la periodicidad que los conocimientos médicos aconsejen, considerando el agente biológico, el tipo de exposición y la existencia de pruebas eficaces de detección precoz.
- ✚ Cuando sea necesario, por haberse detectado en algún trabajador, con exposición similar, una infección o enfermedad que pueda deberse a la exposición a agentes biológicos.

Será necesario la formación de los trabajadores en temas de seguridad, facilitándoles información en relación con:

- ✚ Los riesgos potenciales para la salud.
- ✚ Las precauciones que deberán tomar para prevenir la exposición.
- ✚ La utilización y empleo de ropa y equipos de protección individual.
- ✚ Las disposiciones en materia de higiene.
- ✚ Las medidas que deberán adoptar los trabajadores en el caso de incidentes y para la prevención de éstos.

Toda esta formación tendrá las siguientes características:

- ✚ Deberá impartirse en el momento en el que el trabajador se incorpore a un trabajo que suponga un contacto con agentes biológicos.
- ✚ Se adaptarán a la aparición de nuevos riesgos y a su evolución.
- ✚ Deberá repetirse periódicamente si fuese necesario.
- ✚ Se proveerán instrucciones escritas en el lugar de trabajo y, si procede, se colocarán avisos que contengan, como mínimo, el procedimiento que habrá que seguir en caso de accidente o incidente graves que impliquen la manipulación de un agente biológico.
- ✚ No se establecerán medidas especiales de seguridad ya que esta bacteria está incluida en el grupo 1 por el Real Decreto.

8.3. RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS.

En esta planta hay una escasa manipulación directa de agentes químicos peligrosos, pero el aire a tratar contiene sulfuro de hidrógeno (H_2S) y amoníaco (NH_3), se seguirán los principios de prevención descritos por el Real Decreto 374/2001 de 6 de abril.

Las medidas que se aplicarán serán las descritas a continuación:

Se proveerá de gafas de protección y mascarillas con filtros específicos para H_2S y NH_3 por si se produce algún escape.

Los suelos, techos y paredes tendrán las características necesarias que permiten una correcta limpieza y asimismo garanticen una total impermeabilización frente a agentes químicos que pudieran proyectarse, derramarse, etc.

Se emplearán equipos e instalaciones lo más herméticos posible. Los equipos se seleccionarán e instalarán teniendo en cuenta la peligrosidad y características del agente que va a utilizarse y del entorno en que va a instalarse.

Se instalarán sistemas de extracción localizada en aquellos lugares donde se puedan producir escapes.

Se habilitará y recomendará el uso de instalaciones para la higiene personal antes de las comidas y al finalizar la jornada.

Se reducirán al mínimo el número de trabajadores expuestos o que puedan estarlo, así como la duración e intensidad de las exposiciones.

8.4. FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA.

AMONIACO (ANHIDRO)**ICSC: 0414**

AMONIACO (ANHIDRO)
Trihidruro de nitrógeno
NH₃
Masa molecular: 17.03

Nº CAS 7664-41-7
Nº RTECS BO0875000
Nº ICSC 0414
Nº NU 1005
Nº CE 007-001-00-5



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable. Combustible en condiciones específicas. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar llama abierta.	Cortar el suministro. Si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, deje que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos se apaga con polvos, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Mezclas de amoniaco y aire originarán explosión si se encienden en condiciones inflamables.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones.	En caso de incendio: mantener fría la botella por pulverización con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
• INHALACION	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria. (Síntomas de efectos no inmediatos: véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y atención médica. Respiración artificial si estuviera indicado.
• PIEL	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío, traje de protección.	EN CASO DE CONGELACION: Aclarar con agua abundante. NO quitar la ropa y solicitar atención médica.
• OJOS	Quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>Evacuar la zona de peligro; consultar a un experto; ventilación. Sí las botellas tienen fugas: NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Trasladar la botella a un lugar seguro a cielo abierto, cuando la fuga no pueda ser detenida. Si está en forma líquida dejar que se evapore. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).</p>	<p>A prueba de incendio. Separado de oxidantes, ácidos, halógenos. Mantener en lugar frío. Ventilación a ras del suelo y techo.</p>	<div data-bbox="1013 248 1273 376" data-label="Image"> </div> <p>Botellas con accesorios especiales. símbolo T símbolo N R: 10-23-34-50 S: (1/2-)9-16-26-36/37/39-45-61 Clasificación de Peligros NU: 2.3 CE:</p>

AMONIACO (ANHIDRO)**ICSC: 0414**

DATOS IMPORTANTES	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Gas licuado comprimido incoloro, de olor acre.</p> <p>PELIGROS FISICOS El gas es más ligero que el aire. Difícil de encender. El líquido derramado tiene muy baja temperatura y se evapora rápidamente.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Se forman compuestos inestables frente al choque con óxidos de mercurio, plata y oro. La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva (p.ej: Aluminio y zinc). Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, halógenos e interhalógenos. Ataca el cobre, aluminio, cinc y sus aleaciones. Al disolverse en agua desprende calor.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 25 ppm; 17mg/m³ (ACGIH 1990-1991). TLV (como STEL): 35 ppm; 24mg/m³ (ACGIH 1990-1991).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Corrosivo. Lacrimógeno. La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de altas concentraciones puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</p>
	PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: -33°C Punto de fusión: -78°C Densidad relativa (agua = 1): 0.68 at -33°C Solubilidad en agua: Buena (34 g/100 ml at 20°C) Presión de vapor, kPa a 26°C: 1013</p>
NOTAS		
<p>La sustancia es combustible pero no se encuentra en la bibliografía del punto de inflamación. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto a menudo hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un spray adecuado por un médico o persona por él autorizada. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Nombre Comercial: Nitro-sil. Tarjeta de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-1 Código NFPA: H 3; F 1; R 0;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 1-030 AMONIACO (ANHIDRO)		
ICSC: 0414	AMONIACO (ANHIDRO)	
© CCE, IPCS, 1994		

SULFURO DE HIDROGENO**ICSC: 0165**

Ácido sulfhídrico
(botella)
H₂S
Masa molecular: 34.1

N° CAS 7783-06-4
N° RTECS MX1225000
ICSC 0165
NU 1053
CE 016-001-00-4



N°
N°
N°

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con agua pulverizada, polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Tos. Vértigo. Dolor de cabeza. Dificultad respiratoria. Náuseas. Dolor de garganta. Pérdida del conocimiento. Síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. No mouth-to-mouth artificial respiration. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.

• OJOS	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	
DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar todas las fuentes de ignición. Eliminar gas con agua pulverizada. (Protección personal adicional: traje hermético de protección química incluyendo equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar fresco. Mantener en lugar bien ventilado. Instalar sistema de vigilancia con alarma continuo.	 <p> NU (transporte): Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios NU: 2.1 CE: símbolo F+ símbolo T+ símbolo N R: 12-26-50 S: 1/2-9-16-28-36/37-45-61 Nota 5 </p>	

SULFURO DE HIDROGENO**ICSC: 0165**

DATOS IMPORTANTES	ESTADO FISICO; ASPECTO Gas licuado comprimido, de olor característico a huevos podridos.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	RIESGO DE INHALACION Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS El calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. La sustancia se descompone al arder, produciendo gas tóxico (óxidos de azufre). Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Ataca metales y algunos plásticos.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación del gas puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central. La exposición puede producir pérdida del conocimiento. La exposición puede producir la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: 10 ppm (como TWA); 15 ppm (como STEL) (ACGIH 2003). MAK: 10 ppm; 14 mg/m ³ ; II(2); IIc (no clasificado en cuanto a riesgo para el embarazo) (DFG 2003)	
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -60°C Punto de fusión: -85°C Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 0.5 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.19	Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 260°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 4.3-46
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.	
NOTAS		
Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto las instrucciones respectivas. La alerta por el olor es insuficiente. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20G43 Código NFPA: H 4; F 4; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm	Última revisión IPCS: 2000 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 6-173	

CLORURO DE AMONIO**ICSC: 1051**

CLORURO DE AMONIO
 Cloruro amónico
 Sal de amoníaco
 NH_4Cl
 Masa molecular: 53.5

N° CAS 12125-02-9
 N° RTECS BP4550000
 N° ICSC 1051
 N° CE 017-014-00-8

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	
• INHALACION	Tos.	Ventilación (no si es polvo), extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• OJOS	Enrojecimiento.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Náuseas, dolor de garganta, vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca, dar a beber agua abundante, guardar reposo y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).		Separado de nitrato amónico, clorato potásico, ácidos, álcalis, sales de plata. Mantener en lugar seco.	símbolo Xn R: 22-36 S: (2-)22 CE: 

CLORURO DE AMONIO**ICSC: 1051**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Sólido entre incoloro y blanco, inodoro, higroscópico en diversas formas.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del polvo o humo y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder, produciendo humos tóxicos e irritantes de óxidos de nitrógeno, amoníaco y cloruro de hidrógeno. La disolución en agua es un ácido débil. Reacciona violentamente con nitrato amónico y clorato potásico, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona con concentrados de ácidos para formar cloruro de hidrógeno y bases fuertes para formar amoníaco. Reacciona con sales de plata para formar compuestos sensibles al choque. Ataca al cobre y compuestos.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 10 mg/m ³ (humos) (ACGIH 1995-1996). TLV (como STEL): 20 mg/m ³ (humos) (ACGIH 1995-1996). MAK no establecido.	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA
PROPIEDADES FISICAS	Punto de sublimación: 350°C Densidad relativa (agua = 1): 1.5 Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 28	Solubilidad en agua: Elevada (28.3 g/100 ml at 25°C) Presión de vapor, kPa a 160°C: 0.13
NOTAS		
Código NFPA: H 1; F 0; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 4-063 CLORURO DE AMONIO		
ICSC: 1051		CLORURO DE AMONIO
© CCE, IPCS, 1994		

CLORURO DE MAGNESIO**ICSC: 0764**

CLORURO DE MAGNESIO
 $\text{Cl}_2\text{Mg}/\text{MgCl}_2$
 Masa molecular: 95.2

N° CAS 7786-30-3
 N° RTECS OM2800000
 N° ICSC 0764

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION			
• INHALACION	Tos.	Ventilación (no si es polvo).	Aire limpio, reposo y someter a atención médica.
• PIEL			
• OJOS	Enrojecimiento.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
• INGESTION	Diarrea.	No comer, beber ni fumar durante el trabajo.	Provocar el vómito (¡UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!) y someter a atención médica.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminar el residuo con agua abundante.		Mantener en lugar seco.	
ICSC: 0764		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

CLORURO DE MAGNESIO**ICSC: 0764**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Sólido blanco, delicuescente, inodoro, en diversas formas.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone cuando se calienta lentamente hasta 300°C, produciendo cloro. Su disolución en agua libera una considerable cantidad de calor.	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire por dispersión.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio.
		EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 1412°C Punto de fusión: 712°C (calentamiento rápido)°C	Densidad relativa (agua = 1): 2.3 Solubilidad en agua: Buena (54.3 g/100 ml at 20°C)
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 1-070 CLORURO DE MAGNESIO		
ICSC: 0764		CLORURO DE MAGNESIO
© CCE, IPCS, 1994		

HIDROXIDO DE SODIO**ICSC: 0360**

HIDROXIDO DE SODIO
 Hidróxido sódico
 Sosa cáustica
 Sosa
 NaOH
 Masa molecular: 40.0

N° CAS 1310-73-2
 N° RTECS WB4900000
 N° ICSC 0360
 N° NU 1823
 N° CE 011-002-00-6



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar el suficiente calor para producir la ignición de sustancias combustibles.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Corrosivo. Enrojecimiento, graves quemaduras cutáneas, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, vómitos, colapso.	No comer, ni beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, no provocar el vómito, dar a beber agua y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente adecuado, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).</p>	<p>Separado de ácidos fuertes, metales, alimentos y piensos, materiales combustibles. Mantener en lugar seco y bien cerrado (véanse Notas).</p>	<p>No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II</p> 
<p>ICSC: 0360 Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994</p>		

HIDROXIDO DE SODIO**ICSC: 0360**

DATOS IMPORTANTES	ESTADO FISICO; ASPECTO Sólido blanco, deliquescente en diversas formas e inodoro.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS PELIGROS QUIMICOS La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como cinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (combustible y explosivo). Ataca a algunas formas de plástico, de caucho y de recubrimientos. Absorbe rápidamente dióxido de carbono y agua del aire. Puede generar calor en contacto con la humedad o el agua.	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: 2 mg/m ³ (valor techo) (ACGIH 1992-1993). PDK no establecido. MAK: clase G	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Corrosivo. La sustancia es muy corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas).
		EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 1390°C Punto de fusión: 318°C Densidad relativa (agua = 1): 2.1	Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 Presión de vapor, kPa a 739°C: 0.13
DATOS AMBIENTALES	 Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.	
NOTAS		
El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Almacenar en un área que disponga de un suelo de hormigón, resistente a la corrosión. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-121 Código NFPA: H 3; F 0; R 1;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-134 HIDROXIDO DE SODIO		
ICSC: 0360	HIDROXIDO DE SODIO	
© CCE, IPCS, 1994		

9. CALIDAD EN EL PROCESO.

La calidad se ha convertido, actualmente, en una necesidad estratégica y un arma para sobrevivir en mercados altamente competitivos, la empresa tiene que saber qué espera y qué necesita su cliente. En nuestro caso, consideraremos cliente a los habitantes de las zonas circundantes de la EDAR, que son los que sufren las molestias ocasionadas por ésta.

La calidad ya no se centra exclusivamente en el producto, empieza a formar parte de las personas, todos los integrantes de la organización intervienen directa e indirectamente en el producto final. Hay que implantarla desde el diseño del producto. Según Joseph Duran consiste en determinar las necesidades de los clientes y desarrollar los productos y actividades idóneos para satisfacerlas.

En la organización del proceso productivo que se ha ido exponiendo, deberá existir uno o varios responsables de calidad, que vele por las necesidades y satisfacciones del cliente y del personal que trabaje, en concreto, será necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

Mejora continua: Toda organización que desee prosperar y conseguir su sitio en el mercado actual tiene que superarse día a día basándose en mejoras continuas. No debe conformarse con ir bien, debe detectar posibles áreas de mejora y establecer los mecanismos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos. Los resultados volverán a ser revisables para determinar otras oportunidades de mejora. Así continuamente la empresa evolucionará hacia la Mejora.

Enfoque al cliente: Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberán comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.

Satisfacción del cliente: Percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos.

Requisitos: Necesidades o expectativas establecidas.

Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Producto: Resultado de un proceso.

Excelencia: Prácticas sobresalientes en la gestión de la organización y logro de resultados basados en conceptos fundamentales del cliente, liderazgo y perseverancia, procesos y hechos implicación de las personas, mejora continua e innovación, alianzas mutuamente beneficiosas y responsabilidad social.

Auditoria: Examen metódico e independiente que se realiza para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones previamente establecidas y para comprobar que las disposiciones se llevan a cabo realmente y que son adecuadas para alcanzar los objetivos previstos.

Con todo ello, debe garantizarse la optimización tanto en la operatividad de la planta, como en los resultados obtenidos.

10. MARCO LEGAL.

El presente Proyecto se ha realizado cumpliendo la legislación vigente y observando las normas que se relacionan a continuación:

10. 1. NORMATIVA GENERAL.

Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (BOE. 7 y 30 de diciembre de 1961 y de 1 y 7 de mayo de 1.962),

Instrucciones Complementarias para la Aplicación del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas. Orden del Ministerio de la Gobernación de 15 de marzo de 1963 (BOE de 2 de abril de 1.963)

Protección del Ambiente Atmosférico. Ley 38/1972 de la Jefatura del Estado de 21 de diciembre de 1972.

Desarrollo de la Ley de Protección al Medio Ambiente Atmosférico. Decreto 833/1975 del Ministerio de Planificación de Desarrollo del 6 de febrero de 1.975.

Normas del Ministerio de Trabajo sobre Seguridad e Higiene (BOE de 12 y 16 de marzo de 1974)

Real Decreto 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos.

10.2. NORMATIVA ESPECÍFICA DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

Lugares de trabajo.

Real Decreto 664/1997 de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores que por su trabajo están o puedan estar expuestos a agentes biológicos.

Real Decreto 374/2001 de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos en el trabajo.

Real Decreto 486/14997 de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

Directiva del Consejo 89/654/CEE, de 30 de noviembre de 1.989; relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo (primera directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE).

Ruido.

Real Decreto 1316 de 1989 “Sobre la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo”.

Normas UNE relativas a protectores auditivos.

11. BIBLIOGRAFÍA.

“Biofiltration for Air Pollution Control”, Devinny, J.S.; Deshusses, M.A.; Webster, T.S. Lewis Publishers.

“Operaciones Básicas de la Ingeniería Química”, Brown, G.G. Ed. Marín.

“Ingeniería Química”, Costa Novella, E. y cols.” volumen III. Flujo de Fluidos. Ed. Alhambra.

“Ingeniería Química”, Coulson, J.M.; Richardson, J.F. volúmenes I, II, IV y V. Ed. Reverté.

“Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor”, Levenspiel, O. Ed. Reverté.

“Operaciones Básicas de Ingeniería Química”, McCabe, W.L.; Smith, J.C. volumen I. Ed. Reverté.

“Problemas de Ingeniería Química”, Ocón, J.; Tojo, G. volumen I y II. Ed. Aguilar.

“Fluid flow for Chemical Engineers”. Holland, F.A. y col. Ed. Edward Arnold.

“Mecánica de Fluidos con aplicaciones en Ingeniería”. Frandinin, J.B. y col. Ed. McGraw-Hill.

“Introducción a la Ingeniería Química”. Calleja Pardo G. Ed. Síntesis.

“Fundamentos de Transferencia de Calor”. Incropera, F.P. y DeWitt, D.P. Ed. Prentice Hall

“Manual del Ingeniero Químico”. Perry y Chilton. De. McGraw-Hill.

ARTÍCULOS.

Chung Y-C, Huang C (2000) Biotreatment of H₂S and NH₃ containing waste gases by co-immobilized cells biofilter. *Chemosphere* 41: 329-336.

Chung Y-C, Huang C (2001) Biological elimination of H₂S and NH₃ from waste gases by biofilter packed with immobilized heterotrophic bacteria. *Chemosphere* 43: 1043-1050.

Chung Y-C, Huang C (2004) Operational characteristics of effective removal of H₂S and NH₃ waste gases by activated carbon biofilter. *Journal of the Air & Waste Management Association* 54: 450-458.

Desphande SR (2002) Kinetic evaluation of two biofilter media for hydrogen sulfide removal in the presence of ammonia.

Duan H, Koe LCC (2005) Treatment of H₂S using a horizontal biotrickling filter based on biological activated carbon: Reactor setup and performance evaluation. *Applied Microbiology and Biotechnology* 67: 143-149.

Jin Y, Veiga MC (2005) Autotrophic deodorization of hydrogen sulfide in a biotrickling filter. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 80: 998-1004.

Kennes C, Thalasso F (1998) Waste gas biotreatment technology. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 72: 303-319.

Malhautier L, Gracian C, Roux J-C (2003) Biological treatment process of air loaded with an ammonia and hydrogen sulfide mixture. *Chemosphere* 50: 145-153.

Ottengraf SPP (1986) Exhaust gas purification. *Biotechnology*, pp 425-452.

Smet E, Van Langenhove H, Lens P (1998) Treatment of waste gases contaminated with odorous sulphur compounds. *Critical reviews in Environmental Science and Technology* 28: 89-117.

Svendsen K (2001) The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and The Dutch Expert Committee on Occupational Standards. I27. Hydrogen Sulphide.

Van Groenestijn JW, Hesselink PGM (1993) Biotechniques for air pollution control. Biodegradation 4: 283-301.

PÁGINAS WEB.

www.ingenieriaquimica.net

www.ine.gov.mx.

www.harvel.com

www.kobold.com

www.epa.gov.

www.mtas.es/insht

www.salvadorescoda.com.

DOCUMENTO N° 1:

MEMORIA.

Anexos a la Memoria

ANEXOS A LA MEMORIA

ÍNDICE

Anexo 1. DISEÑO DE LOS BIOFILTROS.....	90
1.1. Consideraciones previas	90
1.2. Cálculo de la envolvente o cuerpo del reactor	91
1.3. Fondos de los biofiltros.....	94
1.4. Cálculo de caudales	96
Anexo 2. DISEÑO DE LOS DEPÓSITOS AUXILIARES	97
2.1. Depósito de inóculo	97
2.2. Depósito de medio de cultivo.....	99
Anexo 3. DISEÑO DE LA CAMISA DE REFRIGERACIÓN.....	100
Anexo 4. DISEÑO DEL COMPRESOR DE AIRE	102
Anexo 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS	105
5.1. Propiedades de los fluidos.....	105
5.2. Diámetros de tuberías	106
5.3. Pérdidas de carga.....	108
Anexo 6. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS	112
6.1. Cálculo de los parámetros necesarios.....	112
6.2. Selección de bombas	116
Anexo 7. GRÁFICAS Y TABLAS UTILIZADAS	117

Anexo 1. DISEÑO DE LOS BIOFILTROS.

1.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.

Para efectuar el diseño de un sistema de biofiltración es necesario consultar la biografía disponible. Si no existen datos previos de un sistema similar en la bibliografía se hace necesaria la experimentación para obtener los parámetros necesarios para el escalado de los equipos.

En nuestro caso, hemos basado los cálculos en las experiencias realizadas por Ying-Chien Chung et al. para las publicaciones siguientes:

“Operational Characteristics of Effective Removal of H₂S and NH₃ waste Gases by Activated Carbon Biofilter”, Journal of Air & Waste Manage. 54: 450-458, Abril 2004.

“Removal of high concentration of NH₃ and coexisting H₂S by biological activated carbon biotrickling filter”, Bioresource Technology 96 (2005): 1812-1820.

En dichos artículos se estudian sistemas con las mismas características que el que nos ocupa, es decir, biofiltros de escurrimiento con *Pseudomonas Putida* y *Arthrobacter Oxydans* inmovilizadas en un lecho de carbón activo granulado para eliminación del H₂S y NH₃ contenidos en una corriente de aire.

A través de métodos de escalamiento y cálculos complementarios apoyados en los conocimientos personales y el uso de material bibliográfico adicional llegaremos a la determinación de las dimensiones, corrientes, accesorios y equipos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

1.2. CÁLCULO DE LA ENVOLVENTE O CUERPO DEL REACTOR.

El sistema a diseñar es un biofiltro consistente en una columna de relleno, con un lecho de carbón activo granulado en el que se inmovilizarán las bacterias que eliminarán los contaminantes de la corriente gaseosa. Dicha columna consiste en un depósito cilíndrico vertical, con fondo superior torisférico y fondo inferior plano. A la parte cilíndrica del equipo se le denomina envolvente o cuerpo del reactor.

En primer lugar, debemos calcular el volumen de relleno necesario. Para su determinación definimos como variable de diseño el tiempo de residencia en lecho vacío (EBRT, por sus siglas en inglés).

$$EBRT = \frac{V_{\text{relleno}}}{Q_g}$$

Donde:

V_{relleno} = Volumen de relleno

Q_g = Caudal de gas

Su valor debe estar entre 3 y 0,5 minutos. Escogemos el más bajo posible, puesto que supone la obtención de un volumen inferior y, por tanto, un menor coste de inversión. Aplicamos un factor de seguridad del 50% para la elección del EBRT:

$$EBRT_{\text{min}} = 30 \text{ s}$$

$$\text{Factor de seguridad 50\%: } 0,5 \cdot EBRT_{\text{min}} = 15 \text{ s}$$

$$EBRT_{\text{diseño}} = EBRT_{\text{min}} + 0,5 \cdot EBRT_{\text{min}} = 45 \text{ s}$$

A partir del valor de EBRT y del caudal de la corriente de gas (80 m³/h) calculamos el volumen de relleno necesario:

$$V_{\text{relleno}} = EBRT \cdot Q_g = \frac{45}{3600} \text{ h} \cdot 80 \text{ m}^3 / \text{h} = 1 \text{ m}^3$$

A este valor le aplicamos un sobredimensionamiento del 20%, obteniendo un valor de volumen para el relleno de 1,2 m³ o, lo que es lo mismo, 1200 litros.

Mediante este valor y conocida la relación entre la altura y el diámetro, obtenida de la bibliografía, podemos calcular las dimensiones del cilindro que formará el relleno:

$$\frac{H}{D} = \frac{20}{3}$$

$$V_{cilindro} = \frac{\pi \cdot H \cdot D^2}{4} = 1,2m^3$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos:

$$H = 4,20 \text{ m}$$

$$D = 60 \text{ cm}$$

Dicho diámetro será el diámetro interno definitivo del biofiltro.

Por razones de construcción y mantenimiento, dividimos el relleno en dos cilindros iguales con la mitad de altura, resultando dos rellenos con las siguientes dimensiones:

$$H = 2,10 \text{ m}$$

$$D = 60 \text{ cm}$$

Para calcular la altura definitiva de los biofiltros debemos tener en cuenta que debe quedar, antes y después del relleno, altura suficiente para la disposición de los accesorios necesarios, entradas y salidas de tuberías, etc. Este exceso de altura suele ser del 20% de la altura del relleno en cada extremo:

$$EspacioLibre = 0,2 \cdot H_{relleno} = 0,2 \cdot 2,10m = 0,45m$$

Quedando la altura total de cada biofiltro:

$$H_{biofiltro} = H_{relleno} + 2 \cdot EspacioLibre = 2,10m + 2 \cdot 0,45m = 3m$$

Falta por determinar el espesor de la envolvente. Para ello se recurre a la Norma API Std. 650 que establece unos espesores mínimos de carcasa en función del diámetro del tanque.

Para depósitos operando a presión atmosférica de diámetro inferior a 1520 cm, el espesor mínimo ha de ser de 4,76 mm. Por tanto, el espesor de la

envolvente debe ser superior o igual a dicho espesor mínimo. Tomamos en nuestro caso un valor de espesor de 5 mm.

Por tanto, cada biofiltro tendrá las siguientes dimensiones:

Altura = 3 metros
Diámetro interno = 60 centímetros
Espesor = 5 milímetros

Distribución de elementos en la envolvente.

En el espacio libre inferior se dispondrán los siguientes elementos:

- ✚ Salida de medio de cultivo, de 1¼" de diámetro nominal.
- ✚ Entrada de aire de 1½" de diámetro nominal.
- ✚ Entrada de inóculo de 1¼" de diámetro nominal.
- ✚ Plato de soporte del relleno en acero inoxidable de 12 mm de espesor.

En el espacio libre superior los elementos existentes serán:

- ✚ Salida de inóculo, de igual diámetro nominal que la entrada.
- ✚ Entrada de medio de cultivo, de igual diámetro nominal que la entrada, situada justo al terminar el relleno, es decir a 2,55 m de altura desde el suelo.
- ✚ Sistema de distribución del medio de cultivo.

1.3. FONDOS DE LOS BIOFILTROS.

Los biofiltros se construirán con el fondo superior toriesférico, de tipo Korbogogen, como indica la Norma API Std. 650 para recipientes a presión atmosférica. Estos fondos son los de mayor aceptación en la industria debido a su bajo coste y a que soportan grandes presiones manométricas. El fondo inferior se construirá plano puesto que no se prevén deposiciones sólidas en el fondo del depósito.

Para el cálculo del techo toriesférico tipo Korbogogen tenemos como dimensiones características:

$$\frac{L}{D} = \alpha \quad \frac{r}{D} = \beta$$

Siendo: $\alpha=0.8$ y $\beta=0.15$

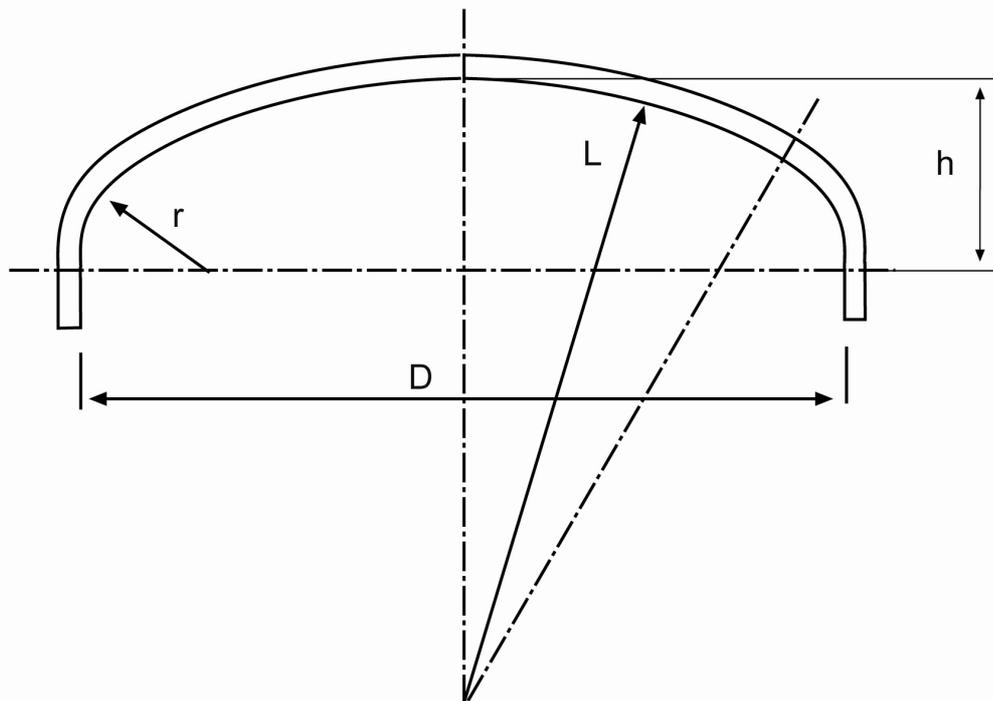


Figura 1. Dimensiones características del fondo Korbogogen.

La profundidad del fondo (h) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h = \left[\alpha - \sqrt{(\alpha - \beta)^2 - (0.5 - \beta)^2} \right] * D$$

Donde D es el diámetro interno de los biofiltros.

El volumen del fondo se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_{techo} = 0,13 \cdot D^3 = 0,13 \cdot 0,60^3 = 0,028m^3$$

Con estos datos podemos calcular el volumen total definitivo de los biofiltros, sumando al volumen del cuerpo cilíndrico el volumen del techo:

$$V_{biofiltro} = V_{cilindro} + V_{techo} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} + 0,13 \cdot D^3 = 0,848m^3 + 0,028m^3 = 0,876m^3$$

El espesor de los fondos, según la Norma API Std. 650, debe ser igual o superior a 4,75 mm (para depósitos operando a presión atmosférica de diámetro inferior a 1520 cm). Tomamos el mismo espesor que el de la envolvente, es decir, 5 mm.

Así pues, en resumen:

Profundidad del fondo (h) = 15 centímetros

Radio mayor (L) = 48 centímetros

Radio menor (r) = 9 centímetros

Volumen Biofiltro = 876 L

1.4. CÁLCULO DE CAUDALES.

Las corrientes que circulan a través de los biofiltros son las siguientes:

- ✚ Aire contaminado.
- ✚ Inóculo.
- ✚ Medio de cultivo.

De ellas, la primera se encuentra completamente definida, al ser una de las variables de diseño.

Las otras dos deben ser determinadas. Para ello, utilizamos el método del EBRT (tiempo de residencia en lecho vacío).

Tomamos un valor de EBRT, el mismo que se utiliza en la experimentación. Calculamos el caudal de líquido, sabiendo que:

$$EBRT = \frac{V_{relleno}}{Q} \Rightarrow Q = \frac{V_{relleno}}{EBRT}$$

Tomamos como tiempo de residencia suficiente para que exista un buen contacto entre el líquido y el relleno 18 minutos. A partir de aquí obtenemos los siguientes caudales:

$$Q_{MC} = 2 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (caudal de medio de cultivo)}$$

$$Q_I = 2 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (caudal de inóculo)}$$

En resumen, podemos confeccionar el siguiente cuadro de caudales:

	Caudal Volumétrico		Caudal másico
	m ³ /h	L/min	Kg/h
Aire contaminado	80	1333,33	96,5
Inóculo	2	33	2000
Medio de cultivo	2	33	2000

Tabla 1. Caudales de los fluidos que intervienen en el sistema.

Anexo 2. DISEÑO DE LOS DEPÓSITOS AUXILIARES.

2.1. DEPÓSITO DE INÓCULO.

Su función es almacenar el inóculo de *Pseudomonas Putida* y *Arthrobacter Oxydans* durante la etapa de inoculación del lecho de los biofiltros. El cultivo líquido saldrá del tanque y entrará en los biofiltros por la parte inferior, llenándolos completamente. Inmediatamente, el líquido vuelve al tanque desde el que será recirculado de nuevo.

En primer lugar debemos determinar el volumen que debe tener el tanque. Dicho volumen debe ser suficiente para llenar ambos biofiltros, quedando en el tanque líquido suficiente para asegurar el buen funcionamiento de las bombas y de los dispositivos de calentamiento.

El líquido llenará completamente los biofiltros desde su parte inferior hasta la altura del lecho. Por tanto, en la zona libre inferior el volumen de líquido será el volumen de un cilindro con altura igual a la de dicha zona (45 cm).

$$V_{cilindro} = \frac{\pi \cdot H \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,45 \cdot 0,60^2}{4} = 0,127m^3$$

En el relleno, el volumen ocupado por el líquido será el volumen de huecos, es decir, el volumen que no está ocupado por relleno. Dicho volumen puede calcularse multiplicando el volumen total por la fracción de huecos, parámetro que se determina mediante gráficas según la geometría de las partículas y su disposición en el lecho. El valor de la fracción de huecos para este relleno es de 0,42 (ver Anexo 7, apartado 7.1). El volumen total que ocupa el relleno es:

$$V_{relleno} = \frac{\pi \cdot H_R \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 2,10 \cdot 0,60^2}{4} = 0,594m^3$$

El volumen que ocupará el líquido en el relleno es:

$$V_{huecos} = 0,42 \cdot V_{relleno} = 0,42 \cdot 0,594m^3 = 0,250m^3$$

Por lo que el volumen de líquido que llena cada biofiltro es:

$$V_{biofiltro} = 0,127 + 0,250 = 0,377m^3$$

A esto debemos sumarle el volumen de líquido que contendrán las tuberías durante la operación. Como la separación entre depósitos es de 1,5 m y el líquido hace un camino de ida y vuelta, suponemos una longitud total de tuberías de 3 m. Dichas tuberías son de 1¼" de diámetro nominal. Su diámetro interno es de 38,6 mm, por lo que el volumen contenido en las tuberías es:

$$V_{\text{tuberías}} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 0,0386^2}{4} = 0,007 m^3$$

Que sumado al anterior nos da el volumen total requerido para cada biofiltro:

$$V = 0,377 + 0,007 = 0,384 m^3$$

El volumen mínimo de inóculo necesario es el doble por tener dos biofiltros, es decir, 768 litros. Por tanto, el volumen de inóculo que utilizaremos y del depósito que lo contendrá será de 1000 litros. Este sobredimensionamiento tiene como objetivo el correcto funcionamiento del dispositivo de calentamiento de líquido, que debe estar siempre sumergido.

Conocido el volumen y aplicando una relación H/D de 0,5, la más típica en depósitos verticales, obtenemos las dimensiones del depósito. El espesor del depósito será el mismo que el del biofiltro (5 mm). Su fondo inferior será plano y el inferior toriesférico. El cálculo de sus dimensiones características se realiza del mismo modo que en el caso del biofiltro.

Altura = 1,50 metros

Diámetro interno = 95 centímetros

Espesor = 5 milímetros

2.2. DEPÓSITO DE MEDIO DE CULTIVO.

Este depósito almacenará el medio de cultivo que circula a través de los biofiltros durante la etapa de eliminación.

La diferencia al calcular el volumen de líquido necesario es que el medio de cultivo no llena completamente el biofiltro, sino que circula por él. A pesar de ello, suponemos que el medio de cultivo moja toda la superficie del relleno, por lo que podemos aproximar que ocupa todo el volumen de huecos en el interior del biofiltro. Por esta razón, estimamos que el volumen necesario de medio de cultivo será el mismo que el de inóculo, por lo que las dimensiones del depósito serán las mismas que se han calculado en el apartado anterior.

Altura = 1,50 metros

Diámetro interno = 95 centímetros

Espesor = 5 milímetros

Anexo 3. DISEÑO DE LA CAMISA DE REFRIGERACIÓN.

Para el correcto funcionamiento de la instalación es imprescindible mantener la temperatura del medio en 26°C, con un intervalo de tolerancia de 2°C. A esta temperatura, los microorganismos seleccionados tienen un desarrollo óptimo. Para ello, y puesto que hemos considerado no afectan al sistema los cambios de la temperatura exterior por estar aislado del mismo, es necesario retirar el calor generado en el proceso de fermentación.

Para ello los biofiltros constarán de sendas camisas intercambiadoras de calor, a través de las cuales circulará, como fluido refrigerante, agua depurada por la EDAR, dado que es más barata que el agua de red y tiene sus mismas propiedades térmicas.

El caudal másico de agua para realizar esta operación se puede calcular a través del balance de energía al sistema, cuya expresión queda:

$$q = (m \cdot C_p \cdot \Delta T)_{agua} = (m \cdot C_p \cdot \Delta T)_{aire}$$

Donde:

q = calor transferido por unidad de tiempo (Kcal/h).

m = caudal másico (Kg/h).

C_p = capacidad calorífica del fluido.

ΔT = diferencia de temperatura del fluido entra la entrada y la salida.

El perfil de temperaturas podemos esquematizarlo de la siguiente forma:

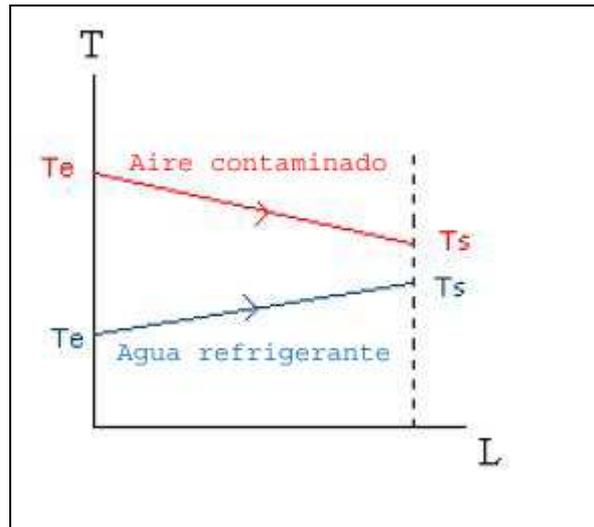


Figura 1. Perfiles de temperatura de los fluidos.

Para el cálculo del caudal de agua necesario suponemos que el calor desprendido por el metabolismo de los microorganismos provoca un aumento de temperatura del aire al pasar por el biofiltro de 5°C, siendo la temperatura óptima de 26°C. En resumen, las condiciones de operación para el diseño del intercambiador son:

- ✚ Temperatura de entrada del agua: 22°C
- ✚ Temperatura de salida del agua: 30°C
- ✚ Capacidad calorífica del agua: 4,19 KJ/Kg.°C
- ✚ Temperatura de entrada del aire: 25°C (calculada en el Anexo 4)
- ✚ Temperatura de salida del aire: 30°C
- ✚ Capacidad calorífica del aire: 1,02 KJ/Kg.°C
- ✚ Caudal másico de aire: 96,47 Kg/h

Sustituyendo estos datos en la ecuación anterior obtenemos:

$$m_{\text{agua}} = 14,67 \text{ Kg/h}$$

Lo que al dividirlo por la densidad del agua nos da el caudal volumétrico de agua necesario para mantener la temperatura de operación:

$$Q_{\text{agua}} = 14,7 \text{ L/h}$$

Anexo 4. DISEÑO DEL COMPRESOR DE AIRE.

Consideraremos el proceso de compresión como un proceso politrópico, es decir, es un proceso en el que se cumple que la variación de energía interna a lo largo del proceso es proporcional a la suma del calor aportado más el valor absoluto del trabajo realizado en el proceso. La carga politrópica vendrá dada por:

$$H_{pol} = \frac{n}{n-1} \cdot \frac{R \cdot T_1}{9.806} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

Donde:

H_{pol} = carga politrópica en m

R = Constante de los gases (J/Kg·K)=8314/peso molecular

T_1 = Temperatura de entrada en Kelvin.

P_1 y P_2 = Presiones de entrada y salida, respectivamente.

n se obtiene a partir de:

$$\left(\frac{n-1}{n} \right) = \left(\frac{k-1}{k} \right) \left(\frac{1}{\eta_{pol}} \right)$$

Donde k es la relación C_p/C_v (capacidades caloríficas del aire a presión constante y a volumen constante) y η_{pol} es el rendimiento politrópico que se obtiene a partir de gráficas en función del caudal volumétrico, la relación es lineal del tipo:

$$\eta_{pol} = 72 + 1,0857 \cdot \ln Q$$

Donde Q es el caudal en ft³/min y el η_{pol} se expresa como porcentaje.

La potencia politrópica viene dada por:

$$kW_{pol} = \frac{W \cdot H_{pol}}{1000 \cdot \eta_{pol}}$$

Donde:

kW_{pol} : Potencia politrópica en kW

W = flujo másico (Kg/s)*9,806 (N/Kg)

η_{pol} = rendimiento politrópico calculado antes.

La temperatura de salida tras la compresión será:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

Expresión en la que las temperaturas se expresan en grados Kelvin. Si la temperatura de salida es superior a 30°C será necesario disminuir la temperatura refrigerando.

La presión de entrada P_1 será la presión atmosférica (101325 Pa), la temperatura de entrada T_1 la temperatura ambiente (20°C), la constante k para el aire tiene un valor de 1,35, por lo que conocido los caudales de entrada calculados con anterioridad podemos obtener la carga y potencia politrópica. Solo nos falta la presión de salida. La compresión del aire debe superar la pérdida de carga en las tuberías más la que se produce al pasar por los biofiltros más una sobrepresión del 10% por el paso a través de los platos de soporte. Como hay varios caminos posibles para el gas, según pase por uno o por los dos biofiltros, elegimos el caso más desfavorable, es decir, aquel en el que pasa por ambos biofiltros.

La pérdida de carga en los biofiltros se obtiene a partir de los datos experimentales para un equipo de similares características. Se ha determinado que la pérdida de carga sigue una relación lineal con el cuadrado del caudal de entrada de gas (ver Anexo 7). Dicha relación es la siguiente:

$$\Delta P(mmH_2O/m) = 8,913 + 0,174 \cdot [Q(L/min)]^2$$

Multiplicando la ΔP obtenida por 10^{-3} para pasarla a metros, por la altura de los biofiltros, por la densidad del agua y por la aceleración de la gravedad obtenemos la pérdida de carga en Pascales.

La pérdida de carga en las tuberías está calculada en el Anexo 5.

La presión de salida será la suma de la presión de entrada más las pérdidas de carga.

Los resultados obtenidos se exponen en la siguiente tabla:

η_{pol}	n	P_1 (KPa)	ΔP (KPa)	P_2 (KPa)	T_1 (K)	T_2 (K)	H_{pol} (m)	kW_{pol}
76%	1,003	101,325	14022,350	14123,675	293	298	42571	0,147

Por lo que concluimos que la potencia que debe tener el compresor que alimentará a la planta es de 150 vatios.

La temperatura de entrada del aire es de 25°C, que se encuentra dentro de la temperatura de operación, por lo que no afecta a este parámetro.

Conocida la carga en pies y el caudal máximo en ft^3/min , existen gráficas para seleccionar el equipo adecuado. En estos casos se trata de un compresor centrífugo.

Anexo 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS.

5.1. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.

Los fluidos que circularán por el sistema de tubería en este proyecto son:

- ✚ Aire contaminado.
- ✚ Inóculo.
- ✚ Medio de cultivo.
- ✚ Agua depurada para refrigeración.

El aire contaminado contiene amoníaco y sulfuro de hidrógeno en concentraciones lo suficientemente bajas como para que podamos considerar que sus propiedades son las mismas que las del aire. Las propiedades del aire a temperatura ambiente (20°C) son:

$$\rho_{\text{aire}} = 1,2059 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{aire}} = 2,17 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/m}\cdot\text{s}$$

El medio de cultivo es una disolución de sales y nutrientes en agua. Aproximaremos sus propiedades como las del agua a temperatura ambiente. De igual forma, consideraremos las propiedades del inóculo iguales a las del agua. En conclusión, para el resto de fluidos que habrá en la planta (medio de cultivo, inóculo y agua depurada) las propiedades son:

$$\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{agua}} = 0,001 \text{ Kg/m}\cdot\text{s}$$

5.2. DIÁMETROS DE TUBERÍAS.

En primer lugar, realizaremos un recuento de las conducciones de las que dispondrá la planta:

Nomenclatura	Función
G1	Entrada de aire al biofiltro 1
G2	Biofiltro 1 – Biofiltro 2
G3	Bypass para entrada de aire al biofiltro 2
I1	Conducción Depósito de inóculo – Biofiltro 1
I2	Conducción Depósito de inóculo – Biofiltro 2
M1	Conducción Depósito de medio de cultivo – Biofiltro 1
M2	Conducción Depósito de medio de cultivo – Biofiltro 2
R1	Refrigeración biofiltro 1
R2	Refrigeración biofiltro 2

Tabla 1. Conducciones existentes en la planta.

Pese a que existen expresiones para el cálculo del diámetro óptimo de tubería, resulta más práctico elegir de la bibliografía una velocidad típica del fluido en las condiciones de operación y calcular a partir de ella el diámetro. El diámetro calculado de esta forma es el diámetro interior de la tubería. A partir de dicho valor, elegiremos de las tablas la tubería comercial (según la Norma ANSI-B-36-10 de cédula 40) de diámetro nominal inmediatamente superior al calculado, y recalcularemos el valor de la velocidad con el nuevo diámetro, comprobando si dicha velocidad se encuentra dentro del rango de velocidades típicas para el fluido en las condiciones de operación. En caso contrario, deberá tomarse otro dato de velocidad y recomenzar el cálculo.

Las expresiones que utilizaremos son:

$$v = \frac{Q}{S}$$

Donde:

v = velocidad del fluido dentro de la tubería (m/s).

Q = caudal volumétrico de fluido (m³/s).

S = sección de la tubería (m²).

Dado que las tuberías son cilíndricas, su sección es circular:

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

De estas dos expresiones, obtenemos la ecuación necesaria para el cálculo del diámetro (D):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

Línea	Caudal (m ³ /s)	V _{típica} (m/s)	D _{calculado} (m)	D _{nominal} (in)	D _{interno} (m)	V _{verdadera} (m/s)
G1	0.022	20	0,038	1 ½	0,045	14,21
G2	0.022	20	0,038	1 ½	0,045	14,21
G3	0.022	20	0,038	1 ½	0,045	14,21
I1	5,56·10 ⁻⁴	1	0.027	1 ¼	0,039	0,48
I2	5,56·10 ⁻⁴	1	0.027	1 ¼	0,039	0,48
M1	5,56·10 ⁻⁴	1	0.027	1 ¼	0,039	0,48
M2	5,56·10 ⁻⁴	1	0.027	1 ¼	0,039	0,48
R1	4,08·10 ⁻⁶	1	0,023	1	0,030	0,58
R2	4,08·10 ⁻⁶	1	0,023	1	0,030	0,58

Tabla 2. Diámetros de las conducciones.

5.3. PÉRDIDAS DE CARGA.

La pérdida de carga en una tubería, es la pérdida de energía dinámica del fluido debida a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería por la que circulan.

Distinguimos dos tipos:

- ✚ Pérdidas mayores: las que se producen en los tramos de tuberías.
- ✚ Pérdidas menores: las que provoca el paso del fluido por los accesorios del sistema de tuberías (uniones, codos, válvulas, etc.).

5.3.1. Cálculo de las pérdidas de carga mayores.

Para el cálculo de las pérdidas de carga producidas por el flujo del fluido en los tramos rectos de tuberías utilizamos la ecuación de Fanning:

$$h_f = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_f = pérdida de carga (m)

L = longitud de tubería (m)

D = diámetro interno del tubo (m)

v = velocidad de paso del fluido (m/s)

g = constante de la gravedad (9,81 m/s²)

El factor (4f) se denomina Factor de fricción de Darcy. Es adimensional y depende del número de Reynolds y de la rugosidad del tubo.

Si el número de Reynolds es bajo (flujo laminar) el factor de fricción sólo es función de éste, y puede ser calculado por la expresión:

$$(4f) = \frac{64}{Re}$$

Donde Re representa al número de Reynolds, que a su vez es:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

siendo:

ρ = densidad del fluido (Kg/m³)

v = velocidad de paso del fluido (m/s)

D = diámetro interno del tubo (m)

μ = viscosidad del fluido (Kg/m·s)

Para números de Reynolds mayores (régimen turbulento) en tuberías de PVC, que están consideradas como tubos lisos, calcularemos el factor de fricción mediante la ecuación de Blasius, válida para tuberías lisas con $2000 < Re < 100.000$, cuya expresión es:

$$(4f) = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

Para las tuberías de acero se utilizará el diagrama de Moody, que representa los valores del factor de fricción de Darcy en función de los valores de rugosidad relativa y n° de Reynolds (ver Anexo 7, apartado 7.3).

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Línea	ρ (Kg/m ³)	v (m/s)	D (m)	μ (Kg/m·s)	Re	(4f)	L (m)	hf (m)
G1	1,2059	14,21	0,045	$2,17 \cdot 10^{-5}$	35242	0,027	1	6,229
G2	1,2059	14,21	0,045	$2,17 \cdot 10^{-5}$	35242	0,027	7	43,602
G3	1,2059	14,21	0,045	$2,17 \cdot 10^{-5}$	35242	0,027	1	6,229
I1	1000	0,48	0,039	0.001	18321	0,0272	3,2	0,026
I2	1000	0,48	0,039	0.001	18321	0,0272	3,2	0,026
M1	1000	0,48	0,039	0.001	18321	0,0272	6,5	0,052
M2	1000	0,48	0,039	0.001	18321	0,0272	6,5	0,052
R1	1000	0,58	0,030	0.001	17304	0,0276	1	0,016
R2	1000	0,58	0,030	0.001	17304	0,0276	1	0,016

Tabla 3. Pérdidas de carga mayores.

5.3.2. Cálculo de las pérdidas de carga menores.

Para el cálculo de las pérdidas de carga en los accesorios, la ecuación de Fanning se modifica de la siguiente forma:

$$h_f = K_{acc} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Siendo K_{acc} una constante específica de cada tipo de accesorio. Para los accesorios utilizados en el presente proyecto tenemos:

Accesorio	K_{acc}
Entrada de tubería	0,5
Salida de tubería	1
Codo de 90°	0,75
Válvula de diafragma	6
Válvula de compuerta	0,17
Válvula de retención	2

Tabla 4. Constantes para el cálculo de pérdidas de carga en accesorios.

Los sensores de flujo representan un caso particular. No existen datos de K para este accesorio, las pérdidas de carga que producen varían según el modelo. Por tanto, a la pérdida de carga de cada línea habrá que sumarle la provocada por el caudalímetro cuando sea necesario.

Para cada conducción, detallamos los accesorios existentes y sus correspondientes pérdidas de carga:

Tabla 5. Pérdidas de carga menores.

Línea	Accesorio	Cantidad	h_{acc} (m)
G1	Válvula diafragma	1	95,218
	Válvula compuerta	1	
	Válvula retención	1	
	Caudalímetro	1	
	Entrada	1	

Línea	Accesorio	Cantidad	h_{acc} (m)
G2	Salida	1	95,218
	Codo 90°	5	
	Válvula compuerta	1	
	Válvula retención	2	
	Entrada	1	
G3	Codo 90°	3	53,219
	Válvula compuerta	1	
	Válvula retención	1	
I1 = I2	Salida	2	1,635
	Válvula regulación	1	
	Válvula compuerta	1	
	Caudalímetro	1	
	Válvula retención	1	
	Entrada	2	
	Codo 90°	1	
M1 = M2	Salida	2	1,635
	Válvula regulación	1	
	Codo 90°	4	
	Caudalímetro	1	
	Entrada	2	
	Válvula compuerta	1	
R1 = R2	Válvula regulación	1	1,661
	Caudalímetro	1	
	Entrada	1	
	Salida	1	

Tabla 5. Pérdidas de carga menores (continuación).

Anexo 6. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS.

6.1. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS NECESARIOS.

Para el diseño de las bombas que necesita la planta seguiremos el siguiente procedimiento:

- 1) Cálculo de la altura útil.
- 2) Cálculo de la altura neta de succión positiva disponible.
- 3) Cálculo de la potencia de la bomba.
- 4) Selección entre los equipos que ofrece el mercado.

Cálculo de la altura útil.

La altura útil es la energía neta que la bomba debe transmitir al fluido para transportarlo hasta el punto de descarga. Para calcularlo debemos aplicar la ecuación de Bernouilli entre los puntos de aspiración y descarga, teniendo en cuenta que las presiones en ambos puntos son iguales, y que la velocidad del fluido en el punto de succión puede considerarse nula:

$$H_u = (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2}{2g} + h_t$$

Donde:

H_u = Altura útil.

$(z_2 - z_1)$ = altura debida a la diferencia de cota entre los puntos de succión y descarga.

$\frac{v_2^2}{2g}$ = altura debida a la diferencia de velocidades.

h_t = pérdida de carga total, igual a la suma de las pérdidas mayores y las pérdidas menores en la conducción.

Altura neta de succión positiva.

Las bombas centrífugas tienen una altura de aspiración limitada; se llama altura neta de succión positiva (NPSH, por sus siglas en inglés): es la presión mínima por debajo de la cual se produce cavitación en la bomba. Entendemos por cavitación el fenómeno por el que la bomba impulsa burbujas de gas, además del líquido, por haber disminuido la presión por debajo de su presión de saturación. Debemos distinguir entre:

- ✚ NPSH requerida: es una característica de la bomba, depende de su diseño y es proporcionada por el fabricante.
- ✚ NPSH disponible: es una característica del circuito de aspiración, debe superar a la requerida en un orden de 0,5m.

Determinamos NPSH disponible mediante la siguiente expresión, obtenida a partir de la ecuación de Bernouilli:

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{\rho \cdot g} + (z_e - z_a) + h_{asp}$$

Donde:

P_a = Presión en el interior del depósito. En nuestro caso, igual a la presión atmosférica: 101325 Pa.

P_v = Presión de saturación del líquido: la del agua a 20°C, 3200 Pa.

$(z_e - z_a)$ = diferencia de altura entre el punto de succión de la bomba y la superficie del fluido en el depósito. Debemos suponer el caso más desfavorable, cuando el depósito se encuentra en su nivel mínimo.

h_{asp} = pérdida de carga en el conducto de aspiración.

Cálculo de la potencia necesaria.

Es la potencia que realizará la bomba al impulsar el caudal de fluido necesario a la altura útil. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_u$$

Donde:

W = potencia necesaria (W)

Q = caudal volumétrico (m³/s)

ρ = densidad del fluido (Kg/m³)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

H_u = altura útil (m)

Resultados obtenidos.

En la planta es necesario instalar ocho bombas:

- ✚ B1 y B2: impulsan el agua de refrigeración a los biofiltros.
- ✚ B3 y B4: impulsan el medio de cultivo desde el depósito que lo contiene hasta los biofiltros.
- ✚ B5 y B6: recirculan el medio de cultivo desde los biofiltros al depósito.
- ✚ B7 y B8: impulsan el inóculo desde el depósito hasta los biofiltros (el fluido vuelve al depósito por gravedad).

En todos los casos, las propiedades del fluido a impulsar son las mismas: las del agua a 20°C.

Los valores de altura útil, NPSH disponible y potencia necesaria para cada uno podemos verlos en la siguiente tabla:

Bomba	H_u (m)	$NPSH_d$ (m)	W (vatios)
B1, B2	2,57	10	10,28
B3, B4	4,27	10,42	23,30
B5, B6	4,24	10,42	23,10
B7, B8	3,77	10,42	20,56

Tabla 1. Parámetros característicos de las bombas del sistema.

6.2. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS.

Conocidos los parámetros característicos necesarios para cada bomba, debemos seleccionar entre los equipos que ofrece el mercado el que más se ajuste a nuestras necesidades.

Por razones de mantenimiento es aconsejable que todas las bombas de la planta sean similares, dentro de lo posible. En nuestro caso, dado que el fluido a impulsar, el caudal y la altura útil son similares en todos los casos, podemos instalar el mismo modelo de bomba para todas las líneas. Esto nos permite disminuir el número de repuestos necesarios en stock.

La bomba seleccionada es suministrada por la empresa CAPRARI:

✚ Serie STM

✚ Tipo STM 50 T Trifásica (230/400V)

✚ Potencia 0,37 kW

✚ DNa: 1”G

✚ DNm: 1”G

✚ Características constructivas:

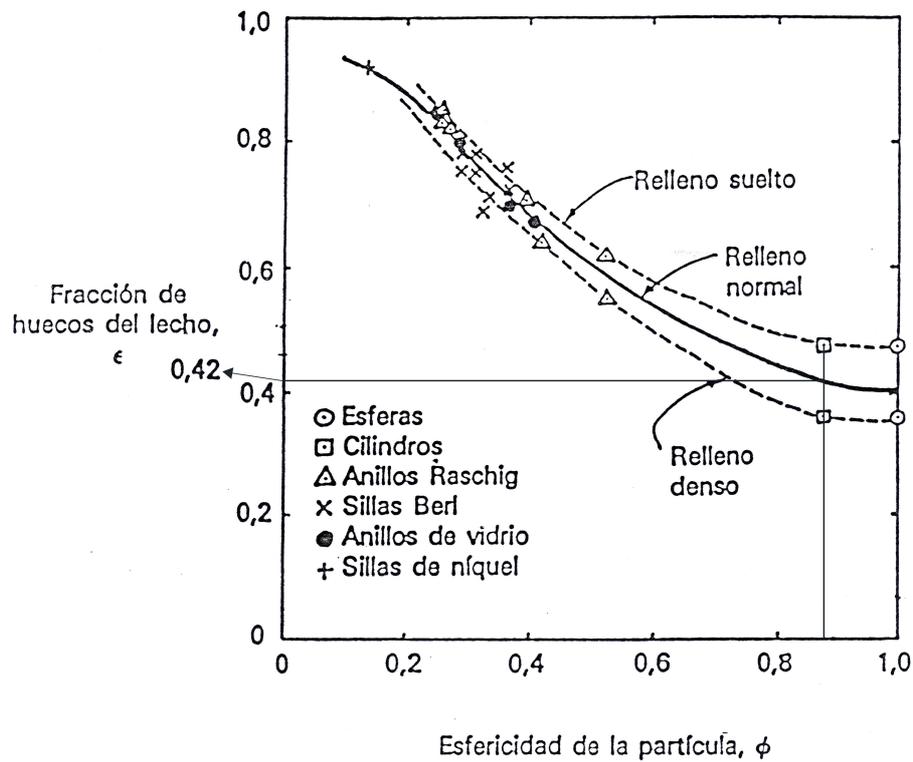
- Cuerpo bomba y soporte motor: hierro fundido
- Rodete: latón estampado
- Eje motor: acero inoxidable
- Motor: cerrado autoventilado, protección a cargo del usuario
- Aislamiento clase F
- Motor inducido 2 polos, 50 Hz (2900 rpm)
- Peso 9 Kg

Precio: 113 €.

Anexo 7. GRÁFICAS Y TABLAS UTILIZADAS.

7.1. CÁLCULO DE LA FRACCIÓN DE HUECOS.

Para el cálculo de la fracción de huecos en el lecho se ha utilizado la siguiente gráfica:



1

¹ "Operaciones básicas de la Ingeniería Química", McCabe, W. L.; Smith, J. C. Volumen I. Ed. Reverté.

7.2. CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE TUBERÍA.

7.2.1. Velocidades típicas.

TABLA 8.1. Velocidades típicas de líquidos en tuberías de acero (m/s)

	$D \leq 2''$	$3'' < D < 10''$	$10'' < D < 20''$
<i>Agua</i>			
Succión bomba.....	0,3-0,6	0,6-1,2	1 -2
Descarga bomba	0,5-1	1 -1,5	1,2-2
Alimentación caldera ...	1,2-3	1,5-3,5	2,5-4,2
Desagües	1 -1,2	1 -1,5	—
<i>Hidrocarburos líquidos (viscosidad normal)</i>			
Succión bomba.....	0,5-0,75	0,6-1,2	1 -2
Desagües	1 -1,2	1 -1,5	—
<i>Aceites viscosos</i>			
Succión bomba:			
— Viscosidad media	—	0,5-1	0,75-1,5
— Alquitrán y fuel-oil. ...	—	0,1-0,2	0,15-0,30
Descarga	—	1 -1,5	1,2-1,8
Desagües	0,3	0,5-1	—

TABLA 8.2. Velocidades típicas de gases y vapores por tuberías (m/s)

Diámetro nominal (pulgadas)	Vapor saturado (baja presión)		Vapor sobrecalentado, o gas (media presión) (alta presión)	
	≤ 2	13-30	12-24	9-18
3-4	15-33	13-27	10-20	
6	18-36	15-36	13-27	
8-10	20-38	24-48	20-38	
12-14	21-39	30-57	24-43	
16-18	23-40	33-63	27-48	
20	24-42	26-66	30-50	

7.2.2. Tuberías de PVC.Schedule 40 Dimensions²

Nom. Pipe Size (in)	O.D.	Average I.D.	Min. Wall	Nom. Wt./Ft.	Max. W.P. PSI**
1/8"	0.405	0.249	0.068	0.051	810
1/4"	0.540	0.344	0.088	0.086	780
3/8"	0.675	0.473	0.091	0.115	620
1/2"	0.840	0.602	0.109	0.170	600
3/4"	1.050	0.804	0.113	0.226	480
1"	1.315	1.029	0.133	0.333	450
1-1/4"	1.660	1.360	0.140	0.450	370
1-1/2"	1.900	1.590	0.145	0.537	330
2"	2.375	2.047	0.154	0.720	280
2-1/2"	2.875	2.445	0.203	1.136	300
3"	3.500	3.042	0.216	1.488	260
3-1/2"	4.000	3.521	0.226	1.789	240
4"	4.500	3.998	0.237	2.118	220
5"	5.563	5.016	0.258	2.874	190
6"	6.625	6.031	0.280	3.733	180
8"	8.625	7.942	0.322	5.619	160
10"	10.750	9.976	0.365	7.966	140
12"	12.750	11.889	0.406	10.534	130
14"	14.000	13.073	0.437	12.462	130
16"	16.000	14.940	0.500	16.286	130
18"	18.000	16.809	0.562	20.587	130
20"	20.000	18.743	0.593	24.183	120
24"	24.000	22.544	0.687	33.652	120

² <http://www.harvel.com/pipepvc-sch40-80-dim.asp>

7.2.3. Tuberías de acero.

Dimensiones, capacidad y pesos de tuberías de acero normalizadas.

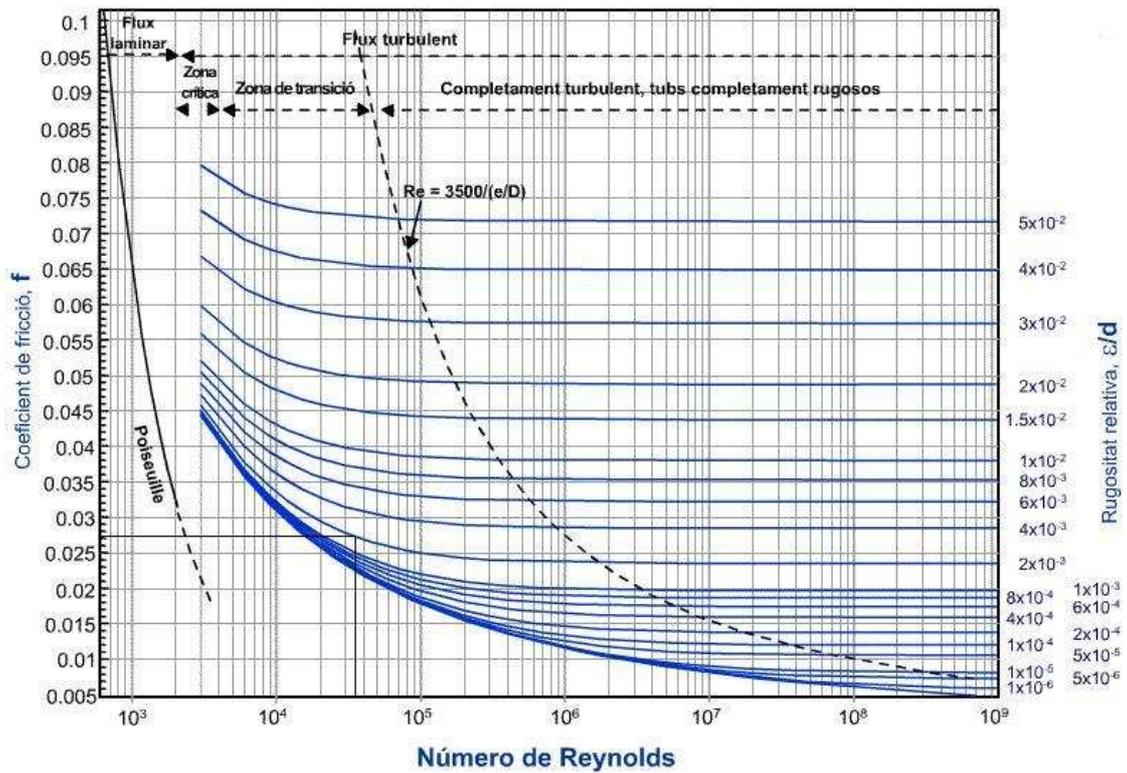
Tamaño nominal de tubería in	Diámetro exterior cm	Número de catálogo	Espesor de pared cm	Diámetro interior cm	Área de la sección transversal de metal cm ²	Área de la sección interior dm ²	Circunferencia m, o superficie m ² /m de longitud		Capacidad para la velocidad de 1 m/seg litros/min	Peso de tubería kg/m
							Exterior	Interior		
1/8	1,029	40	0,173	0,683	0,465	0,00372	0,0323	0,0215	2,198	0,36
			0,241	0,546	0,600	0,00232	0,0323	0,0172	1,405	0,46
1/4	1,372	40	0,224	0,925	0,806	0,00669	0,0430	0,0290	4,032	0,63
			0,302	0,767	1,013	0,00465	0,0430	0,0241	2,772	0,80
3/8	1,715	40	0,231	1,252	1,077	0,01236	0,0540	0,0393	7,387	0,85
			0,320	1,074	1,400	0,00910	0,0540	0,0338	5,436	1,10
1/2	2,134	40	0,277	1,580	1,613	0,01960	0,0671	0,0497	11,76	1,27
			0,373	1,387	2,065	0,01514	0,0671	0,0436	9,066	1,62
3/4	2,667	40	0,287	2,093	2,148	0,03447	0,0838	0,0658	20,64	1,68
			0,391	1,885	2,794	0,02787	0,0838	0,0591	16,74	2,19
1	3,340	40	0,338	2,664	3,187	0,05574	0,1049	0,0838	33,44	2,50
			0,455	2,431	4,123	0,04636	0,1049	0,0762	27,85	3,23
1 1/4	4,216	40	0,356	3,505	4,310	0,09662	0,1326	0,1100	57,89	3,38
			0,485	3,246	5,684	0,08277	0,1326	0,1021	49,65	4,47
1 1/2	4,826	40	0,368	4,089	5,161	0,13136	0,1515	0,1283	78,79	4,05
			0,508	3,810	6,897	0,11380	0,1515	0,1198	68,41	5,40
2	6,033	40	0,391	5,250	6,935	0,21646	0,1896	0,1649	129,9	5,43
			0,554	4,925	9,529	0,19045	0,1896	0,1548	114,3	7,47
2 1/2	7,303	40	0,516	6,271	10,99	0,30861	0,2295	0,2054	185,3	8,62
			0,701	5,900	14,54	0,27331	0,2295	0,1853	164,0	11,40
3	8,890	40	0,549	7,793	14,37	0,47658	0,2792	0,2448	286,2	11,28
			0,762	7,366	19,46	0,42613	0,2792	0,2313	255,7	15,25
3 1/2	10,16	40	0,574	9,012	17,29	0,63822	0,3191	0,2832	382,7	13,56
			0,808	8,545	23,73	0,57319	0,3191	0,2685	344,1	18,62
4	11,43	40	0,602	10,226	20,45	0,82124	0,3591	0,3213	492,8	16,06
			0,856	9,718	28,45	0,74190	0,3591	0,3054	445,0	22,29
5	14,13	40	0,655	12,819	27,74	1,29131	0,4438	0,4026	774,4	21,76
			0,953	12,225	39,42	1,1733	0,4438	0,3841	704,3	30,92
6	16,83	40	0,711	15,405	36,00	1,8636	0,5285	0,4840	1118	28,23
			1,097	14,633	54,19	1,6815	0,5285	0,4596	1009	42,52
8	21,91	40	0,818	20,272	54,17	3,2274	0,6882	0,6367	1937	42,49
			1,270	19,368	82,32	2,9459	0,6882	0,6084	1768	64,57
10	27,31	40	0,927	25,451	76,84	5,0863	0,8577	0,7986	3053	60,24
			1,509	24,287	122,3	4,5688	0,8577	0,7629	2780	95,84
12	32,39	40	1,031	30,323	101,6	7,2211	1,0174	0,9540	4333	79,71
			1,748	28,890	168,2	6,5550	1,0174	0,9083	3933	131,8

† Basado en USAS B 16.10.

7.3. CÁLCULO DEL FACTOR DE FRICCIÓN EN TUBOS RUGOSOS.

En el Diagrama podemos ver que para $Re = 3,5 \cdot 10^4$ y $\epsilon/D = 0.0002$ (acero inoxidable), el valor del factor de fricción de Darcy es de 0,027.

Diagrama de Moody



DOCUMENTO N° 2:

PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

ÍNDICE

CAPITULO I.- APLICACION DEL PLIEGO, DEFINICION DE LAS OBRAS Y ADJUDICACION.

Art.1.- OBJETO DEL PLIEGO	125
Art.2.- PROYECTO	125
Art.3.- CONCURSO.....	126
Art.4.- RETIRADA DE LA DOCUMENTACIÓN DE CONCURSO	126
Art.5.- ACLARACIONES DE LOS LICITADORES.....	126
Art.6. - PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LA OFERTA	127
Art.7.- CONDICIONES LEGALES QUE DEBE REUNIR EL CONTRATISTA PARA PODER OFERTAR.....	129
Art.8.- VALIDEZ DE LAS OFERTAS	130
Art.9.- CONTRADICCIONES Y OMISIONES EN LA DOCUMENTACIÓN.....	131
Art.10.- PLANOS PROVISIONALES Y DEFINITIVOS	131
Art.11.- ADJUDICACIÓN DEL CONCURSO	131
Art.12.- DEVOLUCIÓN DE LOS PLANOS Y DOCUMENTACIÓN	132
Art.13.- PERMISOS A OBTENER POR LA EMPRESA	133
Art.14.- PERMISOS A OBTENER POR EL CONTRATISTA.....	135

CAPITULO II- DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONOMICAS Y LEGALES.

Art.15.- CONTRATO	136
Art.16.- GASTOS E IMPUESTOS	137
Art.17.- FINANZAS PROVISIONAL, DEFINITIVA Y FONDO DE GARANTÍA.....	137
.....	137

Art.18.- ASOCIACIÓN DE CONSTRUCTORES.....	138
Art.19.- SUBCONTRATISTAS.....	139
Art.20.- RELACIONES ENTRE LA EMPRESA Y EL CONTRATISTA Y ENTRE LOS DIVERSOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.....	140
Art.21.- DOMICILIOS Y REPRESENTACIONES	141
Art.22.- OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN MATERIA SOCIAL	141
Art.23.- GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DEL CONTRATISTA	144
Art.24.- GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DE LA EMPRESA.....	146
Art.25.- INDEMNIZACIONES POR CUENTA DEL CONTRATISTA.....	146
Art.26.- PARTIDAS PARA OBRAS ACCESORIAS	147
Art.27.- PARTIDAS ALZADAS	147
Art.28.- REVISIÓN DE PRECIOS	147
Art.29.- RÉGIMEN DE INTERVENCIÓN.....	148
Art.30.- RESCISIÓN DEL CONTRATO.....	149
Art.31.- PROPIEDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL.....	152
Art.32.- DISPOSICIONES LEGALES	152
Art.33.- TRIBUNALES	154

CAPITULO III- DESARROLLO DE LAS OBRAS, CONDICIONES TECNICO- ECONOMICAS.

Art.34.- MODIFICACIONES DEL PROYECTO	155
Art.35.- MODIFICACIONES DE LOS PLANOS.....	156
Art.36.- REPLANTEO DE LAS OBRAS.....	157
Art.37.- ACCESO A LAS OBRAS.....	158
Art.38.- ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS.....	158
Art.39.- VIGILANCIA Y POLICÍA DE LAS OBRAS.....	159
Art.40.- UTILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES AUXILIARES Y EQUIPOS DEL CONTRATISTA.....	160

Art.41.- EMPLEO DE MATERIALES NUEVOS O DE DEMOLICIÓN PERTENECIENTES A LA EMPRESA.....	160
Art.42.- USO ANTICIPADO DE LAS INSTALACIONES DEFINITIVAS.....	160
Art.43.- PLANES DE OBRA Y MONTAJE	161
Art.44.- PLAZOS DE EJECUCIÓN	163
Art.45.- RETENCIONES POR RETRASOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	164
Art.46.- INCUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS Y MULTAS.....	164
Art.47.- SUPRESIÓN DE LAS MULTAS	165
Art.48.- PREMIOS Y PRIMAS	165
Art.49.- RETRASOS OCASIONADOS POR LA EMPRESA.....	165
Art.50.- DAÑOS Y AMPLIACIÓN DEL PLAZO EN CASOS DE FUERZA MAYOR	166
Art.51.- MEDICIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA	166
Art.52.- CERTIFICACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS	168
Art.53.- ABONO DE UNIDADES INCOMPLETAS O DEFECTUOSAS	171
Art.54.- RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LAS OBRAS.....	171
Art.55.- PLAZO DE GARANTÍA.....	172
Art.56.- RECEPCIÓN DEFINITIVA DE LAS OBRAS	173
Art.57.- LIQUIDACIÓN FINAL DE LAS OBRAS	173

CAPITULO I.- APLICACION DEL PLIEGO, DEFINICION DE LAS OBRAS Y ADJUDICACION.

ARTÍCULO 1- OBJETO DEL PLIEGO.

El presente pliego tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas y económicas que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos de obra civil, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

En este ultimo supuesto, se entiende en Contratista Adjudicatario de la obra se compromete a aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del presente Pliego General.

ARTÍCULO 2- PROYECTO.

2.1.- En general, el Proyecto podrá comprender los siguientes documentos:

2.1.1.- Una Memoria que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de carácter general a tener en cuenta. En ella se incluirán unos Anexos a la Memoria, en los que se expondrán todos los cálculos realizados, modelos empleados en ellos, simplificaciones de los modelos, así como las suposiciones que se han tenido en cuenta a la hora de efectuar los cálculos pertinentes.

2.1.2.- Los Planos de conjunto y detalle necesarios para que la planta quede perfectamente definida.

2.1.3.- El cuadro de precios, en el que se incluyen precios de la instalación, materias primas, mantenimiento de la instalación, y posibles ingresos de productos.

2.1.4.- El Pliego de Condiciones Particulares, que incluirá la descripción de las obras e instalaciones, especificaciones de los materiales y elementos constitutivos y normas para la ejecución de los trabajos, así como las bases

económicas y legales que regirán en esa obra. Las condiciones de este Pliego de Condiciones Particulares serán preceptivas y prevalecerán sobre las del Pliego de Condiciones Generales en tanto las modifiquen o contradigan.

ARTÍCULO 3- CONCURSO.

La licitación de la obra se hará por Concurso Restringido, en el que la EMPRESA convocara a las Empresas Constructoras que estime oportuno.

Los concursantes enviarán sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la EMPRESA.

No se considerarán válidas las ofertas presentadas que no cumplan los requisitos citados anteriormente, así como los indicados en la Documentación Técnica enviada.

ARTÍCULO 4- RETIRADA DE DOCUMENTACIÓN DE CONCURSO.

4.1.- Los Contratistas, por sí o a través de sus representantes, podrán retirar dicha documentación de las oficinas de la EMPRESA cuando ésta no les hubiese sido enviada previamente.

4.2.- La EMPRESA, se reserva el derecho de exigir para la retirada de la documentación, un depósito que será reintegrado en su totalidad a los Contratistas que no hubiesen resultado adjudicatarios de la obra, previa devolución de dicha documentación.

ARTÍCULO 5- ACLARACIONES A LOS LICITADORES.

Antes de transcurrido la mitad del plazo estipulado en las bases del Concurso, los Contratistas participantes podrán solicitar por escrito a la EMPRESA las oportunas aclaraciones, en el caso de encontrar discrepancias, errores u omisiones en los Planos, Pliegos de Condiciones o en otros documentos de Concurso, o si se les presentasen dudas en cuanto a su significado.

La EMPRESA, estudiará las peticiones de aclaración e información recibidas y las contestará mediante una nota que remitirá a todos los presuntos licitadores, si estimase que la aclaración solicitada es de interés general.

Si la importancia y repercusión de la consulta así lo aconsejara, la EMPRESA podrá prorrogar el plazo de presentación de ofertas, comunicándolo así a todos los interesados.

ARTÍCULO 6- PRESENTACION DE LA DOCUMENTACION DE LA OFERTA.

Las Empresas que oferten en el Concurso presentarán obligatoriamente los siguientes documentos en original y dos copias:

6.1.- Cuadro de Precios n°1, consignando en letra y cifra los precios unitarios asignados a cada unidad de obra cuya definición figura en dicho cuadro. Estos precios deberán incluir el % de Gastos Generales, Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente. En caso de no coincidir las cantidades expresadas en letra y cifra, se considerará como válida la primera. En el caso de que existiese discrepancia entre los precios unitarios de los Cuadros de Precios Números 1 y 2, prevalecerá el del Cuadro n°1.

6.2.- Cuadro de Precios n°2, en el que se especificará claramente el desglose de la forma siguiente:

6.2.1.- Mano de obra por categorías, expresando el número de horas invertido por categoría y precio horario.

6.2.2.- Materiales, expresando la cantidad que se precise de cada uno de ellos y su precio unitario.

6.2.3.- Maquinaria y medios auxiliares, indicando tipo de máquina, número de horas invertido por máquina y precio horario.

6.2.4.- Transporte, indicando en las unidades que lo precisen el precio por tonelada y kilómetro.

6.2.5.- Varios y resto de obra que incluirán las partidas directas no comprendidas en los apartados anteriores.

6.2.6.- Porcentajes de Gastos Generales, Beneficios Industrial e IVA.

6.3.- Presupuesto de Ejecución Material, obtenido al aplicar los precios unitarios a las mediciones del Proyecto. En caso de discrepancia entre los precios aplicados en el Presupuesto y los del Cuadro de Precios n°1, obligarán los de este último.

Este Presupuesto vendrá desglosado, de acuerdo a lo establecido en el artículo 2.1.3 en dos presupuestos: a) Presupuesto de Obra características y b) Presupuestos de Obra Complementarios, que en los sucesivos artículos de este Pliego recibirán esta denominación.

Las nuevas unidades de obra que aparezcan durante la ejecución de la misma con el carácter establecido se incorporarán previa aplicación de los precios correspondientes, al Presupuesto de Obras Complementarias.

6.4.- Presupuesto Total, obtenido al incrementar el Presupuesto de Ejecución Material en sus dos apartados con el % de IVA.

6.5.- Relación del personal técnico adscrito a la obra y organigrama general del mismo durante el desarrollo de la obra.

6.6.- Relación de maquinaria adscrita a la obra, expresando tipo de máquina, características técnicas fundamentales, años de uso de la máquina y estado general; asimismo relación de máquinas de nueva adquisición que se asignarán a la obra en de resultar adjudicatario. Cualquier sustitución posterior de la misma debe ser aprobada por la EMPRESA. Deberá incluirse asimismo un plan de permanencia de toda la maquinaria en obra.

6.7.- Baremos horarios de mano de obra por categorías y de maquinaria para trabajos por administración. Estos precios horarios incluirán el % de Gastos Generales y Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente.

6.8.- Plan de obra detallado, en el que se desarrollarán en el tiempo las distintas unidades de obra a ejecutar, haciendo mención de los rendimientos medios a obtener.

6.9.- Las empresas que oferten en el Concurso, deberán presentar una fianza en euros, como garantía de mantenimiento de la oferta durante el plazo establecido en cada caso de acuerdo con el Art.9.2. Es potestativa de la EMPRESA la sustitución de la fianza en metálico por un AVAL bancario.

6.10.- Las propuestas económicas y documentación complementaria deberán venir firmadas por el representante legal o apoderado del ofertante quien, a petición de la EMPRESA, deberá probar esta extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

6.11.- Además de la documentación reseñada anteriormente y que el Contratista deberá presentar con carácter obligatorio, la EMPRESA podrá exigir en cada caso, cualquier otro tipo de documentación, como pueden ser referencias, relación de obras ejecutadas, balances de la sociedad, etc.

ARTÍCULO 7.- CONDICIONES LEGALES QUE DEBE REUNIR EL CONTRATISTA PARA PODER OFERTAR.

7.1.-Capacidad para concurrir

Las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que se hallen en plena posesión de su capacidad jurídica y de obrar.

No obstante, serán de aplicación a las Empresas extranjeras las normas de ordenación de la industria y las que regulen las inversiones de capital extranjero, así como las que dicte el Gobierno sobre concurrencia de dichas empresas, antes de la licitación de estas obras.

7.2.-Documentación justificativa para la admisión previa

7.2.1.- Documento oficial o testimonio notarial del mismo que acredite la personalidad del solicitante.

7.2.2.- Documento notarial justificativo de la representación ostentada por el firmante de la propuesta, así como documento oficial acreditativo de su personalidad.

7.2.3.- Documento que justifique haber constituido la fianza provisional en las formas que se determinan en el artículo 7 del Pliego General de Condiciones.

7.2.4.- Carné de "Empresa con Responsabilidad".

7.2.5.- Documento acreditativo de que el interesado está al corriente en el pago del impuesto industrial en su modalidad de cuota fija o de Licencia Fiscal, (o compromiso, en su caso, de su matriculación en este, si resultase adjudicatario de las obras).

7.2.6.- Documento oficial acreditativo de hallarse al corriente de pago de las cuotas de la Seguridad Social y, concretamente, el de cobertura de riesgo de accidentes de trabajo.

ARTÍCULO 8.- VALIDEZ DE LAS OFERTAS.

No se considerará válida ninguna oferta que se presente fuera del plazo señalado en la carta de invitación, o anuncio respectivo, o que no conste de todos los documentos que se señalan en el artículo 7.

Los concursantes se obligan a mantener la validez de sus ofertas durante un periodo mínimo de 90 días a partir de la fecha tope de recepción de ofertas, salvo en la documentación de petición de ofertas se especifique otro plazo.

ARTÍCULO 9.- CONTRADICIONES Y OMISIONES EN LA DOCUMENTACION.

Lo mencionado en el Pliego General de Condiciones de cada obra y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre los Planos y alguno de los mencionados Pliegos de Condiciones, prevalecerá lo escrito en estos últimos.

Las omisiones en los Planos y Pliegos de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que deban ser subsanadas para que pueda llevarse a cabo el espíritu o intención expuesto en los Planos y Pliegos de Condiciones o que, por uso y costumbres, deben ser realizados, no sólo no exime al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si se hubiera sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliegos de Condiciones.

ARTÍCULO 10.- PLANOS PROVISIONALES Y DEFINITIVOS.

10.1.- Con el fin de poder acelerar los trámites de licitación y adjudicación de las obras y consecuente iniciación de las mismas, la EMPRESA, podrá facilitar a los contratistas, para el estudio de su oferta, documentación con carácter provisional. En tal caso, los planos que figuren en dicha documentación no serán válidos para construcción, sino que únicamente tendrán el carácter de informativos y servirán para formar ideas de los elementos que componen la obra, así como para obtener las mediciones aproximadas y permitir el estudio de los precios que sirven de base para el presupuesto de la oferta. Este carácter de planos de información se hará constar expresamente y en ningún caso podrán utilizarse dichos planos para la ejecución de ninguna parte de la obra.

10.2.- Los planos definitivos se entregaran al CONTRATISTA con antelación suficiente a fin de no retrasar la preparación y ejecución de los trabajos.

ARTÍCULO 11.- ADJUDICACION DEL CONCURSO.

11.1.- La EMPRESA procederá a la apertura de las propuestas presentadas por los licitadores y las estudiará en todos sus aspectos. La EMPRESA tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el Concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto el concurso. En este último caso la EMPRESA, podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso pudiendo introducir las variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de Contratistas ofertantes.

11.2.- Transcurriendo el plazo indicado en el Art. 9.2 desde la fecha límite de presentación de oferta, sin que la EMPRESA, hubiese comunicado la resolución del concurso, podrán los licitadores que lo deseen, proceder a retirar sus ofertas, así como las fianzas depositadas como garantía de las mismas.

11.3.- La elección del adjudicatario de la obra por parte de la EMPRESA es irrevocable y, en ningún caso, podrá ser impugnada por el resto de los contratistas ofertantes.

11.4.- La EMPRESA comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el CONTRATISTA a simple requerimiento de la EMPRESA se prestará a formalizar en contrato definitivo. En tanto no se firme este y se constituya la fianza definitiva, la EMPRESA, retendrá la fianza provisional depositada por el CONTRATISTA, a todos los efectos dimanantes del mantenimiento de la oferta.

ARTÍCULO 12.- DEVOLUCION DE PLANOS Y DOCUMENTACION.

12.1.- Los Planos, Pliegos de Condiciones y demás documentación del concurso, entregado por la EMPRESA a los concursantes, deberá ser devuelto después de la adjudicación del concurso, excepto por lo que respecta al ADJUDICATARIO, que deberá conservarla sin poder reclamar la cantidad abonada por dicha documentación.

12.2.- El plazo para devolver la documentación será de 30 días, a partir de la notificación a los concursantes de la adjudicación del concurso y su devolución tendrá lugar en las mismas oficinas de donde fue retirada

12.3.- La EMPRESA, a petición de los concursantes no adjudicatarios, devolverá la documentación correspondiente a las ofertas en un plazo de 30 días, a partir de haberse producido dicha petición.

12.4.- La no devolución por parte de los contratistas no adjudicatarios de la documentación del concurso dentro del plazo, lleva implícita la pérdida de los derechos de la devolución del depósito correspondiente a la referida documentación, si lo hubiese.

ARTÍCULO 13.- PERMISOS A OBTENER POR LA EMPRESA.

13.1.- será responsabilidad de la EMPRESA, la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, siendo a su cargo todos los gastos que se ocasionen por tal motivo.

- Concesión de Aprovechamientos.
- Autorización de Instalaciones.
- Aprobación de Proyectos de Replanteo.
- Declaración de Utilidad Pública.
- Declaración de Urgente Ocupación.

13.2.- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de la instalación.

- Licencia Municipal de Obras.
- Licencia de Apertura, Instalación y Funcionamiento.
- Autorización para vallas.
- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).
- Solicitud de Puesta en Servicio.

13.3.- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de líneas.

- Licencia municipal.

- Autorizaciones para cruces de carreteras, cauces públicos, cañadas, líneas telefónicas y telegráficas, montes públicos y, en general, cuanto dependa de los Organismos Oficiales.
- Permisos de propietarios de fincas afectadas.
- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).
- Solicitud de Puesta en Servicio.

13.4.- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje.

- Apertura del Centro de trabajo. (Igual responsabilidad incumbe al Contratista, por lo que a él respecta).
- Licencia Municipal de Obras.
- Autorización del Servicio de Pesca, cuando se prevea alteración en el curso de las aguas.
- Enlace de pistas definitivas con carreteras con la aprobación de las Jefaturas de Obras Públicas ò Diputaciones.
- Aprobación de Proyectos de Sustitución de Servidumbres.
- Autorizaciones que deban ser concedidas por Confederaciones Hidrográficas, Comisaría de Aguas, Servicio de Vigilancia de Presas, Servicio Geológico, MOPU y restantes Organismos Oficiales en relación directa con el Proyecto.
- Tramitación de expropiaciones de terrenos ocupados por las instalaciones y obras definitivas.

- Reconocimiento final de la obra y puesta en marcha mediante Acta que levantaran conjuntamente los representantes de Industria y Obras Públicas.
- Alta en Contribución Urbana y Licencia Fiscal.
- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).

ARTÍCULO 14.- PERMISOS A OBTENER POR EL CONTRATISTA.

Serán a cuenta y cargo del Contratista, además de los permisos inherentes a su condición de tal, la obtención de los permisos que se relacionan:

- Apertura del Centro del Trabajo.
- Permiso para el transporte de obreros.
- Autorización de barracones, por Obras Públicas ò Diputación, siempre que se encuentren en la zona de influencia de carreteras y, en cualquier caso la licencia municipal.
- Autorización para la instalación y funcionamiento de escuelas, botiquines y economatos.
- Alta de talleres en Industria y Hacienda.
- Autorización de Industria para las instalaciones Eléctricas provisionales.
- Permiso de Obras Públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación. (podrá ser responsabilidad del Contratista si así lo estipulase el contrato).

CAPITULO II.- DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONOMICAS Y LEGALES.

ARTÍCULO 15.- CONTRATO.

15.1.- A tenor de lo dispuesto en el artículo 12.4 el CONTRATISTA, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la EMPRESA, depositará la fianza definitiva y formalizará el Contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

15.2.- El Contrato, tendrá carácter de documento privado, pudiendo ser elevado a público, a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del CONTRATISTA los gastos que ello origine.

15.3.- Una vez depositada la fianza definitiva y firmado el Contrato, la EMPRESA procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, si la hubiera.

15.4.- Cuando por causas imputables al CONTRATISTA, no se pudiera formalizar el Contrato en el plazo, la EMPRESA podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional.

15.5.- A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de comienzo de las mismas la que se especifique en el Pliego Particular de Condiciones y en su defecto la de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al CONTRATISTA en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de la firma del contrato.

15.6.- El Contrato, será firmado por parte del CONTRTISTA, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

ARTÍCULO 16.- GASTOS E IMPUESTOS.

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden, que por disposición del Estado, Provincia o Municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del contratista con excepción del IVA.

Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas entre si. En ningún caso podrá ser causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato.

ARTÍCULO 17.- FIANZAS PROVISIONAL, DEFINITIVA Y FONDO DE GARANTIA.

17.1.- Fianza provisional.

La fianza provisional del mantenimiento de la ofertas se constituirá por los contratistas ofertantes por la cantidad que se fije en las bases de licitación.

Esta fianza se depositará al tomar parte en el concurso y se hará en efectivo.

Por lo que a plazo de mantenimiento, alcance de la fianza y devolución de la misma se refiere, se estará a lo establecido en los artículos 6, 8 y 11 del presente Pliego General.

17.2.- Fianza definitiva.

A la firma del contrato, el CONTRATISTA deberá constituir la fianza definitiva por un importe igual al 5% del Presupuesto Total de adjudicación.

En cualquier caso la EMPRESA se reserva el derecho de modificar el anterior porcentaje, estableciendo previamente en las bases del concurso el importe de esta fianza.

La fianza se constituirá en efectivo ò por Aval Bancario realizable a satisfacción de la EMPRESA. En el caso de que el Aval Bancario sea prestado por varios Bancos, todos ellos quedarán obligados solidariamente con la EMPRESA y con renuncia expresa a los beneficios de división y exclusión.

El modelo de Aval Bancario será facilitado por la EMPRESA debiendo ajustarse obligatoriamente el CONTRATISTA a dicho modelo.

La fianza tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada esta.

Dicha liquidación seguirá a la recepción definitiva de la obra que tendrá lugar una vez transcurrido el plazo de garantía a partir de la fecha de la recepción provisional. Esta fianza inicial responde del cumplimiento de todas las obligaciones del contratista, y quedará a beneficio de la EMPRESA en los casos de abandono del trabajo o de rescisión por causa imputable al CONTRATISTA.

17.3.- Fondo de garantía.

Independientemente de esta fianza, la EMPRESA retendrá el 5% de las certificaciones mensuales, que se irán acumulando hasta constituir un fondo de garantía.

Este fondo de garantía responderá de los defectos de ejecución o de la mala calidad de los materiales, suministrados por el CONTRATISTA, pudiendo la EMPRESA realizar con cargo a esta cuenta las reparaciones necesarias, en caso de que el CONTRATISTA no ejecutase por su cuenta y cargo dicha reparación.

Este fondo de garantía se devolverá, una vez deducidos los importes a que pudiese dar lugar el párrafo anterior, a la recepción definitiva de las obras.

ARTÍCULO 18.- ASOCIACION DE CONSTRUCTORES.

18.1.- Si las obras licitadas se adjudicasen en común a un grupo o asociación de constructores, la responsabilidad será conjunta y solidaria, con relación al compromiso contraído por el grupo o asociación.

18.2.- Los componentes del grupo o asociación delegarán en uno de ellos, a todos los efectos, la representación ante la EMPRESA. Esta delegación se realizará por medio de un representante responsable provisto de poderes, tan amplios como proceda, para actuar ante la EMPRESA en nombre del grupo o asociación.

18.3.- La designación de representante, para surtir efecto, deberá ser aceptada y aprobada por la EMPRESA por escrito.

ARTÍCULO 19.- SUBCONTRATISTAS.

El CONTRATISTA podrá subcontratar o destajar cualquier parte de la obra, previa autorización de la Dirección de la misma, para lo cual deberá informar con anterioridad a esta, del alcance y condiciones técnico-económicas del Subcontrato.

La EMPRESA, a través de la Dirección de la Obra, podrá en cualquier momento requerir del CONTRATISTA la exclusión de un Subcontratista por considerar al mismo incompetente, o que no reúne las necesarias condiciones, debiendo el CONTRATISTA tomar las medidas necesarias para la rescisión de este Subcontrato, sin que por ello pueda presentar reclamación alguna a la EMPRESA.

En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre los Subcontratistas o destajistas y la EMPRESA, como consecuencia de la ejecución por aquellos de trabajos parciales correspondientes al Contrato principal, siendo siempre responsable el CONTRATISTA ante la EMPRESA de todas las actividades del Subcontratista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

Los trabajos específicos que requieran una determinada especialización y que no estuviesen incluidos en el Presupuesto del Contrato, bien por que aún estando previstos en la Memoria y/o Planos de Concurso, no se hubiese solicitado para ellos oferta económica, bien por que su necesidad surgiese a posteriori durante la ejecución del Contrato, podrán ser adjudicados por la EMPRESA directamente a la Empresa que libremente elija, debiendo el CONTRATISTA prestar las ayudas necesarias para la realización de los mismos.

ARTÍCULO 20.- RELACIONES ENTRE LA EMPRESA Y EL CONTRATISTA Y ENTRE LOS DIVERSOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.

20.1.- El CONTRATISTA está obligado a suministrar, en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato, de la que la EMPRESA ELECTRICA juzgue necesario tener conocimiento. Entre otras razones por la posible incidencia de los trabajos confiados al CONTRATISTA, sobre los de otros Contratistas y suministradores.

20.2.- El CONTRATISTA debe ponerse oportunamente en relación con los demás contratistas y suministradores, a medida que estos sean designados por la EMPRESA, con el fin de adoptar de común acuerdo las medidas pertinentes para asegurar la coordinación de los trabajos, el buen orden de la obra, y la seguridad de los trabajadores.

20.3.- Cuando varios contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre su uso suplementario y el reparto de los gastos correspondientes. Repartirán también entre ellos, proporcionalmente a su utilización, las cargas relativas a los caminos de acceso.

20.4.- La EMPRESA deberá estar permanentemente informada de los acuerdos tomados al amparo del párrafo anterior, para en el caso de presentarse dificultades o diferencias, tomar la resolución que proceda, o designar el árbitro a quien haya de someterse dichas diferencias. La decisión del árbitro designado por la EMPRESA es obligatoria para los interesados. En ningún caso en la EMPRESA deberá encontrarse durante los trabajos, en presencia de una situación de hecho que tuviese lugar por falta de información por parte del CONTRATISTA.

20.5.- Cuando varios contratistas trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que pudiera derivarse de su propia actuación.

ARTÍCULO 21.- DOMICILIOS Y REPRESENTACIONES.

21.1.- El CONTRATISTA está obligado, antes de iniciarse las obras objeto del contrato a constituir un domicilio en la proximidad de las obras, dando cuenta a la EMPRESA del lugar de ese domicilio.

21.2.- Seguidamente a la notificación del contrato, la EMPRESA comunicará al CONTRATISTA su domicilio a efectos de la ejecución del contrato, así como nombre de su representante.

21.3.- Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el CONTRATISTA designará su representante a pie de obra y se lo comunicará por escrito a la EMPRESA especificando sus poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la representación de la EMPRESA. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el CONTRATISTA la ausencia de su representante a pie de obra.

21.4.- El CONTRATISTA está obligado a presentar a la representación de la EMPRESA antes de la iniciación de los trabajos, una relación comprensiva del personal facultativo responsable de la ejecución de la obra contratada y a dar cuenta posteriormente de los cambios que en el mismo se efectúen, durante la vigencia del contrato.

21.5.- La designación del representante del CONTRATISTA, así como la del personal facultativo, responsable de la ejecución de la obra contratada, requiere la conformidad y aprobación de la EMPRESA quien por motivo fundado podrá exigir el CONTRATISTA la remoción de su representante y la de cualquier facultativo responsable.

ARTÍCULO 22.- OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN MATERIA SOCIAL.

El CONTRATISTA estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

En lo referente a las obligaciones del CONTRATISTA en materia de seguridad e higiene en el trabajo, estas quedan detalladas de la forma siguiente:

22.1.- El CONTRATISTA es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.

22.2.- A tal efecto el CONTRATISTA debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios que especifique con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones, estime necesario tomar en la obra.

Este Plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- La seguridad de su propio personal, del de la EMPRESA y de terceros.
- La Higiene y Primeros Auxilios a enfermos y accidentados.
- La seguridad de las instalaciones.

El Plan de seguridad así concebido debe comprender la aplicación de las Normas de Seguridad que la EMPRESA prescribe a sus empleados cuando realizan trabajos similares a los encomendados al personal del CONTRATISTA, y que se encuentran contenidas en las Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios redactadas por U.N.E.S.A.

El Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios deberá ser comunicado a la EMPRESA en el plazo de tres meses a partir de la firma del contrato. El incumplimiento de este plazo puede ser motivo de resolución del contrato.

La adopción de cualquier modificación o ampliación al plan previamente establecido, en razón de la variación de las circunstancias de la obra, deberá ser puesta inmediatamente en conocimiento de la EMPRESA.

22.3.- Los gastos originados por la adopción de las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios son a cargo del CONTRATISTA y se considerarán incluidos en los precios del contrato.

Quedan comprendidas en estas medidas, sin que su enumeración las limite:

- La formación del personal en sus distintos niveles profesionales en materia de seguridad, higiene y primeros auxilios, así como la información al mismo mediante carteles, avisos o señales de los distintos riesgos que la obra presente.
- El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como en los accesos a aquellos.
- Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos y maquinas, almacenes, polvorines, etc., incluidas las protecciones contra incendios.
- El establecimiento de las medidas encaminadas a la eliminación de factores nocivos, tales como polvos, humos, gases, vapores, iluminación deficiente, ruidos, temperatura, humedad, y aireación deficientes, etc.
- El suministro a los operarios de todos los elementos de protección personal necesarios, así como de las instalaciones sanitarias, botiquines, ambulancias, que las circunstancias hagan igualmente necesarias. Asimismo, el CONTRATISTA debe proceder a su costa al establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio de comedor y menaje, barracones, suministro de agua, etc., que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.

22.4.- Los contratistas que trabajan en una misma obra deberán agruparse en el seno de un Comité de Seguridad, formado por los representantes de las empresas, Comité que tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios, tanto a nivel individual como colectivo.

De esta forma, cada contratista debe designar un representante responsable ante el Comité de Seguridad. Las decisiones adoptadas por el Comité se aplicarán a todas las empresas, incluso a las que lleguen con posterioridad a la obra.

Los gastos resultantes de esta organización colectiva se prorratearán mensualmente entre las empresas participantes, proporcionalmente al número de jornales, horas de trabajo de sus trabajadores, o por cualquier otro método establecido de común acuerdo.

El CONTRATISTA remitirá a la representación de la EMPRESA, con fines de información copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar la dicha baja. Igualmente por la Secretaría del Comité de Seguridad previamente aprobadas por todos los representantes.

El incumplimiento de estas obligaciones por parte del CONTRATISTA o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico designado por él, no implicará responsabilidad alguna para la EMPRESA.

ARTÍCULO 23.- GASTOS DE CARACTER GENERAL POR CUENTA DEL CONTRATISTA.

23.1.- Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el CONTRATISTA; los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, oficinas, almacenes y cobertizos pertenecientes al CONTRATISTA; los correspondientes a los caminos de servicio, señales de tráfico provisionales para las vías públicas en las que se dificulte el tránsito, así como de los equipos necesarios para organizar y controlar este en evitación de accidentes de cualquier clase; los de protección de materiales y la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los reglamentos vigentes para el

almacenamiento de explosivos y combustibles; los de limpieza de los espacios interiores y exteriores; los de construcción, conservación y retirada de pasos, caminos provisionales y alcantarillas; los derivados de dejar tránsito a peatones y vehículos durante la ejecución de las obras; los de desviación de alcantarillas, tuberías, cables eléctricos y, en general, de cualquier instalación que sea necesario modificar para las instalaciones provisionales del CONTRATISTA; los de construcción, conservación, limpieza y retirada de las instalaciones sanitarias provisionales y de limpieza de los lugares ocupados por las mismas; los de retirada al fin de la obra de instalaciones, herramientas, materiales, etc., y limpieza general de la obra.

23.2.- Salvo que se indique lo contrario, será de cuenta del CONTRATISTA el montar, conservar y retirar las instalaciones para el suministro del agua y de la energía eléctrica necesaria para las obras y la adquisición de dichas aguas y energía.

23.3.- Serán de cuenta del CONTRATISTA los gastos ocasionados por la retirada de la obra, de los materiales rechazados, los de jornales y materiales para las mediciones periódicas para la redacción de certificaciones y los ocasionados por la medición final; los de pruebas, ensayos, reconocimientos y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales y definitivas, de las obras; la corrección de las deficiencias observadas en las pruebas, ensayos, etc., y los gastos derivados de los asientos o averías, accidentes o daños que se produzcan en estas pruebas y la reparación y conservación de las obras durante el plazo de garantía.

23.4.- además de los ensayos a los que se refiere los apartados 23.1 y 23.3 de este artículo, serán por cuenta del CONTRATISTA los ensayos que realice directamente con los materiales suministrados por sus proveedores antes de su adquisición e incorporación a la obra y que en su momento serán controlados por la EMPRESA para su aceptación definitiva. Serán así mismo de su cuenta aquellos ensayos que el CONTRATISTA crea oportuno realizar durante la ejecución de los trabajos, para su propio control.

23.5.- Por lo que a gastos de replanteo se refiere y a tenor de lo dispuesto en el artículo 37 "Replanteo de las obras", serán por cuenta del CONTRATISTA todos los gastos de replanteos secundarios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, a partir del

replanteo principal definido en dicho artículo 36 y cuyos gastos correrán por cuenta de la EMPRESA.

23.6.- En los casos de resolución del Contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del CONTRATISTA los gastos de jornales y materiales ocasionados por la liquidación de las obras y los de las Actas Notariales que sean necesario levantar, así como los de retirada de los medios auxiliares que no utilice la EMPRESA o que le devuelva después de utilizados.

ARTÍCULO 24.- GASTOS DE CARACTER GENERAL POR CUENTA DE LA EMPRESA.

Serán por cuenta de la EMPRESA los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la EMPRESA o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, salvo los indicados en el artículo 23, y el transporte de los materiales suministrados por la EMPRESA, hasta el almacén de obra, sin incluir su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma.

Asimismo, serán a cargo de la EMPRESA los gastos de primera instalación, conservación y mantenimiento de sus oficinas de obra, residencias, poblado, botiquines, laboratorios, y cualquier otro edificio e instalación propiedad de la EMPRESA y utilizados por el personal empleado de esta empresa, encargado de la dirección y vigilancia de las obras.

ARTÍCULO 25.- INDEMNIZACIONES POR CUENTA DEL CONTRATISTA.

Será de cuenta del CONTRATISTA la reparación de cualquier daño que pueda ocasionar sus instalaciones y construcciones auxiliares en propiedades particulares; los producidos por la explotación de canteras, la extracción de tierras para la ejecución de terraplenes; los que se originen por la habilitación de caminos y vías provisionales y, finalmente, los producidos en las demás operaciones realizadas por el CONTRATISTA para la ejecución de las obras.

ARTÍCULO 26.- PARTIDAS PARA OBRAS ACCESORIAS.

Las cantidades calculadas para obras accesorias, que como consecuencia de su escasa o nula definición, figuren en el presupuesto general con una partida alzada, no se abonará por su monto total.

En consecuencia estas obras accesorias se abonarán a los precios unitarios del Contrato y conforme a las unidades y medidas que se obtengan de los proyectos que se realicen para ellas y de su medición final.

ARTÍCULO 27.- PARTIDAS ALZADAS.

Las partidas alzadas consignadas en los presupuestos para obras o servicios se abonarán por su importe una vez realizados totalmente dichos trabajos.

Quedan excluidas de este sistema de abono, las obras accesorias que se liquidarán conforme a lo indicado en el artículo 26.

ARTÍCULO 28.- REVISION DE PRECIOS.

28.1.- La EMPRESA adopta para las revisiones de los precios el sistema de fórmulas polinómicas vigentes para las obras del Estado y Organismos Autónomos, establecido por el Decreto-Ley 2/1964 de 4 de febrero (B.O.E. de 6-II-64), especialmente en lo que a su artículo 4º se refiere.

28.2.- En el Pliego Particular de Condiciones de la obra, se establecerá la fórmula o fórmulas poli nómicas a emplear, adoptando de entre todas las reseñadas en el Decreto-Ley 3650/1970 de 19 de diciembre (B.O.E. 29-XII-70) la que más se ajuste a las características de la obra contratada.

Si estas características así lo aconsejan, la EMPRESA se reserva el derecho de establecer en dicho Pliego nuevas fórmulas, modificando los coeficientes o las variables de las mismas.

28.3.- Para los valores actualizados de las variables que inciden en la fórmula, se tomarán para cada mes los que faciliten el Ministerio de Hacienda una vez publicados en el B.O.E. Los valores iniciales corresponderán a los del mes de la fecha del Contrato.

28.4.- Una vez obtenido el índice de revisión mensual, se aplicará al importe total de la certificación correspondiente al mes de que se trate, siempre y cuando la obra realizada durante dicho periodo, lo haya sido dentro del programa de trabajo establecido.

En el caso de que las obras se desarrollen con retraso respecto a dicho programa, las certificaciones mensuales producidas dentro del plazo se revisarán por los correspondientes índices de revisión hasta el mes previsto para la terminación de los trabajos. En este momento, dejarán de actualizarse dicho índice y todas las certificaciones posteriores que puedan producirse, se revisarán con este índice constante.

28.5.- Los aumentos de presupuesto originados por las revisiones de precios oficiales, no se computarán a efectos de lo establecido en el artículo 35, "Modificaciones del proyecto".

28.6.- Si las obras a realizar fuesen de corta duración, la EMPRESA podrá prescindir de la cláusula de revisión de precios, debiéndolo hacer constar así expresamente en las bases del Concurso.

ARTÍCULO 29.- REGIMEN DE INTERVENCION.

29.1.- Cuando el CONTRATISTA no de cumplimiento, sea a las obligaciones o disposiciones del Contrato, sea a las órdenes de servicio que les sean dadas por la EMPRESA, esta le requerirá a cumplir este requisito de órdenes en un plazo determinado, que, salvo en casos de urgencia, no será nunca menor de 10 días a partir de la notificación de requerimiento.

29.2.- Pasado este plazo, si el CONTRATISTA no ha ejecutado las disposiciones dadas, la EMPRESA podrá ordenar a título provisional el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del CONTRATISTA.

29.3.- Se procederá inmediatamente, en presencia del CONTRATISTA, o habiéndole convocado debidamente, a la comprobación de las obras ejecutadas, de los materiales

acopiados así como al inventario descriptivo del material del CONTRATISTA, y a la devolución a este de la parte de materiales que no utilizara la EMPRESAS para la terminación de los trabajos.

29.4.- La EMPRESA tiene por otra parte, la facultad, sea de ordenar la convocatoria de un nuevo concurso, en principio sobre petición de ofertas, por cuenta y riesgo del CONTRATISTA incumplidor, sea de ejercitar el derecho de rescisión pura y simple del contrato, sea de prescribir la continuación de la intervención.

29.5.- Durante el periodo de Régimen de intervención, el CONTRATISTA podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda, de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la EMPRESA.

29.6.- El CONTRATISTA podrá, por otra parte, ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

29.7.- Los excedentes de gastos que resulte de la intervención o del nuevo contrato serán deducidos de las sumas, que puedan ser debidas al CONTRATISTA, sin perjuicios de los derechos a ejercer contra él en caso de ser insuficientes.

29.8.- Si la intervención o el nuevo contrato supone, por el contrario una disminución de gastos, el CONTRATISTA no podrá pretender beneficiarse en ninguna parte de la diferencia, que quedará a favor de la EMPRESA.

ARTÍCULO 30.- RESCISIÓN DEL CONTRATO.

30.1.- Cuando a juicio de la EMPRESA el incumplimiento por parte del CONTRATISTA de alguna de las cláusulas del Contrato, pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la EMPRESA podrá decidir la resolución del Contrato, con las penalidades a que hubiera lugar. Asimismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes.

30.1.1.- Cuando no se hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se hubiera aportado la maquinaria relacionada en la

oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25%, o si el CONTRATISTA hubiese sustituido dicha maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización de la EMPRESA.

30.1.2.- Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado para la Obra característica.

30.1.3.- Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% de presupuesto de Obra característica tal como se define en el artículo 6.3. La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho plazo, no obligará a la EMPRESA a la prórroga del mismo, siendo potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del Contrato.

30.2.- será así mismo causa suficiente para la rescisión, alguno de los hechos siguientes:

30.2.1.- La quiebra, fallecimiento o incapacidad del CONTRATISTA. En este caso, la EMPRESA podrá optar por la resolución del Contrato, o por que se subroguen en el lugar del CONTRATISTA los indicios de la quiebra, sus causa habitantes o sus representantes.

30.2.2.- La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el CONTRATISTA fuera una persona jurídica.

30.2.3.- Si el CONTRATISTA es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previstos en alguno de los apartados 31.2 la EMPRESA estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del Contrato a las restantes empresas que constituyen la agrupación temporal o para acordar la resolución del Contrato. Si la EMPRESA optara en ese momento por la rescisión, esta no producirá pérdida de la fianza, salvo que concurriera alguna otra causa suficiente para declarar tal pérdida.

30.3- Procederá asimismo la rescisión, sin pérdida de fianza por el CONTRATISTA, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas al CONTRATISTA, no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada, dentro del plazo de 3 meses, a partir de la fecha de adjudicación.

30.4.- En el caso de que se incurriese en las causas de resolución del Contrato conforme a las cláusulas de este Pliego General de Condiciones, o del Particular de la obra, la EMPRESA se hará cargo de las obras en la situación en que se encuentren, sin otro requisito que el del levantamiento de un Acta Notarial o simple, si ambas partes prestan su conformidad, que refleje la situación de la obra, así como de acopios de materiales, maquinaria y medios auxiliares que el CONTRATISTA tuviese en ese momento en el emplazamiento de los trabajos. Con este acto de la EMPRESA el CONTRATISTA no podrá poner interdicto ni ninguna otra acción judicial, a la que renuncie expresamente.

30.5.- Siempre y cuando el motivo de la rescisión sea imputable al CONTRATISTA, este se obliga a dejar a disposición de la EMPRESA hasta la total terminación de los trabajos, la maquinaria y medios auxiliares existentes en la obra que la EMPRESA estime necesario, pudiendo el CONTRATISTA retirar los restantes. La EMPRESA abonará por los medios, instalaciones y maquinas que decida deben continuar en obra, un alquiler igual al estipulado en el baremo para trabajos por administración, pero descontando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial del CONTRATISTA.

30.6.- El CONTRATISTA se compromete como obligación subsidiaria de la cláusula anterior, a conservar la propiedad de las instalaciones, medios auxiliares y maquinaria seleccionada por la EMPRESA o reconocer como obligación preferente frente a terceros, la derivada de dicha condición.

30.7.- La EMPRESA comunicará al CONTRATISTA, con treinta días de anticipación, la fecha en que desea reintegrar los elementos que venía utilizando, los cuales dejará de devengar interés alguno a partir de su devolución, o a los 30 días de la notificación, si el CONTRATISTA no se hubiese hecho cargo de ellos. En todo caso, la devolución se realizará siempre a pie de obra, siendo por cuenta del CONTRATISTA los gastos de su traslado definitivo.

30.8.- En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías, fianzas, etc. a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el CONTRATISTA hasta la fecha de la rescisión.

ARTÍCULO 31.- PROPIEDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL.

31.1.- Al suscribir el Contrato, el CONTRATISTA garantiza a la EMPRESA contra toda clase de reclamaciones que se refieran a suministros y materiales, procedimientos y medios utilizados para la ejecución de las obras y que procedan de titulares (JOE) de patentes, licencias, planos, modelos, marcas de fábrica o comercio.

En el caso de que fuera necesario, corresponde al CONTRATISTA la obtención de las licencias o a utilidades precisas y soportar la carga de los derechos e indemnizaciones correspondientes.

31.2.- En caso de acciones dirigidas contra la EMPRESA por terceros titulares de licencias, autorizaciones, planos, modelos, marcas de fábrica o de comercio utilizadas por el CONTRATISTA para la ejecución de los trabajos, el CONTRATISTA responderá ante la EMPRESA del resultado de dichas acciones estando obligado además a prestarle su plena ayuda en el ejercicio de las excepciones que competan a la EMPRESA.

ARTÍCULO 32.- DISPOSICIONES LEGALES.

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M. 9-III-71).
- Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71 de 11-III-71).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la construcción (O.M. 20-V-52).
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21-XI-59).

- Ordenanza de Trabajo de la construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-VIII-70).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20-IX-73).
- Reglamento de líneas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-XI-68).
- Normas Para Señalización de Obras en las Carreteras (O.M. 14-III-60).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción y Estatuto de los Trabajadores.
- Obligatoriedad de la Inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los Proyectos de Edificación y Obras Públicas (Real Decreto 555/1986, 21-II-86).
- Cuantas disposiciones legales de carácter social, de protección a la industria nacional, etc., rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.
- Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones Eléctricas y Centros de Transformación (real Decreto 3275/1982 de 12-XI-82).
- Viene también obligado al cumplimiento de cuanto la Dirección de Obra le dicte encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y de la obra en general. En ningún caso dicho cumplimiento eximirá de responsabilidad al CONTRATISTA.

ARTÍCULO 33.- TRIBUNALES.

El CONTRATISTA renuncia al fuero de su propio domicilio y se compromete a sustanciar cuantas reclamaciones origine el Contrato ante los tribunales.

CAPITULO III.- DESARROLLO DE LAS OBRAS. CONDICIONES TECNICO-ECONOMICAS.

ARTÍCULO 34.- MODIFICACIONES DEL PROYECTO.

34.1.- La EMPRESA podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre que no varíen las características principales de las obras.

También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que esta sea de las comprendidas en el contrato.

Cuando se trate de aclarar o interpretar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes o instrucciones se comunicarán exclusivamente por escrito al CONTRATISTA, estando obligado este a su vez a devolver una copia suscribiendo con su firma el enterado.

34.2.- Todas estas modificaciones serán obligatorias para el CONTRATISTA, y siempre que, a los precios del Contrato, sin ulteriores omisiones, no alteren el Presupuesto total de Ejecución Material contratado en más de un 35%, tanto en más como en menos, el CONTRATISTA no tendrá derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ninguna clase.

Si la cuantía total de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el CONTRATISTA, fuese a causa de las modificaciones del Proyecto, inferior al Presupuesto Total de Ejecución Material del Contrato en un porcentaje superior al 35%, el CONTRATISTA tendrá derecho a indemnizaciones.

Para fijar su cuantía, el contratista deberá presentar a la EMPRESA en el plazo máximo de dos meses a partir de la fecha de dicha certificación final, una petición de indemnización con las justificaciones necesarias debido a los posibles aumentos de los

gastos generales e insuficiente amortización de equipos e instalaciones, y en la que se valore el perjuicio que le resulte de las modificaciones introducidas en las previsiones del Proyecto. Al efectuar esta valoración el CONTRATISTA deberá tener en cuenta que el primer 35% de reducción no tendrá repercusión a estos efectos.

Si por el contrario, la cuantía de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el CONTRATISTA, fuese, a causa de las modificaciones del Proyecto, superior al Presupuesto Total de Ejecución Material del Contrato y cualquiera que fuere el porcentaje de aumento, no procederá el pago de ninguna indemnización ni revisión de precios por este concepto.

34.3.- No se admitirán mejoras de obra más que en el caso de que la Dirección de la Obra haya ordenado por escrito, la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, o salvo que la Dirección de Obra, ordene también por escrito la ampliación de las contratadas. Se seguirá el mismo criterio y procedimiento, cuando se quieran introducir innovaciones que supongan una reducción apreciable en las unidades de obra contratadas.

ARTÍCULO 35.- MODIFICACIONES DE LOS PLANOS.

35.1.- Los planos de construcción podrán modificar a los provisionales de concurso, respetando los principios esenciales y el CONTRATISTA no puede por ello hacer reclamación alguna a la EMPRESA.

35.2.- El carácter complejo y los plazos limitados de que se dispone en la ejecución de un Proyecto, obligan a una simultaneidad entre las entregas de las especificaciones técnicas de los suministradores de equipos y la elaboración de planos definitivos de Proyecto.

Esta simultaneidad implica la entrega de planos de detalle de obra civil, relacionada directamente con la implantación de los equipos, durante todo el plazo de ejecución de la obra.

La EMPRESA tomará las medidas necesarias para que estas modificaciones no alteren los planos de trabajo del CONTRATISTA entregando los planos con la suficiente antelación para que la preparación y ejecución de estos trabajos se realice de acuerdo con el programa previsto.

El CONTRATISTA por su parte no podrá alegar desconocimiento de estas definiciones de detalle, no incluidas en el proyecto base, y que quedará obligado a su ejecución dentro de las prescripciones generales del Contrato.

35.3.- El CONTRATISTA deberá confrontar, inmediatamente después de recibidos, todos los planos que le hayan sido facilitados, debiendo informar por escrito a la EMPRESA en el plazo máximo de 15 días y antes de proceder a su ejecución, de cualquier contradicción, error u omisión que lo exigiera técnicamente incorrectos.

ARTÍCULO 36.- REPLANTEO DE LAS OBRAS.

36.1.- La EMPRESA entregará al CONTRATISTA los hitos de triangulación y referencias de nivel establecidos por ella en la zona de obras a realizar. La posición de estos hitos y sus coordenadas figurarán en un plano general de situación de las obras.

36.2.- Dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación el CONTRATISTA verificará en presencia de los representantes de la EMPRESA el plano general de replanteo y las coordenadas de los hitos, levantándose el Acta correspondiente.

36.3.- La EMPRESA precisará sobre el plano de replanteo las referencias a estos hitos de los ejes principales de cada una de las obras.

36.4.- El CONTRATISTA será responsable de la conservación de todos los hitos y referencias que se le entreguen. Si durante la ejecución de los trabajos, se destruyese alguno, deberá reponerlos por su cuenta y bajo su responsabilidad.

El CONTRATISTA establecerá en caso necesario, hitos secundarios y efectuará todos los replanteos precisos para la perfecta definición de las obras a ejecutar, siendo de su responsabilidad los perjuicios que puedan ocasionarse por errores cometidos en dichos replanteos.

ARTÍCULO 37.- ACCESOS A LAS OBRAS.

37.1.- Los caminos y accesos provisionales a los diferentes tajos de obra, serán construidos por el CONTRATISTA por su cuenta y cargo.

37.2.- Para que la EMPRESA apruebe su construcción en el caso de que afecten a terceros interesados, el CONTRATISTA habrá debido llegar a un previo acuerdo con estos.

37.3.- Los caminos y accesos estarán situados en la medida de lo posible, fuera del lugar de emplazamiento de las obras definitivas. En el caso de que necesariamente hayan de transcurrir por el emplazamiento de obras definitivas, las modificaciones posteriores, necesarias para la ejecución de los trabajos, serán a cargo del CONTRATISTA.

37.4.- Si los mismos caminos han de ser utilizados por varios Contratistas, estos deberán ponerse de acuerdo entre sí sobre el reparto de sus gastos de construcción y conservación.

37.5.- La EMPRESA se reserva el derecho de transitar libremente por todos los caminos y accesos provisionales de la obra, sin que pueda hacerse repercutir sobre ella gasto alguno en concepto de conservación.

ARTÍCULO 38.- ORGANIZACION DE LAS OBRAS.

38.1.- El CONTRATISTA tendrá un conocimiento completo de la disposición de conjunto de los terrenos, de la importancia y situación de las obras objeto de contrato, de las zonas reservadas para la obra, de los medios de acceso, así como de las condiciones climáticas de la región, especialmente del régimen de las aguas y de la frecuencia e importancia de las crecidas de los ríos, que puedan afectar a los trabajos.

38.2.- La EMPRESA pondrá gratuitamente a disposición del CONTRATISTA, mientras duren los trabajos, todos los terrenos cuya ocupación definitiva sea necesaria para la implantación de las obras objeto del contrato.

38.3.- también pondrá la EMPRESA gratuitamente a disposición del CONTRATISTA, los terrenos de su propiedad y que puedan ser adecuados para las obras auxiliares e instalaciones.

38.4.- En el plazo de un mes a partir de la fecha del Contrato, se determinarán contradictoriamente los terrenos afectados por los párrafos 2 y 3 que se representarán en el plano de la zona.

En caso de desavenencia en esta determinación contradictoria, será vinculante el plano previo incorporado al Pliego de Condiciones Particulares.

38.5.- La obligación de la EMPRESA en cuanto entrega de los terrenos necesarios queda limitada a los que figuran y se reseñan en el plano de referencia que, al mismo tiempo, definirá lo que se entiende por zona de obras.

38.6.- Si por conveniencia del CONTRATISTA este deseara disponer de otros terrenos distintos de los figurados y reseñados en el plano antes citado, será de su cargo su adquisición o la obtención de las autorizaciones pertinentes, debiendo el contratista someter previamente a la conformidad de la EMPRESA las modalidades de adquisición o de obtención de la autorización respectiva.

ARTÍCULO 39.- VIGILANCIA Y POLICIA DE LAS OBRAS.

39.1.- El CONTRATISTA es responsable del orden, limpieza y condiciones sanitarias de las obras objeto de contrato. Deberá adoptar a este respecto, a su cargo y bajo su responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y con la representación de la EMPRESA.

39.2.- En caso de conflicto de cualquier clase, que pudiera implicar alteraciones del orden público, corresponde al CONTRATISTA la obligación de ponerse en contacto con las autoridades competentes y convenir con ellos y disponer las medidas adecuadas para evitar incidentes.

ARTÍCULO 40.- UTILIZACION DE LAS INSTALACIONES AUXILIARES Y EQUIPOS DEL CONTRATISTA.

El CONTRATISTA deberá poder facilitar a la EMPRESA, todos los medios auxiliares que figuran en el programa o tengan servicio en la obra. Para ello la EMPRESA comunicará por escrito al CONTRTISTA las instalaciones o equipos o maquinas que desea utilizar y fecha y duración de la prestación.

Cuando razonablemente no haya inconveniente para ello, no se perturbe la organización y desarrollo de los trabajos, o exista una causa grave de fuerza mayor, el CONTRATISTA deberá atender la solicitud de la EMPRESA, abonándose las horas de utilización conforme a los baremos de administración aprobados.

En todo caso, el manejo y entretenimiento de las maquinas e instalaciones será realizado por personal del CONTRATISTA.

ARTÍCULO 41.- EMPLEO DE MATERIALES NUEVOS O DE DEMOLICION PERTENECIENTES A LA EMPRESA.

Cuando fuera de las previsiones del Contrato, la EMPRESA juzgue conveniente emplear materiales nuevos o de recuperación que le pertenezcan, el CONTRATISTA no podrá oponerse a ello y las condiciones que regulen este suministro serán establecidas de común acuerdo o, en su defecto, se establecerá mediante Arbitraje de Derecho Privado.

ARTÍCULO 42.- USO ANTICIPADO DE LAS INSTALACIONES DEFINITIVAS.

42.1.- La EMPRESA se reserva el derecho de hacer uso de las partes terminadas de la obra contratada, antes de que los trabajos prescritos en el contrato se hayan terminado en su totalidad, bien por necesidades de servicio, bien para permitir la realización de otros trabajos que no forman parte del contrato.

42.2.- Si la EMPRESA desee hacer uso del citado derecho, se lo comunicará al CONTRATISTA con una semana de antelación a la fecha de utilización. El uso de este derecho por parte de la EMPRESA no implica recepción provisional de la zona afectada.

ARTÍCULO 43.- PLANES DE OBRA Y MONTAJE.

43.1.- Independientemente del plan de trabajos que los Contratistas ofertantes deben presentar con sus ofertas, de acuerdo a lo establecido en el artículo 6, el CONTRATISTA presentará con posterioridad a la firma del Contrato, un plan más detallado que el anterior.

La EMPRESA indicará el plazo máximo a partir de la formalización del Contrato, en el que debe presentarlo y tipo de programa exigido.

De no indicarse el plazo, se entenderá establecido éste en un mes.

43.2.- Este Plan, que deberá ser lo más completo, detallado y razonado posible, respetará obligatoriamente los plazos parciales y final fijados en el Concurso, y deberá venir acompañado del programa de certificaciones mensuales.

Tanto el Plan de Obra como el programa de Certificaciones mensuales, deberán destacar individualmente cada una de las unidades correspondientes a la Obra característica.

Las unidades de Obra Complementaria podrán agruparse tanto en uno como en otro documento, dentro de bloques homogéneos cuya determinación quedará a juicio del CONTRATISTA. En el caso de que éste, decidiera proponer un adelanto en alguno de los plazos fijados, deberá hacerlo como una variante suplementaria, justificando expresamente en este caso todas las repercusiones económicas a que diese lugar.

43.3.- El Plan de Obra deberá ser aprobado oficialmente por la EMPRESA adquiriendo desde este momento el carácter de documento contractual. No podrá ser modificado sin autorización expresa de la EMPRESA y el CONTRATISTA vendrá obligado a respetarlo en el desarrollo de los trabajos.

En caso de desacuerdo sobre el Plan de Obra, una vez rechazado por la EMPRESA el tercero consecutivo se someterá la controversia a arbitraje, siendo desempeñado por un solo árbitro, que habrá de ser el profesional competente y habilitado, según la índole del tema considerado, designado por el Colegio Profesional correspondiente.

43.4.- En este Plan, el CONTRATISTA indicará los medios auxiliares y mano de obra que ofrece emplear en la ejecución de cada una de las unidades de Obra característica, con indicación expresa de los rendimientos a obtener. Las unidades de Obra complementaria podrán agruparse a estos efectos, en bloques homogéneos, iguales a los indicados en el artículo 43.2.

Los medios ofrecidos, que han de ser como mínimo los de la propuesta inicial, salvo que la EMPRESA, a la vista del Plan de Obra, autorice otra cosa, quedarán afectos a la obra y no podrán ser retirados o sustituidos salvo aprobación expresa de la Dirección de la misma.

La aceptación del Plan y relación de medios auxiliares propuestos por el CONTRATISTA no implica exención alguna de responsabilidad para el mismo en el caso de incumplimiento de los plazos parciales, o final convenido.

43.5.- Si el desarrollo de los trabajos no se efectuase de acuerdo al Plan aprobado y ello pudiera dar lugar al incumplimiento de plazos parciales o final, la EMPRESA podrá exigir del CONTRATISTA la actualización del Plan vigente, reforzando las plantillas de personal, medios auxiliares e instalaciones necesarias a efectos de mantener los plazos convenidos y sin que el CONTRATISTA pueda hacer recaer sobre la EMPRESA las repercusiones económicas que este aumento de medios puede traer consigo. El Plan de Obra actualizado sustituirá a todos los efectos contractuales al anteriormente vigente, con la salvedad que se indica en el apartado siguiente.

43.6.- En cualquier caso, la aceptación por parte de la EMPRESA de los Planes de Obra actualizados que se vayan confeccionando para adecuar el desarrollo real de los trabajos al mantenimiento de los plazos iniciales, no liberará al CONTRATISTA de las posibles responsabilidades económicas en que incurra por el posible incumplimiento de los plazos convenidos.

43.7.- El desarrollo de todas las obras habrá de subordinarse al montaje de las instalaciones para cuyo servicio se construyen.

Esta circunstancia ya se tiene en cuenta al establecer los plazos de cada obra que se fijan en su correspondiente Pliego Particular, por lo que en ningún caso pueden ser causa de concesión de prórroga las interferencias que al curso de la obra pueda originar el montaje, siempre y cuando el suministro de equipos y el propio montaje se mantengan en líneas generales dentro de los plazos y planes previstos, conforme a lo indicado en los artículos 47 y 50 del presente Pliego.

ARTÍCULO 44.- PLAZOS DE EJECUCION.

44.1.- La EMPRESA se establecerá los plazos parciales y plazo final de terminación, a los que el CONTRATISTA deberá ajustarse obligatoriamente.

44.2.- Los plazos parciales corresponderán a la terminación y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesario para la prosecución de otras fases de la construcción o del montaje.

Estas obras o conjunto de obras que condicionan un plazo parcial, se definirán bien por un estado de dimensiones, bien por la posibilidad de prestar en ese momento y sin restricciones, el uso, servicio o utilización que de ellas se requiere.

44.3.- En consecuencia, y a efectos del cumplimiento del plazo, la terminación de la obra y su puesta a disposición, será independiente del importe de los trabajos realizados a precio de Contrato, salvo que el importe de la Obra característica realizada supere como mínimo en un 10% el presupuesto asignado para esa parte de la obra.

Para valorar a estos efectos la obra realizada, no se tendrá en cuenta los aumentos del coste producidos por revisiones de precios y sí únicamente los aumentos reales del volumen de obra.

44.4.- En el caso de que el importe de la Obra característica realizada supere en un 10% al presupuesto para esa parte de obra, los plazos parciales y final se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10%.

ARTÍCULO 45.- RETENCIONES POR RETRASOS DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA.

45.1.- Los retrasos sobre el plan de obra y programa de certificaciones imputables al CONTRATISTA, tendrán como sanción económica para cada mes la retención por la EMPRESA, con abono a una cuenta especial denominada "Retenciones", del 50% de la diferencia entre el 90% de la Obra característica que hasta ese mes debería haberse justificado y la que realmente se haya realizado. Para este cómputo de obra realizada no se tendrá en cuenta la correspondiente a Obras complementarias.

45.2.- El CONTRATISTA que en meses sucesivos realizase Obra característica por un valor superior a lo establecido en el Plan de trabajos para esos meses, tendrá derecho a recuperar de la cuenta de "Retenciones" la parte proporcional que le corresponda.

46.3.- Cuando se alcance el plazo total previsto para la ejecución de la obra con un saldo acreedor en la cuenta de "Retenciones" quedará éste bloqueado a disposición de la EMPRESA para responder de las posibles multas y sanciones correspondientes a una posible rescisión. En el momento de la total terminación y liquidación de la obra contratada, se procederá a saldar esta cuenta abonando al CONTRATISTA el saldo acreedor si lo hubiere o exigiéndole el deudor si así resultase.

ARTÍCULO 46.- INCUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS Y MULTAS.

46.1.- En el caso de incumplimiento de los plazos fijados por causas directamente imputables al CONTRATISTA, satisfará éste las multas que se indiquen en el Pliego Particular de la obra, con cargo a las certificaciones, fondo de retenciones o fianza definitiva, sucesivamente, sin perjuicio de la responsabilidad por daños.

46.2.- Si el retraso producido en el cumplimiento de los plazos ocasionara a su vez retrasos en otros contratistas, lesionando los intereses de estos, la EMPRESA podrá hacer repercutir sobre el CONTRATISTA las indemnizaciones a que hubiera lugar por tales perjuicios.

46.3.- En el caso de que los retrasos se produzcan por causas imputables a la EMPRESA en los suministros a que venga obligada la Empresa, por órdenes expresas de la Dirección de Obra o por demoras en los montajes de maquinaria o equipos, se prorrogarán los plazos en un tiempo igual al estimado por la EMPRESA como retraso producido, de acuerdo con lo establecido en el artículo 49.

ARTÍCULO 47.- SUPRESION DE LAS MULTAS.

Cuando la EMPRESA advierta la posibilidad de que un retraso en la ejecución de las obras o en el montaje, no va a repercutir en la puesta en marcha de la instalación ni causar perjuicios a terceros, podrá acordar libremente la supresión de multas, o la ampliación de los plazos de ejecución.

En este último caso, la EMPRESA podrá diferir a la nueva fecha de terminación, y en el supuesto de que ésta tampoco se cumpla, la aplicación de las multas establecidas.

ARTÍCULO 48.- PREMIOS Y PRIMAS.

48.1.- En el Pliego Particular de Condiciones de la Obra, la EMPRESA podrá establecer premios en el caso de cumplimiento de los plazos parciales y total contratados y/o un sistema de primas para premiar los posibles adelantos sobre dichos plazos de terminación de obras.

La EMPRESA especificará las condiciones que deberán concurrir para que el CONTRATISTA pueda obtener dichos premios y/o primas.

48.2.- La EMPRESA podrá supeditar el pago de los premios, siempre que así lo indique expresamente, al cumplimiento estricto de los plazos, incluso en el caso de retrasos producidos por causas no imputables al CONTRATISTA o de fuerza mayor.

ARTÍCULO 49.- RETRASOS OCASIONADOS POR LA EMPRESA.

Los retrasos que pudieran ocasionar la falta de planos, demoras en el suministro de materiales que deba ser realizado por la EMPRESA, o interferencias ocasionadas por

otros Contratistas, serán valorados en tiempo por la Dirección de la Obra, después de oír al CONTRATISTA, prorrogándose los plazos conforme a dicha estimación.

Para efectuar ésta, la Dirección tendrá en cuenta la influencia sobre la parte de obra realmente afectada, y la posibilidad de adelantar la ejecución de obras y unidades de obras, cuya realización estuviese prevista para fecha posterior.

ARTÍCULO 50.- DAÑOS Y AMPLIACION DE PLAZO EN CASO DE FUERZA MAYOR.

50.1.- Cuando se produjeran daños en las obras por causa de fuerza mayor, si su prevención o minoración hubiera correspondido a las partes, la que hubiese sido negligente soportara sus consecuencias.

Si fuese por completo ajena a la actuación del CONTRATISTA el riesgo sobre la obra ejecutada será soportado por la EMPRESA en cuanto a las unidades de que se hubiese hecho previa medición, según se determina en el artículo 52.

50.2.- Si por causa de fuerza mayor no imputable al CONTRATISTA hubiese de sufrir demora el curso de la obra, lo pondrá en conocimiento de la EMPRESA con la prontitud posible, concretando el tiempo en que estima necesario prorrogar los plazos establecidos, la EMPRESA deberá manifestar su conformidad o reparos a la procedencia y alcance de la prórroga propuesta en un plazo igual al que hubiese mediado entre el hecho originario y la comunicación del CONTRATISTA.

ARTÍCULO 51.- MEDICIONES DE LAS UNIDADES DE OBRA.

51.1- Servirán de base para la medición y posterior abono de las obras los datos del replanteo general y los replanteos parciales que haya exigido el curso de la obra; los vencimientos y demás partes ocultas de las obras, tomados durante la ejecución de los trabajos y autorizados con las firmas del CONTRATISTA y del Director de la Obra; la medición que se lleve a efecto de las partes descubiertas de las obras de fábrica y accesorias y, en general, los que convengan al procedimiento consignado en el Pliego oficial.

51.2.- En ningún caso podrá alegar el CONTRATISTA los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas cuando se hallen en contradicción con las normas establecidas a estos efectos en el Pliego Particular de la obra, o en su defecto, con las establecidas en el presente Pliego de Condiciones Generales.

51.3.- Las mediciones con los datos recogidos de los elementos cualitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados, o los suministros efectuados, constituyen comprobación de un cierto estado de hecho y se recogerán por la EMPRESA en presencia del CONTRATISTA. La ausencia del CONTRATISTA, aún habiendo sido avisado previamente, supone su conformidad a los datos recogidos por la EMPRESA.

En caso de presencia del CONTRATISTA las mediciones serán avaladas con la firma de ambas partes.

51.4.- El CONTRATISTA no podrá dejar de firmar las mediciones. En caso de negarse a hacerlo, podrá levantarse acta notarial a su cargo. Si las firmara con reservas, dispondrá de un plazo de 10 días a partir de la fecha de redacción de las mismas para formular por escrito sus observaciones. Pasado ese plazo, las mediciones se suponen aceptadas sin reserva alguna.

En el caso de la firma con reserva, se redactará un acta en la que se hará constar los motivos de disconformidad, acta que se unirá a la correspondiente medición.

51.5.- En el caso de reclamación del CONTRATISTA las mediciones se tomarán a petición propia o por iniciativa de la EMPRESA, sin que estas comprobaciones prejuzguen, en ningún caso, el reconocimiento de que las reclamaciones están bien fundamentadas.

51.6.- El CONTRATISTA está obligado a exigir a su debido tiempo la toma contradictoria de mediciones para los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobación o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que deben proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones de la EMPRESA con todas sus consecuencias.

ARTÍCULO 52.- CERTIFICACION Y ABONO DE LAS OBRAS.

52.1.- Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la Dirección de Obra, y de acuerdo con los artículos del Pliego de Condiciones.

La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones. Dicha fecha se determinará al comienzo de las obras.

Las valoraciones efectuadas servirán para la redacción de certificaciones mensuales al origen, de las cuales se tendrá el líquido de abono.

Corresponderá a la EMPRESA en todo caso, la redacción de las certificaciones mensuales.

52.2.- Las certificaciones y abonos de las obras, no suponen aprobación ni recepción de las mismas.

52.3.- Las certificaciones mensuales se deben entender siempre como abonos a buena cuenta, y en consecuencia, las mediciones de unidades de obra y los precios aplicados no tienen el carácter de definitivos, pudiendo surgir modificaciones en certificaciones posteriores y definitivamente en la liquidación final.

52.4.- Si el CONTRATISTA rehusase firmar un certificación mensual o lo hiciese con reservas por no estar conforme con ella, deberá exponer por escrito y en el plazo máximo de diez días, a partir de la fecha de que se le requiera para la firma, los motivos que fundamenten su reclamación e importe de la misma. La EMPRESA considerará esta reclamación y decidirá si procede atenderla.

Los retrasos en el cobro, que pudieran producirse como consecuencia de esta dilación en los trámites de la certificación, no se computarán a efectos de plazo de cobro ni de abono de intereses de demora.

52.5.- Terminado el plazo de diez días, señalado en el epígrafe anterior, o si hubiese variado la obra en forma tal que les fuera imposible recomprobar la medición objeto de discusión, se considerará que la certificación es correcta, no admitiéndose posteriormente reclamación alguna en tal sentido.

52.6.- Tanto en las certificaciones, como en la liquidación final, las obras serán en todo caso abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, o a los precios contradictorios fijados en el transcurso de la obra, de acuerdo con lo provisto en el epígrafe siguiente.

52.7.- Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijaran contradictoriamente entre el Director de Obra y el CONTRATISTA, o su representante expresamente autorizado a estos efectos.

Estos precios deberán ser presentados por el CONTRATISTA debidamente descompuestos, conforme a lo establecido en el artículo 6 del presente Pliego.

La Dirección de Obra podrá exigir para su comprobación la presentación de los documentos necesarios que justifique la descomposición del precio presentado por el CONTRATISTA.

La negociación del precio contradictorio será independiente de la ejecución de la unidad de obra de que se trate, viniendo obligado el CONTRATISTA a realizarla, una vez recibida la orden correspondiente. A falta de acuerdo se certificará provisionalmente a base de los precios establecidos por la EMPRESA.

52.8.- Cuando circunstancias especiales hagan imposible el establecer nuevos precios, o así le convenga a la EMPRESA, corresponderá exclusivamente a esta Sociedad la decisión de abonar estos trabajos en régimen de Administración, aplicando los baremos de mano de obra, materiales y maquinaria, aprobados en el Contrato.

52.9.- Cuando así lo admita expresamente el Pliego de Condiciones Particulares de la obra, o la EMPRESA acceda a la petición en este sentido formulada por el

CONTRATISTA, podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cuantía que determine dicho Pliego, o en su defecto la que estime oportuno la Dirección de Obra.

Las cantidades abonadas a cuenta por este concepto se deducirán de la certificación de la unidad de obra correspondiente, cuando dichos materiales pasen a formar parte de la obra ejecutada.

En la liquidación final no podrán existir abonos por acopios, ya que los excesos de materiales serán siempre por cuenta del CONTRATISTA.

El abono de cantidades a cuenta en concepto de acopio de materiales no presupondrá, en ningún caso, la aceptación en cuanto a la calidad y demás especificaciones técnicas de dicho material, cuya comprobación se realizará en el momento de su puesta en obra.

52.10.- Del importe de la certificación se retraerá el porcentaje fijado en el artículo 17.3 para la constitución del fondo de garantía.

52.11.- Las certificaciones por revisión de precios, se redactarán independientemente de las certificaciones mensuales de obra ejecutada, ajustándose a las normas establecidas en el artículo 29.

52.12.- El abono de cada certificación tendrá lugar dentro de los 120 días siguientes de la fecha en que quede firmada por ambas partes la certificación y que obligatoriamente deberá figurar en la antefirma de la misma. El pago se efectuará mediante transferencia bancaria, no admitiéndose en ningún caso el giro de efectos bancarios por parte del CONTRATISTA.

Si el pago de una certificación no se efectúa dentro del plazo indicado, se devengarán al CONTRATISTA, a petición escrita del mismo, intereses de demora.

Estos intereses se devengarán por el periodo transcurrido del último día del plazo tope marcado (120 días) y la fecha real de pago, siendo el tipo de interés el fijado por el Banco de ESPAÑA, como tipo de descuento comercial para ese periodo.

ARTÍCULO 53.- ABONO DE UNIDADES INCOMPLETAS O DEFECTUOSAS.

53.1.- La Dirección de Obra, determinará si las unidades que han sido realizadas en forma incompleta o defectuosa, deben rehacerse o no. Caso de rehacerse el CONTRATISTA vendrá obligado a ejecutarlas, siendo de su cuenta y cargo dicha reparación, en el caso de que ya le hubiesen sido abonadas. De no haberlo sido, se certificará la obra como realizada una sola vez.

53.2.- Cuando existan obras defectuosas o incompletas que la EMPRESA considere, que a pesar de ello puedan ser aceptables para el fin previsto, se abonarán teniendo en cuenta la depreciación correspondiente a las deficiencias observadas. En el Pliego de Condiciones Particulares se fijan resistencias, densidades, grados de acabado, tolerancias en dimensiones, etc. Se podrá hacer una proporcionalidad con las obtenidas, siempre que sean admisibles, o bien fijar de entrada una depreciación en los precios de un 10% para obras defectuosas pero aceptables.

ARTÍCULO 54.- RECEPCION PROVISIONAL DE LAS OBRAS.

54.1.- A partir del momento en que todas las obras que le han sido encomendadas, hayan sido terminadas, el CONTRATISTA lo pondrá en conocimiento de la EMPRESA, mediante carta certificada con acuso de recibo.

La EMPRESA procederá entonces a la recepción provisional de esas obras, habiendo convocado previamente al CONTRATISTA por escrito, al menos con 15 días de anticipación.

Si el CONTRATISTA no acude a la convocatoria, se hará mención de su ausencia en el Acta de Recepción.

54.2.- Del resultado del reconocimiento de las obras, se levantará un Acta de recepción en la que se hará constar el estado final de las obras y las deficiencias que pudieran observarse. El Acta será firmada conjuntamente por el CONTRATISTA y la Dirección de la obra.

54.3.- Si el reconocimiento de las obras fuera satisfactorio se recibirán provisionalmente las obras, empezando a contar desde esta fecha el plazo de garantía.

Si por el contrario se observara deficiencias y no procediese efectuar la recepción provisional, se concederá al CONTRATISTA un plazo breve para que corrija los defectos observados, transcurrido el cual deberá procederse a un nuevo reconocimiento.

Si transcurrido el plazo concedido al CONTRATISTA, no se hubieran subsanado dichos defectos, la EMPRESA podrá proceder a su realización, bien directamente, bien por medio de otros contratistas, con cargo al fondo de garantía y si este no bastase, con cargo a la fianza definitiva.

Una vez terminados los trabajos de reparación, se procederá a recibir provisionalmente las obras.

ARTÍCULO 55.- PLAZO DE GARANTIA.

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, tal como se indica en el artículo 54, a partir de cuyo momento comenzará a contar el plazo de garantía, al final del cual se llevará a cabo la recepción definitiva.

Durante este plazo, será de cuenta del CONTRATISTA la conservación y reparación de las obras, así como todos los desperfectos que pudiesen ocurrir en las mismas, desde la terminación de estas, hasta que se efectúe la recepción definitiva, excepción hecha de los daños que se deriven del mal trato o uso inadecuado de las obras por parte de la EMPRESA.

Si el CONTRATISTA incumpliese lo estipulado en el párrafo anterior, la EMPRESA podrá encargar a terceros la realización de dichos trabajos o ejecutarlos directamente por Administración, deduciendo su importe del fondo de garantía y si no bastase, de la fianza definitiva, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la EMPRESA en el caso de que el monto del fondo de garantía y de la fianza no bastasen para cubrir el importe de los gastos realizados en dichos trabajos de reparación.

ARTÍCULO 56.- RECEPCION DEFINITIVA DE LAS OBRAS.

56.1.- Una vez transcurrido el plazo de garantía se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras de un modo análogo al indicado en el artículo 54 para la recepción provisional.

56.2.- En el caso de que hubiese sido necesario conceder un plazo para subsanar los defectos hallados, el CONTRATISTA no tendrá derecho a cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, debiendo continuar encargado de la conservación de las obras durante esa ampliación.

56.3.- Si la obra se arruinase con posterioridad a la recepción definitiva por vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento doloso del Contrato por parte del CONTRATISTA, responderá éste de los daños y perjuicios en el término de 15 años.

Transcurrido este plazo, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del CONTRATISTA.

ARTÍCULO 57.- LIQUIDACION DE LAS OBRAS.

Una vez efectuada la recepción provisional se procederá a la medición general de las obras que han de servir de base para la valoración de las mismas.

La liquidación de las obras se llevará a cabo después de la recepción definitiva, saldando las diferencias existentes por los abonos a cuenta y descontando el importe de las reparaciones u obras de conservación que haya habido necesidad de efectuar durante el plazo de garantía, en el caso de que el CONTRATISTA no las haya realizado por su cuenta.

Después de realizada la liquidación, se saldarán el fondo de garantía y la fianza definitiva, tanto si ésta última se ha constituido Aval Bancario.

También se liquidará, si existe, la cuenta especial de retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras.

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

ÍNDICE

1. OBJETO Y NORMATIVA	175
2. CONDICIONES PARTICULARES DE MATERIALES	176
2.1. Características básicas de los materiales.....	176
2.2. Conductos de PVC	176
2.3. Materiales no incluidos en este Pliego.....	177
3. CONDICIONES PARTICULARES DE EQUIPOS E INSTALACIONES	177
3.1. Tuberías	178
3.2. Válvulas	178
3.3. Bombas	179
3.4. Recipientes: diseño y construcción.....	179
3.5. Redes de drenaje	183
3.6. Cimentación.....	183
4. CONDICIONES PARTICULARES DE PRUEBAS DE LA INSTALACIÓN .	183
4.1. Objeto	184
4.2. Lavado de la instalación	184
4.3. Pruebas de recipientes	185
4.4. Pruebas de tuberías, válvulas y accesorios.....	185
4.5. Pruebas de la instalación completa	186
4.6. Pruebas de la cimentación	186
4.7. Comprobación de servicios auxiliares	187

1. OBJETO Y NORMATIVA.

En todos aquellos casos en que, a juicio del Ingeniero Director de las obras, se haga aconsejable para la ejecución de los trabajos previstos por la fijación de determinadas condiciones específicas, se procederá a la redacción por éste del oportuno Pliego de Prescripciones Particulares, que ha de ser aceptado por el Contratista,

El presente apartado del Pliego de condiciones tiene por objeto establecer las calidades y características necesarias de los equipos e instalaciones del sistema de desodorización, así como de los materiales que lo constituyen.

La normativa considerada en el Pliego de Condiciones Particulares se cita a continuación:

Norma API Std 650 (American Petroleum Institute), para el diseño de tanques de almacenamiento atmosféricos y de baja presión.

Reglamento sobre Almacenamiento de Productos Químicos, aprobado por el Real Decreto 668/1980 de 8 de Febrero (BOE 14-04-80) y Real Decreto 3485/1983 de 14 de Diciembre (BOE 20-02-84) que modifica el artículo 3º.

Se han seguido algunas directrices de la I.T.C. MIE-APQ-006 de Almacenamiento de Líquidos Corrosivos relativas al diseño del sistema. El presente Proyecto está exento de su cumplimiento en su mayor parte, a excepción de las medidas de seguridad dispuestas en el apartado 6 que sí son de obligado cumplimiento.

La exención se justifica puesto que el almacenamiento de productos corrosivos del sistema de desodorización está internado en las instalaciones de proceso de la EDAR en las cantidades necesarias para garantizar la continuidad del proceso (artículo 4º del apartado 2 de la I.T.C, MIE-APQ-006).

Según la mencionada I.T.C., se entiende por almacenamiento el conjunto de recipientes de todo tipo de contengan o puedan contener productos corrosivos, incluyendo los tanques y depósitos propiamente dichos, las calles intermedias de circulación y

separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego ajenas.

2. CONDICIONES PARTICULARES DE MATERIALES.

2.1. Características básicas de los materiales.

Todos los materiales empleados en la obra no podrán ser en ningún caso distintos en sus características a los tipos proyectados. Si hubiese que variar la clase de algunos inicialmente aprobados, los nuevos no podrán ser instalados sin la previa autorización de la Dirección de Obra la cual podrá someterlos a cuantas pruebas estime oportunas.

Los tanques y depósitos, así como los sistemas de tuberías, se diseñarán y fabricarán con materiales que, cumpliendo con las exigencias mecánicas de los equipos, permitan una vida útil razonable. Esta se determinará de acuerdo con la previsión de su renovación y/o sustitución.

Para la determinación de la vida útil de dichos materiales y, teniendo en cuenta las especiales propiedades corrosivas de los fluidos circulantes en el sistema de desodorización, deberá tenerse en cuenta no sólo las velocidades de corrosión cuando se trate de materiales homogéneos o recubrimientos superficiales, sino también la pérdida de características físico-químicas tales como: adherencia, endurecimiento, fragilidad, envejecimiento, porosidad, etc.

Las paredes de los recipientes y sus tuberías deben estar protegidas contra la corrosión exterior o medioambiental. Se utilizará para ello pinturas o recubrimientos y materiales resistentes a la corrosión.

2.2. Conductos de PVC.

Las tuberías de PVC empleadas para la conducción de aire cumplirán las especificaciones y ensayos fijados en el PPTGTSP-MOPU. 1980 y en la UNE 53332, si se usan en saneamiento y el PPTGTAA-MOPU. 1986, si son de presión.

Los conductos serán de PVC rígido no plastificado, con menos del 1% de impurezas y más del 96% de PVC puro. El material estará exento de grietas, granulaciones, burbujas o faltas de homogeneidad. Las paredes serán opacas. Su rigidez anular no será menor de 6 kN/m^2 a 8 kN/m^2 para diámetros superiores a 300 mm. El material empleado debe cumplir con el Proyecto de norma (o en su caso la norma definitiva) CEN/TC 155/WG 13/N322. Su junta será elástica, con material conforme a EN 681. Se someterá a la prueba de estanqueidad de 1 bar.

Las uniones se realizarán mediante junta elástica de EPDM incorporada al extremo macho y extremo hembra abocardado.

Los conductos se almacenarán o acopiarán en obra protegidos de los rayos del sol. En caso de apreciarse decoloración de color teja, se rechazarán los tubos afectados, debiéndose para su aceptación, realizarse los ensayos que acrediten que se mantienen las características propias del tubo especificado.

2.3. Materiales no incluidos en este pliego.

Los materiales no incluidos en el presente Proyecto serán de reconocida calidad. El contratista deberá presentar los catálogos, muestras informes y certificados de los fabricantes que se estimen necesarios. Si la información no se considera suficiente, el Ingeniero Director podrá exigir los ensayos oportunos de los materiales a utilizar.

Todo material que no reúna la calidad y condiciones necesarias para el fin al que se destina, será rechazado. El Ingeniero Director podrá señalar un plazo breve para retirar los materiales desechados. En caso de incumplimiento se procederá a retirarlos por cuenta y riesgo del Contratista.

3. CONDICIONES PARTICULARES DE EQUIPOS E INSTALACIONES.

A continuación se describen las prescripciones técnicas particulares de los equipos e instalaciones del sistema de desodorización, esto es, tuberías, válvulas, recipientes de almacenamiento, bombas, etc.

3.1. Tuberías.

Por sistema de tuberías se entiende el conjunto de tuberías, bridas, juntas, válvulas, tornillos de sujeción y accesorios de tuberías sometidos a la presión y a la acción del fluido que circula por ellos.

El diseño, materiales, fabricación, ensamblaje, pruebas e inspecciones de los sistemas de tuberías conteniendo líquidos corrosivos, serán adecuados a la velocidad de corrosión, presión, pérdida de carga y temperatura de trabajo esperados, para el producto a contener y para los máximos esfuerzos combinados debido a presiones, dilataciones u otras semejantes en las condiciones normales de servicio, transitorias de puesta en marcha, situaciones anormales y de emergencia.

Cuando pueda quedar líquido confinado entre recipientes o secciones de tuberías y haya la posibilidad de que este líquido se dilate o vaporice, deberá instalarse un sistema de alivio controlado que impida obtener presiones superiores a las de diseño del equipo o tubería siempre que la cantidad retenida exceda de 50 litros.

Así mismo, la instalación estará dotada de las necesarias válvulas de purga, con el fin de evitar una retención de líquidos en las tuberías cuando deba intervenir o desmontarse las tuberías o recipientes.

Aquellos puntos del sistema de tuberías en los que exista la posibilidad de proyección de líquidos (por ejemplo, bridas) y se encuentren próximos a los puntos de operación en donde las personas puedan verse expuestas, o vías de circulación, deberán protegerse mediante apantallamientos u otros sistemas adecuados.

3.2. Válvulas.

Las válvulas serán del tipo que la Dirección de Obra estime el más adecuado de cara a la línea y servicio en que vayan a ser instaladas.

Estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Durante la instalación se tendrá especial cuidado de alinear correctamente los extremos con la tubería en la que vayan a ser instaladas.

3.3. Bombas.

Las bombas estarán diseñadas según normas de reconocida solvencia. Se suministrarán con la correspondiente bancada, sobre la que se montará el conjunto bomba-motor. La bancada estará constituida por perfiles de acero inoxidable AISI 316, dimensionada de forma que soporte los esfuerzos de arranque y garantizará la estabilidad del conjunto bomba-motor.

Cada bomba será instalada dejando una pendiente para la evacuación de posibles derrames. Esta pendiente se dirigirá hacia el lado opuesto del motor.

El contratista presentará al Ingeniero Director los planos y memorias descriptivas de las bombas a emplear, acompañadas de los correspondientes certificados de pruebas de sobrecarga, rodaje, etc., efectuadas en el taller del fabricante.

3.4. Recipientes: diseño y construcción.

Se consideran recipientes de almacenamiento del proyecto, los depósitos de almacenamiento de inóculo, del medio de cultivo, así como los biofiltros, puesto que también almacena un determinado volumen de líquido. En el diseño de recipientes se abordan aspectos como materiales de construcción, normas de diseño, fabricación soportes, venteo, etc.

- Materiales de construcción de recipientes.

Se entiende por tanque atmosférico los diseñados para soportar una presión interna manométrica de hasta 15 KPa (0.15 kg/cm²) Son tanques atmosféricos en el presente Proyecto, los depósitos de almacenamiento del inóculo, del medio sintético, así como los biofiltros, puesto que también almacena un determinado volumen de líquido.

El material de construcción de un tanque dependerá de los requerimientos del líquido almacenado. En caso de duda, el proyectista, el productor, el distribuidor u otro

consultor competente certificarán la conveniencia del material de construcción que deba ser usado.

- Normas de diseño de recipientes.

Los recipientes estarán diseñados de acuerdo con las reglamentaciones técnicas vigentes sobre la materia y, en su ausencia, códigos o normas de reconocida solvencia.

Las acciones a tener en cuenta en el diseño serán las señaladas en el código o procedimiento de diseño, pero como mínimo serán las siguientes:

- ✚ Peso total lleno de agua o líquido a contener cuando la densidad de éste sea superior a la del agua.
- ✚ Sobrecarga de viento y nieve.
- ✚ Acciones sísmicas.
- ✚ Efectos de la lluvia.
- ✚ Temperatura del producto y efecto de la acción solar.
- ✚ Efectos de la corrosión medioambiental.
- ✚ Efectos de las dilataciones y contracciones sobre los soportes.

Cuando en la selección del material de construcción se haya aceptado un material que esté sujeto a corrosión, se proveerá un sobreespesor para éste, en función de la vida útil prevista y a la velocidad de corrosión en las condiciones más desfavorables que puedan producirse en la operación.

Los sobreespesores de corrosión, así como los espesores de recubrimiento, no se considerarán en los cálculos de espesor de los recipientes y tuberías a efectos de su resistencia mecánica.

- Fabricación de recipientes.

Los recipientes podrán ser de cualquier forma o tipo y durante la fabricación se seguirán las inspecciones y pruebas establecidas en las reglamentaciones técnicas vigentes sobre la materia y, en su ausencia, en el código o norma elegidos.

Las conexiones a un recipiente por las que el líquido pueda circular normalmente, llevarán una válvula manual externa situada lo más próxima a la pared del recipiente. Se permite la adición de válvulas automáticas, internas o externas.

Las conexiones por de bajo del nivel del líquido, a través de las cuales éste normalmente no circule, llevarán cierre estanco. Este cierre puede ser una válvula sellada y precintada, tapón o brida ciega o una combinación de éstas.

- Soportes, fundaciones y anclajes de recipientes.

Los tanques o depósitos fijos estarán apoyados en el suelo o sobre fundaciones de hormigón, acero, obra de fábrica o pilotes. Las fundaciones estarán diseñadas para minimizar la posibilidad de asentamientos desiguales y la corrosión en cualquier parte del recipiente apoyado sobre la fundación.

Cada tanque o depósito estará soportado de tal manera que se eviten las concentraciones no admisibles de esfuerzos en su cuerpo.

Cuando sea necesario, los recipientes podrán estar sujetos a las cimentaciones o soporte por medio de anclajes.

- Venteo de recipientes.

Se entiende por venteo el sistema diseñado para prevenir los efectos de las alteraciones bruscas de la presión interna de un tanque de almacenamiento. Como consecuencia de las operaciones de trasvase a las variaciones de la temperatura ambiente.

Todo tanque atmosférico de almacenamiento deberá disponer de sistemas de venteo para prevenir la formación de vacío o presión interna, de tal forma que se evite la deformación del techo o de las paredes del tanque como consecuencia de las variaciones de presión producidas por el efecto de los llenados, vaciados o cambios de temperatura ambiente.

Las salidas de dicho sistema estarán alejadas de los puntos de operación y vías de circulación en donde las personas puedan verse expuestas o se protegerán adecuadamente para evitar las proyecciones de líquidos y vapores.

Los venteos normales de un tanque atmosférico se dimensionarán de acuerdo con códigos de reconocida solvencia o, como mínimo, tendrán un tamaño igual al mayor de las tuberías de llenado o vaciado y, en ningún caso inferior a 35 mm de diámetro interior.

Si cualquier tanque o depósito tiene más de una conexión de llenado o vaciado, la dimensión del sistema de venteo o alivio de presión se basará en el flujo máximo posible.

Cuando un producto, por efecto de la acción de la humedad del aire, aumenta su acción corrosiva, se tendrán en cuenta este efecto para disponer de un sistema que lo evite o corrija, salvo que se haya previsto tal posibilidad en el diseño.

Igualmente, deberá evitarse en lo posible la emisión a la atmósfera de vapores perjudiciales de líquidos corrosivos, en todo caso, controlar sus efectos.

- Medidores de nivel de recipientes.

Cada tanque llevará un medidor de nivel de líquido, que será de tipo flotador o presión diferencial.

El nivel de líquido en el recipiente será tal que no rebase nunca el máximo de diseño. Si existe riesgo de llenado en exceso se deberá disponer una alarma de nivel alto que permita al operador interrumpir el llenado. En su defecto, se puede disponer de un equipo automático que interrumpa el llenado cuando se alcance el nivel máximo.

Cuando el exceso de llenado pueda producir daños al recipiente o instalación, por fallo de los sistemas mencionados en el párrafo anterior, podrá disponerse de un sistema de emergencia que vierta el exceso de líquido a un cubeto de retención o a un lugar seguro.

3.5. Redes de drenaje.

Las redes de drenaje se diseñarán para proporcionar una adecuada evacuación de los fluidos residuales, agua de lluvia, de proceso, de servicios contra incendios y otros similares. Los materiales de las conducciones y accesorios serán adecuados para resistir el posible ataque químico de los productos que deban soportar.

3.6. Cimentaciones.

El material utilizado en una fundación típica para sustituir los materiales blandos inadecuados debe ser homogéneo, preferiblemente granular y estable exento de materias orgánicas o perjudiciales.

En el caso de tanques con fondo plano la superficie sobre la que descansa el fondo del tanque deberá quedar a 30 cm como mínimo, por encima del suelo.

Además, como cota a sumar a los valores inicialmente indicados, es aconsejable tener en cuenta el asentamiento para que al final del mismo, no se entierre el tanque.

Cuando las condiciones del subsuelo impongan el empleo de una estructura de hormigón armado y pilotes, éstos se deberán diseñar de acuerdo con la vigente instrucción para el Proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado. El hormigón se dosificará o se protegerá de modo que se evite que sea atacado el propio hormigón o sus armaduras por un derrame accidental.

4. CONDICIONES PARTICULARES DE PRUEBAS DE LA INSTALACIÓN.

Todos los equipos de proceso precisan la realización de pruebas previas a la puesta en marcha para verificar el buen funcionamiento del sistema. Dichas pruebas dependerán de los equipos o instalaciones en cuestión.

4.1. Objeto.

Además de todo lo indicado al respecto en los artículos anteriores del presente Pliego, se tendrá en cuenta que durante la ejecución y en todo caso, antes de la recepción provisional, se someterán las obras e instalaciones a las pruebas precisas para comprobar el perfecto comportamiento de las mismas, desde los puntos de vista mecánico e hidráulico, con arreglo a los Pliegos y disposiciones vigentes aprobadas en todo caso por el Ingeniero Director de la obra.

A tal efecto, el Contratista propondrá un protocolo de pruebas de las obras e instalaciones, en las que se comprobará la estanqueidad de los diversos elementos, la línea piezométrica y el correcto funcionamiento de los equipos electromecánicos.

Una vez superadas estas pruebas, se someterá el conjunto de las instalaciones a una prueba de funcionamiento de tres días laborales, en donde se verificarán los rendimientos y el ajuste de las instalaciones.

Las pruebas se realizarán siguiendo las directrices del Reglamento sobre Almacenamiento de Productos Químicos e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D. 668/1980), así como la Norma API Std 650 de "Diseño de tanques atmosféricos".

4.2. Lavado de la instalación.

Esta operación tiene por objeto eliminar cuerpos extraños que, durante el montaje, hayan podido quedar en las líneas o en los equipos, tales como virutas de metal, plástico, madera, etc. Estos restos pueden provocar durante la operación atascos en líneas, bloqueos en válvulas o destrozos de las partes móviles de las bombas.

El lavado se llevará a cabo mediante circulación de agua. Las bombas habrán sido alineadas, comprobadas y rodadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Podrán instalarse en ellas filtros de aspiración, que deberán limpiarse tan a menudo como sea necesario. Mientras dure el rodaje de las máquinas se vigilarán estrechamente todos los aspectos relacionados con sobrecalentamientos, vibraciones, posibles fugas y consumo eléctrico de motores.

Durante el lavado en los puntos bajos, línea desconectadas, etc. Se debe purgar para eliminar materiales sólidos.

Cuando se observe que los filtros instalados en las bombas han dejado de ensuciarse y el agua que se purga aparece limpia, puede darse por concluida la operación de lavado. Se parará entonces la circulación y se drenará completamente de agua el sistema.

4.3. Pruebas de recipientes.

Todos los recipientes (tanques atmosféricos, biofiltros y depósitos) serán probados antes de su puesta en servicio, de acuerdo con las especificaciones del código de diseño elegido, que en el presente Proyecto es la Norma API Std 650 de “Diseño de tanques atmosféricos”.

Dichos recipientes serán probados a estanqueidad, realizada a la presión de operación con aire, gas inerte o agua, antes de poner el tanque en servicio.

Durante la prueba, se comprobará que no existen fugas, especialmente por las bridas atornilladas y por lo asientos de las válvulas. Antes de poner en servicio el tanque se corregirán todas las fugas y deformaciones de manera aceptable para la norma de diseño.

4.4. Pruebas de tuberías, válvulas y accesorios.

En primer lugar se hará un examen visual, control de espesores e identificación de los materiales de los mismos.

Las tuberías, válvulas manuales y accesorios se probarán antes de ser cubiertas, enterradas o puestas en servicio, de acuerdo con los códigos de diseño; por una prueba hidrostática a 1,50 veces la máxima presión prevista en el sistema o bien por una prueba neumática a 1,20 veces la máxima presión prevista pero no inferior a 34 KPa (0,35 Kg/cm²) en el punto más alto del sistema. La Presión de prueba será mantenida hasta completar la inspección visual de todos los puntos y conexiones, pero nunca menos de 10 minutos.

4.5. Pruebas de la instalación completa.

Se deberá comprobar hidrostáticamente todas las líneas y equipos después de finalizar la construcción del circuito, con los equipos interconectados entre sí (comprobación del sistema). El sistema se llenará con agua y se comprobará al menos a 1,25 veces la presión del diseño.

Las válvulas automáticas deberán quitarse de servicio, así como los instrumentos. Las secciones cuyas presiones de prueba sean diferentes serán separadas mediante juntas ciegas temporales.

4.6. Pruebas de la cimentación.

Al realizar la primera prueba hidráulica, se deben tomar precauciones especiales por si fallara la cimentación. El primer tanque que se pruebe en un determinado emplazamiento se controlará especialmente y se registrarán los asentamientos en función de las cargas.

Un procedimiento consiste en marcar en la periferia de los tanques, cuatro puntos simétricos. Cuando el terreno sea adecuado y no blando, se puede llenar el tanque hasta la mitad rápidamente y se comprobarán entonces los niveles y si no se han producido asentamiento diferenciales, se puede llenar el tanque hasta las tres cuartas partes de su capacidad, repitiendo entonces la lectura. Si el tanque sigue nivelado se terminará el llenado, repitiendo las lecturas.

Se deja el tanque lleno durante cuarenta y ocho horas y si los niveles se mantienen ya constantes, se puede vaciar el tanque, teniendo la precaución de abrir una entrada de aire suficiente para evitar la deformación del mismo por vacío. Si se han instalado tanques similares en terreno semejante, en las pruebas de aquellos se pueden omitir las paradas en la mitad y tres cuartos del llenado.

Para realizar dicho procedimiento de prueba, se debe disponer de un sistema adecuado para llenado y vaciado. Se debe evitar la descarga junto a la propia cimentación, para no dar lugar a la erosión y el reblandecimiento del terreno circundante.

La temperatura y características del agua empleada para la prueba hidráulica serán compatibles con el material del recipiente e instalaciones.

4.7. Comprobación de servicios auxiliares.

- Tomas de agua.

El sistema deber ser comprobado antes de la puesta en marcha, atendiendo a la disponibilidad, presión y libre circulación.

- Sistemas de drenaje.

Se comprobará que todos los sumideros y arquetas desalojan adecuadamente.

Puerto Real, a 25 de septiembre de 2006.

Firmado:

Antonio Daniel Rivera González.

DOCUMENTO N° 3:

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	190
2. INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	191
Partida 1: biofiltros y depósitos de almacenamiento.....	191
Partida 2: impulsión de fluidos, control de flujo e instrumentación	192
Partida 3: conducciones y accesorios.....	193
Inversión en capital fijo total.....	196
3. COSTES DE OPERACIÓN	197
Partida 1. Materias Primas	197
Partida 2. Energía.....	198
Partida 3. Mano de obra.	198
Coste total de operación.....	198

1. CONSIDERACIONES PREVIAS.

El objetivo del presente documento es calcular el presupuesto general de ejecución del proyecto, incluyendo todos los equipos, accesorios e instalaciones comentados en el Documento N° 1: Memoria.

El presupuesto estará dividido en dos partes:

1. Inversión en capital fijo.
2. Costes de operación.

La inversión en capital fijo representa el gasto necesario para la construcción de la planta, mientras que los costes de operación comprenden el gasto necesario anual para hacerla funcionar.

El presente presupuesto no refleja cálculos de amortización. Ésta no es una planta amortizable, puesto que su propósito es estrictamente medioambiental. Sin embargo, debemos señalar que la instalación de la planta supondrá un ahorro a la EMPRESA al evitar sanciones de los organismos competentes por incumplimientos de las normativas sobre emisiones.

2. INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO.

En primer lugar debemos calcular el coste de los equipos entregados. Dentro de éste distinguiremos tres partidas:

Partida 1: biofiltros y depósitos de almacenamiento.

Partida 2: impulsión de fluidos, control de flujo e instrumentación.

Partida 3: conducciones y accesorios.

PARTIDA 1. BIOFILTROS Y DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO.

DESCRIPCIÓN	Nº DE UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Biofiltro fabricado en PRFV, de 3m de altura por 60 cm de diámetro con fondos, accesorios y tubuladuras según plano.	2	7500	15000
Relleno de Carbón Activo Granulado	1,2 (m ³)	40 (€/m ³)	48
Depósito de medio de cultivo fabricado en PRFV, de 1,5m de altura por 95cm de diámetro con fondos accesorios y tubuladuras según plano.	1	75	75
Depósito de inóculo fabricado en PRFV, de 1,5m de altura por 95cm de diámetro con fondos accesorios y tubuladuras según plano.	1	75	75
TOTAL			15198,00

PARTIDA 2. IMPULSIÓN DE FLUIDOS, CONTROL DE FLUJO E INSTRUMENTACIÓN.

DESCRIPCIÓN	Nº DE UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Compresor de aire de 3CV (2,2KW), modelo IMCOINSA IM3.	1	9050	9050
Bomba centrífuga	8	113	904
Termorresistencia RTD para control de temperatura	2	150	300
Controlador para accionamiento de la bomba, con salida 4/20 mA	2	450	900
Sensor de pH con célula Ag/AgCl	2	129	258
Resistencia eléctrica con tapón de acoplamiento y forma "3U" de 4,5 KW	2	92,19	184,38
Termostato tipo resistencia "IMIT"	2	10	20
Sensor H ₂ S	1	531	531
Sensor NH ₃	1	496	496
Medidor/Interruptor de caudal para líquidos en plástico modelo KSK 1999 M IG2 00	6	65	390
Medidor/Interruptor de caudal para líquidos en plástico modelo KSK 1999 H K32 00	1	69	69

DESCRIPCIÓN	Nº DE UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Sistema automatizado de control, con software	1	13000	13000
TOTAL			26102,38

PARTIDA 3. CONDUCCIONES Y ACCESORIOS.

3.1. Conducciones.

DESCRIPCIÓN	LONGITUD TOTAL (m)	PRECIO UNITARIO (€/m)	PRECIO TOTAL (€)
Conducción de PVC de DN 1¼ in, cédula 40	29	4,80	129,60
Conducción de acero inoxidable tipo AISI 316 de DN 1½ in, cédula 40	9,5	35,60	338,20
TOTAL			467,80

3.2. Accesorios.

DESCRIPCIÓN	N° DE UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Válvula de compuerta para tuberías de PVC de DN 1¼ in	2	16,27	32,54
Válvula de compuerta para tuberías de acero inoxidable de DN 1½ in	4	190	760
Válvula de retención tipo clapeta para tuberías de PVC de DN 1¼ in	2	17,23	34,46
Válvula de retención tipo clapeta para tuberías de acero inoxidable de DN 1½ in	4	195,20	780,80
Válvula de regulación tipo globo para tuberías de PVC de DN 1¼ in	6	34,45	206,70
Válvula de regulación tipo globo para tuberías de acero inoxidable de DN 1½ in	1	205	205
Codo 90° radio normal en PVC con DN 1¼ in	12	5,60	67,20
Codo 90° radio normal en acero inoxidable con DN 1½ in	4	29,20	116,80
Te en acero inoxidable con DN 1½ in	3	33,40	100,20

DESCRIPCIÓN	Nº DE UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Brida de enlace en PVC con DN 1¼ in	60	5,60	336
Brida de enlace en acero inoxidable con DN 1½ in	39	29,20	1198,80
TOTAL			3838,50

Partida 3.1 (€)	Partida 3.2 (€)	Total Partida 3 (€)
467,80	3838,50	4336,30

COSTE TOTAL DE LOS EQUIPOS ENTREGADOS (C.E.).

Partida 1 (€)	Partida 2 (€)	Partida 3 (€)	TOTAL C.E. (€)
15198,00	26102,38	4336,30	45636,68

A partir de este valor debemos calcula la Inversión en Capital Fijo. Para ello debemos añadir:

- ✚ Coste de instalación de los equipos (70% de C.E): 31946 €
- ✚ Coste de cimientos (28% de C.E): 12778,27 €
- ✚ Coste de instalación eléctrica (9% de C.E): 4107,30 €
- ✚ Coste de ingeniería (30% de C.E): 13691 €
- ✚ Coste de contingencias (15% de C.E): 6845,50 €
- ✚ Coste de honorarios, gastos indirectos, contratista (15% de C.E): 6845,50 €

INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO TOTAL

Por tanto, la Inversión en Capital Fijo total necesaria para la ejecución del presente proyecto es de:

121850 €

CIENTO VEINTIÚN MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA EUROS.

Puerto Real, a 25 de septiembre de 2006.

Firmado:

Antonio Daniel Rivera González.

3. COSTES DE OPERACIÓN.

En este apartado calcularemos el coste anual de funcionamiento de la planta. El coste de operación en este caso se divide en tres partidas:

- ✚ Partida 1. Materias Primas.
- ✚ Partida 2. Energía.
- ✚ Partida 3. Mano de obra.

PARTIDA 1. MATERIAS PRIMAS.

MATERIA PRIMA	CANTIDAD ANUAL (KG)	PRECIO UNITARIO (€/KG)	PRECIO TOTAL (€)
Glucosa	300	12,88	3864
KH ₂ PO ₄	20,40	27,30	556,92
K ₂ HPO ₄	26,10	21,74	567,41
NH ₄ Cl	2	11,28	22,56
MgCl ₂ · 6H ₂ O	1	36	36
Citrato de Fe (III)	0,05	37,90	1,90
NaOH	2	30,60	61,20
TOTAL			5110

PARTIDA 2. ENERGÍA.

En esta partida se evalúan los gastos por consumo de energía eléctrica. Se ha tomado un precio unitario del KWh industrial de 0,10 €.

EQUIPO	CANTIDAD ANUAL (KWh)	PRECIO TOTAL (€)
Compresor	19272	1927,20
Bombas	19447,2	1944,72
Depósitos (calentamiento)	39420	3942
		7813,92

A este valor le añadimos el 10% para incluir el gasto de iluminación y demás componentes eléctricos de bajo consumo de la planta (781,39 €).

El coste anual por consumo de energía es de: **8535 €**

PARTIDA 3. MANO DE OBRA.

Suponemos un total de 1 hora-hombre al día, lo que hace un total de 365 horas-hombre al año. Siendo el precio de la hora-hombre de 7€, el gasto total anual en mano de obra es de: **2555 €**

COSTE TOTAL DE OPERACIÓN.

Partida 1 (€)	Partida 2 (€)	Partida 3 (€)	TOTAL C.E. (€)
5510	8535	2555	16600

El Coste Anual de Operación asciende a:

16600 €

DIECISEIS MIL SEISCIENTOS EUROS.

Puerto Real, a 25 de septiembre de 2006.

Firmado:

Antonio Daniel Rivera González.

DOCUMENTO N° 4:

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

Plano N° 1. PLANTA GENERAL.

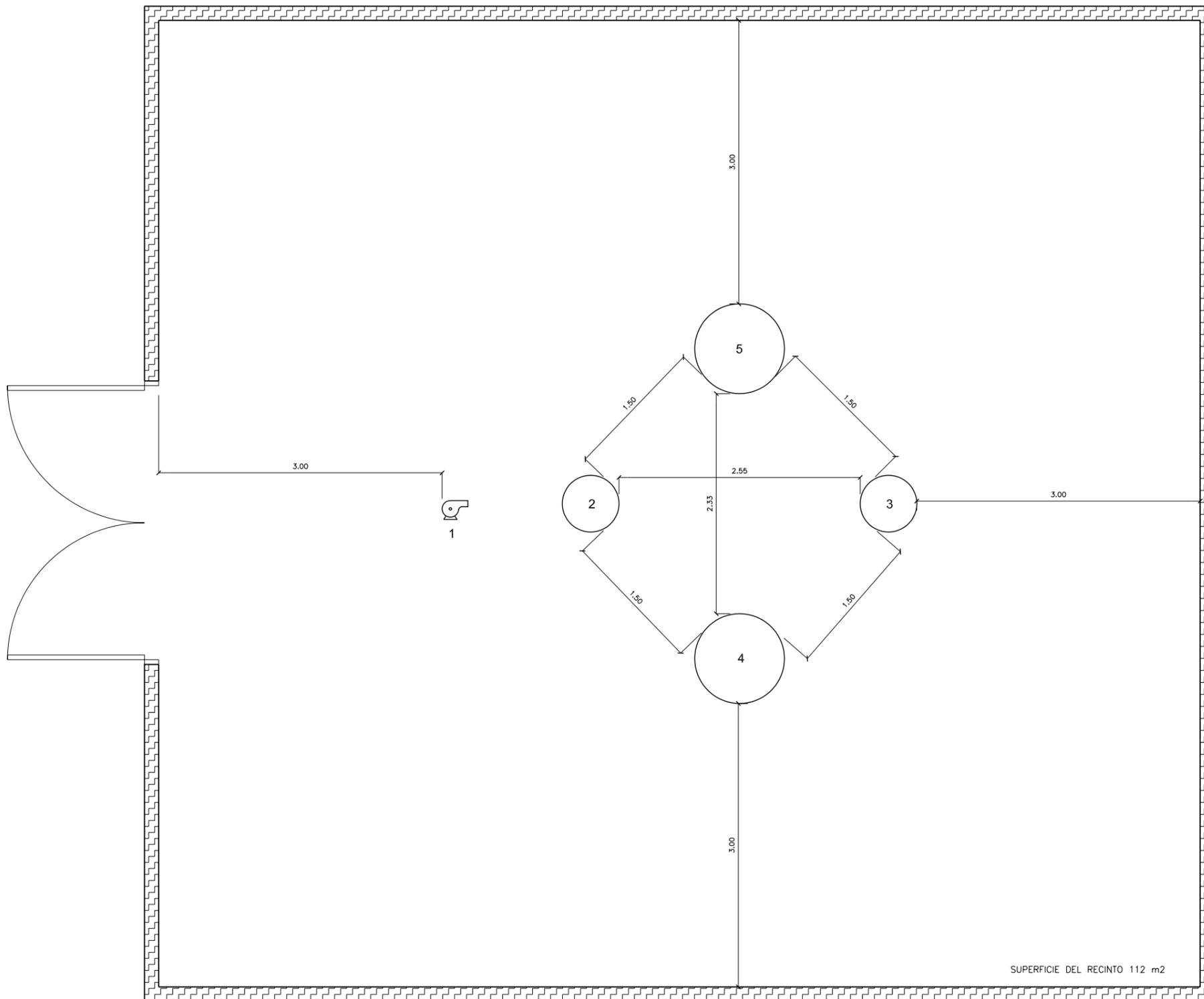
Plano N° 2. DEPÓSITO DE INÓCULO.

Plano N° 3. DEPÓSITO DE MEDIO DE CULTIVO.

Plano N° 4. BIOFILTROS 1 Y 2.

Plano N° 5. SISTEMA DE TUBERÍAS 1.

Plano N° 6. SISTEMA DE TUBERÍAS 2.



LEYENDA

- 1. COMPRESOR.
- 2. BIOFILTRO 1.
- 3. BIOFILTRO 2.
- 4. DEPOSITO INOCULO.
- 5. DEPOSITO MEDIO DE CULTIVO.

SUPERFICIE DEL RECINTO 112 m2

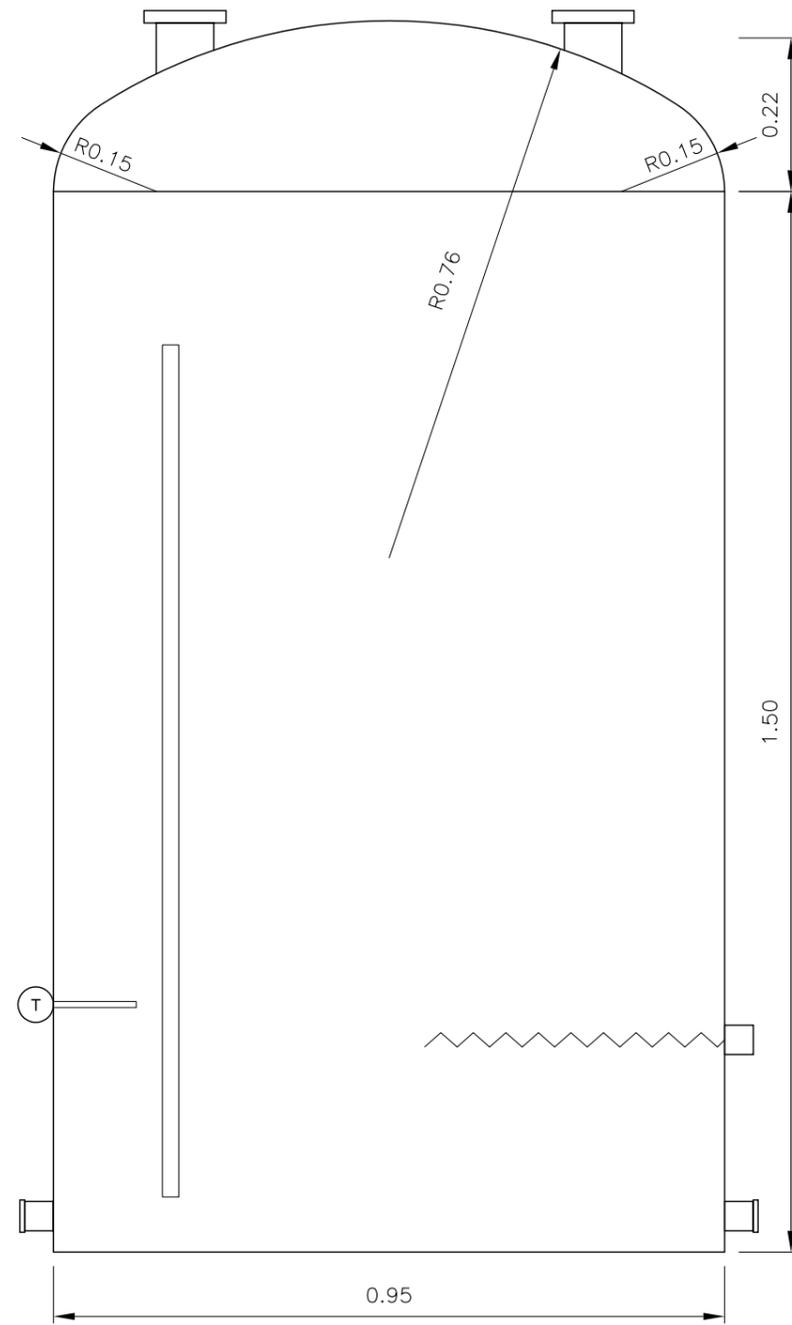
acotado en metros

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELIMINACION POR BIOFILTRACION DE NH3 Y H2S DEL EFLUENTES GASEOSOS PROCEDENTES DE UNA EDAR

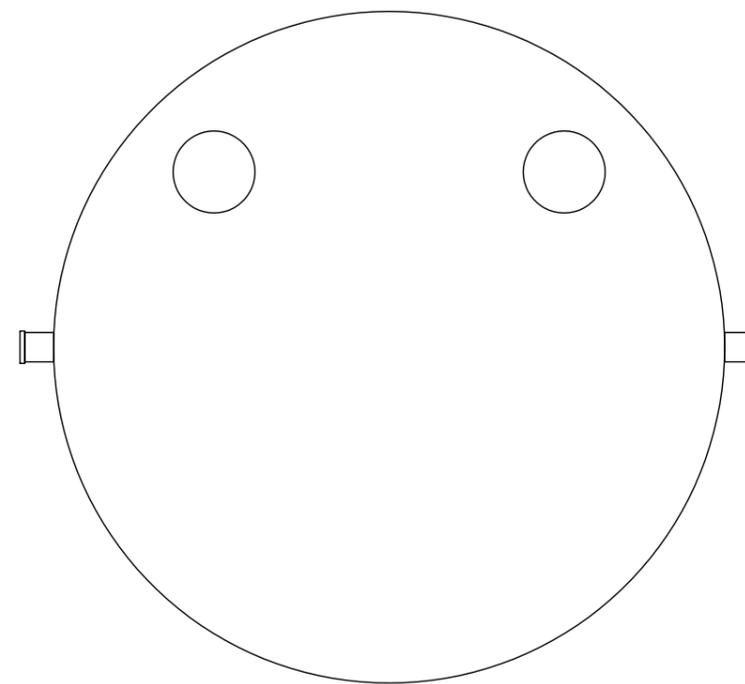
PLANO N° 1 PLANTA GENERAL E 1/50

PROYECTO FIN DE CARRERA OCTUBRE 2006

ALUMNO: ANTONIO DANIEL RIVERA GONZALEZ



ALZADO



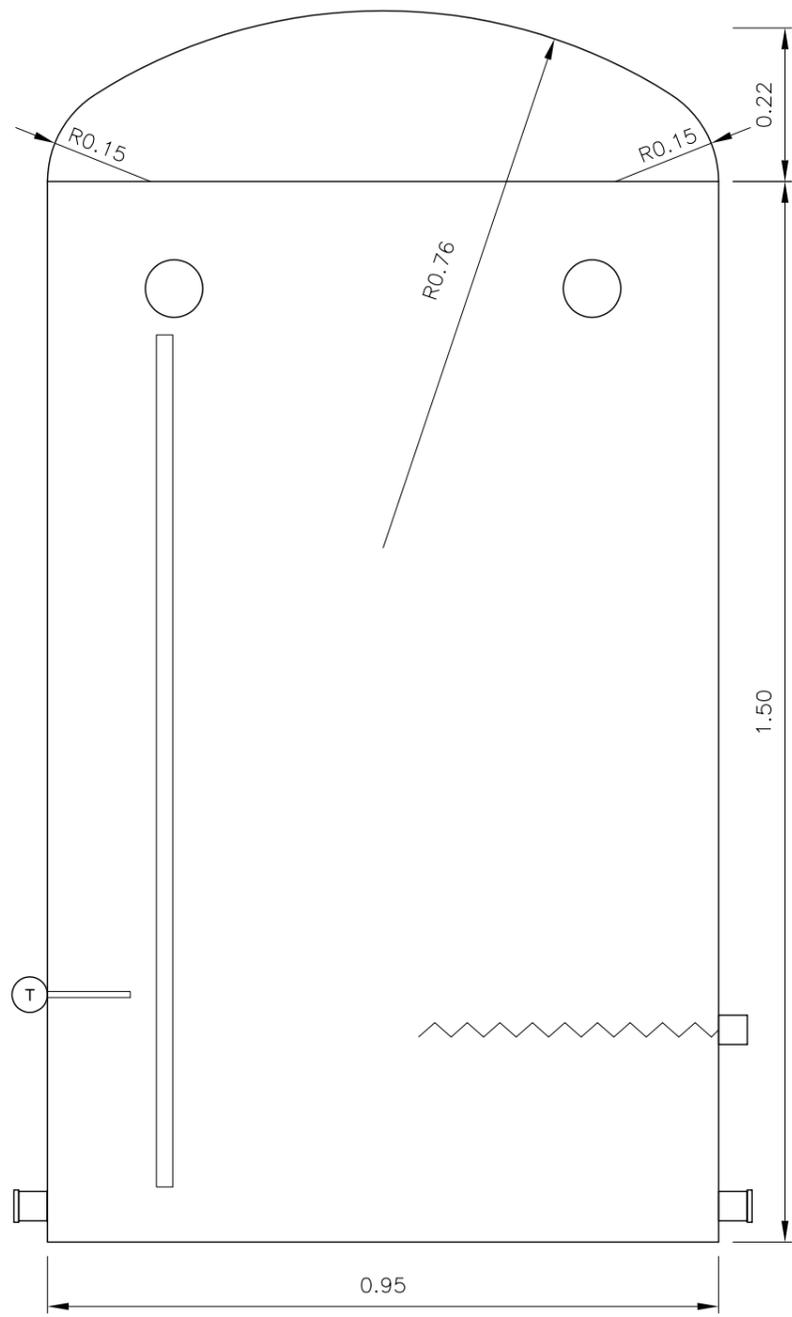
PLANTA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELIMINACION POR BIOFILTRACION DE
 NH₃ Y H₂S DEL EFLUENTES GASEOSOS PROCEDENTES DE UNA EDAR

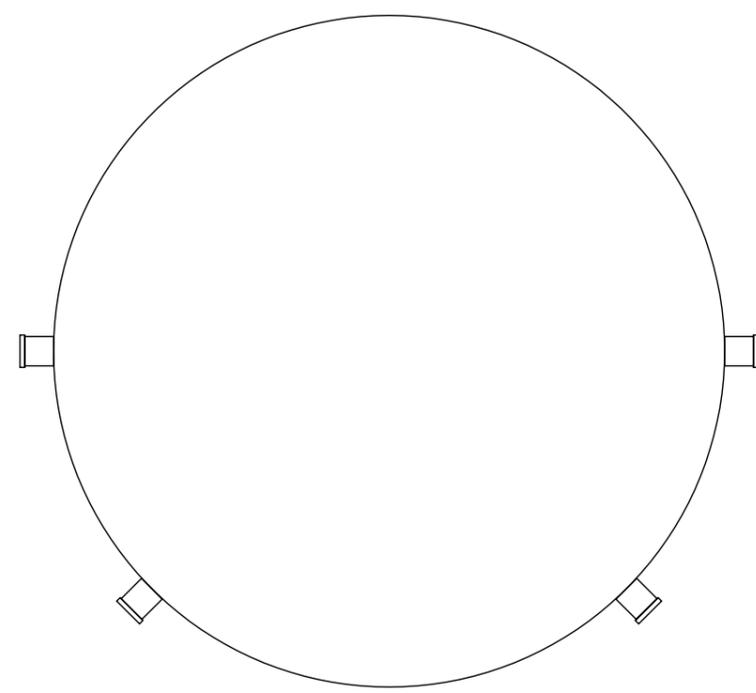
PLANO Nº 2 DEPOSITO INOCULO E 1/10

PROYECTO FIN DE CARRERA OCTUBRE 2006

ALUMNO: ANTONIO DANIEL RIVERA GONZALEZ



ALZADO



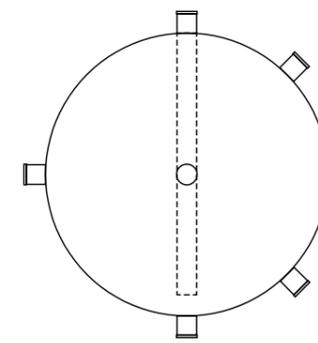
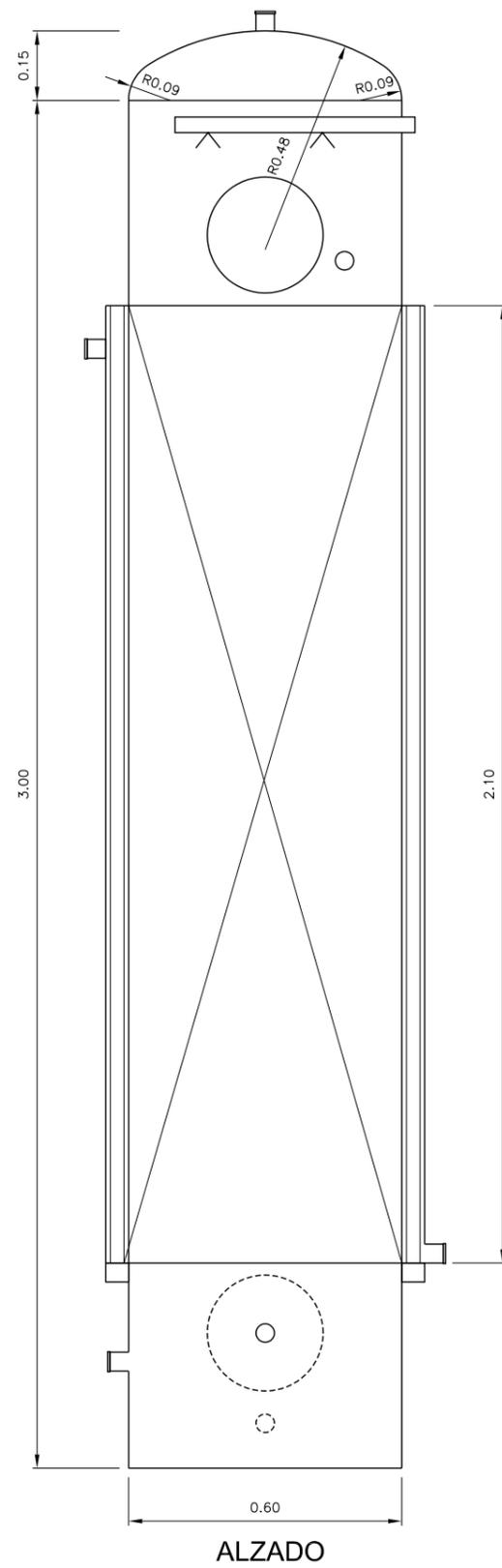
PLANTA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELIMINACION POR BIOFILTRACION DE NH3 Y H2S DEL EFLUENTES GASEOSOS PROCEDENTES DE UNA EDAR

PLANO Nº 3 DEPOSITO MEDIO DE CULTIVO E 1/10

PROYECTO FIN DE CARRERA OCTUBRE 2006

ALUMNO: ANTONIO DANIEL RIVERA GONZALEZ



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELIMINACION POR BIOFILTRACION DE
NH₃ Y H₂S DEL EFLUENTES GASEOSOS PROCEDENTES DE UNA EDAR

PLANO N° 4

BIOFILTROS 1 y 2

E 1/15

PROYECTO FIN DE CARRERA

OCTUBRE 2006

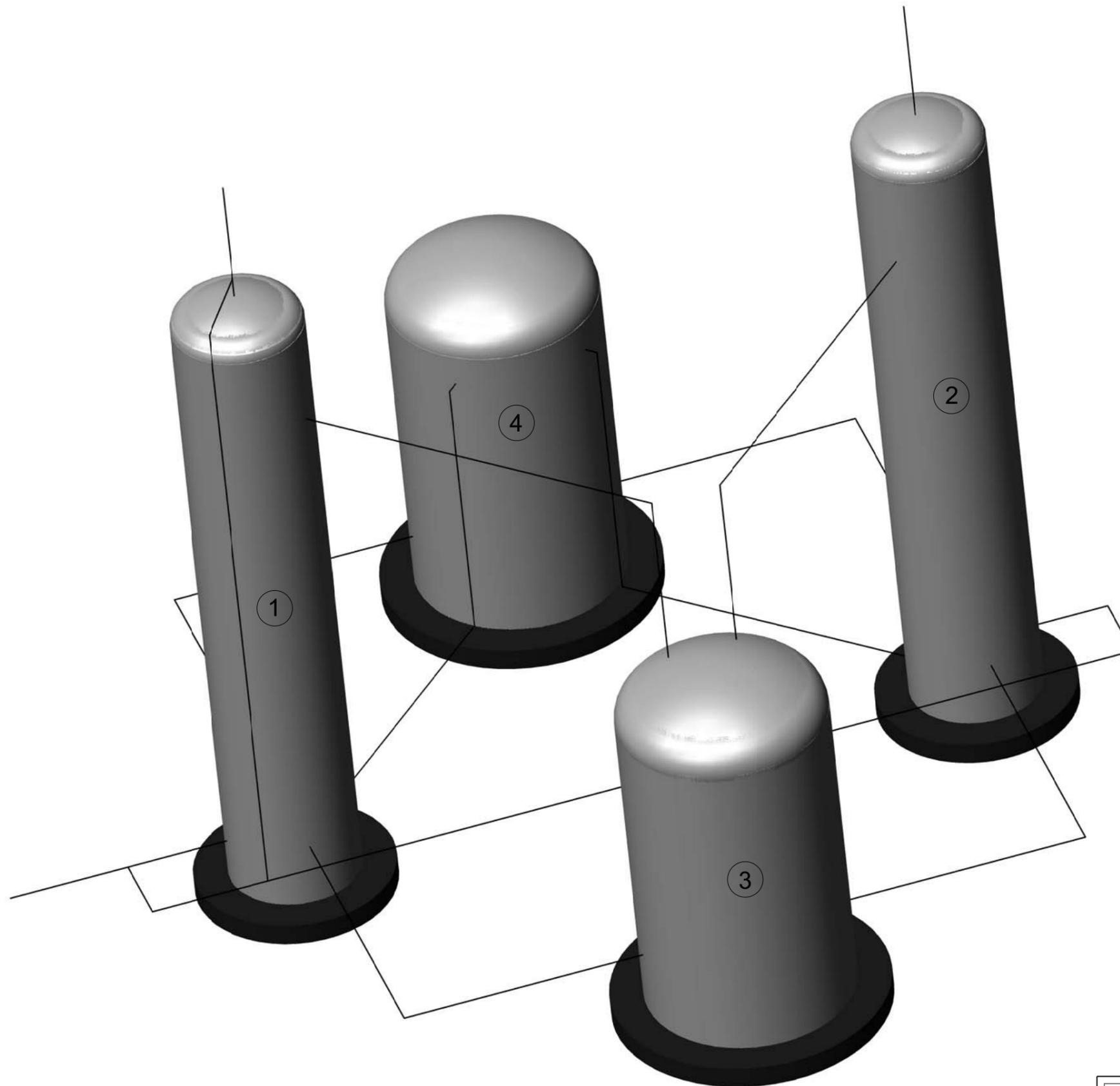
ALUMNO:

ANTONIO

DANIEL

RIVERA

GONZALEZ



LEYENDA

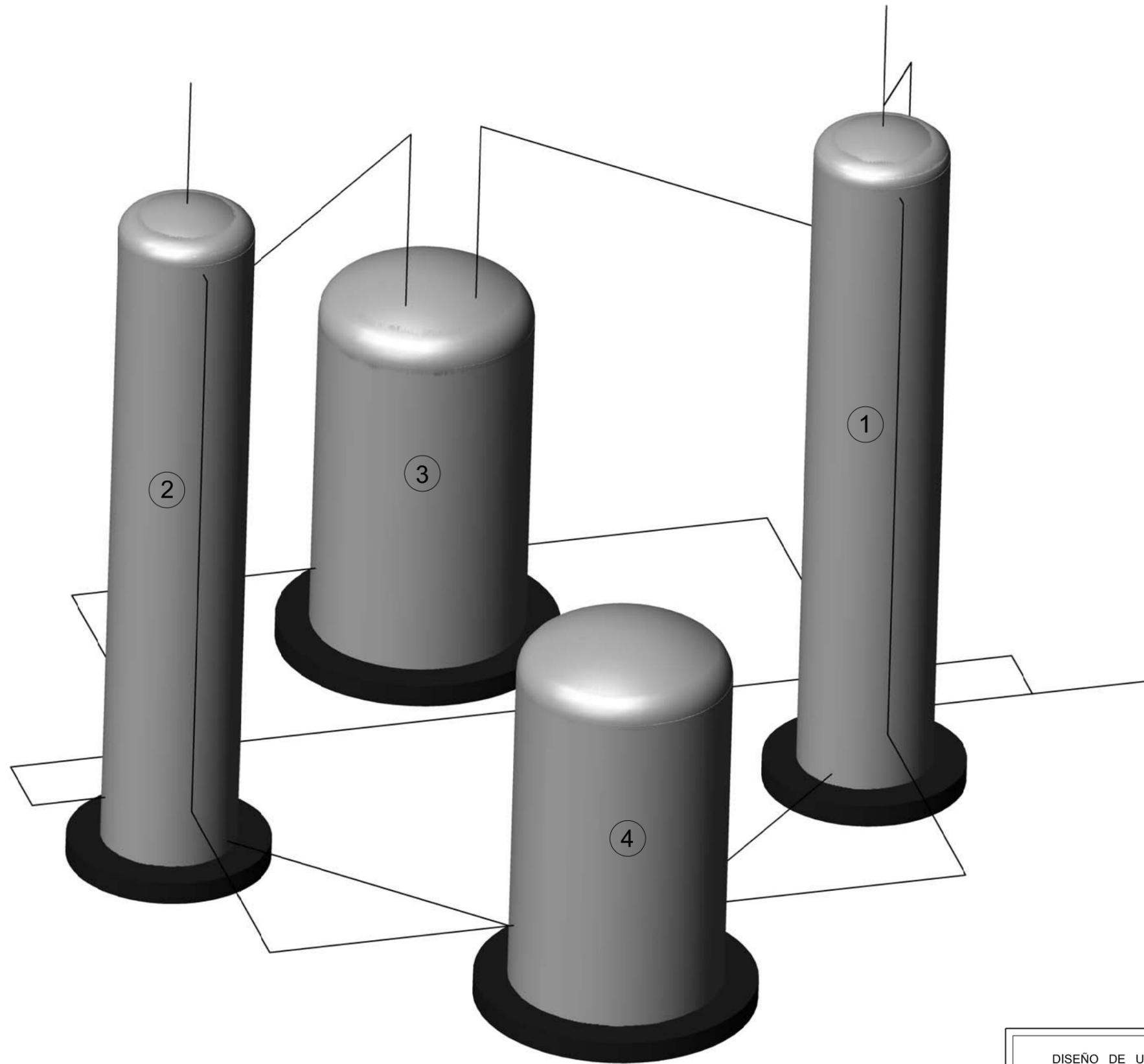
- 1. BIOFILTRO 1.
- 2. BIOFILTRO 2.
- 3. DEPOSITO INOCULO.
- 4. DEPOSITO MEDIO DE CULTIVO.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELIMINACION POR BIOFILTRACION DE NH₃ Y H₂S DEL EFLUENTES GASEOSOS PROCEDENTES DE UNA EDAR

PLANO N° 5 SISTEMA DE TUBERIAS 1 E 1/20

PROYECTO FIN DE CARRERA OCTUBRE 2006

ALUMNO: ANTONIO DANIEL RIVERA GONZALEZ



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELIMINACION POR BIOFILTRACION DE
NH₃ Y H₂S DEL EFLUENTES GASEOSOS PROCEDENTES DE UNA EDAR

PLANO N° 6 SISTEMA DE TUBERIAS 2 E 1/20

PROYECTO FIN DE CARRERA OCTUBRE 2006

ALUMNO: ANTONIO DANIEL RIVERA GONZALEZ

