

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: INSTALACIÓN DE BIOFILTRO EN LA
E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA
FRONTERA PARA LA DESODORIZACIÓN
DE GASES

Autora: MOZO CÁLIZ, Begoña

Fecha: Diciembre 2011





RESUMEN.

0.1. Introducción.

Debido a la cada vez más exigente demanda pública de una mejor calidad del aire, actualmente se observa una atención creciente por parte de la población en que se resuelvan (o, preferiblemente, no lleguen a crearse) problemas relacionados con episodios de tipo odorífero. Al respecto, debe tenerse en cuenta que en la actualidad las quejas atribuidas (de modo objetivo o subjetivo) a problemáticas relacionadas con malos olores representan un porcentaje significativo del total de quejas concernientes a la calidad del aire ambiente. Cabe destacar la importancia de abordar de forma proactiva las problemáticas relacionadas con la resolución de las causas de los episodios de malos olores potenciando los aspectos preventivos de minimización en origen de los olores.

Las principales sustancias con significación odorífera presentes típicamente en las emisiones constituyen mezclas muy complejas en donde se presentan especies reducidas de azufre (ácido sulfhídrico, tioles, tioéteres, etc.), especies reducidas de nitrógeno (amoníaco, aminas, piracinas, etc.), ácidos grasos de cadena corta, aldehídos, cetonas, terpenos y otras.

Cabe indicar que, conjuntamente con dichas sustancias, pueden hallarse (y habitualmente resultan ser las mayoritarias) también otras con baja o nula significación olorosa.

0.2. Objeto.

En el presente Proyecto Fin de Carrera está basado en la eliminación de la concentración de los compuestos olorosos con un rendimiento del 98% mediante la instalación de un Biofiltro de lecho fijo de forma rectangular, para paliar los posibles daños sobre los seres humanos, animales, plantas, patrimonio, etc., así como otros aspectos muy difíciles de cuantificar (estética, efectos a largo plazo, alteraciones naturales), además de no sobrepasar el límite de emisión máxima autorizada (20 ppm para el H₂S) ni las concentraciones medias de exposición al H₂S en 30 minutos (100 µg/m³ de aire) y en 24 horas (40 µg/m³ de aire). El caudal a tratar es de 32000 m³/h que engloba el Edificio de la Obra de Llegada, la elevación de agua bruta y el Edificio de Desbaste.

La E.D.A.R. "Guadalete" de Jerez de la Frontera, que será donde se instalará dicho biofiltro, se encuentra situada en el Polígono Industrial del Portal, perteneciente a la zona sur del término municipal de Jerez de la Frontera (Cádiz), a unos 5 Km al sur del casco urbano de Jerez.

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

Por último, en la zona de espesamiento y almacenamiento de fangos, se cubrirán reteniendo y captando el aire contaminado, permitiendo minimizar la cantidad de aire que debe ser tratado. El techo de estos depósitos se fabrican con chapa lagrimada y formando un pequeño con pendiente hacia el exterior para que en caso de lluvia caiga hacia el suelo en lugar de permanecer sobre el techo.

0.3. Proceso.

La biofiltración es un proceso que en términos generales produce la biodegradación, por los microorganismos, de las especies químicas presentes en las corrientes gaseosas objeto de tratamiento. Así, un caudal de aire húmedo que contiene Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y/o sustancias inorgánicas odoríferas (como ácido sulfhídrico o amoníaco) atraviesa un lecho poroso sobre el que se halla inmovilizado de forma natural una población (típicamente un consorcio) de microorganismos seleccionados genéticamente de origen natural que producen la biodegradación de la carga contaminante presente en la corriente gaseosa correspondiente.

El agua de servicio será de la E.D.A.R. "Guadalete" de Jerez de la Frontera, en el cual están cargadas de las bacterias a tratar.

En la actualidad existe un sistema en el que la captación se realiza mediante rejillas situadas a varios metros de altura pero, el H_2S al ser un gas más pesado que el aire, es del todo ineficaz. Por ello se va a proceder a la instalación de un sistema de extracción de gases y un ventilador-aspirador que enviará los gases al humidificador para su posterior tratamiento al biofiltro. Se impide así la expansión de los olores por toda la sala que afectaría negativamente a trabajadores y visitantes.

Las modificaciones de las que son objeto este proyecto se han realizado según la legislación vigente y a la tecnología existente en la actualidad. En base a todo ello y a los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Química se presenta este Proyecto Fin de Carrera.

GLOSARIO DE TÉRMINOS SAJONES Y ABREVIATURAS.

En el Presente Proyecto Fin de Carrera se utilizaran términos sajones y abreviaturas.

Términos sajones.

1. Set Point: Punto de consigna.
2. Biofilm: Biofiltro.

Abreviaturas.

1. COV: Compuestos orgánicos volátiles.
2. CV: Compuestos volátiles.
3. BF: Biofiltro.
4. BLF: Biofiltro de lecho fijo.
5. BLE: Biofiltro de lecho escurrido.
6. BL: Biolavador.
7. ICA: Índice de calidad del aire.
8. EDAR: Estación depuradora de aguas residuales.

ÍNDICE GENERAL:

- **DOCUMENTO N°1: MEMORIA**

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEXOS A LA MEMORIA

- **DOCUMENTO N°2: PLANOS**

- **DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES**

- **DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO**



DOCUMENTO N°1: MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA:

1. Introducción.....	7
1.1. Caracterización y medida del olor.....	8
1.2. Naturaleza del olor.....	15
1.3. Control de olores.....	24
2. Justificación y objeto del proyecto.....	33
3. Antecedentes.....	35
3.1. Ubicación y Emplazamiento.....	37
3.2. Tecnologías para el tratamiento de gases.....	40
3.2.1. Tecnologías Físico-Químicas.....	42
3.2.1.1. Absorción.....	42
3.2.1.2. Adsorción.....	43
3.2.1.3. Incineración.....	44
3.2.1.4. Condensación.....	45
3.2.1.5. Procesos con membranas.....	45
3.2.2. Tecnologías biológicas.....	46
4. Proceso de operación.....	48
4.1. Adsorción por carbón activo.....	48
4.2. Ozonización.....	50
4.3. Biofiltración.....	51
4.4. Lavado químico.....	53

5. Biofiltración y Justificación.....	54
5.1. Valoración de alternativas.....	62
5.2. Biofiltro de lecho fijo (BLF).....	65
6. Estudio de alternativas de desodorización.....	73
6.1. Introducción.....	73
6.2. Análisis de la situación actual.....	73
6.2.1. Descripción de las actuales instalaciones.....	73
6.2.2. Condiciones de diseño.....	74
6.3. Parámetros de diseño.....	75
7. Descripción de las modificaciones.....	78
7.1. Objeto del proyecto.....	79
7.2. Descripción de las modificaciones.....	80
8. Distribución en planta.....	85
9. Relleno del biofiltro.....	88
10. Máquinas y equipos.....	91
10.1. Biofiltro (BF).....	91
10.2. Torre de humidificación.....	94
10.3. Sistemas de tuberías y uniones.....	95
10.3.1. Válvulas de retención.....	98
10.3.2. Válvulas de asiento.....	99
10.3.3. Válvulas de mariposa.....	100
10.4. Soplantes.....	101
10.5. Bombas.....	103

10.6. Equipo de almacenamiento.....	104
10.6.1. Recomendaciones para procedimientos de soldaduras.....	110
10.6.2. Otros elementos.....	111
11. Control en planta.....	117
11.1. Descripción de los sistemas y equipos.....	119
12. Mantenimiento en planta.....	135
12.1. Mantenimiento general.....	138
12.2. Mantenimiento específico.....	143
13. Seguridad en planta.....	153
13.1. Riesgos.....	153
13.2. Aspectos higiénico-sanitarios.....	160
13.3. Medidas de seguridad.....	162
13.4. Sistema general contra incendios.....	163
13.5. Riesgo eléctrico.....	166
13.6. Prevención de riesgos laborales.....	168
13.7. Riesgos derivados a la exposición a agentes biológicos.....	170
13.8. Ficha internacional de seguridad química.....	171
14. informe ambiental.....	172
14.1. Descripción del medio.....	172
14.2. Estudio analítico y valoración de los impactos ambientales.....	175
14.3. Documento de síntesis.....	200
15. Normativa.....	211
16. Bibliografía.....	215

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Mapa de España.....	37
Figura 2: Provincia de Cádiz (España).....	38
Figura 3: EDAR “Guadalete” de Jerez de la Frontera.....	39
Figura 4: Rango de aplicación para tratamiento de gases.....	42
Figura 5: Torres de desodorización de carbón activo.....	49
Figura 6: Vista exterior de un generador de ozono.....	51
Figura 7: Biofiltro de tanque contenedor metálico.....	52
Figura 8: Torres de lavado químico.....	53
Figura 9: Biofiltro de lecho fijo.....	57
Figura 10: Biofiltro de lecho escurrido.....	59
Figura 11: Biolavador.....	60
Figura 12: Esquema de un biofiltro de lecho fijo.....	67
Figura 13: Aspectos físicos de la biofiltración.....	68
Figura 14: Aspectos biológicos de la biofiltración.....	70
Figura 15: Planta EDAR “Guadalete”.....	84
Figura 16: Mezcla de brezo (brezo/turba de fibra, BIM100).....	88
Figura 17: Esquema de flujo de un biofiltro biológico con humidificador.....	91
Figura 18: Estructura del biofiltro.....	92
Figura 19: Biofiltro.....	93
Figura 20: Pulverizador serie BIF 63.....	95

Figura 21: Válvula de retención.....	98
Figura 22: Válvula de asiento.....	99
Figura 23: Válvula de mariposa.....	100
Figura 24: Controlador.....	118
Figura 25: Lazo 1.....	127
Figura 26: Lazo 2.....	127
Figura 27: Lazo 3.....	128
Figura 28: Lazo 4.....	128
Figura 29: Rotámetro.....	133

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla I: Factores de los olores.....	9
Tabla II: Posibles errores de la determinación sensorial.....	13
Tabla III: Umbrales del olor en el aire.....	17
Tabla IV: Efectos de la concentración H ₂ S sobre el ser humano.....	22
Tabla V: Distancias y radios de disipación.....	27
Tabla VI: Índice de calidad del aire.....	36
Tabla VII: Equipos de compuestos volátiles tratados por procesos biológicos.....	47
Tabla VIII: Clasificación de biofiltros.....	55
Tabla IX: Ventajas y desventajas de los sistemas de biofiltración.....	61
Tabla X: Comparación de los biofiltros frente a otros procesos de control de olor.....	63
Tabla XI: Caudales medios y máximos por zonas.....	76
Tabla XII: Comparativa de los materiales de lecho más habituales.....	89
Tabla XIII: Requerimientos de diversos estándares para tanques de fondo plano.....	107
Tabla XIV: Número de bocas de hombre según el diámetro del tanque.....	115
Tabla XV: Clasificación de los microorganismos según la temperatura.....	122
Tabla XVI: Indicadores y atributos.....	178
Tabla XVII: Ponderación de factores ambientales.....	180
Tabla XVIII: Cuadro de valoración.....	181

1. INTRODUCCIÓN.

Posiblemente los olores representan los problemas más complejos relacionados con la contaminación del aire. Debido a su naturaleza un poco nebulosa, se han clasificado contaminantes sin criterio por la Agencia de Protección Ambiental.

El olfato, al igual que la vista, el oído, el tacto y el gusto, es uno de los sentidos esenciales del hombre. Sus funciones han sido importantes en él, sobre todo como voz de alarma. El gusto y el olfato se consideran como sentidos químicos, ya que parecen ser reacciones fisiológicas al contacto con ciertas sustancias específicas. En el caso del olfato, algunos individuos tienen la capacidad de detectar cantidades minúsculas de las sustancias en el intervalo de 1 ppm.

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

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.

1.1. CARACTERIZACIÓN Y MEDIDA DEL OLOR.

Se entiende por desodorización aquellos procesos que mejoran la calidad del aire, y cuyo fin es eliminar los compuestos que generan malos olores en una corriente gaseosa.

Se ha indicado que son cuatro los factores independientes que se necesitan para la completa caracterización de un olor: intensidad, capacidad de penetración, calidad y aceptabilidad (ver tabla I). Hasta ahora, la capacidad de penetración es el único factor que se ha utilizado en el desarrollo de normativas reguladoras de las molestias causadas por los olores.

Tabla I:
Factores de los olores.

Atributo del olor	Definición
Intensidad	Magnitud de la sensación percibida
Capacidad de penetración	Cambio por dilución de la magnitud o la aceptabilidad. Capacidad de detección
Calidad	Similitud de la sensación olorosa, naturaleza química o agrupamiento funcional. Propiedades características
Aceptabilidad	Grado del agrado o desagrado de la sensación olorosa

- La **intensidad** representa alguna indicación, numérica o verbal, de la fuerza del olor. Un aumento gradual de la intensidad se detecta fácilmente, a pesar de que algunas personas se pueden fatigar con el olor.

- La **capacidad de penetración**, según Nader, se conoce a veces como la relación potencial del olor a la relación de dilución del umbral. Éstas representan esencialmente medidas de la capacidad de un olor penetrante en un gran volumen de aire de dilución y seguir poseyendo una intensidad detectable. Un olor penetrante, como el que podría ser el resultado de mercaptanos y proteínas

descompuestas tendrán la tendencia a esparcirse en todas las direcciones sobre una comunidad.

- La **calidad** describe las características de los olores en términos de la asociación con un odorante conocido, como el café o las cebollas, o asociado, por analogía, un olor conocido con un odorante desconocido.

- La **aceptabilidad** (el grado de agrado o desagrado de la sensación producida por el olor) depende en sumo grado de las experiencias de las personas que efectúan la evaluación del olor. La asociación con determinados acontecimientos puede dar por resultado que el olor se considere como agradable o desagradable.

Con la excepción de la calidad del olor, los atributos anteriores se evalúan haciendo referencia a escalas subjetivas con un número variable de puntos. Una escala de uso común tiene cinco puntos:

- | | |
|---|--------------------------|
| 0 | No hay percepción. |
| 1 | Percepción muy débil. |
| 2 | Percepción débil. |
| 3 | Fácil percepción. |
| 4 | Fuerte. |
| 5 | Percepción irresistible. |

Se han empleado también escalas de nueve y cuatro puntos. La capacidad de reproducibilidad de las valoraciones de los olores disminuye rápidamente si se utiliza una escala de diez puntos.

Varias propiedades químicas y físicas de los odorantes intervienen en el proceso olfatorio. A continuación se resumen las correlaciones entre las propiedades del olor y el odorante:

Intensidad	Concentración Volatilidad Solubilidad en grasas o en agua
Capacidad de penetración	Concentración Naturaleza química
Calidad	Forma y tamaño molecular Espectro infrarrojo o Raman Naturaleza química o agrupamiento funcional
Aceptabilidad	-----

Los olores pueden medirse por métodos sensoriales, y las concentraciones de un olor específico pueden medirse por métodos instrumentales. Se ha demostrado que, bajo condiciones estrictamente controladas, la medida sensorial (organoléptica) de los olores por el sistema del olfato humano, puede proporcionar información significativa y de confianza. Por consiguiente, el método sensorial se usa actualmente cada vez más frecuentemente para medir la emanación de olores en las instalaciones de tratamiento del agua residual.

En el método sensorial, se expone a un conjunto de personas a los olores que han sido diluidos en aire libre, y se anota el número de diluciones requeridas para reducir un olor a su concentración de umbral mínimo detectable (MDTOC). La concentración de olor detectable viene dada por las diluciones necesarias hasta llegar al MDTOC. Por tanto, si deben añadirse 4 volúmenes de aire diluido a una unidad de volumen de la muestra de aire para reducir el olor a su MDTOC, la

concentración del olor vendrá dada como cinco diluciones hasta su concentración umbral mínima.

Sin embargo, la determinación sensorial de esta concentración umbral puede estar sujeta a numerosos errores. Los principales son la adaptación y la adaptación cruzada, el sinergismo, la subjetividad y la modificación de la muestra (tabla II).

Tabla II:
Posibles errores de la determinación sensorial.

Tipo de error	Descripción
Adaptación y adaptación cruzada	Cuando se está continuamente expuesto a una concentración a base de un olor, el sujeto es incapaz de detectar la presencia del mismo, a bajas concentraciones. Cuando se separa al individuo de la concentración base, el sistema del olfato del sujeto se recupera rápidamente. En último extremo, el sujeto con un sistema del olfato adaptado, será incapaz de detectar la presencia de un olor al cual se haya adaptado.
Modificación de la muestra	Tanto la concentración como la composición de los gases y vapores pestilentes pueden ser modificadas en los recipientes de toma de muestras y en los dispositivos de detección de olores. Para minimizar los problemas asociados en la modificación de las muestras, el período de almacenamiento del olor debe minimizarse o suprimirse, y permitirse solo un contacto mínimo con cualquier superficie reactiva.
Subjetividad	Cuando el sujeto tiene conocimiento de la presencia de un olor pueden introducirse errores aleatorios en la medida sensorial. A menudo, el conocimiento del olor puede inferirse de otras señales sensoriales, tales como el sonido, vista o tacto.
Sinergismo	Cuando hay más de un olor presente en la muestra, se ha observado que es posible para un sujeto el exhibir una sensibilidad creciente un olor dado, a causa de la presencia de otro olor.

El método normal de la American Society for Testing and Materials (ASTM) para la medición de olores en la atmósfera, utilizando el método de dilución, tiene numerosas limitaciones inherentes que lo hacen inaceptable para medidas precisas del umbral del olor. Las tres limitaciones mayores son la situación anormal del sujeto que efectúa el examen, la carencia de un adecuado control del entorno de respiración del sujeto durante la evaluación de la muestra y la posible modificación de la muestra como consecuencia de la necesidad de mantener muestras discontinuas de aire. El procedimiento de ensayo de la ASTM se está actualizando a fin de utilizar la técnica de la dilución que es mucho mejor reproducible.

Para eliminar errores en la modificación de la muestra en los recipientes de muestreo, puede usarse un olfatómetro de lectura directa para medir olores en su origen, sin necesidad de tener que tomar muestras. Hay descriptores y métodos de utilización de los olfátómetros de lectura directa.

En relación con el instrumental de medida de olores, la olfatometría de aire diluido proporciona un método reproducible de medir las concentraciones de umbral del olor. Frecuentemente, es deseable conocer los compuestos específicos responsables del olor. A pesar de que la cromatografía de gas se ha utilizado con éxito con este propósito, no ha sido satisfactoria en la detección y cuantificación de los olores derivados de las instalaciones de recogida, tratamiento y evacuación de las aguas residuales. El uso exclusivo de métodos instrumentales de medida de estos olores se excluye por tres razones:

1. La detectabilidad (o capacidad de penetración) de los olores derivados de las instalaciones de agua residual está, a menudo, fuertemente influida por otros compuestos no olorosos (adaptación cruzada) que puedan presentarse.

2. La mayoría de los olores que emanan de las instalaciones de agua residual tienden a decaer rápidamente en condiciones de almacenamiento.

3. La molécula del olor debe concentrarse antes de la medida y a raíz de ello.

1.2. NATURALEZA DEL OLOR.

Sabemos que existe una gran cantidad de sustancias con olores molestos para el ser humano, las cuales son vertidas al medio ambiente como producto de las actividades humanas. Son liberadas en procesos industriales, granjas, depuradoras, depósitos de basura, etc.

En nuestro caso las sustancias olorosas liberadas en las depuradoras y que provocan malestar son compuestos de azufre en su mayoría, cuya procedencia y evolución dentro de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.) se expondrá a continuación.

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

La formación de los sulfuros en las aguas residuales tiene lugar a partir de los sulfatos por la acción metabólica de ciertas bacterias sulforreductoras que están

presentes en dichas aguas y en las paredes de los conductos y reservorios. Otros aportes de sulfuros inorgánicos provienen de vertidos industriales de cerveceras, refinerías de aceite, papeleras, mataderos, bodegas, etc.

Los sulfuros son los responsables principales del ennegrecimiento de las aguas residuales y de los fangos, debido a la formación de sulfuro ferroso y otros sulfuros metálicos de color negro. La presencia de sulfuro de hidrógeno está garantizada, a no ser que el pH sea superior a 9, con lo cual la atmósfera en contacto con esta agua también será portadora de dicho compuesto oloroso. La composición química del aire atmosférico seco tiene un 2×10^{-8} % en volumen de sulfuro de hidrógeno. Con una composición superior a ésta, dicho compuesto es considerado contaminante atmosférico primario.

El compuesto oloroso principal es el **ácido sulfhídrico** (H_2S). El H_2S se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. Se trata de un compuesto altamente tóxico y corrosivo. El umbral de toxicidad del H_2S está en 10 ppm (partes por millón) ó 14 mg/m^3 y el umbral de percepción (K-50), que es la concentración necesaria de moléculas odorantes que debe tener el aire para que su percepción sea detectada por el 50% de las personas de un grupo de población, es de 47×10^{-5} ppm ó $66 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$.

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

- ✓ Límite de exposición TLV-TWA: 10 ppm (14 mg/m³)
- ✓ Límite de exposición TLV-STEL: 15 ppm (21 mg/m³)
- ✓ Límite de exposición TLV-C: 20 ppm (28 mg/m³)

Tabla III:

Umbrales del olor en el aire

<i>Producto químico</i>	<i>Umbral del olor</i> (ppm)	<i>Descripción del olor</i>
Ácido acético	1,0	Agrio
Acetona	100,0	Químicamente dulce
Monometil amina	0,021	Olor a pescado, acre
Trimetil amina	0,0021	Olor a pescado, acre
Amoniaco	46,8	Acre
Bisulfuro de carbono	0,21	Sulfuro vegetal
Cloro, gas	0,314	Blanqueador, acre
Sulfuro de difenilo	0,047	A goma quemada
Formaldehído	1,0	A heno o paja
Ácido sulfhídrico	0,0047	A huevos podridos
Metanol	100,0	Dulce
Cloruro de metilo	214,0	
Fenol	0,047	Medicinal

Es posible darse cuenta de la magnitud del problema del control de olores cuando se compara la detección de la acetona contra el ácido sulfhídrico. En el caso de la acetona, no se podría detectar una concentración de 80 ppm, ya que su valor de umbral es de 100 ppm. Sin embargo, una concentración de 0,008 ppm de H₂S (cuatro órdenes de magnitud menos que el de acetona) constituiría un posible

problema de olores, debido a que el valor umbral para el H₂S es de sólo 0,0047 ppm. Por lo tanto, un valor de 0,008 ppm para el H₂S se detectará con facilidad.

El ácido sulfhídrico (H₂S) es el más venenoso de los gases naturales; se produce durante los procesos biológicos e industriales; es 6 veces más letal que el monóxido de carbono y la mitad de veces tan letal como el cianuro de hidrógeno. Cuando aparece como gas libre es cuando resulta más peligroso.

El H₂S es una sustancia muy problemática en los sistemas de depuración debido a las propiedades físicas y químicas que posee:

- Incoloro.
- Forma una mezcla explosiva con una concentración de entre 4,3 y 46 por ciento por volumen. Esto constituye una gama extremadamente amplia. La combustión espontánea se produce a los 260°C. Esta es una temperatura de encendido muy baja, ya que una colilla de cigarrillo no-fumada está a 232°C y aumenta su temperatura a sobre 260°C cuando se le fuma. Los vapores pueden viajar una distancia considerable hasta una fuente de encendido y luego retroceder con rapidez.
- Arde con una flama azul y produce anhídrido sulfuroso (SO₂), el cual es menos tóxico que el ácido sulfhídrico pero es muy irritante en los ojos y pulmones y puede provocar daños serios.
- Es más pesado que el aire, su densidad relativa es de 1,189 (la del aire es 1,000) a 16°C y 1 bar. Por lo tanto, el H₂S se acumula en puntos bajos tales como los sótanos de los pozos.
- Es soluble tanto en agua (4 volúmenes de gas en 1 volumen de agua a 0°C) y en hidrocarburos líquidos.

- Es corrosivo a todos los metales de la serie electroquímica.
- Incompatibilidad: agentes oxidantes fuertes, y bases fuertes.
- Su punto de ebullición es de -60°C.
- Su punto de fusión es de -86°C.
- El ácido sulfhídrico permanece en la atmósfera por aproximadamente 18 horas.
- Cuando se libera en forma de gas se convierte en anhídrido sulfúrico y ácido sulfuroso.
- De olor repulsivo, muchas veces descrito como el olor de huevos podridos.

Es precisamente su característico olor y posibilidad de ser detectado a muy bajas concentraciones la principal causa de reclamaciones por parte de los vecinos de estaciones depuradoras, y el motivo primordial para la investigación y estudio de las diversas técnicas para su eliminación.

Se absorbe a través de la vía respiratoria o por exposición cutánea, oxidándose rápidamente en forma de metabolitos poco tóxicos, por lo que no hay acumulación, la eliminación de este tóxico se efectúa en la orina, heces fecales y al respirar aire.

Este tóxico, actúa por dos mecanismos fundamentales:

- Local: Debido al contacto con la humedad de las mucosas, la cual produce irritación de las mismas.

- **Sistémico:** Al contacto por vía respiratoria, el ácido sulfhídrico pasa por el torrente sanguíneo y llega al hígado, con lo cual es oxidado de forma parcial, siendo transformado en sulfatos y tiosulfatos, productos inertes que son excretados del organismo por vía renal (orina). El ácido no oxidado por el hígado produce toxicidad dentro del paciente.

Se considera tóxico en extremo debido a la acción que ejerce sobre el sistema respiratorio, ya que se incorpora a nivel intracelular y mitocondrial, el anión de H₂S inhibe de manera importante, llegando incluso a bloquear el sistema de óxido reducción celular, impidiendo la salida del hidrogeno del compuesto oxidable de las enzimas derivadas de la nicotinamida y riboflavina, este bloqueo afecta de forma directa a las hemoproteínas conocidas como citocromos, y de los cuales el más importante es el A3 también conocido como citocromo oxidasa, produciendo una anoxia general en los tejidos.

El ácido sulfhídrico envenena a las personas al acumularse en la corriente sanguínea, paraliza los centros nerviosos cerebrales que controlan la respiración. Como resultado de ello, los pulmones no funcionan y se produce la asfixia. En un envenenamiento menos repentino puede causar dolor de cabeza, vómitos, tos, irritación en los ojos (y con fotofobia a keraconjutivitis) ampollas en los labios. El consumo o exposición al alcohol puede incrementar los efectos tóxicos

El peligro principal es el de muerte por inhalación. Cuando la cantidad de gas absorbido por la corriente sanguínea excede a la fácil oxidación, se provoca el envenenamiento del cuerpo, con una acción general sobre el sistema nervioso. Rápidamente se produce una respiración trabajosa, y es posible que se presente la parálisis respiratoria inmediatamente después con concentraciones de 700 ppm y superiores a esta. Esta condición puede alcanzarse casi sin advertirlo ya que el olor del ácido sulfhídrico que originalmente se detectó puede desaparecer debido a la

parálisis del sentido del olfato (anosmia). Entonces se produce la muerte por sofocación (asfixia) a menos que la persona expuesta sea llevada inmediatamente a donde haya aire fresco y se le estimule la respiración a través de respiración artificial. Si el paciente se recupera, usualmente queda una hipersensibilidad residual al H₂S durante mucho tiempo.

Otros niveles de exposición más bajos pueden ocasionar los siguientes síntomas de manera individual o en combinaciones tales como dolor de cabeza, mareo, agitación, náuseas o problemas gastrointestinales, sequedad y sensación de dolor en la nariz, garganta y pecho, tos, somnolencia y ampollas en los labios.

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

Tabla IV:

Efectos de la concentración de H₂S sobre el ser humano.

H ₂ S (ppm)	Efectos sobre el ser humano
0,00047-4,6	Olor perceptible
4,6	Olor moderado, fácilmente detectable
10	Comienzo de irritación ocular. Nivel de exposición permisible de 8 horas
15	Nivel permisible de exposición de 15 minutos
50	Olor potente, exposición máxima 10 minutos
100	Tos, irritación ocular, pérdida del olfato después de una hora de exposición
200-300	Conjuntivitis notable e irritación de las vías respiratorias después de una hora de exposición. Posible muerte
500-700	Pérdida del sentido y posible muerte en 30 minutos
700-1000	Pérdida rápida del sentido, cese de la respiración y muerte
Más de 1000	Pérdida inmediata del sentido con cese rápido de la respiración y muerte en pocos minutos. La muerte puede ocurrir aún cuando se retire al herido a un sitio ventilado

Para el estudio del sistema de desodorización hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ◆ Cuál es el problema del olor.
- ◆ Naturaleza del olor.
- ◆ Determinación del volumen y características del aire a tratar.

Con estas consideraciones podremos determinar el grado de efectividad necesario y el sistema de tratamiento más adecuado.

Además deberemos tener en cuenta el conocimiento de las técnicas de ventilación industrial para disponer de un buen sistema de captación de la corriente gaseosa a tratar, que es la base fundamental del sistema de desodorización.

- **Problema del olor.**

Se ha estimado que los olores constituyen el principal motivo de rechazo del público en relación con la implantación de instalaciones de tratamientos de aguas residuales. En muchas zonas se han rechazado proyectos a causa del temor al desarrollo potencial de olores. A la vista de la importancia de los olores en el campo de la gestión de las aguas residuales, resulta apropiado considerar los efectos que producen, cómo detectarlos, caracterizarlos y medirlos.

La importancia de los olores en términos humanos está relacionada primeramente con la tensión psicológica que originan más que con el daño que producen al organismo. Los olores molestos pueden afectar al apetito, inducir a menores consumos de agua, perjuicios a la respiración, náuseas y vómitos, y crear perturbaciones mentales. En situaciones extremas, los olores desagradables pueden conducir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria, a interferir en las relaciones humanas, desanimar la inversión de capital, hacer descender el poder socioeconómico, y detener el crecimiento. Estos problemas pueden tener como resultado una disminución de los valores de las rentas y del mercado de las propiedades, de los ingresos por impuestos, y de las ventas.

El principal problema que presenta el olor en esta zona es de tipo externo de la estación, es decir, podemos considerarlo un problema de emisión al exterior de la

estación depuradora puesto que la dispersión del olor desde los focos de emisión hasta las zonas más próximas de población hace que llegue una concentración suficiente como para causar molestias a los trabajadores de estas zonas y sobre todo con los viajeros que circulan por la carretera de El Portal, muy próxima a la emisión de olores.

1.3. CONTROL DE OLORES.

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

- Agua residual séptica que contiene sulfuro de hidrógeno y otros compuestos olorosos.

- Residuos industriales evacuados a la red de alcantarillado.

- Residuos de desbaste y arenas sin lavar.

- Instalaciones de manipulación de fangos de fosas sépticas.

- Espumas en los tanques de sedimentación primaria.

- Procesos de tratamiento biológico sobrecargados.

- Espesadores de fangos.

- Operaciones de quemado del gas residual, cuando se emplean temperaturas inferiores a la óptima.

- Instalaciones de acondicionamiento y deshidratación de fangos.
 - Incineradores de fangos.
 - Fango digerido en eras de secado o en tanques de almacenamiento.
 - Operaciones de compostaje de fangos.
- **Problemática del control de olores.**

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

En los casos en los que las instalaciones de tratamiento se hallen en las proximidades de zonas urbanizadas, puede ser necesario cubrir algunas de las unidades de tratamiento, entre las que se pueden incluir las obras de entrada, decantadores primarios, y espesadores de fango. Cuando se cubran unidades de proceso, es necesario extraer y procurar tratamiento a los gases que se generan en los mismos. El método de tratamiento específico dependerá de las características de los compuestos olorosos. La habilitación de espacios de disipación de olores también puede resultar una medida efectiva para la protección de las zonas urbanizadas; en la Tabla se presentan ejemplos de distancias y radios de disipación

de olores adoptados en el estado de Nueva York. Caso de que se adopten distancias de disipación, es necesario realizar estudios que permitan identificar el tipo y tamaño de la fuente de olores, las condiciones meteorológicas de la zona, las condiciones de disipación, y el tipo de zona urbanizada que exista en las proximidades.

Tabla V:
Distancias y radios de disipación.

Proceso de tratamiento	Distancia de amortiguamiento, m
	125
Tanque de sedimentación	
Filtro percolador	125
Tanque de aireación	150
Laguna aireada	300
Digestor de fango (aerobio o anaerobio)	150
Unidades de procesado de fangos	
Eras de secado al aire libre	150
Eras de secado cubiertas	125
Tanque de almacenamiento de fango	300
Espesador de fangos	300
Filtro de vacío	150
Oxidación por vía húmeda	450
Lecho de recarga de efluentes	250
Filtración de efluentes secundarios	
Abierta	150
Cerrada	60
Tratamiento avanzado del agua residual	
Filtración terciaria de efluentes	
Aire libre	100
Cerrados	60
Desnitrificación	100
Laguna de refinó	150
Aplicación al terreno	150

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

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

Cambios operacionales. Los cambios operacionales que se pueden llevar a cabo incluyen:

- Reducción de las sobrecargas a los procesos.
- Aumento del nivel de aireación en los procesos de tratamiento biológico.
- Aumento de la capacidad de la planta poniendo en funcionamiento las instalaciones de reserva, caso de que existan.
- Reducción de la masa de fangos existente en la planta.
- Aumento de la frecuencia de bombeo de fangos y espumas.
- Adición de agua de dilución dorada a los espesadores de fangos.
- Reducción de las turbulencias generadas por caída libre del agua mediante el control de los niveles del agua.
- Control de la liberación de aerosoles.

- Aumento de la frecuencia de evacuación de arenas y residuos.
- Aumento de la frecuencia de limpieza de las acumulaciones de compuestos olorosos.

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

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

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

- Manteniendo las condiciones aerobias aumentando el nivel de aireación para añadir oxígeno, mejorando el mezclado, o añadiendo peróxido de hidrógeno o aire en conductos de impulsión de gran longitud.
- Controlando el crecimiento microbiano anaerobio por desinfección o por control del pH.
- Oxidando los compuestos olorosos mediante la adición de productos químicos.

- Controlando la turbulencia.
- **Control de gases olorosos.**

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

El proyecto de los procesos de desodorización por lavado químico se ha mejorado con el fin de aumentar la eficiencia de la eliminación de olores y para reducir los niveles de olor finales. Los sistemas de lavado húmedo incluyen las torres de circulación a contracorriente, cámaras de absorción por rociado con agua y el lavado de flujo transversal.

El objetivo básico de cada tipología es promover el contacto entre el aire, el agua y los productos químicos (si se emplean), para provocar la oxidación o el arrastre de los compuestos olorosos.

El lavado por oxidación con líquidos se suele realizar con disoluciones de cloro (especialmente con hipoclorito de sodio) y de permanganato potásico. En sistemas en los que las concentraciones de H₂S son elevadas, también se usa hidróxido de sodio. El lavado con hipocloritos suele eliminar los gases olorosos oxidables cuando las concentraciones de otros gases son mínimas. En los casos en los que las concentraciones de gases olorosos siguen siendo demasiado elevadas después del lavado, se pueden instalar unidades de desodorización de varias etapas. Los pasos a seguir a la hora de proyectar un sistema de desodorización por lavado húmedo incluyen:

- Determinación de los volúmenes y características del gas a tratar.
- Definición de los límites de emisión para los gases tratados.

- Elección del líquido de lavado en función de la naturaleza química y de la concentración de los compuestos olorosos a eliminar.
- Desarrollo de estudios a escala de planta piloto y determinación de los criterios de diseño y de funcionamiento.

La adsorción sobre carbón activado se usa muy raramente en el control de olores. El carbón activado presenta diferentes niveles de adsorción para diferentes sustancias. Puede resultar efectivo para la eliminación del sulfuro de hidrógeno, y se puede emplear para la reducción de olores de origen orgánico. También se ha podido comprobar que la eliminación de olores depende de la concentración de hidrocarburos en el gas a tratar. Parece ser que los hidrocarburos se adsorben antes de que se elimine el H₂S. Si se desea emplear carbón activado, es necesario conocer la composición de los gases olorosos a tratar. Para poder eliminar los olores de forma continua, el carbón se debe sustituir o regenerar periódicamente, ya que la vida del lecho de carbón activado es limitada.

En ocasiones, se emplean sistemas de doble etapa, en los que la primera etapa es un proceso de lavado químico y la segunda es un tratamiento con carbón activado.

Un método de control biológico de olores es el uso de un filtro de suelo o de compost. En este sistema, las superficies de contacto necesarias para que se lleven a cabo las reacciones microbiológicas de oxidación de los compuestos olorosos se consiguen en un medio sólido húmedo de suelo o de fango comportado. De cara a la actividad de los microorganismos, la humedad y la temperatura son condiciones ambientales de gran importancia. En estos sistemas, el tiempo de residencia del aire contaminado suele ser de 15 a 30 segundos o superior. Para una concentración de H₂S de 20 mg/l, se han empleado profundidades de lecho de hasta 3 m, con factores de carga del lecho de hasta 0,61 m³/min·m² de superficie del lecho.

El método específico a emplear variará en función de las condiciones particulares de cada caso. Sin embargo, dado que las medidas para el control de olores tienden a ser caras, en todos los casos se deberá evaluar el coste de los cambios en los procesos o de las modificaciones en las instalaciones para eliminar el desarrollo de olores, y llevar a cabo una comparación con el coste de la implantación de las diversas medidas alternativas de control de olores antes de proceder a adoptarlas.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO.

El objetivo principal será la eliminación de la concentración de los compuestos olorosos con un rendimiento del 98% mediante la instalación de un Biofiltro, para paliar los posibles daños sobre los seres humanos, animales, plantas, patrimonio, etc., así como otros aspectos muy difíciles de cuantificar (estética, efectos a largo plazo, alteraciones naturales), además de no sobrepasar el límite de emisión máxima autorizada (20 ppm para el H₂S) ni las concentraciones medias de exposición al H₂S en 30 minutos (100 µg/m³ de aire) y en 24 horas (40 µg/m³ de aire). El caudal a tratar es de 32000 m³/h que engloba el Edificio de la Obra de Llegada, la elevación de agua bruta y el Edificio de Desbaste.

Las emisiones gaseosas que se producen en diferentes procesos de la planta depuradora, son sin duda un problema de contaminación odorífera al que es necesario hacer frente. Estos problemas de malos olores son debidos a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica, y el olor a huevos podridos, cuya procedencia es el sulfuro de hidrógeno, es el más característico. Este olor, marcadamente despreciable, se produce en el agua residual séptica cuando los microorganismos anaerobios reducen los sulfatos a sulfuros.

Los compuestos de azufres provienen de los vertidos domésticos donde aparecen los sulfonatos procedente de los detergentes, aparte de los compuestos orgánicos de azufre presentes en la composición de algunas proteínas excretadas por los seres humanos. En estos vertidos también están presentes los sulfatos, precursores de los sulfuros, cuyo origen principal está en agua de abastecimiento.

La existencia inevitable de malos olores en este tipo de instalaciones hace precisa la implantación de procesos capaces de combatirlos. Los malos olores deben de ser capturados para su posterior tratamiento y una vez tratados deberán cumplir la normativa aplicable sobre calidad del medio ambiente.

La desodorización va a actuar sobre los focos de emisión de olores. Se va a particularizar los sistemas de captación a cada tipo de foco de emisión del Pretratamiento. Una vez fijados los límites de emisión, el sistema de depuración debe satisfacer los requisitos acordados con el mayor rendimiento económico posible.

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 tecnología 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 de gases o compuestos olorosos, dado que es más económica que otras tecnologías y minimiza la producción de corrientes residuales contaminantes.

3. ANTECEDENTES.

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 del petróleo, se crean grandes complejos industriales y grandes ciudades. Se mejoran las vías de comunicación y se construyen carreteras que conlleva 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. Podemos definir la contaminación atmosférica como: "Cualquier condición atmosférica en las 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 es el Índice de Calidad del Aire (ICA), que pretende ser la herramienta que nos permita informar de forma clara, directa y rápida sobre la calidad del aire que respiramos y que garantice con efectividad el derecho que tenemos todos los ciudadanos de acceder a la información ambiental.

El ICA está basado en los criterios de calidad del aire recogidos en la Directiva 1999/30/CE relativa a los valores límite de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente; en la Directiva 2000/69/CE sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente; en la Directiva 2002/3/CE relativa al ozono en el aire ambiente; y en la Directiva 2004/107/CE relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.

Tabla VI:
 Índice de calidad del aire.

Valores del Índice de la Calidad del Aire	Niveles de Preocupación para la Salud	Colores
Cuando el ICA está dentro de estos niveles	...las condiciones de la calidad del aire son	...indicado por este color
0 - 49	Bueno	Verde
50 - 99	Admisible	Amarillo
100 - 150	Mala	Rojo
> 150	Muy mala	Marrón

Los contaminantes emitidos continuamente por la actividad humana tienen efectos locales, regionales o globales. A nivel local, en las grandes ciudades y las zonas industriales, cabe destacar como principales contaminantes las partículas suspendidas totales (PST), los compuestos orgánicos volátiles (COV's), los compuestos inorgánicos volátiles (CIV's) y el ozono (O3) que afectan directamente la salud humana. A nivel regional destacan los óxidos de nitrógeno (NOX) y de azufre (SOX) que provocan las lluvias ácidas, que dañan seriamente los ecosistemas y los

edificios. Finalmente, a nivel global es importante subrayar la importancia reconocida de numerosos contaminantes sobre la capa de ozono y el efecto invernadero cuyos principales responsables son los compuestos clorofluorocarbonados (denominados también CFC) y el dióxido de carbono (CO₂), respectivamente.

3.1 UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.

La EDAR de Jerez de la Frontera se encuentra situada en el Polígono Industrial del Portal, perteneciente a la zona sur del término municipal de Jerez de la Frontera (Cádiz), a unos 5 Km al sur del casco urbano de Jerez.



Figura 1: Mapa de España.

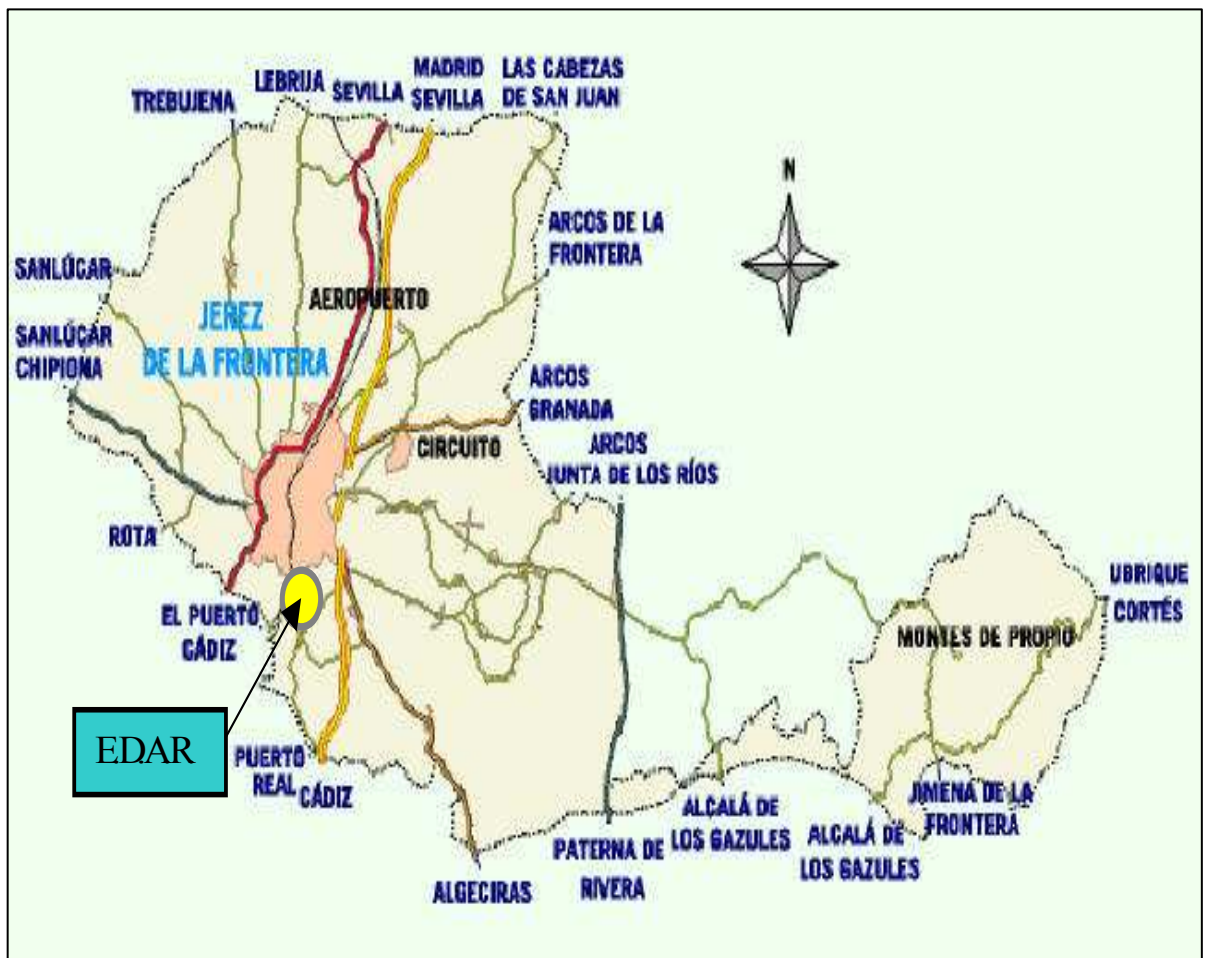


Figura 2: Provincia de Cádiz (España).

La EDAR se encuentra situada junto a la orilla norte del río Guadalete y el acceso a ella se realiza a través de la carretera comarcal CA-201.



Figura 3: E.D.A.R. "Guadalete" de Jerez de la Frontera.

3.2 TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE GASES.

Para alcanzar los estándares de emisiones establecidos en las NOM o por programas específicos se están aplicando y/o desarrollando varias técnicas para el tratamiento de gases emitidos. Los procedimientos para el control de compuestos orgánicos volátiles (COV) en emisiones de fuentes fijas se pueden clasificar en dos grandes grupos: los métodos fisicoquímicos y los métodos biológicos. En algunos casos, la opción para el control de emisiones de COV involucrará a más de uno de estos métodos de acuerdo con las características de la emisión.

Para la adecuada selección del equipo para el control de la contaminación del aire se deben contemplar los aspectos que aparecen a continuación. Estas consideraciones permitirán realizar una adecuada evaluación técnico-económica de la tecnología propuesta, en donde la elección del método adecuado para el control de compuestos volátiles depende de la ponderación de los siguientes aspectos:

- Las características del contaminante a remover (concentración, propiedades físicas y químicas como corrosividad, abrasividad, toxicidad y combustibilidad).
- Las características de la corriente contaminada (temperatura, presión, humedad, flujo, presencia de partículas).
- La eficiencia de remoción requerida (dictada por las normas de emisión vigentes o por la meta a alcanzar).
- Posibilidad de recuperar y reutilizar el contaminante así como identificar y cuantificar los subproductos que se puedan generar con el proceso y el costo de su disposición.

- Los requerimientos de potencia, de suministros y de mantenimiento deberán ser calculados al igual que los costos de inversión inicial.

Entre las técnicas de tratamiento de aire contaminado emitido por fuentes fijas se encuentran algunas que se han aplicado durante muchos años. En general, estas tecnologías pueden clasificarse en dos grupos dependiendo de las características de los contaminantes; aquellas para el control de contaminantes particulados (sólido o líquido) con diámetro en el orden de micras o menores (polvo, smog, humo, aerosoles) y las usadas para contaminantes gaseosos.

Las diferentes tecnologías usadas para el tratamiento de emisiones gaseosas se pueden clasificar en físico-químicas y biológicas. Para la selección de éste, hay que tener en cuenta una serie de consideraciones: cuál es el problema del olor, su naturaleza, volumen a tratar, características del aire contaminado y características y gestión de los subproductos generados. Un análisis detallado de estos factores determinará en cada caso el grado de eficacia que se requiere y el sistema de tratamiento más adecuado.

En la figura 4, se muestran los rangos de concentración de contaminantes (compuestos volátiles orgánicos) y de flujos de aire en los cuales son más rentables algunas de las principales tecnologías de control.

Se observa que los métodos biológicos son eficientes para grandes volúmenes de aire con baja concentraciones de contaminante.

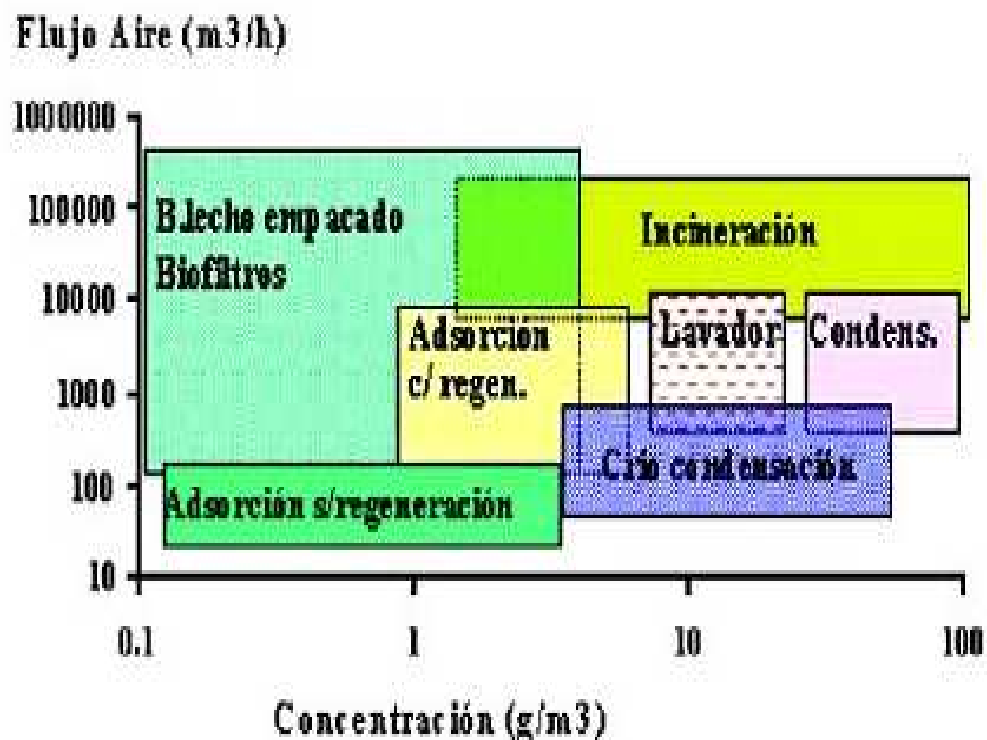


Figura 4: Rango de aplicación para tratamiento de gases

3.2.1. TECNOLOGÍAS FÍSICO-QUÍMICAS.

Normalmente, se han utilizado las tecnologías físico-químicas destacando: absorción, adsorción, incineración, condensación y procesos con membranas.

3.2.1.1. *ABSORCIÓN.*

La absorción son métodos de transferencia de masa desde la corriente de aire que contiene la carga de COV hasta un líquido absorbente, impulsados por un gradiente de concentración. Las soluciones absorbentes incluyen agua, sosa cáustica, aminas y algunos hidrocarburos. El absorbente empleado dependerá de

las características de solubilidad del COV a remover. Todos los sistemas de absorción buscan mejorar la transferencia de masa, forzando el contacto de la fase líquida con la fase gaseosa, ya sea en paralelo o a contra corriente. Estos sistemas están diseñados para operar en un amplio rango de eficiencias de remoción entre 70 y 99 %. El factor más importante que afecta la eficiencia de remoción es la solubilidad del contaminante en el líquido, seguido por la temperatura y el pH. Algunos sistemas que operan bajo este principio incluyen configuraciones tales como las torres de aspersion, torres empacadas o lavadores húmedos (EPA 2002).

3.2.1.2. ADSORCIÓN.

La adsorción se refiere a procesos donde las moléculas de COV son removidas de la corriente gaseosa al transferirse a la superficie sólida del adsorbente. Existen dos tipos de procesos de adsorción: adsorción química y adsorción física. La adsorción química no es utilizada en sistemas de control de contaminantes gaseosos por la dificultad que implica su regeneración. En la adsorción física, la molécula del contaminante es ligeramente retenida en la superficie del adsorbente por débiles fuerzas electrostáticas, de manera que el material puede ser fácilmente regenerado. El carbón activado es el adsorbente más usado hoy en día para retirar COV, existen tres tipos comunes: granular activado, polvo activado y fibra de carbono. También la silica gel, zeolita, alumina y polímeros pueden ser empleados como adsorbentes. Estos sistemas alcanzan eficiencias de remoción altas, entre 95 y 98% para carbón activado. La regeneración del adsorbente puede ocurrir *in situ* o *ex situ* . La regeneración involucra el tratamiento de los contaminantes desorbidos, ya sea por incineración o en algunos casos para su recuperación. En casos en los que no se considere la regeneración del adsorbente, se deberá disponer del mismo de acuerdo a la legislación, y en la mayoría de los casos como residuo peligroso. La retención de los contaminantes en el adsorbente puede verse afectada por factores tales como la temperatura, la

presión, la concentración de los contaminantes, el peso molecular de los contaminantes, la humedad y la presencia de partículas. Estos sistemas también pueden presentar problemas de explosividad de acuerdo con la concentración y tipo de contaminantes adsorbidos.

3.2.1.3. *INCINERACIÓN.*

La incineración, también llamada incineración de vapores, es un proceso en el cual el gas que contiene el contaminante es capturado por un sistema industrial de ventilación, precalentado, mezclado y oxidado a altas temperaturas que da como resultado otros compuestos. En el caso de los hidrocarburos orgánicos cuya composición es sólo carbono e hidrógeno, los compuestos resultantes son dióxido de carbono y agua (CO_2 y H_2O). Sin embargo, si los compuestos orgánicos contienen cloro, flúor o azufre, entonces los productos que se pueden formar serán vapores de ácido clorhídrico, de ácido fluorhídrico o dióxido de azufre y en algunos casos la formación de dioxinas. La formación de óxidos de nitrógeno es también posible durante la incineración. En general, los sistemas de oxidación tienen eficiencias de destrucción mayores al 99 %. Los sistemas de oxidación o incineración pueden dividirse, a su vez, en dos tipos principalmente: oxidación térmica y oxidación catalítica. La combustión catalítica es una alternativa a la incineración térmica que permite bajar la temperatura al emplear catalizadores, aunque igualmente se emplea para tratar efluentes altamente concentrados. Las principales desventajas son el complicado diseño del reactor y los costes del catalizador (metales nobles y corta vida útil). De hecho, la combustión catalítica sufre de inhibición del catalizador cuando el gas contiene compuesto de azufre. La eficiencia de un incinerador puede verse afectada por la concentración de los compuestos orgánicos, la temperatura de ignición y el tiempo de residencia o el volumen del catalizador (EPA 2002).

3.2.1.4. *CONDENSACIÓN.*

En este proceso, los contaminantes gaseosos son removidos de la corriente gaseosa mediante el cambio de fase a líquido. Esto se logra incrementando la presión o reduciendo la temperatura o la combinación de ambas, sin embargo considerando los costos de operación y mantenimiento de los equipos de compresión, la mayoría de los sistemas de condensación para tratamiento de aire operan bajo el principio de reducción de temperatura. La eficiencia de remoción de un condensador es generalmente del 90% y radica principalmente en el punto de rocío y en la temperatura de operación. Existen tres tipos de condensadores: los convencionales (-18°C hasta 4°C), los criogénicos (-195,5°C) y los de refrigeración (-100°C). Este sistema es frecuentemente utilizado cuando el contaminante puede ser reusado en el proceso, evitando así el costo de materiales nuevos en el proceso. Además se emplea esta técnica cuando la concentración del contaminante es muy alta y la sustancia posee un punto de ebullición bajo, siendo por tanto sólo viable económicamente para vapores concentrados y cuando el compuesto recuperado tiene valor o puede ser reciclado. Los contaminantes con un alto punto de ebullición pueden ser concentrados por simultáneos ciclos de enfriamiento y compresión del gas.

3.2.1.5. *PROCESOS CON MEMBRANAS.*

Los procesos con membranas se basan en las diferentes velocidades de permeabilidad a través de una delgada membrana de los compuestos. La fuerza impulsora es la diferencia de presión a ambos lados de la membrana. A causa de esto, no es posible una eficacia al 100% y algún producto se perderá inevitablemente. Hay dos tipos de sistemas con membranas: con alta presión de fase gas a ambos lados y con baja presión de adsorbente líquido a un lado.

3.2.2. TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS.

El uso de biofiltros para depurar el aire es una tecnología que se aplica ya hace tiempo. En países como Alemania y Estados Unidos llevan décadas aplicando biofiltros en diferentes procesos, industriales o no, que generan aire contaminado y/o con olores.

Los primeros reportes del uso de los sistemas de biofiltración datan de 1.923 y se utilizaron en la depuración del aire contaminado por H_2S procedente de una depuradora de agua. Éstos 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.

La técnica fue evolucionando hasta que a partir de la década de los 70 se pudieron aplicar para cargas de contaminante más elevadas. Fue en la década de los 80 que el estudio y conocimiento de la técnica cogió más fuerza y se desarrollaron sistemas cerrados, algunos con sistemas de control computarizados y empleando medios filtrantes inorgánicos novedosos, tales como el carbón activado 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.

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 (H_2S), óxidos de nitrógeno, amoniaco y algunos compuestos que contienen cloro (HCl).

Las tecnologías biológicas se basan en la degradación o transformación de los contaminantes en compuestos no dañinos. El límite de estos procesos es la biodegradabilidad de los contaminantes. Mientras que los compuestos biogénicos (generados por procesos biológicos) son fácilmente biodegradables, los compuestos xenobióticos (aquellos que no son producto de una biosíntesis) pueden ser más recalcitrantes. Los compuestos recalcitrantes son aquellos que resisten el ataque microbiano parcial o totalmente. La tabla VII reporta compuestos que han sido eliminados por biofiltración.

Tabla VII:

Ejemplos de compuestos volátiles tratados por procesos biológicos.

Acetona	Tolueno	Acrilonitrilo	Ácido sulfhídrico
Metil Etil Cetona,	Benceno	Etil acetato	Bisulfuro de carbón
Metanol	Etil benceno	Cloruro metileno	Mercaptanos
Etanol	Xilenos	Acrilatos	Amoniaco
Isopropanol,	Estireno	Vapores gasolina	SO ₂ y NO _x
Éter	Metil t- butil éter,	Cloruro vinilo	Olores orgánicos
Formaldehído	Etil t- butil éter,	Cloro- bencenos	
n- Alcanos (C1 a C6)	t- amil metil éter,	Pinenos	

Estos procesos son considerados tecnologías limpias por su menor uso en energía, que no adicionan sustancias peligrosas, que no requieren condiciones extremas de trabajo y que su costo de operación es reducido. Estos sistemas comparten con las oxidaciones (incineración y catalítica) el hecho que los contaminantes son destruidos y no transferido a otra fase como con otras tecnologías de control (adsorción, absorción y condensación).

4. PROCESO DE OPERACIÓN.

Como procesos de desodorización para el control de malos olores y compuestos orgánicos volátiles (COV's), los de uso más común tanto por vía seca como por vía húmeda son los siguientes:

- Adsorción con carbón activo.
- Ozonización.
- Biofiltración.
- Lavado químico.

El primero de ellos es un proceso por vía seca, y los otros tres corresponden a procesos por vía húmeda.

4.1. ADSORSIÓN POR CARBÓN ACTIVO.

Este es un proceso en que los contaminantes que son transportados por el aire sucio a tratar quedan adsorbidos a la superficie interna del carbón activo donde quedan retenidos.

El aire contaminado procedente de los recintos a desodorizar se introduce por la parte baja de la torre de contacto y fluye hacia la parte superior, atravesando en su recorrido ascendente todo el lecho de carbón activo.

El carbón activo es un soporte adsorbente que posee una gran superficie específica, debido a que se trata de un carbón preparado artificialmente con el propósito de aumentar su porosidad interna.

Esto le proporciona una elevada capacidad de adsorción, convirtiéndolo en el soporte adsorbente más empleado.

Los contaminantes quedan retenidos en el medio filtrante y el aire limpio sale al exterior de la torre de contacto por una especie de chimenea superior.

Los procesos de desodorización por medio de torres de contacto con relleno de carbón activo (figura 5) son eficaces para el tratamiento de caudales reducidos de hasta 5000 m³/h (edificios de pretratamiento, pozos de bombeo, espesadores de fangos instalados en tanques con cubiertas cerradas). Para caudales mayores es aconsejable estudiar otras alternativas.



Figura 5: Torres de desodorización de carbón activo.

4.2. OZONIZACIÓN.

El empleo del ozono en la oxidación por vía húmeda es una tecnología para eliminación de olores de las más avanzadas.

Su aplicación a la desodorización ofrece grandes ventajas como son su elevado potencial oxidante que lo hace altamente efectivo para lograr la destrucción de COV's y de gases inorgánicos contaminantes, y también el que no genera residuos en el proceso.

El ozono (O_3) es un gas de color azulado que se encuentra presente en el aire limpio y seco, y al igual que otros gases tiene la misión concreta de eliminar de este aire limpio y seco todos los contaminantes que no forman parte de él.

A modo de ejemplo, cabe indicar que el ozono tiene aproximadamente el doble de capacidad de oxidación que el cloro y precisa de dosis y tiempos de contacto menores para obtener iguales resultados. El modo básico de operación de una instalación de eliminación de olores por ozonización consiste en hacer que el aire contaminado atraviese una zona de relleno en la que entre en contacto con la solución oxidante. Se introduce el aire contaminado en la torre de contacto por su parte baja. Esta corriente de aire contaminado se somete por flujo vertical a un lavado mediante una serie de pulverizadores. La alimentación de aire contaminado a las torres de contacto sigue los mismos pasos que en un proceso de desodorización por carbón activo.

El material de relleno hace aumentar el tiempo de contacto entre el aire contaminado y la solución oxidante. El ozono necesario para este proceso es generado artificialmente mediante la activación del oxígeno del aire por descargas eléctricas que rompen las moléculas de oxígeno para formar ozono. El aire limpio,

una vez tratado, sale por un conducto situado en la parte superior de la torre de contacto.



Figura 6: Vista exterior de un generador de ozono.

4.3. BIOFILTRACIÓN.

La desodorización del aire contaminado de aire contaminado por procesos de biofiltración se basa en la biodegradación de los contaminantes odoríferos presentes en el aire.

Los contaminantes son tratados mediante el uso de un relleno húmedo, donde los microorganismos presentes en este relleno degradan los contaminantes nocivos.

Es importante mantener una humedad adecuada para que los microorganismos se desarrollen satisfactoriamente y actúen de forma efectiva sobre los contaminantes oxidándolos.

El aire contaminado se extrae de los recintos (edificios, pozos, tanques, cubiertas...) con la ayuda de ventiladores mecánicos y se envía a través de redes de conductos de captación hasta el biofiltro.

Antes de entrar en la unidad de tratamiento para su biodegradación, el aire contaminado pasa por una fase previa de humidificación. A continuación, el aire se envía al interior del biofiltro. Los gases atraviesan el biofilm en sentido ascendente o descendente, dependiendo del diseño del biofiltro. Una vez atravesado el biofilm, el aire limpio sale al exterior y los contaminantes quedan retenidos.



Figura 7: Biofiltro de tanque contenedor metálico.

4.4. LAVADO QUÍMICO.

Se efectúa aplicando reactivos químicos que reaccionan con los contaminantes para transformarlos en productos menos molestos o para retenerlos en el agua de lavado. La desodorización por lavado químico puede realizarse en una o en varias etapas, en las que como reactivos más frecuentemente utilizados se pueden citar entre otros, el hipoclorito sódico, hidróxido sódico, ácido sulfúrico y permanganato potásico. El aire contaminado es obligado a atravesar el contracorriente una zona de relleno en la que se produce el contacto y reacción de los compuestos. Unos pulverizadores aportan al sistema los reactivos químicos en forma líquida. El aire limpio sale al exterior de la torre de contacto habiendo pasado previamente por un separador de gotas que evita el arrastre no deseado de alguna partícula líquida de los reactivos químicos. Los reactivos químicos que caen al fondo de la torre de contacto son nuevamente recirculados al sistema de pulverizadores.



Figura 8: Torres de lavado químico.

Los sistemas de lavado químico lo forman una o varias torres de contacto colocadas en serie. Estas torres se fabrican en materiales anticorrosivos.

5. BIOFILTRACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.

Podemos definir la biofiltración 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.

Durante el proceso, de biofiltración, el aire contaminado pasa a través de los macroporos del material filtrante que sirve de soporte a bacterias en crecimiento. La degradación de los contaminantes ocurre previa transferencia del aire a un medio líquido en donde es utilizado como fuente de carbono y energía (compuestos orgánicos) o como fuente de energía (compuestos inorgánicos). La utilización implica producción de biomasa y la oxidación parcial o total del contaminante. A su vez, la biomasa, bajo ciertas condiciones sufre una oxidación por respiración endógena. De esta manera, los procesos de biofiltración dan lugar a una descomposición completa de los contaminantes, creando productos no peligrosos.

Para que el tratamiento biológico sea efectivo, los contaminantes de interés deben ser, en cierto grado, biodegradables, no tóxicos y presentar cierta solubilidad. De forma general, el tratamiento biológico es efectivo y económico para bajas concentraciones de contaminante, normalmente inferiores a 5g/m^3 , y grandes caudales de aire de hasta $5 \times 10^5\text{m}^3/\text{h}$.

Los biofiltros están pensados para trabajar en continuo y así evitar que los microorganismos mueran por falta del sustrato que los alimenta. Si se detiene el funcionamiento, deja de entrar sustrato en forma de COV y la colonia de microorganismos se reduce hasta morir. Por tanto, si se debe parar el proceso, se hará por un espacio corto de tiempo.

Hay diferentes tipos de biofiltros, pudiéndose dividir en tres tipos: biofiltro de lecho fijo (BLF), biofiltro de lecho escurrido (BLE) o de película (biotrickling filter) y biolavador (BL) o (Bioscrubbers). Esta clasificación se basa en las condiciones en las que se encuentran los microorganismos en el sistema y del patrón de flujo de la fase acuosa, tal y como se muestra en la tabla VIII.

Tabla VIII:
 Clasificación de Biofiltros.

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

Estos sistemas biológicos de tratamiento de aire son considerados como tecnologías limpias o verdes y presentan una serie de ventajas comunes, entre las que destacan:

- Su capacidad para degradar los contaminantes a otros productos inocuos o menos contaminantes a una temperatura y presión ambientales.
- Costes de inversión moderados.

- Costes de operación son relativamente bajos, teniendo en cuenta el elevado volumen de gases que se pueden tratar con bajas concentraciones de los compuestos contaminantes.
- Se obtienen altos rendimientos de degradación en el tratamiento de un elevado número de compuestos contaminantes atmosféricos, pudiéndose tratar de forma efectiva mezclas de compuestos orgánicos e inorgánicos.
- Procesos aceptados por la opinión pública como "naturales" y tienen un bajo requerimiento energético en el equipamiento.
- En cuanto a las desventajas, cada configuración tiene las propias, pero las comunes son:
 - Necesidad de una etapa de acondicionamiento de la corriente de entrada.
 - Ciertos compuestos de etapas previas de depuración o del proceso productivo pueden ser tóxicos y/o letales para los microorganismos.
 - Elevada sensibilidad de éstos a los cambios de temperatura, humedad y pH.

Biofiltro de lecho fijo

Los biofiltros de lecho fijo (BLF) constan de un lecho empacado que se conoce como material filtrante y que puede ser sintético u orgánico, que sirve como soporte para los microorganismos y en el caso de los orgánicos como fuente de nutrientes para el crecimiento microbiano. Los ejemplos de materiales filtrantes utilizados en este tipo de filtros son rocas porosas, tierra de diatomeas, perlita, tierra, trozos de maderas, diferentes tipos de compostas, residuos orgánicos tales como

cáscaras de cacahuete, de arroz o de coco, cortezas de pino, fibra de caña de azúcar, entre otros. El principio de los biofiltros de lecho fijo consiste en hacer pasar la corriente gaseosa saturada de humedad que contiene al contaminante a través del lecho en donde los contaminantes son degradados por los microorganismos. Una característica importante de los BLF es la ausencia de la fase acuosa móvil que los hace convenientes para tratar contaminantes muy poco solubles en agua. Es importante mencionar que la huella física de los BLF es mayor con respecto a los otros tipos de biofiltros.

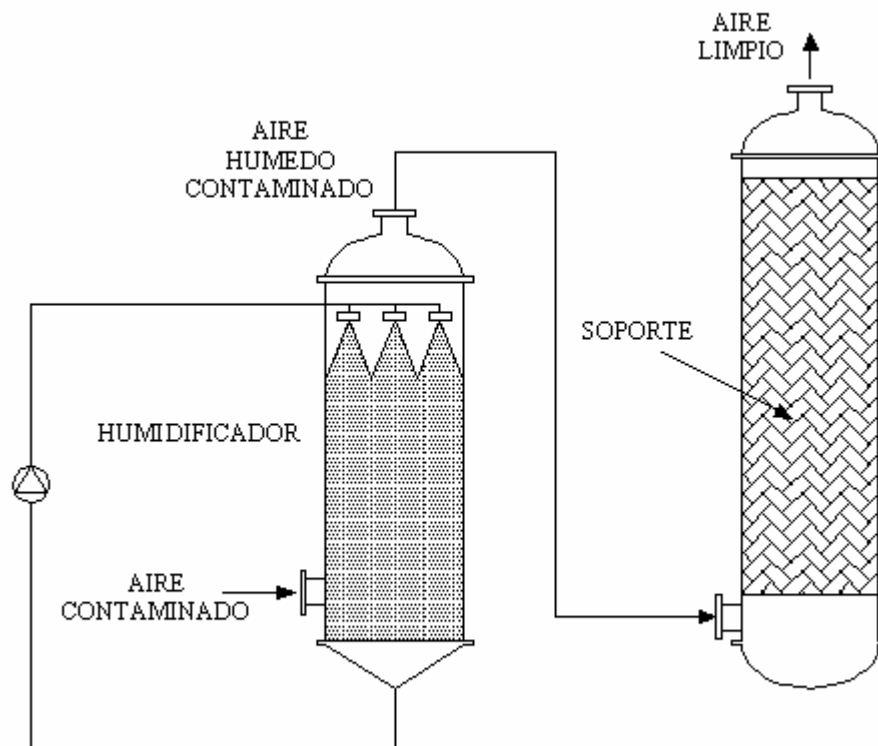


Figura 9: Biofiltro de lecho fijo.

Biofiltro de lecho escurrido

Es un sistema de fase líquida en una etapa. El biofiltro de lecho escurrido (BLE) o de recirculación, consiste de una columna empacada con un soporte inerte (usualmente de material cerámico o plástico) donde se desarrolla la biopelícula. A través del lecho se alimenta una corriente gaseosa que contiene al sustrato por biodegradar y una corriente líquida que es comúnmente reciclada a través del lecho y que tiene la función de aportar nutrientes esenciales a la biopelícula, así como de remover los productos de degradación de los microorganismos. Estos sistemas se recomiendan para compuestos solubles en agua. Son los utilizados en tratamiento de aguas residuales. Los BLE tienen similares ventajas que los biolavadores, ya que la recirculación del líquido facilita la eliminación de los productos de reacción así como un mayor control sobre el proceso biológico a través del control del pH y la composición del medio líquido.

A medida que el gas atraviesa el lecho poroso, los contaminantes son degradados por la biomasa activa que los utiliza como fuente de nutrientes y/o energía. La operación de absorción y biodegradación del contaminante en los BLE se lleva a cabo en un solo reactor, lo cual los pone en ventaja sobre los biolavadores respecto a la huella física y la operación del mismo. Se ha reportado que en ambos sistemas el principal problema de operación es la solubilización del gas en la fase acuosa, aunque es menos crítico en los BLE.

Los materiales usados comúnmente como soportes son polímeros, cerámicas, zeolita, carbón activo o mezcla de varios materiales.

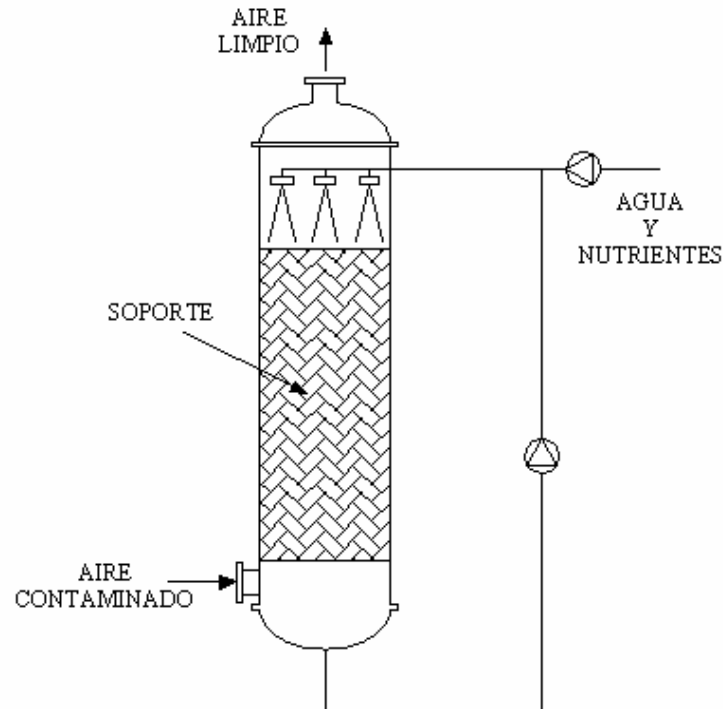


Figura 10: Biofiltro de lecho escurrido.

Biolavador

A diferencia de los biofiltros, en los biolavadores el compuesto a degradar primero es absorbido en la fase líquida localizada en una torre de absorción llena de líquido. La operación consiste en hacer fluir el gas a contracorriente a través del líquido, donde los contaminantes y el O₂ son absorbidos. Posteriormente el líquido es alimentado a un reactor empacado de un material inerte cubierto de la película biológica encargada de degradar al contaminante. Estos sistemas son adecuados cuando el contaminante es altamente soluble en agua, dada la necesidad de la transferencia del contaminante de la fase gas a la líquida

Las principales ventajas de los biolavadores son: a) la recirculación del líquido que favorece la no acumulación de productos que pudieran tener efectos nocivos para los microorganismos y 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 biofiltros de lecho escurrido.

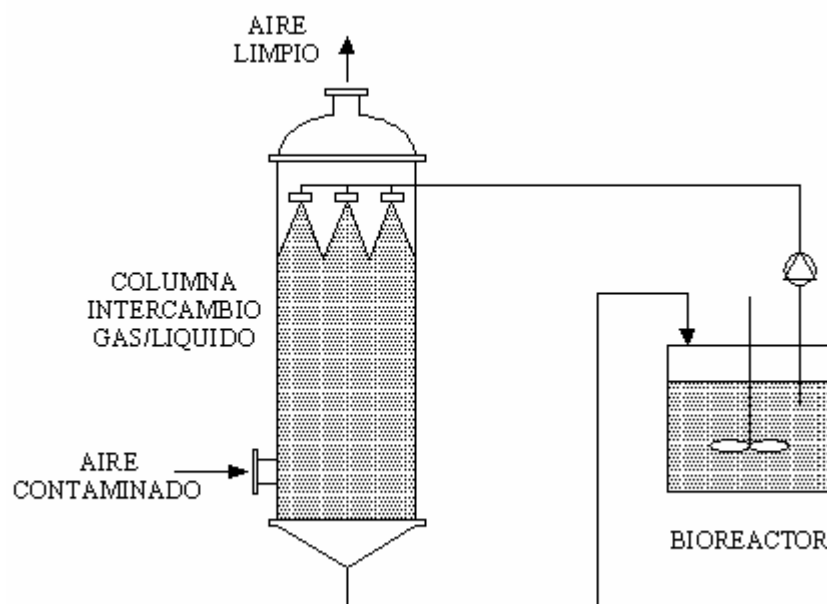


Figura 11: Biolavador.

En la tabla siguiente se resumen las ventajas y desventajas de los tres tipos de biofiltros antes mencionados. La selección del sistema adecuado deberá hacerse considerando las características de la corriente gaseosa a tratar, la eficiencia de remoción esperada y los costes involucrados.

Tabla IX:

Ventajas y desventajas de los sistemas de biofiltración.

TIPO DE BIOFILTRO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
BLF	<ul style="list-style-type: none"> - Altas superficies de contacto gas-líquido - Fácil arranque y operación. Bajos costes de inversión. - Soporta periodos sin alimentación. - Conveniente para operación intermitente. <p>BLF</p> <ul style="list-style-type: none"> - No produce agua de desecho. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco control sobre fenómenos de reacción. - Baja adaptación a altas fluctuaciones de flujo de gas. - Grandes volúmenes de reactor. - No conveniente para tratamiento de contaminantes cuyos subproductos son compuestos ácidos
BL	<ul style="list-style-type: none"> - Mejor control de la reacción. - Posibilidad de evitar acumulación de subproductos. - Equipos compactos. - Baja caída de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja superficie de contacto gaslíquido. - Altos costes de inversión, operación y mantenimiento. - Genera lodo residual. - Arranque complejo. - Necesidad de aireación extra. - No soporta periodos sin alimentación. - Necesidad de suministrar nutrientes.
BLE	<ul style="list-style-type: none"> - Control de concentración de sustratos. - Posibilidad de evitar acumulación de subproductos. - Equipos compactos. - Baja caída de presión. - Alta transferencia de oxígeno y del contaminante. - Más adecuados para 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja superficie de contacto gas-líquido. - Generación de lodos. - Altos costes de inversión, operación y mantenimiento. - Necesidad de suministrar nutrientes. - Arranque complejo. - No resiste periodos sin alimentación.

	tratar líquidos que gases.	<ul style="list-style-type: none"> -Taponamiento por biomasa. - Producción de agua de desecho. - No conveniente para tratamiento de contaminantes cuyos subproductos son compuestos ácidos.
--	----------------------------	--

Ha demostrado ser la biofiltración un método de tratamiento de corrientes gaseosas económicamente efectivo. Como medio filtrante, el uso de microorganismos inmovilizados 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 un caudal alto de corriente gaseosa y baja concentración de contaminantes, como la definida para este proyecto, el sistema más adecuado y habitual es el biofiltro de lecho fijo como hemos visto anteriormente.

5.1. VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Comparado con las tecnologías físico-químicas (absorción, adsorción, oxidación térmica, oxidación catalítica, reducción catalítica, condensación, etc.), donde los componentes en algunos casos sólo se transfieren de una fase a otra, los tratamientos biológicos presentan la ventaja de degradar completamente los contaminantes a productos inocuos o menos contaminantes, a temperatura y presión normales, por lo que representa una tecnología eficiente cuando se compara con los tratamientos tradicionales. En la tabla que viene a continuación, se resume esta comparación entre distintos procesos físico-químicos y biofiltración:

Tabla X:

Comparación de la biofiltración frente a otros procesos de control de olor.

	Coste de operación	Coste de equipos	Coste de mantenimiento	Riesgo de contaminación	Eliminación completa del olor	Eficacia de eliminación
Lavador húmedo	Alto	Bajo	Bajo	Sí	No	Bajo
Adsorción (carbón activo)	Alto	Alto	Alto	No	Sí	Alto
Incineración	Alto	Alto	Alto	Sí	Sí	Alto
Lavador químico	Bajo	Alto	Alto	Sí	Sí	Alto
Biofiltración	Bajo	Bajo	Bajo	No	Sí	Alto

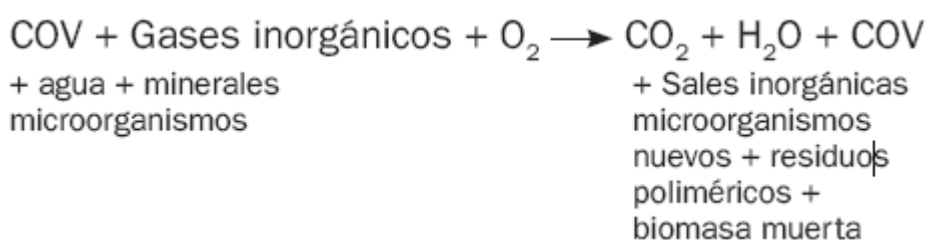
Los elementos que forman una instalación convencional de desodorización por biofiltros:

- Captación y alimentación de aire contaminado: está formada por las redes de conductos repartidos por los diferentes recintos a desodorizar. Estos conductos transportan el aire contaminado aspirado por un ventilador centrífugo y lo envían hasta el prehumidificador.

- Prehumidificador: es un scrubber vertical con un sistema de pulverizadores de agua en la parte superior. Se emplea para conseguir el grado de humedad, la temperatura, y composición apropiados para la biofiltración en el lecho. El aire sucio procedente de los recintos a desodorizar entra en el prehumidificador, se acondiciona y posteriormente sale hacia el biofiltro. El agua que expulsan los pulverizadores cae al fondo de los scrubber, desde donde es recirculada a un nuevo ciclo de prehumidificación.

- Biofiltro: se componen de varios elementos como de un tanque contenedor del biomedio, un sistema de distribución de aire y un biomedio (soporte + biofilm).

No solamente los contaminantes difunden en el biofilm, también lo hacen el O₂, CO₂ y otros posibles compuestos volátiles bajo la influencia de gradientes de concentración. La principal reacción que tiene lugar en el biofiltro es la siguiente:



El tanque contenedor del biomedio suelen ser de obra civil o metálicos. En ocasiones más contadas se fabrican de materiales plásticos. A su vez, pueden ser tanques abiertos o cerrados. A una determinada distancia del suelo del tanque hay un falso fondo perforado que hace de soporte del lecho filtrante.

El sistema de distribución de aire en el interior del tanque lo forma el falso fondo perforado que a su vez sirve de soporte del lecho filtrante. Este falso fondo consiste en placas prefabricadas colocadas unas junto a otras. Los agujeros existentes en estas placas del falso fondo están repartidos de manera uniforme por toda la superficie, es por estos agujeros por donde entra el aire contaminado a tratar que previamente ha pasado por el prehumidificador.

Para biofiltros convencionales, el biomedio (soporte + biofilm), se emplean soportes orgánicos como turba vieja o tacos de madera. En cambio para los biofiltros avanzados, los soportes utilizados son de tipo inorgánico. Para garantizar que dentro del biofiltro se mantiene de forma permanente el grado de humedad

apropiado para que la actividad de los microorganismos responsables de la depuración del aire contaminado se desarrolle de manera eficaz, sobre el medio filtrante, a una determinada altura, hay unos colectores con difusores de agua repartidos uniformemente por toda la superficie.

5.2. BIOFILTRACIÓN DE LECHO FIJO (BLF).

Hay unas condiciones que son indispensables para el buen funcionamiento de los biofiltros:

1. Conseguir una población de microorganismos adecuada.

Hay dos maneras de obtener una población de microorganismos adecuada, mediante el estudio en laboratorio especializado con plantas piloto o dejar que la naturaleza siga su curso. La especie de microorganismos que predominará el lecho será la que mejor se adapte a las emisiones, alimentándose de COVs. En el primer caso, el del laboratorio, se tardará menos en aclimatarse los microorganismos en el lecho, ya que han sido puestos a prueba previamente a la inoculación. La desventaja que tiene dejar hacer a la naturaleza es que se requiere más tiempo para aclimatar el cultivo. Pero, la población adaptada de forma natural, lo ha hecho en un medio en el que había una gran diversidad de especies y es por este motivo que resiste mejor las condiciones adversas e incluso puede dar mejor rendimiento en la degradación.

2. Una buena adición de nutrientes.

Además del contaminante, es necesario, el desarrollo de la población, añadir al lecho nitrógeno, potasio y fósforo en la proporción adecuada mediante fertilizantes. También hay que añadir, en pequeñas cantidades, algunos nutrientes menos solubles como son el magnesio, calcio, hierro y sodio.

3. Tratamiento previo de separación de partículas.

En caso de que el gas a tratar contiene partículas, se deben separar antes de realizar el tratamiento biológico, ya que sino, se tapa el lecho filtrante y en consecuencia se produce una pérdida de presión, provocando un aumento en el consumo de energía. Se debe procurar mantener la presión estable y que se reduzca el rendimiento del equipo.

4. Características de los contaminantes.

5. Características del lecho.

6. Particularidades de la instalación.

7. Parámetros de funcionamiento.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el tipo de instalación más habitual es el biofiltro de lecho fijo o BLF (figura 12).

Las partes en que consta un biofiltro de lecho fijo son las siguientes:

- Un espacio con ventilación mecánica por las emisiones de gases biodegradados, que puede estar cubierto o no.
- Un sistema de ventilación de aire para mover este aire residual a través del biofiltro.
- Un sistema de humidificación mediante duchas de agua para mantener una corriente de aire saturada de vapor de agua.

- Una cámara de aire para distribuir uniformemente el aire residual por debajo de los medios de relleno del biofiltro.
- Una estructura de apoyo, sobre el que está el material de relleno donde se desarrollan los microorganismos y da lugar a la interacción gas contaminado-microorganismos. Este apoyo está situado por encima de la cámara de aire.

Los medios de relleno del biofiltro sirven como superficie de los microorganismos para vivir, como fuente de algunos nutrientes, como estructura y para mantener la humedad y la temperatura.

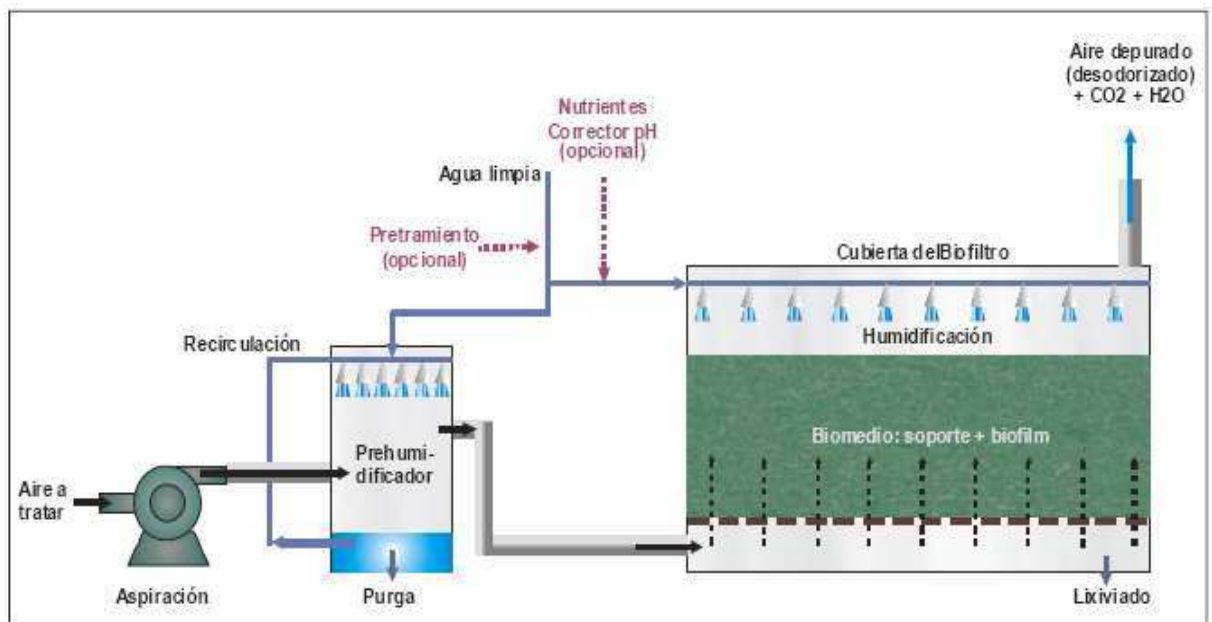


Figura 12: Esquema de un biofiltro de lecho fijo.

La degradación de los contaminantes por los microorganismos no puede realizarse directamente de la fase gas sino requiere de un paso previo de transferencia a un medio líquido en donde se encuentran los microorganismos formando la biopelícula (figura 13). Este transporte se lleva a cabo debido a un

gradiente de concentración entre las dos fases. Para que la biofiltración sea competitiva con los otros métodos de tratamiento este fenómeno de transferencia aire-líquido debe ser rápido, ya que típicamente los tiempos de residencia en los biofiltros son cortos. El transporte de los contaminantes al interior de la biopelícula se lleva a cabo por difusión. En la interfase gas-líquido, los contaminantes y el oxígeno se encuentran en equilibrio.

Para concentraciones bajas de sustrato (contaminante) los microorganismos activos en la parte exterior de la biopelícula consumen rápidamente el contaminante impidiendo que los microorganismos que se encuentran en el interior entren en contacto con el sustrato. Por otro lado, a altas concentraciones de un contaminante fácilmente degradable, se favorece el crecimiento excesivo de la biopelícula, el oxígeno presente será consumido en esta porción de la biopelícula permitiendo la formación de zonas anaerobias en la parte interior.

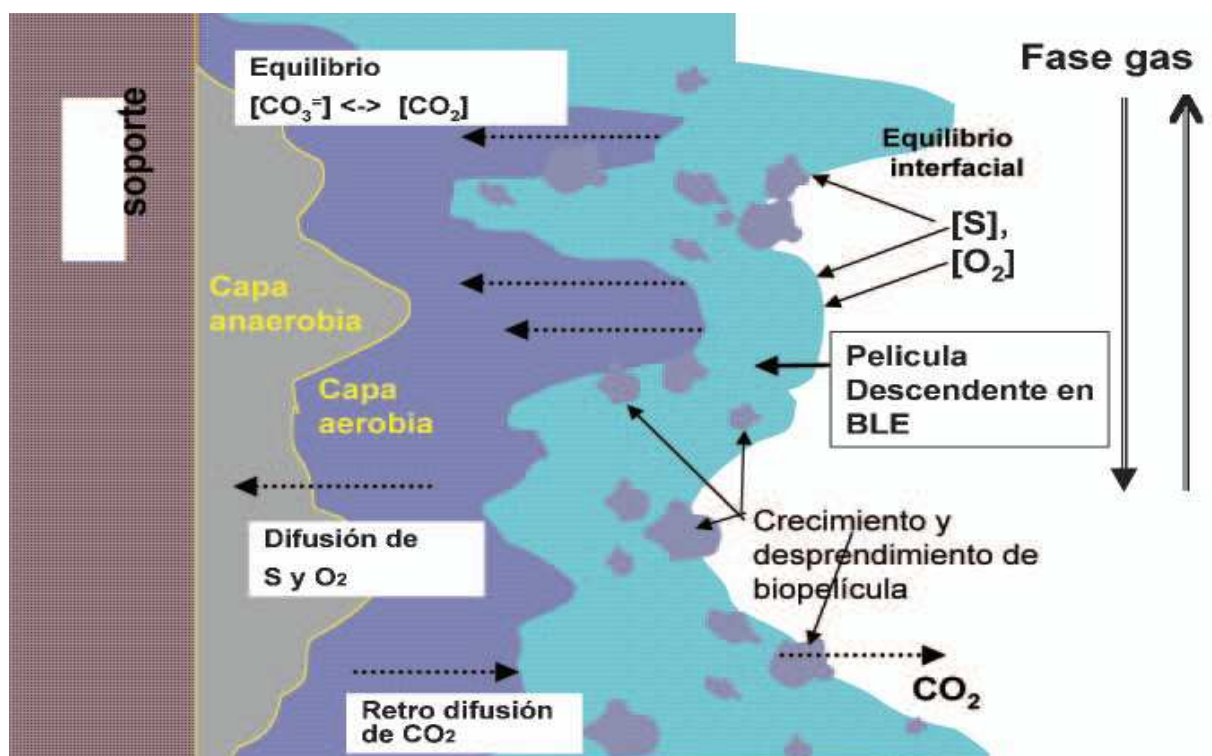


Figura 13: Aspectos físicos de la biofiltración.

A nivel reactor el principal reto de proceso es el de mantener la humedad apropiada. Cuando la humedad es baja, debida al secado, disminuye sensiblemente la actividad biológica y por lo tanto el desempeño global del sistema. Por otro lado cuando se agrega demasiada agua se pueden provocar taponamiento y la formación de zonas anaeróbicas. El secado de biofiltros se encuentra determinado por la humedad del aire de entrada, el flujo y por el calor liberado por la reacción de oxidación.

Los microorganismos utilizan el contaminante como fuente de carbón y energía (compuestos orgánicos) o sólo como fuente de energía (ciertos compuestos nitrogenados y azufrados) (figura 13). Además los microorganismos requieren de nutrientes inorgánicos que son tomados del soporte o adicionados, en el caso de soportes inertes. La utilización del contaminante implica producción de más biomasa y la oxidación parcial o total del contaminante. A su vez la biomasa, bajo ciertas condiciones, sufre una oxidación por respiración endógena reduciéndose la acumulación. Además de la biomasa activa, en la biopelícula pueden existir microorganismos inactivos, es decir, microorganismos que no son capaces de oxidar el contaminante o bien microorganismos depredadores. Una representación del ciclo de la población microbiana se muestra en la figura 14. Mediante la muerte y lisis de la población algunos nutrientes son reciclados. En los procesos biológicos de control de contaminación de aire no es posible considerar la esterilización del gas por motivos económicos. Por lo tanto, las poblaciones dentro de los equipos deben ser capaces de oxidar los contaminantes en condiciones altamente competitivas de no esterilidad.

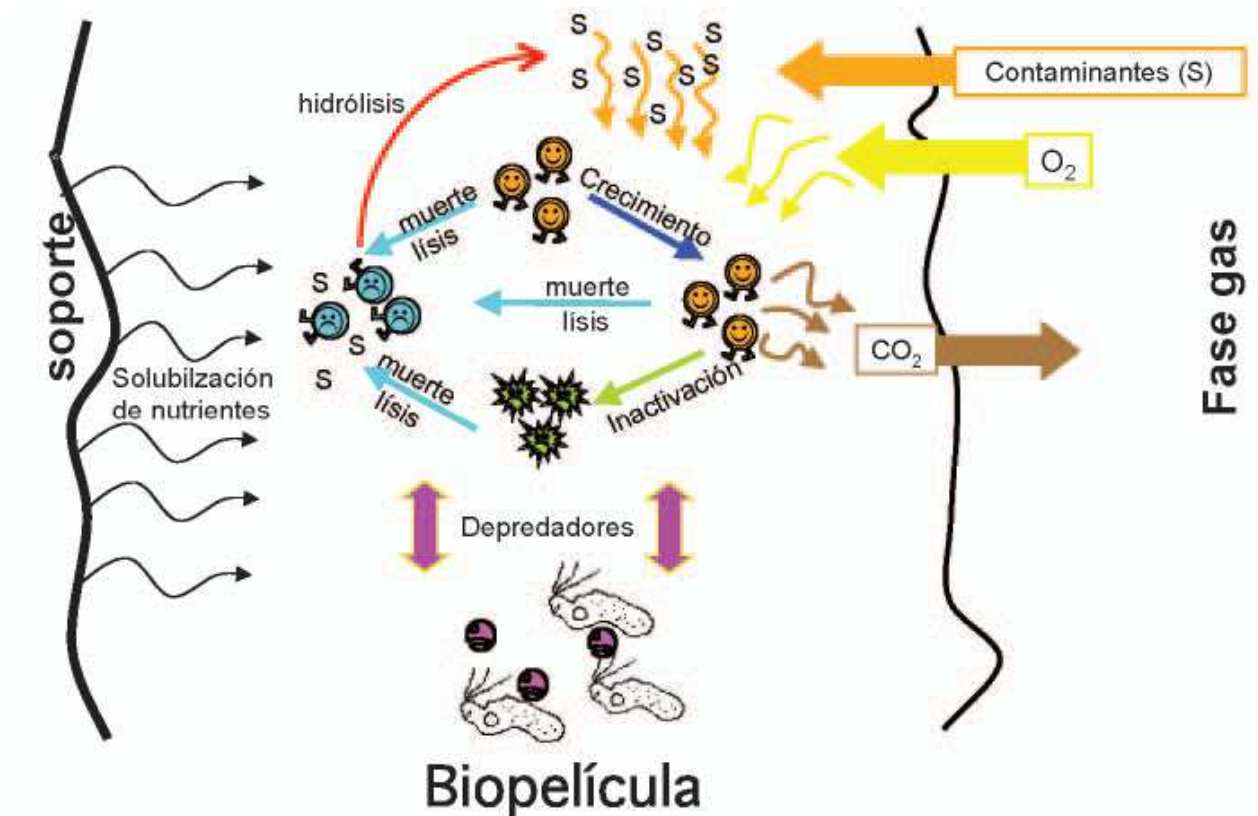


Figura 14: Aspectos biológicos de la biofiltración.

Las variables que determinan el funcionamiento de un biofiltro tendrán incidencia directa en la capacidad de eliminación del contaminante. En general los factores que afectan a la eficacia de eliminación de los contaminantes serán: características del gas contaminante (concentración, flujo, presencia de partículas, temperatura), la selección adecuada del medio filtrante, la temperatura, la humedad del lecho, caída de presión, selección de los microorganismos adecuados, el pH o acidez y la presencia de compuestos tóxicos o inhibitorios que pudieran ingresar en la corriente contaminada. Estos factores se describen a continuación.

Características del gas contaminante.

Las principales propiedades que hay que tener en cuenta en el aire a tratar son el caudal, la concentración de COVs, la temperatura y humedad del aire, los disolventes presentes, el límite de emisión permitido y la posible presencia de polvo y otros contaminantes. Todas ellas muy importantes en la determinación de la eficiencia de remoción de un sistema de biofiltración.

Con base en la concentración del gas contaminante se puede seleccionar el tipo de biofiltro. Generalmente se ha considerado que el rango de concentración óptimo es de 0 a 5g/m³ de aire alimentado al biorreactor, según la clase del contaminante. La concentración máxima depende de las características de los contaminantes como son su biotoxicidad, etc. Para compuestos poco o no recalcitrantes como, por ejemplo, alcoholes la concentración puede ser más alta que para compuestos más tóxicos (aromáticos halogenados...). Tampoco se puede trabajar con concentraciones muy bajas dado que en aquellos casos nos encontraríamos con problemas de transferencia de materia o de difusión del contaminante en fase gas hasta el microorganismo.

Los flujos de alimentación pueden alcanzar valores superiores a los flujos utilizados con métodos físico-químicos, y pueden llegar hasta los 5x10⁵m³/h. Respecto a la temperatura del gas contaminante, si es mayor a 40°C será necesario un proceso de pretratamiento para reducirla, pues puede verse afectado el proceso metabólico de los microorganismos responsables del proceso de descontaminación. Los sistemas humidificadores tienen en estos casos la doble función de aumentar la humedad relativa y de reducir la temperatura del gas a tratar.

Finalmente, es necesario evaluar la presencia de partículas con el fin de evitar el taponamiento del lecho filtrante a su paso por éste. En presencia de la

obstrucción, las partículas pueden ser removidas en un proceso previo ya sea por sedimentación (ciclón) o por absorción en una columna empacada.

Medio filtrante o material de relleno.

Para que un biofiltro llegue a operar en forma eficiente el medio debe proporcionar un ambiente adecuado que favorezca el crecimiento microbiano y además manteniendo una alta porosidad para permitir que el aire fluya en forma fácil. Las propiedades críticas en la elección del material filtrante serán:

- Porosidad homogénea del lecho, entre el 40 y el 80%.
- Retención de agua, entre el 40 y un 60% de masa.
- pH Neutro.
- Alta superficie específica.
- Alta resistencia a la compactación.
- Presencia de nutrientes inorgánicos como N, P, K y S y alta concentración de microorganismos.
- Alto contenido de materia orgánica, entre el 35 y 55%.

Con el paso del tiempo el material de relleno se descompone y se vuelve más denso reduciendo su porosidad (espacio de aire del medio de comunicación) aumentando así la presión necesaria para mover el aire a través de los materiales de relleno del biofiltro.

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DESODORIZACIÓN.

6.1. INTRODUCCIÓN.

El sistema de captación de olores y desodorización de la E.D.A.R. “Guadalete”, no funciona de forma adecuada, presentando numerosos problemas derivados de su capacidad y del diseño adoptado.

Por lo tanto, es necesario acometer un sistema de tratamiento de olores de la E.D.A.R. para reducir la afección ambiental motivada por los olores dimanantes de los diversos focos potenciales frente a la población, tanto fija como circulante, en la zona de influencia de las instalaciones.

6.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

6.2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUALES INSTALACIONES.

Las instalaciones actuales se encuentran en el siguiente estado:

- El ozonizador no funciona al tener quemado el transformador.
- Se aprecia una capacidad insuficiente de los caudales de extracción para descender el nivel de contaminantes en el aire por debajo de los umbrales de percepción.
- Los puntos de extracción están muy alejados de los focos de emisión.

- La capacidad actual del sistema de desodorización es insuficiente.
- Las torres de lavado no cumplen las normativas de seguridad (no hay cubetas de retención de posibles fugas de reactivos).

6.2.2. *CONDICIONES DE DISEÑO.*

Inicialmente se han establecido las siguientes zonas donde se pueden presentar problemas de generación de olores:

Zona 1. Pozo de grueso y bombeo.

Se adoptan tomas localizadas en el pozo de gruesos y varias generales.

Zona 2. Desbastes.

En la sala de desbaste, dada su extensión, se realizan captaciones puntuales en determinados focos olorosos (rejas, tornillo, contenedores) con objeto de reducir el volumen a desodorizar. No obstante se prevé una desodorización del edificio para casos de necesidad.

En el análisis de las instalaciones existentes, se ha podido constatar que el Almacenamiento de Productos Químicos (APQ) no reúne las condiciones legales actualmente exigibles por lo que su reubicación, en el caso de optarse por la vía química) deberá de replantearse.

También las actuales torres de desodorización se encuentran obsoletas y habrá que cambiarlas si se decide la solución de desodorización por vía química.

Zona 3. Tamizado y espesamiento.

Se ha estudiado tanto la toma directa sobre equipos (tamices) como sobre depósitos y edificios.

Zona 4. Almacenamiento de fangos y Edificio de deshidratación.

Los depósitos de fangos estabilizados se cubren para evitar la salida de los olores.

6.3. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Los caudales de aire para desodorizar se han obtenido en base a dos criterios básicos.

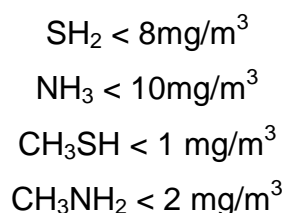
El primero de ellos en función del número de renovaciones por hora para garantizar, en los edificios, que las condiciones a las que se verá expuesto el operador en trabajo prolongados en su interior permita realizar sus labores sin ningún estrés, generados por los olores. Por lo tanto se tratará de descender el olor por debajo del umbral de percepción.

Se ha establecido como media diez renovaciones por hora que no significa que, de forma continuada, se esté extrayendo esta cantidad de aire de los edificios, sino que, cuando sea necesario (por trabajos de mantenimiento o presencia continuada de operarios) se dispone de una capacidad de renovación de hasta diez veces el volumen del edificio, cuyo uso estará supeditado a la mejora puntual de las condiciones ambientales.

En condiciones normales, no se prevé que en los edificios sea necesario disponer de más de dos renovaciones por hora.

Cuando sea necesario que en un edificio, por razones de trabajos puntuales, se disponga de diez renovaciones por hora, en el resto de los edificios se procederá, con carácter temporal a reducir el número de renovaciones por hora.

El segundo de ellos es evitar que, en cualquier depósito cerrado o encapsulado se supere el umbral de toxicidad que pueda, por accidente, alcanzar a cualquier operario o trabajador, para lo que se limita las concentraciones en el aire a desodorizar en:



De acuerdo con los cálculos realizados (Anexo 2), las necesidades medias y máximas de cada zona son:

Tabla XI: Caudales medios y máximos por zonas.

	Edificios	
	Medios	Máximos
Zona 1	2264 m ³ /h	11322 m ³ /h
Zona 2	4150 m ³ /h	20479 m ³ /h
Zona 3	561 m ³ /h	2805 m ³ /h
Zona 4	858 m ³ /h	4290 m ³ /h

Para las zonas 1 y 2 se considera adecuado el uso de un sistema de desodorización por vía biológica que presenta unos menores costes de explotación. Al encontrarse ambas zonas muy cerca se considera que con un único sistema se garantiza el tratamiento de los olores generados, por lo que se dispondrá de un solo equipo con capacidad para procesar 32000 m³/h previstos en condiciones más desfavorables para reducir 51mg/m³ de concentración de compuestos volátiles.

En cambio para las zonas 3 y 4, se preferiría que sea por vía química que, aunque sea más cara en costes de explotación, permite una fiabilidad que la propiedad valora como determinante. Dada la distancia existente entre ambas (secado y espesamiento) y redundando en la necesidad de disponer de una flexibilidad mayor y una alta fiabilidad, se consideraría adecuado disponer de dos sistemas independientes por vía química para dichos procesos.

En el presente proyecto, solo tendremos en cuenta las zonas 1 y 2 por vía biológica ya que si no sería un proyecto demasiado extenso si tenemos en cuenta también las demás zonas. En cambio para intentar evitar la emisión de gases a la atmósfera en el secado y almacenamiento de fangos, se cubrirá dichos depósitos.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES.

El sistema de desodorización se encuentra en el edificio de la obra de llegada y desbaste, ya que es el más afectado por el problema de olores y el más cercano a los espesadores.

Dada la distancia entre este punto y el edificio de secado se ha previsto un sistema independiente de este edificio, donde el olor será mucho menos intenso, dado que trabajaríamos con fango digerido.

El sistema actúa de forma que, mediante la acción de unos ventiladores aspiradores, los olores son capturados por un conjunto de rejillas colocados en conducciones, que a su vez transportan dichos gases hasta las columnas para su posterior tratamiento.

Actualmente la solución aplicada es tratar los gases en una doble columna de lavado alimentada con un oxidante y lavada a contracorriente con agua acidulada (NaClO) en la primera columna y agua con álcalis en la segunda (NaOH). El gas y los reactivos se ponen en contacto en contracorriente en dichas torres de desodorización.

La instalación de las torres de tratamientos de olores, se intenta eliminar o reducir la carga tóxica de los gases que se desprenden de las aguas residuales (además de reducir los olores que ellos producen) debida a procesos de descomposición de la materia orgánica. Ésta consta de 2 torres de poliéster y fibra de vidrio de 5,3 m de altura y 2,5 m de diámetro, poseyendo un volumen de relleno de anillos Pall (2") de 9,8 m³.

Como fluidos ácido-base utilizados están el hipoclorito de sodio y la sosa mediante dos bombas dosificadoras. Soporta trabajar a un caudal de 35 m³/s y tratar 20.000 Nm³/h.

La potencia de los ventiladores es de 4 kW, la altura manométrica 5 m y la presión de salida 12 mm.

Cuenta con dos depósitos para los reactivos (sosa cáustica/hipoclorito) de 500 litros cada uno.

Los dos ventiladores son de baja presión y son capaces de desplazar 10.000 Nm³/h (20.000 Nm³/h en total). La potencia de trabajo de cada uno de ellos es de 3,5 kW a 700 r.p.m. y cuya presión diferencial neta es de 70 mm. Se dispone en toda la sala de una serie de rejillas de aspiración por la que se introducen los gases contaminantes, pero al estar a una altura muy considerable y teniendo en cuenta que el SH₂ es más pesado que el aire, este sistema es muy deficiente y necesita ser sustituido.

7.1. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto de este proyecto es realizar las modificaciones necesarias en la zona de Pretratamiento y secado y almacenamiento de fangos para la mejora de los procesos en dicho lugar desde el punto de vista de la seguridad para operarios y habitantes de los alrededores, como por la reducción de contaminación que de ellos se desprende. Dichas actuaciones deben ir encaminadas a la obtención de los siguientes objetivos generales:

- Mejora en el sistema de captación de gases contaminantes.
- Sustitución de las torres de lavado por un biofiltro de lecho fijo.
- Cubrir las zonas de secado y almacenamiento de fangos reteniendo y captando el aire contaminado, permitiendo minimizar la cantidad de aire que debe ser tratado.

7.2. DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES.

A continuación se plantean las distintas modificaciones que se consideran necesarias para la realización de los objetivos propuestos en la redacción del proyecto:

- **TRATAMIENTO DE OLORES POR VÍA BIOLÓGICA.**

Esta modificación se lleva consigo la instalación de un sistema de extracción localizada tanto para las rejillas, como para los tamices, cuyo fin es la captación de los gases tóxicos producidos (SH_2 en su mayoría) en el mismo lugar donde se producen y evitar así la contaminación del ambiente de trabajo.

Procedimiento:

- Instalar las tuberías necesarias para el transporte del gas.
- Instalar ventilador centrífugo (soplante).

- Conexión de las tuberías con el ventilador.
- Unión del ventilador centrífugo con el humidificador.
- Instalación de bomba de recirculación.
- Unión del humidificador al biofiltro.
- Instalación de una cámara de aire para distribuir uniformemente el aire residual por debajo de los medios de relleno del biofiltro.
- Colocación de una estructura de apoyo, sobre el que está el material de relleno donde se desarrollan los microorganismos y da lugar a la interacción gas contaminado-microorganismos. Este apoyo está situado por encima de la cámara de aire.
- Rellenar el biofiltro.
- Puesta en marcha del sistema.

▪ **SECADO Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS.**

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

Las cubiertas de los depósitos, cualquiera que sea su planta, pueden ser abovedadas o planas.

Las más corrientes son las de los depósitos circulares o semicirculares con muros de recinto, con contrafuertes y bóvedas cilíndricas verticales, y anillo central de apoyo.

En relación con las cubiertas es necesario seguir una serie de normas que pueden resumirse en:

- Establecimiento de pendientes mínimas del 2,0% para evacuación de las aguas pluviales.

- Aislamiento térmico suficiente para garantizar la constancia de la temperatura de las aguas en el interior del depósito. No deberá variar la temperatura de las aguas en más de $\pm 1\%$ °C.

Los depósitos de almacenamiento se tratan de depósitos cilíndricos y verticales con el fondo plano. Se fabrican con virolas de chapa de acero soldadas entre sí. No suelen llevar refuerzos exteriores ni interiores, y si los llevan estos consisten en un número determinado de anillos periféricos de refuerzo a base de perfiles de acero. El techo de los depósitos se fabrican con chapa lagrimada y formando un pequeño con pendiente hacia el exterior (conocido como sombrerete). Esta pendiente hace que en caso de lluvia, el agua resbale y caiga hacia el suelo en lugar de permanecer sobre el techo.

El techo es transitable y dispone de una barandilla perimetral de seguridad. Cuenta con unas series de conexiones para llenado de fangos, descarga de fangos, sonda de nivel, venteo, desodorización y boca de hombre para inspección del interior. Para facilitar el acceso al interior del silo, existe una escalera de pates

interior con quitamiendos. La formación de bóvedas se evita en parte con la colocación de un deflector rompebóvedas cercano al sistema de extracción.

Procedimiento:

- Retirada temporal del contenido.
- Instalación de cubiertas en los tanques de secado y almacenamiento de fangos.
- Soldar las cubiertas.
- Someter a pruebas de ensayos.
- Llenar los tanques.
- Puesta en marcha del sistema.

A continuación se mostrará la ubicación de las modificaciones en la planta general de la EDAR “Guadalete”:



Figura 15: Planta EDAR "Guadalete".

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1) Pretratamiento. | 6) Espesamiento de fangos. |
| 2) Decantadores primarios. | 7) Digestión anaeróbica de fangos. |
| 3) Reactores biológicos. | 8) Gasómetros. |
| 4) Decantadores Secundarios. | 9) Almacenamiento de fangos. |
| 5) Cloración. | 10) Secado de fangos. |

8. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

La distribución en planta de los equipos se ha llevado a cabo de forma razonada, con el objetivo de obtener el mayor número de ventajas posible y reducir los inconvenientes que de la misma se pudieran derivar (problemas de seguridad, de funcionamiento o de acceso a las instalaciones). Se pretenden reducir los costes al mínimo, por lo que la superficie requerida deberá ser la menor que garantice la seguridad y el correcto funcionamiento de la planta.

Se ha empleado la reglamentación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo para minimizar los riesgos. Se han tenido en cuenta los siguientes conceptos:

- Espacio mínimo por operario.
- Dimensionamiento adecuado de los accesos.
- Redes de distribución y mantenimiento situadas a distintos niveles.
- Ubicación correcta de los elementos peligrosos.
- Salidas de emergencia.
- Servicios contra incendios.

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

◆ **Principio de racionalidad.**

La distribución en la planta se basa en una adecuada coordinación e integración de los elementos básicos de la producción (máquinas, hombres y materiales).

◆ **Principios de economía.**

Entre ellos cabe destacar:

- Recorrido mínimo y continuo. Se pretende que los recorridos de las corrientes sean lo menores posibles, con lo que se disminuye la duración del proceso. Además, de esta forma, se consiguen prevenir problemas de obstrucción de líneas.
- Aprovechamiento del espacio. Se ha buscado el mayor aprovechamiento del espacio, lo que rebaja el coste de la planta.
- Flujo del agua en la planta por gravedad. Para ello, la distribución se realiza de forma que se aproveche el desnivel del terreno.

◆ **Principios de previsión de futuro.**

Los más importantes son:

- Flexibilidad de la planta. Se ha proyectado de forma que sus instalaciones tengan la máxima flexibilidad.

- Posibilidad de ampliación: se ha realizado la distribución de forma que sean factibles futuras ampliaciones de las instalaciones.

◆ **Principio de máxima seguridad.**

Los puestos de trabajo, las máquinas y el resto de las instalaciones se han proyectado de forma que garanticen la máxima seguridad de los operarios.

9. RELLENO DEL BIOFILTRO.

Hay varios tipos de relleno que reúnen todos los requisitos en mayor o menor grado. Los materiales más empleados suelen ser mezclas de turba fibrosa con distintos soportes orgánicos como brezo o ramas de abeto o con un coste algo más elevado pero mayor comportamiento y mayor esperanza de vida y compost y mezclas de compost con material de soporte y corteza de árbol como materiales más económicos pero menos resistentes y con peores funciones tampón. El uso de los rellenos inorgánicos suele ser limitado a pesar de su vida útil casi infinita, debido a su reducida función de tampón y reserva de nutrientes.

Un factor importante es la resistencia del material al paso de aire. Este factor depende en gran medida de la porosidad del material y condiciona la velocidad máxima de la corriente de aire en el lecho y con esto el tamaño del filtro. Además aumenta el consumo de energía con la resistencia. Por lo tanto es deseable utilizar materiales con baja resistencia para filtros más compactos y menor gasto energético.

De acuerdo con el estado actual de la técnica, un biofiltro tiene dos de tres capas de filtros con diferentes materiales. Nuestro relleno a elegir según sus características son: mezcla de brezo (70%) y turba (30%).



Figura 16: Mezcla de brezo (brezo / turba de fibra, BIM 100).

Tabla XII: Comparativa de los materiales de lecho más habituales.

Material	Característica
Compost	<ul style="list-style-type: none"> + bajo coste + alta disponibilidad - Sensible al exceso de agua - Duración limitada - Alta resistencia al aire
Corteza de árbol	<ul style="list-style-type: none"> + alta disponibilidad + coste mediano a bajo +/- duración mediana - Escaso efecto tampón - Superficie interna relativamente pequeña
Brezo	<ul style="list-style-type: none"> + muy baja resistencia + larga duración +/- utilizado sobre todo en mezclas con turba +/- coste medio - alto - Superficie interna muy baja - Escaso efecto tampón - Disponibilidad limitada
Turba	<ul style="list-style-type: none"> + superficie interna muy elevada + buen efecto tampón + larga duración + la turba de alta calidad tiene baja resistencia - elevado coste - limitada disponibilidad

La capa inferior, también conocida como la capa de distribución, proporciona soporte para las capas superiores de la filtración. Que proporciona la distribución ideal del aire para el uso óptimo de las capas superiores de la filtración. La capa inferior también recoge las partículas finas, debido a la lenta degradación de los materiales de filtración, sin causar cortes, pérdida de carga adicional o la formación de canales preferenciales. Esta capa se puede cumplir con estos requisitos durante la duración total de uso debido a su alta resistencia a la degradación biológica.

La capa media suele ser la capa de filtro principal. Materiales adecuados para este fin son, por ejemplo, mezcla de brezo, la mezcla de compost y la variedad de coco. Esta capa es ante todo un sustrato de soporte y añade los nutrientes que faltan en el aire, necesario para los microorganismos. Gracias a su resistencia a la degradación biológica, la capa principal se asegura una distribución homogénea (es decir, sin compresión u obstrucción) durante varios años de operación.

La capa de cubierta sirve como protección para las capas inferiores de la filtración. Esta cobertura proporciona una temperatura constante y humedad en la parte superior de la capa de filtro principal (efecto de la cobertura vegetal) y lograr eficiencias de remoción mayor y más constante.

El proceso in situ requiere disponer de más tiempo antes de que se pueda poner en funcionamiento el biofiltro, ya que el crecimiento de los microorganismos es más lento.

Una vez instalado el relleno en el biofiltro, se procede a introducir turba, lodos activados o abono, todos ellos ricos en microorganismos. A continuación se procede al rociado superior para obtener la humedad requerida. El siguiente paso es abrir ligeramente el paso al gas a tratar, de tal manera que a medida que pase el gas se irán desarrollando los microorganismos específicos o vivirán los microorganismos capaces de adaptarse. El caudal inicial de gas y el aumento progresivo del caudal dependerán de las características del conjunto del lecho del biofiltro.

Los microorganismos que crecen mediante este procedimiento son más resistentes, ya que son fruto de la selección producida por la competencia entre los diferentes microorganismos que crecen en el biofiltro. También estarán más aclimatados y serán sutilmente más eficientes, ya que la especialidad la han adquirido con las condiciones del biofiltro

10. MÁQUINAS Y EQUIPOS.

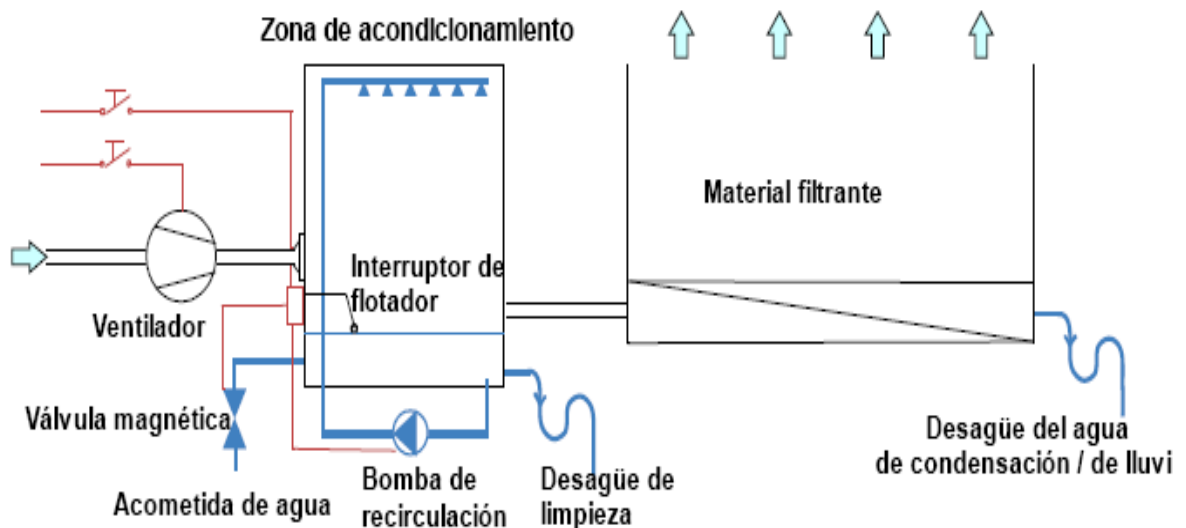


Figura 17: Esquema de flujo de un biofiltro biológico con humidificador.

10.1 BIOFILTRO (BF).

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

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

- Selección de un biofiltro.
- Biodegradabilidad de los contaminantes.

- Nivel de concentración.
- Caudal de aire a tratar.
- Relleno (orgánico inorgánico).
- Temperatura.
- Nivel de humedad.
- Pérdida de carga.

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

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

El biofiltro es un recinto rectangular de 384 m³ fabricado de hormigón. Este material presenta las propiedades de tener alta resistencia mecánica y química y ser impermeable y duradero.



Figura 18: Estructura del Biofiltro.

Las dimensiones son 13,3 m de largo, 19,25 m de ancho y 1,5 m de alto.

La parte superior está libre a la atmósfera, donde saldrá directamente la corriente gaseosa tratada. También se localiza un sistema de rociadores conectadas entre sí, para humedecer toda la sección de relleno.



Figura 19: Biofiltro.

En el fondo encontramos tres aperturas: la entrada de aire contaminado, la salida de residuo líquido y la purga del medio. Estas aperturas tendrán el mismo diámetro nominal que la tubería a la que vayan embridadas.

10.2 TORRE DE HUMIDIFICACIÓN.

La humidificación se realiza en la entrada del gas al sistema para mantener el soporte filtrante con la humedad óptima. No es adecuado proceder a una humectación directa del biofiltro por varias razones:

- Generación localizada de desecaciones.
- La adición de agua fría reduciría la actividad bacteriana hasta que el agua se equilibre en temperatura con el lecho filtrante.

El diseño del equipo supone las siguientes etapas, las cuales están detalladas en el anexo de cálculo (Anexo 3):

1. Determinación de la condición de estado del aire a la salida del humidificador.
2. Determinación de las dimensiones del equipo.
3. Cálculo del caudal de agua necesario.

Consta de un depósito vertical fabricado de PPH (polipropileno homopolímero), material de elevada resistencia química y térmica; cuyas dimensiones son de 453 cm de altura, 275 cm de diámetro y 5 mm de espesor.

La parte superior es elipsoidal y consta de un pulverizador DELEVAN® BIF 63, de manera que el agua se distribuye correctamente por toda la columna.



Figura 20: Pulverizador serie BIF 63.

El fondo de la torre de forma cónica, permite la descarga del agua no evaporada que recircula hasta el pulverizador. A este conducto, se le añade una segunda línea encargada de reponer el agua evaporada.

Todas las bridas estarán selladas con anillos de silicona para garantizar la estanqueidad del equipo y evitar la contaminación.

10.3 SISTEMAS DE TUBERÍAS Y UNIONES.

En las plantas químicas los sistemas de tuberías son esenciales para llevar las corrientes de fluidos de un punto a otro de la planta y de un equipo a otro.

Suponen una partida presupuestaria considerable, ya que son equipos bastante abundantes en estas instalaciones.

A la hora de hacer un diseño de tuberías, es preciso tener en cuenta factores tales como el tiempo de vida o la corrosividad del producto que circula por ellas, ya que esto marcaría el correcto funcionamiento de la misma.

No tienen por qué ser tramos rectos, pueden cambiar de dirección por medios de accesorios tales como codos o tes, pudiendo llegar a formar entramados laberínticos.

El sistema de tuberías está diseñado de forma que se minimicen las zonas muertas para evitar los focos de contaminación. El diseño de tuberías se encuentran desarrolladas en el Anexo 5.

Las tuberías siguen la Norma ANSI B36.10 y son de cédula 40 para las corrientes de líquido y de cédula 80 para la corriente gaseosa. El material seleccionado para las tuberías que conducen el aire es acero inoxidable AISI 316 (igual que en los accesorios), resistente a la corrosión, y PVC para tuberías que transportan líquidos.

En el sistema están presentes las siguientes conducciones:

- Conducción 1: De la entrada del sistema a la torre de humidificación (G1).
- Conducción 2: De la torre de humidificación al biofiltro (G2-A).
- Conducción 3: Distribución del aire (G2-B).
- Conducción 4: Recirculación del agua en la torre de humidificación (L1-A).
- Conducción 5: Reposición de agua en la torre de humidificación (L1-B).

A lo largo de las conducciones existen accesorios colocados en ellas cuya presencia incrementa las pérdidas de carga que pueden darse en la conducción, pero que es necesaria para cumplir algún objetivo en específico, como por ejemplo dejar pasar fluido o bifurcarlo.

De forma genérica se entiende por válvula:

“Dispositivos que sirven para controlar o impedir la circulación de un fluido por una conducción”.

Diccionario Real Academia Española de la Lengua.

Se utilizan para cumplir una serie de fines:

1. Impedir, controlar o regular el paso de flujo por una sección de una conducción.
2. Aliviar la presión de un equipo en caso de que se produzca una variación en la presión óptima para el buen funcionamiento del equipo.

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

- Válvulas de regulación (VR): regula el caudal de agua de reposición que entra a la torre de humidificación (válvula de asiento).
- Válvulas de retención (VO): impiden que el agua de recirculación de la torre de humificación retroceda hacia la base de la misma (válvula de retención a bisagra).

10.3.1. VÁLVULA DE RETENCIÓN.

Este tipo de válvulas se encuadran dentro del grupo de *Válvulas de corte de flujo*.

Solo permiten el paso de fluido en un solo sentido. Se abren debido a la presión del fluido que circula en un determinado sentido; cuando se detiene el flujo o tiende a invertirse, la válvula cierra automáticamente por gravedad o por medio de un resorte que presiona la pieza móvil.

En la figura 21, se puede observar una válvula de retención.



Figura 21: Válvula de retención.

10.3.2. VÁLVULA DE ASIENTO.

Este tipo de válvulas se engloban dentro del grupo de *Válvulas de regulación*. Son las más usadas para la regulación del caudal.

El órgano de cierre es un asiento troncocónico o semiesférico (forma por lo que antes se las llamaba válvulas de globo). Donde el cierre se hace apoyándose sobre una base fija en forma de silla apoyada en el interior de la conducción.

En la Figura 22 se puede ver una representación de una válvula de asiento.



Figura 22: Válvula de asiento.

Los codos son accesorios cuya única función es la variación de la dirección del flujo. Para ello se construyen en diferentes ángulos (los más comunes son 45 y 90 grados) y longitudes (largos y cortos).

A mayor tamaño del codo más suavizados se verán los efectos del cambio de dirección en las pérdidas de carga, por lo que se decide por instaurar en la planta todos los codos largos.

10.3.3. VÁLVULA DE MARIPOSA.

Este tipo de válvulas se encuadran dentro del grupo de *Válvulas de corte de flujo*.

Se colocarán en lugares donde no se disponga con el espacio suficiente para otros tipos de válvulas, a la vez que se emplean para el control de grandes caudales de fluidos a baja presión. En la selección de la válvula deben considerarse las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre, ya que se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada.

En la figura 21, se muestra una válvula de mariposa.



Figura 23: Válvula de mariposa.

Por último, Los Tes son para dividir una corriente en dos o para unir dos corrientes en una se usan estos elementos.

Una vez enumerados los accesorios y definidas las conducciones es necesario establecer el método por el que se conectaran.

La unión tubería-tubería y equipo-tubería se hará por medio de conexiones bridadas ya que favorecen las tareas de mantenimiento y proporcionan la suficiente estanqueidad como para evitar posibles fugas del fluido.

Por otro lado, la conexión entre las tuberías y los accesorios se hará por medio de uniones roscadas, ya que son uniones más manejables.

10.4 SOPLANTES.

Aunque la aspiración no forma parte del propio equipo de desodorización es una parte esencial de todo el sistema y debe ser tenida en cuenta en el diseño global. Fallos en este punto o una aspiración diseñada para otro tipo de equipos suelen provocar en el menor de los casos un aumento de precio y en el peor un mal funcionamiento de toda la instalación.

Cualquier proceso de desodorización tiene determinados requerimientos al aire a tratar que se ajustan en mayor o menor medida a las condiciones encontradas en cada caso.

A los sistemas biológicos les conviene una corriente con una carga más o menos constante de aire saturado de humedad. Ya que muchos focos de emanación de olores son focos húmedos conviene para un sistema biológico una vez identificados estos focos confinarlos cuanto más y acercar cuanto más la boca de aspiración a estos puntos. Así no sólo se aspira aire más húmedo sino también se previene la contaminación de un volumen mayor y el contacto de trabajadores y maquinaria con el aire viciado.

Otros sistemas como la clásica adsorción en carbón activo funcionan sólo con aire seco evitando cualquier condensación en el lecho. Esto significa que tienen que aspirar el aire alejado de los focos húmedos y diluirlo cuanto más con aire seco del exterior. En la práctica para estos tratamientos se suelen encontrar a menudo redes de captación cerca del tejado que cuentan con un gran número de renovaciones del aire en el interior. Sin embargo y a pesar del mayor caudal el efecto global es a menudo peor ya que no pueden prevenir el escape de los gases contaminantes de la zona de emanación y trabajadores y maquinaria entran en contacto con la contaminación liberada.

Otro factor a tener en cuenta son las características de las gases a eliminar. A menudo se trata de gases sulfurosos más pesados que el aire o de gases fríos debido a su contacto con el agua. Estos empiezan a llenar los habitáculos desde abajo hacia arriba. Por lo tanto se deben prever bocas de aspiración en las partes bajas. De otra manera sólo se aspiraría aire contaminado si toda la nave ya se encuentra inundada.

Por otro lado hace falta prever campanas de aspiración encima de focos de emanación de los gases como el amoníaco o de gases calientes que suben debido a su baja densidad.

Un error encontrado frecuentemente en el diseño de las redes de aspiración son las uniones de tubos con piezas "T" a 90 °. Estas uniones pueden funcionar bien con agua bajo presión. Los efectos sobre los caudales de aire sin embargo no suelen ser fácilmente previsibles y pocas veces las deseadas. Es recomendable hacer estas uniones siempre con piezas a 45 ° o menos para facilitar la aspiración de los dos ramales. Cada ramal además debe contar con una válvula de regulación que facilita el ajuste fino del caudal aspirado.

Es el equipo encargado de impulsar el aire para forzar su paso por los biofiltros. El cálculo, las características y las dimensiones de este equipo pueden verse en el Anexo 6.

Se dispondrá de un soplador suministrado por la empresa COLASIT® modelo CHVN 800, con una potencia consumida por el motor de 45 Kw.

Se controla el caudal de descarga mediante una válvula de regulación y un caudalímetro antes de la entrada del biofiltro.

10.5 BOMBAS.

Las bombas son los aparatos encargados de dar impulsión a los líquidos. En el Anexo 6 se explica el cálculo de los parámetros necesarios para la selección de las bombas.

Cuando se selecciona una bomba para una aplicación particular, se deben considerar los siguientes factores:

- La naturaleza del líquido que se va a bombear.
- La capacidad requerida (caudal volumétrico).
- La carga total de la bomba.
- El tipo de fuente de alimentación (motor eléctrico, motor diesel, turbina de vapor).
- Costo de la bomba, de su instalación, de operación y mantenimiento.

- Y otros factores como: códigos y estándares que rigen a las bombas, condiciones en el lado de la succión (entrada) y en el lado de la descarga (salida) de la bomba, tipo de sistema al que la bomba está entregando al fluido, limitaciones de espacio, peso y posición y condiciones ambientales.

La naturaleza del fluido está caracterizada por su temperatura en las condiciones de bombeo, densidad, viscosidad, tendencia a generar corrosión o erosión en las diferentes partes de la bomba y presión de vapor a la temperatura de bombeo.

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.

10.6 EQUIPO DE ALMACENAMIENTO.

En el presente proyecto fin de carrera es preciso tapar el espesamiento y almacenamiento de fangos para evitar las emisiones al exterior del mal olor.

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización

A la hora de escoger el tipo de tanques de almacenamiento más apropiado es necesario conocer la funcionalidad de cada una de las posibles elecciones.

En primer lugar se produce la siguiente diferenciación:

1. Cilíndricos horizontales: Generalmente se usan para almacenar pequeños volúmenes debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión.

2. Cilíndricos verticales de fondo plano: Permiten almacenar grandes volúmenes a bajo coste.

En dicho proyecto destacamos los tanques de almacenamiento que ya se encuentran disponibles en la E.D.A.R. "Guadalete". En ellos no se han tenido en cuenta los depósitos esféricos debido a que estos están destinados al almacenamiento de grandes volúmenes.

A su vez, estos tanques se clasifican en función del tipo de techo que tengan:

1. Tanques de techo fijo: Se emplean cuando el producto almacenado necesita mantener un alto grado de pureza. Su techo suele ser cilíndrico con un radio comprendido entre 0,8-1,2 veces el diámetro del cuerpo del cilindro.

2. Tanques de techo flotante: Son un buen complemento para los tanques de techo fijo. Están preparados para recibir grandes volúmenes en poco tiempo, por ello suelen ser grandes y almacenar productos no elaborados.

3. Tanques de techo fijo y flotante: Una mezcla de los dos anteriores, combinando características de ambos. El techo flotante en este caso no ha de soportar agentes atmosféricos.

4. Tanques de techo abierto: Se emplean para almacenar productos en los que no importa su contaminación, como por ejemplo agua.

El techo flotante mencionado en la anterior clasificación no es más que una estructura a modo de tapadera que se desplaza por la envolvente, similar a un émbolo, apoyado sobre el producto de manera que no exista una cámara de gases. El cierre que propicia es hermético. Ha de ser capaz de drenar el agua de lluvia y resistir las inclemencias del tiempo.

Dentro de los posibles techos fijos se pueden seleccionar las siguientes posibilidades:

1. Techo fijo cónico.
2. Techo fijo tipo domo.
3. Techo fijo tipo sombrilla.

Por consideraciones de tamaño y económicas se han escogidos techos fijos cónicos, ya que tanto los techos tipo domo o sombrilla encarecerían la instalación.

En los Estados Unidos de Norteamérica y en muchos otros países del mundo, incluyendo el nuestro, el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, se basa en la publicación que realiza el "Instituto Americano del Petróleo", al que esta institución designa como "STANDAR A.P.I. 650", para tanques de almacenamiento a presión atmosférica y "STANDAR A.P.I. 620", para tanques de almacenamiento sometidos a presiones internas cercanas a 1 Kg / cm^2 (14 lb / pu lg^2). El estándar A.P.I. 650 sólo cubre aquellos tanques en los cuales se almacenan fluidos líquidos y están construidos de acero con el fondo uniformemente soportado por una cama de arena, grava, concreto, asfalto, etc. diseñados para soportar una presión de operación atmosférica o presiones internas que no excedan el peso del techo por unidad de área y una temperatura de operación no mayor de $93 \text{ }^\circ\text{C}$ ($200 \text{ }^\circ\text{F}$), y que no se usen para servicios de refrigeración. Este estándar cubre el diseño y cálculo de los elementos constitutivos del tanque. En lista de los materiales de fabricación, se sugieren secuencias en la erección del tanque, recomendación de procedimientos de soldaduras, pruebas e inspecciones, así como lineamientos para su operación.

A continuación, mostramos la tabla XIII con los diferentes requerimientos de diversos estándares para la fabricación de tanques de almacenamiento.

Tabla XIII:

Requerimientos de diversos estándares para tanques de fondo plano.

Tabla 1.1	A.P.I. 650			A.P.I. 620			A.N.S.I.	AWWA
	Básico	Apéndice A	Apéndice F	Básico	Apéndice R	Apéndice Q	B96.1	
Presión Interna Máxima	Atm.	Atm.	0.17 Kg/cm ²	1 Kg/cm ²	1 Kg/cm ²	1 Kg/cm ²	Atm.	Atm.
Temperatura Mínima	NS	(-)28.8°C	NS	(-)45.5°C	(-)54.4°C	(-)167°C	(-)28.8°C	(-)48.3°C
Temperatura Máxima	93.3°C	93.3°C	93.3°C	93.3°C	(-)40°C	93.3°C	204°C	RT
Espesor Máximo del Cuerpo	44.4 cm.	12.7 cm.	44.4 mm.	NS	NS	NS	NS	50.8 mm.
Espesor Mínimo del Cuerpo								
D < 15.2 m.	4.76 mm.			4.76 mm.			4.76 mm.	
15.2 m. < D > 36.5 m.	6.35 mm.			6.35 mm.			6.36 mm.	
36.5 m. < D > 60.9 m.	7.93 mm.			7.93 mm.			7.93 mm.	
D > 60.9 m.	9.52 mm.			9.52 mm.				9.52 mm.
Espesor Mínimo del Techo	4.76 mm.			NS			4.76 mm.	4.76 mm.
Espesor Máximo del Techo	6.35 mm. + CA			NS			6.35 mm.	NS
Ángulo Mínimo de Coronamiento								
D < 10.6 m.	50.8 mm. x 50.8 mm. x 4.76 mm.			NS			63.5 mm. x 63.5 mm. x 6.35 mm.	
10.6 m. < D > 18.2 m.	50.8 mm. x 50.8 mm. x 6.35 mm.			NS			63.5 mm. x 63.5 mm. x 7.93 mm.	
D > 18.2 m.	76.2 mm. x 76.2 mm. x 9.52 mm.			NS			76.2 mm. x 76.2 mm. x 9.52 mm.	

NS = Sin Especificación.

CA = Corrosión Permisible.

RT = Temperatura Ambiente.

a) La temperatura puede ser elevada hasta 260 °C cuando se cumplen ciertas especificaciones del material y requerimientos de diseño adicionales.

- b) Este espesor aplica para tanques con diámetros menores a 6.096 m.
- c) Este espesor aplica para tanques con diámetros entre 6.096 m y 36.57 m.
- d) El espesor mínimo de cualquier placa es 4.76 mm más la corrosión.
- e) Para espesores mayores de 50.8 mm se deben cumplir algunos requerimientos especiales.
- f) Para techos cónicos, el espesor de placa puede ser calibre No. 7.

El estándar A.P.I. 650, se auxilia del Código A.S.M.E. sección IX para dar los alineamientos que han de seguirse en la unión y/o soldado de materiales.

El Código A.S.M.E. sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante.

Al efectuar el diseño se deberán preparar procedimientos específicos de soldadura para cada caso.

Los procedimientos de soldadura serán presentados para su aprobación y estudio antes de aplicar cualquier cordón de soldadura para cada caso en particular. Este procedimiento debe indicar la preparación de los elementos a soldar, así como

la temperatura a la que se deberá precalentar tanto el material de aporte (electrodo, si lo hubiera), como los materiales a unir.

Todas las soldaduras serán aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, arco con gas inerte o electrodos recubiertos. Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre éste el siguiente cordón.

Las placas del techo deberán soldarse a traslape por el lado superior con un filete continuo igual al espesor de las mismas. Las placas de estas serán soldadas al perfil de coronamiento del tanque con un filete continuo por el lado superior únicamente y el tamaño del filete será igual al espesor más delgado.

Las secciones que conformen el perfil de coronamiento para techos autosoportados estarán unidas por cordones de soldadura que tengan penetración y fusión completa. Como una opción del fabricante para techos autosoportados, del tipo domo y sombrilla, las placas perimetrales del techo podrán tener un doblez horizontal, a fin de que descansen las placas en el perfil de coronamiento.

10.7.1. RECOMENDACIONES PARA PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURAS.

Uno de los factores determinantes para el proceso de soldadura son las dilataciones térmicas porque, al soldar las placas de acero del fondo, casco y techo, se presentan deformaciones, debido a que el incremento de temperatura es del orden de 2204°C a 13870°C (4,000°F a 2,500°F) dependiendo del proceso que se utilice.

Como el coeficiente de expansión o contracción térmica del material es del orden de 0.01651 mm para cada 38°C (100°F) se encogirá 1.6 mm. (1/16 pulg). Por tanto, si sumamos estas contracciones al diámetro del fondo para tanques de grandes dimensiones o las que se requieran en el casco de un tanque, la magnitud ya es considerable.

Las soldaduras de traslape de las placas del techo sólo se harán por la parte exterior y solamente donde existan zonas de flexión se recomendarán puntos de soldadura a cada 304.8mm (12 pulg.) en su parte interior, porque la doble soldadura es más perjudicial que benéfica, ya que, por el tipo de soldadura a realizar (posición sobre cabeza), será muy difícil evitar el socavado que reduce el espesor de la placa.

Con el fin de verificar si una soldadura ha sido bien aplicada, se utilizarán varias formas de inspección. Entre ellas están el radiografiado, la prueba de líquidos penetrantes y, en ocasiones, el ultrasonido. La prueba más comúnmente utilizada es la de radiografiado, la cual puede ser total o por puntos.

También es necesario realizar pruebas de dureza en las soldaduras horizontales y verticales que se efectúan durante la construcción del tanque y, muy especialmente, en las soldaduras reparadas, así como también en las zonas cercanas a estos cordones.

Las acciones de mantenimiento de estos tanques serían:

1. Inspección semestral por ultrasonido para comprobar el efecto de la corrosión sobre el espesor del material y el estado de las soldaduras.
2. Revisar las conexiones con las tuberías.
3. Comprobación del estado de estanqueidad.

4. Comprobación de los sistemas de seguridad y venteo.

5. Inspección del aspecto superficial.

6. Revisar el estado de la pantalla flotante.

7. Al encontrarse en el exterior, se protegerá con una nueva capa de pintura cada 5 años.

10.7.2. OTROS ELEMENTOS.

Escalerilla y plataforma.

Las escaleras, plataformas y barandales tienen la finalidad de situar al personal que así lo requiera en una zona del tanque que necesite de constante mantenimiento o supervisión, generalmente sobre el techo donde se localizan diversas boquillas y la entrada hombre, además de brindar protección y seguridad al personal.

Los requerimientos para plataformas y pasillos (especificado por A.P.I. 650) son:

1.- Todos los componentes deberán ser metálicos

2.- El ancho mínimo del piso será de 610mm. (24 pulg.).

3.- Todo el piso deberá ser de material antiderrapante.

4.- La altura del barandal a partir del piso será de 1,067mm. (42 pulg.).

5.- La altura mínima del rodapié será de 76mm. (3 pulg.).

6.- El máximo espacio entre el suelo y la parte inferior del espesor de la placa del pasillo será de 6.35mm. (1/4 pulg.).

7.- La altura del barandal central será aproximadamente la mitad de la distancia desde lo alto del pasillo a la parte superior del barandal.

8.- La distancia máxima entre los postes del barandal deberá ser de 1168mm. (46 pulg.).

9.- La estructura completa tendrá que ser capaz de soportar una carga viva concentrada de 453 Kg. (1,000 lb), aplicada en cualquier dirección y en cualquier punto del barandal.

10.- Los pasamanos estarán en ambos lados de la plataforma, y estarán interrumpidos donde sea necesario para un acceso.

11.- Cualquier espacio mayor de 152mm. (6 pulg.) entre el tanque y la plataforma deberá tener pis.

12.- Los corredores de los tanques que se extienden de un lado al otro del suelo o a otra estructura deberán estar soportados de tal manera que tenga un movimiento relativo libre de las estructuras unidas por los corredores; ésta puede estar acompañada por una firme atadura del corredor a los tanques, además del uso de una junta corrediza o de dilatación en el puente de contacto entre el corredor y el otro tanque (este método permite que en caso de que un tanque sufra ruptura o algún movimiento brusco, el otro no resulte dañado).

Los requerimientos para las escaleras (especificado por A.P.I. 650) son:

- 1.- Todas las partes de la escalera serán metálicas.
- 2.- El ancho mínimo de las escaleras será de 610mm. (24 pulg.).
- 3.- El ángulo máximo entre las escaleras y una línea horizontal será de 50°.
- 4.- El ancho mínimo de los peldaños será de 203mm. (8 pulg.). La elevación será uniforme a todo lo largo de la escalera.
- 5.- Los peldaños deberán estar hechos de rejilla o material antiderrapante.
- 6.- La superior de la reja deberá estar unida al pasamanos de la plataforma sin margen y la altura, medida verticalmente desde el nivel del peldaño hasta el borde del mismo de 762 a 864mm. (30 pulg. a 34 pulg.).
- 7.- La distancia máxima entre los postes de la rejilla medidos a lo largo de la elevación de 2,438mm. (96 pulg.).
- 8.- La estructura completa será capaz de soportar una carga viva concentrada de 453 Kg. (1,000 lb), y la estructura del pasamanos deberá ser capaz de soportar una carga de 90Kg. (200 lb), aplicada en cualquier dirección y punto del barandal.
- 9.- Los pasamanos deberán estar colocados en ambos lados de las escaleras rectas; éstos serán colocados también en ambos lados de las escaleras circulares cuando el claro entre cuerpo-tanque y los largueros de la escalera excedan 203mm. (8 pulg.).

10.- Las escaleras circunferenciales estarán completamente soportadas en el cuerpo del tanque y los finales de los largueros apoyados en el piso.

- En los espesadores, tendrá las siguientes características:

El depósito de la alimentación mide 25,44 m de altura, por lo que se ha de colocar al menos una plataforma y será necesaria la jaula de la escalerilla.

Se colocará una plataforma cada 12,72 m de altura y la última en la parte superior. Dicha plataforma es para descansar y se encuentra desplazada horizontalmente.

La jaula comienza a los 2,28 metros del suelo para evitar posibles golpes en la cabeza.

En la Figura A. 2 del anexo 8 es posible contemplar un diagrama de la escalerilla.

Bocas de hombre.

El número de bocas de hombre depende del diámetro del tanque. Esta relación queda reflejada en la Tabla 14 basada en la norma *API 650*.

Tabla XIV:

Número de bocas de hombre según el diámetro del tanque.
 (Norma API 650).

Diámetro nominal del tanque (m)	Número mínimo
$D \leq 61$	2
$61 < D \leq 91$	3
$91 < D$	4

Para un diámetro de 14 m corresponden 2 bocas de hombre que se colocaran una en el techo y la otra en el casco.

Según la norma consultada su tamaño ha de ser de 20 in (0,508 m), pero a tener de experiencia de operarios con los que el proyectista ha tenido la posibilidad de hablar se recomienda aumentar su tamaño hasta las 24 in (0,696 m).

- En el almacenamiento de fangos, tendrá las siguientes características:

El depósito de la alimentación mide 11,33 m de altura, por lo que se ha de colocar al menos una plataforma y será necesaria la jaula de la escalerilla.

Se colocará una plataforma cada 5,66 m de altura y la última en la parte superior. Dicha plataforma es para descansar y se encuentra desplazada horizontalmente. La jaula comienza a los 2,28 metros del suelo para evitar posibles golpes en la cabeza.

En la Figura A. 2 del anexo 8 es posible contemplar un diagrama de la escalerilla.

Bocas de hombre.

El número de bocas de hombre depende del diámetro del tanque. Esta relación queda reflejada en la Tabla 14 basada en la norma *API 650*.

Para un diámetro de 14 m corresponden 2 bocas de hombre que se colocaran una en el techo y la otra en el casco.

Según la norma consultada su tamaño ha de ser de 20 in (0,508 m), pero a tener de experiencia de operarios con los que el proyectista ha tenido la posibilidad de hablar se recomienda aumentar su tamaño hasta las 24 in (0,696 m).

11. CONTROL EN PLANTA.

El control de procesos se puede definir como:

“Control automático de la fabricación de un producto a través de varias etapas con el uso libre de maquinaria para ahorrar trabajo manual y esfuerzo mental”.

Diccionario Inglés de Oxford.

La planta de tratamiento debe ser analizada como un proceso total para el diseño del Sistema de Instrumentación y Control, el cual debe aplicar instrumentos para visualización, registro y control, que deben permitir lograr los siguientes objetivos:

- Operación segura de la planta:
 - Mantener las variables de proceso dentro de los límites seguros de operación.
 - Detección de situaciones peligrosas.
 - Prevención de procedimientos peligrosos de operación.
 - Anticiparse a condiciones particulares de operación por medio del conocimiento oportuno de parámetros que incidirán en la operación de la planta.
 - Producción de archivos históricos de datos de operación de la planta que permitan análisis o estudios posteriores tendientes a optimizar el proceso.

- Tasa de producción.

Mantener la disponibilidad y confiabilidad del servicio.

- Calidad del efluente.

Mantener la composición del efluente de la planta dentro de los estándares de calidad especificados.

- Costos.

Operación de la planta al menor costo posible, respetando las normas de calidad.

El sistema de supervisión y control típico de una variable está compuesto de un sensor o transductor (elemento primario), un transmisor de señal, un controlador, un sistema de visualización y/o registro y un actuador.

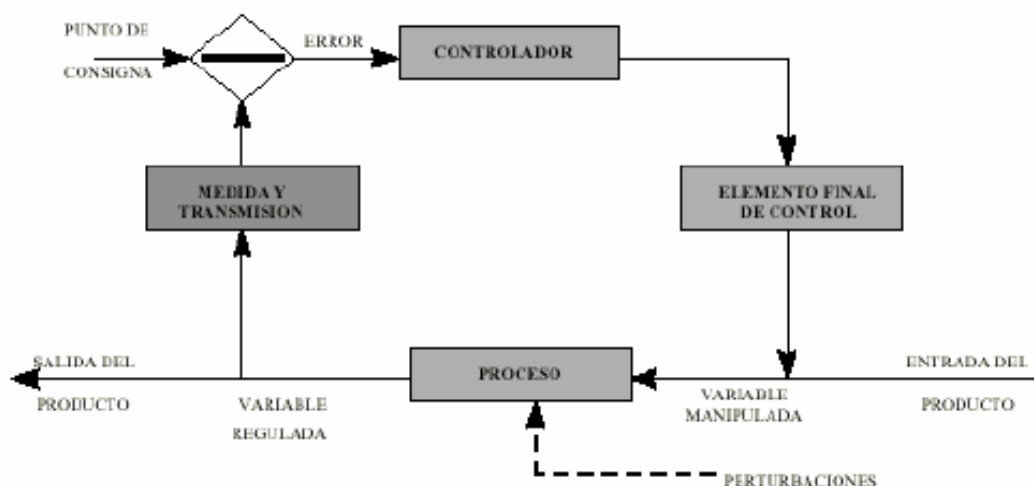


Figura 24: Controlador.

Se pueden distinguir dos tipos de parámetros a medir desde el punto de vista de la instrumentación:

- Parámetros medibles en continuo, que son aquellos para los cuales la tecnología se ha desarrollado lo suficiente como para que existan instrumentos que los miden de una forma automática en tiempo real: caudal, presión, temperatura, pH, nivel,...

Parámetros a determinar mediante análisis químico: Son aquellos que se medirán en el laboratorio, por lo que transcurre un determinado intervalo de tiempo entre la toma de la muestra y los datos analíticos de su composición. Ejemplos serían: nitratos, sólidos en suspensión, DQO, fósforo,...

11.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS Y EQUIPOS.

Los instrumentos de control según el lugar que ocupen y la función que desempeñen se clasifican en:

- Primarios: colocados en el punto en donde se desea medir la variable, miden y transforman esta medida en una señal de transmisión que lleva el resultado de la medida a los aparatos secundarios.

- Secundarios: van colocados en panel, y son los que reciben la señal de los primarios (normalmente colocados en la sala de control).

A continuación se detallan la instrumentación utilizada en la planta:

Medidor de nivel: Se entiende el nivel de un líquido como:

“La altura a la que llega la superficie de un líquido en el interior de un recipiente”.

Real Academia Española de la Lengua.

La medición del nivel debe ser muy cuidadosa para asegurar el funcionamiento correcto de cada proceso y obtener el balance adecuado de materias primas o del efluente de la planta.

Debe diferenciarse entre los medidores de nivel de líquidos y de sólidos de acuerdo al tipo de proceso, éstos últimos se utilizan principalmente en el manejo de lodos.

Debe tenerse el respectivo conocimiento de los tipos de medidores de nivel, entre los cuales deben encontrarse los que miden directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia, medidores de presión hidrostática, dispositivos que miden el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso y los medidores que aprovechan las características eléctricas del líquido.

En los niveles bajo y medio de complejidad del sistema es conveniente utilizar medidores como la sonda, cinta y plomada, nivel de cristal e instrumentos de flotador. En los niveles medio alto y alto de complejidad del sistema es conveniente utilizar medidores manométricos, de membrana, de presión diferencial de diafragma de desplazamiento a barra de torsión, conductivos, capacitivos, ultrasónicos y de radiación.

Deben ubicarse en todos los tanques que se encuentren en la planta de tratamiento. Se aceptan mediciones realizadas con estos aparatos que tengan porcentajes de error de +0,5% a 1%.

Para ello el medidor seleccionado es por ultrasonidos: es un dispositivo que mide la altura mandando una señal ultrasónica contra una superficie y midiendo en tiempo de retardo con respecto al eco recibido.

➤ Medidor de caudal: Se entiende caudal como:

“La cantidad de materia, expresada en peso o en volumen, que fluye por un determinado lugar por unidad de tiempo”.

Real Academia Española de la Lengua.

Para la medición del caudal debe hacerse uso de medidores según sea el tipo de caudal volumétrico o másico deseado.

Debe adquirirse el conocimiento básico de los tipos de caudalímetros disponibles para realizar la mejor elección, entre los cuales se encuentran fluxómetros magnéticos, ultrasónicos, de turbina, medidores Venturi y de flujo de tubo, canaleta Parshall y vertederos, los cuales determinan el caudal directamente (desplazamiento) o indirectamente por deducción (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida, torbellino).

Debe suministrarse suficiente espacio para facilitar una salida de servicio del medidor y poder ser llevado a calibración o mantenimiento. Los medidores deben estar localizados en medio de un juego de válvulas con una distancia mínima

establecida en el manual del fabricante, a la vez que debe usar un sistema de conexión de by-pass para sacarlo de servicio sin afectar la continuidad del proceso.

Se permite que las mediciones realizadas con estos dispositivos tengan un margen de error de 2% máximo. El control del flujo debe realizarse continuamente tanto en el afluente como en el efluente, lo cual puede variar de acuerdo a la demanda. Deben someterse mínimo a una calibración mensual para que los datos sean confiables.

En el Pretratamiento, se utilizan medidores de nivel por ultrasonidos. En el caso de la entrada de agua residual al Desbaste, el mismo medidor de ultrasonidos se utiliza para medir caudales y niveles.

- Medidor de presión: Se entiende la presión como:

“Magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo o un fluido por unidad de superficie. Su unidad en el Sistema Internacional es el pascal (Pa)”.

Real Academia Española de la Lengua.

Los instrumentos de presión deben estar sujetos a los siguientes grupos: mecánicos, neumáticos, electromecánicos y electrónicos. Es conveniente utilizar medidores manométricos, de presión diferencial de diafragma, capacitivos y ultrasónicos.

Deben drenarse continuamente para que los datos sean reales y no se altere en el momento de una sobrepresión, lo cual puede afectar la vida útil de estos dispositivos.

Se aceptan errores máximos en la medición de +1%. Se deben localizar donde las condiciones de temperatura y humedad relativa sean las más convenientes, los rangos típicos son -20 a 65°C y 0 a 95% de humedad relativa.

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

Estas 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: Se entiende la temperatura como:

“Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el kelvin (K)”.

Real Academia Española de la Lengua.

Hay varios tipos de microorganismos en función de sus temperaturas de crecimiento mínima, máxima y óptima. En nuestro caso, los tipos de pseudomonas son psicrófilos y el resto de microorganismos son psicrótrofos. Así pues la temperatura de trabajo de 20 °C se puede considerar aceptable.

Tabla XV:

Clasificación de los microorganismos según la temperatura.

Tipo de microorganismo	Temperatura mínima	Temperatura óptima	Temperatura máxima
Mesófilo	5 - 15	30 - 45	35 - 47
Psicrófilo	-5 + 5	12 - 15	15 - 20
Psicrótrofo (o psicrófilo facultativos)	-5 + 5	25 - 30	30 - 35
Termófilo	40 - 45	55 - 75	60 - 90

- pH: en la mayoría de los microorganismos está en el rango de 6,0 a 8,0.
- Humedad > 90 %.

En estas condiciones, según la bibliografía y la experiencia, obtendremos una eficacia de eliminación superior al 90% para nuestro contaminante.

- Transmisores: Estos dispositivos captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos, en forma de señal neumática de margen de 0,21 a 1,053 kg/cm² (3 a 15 psi) o electrónica de 4 a 20 mA de corriente continua. El elemento primario puede formar o no parte integral del transmisor.

- Controladores: Estos dispositivos deben comparar la variable controlada con el valor deseado y ejercer una acción correctiva de acuerdo con la desviación. La variable controlada la pueden recibir directamente, como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática o electrónica procedente de un transmisor.

La calibración del controlador al valor deseado debe verificarse continuamente para que se efectúe la acción correctiva precisa y se optimice el proceso de tratamiento.

En el control de la planta se seguirán las siguientes estrategias de control.

Lazo cerrado.

En este tipo de control se realiza un seguimiento de forma continua de la variable de proceso (la que se está controlando), mandando una señal al controlador el cual la compara con un valor estándar o “*set point*”. En función del valor el controlador actúa sobre el elemento final, generalmente una válvula.

Lazo en cascada.

Consiste en dos lazos cerrados relacionados entre sí, actuando uno como primario y otro como secundario. Uno de los lazos mide la variable que se desea mantener invariante por medio de un sensor, y envía la señal a un controlador (Controlador 1). Por otro lado, el otro lazo mide mediante un sensor también otra variable cuyo cambio afectaría a la que se desea mantener constante y envía la señal a otro controlador (Controlador 2).

Este último controlador manda una señal al Controlador 1, el cual la compara con un “*set point*”, al igual que la señal que viene del primer sensor y actúa en consecuencia para procurar obtener el valor deseado, evitando el desvío de las condiciones que propiciarían el comportamiento buscado.

Mencionar que en los diagramas de control han de existir convertidores de señal para transformar la señal u orden del controlador a una acción “física”, por lo que antes de cada válvula se colocan convertidores de intensidad presión.

Lazo override.

En el arreglo de control Override se combinan dos variables operacionales totalmente independientes mientras se mantengan en sus rangos de trabajo. En Control Override una variable operacional (1) trabaja atendiendo su lazo de control totalmente independiente de otra variable operacional (2), siempre que no alcance el valor de seguridad preestablecido por la variable operacional (2). La variable operacional (1) atiende su lazo de control cerrado pero en el momento que se alcanza el valor de seguridad de la variable operacional (2), esta otra variable (2) cuyo valor de seguridad fue alcanzado asume el control del proceso. El lazo de control de la variable operacional (2) trabajara hasta alcanzar su set point, o restablezca el valor de la variable (2) entre los límites preestablecidos en el control. Una vez que se alcanza los niveles preestablecidos de la variable (2), será en este momento que la variable operacional (1) retoma nuevamente el control para continuar en la atención del lazo cerrado de control de la variable operacional 1 que estaba trabajando.

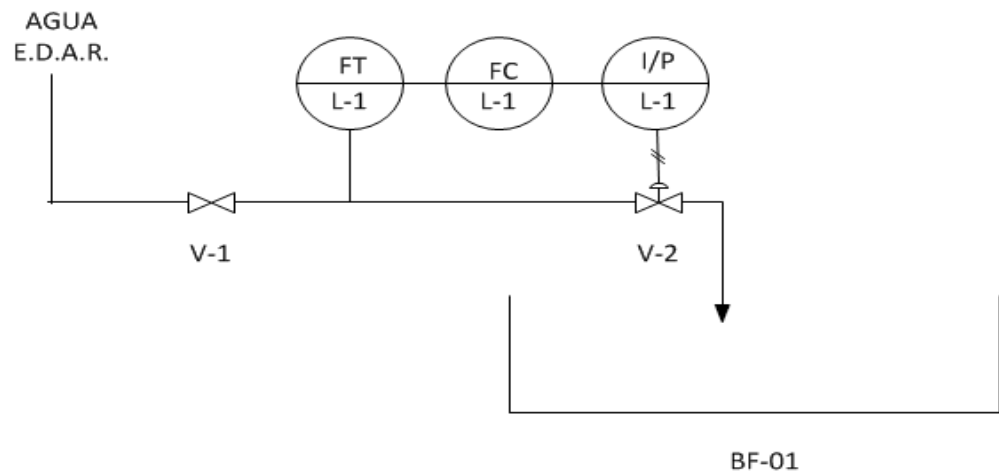
En el presente proyecto existirán 4 lazos de control:

1. Lazo 1: Lazo cerrado para controlar el camino que sigue el fluido.
2. Lazo 2: Lazo cerrado para controlar la presión de entrada al humidificador.

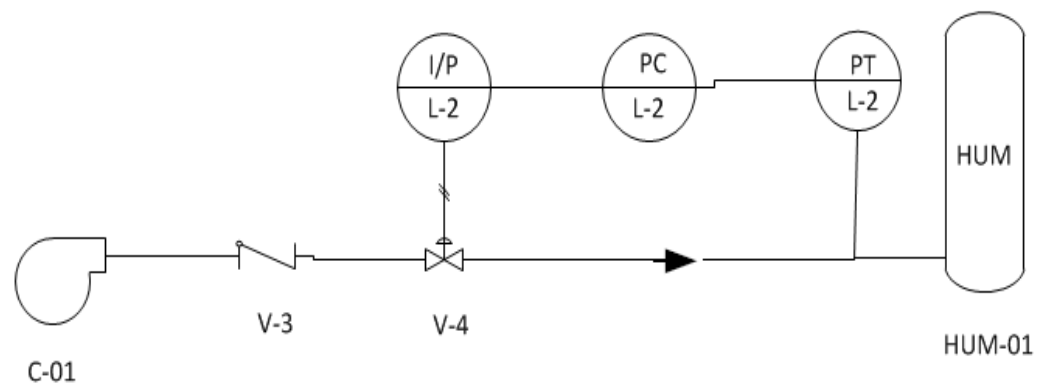
3. Lazo 3: Lazo en cascada para asegurar un correcto funcionamiento en la recirculación del agua en el humidificador.

4. Lazo 4: Lazo override para afirmar un correcto trabajo del humidificador al biofiltro.

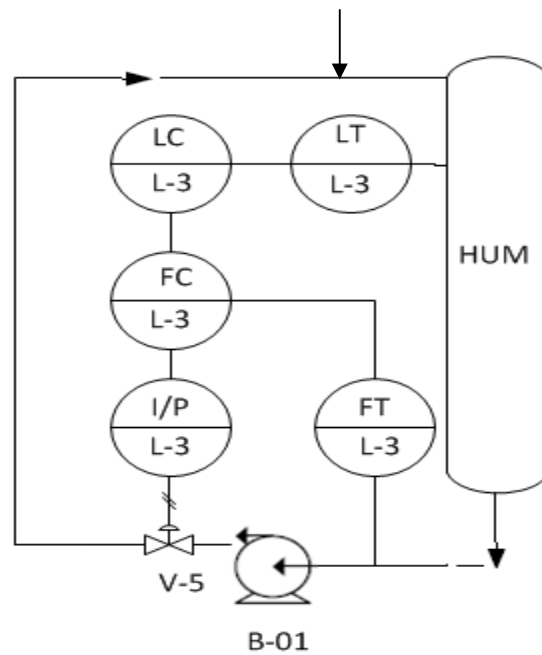
Lazo 1: Control de caudal de la línea de agua al biofiltro.



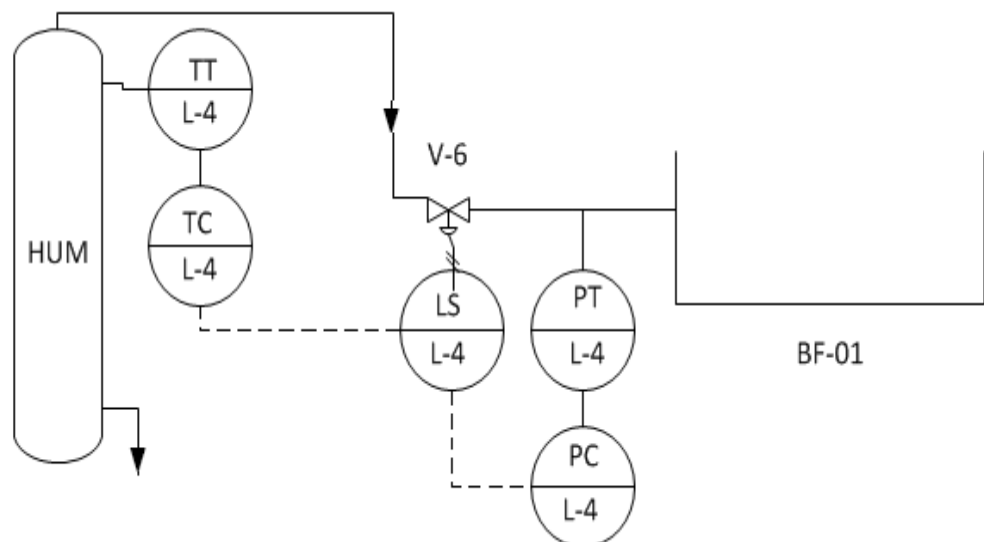
Lazo 2: Control de la soplante al humidificador.



Lazo 3: Control en la recirculación de agua en el humidificador.



Lazo 4: Control del humidificador al biofiltro.



- Elementos de control final: Después de los instrumentos de sensibilidad son necesarios los sistemas de control final, los cuales deben permitir manipular y cambiar las condiciones del proceso para mantenerlas dentro del campo de medida deseado, estos elementos reciben la señal del controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control.

- Actuadores eléctricos:

- ✓ Deben usarse estos dispositivos para controlar la posición de válvulas y compuertas que ajusten el caudal dentro de un proceso de control continuo o discreto.

- ✓ Debe tenerse continuamente disponibilidad de energía para que estos dispositivos funcionen. En caso de cortes energéticos debe disponerse de una planta eléctrica que tenga la capacidad suficiente para suplir el problema.

- ✓ Deben controlarse los problemas de sobrecalentamiento y las posibles salidas de servicio en el momento que falte energía eléctrica.

- Actuadores neumáticos e hidráulicos:

- ✓ Los usos que deben darse a estos actuadores son similares a los actuadores eléctricos con la diferencia de que estos operan en una forma diferente, lo cual se ve reflejado en los costos de operación.

- ✓ Deben utilizarse donde ofrezcan mayores beneficios que los actuadores eléctricos, como en sitios donde se necesite mayor resistencia por parte de los elementos de control final y donde el mantenimiento no se pueda hacer continuamente.

✓ Debe verificarse continuamente sus condiciones de trabajo, en especial las fuentes como el aire para los actuadores neumáticos o algún líquido especial para los actuadores hidráulicos.

▪ Válvulas de control:

Deben tenerse válvulas como elementos de control final para regular o limitar la variable controlable.

Para la selección de la válvula deben analizarse las siguientes condiciones:

- ✓ El tipo de válvula debe ser compatible con el medio en el cual se va a utilizar.
- ✓ Debe acoplarse a las caídas de presión que se presentan en el sistema.
- ✓ La rapidez y facilidad para ser operada en momentos críticos.
- ✓ Los requerimientos de presión y temperatura en la válvula.
- ✓ Compatibilidad del cuerpo y material de la válvula con el fluido del proceso.
- ✓ Tipo de conexión realizada entre la válvula y la tubería del proceso.

Entre los diferentes tipos de válvulas deben acondicionarse principalmente las siguientes:

– Válvulas de globo: Se colocarán en sistemas de control automático que es donde ofrecen mayores ventajas como sellos herméticos. Una ventaja de estas válvulas es su fácil manejo para sacarlas de operación cuando se presenten necesidades de mantenimiento. Deben emplearse cuando la presión del fluido es baja y se precisa que las fugas en posición de cierre sean mínimas.

– Válvulas de mariposa: Se colocarán en lugares donde no se disponga con el espacio suficiente para otros tipos de válvulas, a la vez que se emplean para el control de grandes caudales de fluidos a baja presión. En la selección de la válvula deben considerarse las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre, ya que se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada.

– Válvulas de bola: Se recomienda usar las válvulas de bola para controlar el flujo de lodos y fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión ya que en posición de apertura total, la válvula equivale aproximadamente en tamaño al 75% del tamaño de la tubería, de manera que no permite que se obstruya el flujo transversal.

▪ Sistemas de registro: La información recogida por los instrumentos debe clasificarse dentro de una de las siguientes categorías:

1. Datos de proceso: Debe mantenerse la operación de la planta dentro de los límites aceptables y alertar al personal de la planta cuando estos parámetros se encuentran fuera de las condiciones límite.

2. Información técnica: Debe utilizarse para proveer mejoras, tratando de optimizar cada sistema de tratamiento para aumentar el nivel de eficiencia y disminuir costos.

3. Datos históricos: Deben determinar inclinaciones de términos a largo plazo con énfasis en la calidad tanto de la planta como del efluente y optimización de la planta, lo cual incide en planeaciones futuras.

En nuestro Proyecto, el control de la humedad es de gran importancia, ya que para el adecuado crecimiento de los microorganismos, se requiere una humedad del 90 %. Debido a que ambas variables están relacionadas con las condiciones del aire, aplicaremos un sistema de control conjunto en la línea G2, a la salida de la torre de humidificación.

Este medio de control vendrá compuesto por:

- Transmisor pasivo de humedad y temperatura, Delta OHM serie HD 2008T:

- Convierte las dos señales de 4 – 20 mA.
- Rango de H. R. de 0 a 100 %.
- El parámetro de temperatura es configurable, con un rango cualquiera entre los valores -50...+200 °C con una amplitud de 25 °C.

- Un led señala situaciones de alarma.

- Controlador de temperatura y humedad, Delta OHM serie HD 5002:

- Tipo on/off con indicación local a led rojos.
- Acepta señales 4 – 20 mA.
- Escala de H. R. del 0 al 100 % y de temperatura de -20 a 80 °C.

- Resolución: 0,1 °C, 0,1 % H.R.

- Alimentación: 24 V c.a.

Su señal actuará sobre la válvula de asiento encargada de regular el caudal del sistema de inyección de agua de la torre de humidificación, para garantizar que la humedad del aire esté dentro del rango definido para el crecimiento de los microorganismos.

- En la salida del sistema se instalará un detector de compuestos orgánicos volátiles (COVs) con alarma para altos niveles de concentración. Éste es suministrado por Eco Sensors® modelo C-21 con un rango de 50 a 100 ppmv

- 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.

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 de caudal de los fluidos de la planta se instalarán en cada línea el sensor de caudal necesario, inmediatamente después de las válvulas de regulación de esa línea. Se instalarán 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.
- Modelos para líneas de aire: KSK 1999M IG2 00.
- Modelos para líneas de agua: KSK 1999H H32 00.



Figura 29: Rotámetro.

12. MANTENIMIENTO EN PLANTA.

El objetivo del mantenimiento es lograr, en el menor tiempo posible, el correcto funcionamiento de las instalaciones. Para ello, tanto la planta como los equipos, precisan estar en un estado óptimo de funcionamiento, por lo que realizar tareas periódicas de mantenimiento.

Un correcto mantenimiento de las instalaciones y equipos impediría perder beneficios ante la influencia de estos en el producto final. Por eso pese a que su mantenimiento pueda suponer unos costes excesivos, se recomienda no acortar esta partida presupuestaria bajo ningún concepto.

Se puede definir como el conjunto de técnicas y sistemas que actuando sobre los medios de producción permiten:

- Remediar las averías que se presenten.
- Prever estas averías mediante revisiones y otras técnicas más complejas como técnicas estadísticas, y seguimiento y diagnóstico de máquinas.
- Detallar las normas de manipulación y buen funcionamiento de los operadores de las máquinas.
- Perfeccionar diseños sucesivos de los medios.

Existen cuatro tipos básicos de mantenimiento:

➤ **Mantenimiento Correctivo:** Se reparan todos aquellos defectos que han ocurrido o que se sabe que han ocurrido.

Presenta inconvenientes como su imprevisibilidad, su alto coste asociado y el elevado riesgo que supone.

➤ **Mantenimiento Preventivo:** Consiste en la realización de rondas de supervisión o de sustitución en periodos fijos de tiempo.

➤ **Mantenimiento Funcional:** Consiste en la búsqueda de fallos no evidentes, fallos que normalmente afectan a los sistemas de protección y consiste en verificar periódicamente que estos funcionan.

➤ **Mantenimiento Predictivo:** Consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar un fallo antes de que éste tenga consecuencias más graves.

Presenta el inconveniente de tener que instalar equipos para realizar las mediciones, así como de entrenar y formar al personal para poder llevarlas a cabo.

En general, el mantenimiento predictivo radica en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué periodo de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante, para así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando. La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o

de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

Según diferentes estudios se puede afirmar que las razones principales por las que una planta no funciona adecuadamente son la falta de presupuesto para el mantenimiento y el estado de conservación de los equipos. Mediante un análisis de las causas del mal funcionamiento de diversas plantas existentes se obtienen los siguientes porcentajes:

- Mal funcionamiento por defectos de construcción y proyecto: 31%.
- Mal funcionamiento por anomalías en la red de distribución: 34%.
- Mal funcionamiento por fallos de mantenimiento y explotación: 35%.

Debido a estos datos se deduce que el mantenimiento es un factor decisivo a tener en cuenta para el éxito del proyecto.

La planta se gestionará diariamente bajo la responsabilidad del jefe de planta, que será el encargado de tomar las decisiones relativas al control del proceso y del proceso de mantenimiento. Los operarios de planta y de mantenimiento empezarán a formarse durante la puesta en servicio, y su formación continuará durante el periodo inicial de operación, durante el cual será fundamental el apoyo técnico prestado por personal especializado.

A la hora de realizar un plan de mantenimiento de los equipos de la planta hay que realizar un análisis de los mismos siguiendo las siguientes pautas:

Localización de los equipos y clasificación: Se han de someter a una localización dentro de la planta así como diferenciar los elementos que lo componen. Esto facilita la localización futura.

Jerarquizar los equipos: Se ha de establecer una jerarquía ya que no todos los equipos influyen de igual modo en el proceso. De esta manera los equipos principales disponen de más presupuesto para su mantenimiento.

12.1. MANTENIMIENTO GENERAL.

En este punto del capítulo se recogen todas aquellas actividades que conducen a preservar y aumentar la vida útil de los equipos de la instalación, y a realizar las reparaciones necesarias.

Las actividades rutinarias de mantenimiento consistirán en:

- **Control de vibraciones y ruidos.**

Debe controlarse toda presencia de vibraciones y ruidos, lo cual determina las condiciones de la maquinaria, estos problemas se presentan debido a:

- Rotores sueltos o cuerpos extraños en motores.
- Ejes desviados en motores.
- Defectos en lubricación de equipos mecánicos.
- Pérdidas de corriente, cortocircuitos o fases invertidas en las conexiones de los equipos.
- Fallos en los anclajes y acoples de los equipos de proceso.

▪ **Conexiones entre equipos.**

Deben corregirse los fallos presentes en conectores, accesorios, válvulas y todo el sistema de tuberías, relacionadas con fisuras, roturas, fugas y deterioros de los mismos; dependiendo de la magnitud de los daños se debe evaluar si es más conveniente cambiar totalmente el sistema en estudio.

▪ **Lubricación y limpieza.**

Dentro de la lubricación y limpieza deberán realizarse los siguientes controles:

- Revisar, corregir y/o cambiar el nivel de aceite de motores.
- Limpieza y lubricación de mecanismos de dosificación.
- Cambio de grasa de rodamiento de motores.
- Aplicación de grasa en todos los puntos de engrase necesarios.
- Lavado y limpieza de cuchara bivalva, rejas y tamices, sistema extracción localizada y tanques de almacenamiento como mínimo 2 veces al año o las veces que sea necesario con agua potable.

▪ **Control y sobrecalentamiento de partes eléctricas.**

El sistema eléctrico y el tablero de controles deben estar bien protegidos, limpios y secos. Es indispensable medir y controlar fallos por altas temperaturas de

los sistemas eléctricos, lo cual induce a trabajar forzosamente los equipos. El control se debe hacer sobre:

- Voltajes requeridos para la operación.
- Amperajes normales de funcionamiento.
- Desajustes por alineamientos defectuosos.
- Cortocircuitos.
- Lubricación y funcionamiento de rodamientos.

Es necesario tener en cuenta que la temperatura es la que determina la seguridad en el aislamiento.

▪ **Revisión de motores.**

Debe verificarse el correcto estado y funcionamiento de cada una de las partes de los motores, tales como:

- Carcasa que permite proteger al extractor y demás partes internas del motor.
- Estator que cumple las funciones de imán fijo para la inducción de la corriente.
- Rotor que es el cuerpo móvil acoplado al eje y cumple las funciones de imán móvil en la inducción de la corriente.

- Eje que es la parte móvil que transmite la energía a la bomba y soporta el peso del rotor y demás partes que apoyan en él.

- Rodamientos que sirven para mantener el eje y el rotor en el perfecto alineamiento con las partes fijas durante la operación.

- Ventilador que impulsa el aire para refrigerar el motor.

- Soportes donde se fija el motor a la estructura de la base.

- Niveles de aceite y combustible que favorecen el correcto

- Funcionamiento del motor.

- **Control de fugas.**

Debe realizarse continuamente una inspección visual y/o por medio de equipos técnicos de todo el sistema de operación, tanto en tuberías, accesorios, válvulas y conexiones, como en los equipos de proceso, motores, bombas y compresores.

Es necesario hacer un control detallado de los equipos de dosificación de sustancias químicas, junto con sus adecuadas concentraciones, para evitar escapes que puedan afectar la salud de los operarios y el buen funcionamiento de los procesos, lo cual influirá en los costos de producción de la planta de tratamiento.

▪ **Aplicación de pintura en estructuras.**

Todo sistema, estructura, equipo y complementos debe llevar un recubrimiento de pintura anticorrosiva o impermeabilizante según el tipo de estructura, equipo o complemento, para protección del deterioro que producen los efectos del medio ambiente y a la vez preservar su vida útil, se exige:

- Escoger el tipo de pintura apropiada para la estructura: muros, piedras, maderas, metales, asbesto-cemento, plásticos, pavimentos y maquinaria.
- Considerar el uso de la estructura pintada y el ambiente al que esta expuesto: interiores, exteriores, exposición al aire, agua o bajo tierra, sometimiento al frío, calor, abrasión, golpes, dilataciones y al ataque de productos químicos diversos.
- Evitar que pinturas o disolventes caigan a drenajes, tuberías o sistemas de la planta, con el fin de no afectar el proceso de tratamiento de aguas, las estructuras de trabajo y la calidad del agua tratada.

▪ **Revisión de instrumentos y controladores.**

Debe prestarse especial atención a los medidores y/o controladores de dosificación, nivel, flujo, presión, temperatura, analizadores y elementos de control final, ya que son aparatos muy sensibles y tienden a descalibrarse fácilmente.

Se exige realizar una calibración semanal con respecto a un elemento patrón por medio del cual se puedan hacer medidas para conocer la exactitud de la calibración. Dado el caso que los datos obtenidos no logren ser veraces, debe realizarse una evaluación para examinar el fallo, si es necesario, se reemplazará el aparato.

▪ **Pruebas de aislamiento.**

Debe realizarse un control sobre las conexiones de equipos eléctricos, tales como motores, compresores y medidores, revisando que se encuentren en perfecto estado para evitar corto circuitos.

Debe revisarse que todos los equipos, elementos y aparatos metálicos y eléctricos se encuentren conectados al polo a tierra para protección y descargas eléctricas de los mismos.

12.2. MANTENIMIENTO ESPECÍFICO.

▪ **Depósitos**

Para el mantenimiento de los depósitos se requieren las siguientes actividades:

- Inspección radiográfica de las soldaduras en los depósitos de acero.
- Retirada de los productos precipitados en el interior.
- Revisión de las conexiones con las tuberías.
- Comprobación de la estanqueidad del recipiente.
- Comprobación de los sistemas de seguridad y venteo.
- Al encontrarse en el exterior, se protegerá con una nueva capa de pintura cada 5 años.

- Revisión del aspecto superficial.

Es necesario ejercer una atención especial sobre los controladores de nivel, debiéndose comprobar su posición, y eliminando todos los elementos adheridos o enrollados en cables u otros componentes de los mismos.

- **Biofiltro.**

Una vez cada cinco años se realizará una limpieza exhaustiva del biofiltro y de sus elementos internos, que habrá que aprovechar para simultanear con otras paradas preventivas programadas.

El principal problema de mantenimiento del sistema es la colonización de microorganismos patógenos, por lo que se podría producir incrustaciones en los elementos internos del biofiltro, principalmente relleno, paredes internas y plato de soporte. Dichas incrustaciones pueden aumentar la pérdida de carga del gas a través del biofiltro, por lo que puede afectar al rendimiento de la operación. El procedimiento de limpieza incluye las siguientes operaciones:

- Revisión de los elementos conectados al biofiltro: bombas, red de conducciones, elementos de control.
- Apertura de la boca de 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 mediante purga; este residuo tiene características de residuo sólido urbano, y se destina con tal a la basura de desbaste. Su contenido será fundamentalmente carga microbiológica.
- Carga del relleno por la parte superior.
- Puesta en marcha del biofiltro, incluyendo una primera etapa de inoculación previa a su operación normal.

Por otra parte, el biofiltro también se someterá a inspecciones exteriores cada cinco años, como mínimo, que serán realizadas por un inspector de la propia planta. Estas inspecciones incluirán revisiones a niveles e indicadores, pintura y aislamiento, espesores, válvulas y accesorios, etc.

▪ **Bombas.**

De manera más genérica podemos decir que las bombas que usaremos en nuestro caso (portátiles) basta con que sean inspeccionadas cada año en un taller de servicio autorizado.

El mantenimiento rutinario de los equipos de bombeo incluye las siguientes actividades:

- Comprobación de que los elementos de giro se desplazan libremente y sin ruidos anormales.
- Comprobación del eje de impulsión.

- Comprobación del estado de los cojinetes de acoplamiento y reemplazamiento en caso de desgaste. Engrase de los mismos.

- Ajuste y empaquetado las prensa-estopas en caso de detectar fugas.

- Comprobación del panel del cuadro eléctrico.

- Anotación de los problemas y de las observaciones realizadas: horas de funcionamiento, medidas de la intensidad eléctrica, medidas de los indicadores de presión, etc.

- Comprobación de la temperatura y de las vibraciones de los motores.

- Comprobación del ajuste de la bomba y el motor, y de la estanqueidad.

- Engrase los rodamientos.

- Comprobación de los niveles de aceite. Si se han reemplazado juntas, se recomienda hacer una inspección del aceite al cabo de una semana de funcionamiento.

- **Sistemas de tuberías.**
 - Antes de su puesta en servicio es necesario someterla a prueba de presión antes de ser consideradas aptos para su uso.

 - Coincidiendo con la parada general de la línea de proceso, se procederá a la limpieza interna de la red de tuberías, con el fin de eliminar posible ensuciamiento o incrustaciones.

- Debido a que se trabaja a altas temperaturas y presiones, pueden aumentar los riesgos de corrosión, por lo que se someterán las tuberías a pruebas de ultrasonido semestrales o anuales, para estudiar la evolución del espesor y ver si se produce un deterioro o pérdida de espesor por corrosión.

- **Válvulas.**

- Realizar revisiones periódicas con el fin de conocer el estado de las piezas que componen el interior de la válvula.

- Apretar los tornillos de la unión entre las distintas partes.

- Comprobar si están bien unidas todas sus partes.

- Controlar el ruido.

- Corregir problemas en el asentamiento e instalar nuevos discos o sellos de asiento en las válvulas que pueden repararse sin desmontar. Dentro de esta categoría se encuentran las válvulas de compuerta, globo y de retención.

- Para las válvulas de seguridad y alivio de presión y de reducción de presión deben tomarse además las siguientes precauciones: comprobar la presión de funcionamiento, verificar si hay corrosión o erosión, comprobar si existen partículas de sólidos entre el asiento y el disco, comprobar si existe vibración de la tubería o del recipiente protegido, así como que la válvula esté instalada en posición vertical.

- **Extintores.**

Operaciones a realizar por el personal del titular de la instalación del equipo o sistema, cada tres meses:

- Comprobación de la accesibilidad, señalización, buen estado aparente de conservación.

- Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones, etc.

- Comprobación del peso y presión en su caso.

- Inspección ocular del estado externo de las partes mecánicas (boquilla, válvula, manguera, etc.).

Operaciones a realizar por el personal especializado del fabricante o instalador del equipo o sistema:

- Cada año:
 - Comprobación del peso y presión en su caso.

 - En el caso de extintores de polvo con botellín de gas de impulsión se comprobará el buen estado del agente extintor y el peso y aspecto externo del botellín.

 - Inspección ocular del estado de la manguera, boquilla o lanza, válvulas y partes mecánicas.

- Cada cuatro años: a partir de la fecha de timbrado del extintor (y por tres veces) se procederá al retimbrado del mismo de acuerdo con la ITC-MIE AP.5 del Reglamento de aparatos a presión sobre extintores de incendios

▪ **DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS.**

En la bodega de almacenamiento debe tenerse suficiente cantidad de insumos para atender situaciones de emergencia, se exige:

- Tener un inventario detallado de la existencia de equipos, dispositivos de control y medición, herramientas y todos los elementos que se encuentren en la bodega.
- Una adecuada señalización para la ubicación de cualquier elemento requerido, agilizando así las actividades a realizar.
- La responsabilidad del personal que se encuentre a cargo.
- Llevar una ficha de control de entradas y salidas de elementos utilizados en las actividades diarias.
- Hacer la solicitud a tiempo de los elementos que se requieran con frecuencia.

▪ **CONTRATACIÓN EXTERNA DE SERVICIOS.**

Por la carencia de personal especializado o cuando la complejidad de trabajo lo requiera, el departamento de mantenimiento puede contratar servicios con entidades externas a él, lo cual contribuye a disminuir costos. Se recomienda efectuar por esta vía los siguientes trabajos:

- Rebobinado de motores eléctricos.
- Reparaciones complejas de motores a diesel o gasolina.

- Reparación y calibración de equipos de control.
- Reparación de tanques y otras estructuras de la planta.
- Algunos trabajos de mantenimiento preventivo que las políticas de la planta permitan.

Para la contratación exterior de servicios, deben estudiarse los siguientes aspectos:

- Certificar la capacidad del contratista.
- Especificar detalladamente el motivo del contrato.
- Acordar el tiempo de entrega.
- Fijar el costo y la forma de pago.
- Indicar el sitio de trabajo y de la entrega.
- Concertar pruebas de funcionamiento.
- Solicitar garantía de funcionamiento por un tiempo prudencial.

▪ **GASTOS RELACIONADOS CON EL MANTENIMIENTO.**

Está contrastado que es más rentable realizar un mantenimiento de calidad que hacer reparaciones constantemente. Los ahorros que amortizan las nuevas instalaciones se obtienen durante el funcionamiento de las mismas y no comprando

la instalación más barata. En términos económicos se puede afirmar que la rentabilidad de la inversión está más relacionada con los ahorros logrados durante su funcionamiento que con la reducción de la inversión inicial.

Los gastos asociados al mantenimiento de las plantas industriales se dividen en dos tipos, directos e indirectos.

- **Costes directos.**

Son los costes propiamente generados por el mantenimiento, es decir, aquellos generados por los materiales de repuesto, mano de obra, formación, energía, herramientas, consumibles y subcontrataciones.

- **Costes indirectos.**

Son aquellos costes relacionados con el mantenimiento, o con la ausencia de mantenimiento. Son de mayor cuantía que los directos, y muchas veces o no son considerados, o no en su justa medida. Los costes indirectos se pueden dividir a su vez en:

- **Costes inducidos.**

- Pérdidas de producción por pérdidas de material en curso, por recortes, por disminución de la velocidad del proceso o ciclos de máquina.

- Sobrecoste energético debidos a nuevos arranques y pérdida de eficiencia de la instalación.
- Deterioro de la calidad del producto.
- Pérdidas de seguridad y accidentes.
- Daños medioambientales.
- Deterioro de la instalación por daños causados por una avería.
- Envejecimiento prematuro de la instalación como consecuencia de un funcionamiento no adecuado.
- Gastos financieros, debidos a los retrasos en las entregas.

➤ **Costes de oportunidad.**

- Lucro cesante, definido como el coste provocado por los beneficios no obtenidos, consecuencia de una menor producción, y por lo tanto de una menor venta. Éste es un coste especialmente importante para aquellas empresas de proceso continuo que trabajan al límite de su capacidad.
- Pérdida de imagen, debida a pérdidas de calidad y retraso en las entregas comprometidas.

13. SEGURIDAD EN PLANTA.

13.1. RIESGOS.

Una definición que permite cuantificar el riesgo es:

$$RIESGO = FRECUENCIA \times MAGNITUD DE CONSECUENCIAS$$

Un estudio íntegro del riesgo es sin duda el mejor sistema para establecer cuál es el riesgo en una determinada situación y si el mismo es tolerable o no. Sin embargo, este método presenta el inconveniente de ser relativamente caro y complejo, ya que requiere bastante trabajo de personal especializado. Por esta causa, se proponen métodos mucho más sencillos, que permiten hacer estimaciones, no tan precisas, pero que pueden ser de utilidad para comparar distintas situaciones o para poner de manifiesto la conveniencia de emprender determinadas acciones, adoptar un tipo u otro de acciones o incluso aconsejar un estudio riguroso del riesgo.

Dentro del análisis de riesgos laborales, para minimizarlo de forma sustancial, se siguen tres pasos fundamentales:

- Localización del riesgo: Mediante la experiencia previa que se tiene en la planta se recopila toda la información necesaria para identificar aquellos puntos conflictivos.
- Prevención del riesgo: Se trata de implantar las medidas pertinentes para conseguir evitar que se vuelva a reproducir cualquier accidente ya sucedido.

- Fase de protección de riesgos frente a accidentes: En esta fase se intenta proteger al usuario frente a los riesgos que derivan en peligros mediante técnicas tales como el equipamiento de equipos de protección individual (EPI), señalización de riesgos o divulgación y concienciación.

Un análisis de riesgos, realmente no es más que un análisis de los posibles peligros que se puedan dar para la seguridad y salud de los trabajadores y dónde es más probable que se produzcan. Éstos no se pueden eliminar de una forma definitiva, pero si se pueden implantar medidas para minimizar los daños o evitarlos. Estas medidas van en caminadas en torno a la prevención y la protección del personal de los operarios de la planta. Con las técnicas de prevención se procura actuar sobre el riesgo antes de que se produzca, mientras que con las técnicas de protección se intenta minimizar las posibles consecuencias de los mismos.

Los riesgos se pueden clasificar en:

1. Riesgos químicos.

Este tipo de riesgo está asociado al trasiego y manipulación de productos químicos, ya que operar con ellos lleva asociado la posibilidad de sufrir intoxicación o contaminación al medio.

Los posibles efectos sobre la salud humana así como las medidas de prevención están recogidas en las fichas de seguridad.

2 Riesgos físicos.

Dentro de la industria y plantas químicas los riesgos físicos más comunes son el ruido, las atmosferas ionizantes y los ambiente térmicos.

De estos tres riesgos físicos el predominante es el ruido, a cuya exposición se encuentran los operarios que manejan maquinaria cuando se están cerca de equipos tales como bombas.

Tiene efectos negativos sobre la salud humana, pudiendo llegar a generar problemas tales como taquicardias, problemas digestivos psicológicos.

Por ello, es preciso medir el ruido mediante equipos asociados analizándolo en tres frentes, la cantidad de ruido (se usa el sonómetro para conocerlo), la cantidad de ruido que soporta un trabajador en un periodo largo de tiempo (dosímetros) y las frecuencias a las que se emite el ruido.

La normativa española asociada a la exposición sonora (Real Decreto 286/2006) establece que un trabajador no ha de soportar más de 87 dB como nivel equivalente de ruido, siendo 140 el pico máximo de exposición, adoptando medidas cuando el nivel sea mayor de 80-85 dB o cuando el pico máximo de exposición esté comprendido entre 135- 137 dB.

En el caso que se superen los valores permitidos se han de adoptar medidas, atacando al problema en los tres frentes posibles, emisor, receptor y el medio.

Sobre la fuente:

- Cambios en la rutina o método de trabajo.

- Sustitución del equipo que genere el problema por otro menos.
- ruidoso.
- Reducir al máximo los impactos y fricciones.
- Emplear lubricación adecuada.
- Emplear sistemas conductores de la vibración (amortiguadores).

Sobre el medio de transmisión:

- Aumentar la distancia existente entre la fuente y el receptor.
- Realizar un tratamiento acústico del suelo, techo y paredes para
- absorber el sonido y reducir la resonancia.
- Aislar acústicamente la fuente de ruido.

Sobre el receptor:

- Utilización de protecciones personales: tapones los cuales reducen de 10-20 dB y auriculares que reducen hasta 50dB.
- Aislar al trabajador.
- Realizar una rotación del personal para reducir tiempo de exposición.

3 Riesgos de explosión e incendio.

Estas medidas pueden ser de naturaleza preventiva o protectora.

Medidas preventivas:

Impedir y evitar, en la medida de lo posible, la generación de atmósferas explosivas (aire/gas). Para ello, se dispone a lo largo de la línea de circulación de diferentes elementos cuyo objetivo o misión es la de medir o cuantificar diferentes variables que aseguren el correcto funcionamiento del equipo y otros dispositivos de seguridad. Algunos ejemplos de estos instrumentos son: controladores-reguladores de presión, válvulas de desahogo de presión de seguridad, discos de ruptura, válvulas reductoras o respiraderos de tanque. Para concluir, tanto los equipos de la planta como la propia planta se encuentran aislados para prevenir posibles fugas.

Situar las unidades de operación respetando la distancia de seguridad que debe existir entre los distintos equipos que se encuentran trabajando a presión.

Reducir el volumen de las sustancias peligrosas almacenadas con el fin de disminuir las consecuencias derivadas de una posible explosión química.

Medidas protectoras.

Los trabajadores deben estar vestidos adecuadamente (calzado y ropa adecuada) con materiales que no den lugar a descargas electrostáticas, pudiendo generar atmósferas explosivas.

Han de existir señales ópticas y acústicas de alarma y desalojo en condiciones de seguridad antes de que se genere la explosión. A su vez, se

dispondrán y mantendrán en funcionamiento las salidas de emergencia que permita al personal desalojar la zona afectada en condiciones de seguridad.

Disponer de antemano un plan de emergencia y evacuación que permita desarrollar el proceso con la máxima seguridad y el mínimo riesgo para la salud de los trabajadores.

Uno de los efectos colaterales de las explosiones son los incendios, los cuales en situaciones desfavorables pueden llegar a escapar al control de los operarios, produciendo consecuencias nefastas tanto para la industria, la instalación o los propios trabajadores.

4 Riesgos de manipulación de equipos y herramientas de trabajo.

Son riesgos derivados de la utilización de la máquina o de la máquina en sí, entrañando generalmente consecuencias físicas sobre el hombre.

Las medidas para la prevención de los riesgos derivados del uso de maquinaria se recogen:

- Para cada unidad, equipo, máquina o herramienta se dispondrá de un conjunto de normas de utilización segura, indicando, a su vez, cual es el EPI más adecuado. Esta información se recogerá en un formulario o lista que se situará en la unidad, equipo, máquina o herramienta de modo que sea accesible y visible para todo aquel que requiera el uso de los mismos.

- Todos los trabajadores tendrán, según su especialidad, las herramientas y máquinas idóneas para la realización de su trabajo.

- Revisar regularmente el estado de las máquinas y herramientas, reparando o desechando inmediatamente aquellas que se encuentren estropeadas.
- Los resguardos y protecciones de las máquinas y herramientas deberán encontrarse correctamente instalados antes de su puesta en funcionamiento, así como también los armarios y cuadros eléctricos que alimenten máquinas deben disponer de las protecciones reglamentarias.
- Las máquinas sólo deben ser utilizadas por personal cualificado y autorizado para ello.
- La reparación de máquinas o herramientas se llevará a cabo en taller por medio del personal dedicado a tal fin.
- Las zonas de trabajo con máquinas se encontrarán convenientemente iluminadas.
- Las zonas peligrosas se señalarán convenientemente.
- Para las operaciones de carga, descarga, limpieza, reposición o mantenimiento las máquinas deben pararse, bloquearse, señalizarse y comprobar que no existen riesgos en su manipulación.

5 Riesgos en la línea de producción.

Se establecen una serie de pautas y medidas preventivas para minimizar el los posibles riesgos para el personal cuando éstos surjan.

Estas medidas se desarrollan en diferentes campos de acción.

Procedimientos para el arranque y la parada.

La planificación completa de una parada implica la preparación previa de la unidad considerada y una preparación por parte de las unidades y departamentos que puedan verse afectados.

Tanto el proceso de parada como el de arranque han de recogerse por escrito y cumplirse con exactitud a la hora de llevarse a cabo.

Tareas de mantenimiento.

Cuando se lleven a cabo labores de mantenimiento será necesario aislar las tuberías de conexión a equipos y sistema de bombeo por medio de apantallamiento. Las válvulas también deben cerrarse y bloquearse.

Los equipos eléctricos deberán tener los interruptores cerrados antes de recibir autorización para trabajar con ellos.

13.2. ASPECTOS HIGIÉNICO-SANITARIOS.

Independientemente de los elementos integrantes de la contaminación y sus efectos, las enfermedades pueden transmitirse:

- Por contacto directo.
- Por medio de insectos y animales (mosquitos, ratas, etc.).
- Por medio de la vestimenta o utensilios empleados.

Debe recordarse aquí que una depuradora puede eliminar hasta el 90% de los gérmenes patógenos, pero cifras de 600×10^4 en 100 ml son aún tremendamente importantes. Dentro de las depuradoras la vía de contaminación directa más frecuente es a través de los aerosoles.

La precaución para evitar enfermedades en el personal que trabaja en las depuradoras pasa por una correcta higiene personal.

Puntos importantes a considerar son:

- Adecuación de vestuarios, comedores e instalaciones de higiene.
- Llevar vestuario adecuado de protección. Lavar con frecuencia en planta, si es posible, a más de 90 °C.
- Llevar guantes impermeables al establecer contacto con agua, lodos, o residuos de la depuradora.
- Ducharse, lavarse y desinfectarse al terminar el trabajo, antes de vestirse o antes de comer.
- Comer en sala independiente de las zonas de trabajo.
- Evitar la aparición de ratas, moscas y mosquitos. Si aparecen eliminarlos con la mayor rapidez posible.
- Prestar atención urgente a las pequeñas heridas, utilizar desinfectantes como tintura de yodo, después de un lavado enérgico con jabón.

- Vacunarse cada cinco años contra el tétanos. Vacunarse contra las tifoideas con la frecuencia recomendada por el médico. Vacunar al trabajador y su familia contra la poliomelitis. Se recomienda también la vacuna contra la hepatitis.
- Consultar al médico una vez por año, pasando una revisión adecuada.

13.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Deben adoptarse las medidas indicadas en el estudio de Seguridad e Higiene de la planta, para evitar accidentes.

Debe prestarse atención especial a:

- Caminos a recorrer: escaleras, escalas, rampas, etc.
- Vestimenta y calzado adecuado.
- Estanqueidad de conducciones de gas.
- Salvavidas de seguridad en zonas de grandes depósitos, y accesos fáciles de salida.
- Barandillas y petos de protección.
- Equipamiento para primeros auxilios.

13.4. SISTEMA GENERAL CONTRA INCENDIOS.

En este punto se describe el sistema general contra incendios de la planta. Cualquier equipo instalado para la lucha contra incendios cumplirá con el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios”, incluido en el R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993.

➤ **Sistemas de detección y alarma.**

La instalación de estos equipos se realizará por instaladores debidamente autorizados.

- **Sistemas automáticos de detección de incendios.**

Los sistemas automáticos de detección, sus características y especificaciones se ajustarán a la norma UNE 23007. Se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en el Apéndice II del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

- **Sistemas manuales de alarmas de incendios.**

Los sistemas manuales de alarmas de incendios, sus características y especificaciones se ajustarán a la norma UNE 2007.

Estarán constituidos por un conjunto de pulsadores que permitirán provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada. Los pulsadores de alarma se situarán de modo que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto hasta alcanzar el pulsador, no

supere los 25 metros y, además, deben estar preferentemente cercanos a una salida, o en dirección a la misma. Debido a ello se instalarán 8 pulsadores de alarma. Se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en el Apéndice II del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

➤ **Extintores de incendios.**

Los extintores de incendio, sus características y sus especificaciones se ajustarán al “Reglamento de Aparatos a Presión” y a su Instrucción Técnica Complementaria MIE-P5.

El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a las salidas de evacuación y preferentemente sobre soportes fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede, como máximo, a 1,70 m sobre el suelo. Se ubicará un extintor de polvo químico en cada lugar donde se instale un pulsador de alarma. En el edificio de reactivos se instalará uno en cada planta.

Todos los extintores se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en el Apéndice II del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

➤ **Bocas de Incendio Equipadas (BIE).**

La instalación de estos equipos se realizará por instaladores debidamente autorizados.

Las BIE deberán montarse sobre un soporte rígido, de forma que la altura de su centro quede como máximo a 1,50 metros sobre el nivel del suelo. Las BIE se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 metros de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización. La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50 metros. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima no deberá exceder de 25 metros. Se instalarán ocho BIE en toda la planta. Se deberá mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.

Se propone una instalación en anillo con tomas de agua de gran caudal. El anillo estará conectado a la red de agua municipal. Se empleará como apoyo (en caso de que se cortase el suministro o el caudal demandado no pudiera ser cubierto) el tanque de agua regenerada.

Antes de su puesta en servicio, se someterán a pruebas de estanqueidad y resistencia mecánica, cumpliendo con lo establecido en el Apéndice I del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993. Todas las BIE se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en el Apéndice II del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

➤ **Plan de emergencia contra incendios.**

Además de los citados equipos contra incendios, es necesaria la existencia de un documento que detalle y planifique su uso, para de este modo asegurar la correcta actuación y el debido funcionamiento de los mismos en caso de incendio.

Este documento deberá ponerse en conocimiento de todo el personal que pueda verse involucrado, y será elaborado según lo establecido por el “Manual de autoprotección para el desarrollo del Plan de Emergencia contra incendios y Evacuación en locales y edificios” (BOE de 26 de febrero de 1985). Deberá contemplar la evaluación del riesgo en la planta, los medios de protección existentes, el plan de emergencia a poner en práctica en cada caso y lo referente a la implantación.

13.5. RIESGO ELÉCTRICO.

La electricidad es potencialmente una fuente de riesgo, pero afortunadamente el número de accidentes eléctricos en la industria es bajo en comparación con otros accidentes. Esta situación puede deberse al resultado de un alto nivel de diseño y construcción de las instalaciones y aparatos eléctricos y de un mantenimiento eficaz. Se ha observado que cuando el equipo es de calidad pobre o cuando el mantenimiento se realiza por trabajadores no experimentados o negligentes, la probabilidad de un accidente eléctrico es más pronunciada.

La estadística demuestra, que aunque los accidentes eléctricos por lo general suponen una pequeña proporción de todos, en cualquier campo particular (ya sea en el hogar o en la industria), el porcentaje de accidentes eléctricos que resultan mortales es, a menudo, bastante alto.

Hay que pensar que la electricidad no es habitualmente perceptible por ninguno de nuestros sentidos, no tiene olor, no se detecta por vista, no es sensible al gusto, ni generalmente al oído, ni tampoco al tacto, a no ser que el operador ofrezca un segundo punto de contacto de potencial diferente permitiendo así a la corriente atravesar su cuerpo.

Existen dos tipos de contactos con la electricidad:

✓ **Contactos directos:** En los que el operario entra en contacto físico con elementos (cable, enchufes,...) por donde pasa corriente.

La prevención de estos contactos puede hacerse con medidas como:

- Aislamiento de las partes activas.
- Alejamiento de las partes activas de la instalación.
- Interposición de obstáculos que impidan el acercamiento del operario al foco de peligro.

✓ **Contactos indirectos:** En los que el operario entra en contacto con elementos conductores puestos ocasional o accidentalmente en tensión eléctrica.

Para la protección contra los contactos indirectos:

- Disposición que impida el paso de corriente por el cuerpo humano.
- Limitación de la intensidad que pudiera circular a un valor no peligroso.

- Corte automático de la corriente cuando exista un defecto de aislamiento del circuito.

Para conseguir estos objetivos, se seguirán medidas como:

- Separación de circuitos.
- Empleo de tensiones de seguridad: 50 v (locales secos); 24 v (locales húmedos o mojados); 12 v (condiciones de inmersión).
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección (doble aislamiento).
- Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas.
- Conexiones equipotenciales.
- Dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a tierra de las masas, asociadas a dispositivos de corte por intensidad de defecto (diferenciales).

13.6. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

El diseño de la planta debe tener en cuenta la normativa de obligado cumplimiento (Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y sus Reglamentos) y las recomendaciones del INSHT. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo).

Se han seguido para la realización del proyecto los principios de acción preventiva que se describen en el artículo 15 de la ley de Prevención de Riesgos Laborales.

De acuerdo con los principios básicos de prevención de riesgos laborales, en la fase de proyecto de una instalación es donde mayor efectividad y menor coste tienen las medidas destinadas a evitar que el trabajo tenga consecuencias negativas sobre los trabajadores. Las medidas que se proponen antes del proceso de construcción son por ello muy importantes.

Los riesgos relacionados con la manipulación y almacenamiento de reactivos han sido descritos en los puntos anteriores de este capítulo. A continuación se enumeran las medidas de seguridad adoptadas en los equipos que suponen algún tipo de riesgo para los trabajadores:

- **Ruido.** El nivel de ruido será un factor a tener en cuenta durante la elección de las máquinas. Los focos de ruido se reducirán en la medida de lo posible.
- **Quemaduras.** Todo equipo o tubería que esté a una temperatura que pueda provocar quemaduras por contacto deberá estar aislado convenientemente, o no será posible su acceso.
- **Riesgo eléctrico.** Todos los sistemas eléctricos contarán con protecciones frente a contactos directos (mediante aislamientos) o indirectos (mediante toma de tierra y corte por intensidad de defecto).
- **Agresiones físicas.** Tales como cortes, atrapamientos y aplastamientos. Todas las partes en movimiento de los equipos estarán dotadas de dispositivos de protección de seguridad que impidan el acceso a partes peligrosas de las máquinas.

- **Riesgo de caídas.** Para evitar este tipo de accidente, se han dispuesto en las distintas unidades barandillas y suelos de rejilla. También se recomienda al personal de la planta el uso de calzado antideslizante.
- **Riesgo de infección.** Se recomienda la vacunación de todos los operarios así como una extremada higiene personal.

13.7. RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS.

Siguiendo las recomendaciones del R.D. 664/1997 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 monos de trabajo 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.

13.8. FICHA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD QUÍMICA.

En esta planta hay una 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 371/2001 de 6 de Abril.

Las “International Chemical Safety Cards” (ICSC) o Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ), recopilan de forma clara la información esencial de higiene y seguridad de sustancias químicas.

Las fichas no tienen estatus legal, sino que pretenden ser una herramienta informativa, tanto para el propio trabajador, como para el empresario en su deber de dar información e instrucción a sus trabajadores. En este sentido, las fichas pueden desempeñar un papel especial en pequeñas y medianas empresas.

14. INFORME AMBIENTAL.

En el momento de instalar una planta o un proceso en algún lugar concreto es necesario tener en cuenta el impacto que dicha actividad puede tener sobre la zona, no solo a nivel social (revitalización económica, puestos de trabajo,...) sino también desde el punto de vista ecológico. Ahí es donde entra la evaluación de impacto ambiental, pues es un estudio que se encarga de analizar las posibles consecuencias en la zona desde el punto de vista ambiental.

La actual tendencia de desarrollo tanto industrial como social es la de desarrollo sostenible, en la que interactúa el medio ambiente con los avances tecnológicos.

En el presente proyecto se realiza un estudio donde analiza los posibles impactos ambientales de la instalación en la EDAR Guadalete de Jerez de la Frontera de un sistema de modificaciones en el Pretratamiento.

Para este tipo de instalaciones debe realizarse un Informe Ambiental según regula el Decreto 153/96, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental.

14.1. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO.

- **Situación Geográfica.**

El sistema diseñado se instala en una parcela situada en la propia EDAR Guadalete. Se encuentra entre las poblaciones de Jerez y El Portal, accediéndose a

ella por la carretera comarcal CA-201. Exactamente, se encuentra a unos 5 km del casco urbano de Jerez, junto a la orilla Norte del río Guadalete.

- **Descripción del Medio.**

En las terrazas del Guadalete, dentro del término municipal de Jerez, se pueden distinguir tres niveles de depósitos de materiales por encima del cauce actual. El nivel más alto, donde se encuentra la EDAR Guadalete, que se detecta siguiendo el cauce del río hasta El Portal, está constituido por cantos rodados cementados.

El Guadalete es río de tipo fluvial subtropical, caracterizado por sus elevados coeficientes de diciembre y febrero y su extremado estiaje de verano con estrechamientos de la región de desembocadura. En su recorrido caben distinguir tres tramos. En el segundo tramo, que discurre durante 100 Km desde Puerto Serrano hasta las marismas de El Puerto de Santa María, es donde se encuentra ubicada la EDAR Guadalete de Jerez.

A su paso por Jerez, el Guadalete y sus afluentes dan lugar a una amplia zona de "Riegos de Interés Nacional".

El clima de Jerez y de la baja Andalucía en general viene caracterizado por dos estaciones bien marcadas, invierno y verano, separadas por dos de transición, primavera y otoño. Una prolongada sequía estival constituye el rasgo climático más característico, extendiéndose el período de lluvias de octubre a abril, hecho indicativo de una importante influencia atlántica a pesar de sus innegables connotaciones mediterráneas.

Sin embargo, la común caracterización del clima a nivel regional viene matizada especialmente en el término de Jerez por factores estáticos de tipo

geográfico como la latitud, la configuración orográfica, la apertura atlántica y la proximidad a África, junto a la especial configuración de la fachada occidental europea. Situado entre los 36 y 37 grados de latitud Norte Jerez se ubica en la zona de alternancia entre las altas presiones subtropicales y las bajas subpolares. De esta manera sus tierras participan de las propiedades térmicas de las masas de aire tropical marítima y continental, polar marítima y mediterránea.

Las formaciones vegetales del cauce del río Guadalete se integra en el orden *Populetalia albae*, el cuál corresponde a todos los bosques de carácter hidrófilo de las regiones mediterráneas. Estas formaciones vegetales van acompañadas por un matorral y herbazal muy conspicuo, rico en hemcriptófitos y geófitos.

En la fauna de los bosques ribereños habrá que diferenciar las especies que los habitan permanentemente de aquellas que esporádicamente bajan a los arroyos o ríos a beber o a cazar. Entre los esporádicos cazadores se cuenta el milano negro que junto con el aguilucho pálido y el aguilucho cenizo son más frecuentes en los campos de cultivo.

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

La comunidad cuantitativamente más importantes de los sotos ribereños la constituyen las aves insectívoras y granívoras que deambulan por los campos cultivados y utilizan aquellos para anidar.

Entre las especies acuáticas existentes en el río Guadalete, las más comunes son el barbo (*Barbus barbus*), la boga (*Chondrostoma polylepis*), el carchuelo (*Leuciscus cephalus*), la colmilleja (*Cobitis maroccana*), el jarabugo (*Rutilus alburnoides*), la lisa (*Chelons labrons*), el pejerrey (*Atherina mochon*) y la perca americana (*Micropterus samoides*).

- **Descripción de la Actividad.**

Con el incremento del nivel de vida, los hábitos de la sociedad, el crecimiento de la población...los residuos generados varían con respecto a los estimados para la implantación inicial de la EDAR.

Las modificaciones proyectadas están encaminadas a mejorar el proceso de Pretratamiento previo que se realiza en toda Estación de Aguas Residuales. Todo ello debido a las variaciones antes mencionadas y al desgaste sufrido por los equipos en el transcurso de los años.

Gracias a ellas se conseguirá una potenciación en el funcionamiento de los procesos posteriores.

14.2. ESTUDIO ANALÍTICO Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

- **Metodología.**

La metodología a seguir se basará en la caracterización de los impactos, mediante la determinación previa de una serie de parámetros e indicadores de carácter cuantitativo y cualitativo.

Finalmente se establecerá una valoración o juicio de los impactos en función de los resultados obtenidos en la aplicación del método.

Conviene advertir, que se puede utilizar cualquier otro método existente para realizar dicha valoración, siempre y cuando cumpla con los requisitos que el Reglamento le exige al Informe Ambiental.

- **Definiciones conceptuales.**

En función de su naturaleza y el nivel de información conocida, los impactos se van a poder clasificar en tres clases o rangos:

- **Cualitativos.** Son los intangibles o difícilmente cuantificables, para los que no se dispone de indicadores representativos.
- **Despreciables.** Son aquellos en los que el factor afectado sufre una alteración mínima o nula.
- **Cuantitativos.** Son los cuantificables no incluidos en los apartados anteriores.

Para la caracterización de los efectos producidos sobre los factores ambientales, se utilizarán la serie de atributos que a continuación se detallan.

- **Naturaleza.** Puede ser positiva o negativa y se refiere a la consideración del beneficio o perjuicio que merece el efecto a la comunidad técnico-científica y a la población en general.
- **Inmediatez.** El efecto es directo o primario cuando tiene una repercusión inmediata sobre algún factor y es indirecto o secundario cuando se deriva de un efecto primario.
- **Acumulación.** Es el que incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera.
- **Sinergia.** El efecto es sinérgico cuando la acción combinada con otros efectos produce una alteración mayor que la suma de ellos.

- **Momento.** Los efectos se manifiestan durante un ciclo determinado y se definen como a corto, medio y largo plazo, si su presencia, es en un ciclo mensual, anual o mayor.

- **Reversibilidad.** El efecto es reversible cuando puede ser asimilado por procesos naturales o artificiales, e irreversible cuando no puede serlo o necesita para lograrlo, un largo período de tiempo.

- **Periodicidad.** Un efecto periódico es el que se manifiesta de una forma, pudiendo presentar alta o baja frecuencia. Un efecto de aparición irregular es el que lo hace de forma impredecible con el tiempo, es decir, presenta una frecuencia tendente a cero. Este carácter debe predecirse en términos de probabilidad.

- **Relatividad.** Los valores de relatividad se obtienen como resultado de la comparación de diversos parámetros: unos estimativos de la magnitud física del impacto y otros de las dimensiones y carácter del medio receptor.

Tabla XVI:
 Indicadores y atributos.

NATURALEZA	BENEFICIOSO PERJUDICIAL	POSITIVO NEGATIVO
INMEDIATEZ	DIRECTO	2
	INDIRECTO	1
ACUMULACIÓN	ACUMULATIVO	2
	SIMPLE	1
SINERGIA	SI	2
	NO	1
MOMENTO	LARGO	3
	MEDIO	2
	CORTO	1
REVERSIBILIDAD	NO	2
	SI	1
PERIODICIDAD	PERIODICO ALTA FRECUENCIA	3
	PERIODICO BAJA FRECUENCIA	2
	FRECUENCIA IRREGULAR	1
RELATIVIDAD	CONSIDERABLE	3
	PERCEPTIBE	2
	INAPRECIABLE	1

- **Valoración de los factores ambientales.**

Importancia de los impactos:

La importancia de los impactos se calcula a través de un algoritmo en el que intervienen como variables cada uno de los atributos reflejados en la tabla precedente.

$$\text{Imp.} = (I+A+2S+M+RV+P+R)$$

De donde:

(N) = Naturaleza.

(I) = Inmediatez.

(A) = Acumulación.

(S) = Sinergia.

(M) = Momento.

(RV) = Reversibilidad.

(P) = Periodicidad.

(R) = Relatividad.

Cuya normalización se obtiene a través de:

$$\text{Imp}_x = (I_x - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min})$$

Para enjuiciar a los impactos ambientales clasificaremos a los mismos en los siguientes niveles o rangos de valor:

Tabla XVII:

Ponderación de factores ambientales.

MEDIO INERTE	45%	Aire	10%	Calidad del aire	10%
		Tierra/Suelo	30%	Calidad del suelo	30%
		Agua	5%	Calidad agua sub.	5%
MEDIO BIÓTICO	5%	Flora/Fauna	5%	Flora y fauna	5%
MEDIO PERCEPTUAL	15%	Cualidades del paisaje	15%	Incidencia visual	10%
				Calidad paisajística	5%
MEDIO SOCIO ECONÓMICO	35%	Actividades socioeconómicas	25%	Sectores afectados	20%
				Empleo	5%
		Influencia sobre los recursos	10%	Consumo energético	5%
				Consumo materias primas	5%

- **Enjuiciamiento de los impactos ambientales.**

- Impactos positivos. Son aquellos que supone una mejora en las condiciones ambientales del factor o factores afectados.

- Impactos despreciables. Son aquellos cuyos efectos no suponen perjuicios apreciables para el factor o factores ambientales considerados.

- Impactos compatibles. Aquellos cuya recuperación ambiental es inmediata tras el cese de la actividad y no precisan de prácticas protectoras o correctoras.

- Impactos moderados. Aquellos cuya recuperación no precisan de la práctica de medidas protectoras o correctoras y en los que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requieren cierto tiempo.
- Impactos severos. Aquellos en los que la recuperación de las condiciones del medio exigen la aplicación de medidas correctoras y protectoras, no produciéndose dicha recuperación hasta un periodo de tiempo dilatado.
- Impactos críticos. Aquellos cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con ellos se produce un impacto permanente de las condiciones ambientales sin posible recuperación incluso con la implantación de medidas correctoras, protectoras y compensatorias.

Tabla XVIII:

Cuadro de valoración.

POSITIVO		POSIT.
DESPRECIABLE	0,00 - 0,20	DESP.
COMPATIBLE	0,21 - 0,40	COMPAT.
MODERADO	0,41 - 0,60	MOD.
SEVERO	0,61 - 0,80	SEV.
CRITICO	0,81 - 1,00	CRIT.

- **Matrices de impactos ambientales.**

El método de análisis utilizado en este estudio para valorar los impactos ambientales, es el basado en tres matrices (aportaciones al impacto global, importancia de impactos ambientales y valoración), de doble entrada donde quedan segregados en niveles los distintos medios, subsistemas y factores por un lado, y por otro las diferentes fases por las que atraviesa el proyecto y sus acciones. Cada

elemento de estas matrices es el resultado de un profundo análisis sobre los efectos que produce cada acción concreta sobre el factor que se trata.

A continuación se adjunta el análisis individual de cada impacto realizado mediante el método anteriormente descrito, así como las matrices anteriormente citadas.

IMPACTO AMB:		Aprovisionamiento de materiales sobre el aire	
A1			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 9
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,091
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,009
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Aprovisionamiento de materiales sobre el suelo	
B1			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 9
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,091
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 30
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,027
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Aprovisionamiento de materiales sobre incidencia visual	
E1			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 11
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,273
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,027
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	COMPATIBLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Aprovisionamiento de materiales en la calidad paisajística	
F1			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,009
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Utilización de maquinaria sobre la calidad del aire	
A2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 12
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,364
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,036
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	COMPATIBLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Utilización de maquinaria en la calidad del suelo	
B2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 30
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,055
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	I	1	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Utilización de maquinaria en la incidencia visual	
E2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	N	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,018
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

DESPRECIABLE

IMPACTO AMB:		Utilización de maquinaria en sectores afectados	
G2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 14
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,545
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 20
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,109
Momento	M	2	
Reversibilidad	N	2	
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

POSITIVO

IMPACTO AMB:		Utilización de maquinaria en el empleo	
H2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 17
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,818
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 5
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,041
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	POSITIVO
Periodicidad	A	3	
Relatividad	C	3	

IMPACTO AMB:		Consumo energético por utilización de máquinas	
I2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,009
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Ejecución obra en la calidad del aire	
A3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 12
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,364
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0.036
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	POSITIVO
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Ejecución obra en la calidad del suelo	
B3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 9
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,091
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 30
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,027
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Ejecución obra en incidencia visual	
E3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 12
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,364
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,036
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	COMPATIBLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Ejecución obra en los sectores afectados	
G3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 15
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,636
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 20
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,127
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	POSITIVO
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Ejecución obra sobre el empleo	
H3			
ATRIBUTOS			VALORACIÓN FACTORES
Naturaleza	P		Importancia 13
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,455
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 5
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,023
Momento	C	1	
Reversibilidad	N	2	POSITIVO
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Consumo energético en la ejecución de la obra	
I3			
ATRIBUTOS			VALORACIÓN FACTORES
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,009
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Consumo materias primas en la ejecución de la obra	
J3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,009
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Producción residuos en calidad del suelo	
B4			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 9
Inmediatez	I	1	Importancia normalizada 0,091
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 30
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,027
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Producción de residuos sobre la incidencia visual	
		E4	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 12
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,364
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,036
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	COMPATIBLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Tráfico interior sobre el aire	
		A5	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 14
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,545
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,055
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	MODERADO
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Tráfico interior en sectores afectados	
G5			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 14
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,545
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 20
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,109
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	POSITIVO
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Tráfico interior en el empleo	
H5			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 15
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,636
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 5
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,032
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	POSITIVO
Periodicidad	A	3	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Ruidos y vibraciones en la calidad del aire	
A6			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 13
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,455
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,045
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	MODERADO
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Ruido y vibraciones en la flora y fauna	
D6			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 9
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,091
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,005
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

IMPACTO AMB:		Emisión de gases en la calidad del aire	
A7			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 12
Inmediatez	I	1	Importancia normalizada 0,364
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,036
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	COMPATIBLE
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Producción planta en sectores afectados	
G8			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 14
Inmediatez	I	1	Importancia normalizada 0,545
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 20
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,109
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	POSITIVO
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Producción planta en empleo	
H8			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 12
Inmediatez	I	1	Importancia normalizada 0,364
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,018
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	POSITIVO
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

IMPACTO AMB:		Consumo energético por producción planta	
I8			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,009
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	DESPRECIABLE
Periodicidad	M	2	
Relatividad	I	1	

**MATRIZ DE VALORACIÓN
DEL IMPACTO AMBIENTAL**

		FASE DE OBRAS				FASE DE EXPLOTACIÓN			
		Aprov. materiales	Utilización maquinaria	Ejecución obra	Producción residuos	Tráfico interior	Ruidos y vibraciones	Emisión de gases	Producción planta
		1	2	3	4	5	6	7	8
MEDIO INERTE	Aire								
	Tierra/Suelo	DESP.	COMPAT.	POSIT.		MOD.	MOD.	COMPAT.	
	Agua	DESP.	DESP.	DESP.	DESP.				
MEDIO BIÓTICO	Fauna/Flora						DESP.		
MEDIO PERCEPTUAL	Calidades del paisaje	Calidad del aire	COMPAT.	COMPAT.	COMPAT.				
		Calidad del suelo	DESP.	DESP.	DESP.				
	Incidencia visual	COMPAT.	DESP.	COMPAT.	COMPAT.				
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	Actividades socioeconómicas	Calidad paisajística	DESP.		COMPAT.				
		Sectores afectados	DESP.		COMPAT.				
	Influencias sobre los recursos	Empleo	POSIT.	POSIT.	POSIT.		POSIT.		POSIT.
	Consumo energético	DESP.	DESP.	DESP.					DESP.
	Consumo materias primas			DESP.					

**MATRIZ IMPORTANCIA
IMPACTOS AMBIENTALES**

	FASE DE OBRAS				FASE DE EXPLOTACIÓN			
	Aprov. materiales	Utilización maquinaria	Ejecución obra	Producción residuos	Tráfico interior	Ruidos y vibraciones	Emisión de gases	Producción planta
	1	2	3	4	5	6	7	8
MEDIO INERTE	0,091	0,364	0,364	0,091	0,545	0,455	0,364	
MEDIO BIÓTICO	0,091	0,182	0,091					
MEDIO PERCEPTUAL	0,273	0,182	0,364	0,364				
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	0,182			0,364				
		0,545	0,636		0,545			0,545
		0,818	0,455		0,636			0,364
		0,182	0,182					0,182
			0,182					

**MATRIZ DE APORTACIONES
AL IMPACTO GLOBAL**

		FASE DE OBRAS					FASE DE EXPLOTACIÓN				
		Aprov. materiales	Utilización maquinaria	Ejecución obra	Producción residuos	Tráfico interior	Ruidos y vibraciones	Emisión de gases	Producción planta	Suma parcial	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
MEDIO INERTE	Aire										
	Tierra/Suelo	A	Calidad del aire	-0,009	0,036	-0,027	-0,055	-0,045	-0,036	-0,172	
	Agua	B	Calidad del suelo	-0,027	-0,027					-0,109	
MEDIO BIÓTICO	Fauna/Flora	C	Calidad aguas subterráneas								
		D	Fauna/Vegetación				-0,005			-0,005	
MEDIO PERCEPTUAL	Cualidades del paisaje	E	Incidencia visual	-0,027	-0,036	-0,036				-0,117	
		F	Calidad paisajística	-0,009						-0,009	
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	Actividades socioeconómicas	G	Sectores afectados	0,109	0,127		0,109		0,109	0,454	
	Influencias sobre los recursos	H	Empleo	0,041	0,023		0,032		0,018	0,114	
		I	Consumo energético	-0,009	-0,009				-0,009	-0,027	
		J	Consumo materias primas		-0,009					-0,009	

Total:	0,120
---------------	--------------

- **Valoración de los impactos ambientales encontrados.**

Una vez aplicada la metodología propuesta y siendo analizados individualmente los impactos sobre los factores ambientales correspondientes a los medios inerte, biótico, perceptual, y socio económico; y siendo calculados los impactos agregados a todo el sistema, la valoración que se desprende de todo este proceso de análisis es la de considerar un impacto total positivo sobre el medio ambiente a consecuencia de las acciones que se producen en el proyecto estudiado.

Sin embargo, para minimizar en todo lo posible los impactos negativos y en línea con la actitud protectora, que sobre el medio ambiente debe tener cualquier actuación de este tipo, se acometerá la implantación del Programa de Acciones Protectoras, Correctoras y Compensatorias descrito a continuación.

Con la correcta aplicación de este programa, el impacto final de la modificación y explotación de la instalación sobre el medio ambiente, ha de considerarse con la catalogación final: impacto positivo.

14.3. DOCUMENTO DE SÍNTESIS.

- **Conclusiones relativas a la viabilidad de las actuaciones propuestas.**

Desde un punto de vista ambiental se manifiesta una clara viabilidad de las actuaciones propuestas, tanto en las fases de modificación de las instalaciones, como en la explotación de las mismas.

En primer lugar el proyecto viene a mejorar de forma cualitativa la eficacia técnico-ambiental de las instalaciones y en segundo lugar, las soluciones técnicas

adoptadas no son agresivas con el medio ambiente, y son avanzadas desde un punto de vista tecnológico.

Por todo lo cual debemos concluir en este apartado que las soluciones propuestas en el presente proyecto no ofrecen dudas sobre su viabilidad técnica y ambiental y suponen una mejora importante en la dotación de infraestructuras para la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Jerez de la Frontera.

- **Elección de las distintas alternativas.**

Durante el proceso general de elaboración de los distintos estudios que componen el presente Proyecto para las distintas modificaciones del Pretratamiento, se han perfilado diferentes fases de análisis donde se estudiaron con todo detalle las diferentes alternativas y soluciones posibles.

En este sentido la síntesis que exponemos está basada en el extenso y riguroso análisis de gabinete y mercado sobre las tecnologías disponibles actualmente y de su incidencia ambiental durante la aplicación de las mismas en el proceso de explotación.

La elección de las soluciones técnicas y de los sistemas de gestión ha estado basada en la consecución de la mínima o nula incidencia sobre el medio ambiente. Este último aspecto queda garantizado por el Programa de Seguimiento y Control y por la firme actitud proambiental de los responsables de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera.

- **Propuesta de medidas correctoras.**

En este apartado exponemos las medidas protectoras, correctoras y compensatorias detalladas en este Informe Ambiental. Este resumen elude en lo posible los tecnicismos y pretende ofrecer una perspectiva general de las acciones y mediadas a tomar para preservar el medio ambiente en todas las fases del proyecto.

- **Inventario de medidas.**

1. Integración ambiental y paisajística del conjunto.

En nuestro caso se trata de integrar ambientalmente el conjunto de modificaciones que se deben llevar a cabo en el transcurso de los trabajos de ejecución del presente Proyecto, respetando el modelo seguido en el resto de la instalación.

2. Pistas y viales interiores.

Durante la explotación de las instalaciones se deberán tomar medidas para reducir al mínimo o eliminar las molestias y riesgos procedentes de la emisión de polvo y materiales transportados por el viento, ya sea mediante el asfaltado o por otros métodos de tratamiento antipolvo.

3. Asignación de responsabilidades ambientales durante las obras.

Durante todo el tiempo que duren los trabajos, se designaran personas responsables ante la Dirección de obra, en materia de:

- Orden y limpieza de las zonas afectadas por la obra.

- Delimitación de áreas para la ubicación de: restos de obra, materiales metálicos, envases y envoltorios plásticos, restos de maderas papeles y cartón, etc., hasta su destino final o revalorización.
- Almacenamiento, apilamiento etc., de materiales, componentes y equipos auxiliares para la obra.
- Eliminación de potenciales vertidos accidentales procedentes de la maquinaria, utensilios, etc.

En última instancia será la propietaria de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera, la que debe velar por la consecución del objetivo propuesto.

4. Programa de ejecución de las obras.

Antes de dar comienzo las obras proyectadas, la empresa o empresas responsables de su ejecución, deberán presentar por escrito a la propiedad, un plan detallado en el que figuren todos los aspectos e hitos más relevantes que van a producirse durante el desarrollo de las obras hasta su entrega.

5. Aseguramiento de la calidad.

La calidad con que se ejecuten las obras, se instalen y pongan a punto los equipos y maquinaria, influirá de forma directa sobre la eficacia de las instalaciones para el tratamiento de residuos, con la consiguiente repercusión sobre el medio ambiente.

En este sentido desde un punto de vista ambiental, resulta fundamental el aseguramiento de la calidad en todo el proceso de construcción y puesta a punto de las instalaciones, para lo cual, la propiedad deberá asegurarse de la calidad de todos los aspectos concernientes a los materiales y a los equipos:

6. Gestión de los residuos generados durante la obra e instalación de los equipos.

Todos los residuos generados durante las obras deberán ser trasladados a una instalación autorizada, para su tratamiento, revalorización o destino final.

7. Manuales de operación y funcionamiento.

Con objeto de conocer con detalle la operativa de funcionamiento de los equipos e instalaciones nuevas y poder obtener de ellos el mejor rendimiento técnico y los mejores resultados ambientales posibles, la propiedad, deberá recibir de los proveedores de dichos equipos, los manuales de operaciones correspondientes. El contenido de dichos manuales deberá ser conocido y asimilado por las personas que asistan operativamente a dichos equipos.

8. Requerimientos energéticos y producción de emisiones.

Todos los equipos relacionados en el proyecto técnico que sean incorporados a las instalaciones, deberán poseer una ficha completa de características técnicas facilitada por el proveedor.

9. Condiciones de operatividad.

Aparte de las recomendaciones y datos que puedan facilitar los proveedores, sobre las condiciones óptimas de funcionamiento de cada equipo, resultaría provechoso para la propiedad, la obtención de una estadística sobre el rendimiento

general de la planta de proceso para obtener en todo momento el mejor rendimiento técnico y ambiental.

10. Registro informatizado de condiciones de operatividad.

Como complemento del punto anterior, se propone la instalación de un sistema informático de registro de todos aquellos datos relacionados con el proceso, para un mayor control y mejora del rendimiento. Dicho registro deberá estar protegido contra fallos o eventualidades técnicas.

11. Formación ambiental.

Las personas que habitualmente se encuentren realizando trabajos relacionados con el proyecto técnico, deberán poseer un mínimo de formación y conocimientos ambientales, especialmente sobre el proceso, características físico químicas y efectos sobre el medio ambiente, de las distintas actividades que realicen en el desarrollo de su trabajo.

Para ello será necesario desarrollar un plan de formación ambiental destinado a los trabajadores y técnicos de la propiedad, que aconsejamos debería ser diseñado e implantado en un plazo no superior a un año desde la entrega de las nuevas instalaciones.

12. Control de accesos.

El acceso a las nuevas instalaciones sólo se podrá realizar con la autorización por parte de la propiedad, respetando todas aquellas normas que ésta considere oportunas.

13. Laboratorio.

El laboratorio es un instrumento básico e imprescindible para una eficaz explotación de las nuevas instalaciones. En él se controlará la calidad de la materia prima empleada, la eficacia de los distintos procesos y todas aquellas determinaciones necesarias para poder realizar un control ambiental adecuado para las instalaciones. Por ello es importante la implantación estructurada de un sistema de calidad, si se carece de él.

14. Zonas de servidumbre y régimen de circulación interior.

En el interior de las instalaciones, deberán quedar perfectamente delimitadas las distintas zonas en función de sus diferentes usos y establecido el régimen de circulación interior.

El resultado de esta estructuración en planta del espacio disponible, deberá ser la consecución de unas instalaciones donde el orden y la limpieza sean la primera garantía de una buena gestión ambiental.

15. Zona de Tratamiento.

Se realizarán medidas periódicas de todos aquellos parámetros de control que se consideren oportunos, así como se procederá a una revisión exhaustiva de todos los equipos intervinientes en el proceso

El suelo de la planta deberá estar impermeabilizado y con buen acceso a todos los lugares, para facilitar la recogida y limpieza de posibles derrames incidentales.

La planta deberá contar con un sistema de protección contra incendios homologado.

16. Red de drenaje y esorrentía.

Es necesario mantener en optimas condiciones de operatividad los canales principales de desagüe. Estos últimos deberán tener su lecho limpio de obstáculos en todo momento sobre todo en época de lluvias.

17. Plan de comunicación.

La razón de incluir en el programa un sistema de información responde a diferentes finalidades:

En primer lugar, se propone la elaboración de un sistema de información pública que permita informar a las personas y entidades con inquietudes ambientales sobre la gestión que se lleva a cabo en las instalaciones después de las pertinentes modificaciones.

En segundo lugar, informar e involucrar a todas aquellas entidades o personas de las actividades que se realizan en las instalaciones relacionadas con el medioambiente

18. Sistema de comunicación y formación ambiental para los trabajadores.

El objetivo fundamental de incorporar un programa de formación, se debe a la necesidad de que los operarios y técnicos responsables de la gestión que se desarrolle en las instalaciones de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera, tengan los conocimientos y experiencia necesaria para que en el ejercicio de su actividad y lleven a cabo las prácticas y actuaciones adecuadas que eviten afecciones negativas para el medio ambiente y para la salud de las personas.

- **Programa de control y seguimiento.**

Para un correcto seguimiento y control del cumplimiento de todas las medidas propuestas en el apartado anterior, así como de todos los posibles impactos o correcciones ambientales futuras, se redacta el siguiente Programa de Control y Seguimiento.

Programa de control y seguimiento.

La intención es que el programa se pueda ejecutar sin necesidad de utilizar medios extraordinarios, complejas metodologías o dotaciones económicas específicas. Se entiende que la aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental es más una cuestión organizativa y de actitud, donde el sentido de la responsabilidad ambiental juega un papel fundamental

En muchos casos bastará con un simple recorrido visual por la zona afectada, para que una persona con sensibilidad ambiental, pueda percatarse del grado de cumplimiento de este programa.

1. Fase de construcción.

Durante la fase de construcción resulta fundamental para la adecuada ejecución de este Programa de Control y Seguimiento, la figura del Director de Obra. Éste será el responsable de llevar a cabo las prescripciones del Programa y deberá impartir las instrucciones necesarias que hagan posible su ejecución.

Deberá prestar especial atención a los siguientes puntos de control:

- Examinar los materiales.
- Asegurarse, que los posibles derrames de aceites o combustibles procedentes de la maquinaria que se esté empleando en la obra, sean eliminados en el instante de producirse.
- Una vez terminadas las obras, no deben abandonarse los restos de materiales, áridos, tablonos, utensilios inservibles, etc.

2. Fase de operaciones.

Este Programa de Control y Seguimiento en la fase de operaciones, se estructurará a través de diferentes áreas de vigilancia ambiental, con objeto de definir de la forma más ordenada posible, las diferentes responsabilidades ambientales y las acciones a tomar para la consecución de los objetivos propuestos.

Para la consecución de dichos objetivos relacionados la Memoria Descriptiva y en este Programa, la dirección de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera, deberá designar según su criterio entre las personas de su organización, a diferentes responsables de área, con objeto de facilitar el cumplimiento del programa y la determinación de responsabilidades dentro de la organización.

Las áreas de vigilancia ambiental a implantar para la ejecución del Plan de Vigilancia son las siguientes:

- Control de entradas.
- Laboratorio.
- Zona Predesbaste.

- Zona Desbaste.
- Zona Desarenado-Desengrasado.
- Control de aguas.
- Control de gases.

15. NORMATIVA.

Para la elaboración de este proyecto se ha utilizado principalmente las siguientes normativas cumpliendo la legislación vigente:

Leyes:

- Ley 7/1994, de Protección Ambiental de la Comunidad Autónoma Andaluza.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. nº 269, 10 de noviembre de 1995).
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera (B.O.E. nº 275, 16 de noviembre de 2007).

Decretos:

- R.D. 1995/1978, de 12 de mayo, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la seguridad social.
- R.D. 1495/1986, que aprueba el reglamento de seguridad en máquinas.
- R.D. 1316/1989, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido.

- R.D. 1942/1993, de 25 de Noviembre, por el que se aprueba el reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios (B.O.E. nº 298, 14 de diciembre de 1993).
- R.D. 153/1996 de la Junta de Andalucía por el que se aprueba el reglamento del Informe Ambiental.
- R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (B.O.E. nº 27, 31 de octubre de 1997).
- R.D. 485/1997, que establece las disposiciones mínimas en materias de señalización de seguridad y salud.
- R.D. 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (B.O.E. nº 97, 23 de abril de 1997).
- R.D. 487/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.
- R.D. 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (B.O.E. nº 124, 24 de mayo de 1997).
- R.D. 773/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- R.D. 1215/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo.

- R.D. 1124/2000, de 16 de Junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1992, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo (B.O.E. núm. 145 de 17 de Junio de 2000).
- R.D. 379/2001, por el que se aprueba el reglamento sobre almacenamiento de productos químicos.
- R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (B.O.E. nº 148, 21 de mayo de 2001).
- R.D. 1/2001, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- R.D. 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 (B.O.E. nº 104, 1 de mayo de 2001).
- R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (B.O.E. nº 303, 17 de Diciembre de 2004).
- R.D. 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (B.O.E nº 60, 11 de febrero de 2006).

Instrucciones Técnicas:

- ITC-MIE-APQ 001, sobre almacenamiento de productos inflamables en los lugares de trabajo.
- ITC-MIE-APQ 005, sobre almacenamiento de productos químicos.
- ITC-MIE, de baja tensión.
- Normas U.N.E. relativas a protectores auditivos.
- Notas Técnicas de Prevención del I.N.S.H.
- Normas Internacionales.
- Normas ANSI (American National Standards Institute) para tuberías y accesorios.
- Normas del Ministerio de Trabajo sobre Seguridad e Higiene (B.O.E., 12 y 16 de marzo de 1974).
- Normas ISO (Organización Internacional de Normalización) que pueden afectar a los materiales, equipos y unidades de obra incluidos en el Proyecto.

BIBLIOGRAFÍA.

➤ Libros.

- Hernández Muñoz, Aurelio., Hernández Lehmann, Aurelio., y Galán Martínez, Pedro., 1995. *Manual de depuración Uralita: sistemas de depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes*. Madrid: Paraninfo.

- Ayora Carles., 2008. *Aguas continentales: [gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua]*. Madrid: informes CSIC.

- Degremont., 1992. *Manual técnico del agua*. 4ª ed. Bilbao: Sociedad Degremont.

- Metcalf & Eddy., 2003. *Wastewater engineering : treatment and reuse*. 4ª ed. Boston: McGraw-Hill.

- Ronzano, Eduardo., y Dapena , José Luis., 2002. *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. Madrid: Reimp.

- Water Environment Federation (WEF), 2010. *Biofilms reactors*. McGraw-Hill.

- Barragán Muñoz, Juan Manuel., 1993. *Aguas de Jerez : Evolución del abastecimiento urbano*.

- Arboleda Valencia, Jorge., 2000. *Teoría y práctica de la purificación del agua*. 3ª ed. Colombia: McGraw-Hill.
- Henze, Mogens., 2008. *Biological wastewater treatment : principles, modelling and design*. London: International Water Association.
- Metcalf & Eddy., 1998. *Ingeniería de aguas residuales. Redes de alcantarillados y bombeo*. 2ª ed. Madrid: McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy., 1995. *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3ª ed. Madrid: McGraw-Hill.
- Aznar Carrasco, Andrés., 1997. *Técnica de aguas: Problemática y tratamiento*. 2ª ed. Madrid: Alción.
- Ramalho, R.S., 1996. *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté, D.L.
- Segura Cobo, José Carlos., 2009. *Maquinaria para tratamiento y depuración de aguas: fundamentos y aplicaciones*. Madrid: Bellisco Ediciones.
- Hernández Muñoz, Aurelio., 2001. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. 5ª ed. Madrid: Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos.

➤ **Direcciones Web.**

- PRO-ECO Ambiente. Tecnología Natural. Solución Inteligente. *Modelo BFK* [Internet]. Disponible en: <http://www.proecoambiente.es/es/productos/bfk> [consultado el 6 de Julio de 2011].

- RosRoca. *Limpieza de aire: lavador y biofiltro* [Internet]. Disponible en: http://www.rosroca.com/es/limpieza_aire [consultado el 6 de Julio de 2011].

- Revanhmoiseev, S., y Ortiz Lopez, I. Estructplan on line. *Efluentes Gaseosos – Tratamiento* [Internet]. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IDEntrega=2707> [consultado el 6 de Junio de 2011].

- Walter Bill. *Bill Biofiltre SA.* [Internet]. Disponible en: <http://www.biofilter.ch/fr/angebot1.htm> [consultado el 6 de Julio de 2011].

- ERG. *Air Pollution Control* [Internet]. Disponible en: <http://www.ergapc.co.uk/biofilters.htm> [consultado el 7 de Julio de 2011].

- Tholander. Environmental Engineering. *Clean Air* [Internet]. Disponible en: <http://www.tholander.com/esp/kontakt.htm> [consultado el 8 de Julio de 2011].

- Likusta. *Environmental solutions* [Internet]. Disponible en: <http://www.likusta.com/kontakt.html> [consultado el 8 de Julio de 2011].

- Colasit AG. *Abluft in bewegung* [Internet]. Disponible en: <http://www.colasit.ch/ventilatoren> [consultado el 8 de Julio de 2011].

- CTS. *Aluminium dome roofs for storage tanks* [Internet]. Disponible en: <http://www.cargotransfer.net/pages/products/adr01e.php> [consultado el 8 de Julio de 2011].

- Casals. *Casals Ventilación S.L.* [Internet]. Disponible en: <http://www.casals.tv/cataleg.aspx> [consultado el 20 de Julio de 2011].

- Soler & Palau. *Soluciones innovadoras* [Internet]. Disponible en: <http://www.solerpalau.es/category.jsp> [consultado el 20 de Julio de 2011].

- Naisa. Protección Laboral. *Ropa de trabajo* [Internet]. Disponible en: <http://www.naisa.es/shop/es/1-home> [consultado el 24 de Agosto de 2011].



DOCUMENTO N°1:
ANEXOS A LA MEMORIA

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

ANEXO 1: Descripción EDAR “Guadalete”	5
1.1. Depuración de aguas residuales	7
1.2. Caracterización del efluente al sistema	11
ANEXO 2: Cálculo de caudales	20
ANEXO 3: Diseño del biofiltro	23
3.1. Consideraciones previas	23
3.2. Dimensionamiento del biofiltro	24
3.3. Dimensionamiento de la torre de humidificación	31
ANEXO 4: Sistema de extracción de olores	40
ANEXO 5: Diseño de sistema de tuberías	70
5.1. Diseño de tuberías	72
ANEXO 6: Sistemas de impulsión	80
6.1. Cálculo y selección de bombas	80
6.1. 1. Elección de un tipo de bombas	80
6.1. 2. Parámetros característicos	81
6.1. 3. Carga efectiva y potencia de la bomba	82
6.1. 4. Altura neta de succión positiva disponible	84
6.1. 5. Selección de la bomba	87
6.2. Cálculo y selección de la soplante	88
ANEXO 7: Diseño y cálculo de techos	92
ANEXO 8: Tablas y gráficas	104

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Esquema de proceso E.D.A.R. “Guadalete”	19
Figura 2: Esquema del flujo de fluidos en la torre de humidificación	31
Figura 3: Gráfica de selección de bombas	81
Figura 4: Rango de las distintas soplantes	89
Figura 5: Punto de la operación del modelo CHVN 800	90
Figura 6: Dimensiones de la soplante del modelo CHVN 800	91
Figura A. 1: Gráfica de Moody	104
Figura A. 2: Diagrama de la escalerilla	109
Figura A. 3: Escalera fija	110
Figura A. 4: Gráfica para la determinación de la rugosidad relativa de materiales	115
Figura A. 5: Propiedades de los materiales	116
Figura A. 6: Resistencia química de los metales (I)	117
Figura A. 7: Resistencia química de los metales (II)	118
Figura A. 8: Resistencia química de los metales (III)	119
Figura A. 9: Tabla psicrométrica	120

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla I: Caudales en el pretratamiento.....	22
Tabla II: Umbral de toxicidad en el pretratamiento.....	23
Tabla III: Dimensiones del biofiltro.....	25
Tabla IV: Dimensiones y características del biofiltro.....	27
Tabla V: Parámetros del biofiltro.....	28
Tabla VI: Flujo de agua a la entrada y salida del biofiltro.....	30
Tabla VII: Corriente de agua.....	35
Tabla VIII: Dimensiones de la envolvente de la torre de humidificación.....	37
Tabla IX: Dimensiones del techo de la torre de humidificación.....	38
Tabla X: Resumen de las dimensiones de la torre de humidificación.....	39
Tabla XI: Pérdidas de conducciones en el pretratamiento.....	69
Tabla XII: Líneas de conducciones.....	71
Tabla XIII: Velocidades de cada línea.....	75
Tabla XIV: Diámetro de perforación.....	76
Tabla XV: Pérdidas de cargas.....	78
Tabla XVI: Accesorios.....	79
Tabla XVII: Resultados de la carga efectiva y potencia de la bomba.....	84
Tabla XVIII: Resultados de NPSH _d	86
Tabla XIX: Características de la soplante seleccionada.....	91
Tabla XX: Dimensiones de los espesadores y almacenamiento de fangos	92

Tabla XXI: Vida de los equipos.....	94
Tabla XXII: Resultados del cono de los espesadores.....	96
Tabla XXIII: Resultados del cono del almacenamiento de fangos.....	101
Tabla A. I: Características normalizadas de los tubos (I).....	105
Tabla A. II: Características normalizadas de los tubos (II).....	106
Tabla A. III: Características normalizadas de los tubos (III).....	107
Tabla A. IV: Características normalizadas de los tubos (IV).....	108
Tabla A. V: Tipos de juntas soldadas.....	111
Tabla A. VI: Velocidades típicas de circulación de gases.....	112
Tabla A. VII: Longitud equivalente de accesorios.....	113

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN E.D.A.R. “GUADALETE”.

La EDAR de Jerez de la Frontera consta de una serie de etapas situada en la zona sur de la ciudad, en la confluencia del río Guadalete, quien le da nombre a la propia EDAR.

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

En la EDAR de Jerez se tratan todas las aguas residuales que se generan en la ciudad de Jerez y núcleos de población próximos, tal y como Guadalcazín, Estella, Garciagos, Los Albarizones, La Corta y El Portal. Así mismo, también se tratan todos los lodos que tanto en ella se generan, como en las restantes instalaciones públicas de depuración que dispone el término municipal.

Los valores medios de contaminación que se han considerado para el dimensionamiento de la EDAR, junto con las características previstas del agua de salida, son los siguientes:

DATOS GENERALES DE DISEÑO DE LA EDAR GUADALETE:

CARGAS CONTAMINANTES MEDIAS

- DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días, denominándose así a la cantidad, en masa por volumen (mg/l), de oxígeno disuelto consumida a los 5 días en la oxidación bioquímica de la materia orgánica y/o inorgánica contenida en el agua residual, a 20° C de temperatura): 400(mg/l).
- SST (los Sólidos en Suspensión Totales son todas aquellas sustancias que no están en disolución en el agua residual y son separadas de la misma por procesos normalizados de filtración o centrifugación): 250(mg/l).

CARACTERISTICAS DEL AGUA TRATADA

- DBO₅ (mg/l menor de 40.
- SST (mg/l) menor de 40.
- Grasas (mg/l menor de 20.
- Escherichia Coli (es el tipo de bacteria coliforme de hábitat fecal exclusivo; y posee una resistencia a los agentes antisépticos, principalmente al cloro, parecida a la de las bacterias patógenas, siendo menos dificultosa su determinación): menor de 1.000 en 100 ml.

La carga contaminante estimada para su diseño en la época normal, en términos de **DBO5**, equivalente a la producida por una población de 691.200 habitantes (siguiendo el criterio de la UE por el que un habitante equivalente produce 60 gr de DBO5 al día) originada por actividades domésticas.

1.1. DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

Una E.D.A.R. urbana es una Estación Depuradora de Aguas Residuales, que recoge el agua residual de una población y, después de una serie de tratamientos y procesos, la devuelve a un cauce receptor (río, embalse, mar...).

Las EDARs deben ser diseñadas, construidas y operadas, con el objeto de convertir los residuos líquidos procedentes del uso de las aguas de abastecimiento en un efluente final aceptable.

Para ello, se deben conocer, por una parte, las características del agua residual bruta que se va a tratar, y por otra, se han de establecer los caracteres físico-químicos y microbiológicos que debe tener el efluente ya tratado, para poder ser vertido o reutilizado sin causar riesgos sanitarios y ecológicos.

El tratamiento de un agua residual municipal, consiste en una combinación de operaciones unitarias físicas, químicas y procesos biológicos unitarios, destinados a eliminar el residuo sólido, la materia orgánica, los microorganismos patógenos y a veces, los elementos nutritivos contenidos en el agua residual. Los diferentes grados de tratamientos, en orden creciente de nivel de tratamiento, son:

- **PRETRATAMIENTO.** El pretratamiento o tratamiento físico se utiliza fundamentalmente para acondicionar el agua a fin de poder aplicar después algún método de tratamiento para disminuir o eliminar la contaminación orgánica o inorgánica. De igual modo, se emplea con el propósito de retirar toda aquella materia o cuerpo, que arrastrado por el agua residual bruta pueda afectar negativamente tanto a las partes móviles de los distintos equipos de la EDAR, como a los procesos posteriores de tratamiento.

- Los métodos más comunes de pretratamiento son: cribado, sedimentación y separación de grasas y aceites (flotación).

- El agua bruta pasa en primer lugar a una fosa de gruesos, tanque en cuyo fondo se depositan objetos muy pesados tales como piedras, animales muertos, restos de enseres, etc. y también arenas de cierto tamaño. Dichos objetos son extraídos regularmente por una cuchara bivalva, siendo su destino final un vertedero de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

- El cribado o desbaste es el más sencillo de los procesos. Puede consistir básicamente en la instalación de rejillas separadas media pulgada entre sí o bien ser cribas de tipo automático con retiro de sólidos mecánicos. Su función principal es eliminar los sólidos gruesos presentes en el agua (plásticos, basura, palos, hojas, etc.).

- Los materiales separados en el foso de gruesos, rejas de desbaste y tamices reciben el nombre de basuras. Se producen aproximadamente 4 -7 m³/día de basuras por cada 500.000 habitantes.

- Las aguas residuales urbanas contienen arena, grasas y aceites. La arena es muy perjudicial, pues ocasiona el desgaste prematuro de distintos dispositivos mecánicos, fundamentalmente de las bombas. Además, se acumula en distintos elementos de la depuradora, tales como decantadores y digestores, de forma que el volumen útil de éstos disminuye paulatinamente, a la par que su rendimiento. Deben ser, por lo tanto, eliminadas.

- Las grasas y los aceites ocasionan problemas mecánicos en distintos elementos, principalmente intercambiadores de calor y conducciones. Son escasamente biodegradables durante el proceso de depuración y, además, dificultan la transferencia de oxígeno al agua, perjudicando la acción de los microorganismos depuradores que necesitan oxígeno (llamados "aerobios").

- Las partículas de arena se eliminan aprovechando su capacidad para sedimentar, dado su peso. Por el contrario, las grasas se eliminan aprovechando su

capacidad de flotación. En las grandes depuradoras, el desarenado y el desengrasado se llevan a cabo en el mismo tanque, que recibe el nombre de desarenador-desengrasador. Para optimizar el desengrasado, se inyectan burbujas de aire en el fondo del tanque. Las burbujas, en su ascenso, atrapan partículas de grasa de tamaño igual o superior al de ellas. La acción del aire contribuye también a obtener arena más limpia. Las grasas se separan por la parte superior y se llevan a un contenedor específico. Las arenas se extraen del fondo con bombas especiales de inyección de aire y posteriormente se concentran en un clasificador. La arena limpia es recogida regularmente por empresas constructoras. Por cada 500.00 habitantes se producen diariamente de 2 a 3 m³ de arena limpia y 0,3 a 1,0 m³ de grasas. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión, lo que ayuda a que los procesos secundarios sean más eficientes y económicos.

- **TRATAMIENTO PRIMARIO.** Tras los procesos anteriores el agua contiene aún contaminación disuelta y contaminación en suspensión, no disuelta. Las partículas en suspensión más pequeñas no tiene capacidad de sedimentación por gravedad, mientras que las más grandes, sí. La materia en suspensión sedimentable se elimina en los decantadores primarios, tanques rectangulares o circulares en los que el agua está el tiempo suficiente para que se produzca la sedimentación. La materia sedimentada recibe el nombre de lodos o fangos primarios. Estos materiales se extraen del fondo del decantador y se envían a un concentrador específico denominado “espesador”, previo tamizado. En el espesador se obtienen lodos primarios concentrados (cuyo destino se verá posteriormente) y un agua “clarificada”, aún muy contaminada que se devuelve a cabecera de planta para ser tratada nuevamente.

- Puesto que gran parte de la DBO y DQO se presentan en forma de flóculos, al retirarse con tan sólo una decantación, disminuyen los valores de demanda de oxígeno (DBO y DQO).

- **TRATAMIENTO SECUNDARIO.** Está inspirado en el proceso natural de autodepuración, alterando determinadas condiciones para aumentar el rendimiento: se facilita el desarrollo de microorganismos capaces de asimilar la materia orgánica biodegradable, y por ello se conoce también como tratamiento biológico.

- En el mecanismo de asimilación biológica intervienen procesos de distinta naturaleza, tales como la asimilación metabólica o la captación de sustancias suspendidas y coloidales presentes, reduciéndose de esta forma la DBO y DQO.

- La degradación se produce por una serie de reacciones bioquímicas, en las cuales la biomasa descompone los compuestos complejos presentes en el agua residual, produciéndose otros más sencillos que, a su vez, serán transformados y asimilados por otros microorganismos.

- Las reacciones son de oxidación (respiración) y biosíntesis (crecimiento), y ambos procesos eliminan materia orgánica del agua: la oxidación da lugar a productos finales mineralizados que van en solución en el efluente; la biosíntesis convierte la materia orgánica, que suele estar en forma soluble o en suspensión, en biomasa particulada que puede eliminarse, posteriormente, como fangos activados.

- **TRATAMIENTO TERCIARIO.** Los tratamientos terciarios constituyen el conjunto de operaciones destinadas a dar la calidad final que se busca al efluente. Suelen ser empleados cuando se lleva a cabo un proceso de reutilización o cuando es necesario eliminar algún contaminante en especial y después de un tratamiento secundario, para obtener así una calidad superior en el efluente. La finalidad del tratamiento terciario, implícito en la reutilización del agua residual, es asegurar la calidad del agua regenerada para una determinada aplicación al reutilizarla.

Con la depuración de las aguas residuales se trata de minimizar el impacto de los vertidos.

1.2. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE AL SISTEMA.

La EDAR Guadalete de Jerez es una depuradora de tipo convencional, de fangos activados y con digestión anaerobia de lodos. La planta tiene la capacidad de tratar un caudal medio diario de 103.680 m³.

En el proceso de depuración del agua se pueden distinguir tres líneas de proceso: línea de agua, línea de fangos y línea de gas.

- ***LINEA DE AGUA:***

- **Pretratamiento.**

Consta de los siguientes elementos:

Pozo de gruesos y aliviadero general.

El pozo de gruesos recibe por gravedad, el caudal de todas las aguas residuales y pluviales a través de dos colectores: colector Este y colector Oeste.

La retirada de gruesos ocurre mediante una cuchara bivalva con desplazamiento lateral, para su posterior transporte a vertedero.

Elevación.

Tras la retirada de gruesos, las aguas residuales se elevan desde el pozo hasta una cota de 8,11 metros como valor medio, permitiendo que fluyan por gravedad a través de toda la línea piezométrica de la instalación. La elevación se efectúa mediante cuatro tornillos elevadores, basando su funcionamiento en el tornillo de Arquímedes.

El proceso prosigue con los siguientes tratamientos:

Desbaste.

Existen tres líneas de desbaste constituidas, cada una, por rejas y tamices, que se ubican en un edificio provisto de equipos de desodorización, con las siguientes características:

- ⇒ Tres rejas (una por canal): 25 mm.
- ⇒ Tres rejas (una por canal): 10 mm.
- ⇒ Dos tamices (ubicados en dos de los canales): 4 mm.

El canal que no presenta tamizado de 10 mm se emplea sólo en los casos en los que el caudal de entrada de agua es muy alto.

Desarenado-desengrasado.

Se lleva a cabo en tres canales de forma tronco piramidal invertida, de flujo horizontal, constituidos por un ensanchamiento en la sección del canal de pretratamiento, de forma que se reduce la velocidad ascensional. El aire añadido para la desenmulsión (5 eyectores por canal) ayuda a impedir la sedimentación de partículas de fango, poco densas, y a lavar las arenas que se depositan en el fondo más limpias.

▪ **Tratamiento físico-químico.**

El agua procedente del desarenado-desengrasado puede conducirse directamente a los decantadores primarios o desviarse a las instalaciones donde tiene lugar el tratamiento físico-químico mediante un proceso de coagulación-floculación. Está formado por un sistema de mezcla, cuyo volumen efectivo es de 144 m³ y otro de floculación de 1.120 m³ de volumen de mezcla.

Tratamiento primario.

Existen cuatro decantadores primarios de forma circular y 34 m de diámetro, con puente radial dotado de barrederas de fondo. El volumen unitario es de 2.270 m³.

El flujo hidráulico es vertical, de tal manera que el agua fluye uniformemente desde la parte inferior del decantador, mediante una corona circular o campana tranquilizadora. La salida del agua decantada se realiza a través de unos vertederos perimetrales, tipo dentado, para atenuar las variaciones en el nivel del decantador para los diferentes caudales.

El barrido de los fangos decantados se realiza mediante un sistema de rasquetas de barrido de fondo, que cuelgan del puente giratorio de tracción

periférica. Los fangos son conducidos por una tubería de fondo hasta una arqueta de recepción, de donde se bombea a los espesadores. También se dispone de un canal de recogida de flotantes solidario con el puente radial, que permite su evacuación hacia el tratamiento de lodos mediante bomba sumergible.

▪ **Tratamiento secundario o biológico.**

El tratamiento biológico del agua residual se efectúa mediante el proceso denominado de lodos activados. La primera fase del proceso consiste en hacer pasar el agua a través de los reactores biológicos, existen cuatro unidades, equipados con un total de 32 turbinas de doble velocidad para la aireación de las cubas. Con la agitación se consigue que la masa de flóculos no caiga al fondo y que los microorganismos y la materia orgánica se homogeneíen.

Los tanques son de planta rectangular, con un volumen total de 33.327 m³, subdivididos en varias zonas rectangulares en cuyo centro se sitúan los aireadores-turbina. Estos aireadores mecánicos consisten en rotores sumergidos parcialmente que agitan enérgicamente el agua residual, introduciendo aire y motivando un contacto rápido de la interfase aire-agua que facilita la disolución del aire.

Decantación secundaria.

El proceso biológico de lodos activados se completa con cuatro decantadores secundarios, con puente de succión de 42 m de diámetro y un volumen total de 18.248 m³.

Los fangos sedimentados se extraen del decantador y se pasan a una arqueta central para su distribución: una parte es recirculada al sistema de fangos activados y el resto es bombeado hasta las unidades de flotación para su concentración.

▪ **Tratamiento terciario.**

El agua residual procedente del tratamiento secundario necesita de un tratamiento de desinfección para poder ser reutilizada. El sistema de desinfección se compone de un canal abierto de hormigón armado, trabajando por gravedad, con un caudal de diseño de 1.000 m³/h. En el canal se instala un banco de lámparas UV, compuesto de 9 módulos de 8 lámparas UV cada módulo.

El contenido en sólidos en suspensión del agua procedente del tratamiento secundario hace necesario un tratamiento de filtración previo al de desinfección. Ésta se lleva a cabo en cuatro filtros de lecho mixto de arena y antracita que operan en paralelo de forma continua.

No obstante, el equipo de filtración seleccionado requiere un tratamiento previo de coagulación-floculación y sedimentación. Esto se consigue añadiendo al agua procedente del tratamiento secundario un agente coagulante que se homogeneiza en dos cámaras de mezcla rápida. La floculación se realiza mediante dos floculadores mecánicos rotatorios. La sedimentación se realiza en dos sedimentadores de planta rectangular.

• *LINEA DE FANGOS:*

En la línea de fangos se llevan a cabo las siguientes operaciones:

Concentración de fangos.

El tratamiento de concentración de fangos distingue entre los fangos procedentes del tratamiento primario, que pasan a espesadores por gravedad

provistos de tratamiento de olores, y los procedentes del tratamiento biológico, cuya concentración se realiza mediante espesadores por flotación.

Digestión de fangos.

La digestión primaria de fangos se realiza en cuatro digestores anaerobios conocilíndricos truncados de 19 m de diámetro y 25 m de altura, en los que se producen fenómenos de degradación anaerobia mesofílica de la materia orgánica.

Su homogeneización se favorece mediante la inyección a presión de biogás, producido en el proceso, en el fondo de los digestores. El volumen total de la digestión es de 22.000 m³. El tiempo de digestión es mayor a 25 días.

Las necesidades calóricas del sistema mesófilo (funcionamiento a 35-38 °C), se aportan mediante un circuito primario de calderas de agua caliente, que pueden utilizar como combustible el propio biogás generado en la digestión anaerobia o gas-oil.

El fango que se obtiene de la digestión primaria se envía a un sistema de almacenamiento, cuya función es regular los fangos que llegan al sistema de deshidratación, compuesto por dos depósitos cilíndricos de 17 m de diámetro y 10,8 m de altura, lo que permite un volumen total de 4.290 m³.

Deshidratación de fangos.

Desde los depósitos de regulación, los fangos son bombeados al edificio de deshidratación formado por 9 unidades de filtros bandas, de 2,5 m de ancho de banda, donde se deshidratan 39 Tm/día. Posteriormente, los fangos deshidratados

pasan a unos silos de almacenamiento, de donde son retirados en camiones a una estación de compostaje.

- ***LINEA DE GAS:***

La línea de gas está constituida por todos los elementos que conducen, almacenan o manipulan de alguna forma el biogás producido en los digestores:

Tanques de almacenamiento de gas o gasómetros.

Existen dos gasómetros que tienen la misión de regular la producción y consumo de gas a las necesidades de la planta. El volumen total que almacenan es de 1.000 m³. El diseño es del tipo campana flotante.

Compresores de agitación de los digestores primarios.

Se dispone de cinco unidades cuyo objetivo es homogeneizar el fango sometido a digestión mediante reinyección del propio biogás comprimido en el fondo del digestor.

Soplante y calderas.

Se dispone de tres calderas de agua caliente en circuito primario que normalmente utilizan como combustible el mismo biogás generado e impulsado por

una soplante que lo aspira de la red general de biogás. El consumo de biogás es aproximadamente el 60% del volumen generado.

Antorcha.

Teniendo en cuenta que se produce un exceso de gas, con relación las necesidades del sistema, el volumen excedente se quema en una antorcha dotada de válvula automática de regulación, que permite mantener la presión en la red general de biogás a la consigna deseada.

Elementos de regulación, control y seguridad.

Como corresponde a una instalación en la que se trabaja con gases combustibles y explosivos, se dispone de un gran número de elementos de control y seguridad, tales como: apaga-llamas, válvulas de doble efecto (rompedoras de vacío y sobrepresión), válvulas térmicas de corte, instalación antideflagrante y estanca, botes de purga y condensados, etc.

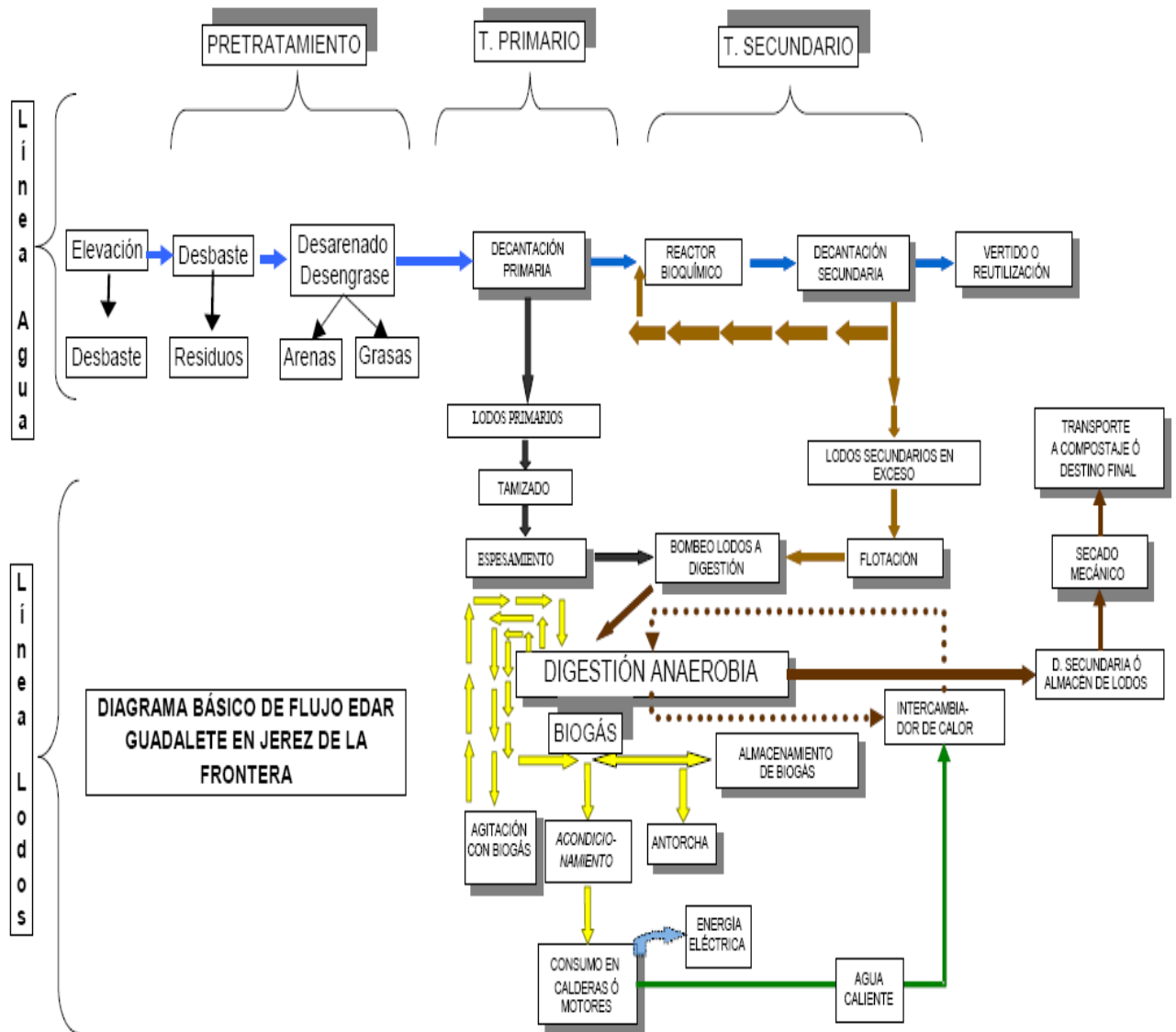


Figura 1: Esquema de proceso EDAR “Guadalete”.

ANEXO 2. CÁLCULO DE CAUDALES.

$$\text{Volumen} = \text{Superficie} \times \text{Renovaciones} \times \text{Altura}$$

CAUDAL MEDIO DE AIRE EDIFICIOS POR RENOVACIONES.

Pozo de Gruesos:

Superficie:	226,44 m ²	Altura:	5 m
Renovaciones:	2 r/h	Volumen:	2.264,40 m ³ /h

Desbaste:

Superficie:	372,34 m ²	Altura:	5,50 m
Renovaciones:	2 r/h	Volumen:	4.095,72 m ³ /h

Compartimiento desengrasador:

Superficie:	9 m ²	Altura:	3 m
Renovaciones:	2 r/h	Volumen:	54 m ³ /h

Tamizado:

Superficie:	51 m ²	Altura:	5,5 m
Renovaciones:	2 r/h	Volumen:	561 m ³ /h

Secado:

Superficie:	78 m ²	Altura:	5,5 m
Renovaciones:	2 r/h	Volumen:	858 m ³ /h

Caudal mínimo: 7.833 m³/h

CAUDAL MÁXIMO DE AIRE EDIFICIOS POR RENOVACIONES.

Pozo de Gruesos:

Superficie:	226,44 m ²	Altura:	5 m
Renovaciones:	10 r/h	Volumen:	11.322 m ³ /h

Desbaste:

Superficie:	372,34 m ²	Altura:	5,50 m
Renovaciones:	10 r/h	Volumen:	20.478,59 m ³ /h

Compartimiento desengrasador:

Superficie:	9 m ²	Altura:	3 m
Renovaciones:	10 r/h	Volumen:	270 m ³ /h

Tamizado:

Superficie:	51 m ²	Altura:	5,5 m
Renovaciones:	10 r/h	Volumen:	2.805 m ³ /h

Secado:

Superficie:	78 m ²	Altura:	5,5 m
Renovaciones:	10 r/h	Volumen:	4.290 m ³ /h

Caudal mínimo:	20.479 m³/h
Caudal mínimo necesario:	20.479 m³/h
Caudal adoptado:	20.000 m³/h

RESUMEN EN LA ZONA DEL PRETRATAMIENTO.

Tabla I:
Caudales en el pretratamiento.

	EDIFICIOS		ADOPTADO
	Medios	Máximos	
Pozo de Gruesos	2.264 m ³ /h	11.322 m ³ /h	12.000 m ³ /h
Desbaste y grasas	4.150 m ³ /h	20.749 m ³ /h	20.000 m ³ /h
Caudal adoptado			32.000 m ³ /h

ANEXO 3. DISEÑO DEL BIOFILTRO.

3.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.

Para el cálculo y diseño del biofiltro se necesitan unos parámetros referidos a los contaminantes a tratar. Estos parámetros serán los datos iniciales.

El umbral de toxicidad del aire es la siguiente:

Tabla II:

Umbral de toxicidad en el pretratamiento.

UMBRAL DE TOXICIDAD		
H ₂ S	14	mg/m ³
NH ₃	18	mg/m ³
CH ₃ SH	1	mg/m ³
CH ₃ NH ₂	18	mg/m ³

En este caso, los parámetros de partida son los siguientes:

- Concentración de compuestos volátiles (CV) a tratar: 51 mgCV/m³.
- Caudal a tratar: 32000 m³/h.
- Carga másica: 1632 g/h.

3.2. DIMENSIONAMIENTO DEL BIOFILTRO.

En principio, debemos calcular el volumen de relleno necesario. Para su determinación definimos como variable de diseño el tiempo en lecho vacío (EBRT, por sus siglas en inglés “Empty bed residence time”).

$$EBRT = \frac{V_{\text{relleno}}}{Q_g} \quad [A. 3.1.]$$

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 menos coste de inversión. Aplicamos un factor de seguridad del 50% para la elección del EBRT:

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

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

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

A partir del valor de EBRT y del caudal de la corriente de gas (32000m³/h), calculamos el volumen de relleno necesario:

$$V_{relleno} = EBRT \cdot Q_d \quad [A. 3.2.]$$

Dando un valor de 320m³ al sustituir los datos. A este valor le aplicamos un sobredimensionamiento del 20%, obteniendo un valor de volumen para el relleno de 384m³.

A partir del volumen calculado y fijando la altura del lecho, aproximadamente igual que en la experiencia, 1,5 m; podemos determinar las dimensiones del biofiltro.

$$V_{relleno} = H \times M \times N \quad [A. 3.3.]$$

Obteniendo los siguientes datos:

Tabla III:
 Dimensiones del biofiltro.

H(m)	M(m)	N(m)
1,5	13,3	19,25

Siendo: H la altura, M el largo y N el ancho del biofiltro.

El área disponible, junto con el volumen calculado del material de relleno, se usa para calcular la altura del lecho [A. 3.4.].

$$h_j = \frac{V_j}{A_j} \quad [A. 3.4.]$$

La superficie (A_{js}) del biofiltro se relaciona con la altura del lecho (h_j) y el volumen del lecho (V_{js}), mediante [A. 3.5.]:

$$A_{js} = \frac{V_{js}}{h_j}$$

[A. 3.5.]

Previamente al cálculo del rendimiento se necesita conocer otros parámetros como son la carga superficial del gas sobre el lecho (C_s), la carga volumétrica del gas sobre el lecho (C_v), la carga másica superficial sobre el lecho (C_{ms}) y la carga másica volumétrica sobre el lecho (C_{mv}). Para ello se adjuntan las ecuaciones siguientes:

$$C_s = \frac{Q}{A_{js}}$$

[A. 3.6.]

$$C_v = \frac{Q}{V_{js}}$$

[A. 3.7.]

$$C_{ms} = \frac{C_m}{A_{js}}$$

[A. 3.8.]

$$C_{mv} = \frac{C_m}{V_{js}} \quad [A. 3.9.]$$

Para determinar el rendimiento del biofiltro eliminando COVs se utiliza la ecuación 12 y la capacidad de eliminación se calcula con [A. 3.10.].

$$R = \frac{C_0 - C_s}{C_0} \cdot 100 \rightarrow C_s = C_0 \left(1 - \frac{R}{100} \right) \quad [A. 3.10.]$$

Donde C_0 es la concentración de contaminante a la entrada y C_s la concentración del contaminante a la salida.

$$C_e = \frac{(C_i - C_s) \cdot Q}{V_{si}} \quad [A. 3.11.]$$

El biofiltro a diseñar tendrá las siguientes dimensiones y características:

Tabla IV:

Dimensiones y características del biofiltro.

H (m)	M (m)	N (m)	Espesor laterales (cm)	Espesor fondo (cm)
1,5	13,3	19,25	30	35

Para determinar el espesor de la envolvente, se recurre al Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) que establece unos espesores mínimos en función de su resistencia y estabilidad, servicio y estructura.

Tabla V:

Parámetros del biofiltro.

R (%)	C _s (m ³ /m ² h)	C _v (m ³ /m ³ h)	C _{ms} (g/m ² h)	C _{mv} (g/m ³ h)	C _e (g/m ³ h)
98	125	83,33	6,375	4,25	4165

A la hora de calcular la humidificación en el biofiltro, determinamos en primer lugar la densidad del aire tanto a la entrada como a la salida asumiendo gases ideales.

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{P}{R \times T} \times PM$$

[A. 3.12.]

Donde,

ρ_{aire} : Densidad del aire (Kg/m³).

P: Presión (atm).

R: Constante de gas ideal 0,082 (atm l/gmol °K).

T: Temperatura (°K).

PM: Peso molecular del aire (29 g/gmol).

Considerando $P = 1 \text{ atm}$, y a la temperatura $T = 298,15 \text{ K}$, la densidad del aire a la entrada será: $\rho_{\text{aire}} = 1,19 \text{ kg/m}^3$. Considerando la temperatura de salida como $T = 310,15 \text{ K}$ y $P = 1 \text{ atm}$, la densidad del aire es de: $\rho_{\text{aire}} = 1,14 \text{ kg/m}^3$.

Suponiendo que la totalidad de aire que ingresa al sistema de biofiltración es aire seco se obtiene el flujo másico de aire que ingresa al sistema con la ecuación [A. 3.13.].

$$\dot{F}_M = \rho_{\text{aire}} \times Q \quad \text{[A. 3.13.]}$$

Donde,

F_M : Flujo másico de aire seco (kg aire seco /hr).

ρ_{aire} : Densidad del aire a la temperatura de ingreso al biofiltro (kg/m^3).

Q : Flujo de aire seco a tratar (m^3/hr).

Considerando el flujo de aire seco y las densidades de entrada y salida del gas, se obtienen los flujos másicos de aire seco con la ecuación anterior.

$$F_{M \text{ entrada}} = 37957,65 \text{ kg/h}$$

$$F_{M \text{ salida}} = 36489,03 \text{ kg/h}$$

Para las condiciones de entrada y salida del aire al biofiltro se obtiene la humedad relativa del aire (kg agua/ kg aire seco) empleando la carta psicrométrica. (Ver figura A. 9 del Anexo 8).

Al multiplicar los valores obtenidos en la carta (kg vapor de agua/ kg aire seco) por los respectivos valores de F_M , se obtienen los flujos de agua de ingreso y de salida del biofiltro. Estos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla VI:
 Flujo de agua a la entrada y salida del biofiltro.

Entrada del biofiltro		
Humedad relativa	0,028	kg vapor de agua/ kg aire seco)
Agua de entrada	1062,81	L agua/h
Salida del biofiltro		
Humedad relativa	0,052	kg vapor de agua/ kg aire seco)
Agua de salida	1897,43	L agua/h

Finalmente, el flujo de agua que se requiere para mantener la humedad en un 50 % dentro de los módulos de biofiltración, se determina mediante un balance de agua al biofiltro donde:

$$F \text{ agua requerido} = F \text{ agua salida} - F \text{ agua entrada}$$

Así, el flujo de agua requerido será de **F = 834,61 (L/h)**.

Si este flujo se adiciona en un período de 5 minutos, entonces el flujo de agua que se debe adicionar cada 1 hora por período de 5 minutos es igual a:

$$F = 166,92 \text{ L.}$$

3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA TORRE DE HUMIDIFICACIÓN.

Consideremos una torre cilíndrica de altura h y sección transversal A , a través de la cual circulan aire y agua en contracorriente en régimen estacionario. La figura 2 muestra un esquema de la misma.

Por la base de la columna entra aire con un caudal M' (kg de aire seco·s⁻¹), con una humedad absoluta x_1 , temperatura t_1 y entalpía i_{G1} , saliendo por la parte superior con una humedad absoluta x_2 , temperatura t_2 y entalpía i_{G2} . El agua entra por la parte superior con un caudal L_2 (kg de agua·s⁻¹), temperatura T_2 y entalpía i_{L2} , saliendo por la parte inferior con un caudal L_1 , temperatura T_1 y entalpía i_{L1} . Se supone también que en la interfase aire-agua se alcanza el equilibrio, por lo que el aire estará saturado a la temperatura de la interfase, t_i .

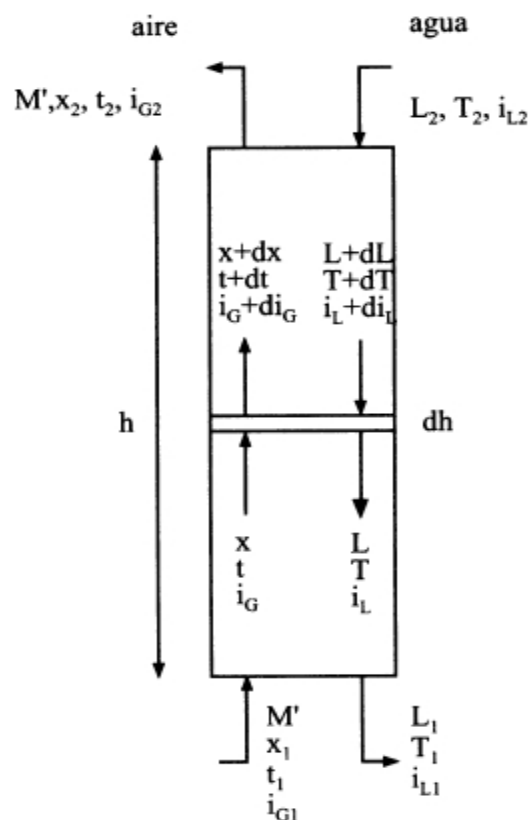


Figura 2: Esquema del flujo de fluidos en la torre de humidificación.

A partir de la gráfica psicométrica y considerando que el aire entra con una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 50 %, obtenemos datos de humedad absoluta a la entrada, las condiciones de saturación adiabática y las condiciones del aire a la salida con un 90 % de humedad relativa.

Esta humedad es la necesaria para el adecuado crecimiento de los microorganismos en el biofiltro.

Usando dicha gráfica obtenemos los siguientes valores:

$x_1 = 0,0075$ gramos de agua por gramos de aire seco.

$t_1 = 20$ °C

$x_i = 0,01$ gramos de agua por gramos de aire seco.

$t_i = 15$ °C

$x_2 = 0,0096$ gramos de agua por gramos de aire seco.

$t_2 = 14$ °C

Para el cálculo de la altura de la torre h, damos los siguientes pasos:

Corriente aire contaminado, G (Kmol·s⁻¹):

Se obtiene a partir de la corriente de aire contaminado y de la masa molecular del aire.

$$G(\text{Kmol} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{M'(\text{Kg} \cdot \text{s}^{-1})}{M_B(\text{Kg} \cdot \text{Kmol}^{-1})}$$

[A. 3.14.]

Siendo M' la carga másica (1,26 Kg/s) y M_B la masa molecular del aire (29 Kg/Kmol).

Sustituyendo estos valores obtenemos una corriente de aire contaminado (G) de $1,55 \cdot 10^{-5}$ Kmol/s.

Sección transversal, A (m²):

El área de la torre se calcula a través de la corriente de aire contaminado y la velocidad de paso del gas en la torre. Las velocidades de diseño del tanque de aspersion se encuentran entre 3m/s y 1m/s, siendo la menor la más deseada para permitir más tiempo de contacto entre el gas y el líquido.

En nuestro caso tomamos como referencia la velocidad de $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
Obtenemos:

$$A = \frac{Q}{v_T} \quad [\text{A. 3.15.}]$$

Donde A es el área de la base del tanque, Q es el caudal de gas contaminado a tratar y v_T representa la velocidad dentro del tanque.

Se considera que el tanque es un cilindro, por lo tanto la base es de forma circular. Para encontrar el valor del diámetro del tanque se aplica la ecuación de la superficie de un círculo [A. 3.16].

$$d = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\Pi}}$$

[A. 3.16.]

Obtenemos así un área de 5,93m² y un diámetro de 2,75m.

Corriente de agua, L (Kg·s⁻¹) y L' (Kmol·s⁻¹):

Según la bibliografía para el diseño de este tipo de torres, la relación L/M' varía desde 0,75 a 1,5. A mayor corriente de líquido, mayor es el coeficiente de transmisión de materia, por lo que la altura es menor pero, por otra parte, hay mayor caída de presión en el pulverizador, por lo que se utiliza una relación L/M' intermedia igual a la unidad.

$$\frac{L}{M'} = [0,75 - 1,5] \Rightarrow L = 1 \cdot M'$$

[A. 3.17.]

Con este valor y la masa molecular del agua, tenemos:

$$L'(\text{Kmol} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{L(\text{Kg} \cdot \text{s}^{-1})}{M_A(\text{Kg} \cdot \text{Kmol}^{-1})}$$

[A. 3.18.]

A continuación se muestran los siguientes resultados de estas:

Tabla VII:
 Corriente de agua.

L (kg/s)	L' (Kmol/s)
$4,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$

Coefficiente de transferencia de materia en la fase gaseosa, k_{ga} ($\text{Kmol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$):

Las correlaciones matemáticas encontradas son referentes al coeficiente global. Ambos coeficientes, individual y global, se relacionan por la ecuación:

$$\frac{1}{K_g a} = \frac{1}{k_g a} + \frac{mP}{k_l a \rho_m} \quad [\text{A. 3.19.}]$$

En el presente sistema gas-líquido, la velocidad de transferencia de materia está altamente controlado por la resistencia en la fase gaseosa ($k_{ga} \ll k_{la}$); por lo que se desprecia el segundo término del sumando; de manera que el coeficiente global es igual al coeficiente individual de transferencia de materia en la fase gaseosa.

La correlación matemática utilizada, donde K_{ga} es el coeficiente global de transferencia de materia [$\text{Kmol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$].

$$K_g a = 1,97 \cdot (G/A)^{0,71} \cdot (L/A)^{0,54} \quad [\text{A. 3.20.}]$$

Al sustituir, tenemos un valor de $K_{ga} = 2,68 \cdot 10^{-7} \text{Kmol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$.

Calculados todos los parámetros que intervienen en la siguiente ecuación, hallamos la altura de la torre necesaria para que la corriente de aire contaminado se humedezca al 90 %, h_h .

$$h = \frac{G/A}{k_g a} \operatorname{Ln} \left(\frac{x_1 - x_1}{x_1 - x_2} \right)$$

[A. 3.21.]

Tenemos que tener en cuenta la distancia de la boquilla con respecto a la región donde se humidifica la corriente de aire, h_b .

Empleamos una boquilla de cono sólido, modelo BIF número 63 de ángulo 70° en el presente proyecto. La distancia h_b se calcula a partir de la tangente de 70° y del radio de la torre:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D/2}{h_b} :$$

[A. 3.22.]

Siendo la altura total del cuerpo de la torre:

$$h_c = h_h + h_b :$$

[A. 3.23.]

Para el volumen de la envolvente, usaremos la siguiente ecuación:

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

[A. 3.24.]

El espesor de la envolvente (t_c) falta por determinar. 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.

Las dimensiones de la envolvente de la torre de humidificación se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla VIII:

Dimensiones de la envolvente de la torre de humidificación.

h_h (m)	h_c (cm)	t_c (mm)	D (cm)	V_c (m ³)
3,35	385	5	275	22,87

Para obtener la altura definitiva de la torre debemos tener en cuenta que debe quedar, antes y después de la altura necesaria, un espacio suficiente para la disposición de los accesorios necesarios, entradas y salidas de tuberías, etc.

El fondo inferior permite la descarga del agua no evaporada que recircula hasta las boquillas de distribución de líquido.

Los tipos de techos más frecuentemente usados son toriesférico (o techo ASME), elipsoidal y hemisférica.

El techo será elipsoidal ya que el porcentaje de error es de 0 % y es de fácil construcción. Además, con esta configuración, se facilita la salida de la corriente gaseosa en su punto máximo.

Para el cálculo de la altura y volumen del techo elipsoidal, realizamos las siguientes operaciones:

$$h_t = \frac{D}{4} \quad [A. 3.25.]$$

$$V_t = \frac{\pi D^3}{24} : \quad [A. 3.26.]$$

Las dimensiones del techo elipsoidal de la torre de humidificación se reflejan en el siguiente recuadro.

Tabla IX:

Dimensiones del techo de la torre de humidificación.

h_{it} (cm)	T_v (l)	D (cm)	t_v (mm)
69	2720	275	5

La altura total de la torre, H , se calcula sumando la altura del fondo, de la envolvente y del techo, obteniéndose:

$$H_T = h_c + h_t \quad [A. 3.27.]$$

El volumen total definitivo de la torre de humidificación será la suma de los volúmenes de fondo, cuerpo y techo.

$$V_T = V_c + V_t \quad [A. 3.28.]$$

Resumiendo, las dimensiones de la torre de humidificación son las siguientes:

Tabla X:

Resumen de las dimensiones de la torre de humidificación.

H_T (m)	D_T (cm)	t_v (mm)	V_T (m ³)
4,53	275	5	22,59

ANEXO 4. SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE OLORES.

Para seleccionar el ventilador que más nos convenga vamos a tener que considerar las pérdidas que se produzcan en el sistema de extracción, ya que serán éstas las que tendrá que vencer dicho ventilador si quiere realizar el trabajo de aspiración para el que está encomendado.

Para ello vamos a determinar las pérdidas que se producen en cada uno de los ramales que son: Zona 2-1, Zona 2-2 y Zona 2-3.

- **Pérdidas en conducciones.**

Vamos a calcular la pérdida producida por el paso del gas extraído a su paso por las conducciones.

El cálculo de caída de presión en los distintos tramos ha sido calculado de manera aproximada como se desarrolla a continuación. Los datos se obtienen por la bibliografía.

ZONA 2-1

* Datos:

- Diámetro (D): 200 mm.
- Altura inicial (z_1): 13,30 m.
- Caudal aire (Q): 3,33 m³/s.
- 4 Ensanche ($E_{\text{ensanche}} = 0,27$).
- 1 Codos 90° ($K_{\text{codo}} = 0,75$).
- 1 Válvulas mariposa ($K_{\text{válvulas}} = 0,765$).
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp = $0,011 \cdot 10^{-5}$ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,00024.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 11,11 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.1.]

- Número de Reynolds (Re): $3,11 \cdot 10^5$.

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

[A. 4.2.]

- Factor de fricción (4f): 0,0165.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0165.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 1,08.

- 1^{er} Subtramo (L= 3,83 m, D = 0,2 m de tubería).

$$K_{t1} = (4f \cdot L) / D$$

- 2^o Subtramo (L= 3,83 m, D = 0,250 m de tubería).

$$K_{t2} = (4f \cdot L) / D$$

- 3^{er} Subtramo (L= 3,83 m, D = 0,3 m de tubería).

$$K_{t3} = (4f \cdot L) / D$$

- 4º Subtramo (L= 3,83 m, D = 0,4 m de tubería).

$$K_{t4} = (4f \cdot L) / D$$

- 5º Subtramo (L= 3,83 m, D = 0,5 m de tubería).

$$K_{t5} = (4f \cdot L) / D$$

$$K_t = K_{t1} + K_{t2} + K_{t3} + K_{t4} + K_{t5} = 0,32 + 0,26 + 0,21 + 0,16 + 0,13 = 1,08$$

Al existir más elementos, como codos, válvulas, etc, en este tramo el coeficiente K será igual a la suma de todos los coeficientes individuales.

$$K = K_t + K_{\text{codo}} + K_{\text{ensanche}} + K_{\text{válvula mariposa}} =$$

$$= 1,08 + 0,75 + 4(0,27) + 0,765 = \mathbf{3,67}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 23,15m.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{A. 4.3.}]$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (-13,30 + 23,15) \text{ m} = 15,17 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 151,7 \text{ Pa}}$$

ZONA 2-2

Tramo 1:

* Datos:

- Diámetro (D): 500 mm.
- Caudal aire (Q): 3,33 m³/s.
- 1 Codos 90° ($K_{\text{codo}} = 0,75$).
- 1 Válvulas mariposa ($K_{\text{válvulas}} = 0,765$).
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp = $0,011 \cdot 10^{-5}$ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,0001.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 16,67 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.4.]

- Número de Reynolds (Re): $2,33 \cdot 10^5$.

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

[A. 4.5.]

- Factor de fricción (4f): 0,0165.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0165.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 0,53.

- 1^{er} Subtramo (L= 16,2m, D = 0,5 m de tubería).

$$K_{t1} = (4f \cdot L) / D$$

$$K_t = K_{t1} = 0,53$$

$$K = K_t + K_{\text{codo}} + K_{\text{valvula mariposa}} =$$

$$= 0,53 + 0,75 + 0,765 = \mathbf{2,04}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 28,92m.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{A. 4.6.}]$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (28,92)\text{m} = 44,54 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 445,4 \text{ Pa}}$$

Tramo 2:

* Datos:

- Diámetro (D): 200 mm.
- Altura inicial (z_1): 10,65 m.
- Altura final (z_2): 6,5 m.
- Caudal aire (Q): 3,33 m³/s.
- 4 Válvulas mariposa ($K_{válvulas} = 0,765$).
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp = 0,011 · 10⁻⁵ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,00024.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 11,11 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.7.]

- Número de Reynolds (Re): $3,11 \cdot 10^5$.

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad [A. 4.8.]$$

- Factor de fricción (4f): 0,0165.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0165.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 1,17.
 - 1^{er} Subtramo (L= 14,2 m, D = 0,2 m de tubería).

$$K_t = K_{t1} = 1,17$$

$$K = K_t + K_{\text{valvula mariposa}} =$$

$$= 1,17 + 4(0,765) = \mathbf{4,23}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 26,64m.

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

[A. 4.9.]

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (6,5 - 10,65 + 26,64) \text{ m} = 32,63 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 346,3 \text{ Pa}}$$

ZONA 2-3

Tramo 1:

* Datos:

- Diámetro (D): 700 mm.
- Caudal aire (Q): 5,56 m³/s.
- 1 Ensanche ($K_{\text{ensanche}} = 0,27$).
- 1 Codos 90° ($K_{\text{codo}} = 0,75$).
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp = $0,011 \cdot 10^{-5}$ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,000065.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 14,63 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.10.]

- Número de Reynolds (Re): $4,43 \cdot 10^6$.

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

[A. 4.11.]

- Factor de fricción (4f): 0,0125.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0125.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 0,35.

- 1^{er} Subtramo (L= 7,8 m, D = 0,7 m de tubería).

$$K_{t1} = (4f \cdot L) / D$$

- 2^o Subtramo (L= 7,8 m, D = 0,6 m de tubería).

$$K_{t2} = (4f \cdot L) / D$$

$$K_t = K_{t1} + K_{t2} = 0,14 + 0,21 = 0,35$$

$$K = K_t + K_{\text{codo}} + K_{\text{ensanche}} =$$

$$= 0,35 + 0,75 + 0,27 = 1,37$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 14,96.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{A. 4.12.}]$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (14,96) \text{ m} = 23,04 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 230,4 \text{ Pa}}$$

Tramo 2:

* Datos:

- Diámetro (D): 600 mm.
- Altura inicial (z_1): 10,65 m.
- Altura final (z_2): 8,29 m.
- Caudal aire (Q): 5,56 m³/s.
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp= 0,011·10⁻⁵ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,000085.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 19,86 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.13.]

- Número de Reynolds (Re): $1,67 \cdot 10^6$.

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad [A. 4.14.]$$

- Factor de fricción (4f): 0,0135.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0135.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 0,25.
 - 1^{er} Subtramo (L= 11,215 m, D = 0,6 m de tubería).

$$K_{t1} = (4f \cdot L) / D$$

$$K_t = K_{t1} = 0,25$$

$$K = K_t = \mathbf{0,25}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 5,03m.

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

[A. 4.15.]

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (8,29 - 10,65 + 5,03) \text{ m} = 4,11 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 41,1 \text{ Pa}}$$

Tramo 3:

* Datos:

- Diámetro (D): 600 mm.
- Altura inicial (z_1): 10,65 m.
- Altura final (z_2): 8,29 m.
- Caudal aire (Q): 5,56 m³/s.
- 3 Válvulas mariposa ($K_{\text{válvulas}} = 0,765$).
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp = $0,011 \cdot 10^{-5}$ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,000085.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 19,86 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.16.]

- Número de Reynolds (Re): $1,67 \cdot 10^6$.

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

[A. 4.17.]

- Factor de fricción (4f): 0,0135.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0135.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 0,17.

- 1^{er} Subtramo (L= 7,8 m, D = 0,6 m de tubería).

$$K_{t1} = (4f \cdot L) / D$$

$$K_t = K_{t1} = 0,17$$

$$K = K_t + K_{\text{válvula mariposa}} =$$

$$=0,17+ 3(0,765) = 2,46$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 49,6m.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{A. 4.18.}]$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (8,29 - 10,65 + 49,6) \text{ m} = 72,75 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 727,5 \text{ Pa}}$$

Tramo 4:

* Datos:

- Diámetro (D): 600 mm.
- Altura inicial (z_1): 10,65 m.
- Altura final (z_2): 8,29 m.
- Caudal aire (Q): 5,56 m³/s.
- 2 Válvulas mariposa ($K_{\text{válvulas}} = 0,765$).
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp = $0,011 \cdot 10^{-5}$ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,000085.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 19,86 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.19.]

- Número de Reynolds (Re): $1,67 \cdot 10^6$.

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

[A. 4.20.]

- Factor de fricción (4f): 0,0135.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0135.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 0,17.

- 1^{er} Subtramo (L= 7,8 m, D = 0,6 m de tubería).

$$K_{t1} = (4f \cdot L) / D$$

$$K_t = K_{t1} = 0,17$$

$$K = K_t + K_{\text{válvula mariposa}} =$$

$$= 0,17 + 2(0,765) = 1,7$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 34,21m.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{A. 4.21.}]$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (8,29 - 10,65 + 34,21) \text{ m} = 49,05 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 490,5 \text{ Pa}}$$

Tramo 5:

* Datos:

- Diámetro (D): 600 mm.
- Altura inicial (z_1): 10,65 m.
- Altura final (z_2): 8,29 m.
- Caudal aire (Q): 5,56 m³/s.
- 1 Ensanche ($K_{\text{ensanche}} = 0,27$).
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp = $0,011 \cdot 10^{-5}$ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,000085.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 19,86 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.22.]

- Número de Reynolds (Re): $1,67 \cdot 10^6$.

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

[A. 4.23.]

- Factor de fricción (4f): 0,0135.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0135.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 0,41.
 - 1^{er} Subtramo (L= 7,8 m, D = 0,6 m de tubería).

$$K_{t1} = (4f \cdot L) / D$$

- 2^o Subtramo (L= 7 m, D = 0,4 m de tubería).

$$K_{t2} = (4f \cdot L) / D$$

$$K_t = K_{t1} + K_{t2} = 0,41$$

$$K = K_t + K_{\text{ensanche}} =$$

$$= 0,41 + 0,27 = \mathbf{0,68}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 13,68m.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{A. 4.24.}]$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (8,29 - 10,65 + 13,68) \text{ m} = 17,43 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 174,3 \text{ Pa}}$$

UNIÓN T-SOPLANTE:

* Datos:

- Diámetro (D): 700 mm.
- Caudal aire (Q): 5,56 m³/s.
- 1 Válvulas mariposa ($K_{\text{válvulas}}= 0,765$).
- 1 Codo 90° ($K_{\text{codo}}=0,75$).
- Densidad (ρ): 1,54 Kg/m³.
- Viscosidad (μ): 0,011 cp= 0,011·10⁻⁵ Ns/m².
- Rugosidad relativa (ϵ/D): 0,000065.

* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 14,63 m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

[A. 4.25.]

- Número de Reynolds (Re): $1,43 \cdot 10^6$.

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad [A. 4.26.]$$

- Factor de fricción (4f): 0,0125.

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y ε/D , tendremos un valor de 4f de 0,0125.

- Coeficiente de resistencia para la tubería (K_t): 0,13.
 - 1^{er} Subtramo (L= 2 m, D = 0,7 m de tubería).

$$K_{t1} = (4f \cdot L) / D$$

- 2^o Subtramo (L= 5 m, D = 0,7 m de tubería).

$$K_{t2} = (4f \cdot L) / D$$

$$K_t = K_{t1} + K_{t2} = 0,04 + 0,09 = 0,13$$

$$K = K_t + K_{\text{codo}} + K_{\text{válvula mariposa}} =$$

$$=0,13+ 0,75+ 0,765 = \mathbf{1,64}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total (h_f): 17,91m.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{A. 4.27.}]$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (17,91)\text{m} = 27,58 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 275,8 \text{ Pa}}$$

En resumen, podemos ver las pérdidas de conducciones (Pa) en la siguiente tabla:

Tabla XI:
Pérdidas de conducciones en el pretratamiento.

ZONAS	PÉRDIDAS CONDUCCIONES (Pa)
Zona 2-1	151,7
Zona 2-2	791,7
Zona 2-3	1663,8
Unión T- Soplante	275,8
TOTAL	2883

ANEXO V. DISEÑO DE SISTEMA DE TUBERÍAS.

En este apartado se llevará a cabo el diseño del sistema de tuberías de la línea de proceso. Este diseño consiste en seleccionar el material de construcción de las tuberías, el diámetro y el espesor de las mismas así como la caída de presión que va a experimentar el fluido a lo largo de éstas.

A parte, se describen las distintas válvulas que se requieren, así como el tipo de uniones utilizadas entre tuberías y entre tuberías y equipos.

Las propiedades de los fluidos implicados en este proyecto son:

- Aire contaminado: debido a la baja concentración de contaminante consideramos que el gas a tratar tiene las mismas propiedades que el aire ambiente (20 °C):

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

$$\mu_{\text{aire}} = 2,17\cdot 10^{-5} \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$$

- Agua: encargada de humedecer el aire contaminado, sus propiedades a temperatura ambiente (20 °C):

$$\rho_{\text{aire}} = 998,2 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$\mu_{\text{aire}} = 0,001 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$$

El cálculo de las tuberías implica la determinación del diámetro interior necesario y de la pérdida de carga que sufre el fluido cuando circula a través de ella y sus accesorios.

A continuación se facilita una tabla en la cual aparecen enumeradas cada una de las conducciones que se diseñarán en este capítulo, con el servicio que realizan respectivamente.

TablaXII:
Líneas de conducciones.

LÍNEA	CONDUCCIÓN	
G1	Entrada al sistema-Torre humidificación	
G2	A	Torre humidificación-biofiltro
	B	Distribución de aire
L1	A	Recirculación del agua en la torre de humidificación
	B	Reposición de agua en la torre de humidificación

En la línea G1 existe una purga, normalmente cerrada, para casos de parada completa del sistema; como por ejemplo, debido a mantenimiento programado o fuertes precipitaciones en el área. La línea de reposición de agua para la torre de humidificación (L1-B), procede de la red general de agua por lo que no se tendrá en cuenta su cálculo.

5.1. DISEÑO DE TUBERÍAS.

La adecuada elección del tipo de tuberías a utilizar depende de los siguientes factores:

- Tiempo de vida útil.
- Periodos de mantenimiento.
- Esfuerzo a las temperaturas de trabajo.
- Facilidad de instalación y reparación.
- Adecuada resistencia a la corrosión y erosión.
- Coste de los equipos.

Las conducciones del presente Proyecto han sido diseñadas de acuerdo a la norma ANSI B31.3 del código B31 (“Code for pressure piping”) patrocinado por ASME, que es el código de diseño más extendido para el diseño de tuberías.

El diámetro de la tubería de la conducción es un aspecto muy importante dentro del proyecto. Una conducción con diámetros pequeños, tendrá como consecuencias: baja inversión para instalar la conducción y altos consumos energéticos en bombeo.

En cambio para una conducción con diámetros mayores, tendrá como consecuencia: alta inversión para instalar la conducción, pero bajos consumos energéticos por bombeo. Por ello habrá que estudiar los costes globales del sistema

de bombeo empleando diferentes diámetros para la conducción y determinar con base en dicho análisis, el "diámetro óptimo" que conduzca al coste total mínimo.

En general, hay un compromiso entre el costo de inversión para construir la conducción (a mayor diámetro mayor costo), y el costo de la energía requerida para vencer las pérdidas por fricción (a mayor diámetro, menor costo). El diámetro óptimo será aquel que resuelva dicho compromiso al menor costo total.

En tuberías de acero, los diámetros normalizados están comprendidos en el intervalo de 1/8 a 30 pulgadas. Para tuberías de 1/8 a 12 pulgadas, ambas inclusive, el diámetro exterior es algo superior al diámetro nominal, mientras que para tuberías de 14 pulgadas y mayores, el diámetro exterior es idéntico al nominal.

Para la selección del diámetro de tubería, dado que son pocas las conducciones y por tanto los costes relativos a las conducciones, se ha optado por seleccionar los diámetros nominales en función de las velocidades recomendadas.

El espesor de pared de las tuberías viene expresado en términos del número de lista (Schedule o cédula), el cual lleva asociado un valor determinado de espesor según el diámetro nominal. Se utiliza un total de trece números, aunque generalmente, para una tubería de un tamaño determinado únicamente están disponibles algunos de ellos (a excepción de las de mayor tamaño).

En la tabla A. VI del Anexo 8 se muestran las velocidades típicas de gases y líquido por tuberías (m/s).

Para el diseño del sistema de tuberías se siguen los siguientes pasos:

1) Se determina el diámetro interior de cada línea. Para realizar este cálculo se elige una velocidad media de circulación recomendada para distintos fluidos en tuberías.

En función de la velocidad de circulación y del caudal del fluido se estima el diámetro teórico de la tubería.

Se tiene que el caudal se relaciona con la velocidad mediante:

$$v = \frac{Q}{S} \quad \Rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$
$$S = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

[A. 5.1.]

Siendo:

- Q: el caudal volumétrico de circulación del fluido en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- v: la velocidad de circulación en la tubería expresada en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- S: la sección de la tubería en m^2 .
- D: diámetro de la tubería en m.

2) Con el nuevo diámetro, recalculemos el valor de la velocidad, 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.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

TablaXIII:

Velocidades de cada línea.

LINEA	Q (m³/s)	V_{típica} (m/s)	D_{calculado} (in)	DN (in)	D_{externo} (in)	D_{interno} (in)	Espesor (in)	V_{real} (m/s)
G1/G2-A	8,89	20	29,65	30	30	29	0,5	20,12
G2-B	0,35	20	5,93	6	6,62	6,06	0,28	19,81
L1-A	8,3.10 ⁻³	3,5	1,98	2	2,375	2,15	0,218	4,23

El conducto de aire que entra en el biofiltro (G2-A), se divide en tres ramales de tuberías perforadas. Para poder despreciar la pérdida de carga en las perforaciones, el flujo debe ser laminar, para ello el área total de las perforaciones (A₀) debe ser igual al área de la tubería de entrada G2-A.

La sección transversal de la conducción G2-A es circular por lo que su área se calcula mediante la ecuación:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad [A. 5.2.]$$

Cada tubería tiene 10 perforaciones, por lo que éste área se divide entre el total de perforaciones (P) y despejando de la ecuación del área, se obtiene el diámetro de cada perforación (D_0):

$$D_0 = \sqrt{\frac{4A_0}{\pi P}} \quad [A. 5.3.]$$

TablaXIV:
 Diámetro de perforación.

A_0 (cm ²)	D_0 (cm)
42,27	1,34

La caída de presión a lo largo del sistema de tuberías se ha calculado mediante la fórmula de Darcy-Weisbach que se presenta a continuación:

$$h_{f-tubería} = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [A. 5.4.]$$

Donde:

- $h_{f-tubería}$: es la pérdida de carga (m).
- $4f$: es el factor de fricción de Darcy (adimensional).
- L : es la longitud de la tubería (m).

- D: es el diámetro interior de la tubería (m).
- v: es la velocidad del fluido ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).
- g: es la aceleración de la gravedad ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$).

Para contabilizar las pérdidas de carga debido a los accesorios que presentan las tuberías, se incluye un término a la ecuación de Darcy, correspondiente a la longitud equivalente del accesorio o longitud de tubería recta de igual diámetro que el accesorio que produciría una pérdida de carga igual a la del accesorio.

$$h_{f-\text{accesorios}} = (4f) \cdot \frac{L_{eq}}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{A. 5.5.}]$$

- L_{eq} : es la longitud equivalente en m.

El factor de Darcy, $4f$, se estima a través del diagrama de Moody (Figura A. 1 del Anexo 8) en función del número de Reynolds, Re , y la rugosidad relativa, ϵ/D . La rugosidad relativa se determina mediante la Figura A. 4 del Anexo 8, a partir del diámetro de la tubería D y el material de la tubería por la cual circula el fluido.

En cuanto al número de Reynolds se calcula mediante:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad [\text{A. 5.6.}]$$

Siendo:

- μ : la viscosidad del fluido en Pa·s.
- ρ : la densidad del fluido expresado en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- v : la velocidad del fluido en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- D : el diámetro interior en m.

La presente línea se divide en las siguientes conducciones:

- Conducción G1: De la entrada del sistema a la torre de humidificación.
- Conducción G2: De la torre de humidificación al biofiltro.
- Conducción L1: Conducción de recirculación del agua en la torre de humidificación.

TablaXV:

Pérdidas de cargas.

Conducción	Diámetro externo		Diámetro interno		Espesor	
	in	m	in	m	in	m
G1	30	0,76	29	0,73	0,5	0,01
G2	30	0,76	29	0,73	0,5	0,01
L1	2,37	0,06	2,15	0,05	0,218	0,005

Velocidad (m/s)	L.Equival (m)	L (m)	Re	ϵ/D	4f	h_f (m)
20,12	60	2	$8,2\cdot 10^5$	$7\cdot 10^{-5}$	0,0135	23,54
20,12	110	8	$8,2\cdot 10^5$	$7\cdot 10^{-5}$	0,0135	44,8
4,23	35	5,5	$2,3\cdot 10^5$	$8\cdot 10^{-4}$	0,02	13,56

Los accesorios usados en cada línea son los siguientes:

TablaXVI:

Accesorios.

LINEA	ACCESORIOS
G1	1 Válvula de mariposa. 1 Entrada de tubería. 1 Salida de tubería.
G2	2 Codo de 45°. 1 Te. 2 Codos de 90°. 1 Entrada de tubería.
L1	3 Codo 90°. 2 Te. 1Válvula de asiento. 1 Válvula de retención. 1 Entrada de tubería.

ANEXO 6. SISTEMAS DE IMPULSIÓN.

6.1. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS.

En el presente anexo se discutirán las características de la bomba que se va a colar en el proceso.

Las bombas son equipos cuya misión es la dar a un fluido la energía necesaria para ser capaz de desplazarlo de un punto a otro del sistema a través de conducciones.

Será precisa la instalación de una bomba de recirculación (B1) en la torre de humidificación en el sistema. Actúa recirculando el agua no evaporada desde la parte inferior de la torre de humidificación hasta su parte superior.

6.1.1. Elección de un tipo de bomba.

Existen una gran cantidad de bombas disponibles para su selección en el ámbito industrial, pero esta decisión se tomará de un modo gráfico a través de la Figura 3.

En ella se relacionan la altura útil con el flujo a impulsar, y con estos datos se realiza la selección de la bomba.

6.1.3. Carga efectiva y potencia de la bomba.

En primer lugar se calcula la carga que debe transmitir la bomba al fluido, luego con este dato y el caudal del fluido se busca entre las bombas comerciales la más adecuada para cada caso.

Se entiende por carga efectiva a la presión efectiva o carga total que debe aportar la bomba para elevar el fluido desde su nivel más bajo hasta el punto de elevación más alto venciendo los desniveles, las presiones y las resistencias que puedan existir a lo largo del tramo de impulsión.

Para calcularlo debemos aplicar la ecuación de Bernouilli entre los puntos de aspiración (punto 1) y descarga (punto 2), 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, dicha ecuación queda simplificada a:

$$h_u = \frac{v_2^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + h_f \quad [m]$$

[A. 6.1.]

Donde:

h_u = altura útil.

$(v_2)^2 / 2g$ = altura debida a la energía cinética.

z_2 : Es la altura del punto de descarga (m).

z_1 : Es la altura del punto de aspiración (m).

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

La potencia de la bomba se calcula a través de la siguiente expresión:

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

[A. 6.2.]

Donde:

Q: Es el caudal que se ha de impulsar ($m \cdot s^{-1}$).

H: Es la carga efectiva de la bomba (m).

ρ : Es la densidad del fluido ($kg \cdot m^{-3}$).

g: Es la gravedad ($m \cdot s^{-2}$).

Es necesario calcular el caudal de líquido de absorción necesario para favorecer una buena humectación del relleno, se utiliza para ello la relación líquido a gas en la columna, que proporcionará dicho caudal de líquido en función del caudal de gas que llega a la torre:

(L/g) = relación entre caudales mínimos de líquido y gas (m^3/m^3).

L = caudal de líquido por unidad de superficie ($m^3/m^2/h$).

Se consideran valores normales relaciones líquido a gas:

$$(L/g) = 0,0125-0,001 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}.$$

$$\text{Caudal de líquido} = 32000 \text{ (m}^3/\text{h)} \times 0,0022 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)} = 70,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Los resultados de las expresiones anteriores para la bomba del sistema son los siguientes:

TablaXVII:

Resultados de la carga efectiva y potencia de la bomba.

BOMBA	V ₂ (m/s)	(Z ₂ -Z ₁) (m)	h _f (m)	Hu (m)	Hu (ft)
B1	4,23	3,22	13,556	17,69	58,03

Q (m ³ /s)	Q (gpm)	W (W)	W (KW)
0,02	309,97	3383,70	3,38

6.1.4. Altura neta de succión positiva disponible.

Se calcula para comprobar el correcto funcionamiento del equipo y así evitar problemas como la cavitación, la cual se evita si la carga total media en la succión de la bomba (altura neta de succión positiva) es mayor que la carga de presión de vapor del fluido.

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.

En este momento es donde interviene la altura neta de succión positiva disponible (NPSH_d), el cual es un parámetro que comprueba si el líquido se vaporiza en el punto más bajo de presión de la bomba.

Se calcula a través de Bernouilli:

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

[A. 6.3.]

Donde:

P_a : Presión de aspiración de la bomba (bar).

P_v : Presión de vapor del fluido (bar): la del agua a 20°C.

z_a : Altura de aspiración (m).

z_e : Altura en la entrada en la bomba (m).

h_{asp} : Es la pérdida de carga del tramo de aspiración (m).

La presión de vapor (P_v) se obtiene a partir de la ecuación de Antoine:

$$\text{Log}(P_v) = A - \frac{B}{T + C}$$

[A. 6.4.]

Donde:

A, B y C: Son los coeficientes de Antoine.

T: Es la temperatura a la que se han de evaluar (°C).

P_v : Es la presión de vapor (bar).

Tras sustituir todos los datos, podemos realizar el cálculo de la altura neta de succión positiva disponible obteniéndose lo siguiente:

TablaVIII:
 Resultados de $NPSH_d$.

	P_{vapor}	P_1	h_f	z_a	z_e	$NPSH_d$ (m)
B1	2345	49000	13,56	0,7	0,25	18,77

Recurriendo a catálogos y a las curvas de caracterización de las bombas se decide implementar los siguientes modelos. Se ha de cumplir que:

$$NPSH_d > NPSH_r$$

6.1.5. Selección de la bomba.

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.

La bomba seleccionada es una bomba centrífuga CombiBloc n=1000 r.p.m. de la casa JOHNSON PUMP.

6.2. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LA SOPLANTE.

Para la impulsión del gas se requiere de un equipo capaz de generar la presión necesaria para superar las pérdidas de carga que se generan durante su trayecto.

Tales pérdidas han sido calculadas en el anexo V.

A través del software CNS-2002 proporcionado por la empresa COLASIT® podemos seleccionar la soplante con mayor fiabilidad y facilidad. Para ello, indicamos los siguientes parámetros:

- Caudal: variable fija del sistema ($32000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).
- Presión estática: calculada anteriormente (2883 Pa).
- Temperatura de operación: 20 °C.
- Densidad del gas: $1,2 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Obteniendo el rango de posibles soplantes como se ilustra en la gráfica:

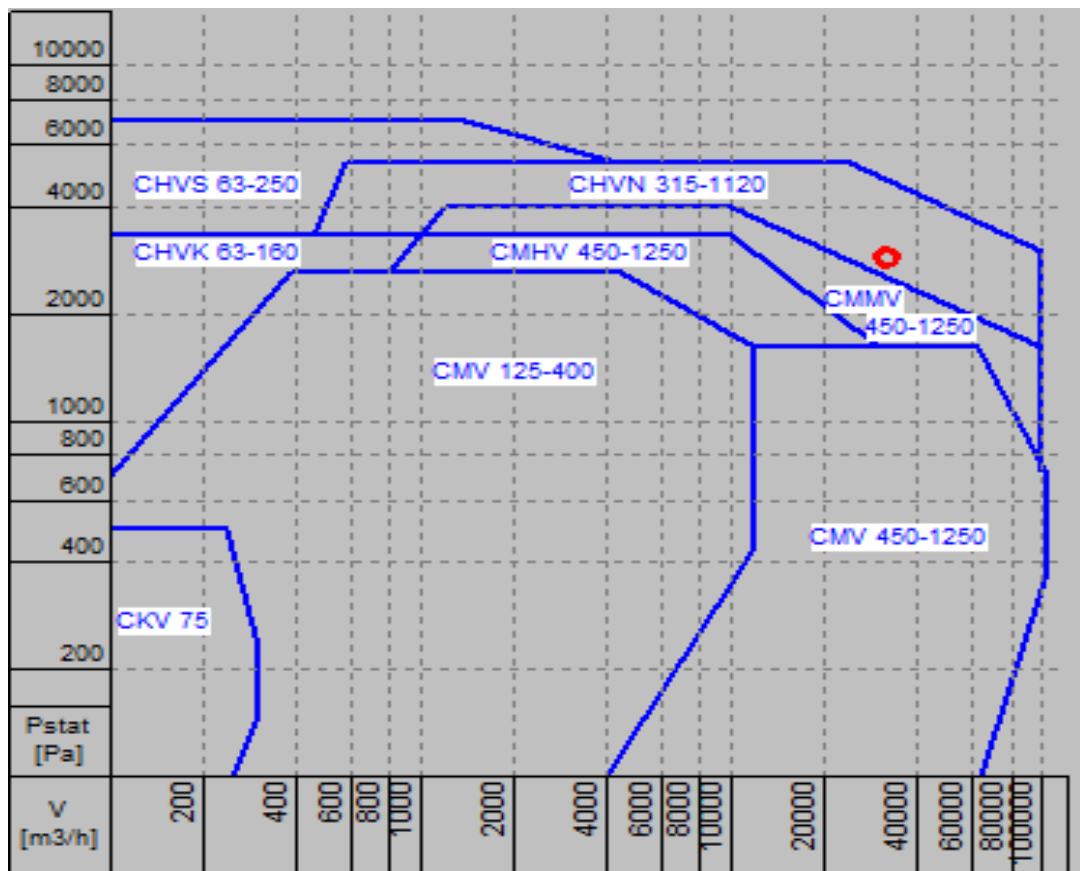


Figura 4: Rango de las distintas soplantes.

Entre las posibilidades de cada modelo, nos indican factores como la velocidad de paso, la eficiencia, el sonido entre otros; de manera que al tener una visión global de las características, la elección del modelo es rápida y eficaz. En nuestro caso, se ha elegido el modelo **CHVN 800** ya que es el que mejor se adapta a nuestras especificaciones.

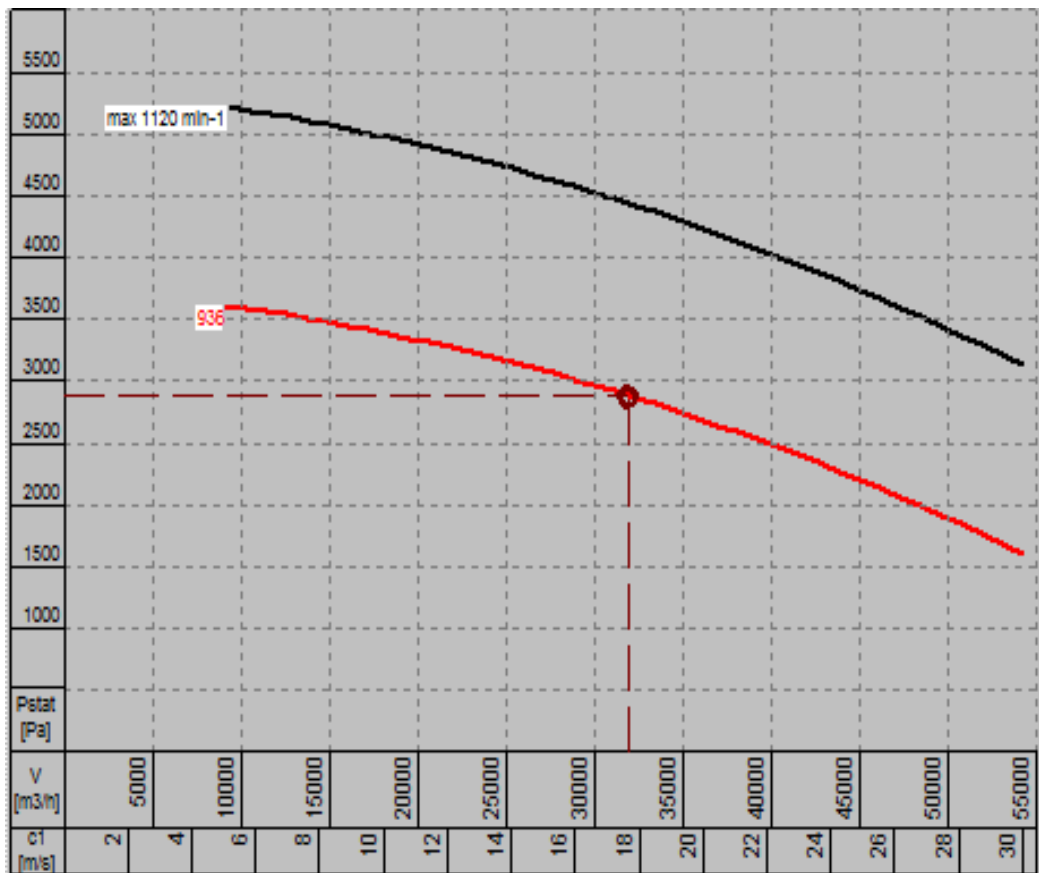


Figura 5: Punto de operación del modelo CHVN 800.

Las características de dicho modelo se especifican a continuación.

TablaXIX:
Características de la soplante seleccionada.

DATOS OPERATIVOS		
Flujo de volumen	m ³ /h	32000
Temperatura de operación	°C	20
Densidad del aire	Kg/m ³	1,20
Presión estática	Pa	2883
Presión dinámica	Pa	188
Presión total	Pa	3071
Eficacia	%	75
Velocidad del ventilador	min ⁻¹	932
Potencia propulsora	Kw	36,4
Velocidad del motor	min ⁻¹	1400
Potencia del motor	Kw	45

Dimensiones generales:

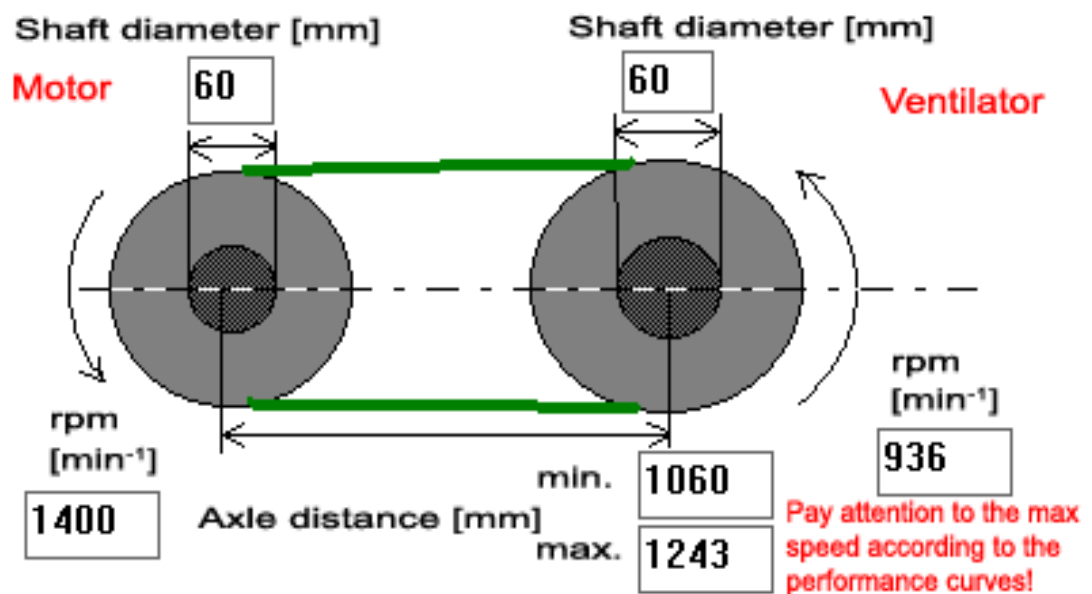


Figura 6: Dimensiones de la soplante del modelo CHVN 800.

ANEXO 7. DISEÑO Y CÁLCULO DE TECHOS.

En el presente anexo realizaremos los cálculos para techar los espesadores de la EDAR “Guadalete” y almacenamiento de fangos. Dichos tanques se encuentran ya instalados, lo único que debemos realizar es cubrirlas para poder evitar las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Las dimensiones de éstas se encuentran en la siguiente tabla:

TablaXX:

Dimensiones de los espesadores y almacenamiento de fangos.

ESPEADORES			ALMACENAMIENTO		
Diámetro	Altura	Espesor	Diámetro	Altura	Espesor
14 m	25 m	3,5 mm	17m	10,8 m	5 mm

Como se mencionó anteriormente, los tanques de almacenamiento pueden clasificarse por el tipo de cubierta en: de techos fijos, de techos flotantes y sin techo.

Dentro de los techos fijos tenemos tres tipos: cónicos, de domo y de sombrilla, los cuales pueden ser autosoportados o soportados por estructura (para el caso de techos cónicos de tanques de gran diámetro).

El techo cónico es una cubierta con la forma y superficie de un cono recto. El tipo domo es un casquete esférico, y el de tipo sombrilla, es un polígono regular curvado por el eje vertical.

Los techos autosoportados ya sean tipo cónico, domo, o sombrilla, tiene la característica de estar apoyados únicamente en su periferia, calculados y diseñados para que su forma geométrica, en combinación con el espesor mínimo requerido, absorban la carga generada por su propio peso más las cargas vivas, a diferencia de los techos soportados que contarán con una estructura que admita dichas cargas.

Independientemente de la forma o el método de soporte, los techos son diseñados para soportar una carga viva de por lo menos, 1.76 Kg /cm^2 (25 lb / ft^2), más la carga muerta ocasionada por el mismo.

Las placas del techo tendrán un espesor mínimo nominal de 4.7 mm (3/16 pulg.) o lámina calibre 7. Un espesor mayor puede ser requerido para el caso de techos autosoportados; la corrosión permisible puede ser incluida al espesor calculado a menos que el usuario especifique su exclusión, lo que es válido también a los techos soportados.

Todos los miembros estructurales internos y externos de techos soportados tendrán un espesor mínimo nominal de 4.32 mm. (0.17 pulg) en cualquier componente de estos. La inclusión de corrosión de la corrosión permisible será acordada entre el usuario y el fabricante.

Las placas del techo se sujetarán al ángulo superior del tanque (anillo de coronamiento), con un cordón de soldadura continuo sólo por la parte superior, aunque éste sea soportado.

El tipo de tanque de almacenamiento seleccionado es un depósito cilíndrico vertical de techo fijo y flotante.

TablaXXI:
 Vida de los equipos.

Aparato	Vida (años)	Aparato	Vida (años)
Calderas vapor	25	Digestores	10
Edificio hormigón	50	Espesadores	5
Edificio ladrillo y acero	33	Filtros prensa	17
Motores eléctricos	14	Hornos eléctricos	20
Transformadores	15	Horno de gas	8
Bombas	20	Molinos	12
Columnas	8	Refrigerantes	17
Compresores	20	Secadores	25
Condesadores y evaporadores	17	Tamizadoras	12
Depósitos	10	Tuberías	15

Se seleccionará un acero inoxidable SA-285 ya que es adecuado para recipientes a presión.

ESPESADORES DE FANGOS.

El espesor de la chapa estará condicionado por un factor de corrosión (C), que depende de la vida media del recipiente.

El cual corresponde a 5 milésimas de pulgada al año para una vida media del tanque de 5 años según la Tabla XXI. De manera que:

$$C = 5 \text{ años } (0,005 \text{ in/año}) = 0,025 \text{ in} = 0,63 \text{ mm}$$

Espesor del techo.

Si el diámetro del tanque no es mayor de 12,192 m el techo estará autosoportado, en caso contrario requiere de apoyo. En este caso el techo será cónico soportado por unidades externas ya que el diámetro del recipiente es mayor de 12,192 m.

Este tipo de techo generalmente se usa en tanques de gran diámetro como este. Consisten en un cono formado a partir de placas soldadas al traslape soportada por una estructura.

El espesor requerido para los techos es inferior al del resto del recipiente, ya que no está sometido al mismo desgaste, por lo que se puede asumir que:

$$t_{\text{cono}} = t_{\text{carcasa}} - \frac{C}{2} \quad [\text{A. 7.1.}]$$

$$t_{\text{cono}} = 3,18 \text{ mm}$$

El espesor de la carcasa no se encuentra dentro del margen asumible por el techo cónico, ya que éste ha de tener un espesor mínimo de 4,8 mm y máximo de 12,7 mm. Por eso se asume como espesor del techo 4,8 mm.

Si no existe especificaciones propias del usuario se recomienda que la pendiente del cono sea de 19 mm cada 305 mm, es decir, que cada 305 mm de desplazamiento horizontal se produzca un desplazamiento vertical de 19 mm como establece la norma *API 650*.

De manera que el ángulo mínimo del cono será de:

$$\theta_{\text{cono}} = \arctg\left(\frac{19}{305}\right) \quad [\text{A. 7.2.}]$$

De manera que la altura interior del cono será de:

$$H_{i\text{cono}} = \frac{D}{2} \cdot \tan(\theta_{\text{cono}}) \quad [\text{A. 7.3.}]$$

TablaXXII:

Resultados del cono de los espesadores.

$t_{\text{cono}} \text{ (mm)}$	θ_{cono}	$H_{i\text{cono}} \text{ (m)}$
4,8	3,564°	0,44

La altura real, teniendo en cuenta el espesor del techo será de:

$$H_{\text{ext}} = 0,44 + 4,8 \cdot 10^{-3} = 0,4448 \text{ m}$$

Las columnas para soportar la estructura del techo se seleccionan a partir de perfiles estructurales, o puede usarse tubería de acero. Cuando se usa tubería de acero, debe proveerse ésta de drenes y venteos; la base de la misma será provista de topes soldados al fondo para prevenir desplazamientos laterales. Aclarar que no se entrará en el diseño de estas estructuras.

Las uniones de la estructura deben estar debidamente ensambladas mediante tornillos, remaches o soldadura, para evitar que las uniones puedan tener movimientos no deseados.

Volumen del techo.

Al tener el techo una geometría cónica, su volumen será:

$$V_{\text{cono}} = \pi \cdot \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot H_{\text{cono}}}{3} \quad [\text{A. 7.4.}]$$

Donde:

D: Es el diámetro del tanque 14 m.

H_{cono}: Altura del cono 0,44m.

Sustituyendo y operando se obtiene que el volumen del cono será:

$$V_{\text{cono}} = 22,58 \text{ m}^3$$

Volumen del cono de drenaje.

En función del diámetro del tanque, se puede calcular la altura del cono de drenaje sabiendo que existe una pendiente del 1 %.

$$H_{\text{cono}} = \frac{1}{100} \cdot \frac{D_{\text{Tanque}}}{2}$$

[A. 7.5.]

Dando un valor de: $H_{\text{cono}} = 0,07 \text{ m}$

Con esta altura y aplicando la expresión anterior, es posible estimar el volumen de este cono, por lo que:

$$V_{\text{cono}} = 3,59 \text{ m}^3$$

Altura total del tanque.

Será el resultado de sumar la altura de la envolvente y la altura exterior del techo cónico.

$$H_{\text{Total}} = H_{\text{Carcasa}} + H_{\text{Ext del cono}}$$

[A. 7.6.]

$$H_{\text{total}} = 25,44 \text{ m}$$

ALMACENAMIENTO DE FANGOS.

Para el diseño de su cubrición, realizaremos el mismo procedimiento que para los espesadores.

El espesor de la chapa estará condicionado por un factor de corrosión (C), que depende de la vida media del recipiente.

El cual corresponde a 5 milésimas de pulgada al año para una vida media del tanque de 10 años según la Tabla XXI. De manera que:

$$C = 10 \text{ años } (0,005 \text{ in/año}) = 0,05 \text{ in} = 1,27 \text{ mm}$$

Espesor del techo.

Si el diámetro del tanque no es mayor de 12,192 m el techo estará autosoportado, en caso contrario requiere de apoyo. En este caso el techo será cónico soportado por unidades externas ya que el diámetro del recipiente es mayor de 12,192 m.

Este tipo de techo generalmente se usa en tanques de gran diámetro como este. Consisten en un cono formado a partir de placas soldadas al traslape soportada por una estructura.

El espesor requerido para los techos es inferior al del resto del recipiente, ya que no está sometido al mismo desgaste, por lo que se puede asumir que:

$$t_{\text{cono}} = t_{\text{carcasa}} - \frac{C}{2}$$

[A. 7.7.]

$$t_{\text{cono}} = 4,365 \text{ mm}$$

El espesor de la carcasa no se encuentra dentro del margen asumible por el techo cónico, ya que éste ha de tener un espesor mínimo de 4,8 mm y máximo de 12,7 mm. Por eso se asume como espesor del techo 4,8 mm.

Si no existe especificaciones propias del usuario se recomienda que la pendiente del cono sea de 19 mm cada 305 mm, es decir, que cada 305 mm de desplazamiento horizontal se produzca un desplazamiento vertical de 19 mm como establece la norma *API 650*.

De manera que el ángulo mínimo del cono será de:

$$\theta_{\text{cono}} = \arctg\left(\frac{19}{305}\right)$$

[A. 7.8.]

De manera que la altura interior del cono será de:

$$H_{i\text{cono}} = \frac{D}{2} \cdot \tan(\theta_{\text{cono}})$$

[A. 7.9.]

TablaXXIII:

Resultados del cono del almacenamiento de fangos.

t_{cono} (mm)	Θ_{cono}	H_{cono} (m)
4,8	3,564°	0,53

La altura real, teniendo en cuenta el espesor del techo será de:

$$H_{\text{ext}} = 0,53 + 4,8 \cdot 10^{-3} = 0,5348 \text{ m}$$

Las columnas para soportar la estructura del techo se seleccionan a partir de perfiles estructurales, o puede usarse tubería de acero. Cuando se usa tubería de acero, debe proveerse ésta de drenes y venteos; la base de la misma será provista de topes soldados al fondo para prevenir desplazamientos laterales. Aclarar que no se entrará en el diseño de estas estructuras.

Las uniones de la estructura deben estar debidamente ensambladas mediante tornillos, remaches o soldadura, para evitar que las uniones puedan tener movimientos no deseados.

Volumen del techo.

Al tener el techo una geometría cónica, su volumen será:

$$V_{\text{cono}} = \pi \cdot \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot H_{\text{cono}}}{3}$$

[A. 7.10.]

Donde:

D: Es el diámetro del tanque 14 m.

H_{cono}: Altura del cono 0,44m.

Sustituyendo y operando se obtiene que el volumen del cono será:

$$V_{\text{cono}} = 40,1 \text{ m}^3$$

Volumen del cono de drenaje.

En función del diámetro del tanque, se puede calcular la altura del cono de drenaje sabiendo que existe una pendiente del 1 %.

$$H_{\text{cono}} = \frac{1}{100} \cdot \frac{D_{\text{tanque}}}{2} \quad [\text{A. 7.11.}]$$

Dando un valor de: H_{cono} = 0,085 m

Con esta altura y aplicando la expresión anterior, es posible estimar el volumen de este cono, por lo que:

$$V_{\text{cono}} = 6,43 \text{ m}^3$$

Altura total del tanque.

Será el resultado de sumar la altura de la envolvente y la altura exterior del techo cónico.

$$H_{Total} = H_{Carcasa} + H_{Ext\ del\ cono}$$

[A. 7.12.]

$$H_{total} = 11,33\ m$$

ANEXO 8. TABLAS Y GRÁFICAS.

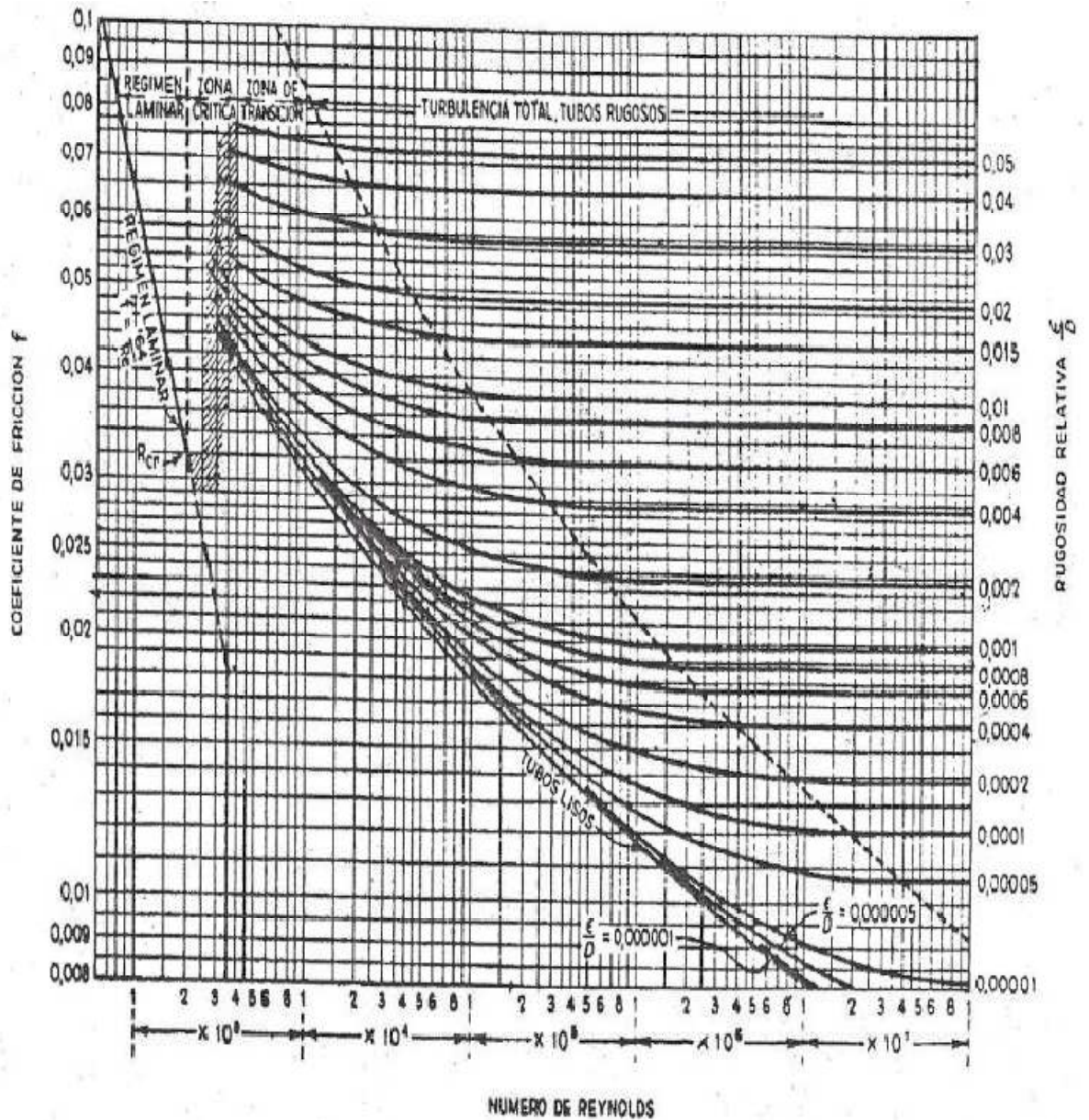


Figura A. 1: Gráfica de Moody.
(Rase H.F., 2.000).

Tabla A. I:
Características normalizadas de los tubos (I).
(Normas ANSI)

Tamaño nominal, diámetro externo (in.)	Número de filete (Sch.)			Espesor de pared (in.)	Diámetro interno (in.)	Área de flujo (in ²)	Área de la sección (metal) (in ²)	Superficie externa (pie ² /pie)	Superficie interna (pie ² /pie)	Peso por pie (lb.)	Peso del agua por pie (lb.)	Momento de inercia (in ⁴)	Módulo resistente (in ³)	Radio de giro (in.)
	a	b	c											
3/8 0.406	—	—	10S	0.019	0.307	0.0740	0.0548	0.106	0.0804	0.186	0.0321	0.00088	0.00437	0.1271
	40	Std	40S	0.038	0.269	0.0565	0.0720	0.106	0.0705	0.215	0.0346	0.00105	0.00525	0.1215
	80	XS	80S	0.075	0.215	0.0304	0.0925	0.106	0.0503	0.315	0.0157	0.00192	0.00806	0.1146
1/2 0.540	—	—	10S	0.035	0.410	0.1320	0.0970	0.141	0.1073	0.330	0.0372	0.00279	0.01033	0.1691
	40	Std	40S	0.038	0.364	0.1041	0.1250	0.141	0.0855	0.425	0.0451	0.00331	0.01236	0.1639
	80	XS	80S	0.119	0.302	0.0716	0.1574	0.141	0.0794	0.535	0.0210	0.00378	0.01335	0.1547
5/8 0.625	—	—	10S	0.035	0.545	0.2333	0.1246	0.177	0.1427	0.423	0.1011	0.00580	0.01737	0.2159
	40	Std	40S	0.031	0.493	0.1910	0.1670	0.177	0.1205	0.508	0.0827	0.00730	0.02159	0.2090
	80	XS	80S	0.120	0.433	0.1405	0.2173	0.177	0.1106	0.739	0.0609	0.00862	0.02555	0.1991
1 0.840	—	—	10S	0.053	0.674	0.357	0.1974	0.220	0.1785	0.671	0.1547	0.01431	0.0341	0.2692
	40	Std	40S	0.139	0.622	0.304	0.2603	0.220	0.1628	0.851	0.1316	0.01710	0.0407	0.2613
	80	XS	80S	0.147	0.540	0.2349	0.320	0.220	0.1433	1.688	0.1013	0.02010	0.0478	0.2505
	160	—	—	0.157	0.400	0.1706	0.383	0.220	0.1220	1.304	0.0740	0.02913	0.0627	0.247
—	—	XXS	—	0.294	0.252	0.9499	0.304	0.220	0.0680	1.714	0.0216	0.02425	0.0577	0.21
1 1/4 1.050	—	—	5S	0.065	0.920	0.665	0.2611	0.275	0.2409	0.684	0.2832	0.02461	0.0467	0.340
	—	—	10S	0.083	0.884	0.614	0.2921	0.275	0.2314	0.857	0.2661	0.0270	0.0566	0.343
	40	Std	40S	0.113	0.824	0.533	0.333	0.275	0.2157	1.131	0.2301	0.0370	0.0706	0.331
	80	XS	80S	0.154	0.742	0.432	0.435	0.275	0.1943	1.474	0.1875	0.0448	0.0863	0.321
	160	—	—	0.218	0.614	0.2961	0.570	0.275	0.1607	1.937	0.1254	0.0527	0.1004	0.304
—	—	XXS	—	0.308	0.434	0.1470	0.718	0.275	0.1137	2.441	0.0344	0.0579	0.1104	0.2640
1 1.315	—	—	5S	0.065	1.185	1.103	0.2553	0.344	0.310	0.368	0.478	0.0590	0.0600	0.443
	—	—	10S	0.109	1.097	0.945	0.413	0.344	0.2572	1.404	0.430	0.0757	0.1151	0.428
	40	Std	40S	0.133	1.019	0.864	0.404	0.344	0.2748	1.679	0.374	0.0874	0.1329	0.421
	80	XS	80S	0.179	0.957	0.719	0.539	0.344	0.2520	2.172	0.311	0.1056	0.1806	0.407
	160	—	—	0.250	0.815	0.522	0.836	0.344	0.2134	2.844	0.2261	0.1232	0.1903	0.387
—	—	XXS	—	0.358	0.590	0.2818	1.076	0.344	0.1570	3.655	0.1221	0.1405	0.2137	0.361
1 1/2 1.680	—	—	5S	0.065	1.530	1.836	0.328	0.434	0.401	1.107	0.707	0.1038	0.1256	0.564
	—	—	10S	0.109	1.442	1.633	0.531	0.434	0.378	1.805	0.707	0.1635	0.1834	0.550
	40	Std	40S	0.140	1.389	1.490	0.669	0.434	0.361	2.273	0.618	0.1948	0.2346	0.540
	80	XS	80S	0.191	1.278	1.282	0.881	0.434	0.336	2.997	0.555	0.2418	0.2813	0.524
	160	—	—	0.250	1.150	1.057	1.107	0.434	0.304	3.765	0.458	0.2839	0.242	0.506
—	—	XXS	—	0.382	0.836	0.631	1.534	0.434	0.2340	5.214	0.2732	0.341	0.411	0.472
1 3/4 1.900	—	—	5S	0.065	1.770	2.461	0.375	0.497	0.465	1.274	1.067	0.1580	0.1663	0.649
	—	—	10S	0.109	1.682	2.225	0.613	0.497	0.440	2.085	0.902	0.2469	0.2599	0.634

* Ver nota en la parte superior de la tabla para las definiciones de las columnas a, b y c.

Tabla A. II:
Características normalizadas de los tubos (II).
(Normas ANSI).

Tamaño nominal, diámetro externo (in)	Número de lista (Sch.)			Espesor de pared (in)	Diámetro interno (in)	Área de flujo (in²)	Área de la sección (metal) (in²)	Superficie externa (pie²/pie)	Superficie interna (pie²/pie)	Peso por pie (lb.)	Peso del agua por pie (lb.)	Momento de inercia (in⁴)	Módulo resistente (in³)	Radio de giro (in)
	a	b	c											
1 1/2 1.500	40	Std	40S	0.145	1.610	2.030	0.798	0.497	0.491	9.718	0.881	0.319	0.326	0.673
	80	XS	80S	0.200	1.500	1.767	1.068	0.497	0.393	9.031	0.765	0.391	0.412	0.685
	160	—	—	0.281	1.338	1.400	1.429	0.497	0.330	4.659	0.608	0.483	0.508	0.581
	—	XXS	—	0.400	1.100	0.950	1.885	0.497	0.238	5.408	0.412	0.568	0.598	0.549
2 2.075	—	—	5S	0.061	2.245	3.90	0.472	0.622	0.585	1.094	1.714	0.315	0.2852	0.817
	—	—	10S	0.103	2.157	3.05	0.776	0.622	0.585	2.638	1.581	0.409	0.429	0.802
	40	Std	40S	0.154	2.067	3.36	1.075	0.622	0.541	3.659	1.454	0.665	0.561	0.737
	80	XS	80S	0.217	1.930	2.953	1.477	0.622	0.489	5.022	1.280	0.803	0.721	0.716
2 1/2 2.625	160	—	—	0.343	1.689	2.240	2.190	0.622	0.362	7.444	0.871	1.188	0.679	0.729
	—	XXS	—	0.436	1.503	1.774	2.656	0.622	0.293	9.020	0.760	1.312	1.104	0.733
	—	—	5S	0.083	2.700	5.78	0.728	0.753	0.709	2.475	2.439	0.710	0.494	0.958
	—	—	10S	0.120	2.602	5.46	1.030	0.753	0.690	3.531	2.361	0.988	0.687	0.975
3 3.500	40	Std	40S	0.203	2.460	4.79	1.704	0.753	0.646	5.793	3.075	1.530	1.064	0.9
	80	XS	80S	0.276	2.323	4.24	2.254	0.753	0.609	7.461	1.832	1.925	1.399	0.8
	160	—	—	0.375	2.125	3.55	2.945	0.753	0.450	10.61	1.535	2.323	1.037	0.894
	—	XXS	—	0.522	1.771	2.404	4.03	0.753	0.464	13.70	1.067	2.872	1.908	0.844
3 1/2 3.500	—	—	5S	0.053	3.324	8.73	0.891	0.916	0.873	3.03	3.78	1.301	0.744	1.506
	—	—	10S	0.120	3.260	8.25	1.274	0.916	0.858	4.33	3.81	1.822	1.091	1.396
	40	Std	40S	0.216	3.065	7.39	2.228	0.916	0.803	7.58	3.20	3.02	1.724	1.164
	80	XS	80S	0.300	2.900	6.61	3.02	0.916	0.759	10.25	2.864	3.04	2.228	1.136
4 4.500	160	—	—	0.437	2.626	5.42	4.21	0.916	0.687	14.32	2.348	5.04	2.876	1.094
	—	XXS	—	0.600	2.300	4.15	5.47	0.916	0.602	18.55	1.864	5.99	3.43	1.047
	—	—	5S	0.088	3.924	11.55	1.021	1.047	1.004	3.47	5.01	1.960	0.880	1.385
	—	—	10S	0.120	3.750	11.10	1.463	1.047	0.954	4.97	4.81	2.736	1.378	1.372
4 1/2 4.500	40	Std	40S	0.226	3.448	9.39	2.080	1.047	0.929	9.11	4.25	4.79	2.394	1.337
	80	XS	80S	0.318	3.364	8.89	3.05	1.047	0.881	12.51	3.81	5.23	3.14	1.291
	—	—	5S	0.033	4.304	14.73	1.159	1.178	1.125	3.92	6.48	2.841	1.340	1.562
	—	—	10S	0.120	4.260	14.25	1.851	1.178	1.115	5.61	6.17	3.26	1.702	1.349
5 5.565	40	Std	40S	0.237	4.020	12.73	3.17	1.178	1.054	10.70	5.51	7.29	2.21	1.510
	80	XS	80S	0.337	3.826	11.50	4.41	1.178	1.002	14.96	4.96	9.61	4.27	1.377
	120	—	—	0.447	3.620	10.33	5.68	1.178	0.949	18.96	4.45	11.65	5.18	1.145
	160	—	—	0.533	3.438	9.28	6.63	1.178	0.900	22.51	4.02	13.27	5.60	1.116
5 1/2 5.565	—	XXS	—	0.674	3.152	7.60	8.10	1.178	0.825	27.54	3.33	15.29	6.79	1.074
	—	—	5S	0.109	5.345	22.44	1.858	1.456	1.390	6.35	9.73	6.65	2.488	1.929
	—	—	10S	0.131	5.293	22.02	2.285	1.456	1.389	7.77	9.58	6.43	2.63	1.7
	40	Std	40S	0.238	5.047	20.01	4.20	1.456	1.321	14.62	8.66	15.17	5.45	1.5
6 6.625	80	XS	80S	0.275	4.813	18.19	6.11	1.456	1.260	20.78	7.89	20.05	7.43	1.529
	120	—	—	0.330	4.563	16.36	7.95	1.456	1.195	27.04	7.09	25.74	9.35	1.399
	160	—	—	0.425	4.313	14.61	9.70	1.456	1.120	32.86	6.23	30.0	10.30	1.260
	—	XXS	—	0.750	4.063	12.97	11.34	1.456	1.064	38.55	5.62	33.4	12.10	1.222
6 1/2 6.625	—	—	5S	0.109	6.407	32.2	2.231	1.734	1.677	5.37	13.18	11.85	3.58	2.304
	—	—	10S	0.134	6.357	31.7	2.723	1.734	1.664	6.29	13.14	14.40	4.35	2.295
	40	Std	40S	0.280	6.052	28.80	5.58	1.734	1.588	18.97	12.31	26.14	8.50	2.240
	80	XS	80S	0.432	5.761	26.07	8.40	1.734	1.508	28.57	11.29	40.5	12.23	2.195
8 8.625	120	—	—	0.532	5.501	23.77	10.70	1.734	1.440	36.39	10.33	49.3	14.98	2.153
	160	—	—	0.718	5.181	21.15	13.33	1.734	1.358	48.30	9.18	59.0	17.81	2.104
	—	XXS	—	0.854	4.895	18.83	16.64	1.734	1.292	53.10	8.17	66.3	20.03	2.060
	—	—	5S	0.109	8.407	55.5	2.975	2.258	2.201	4.91	24.67	28.45	6.13	3.01
8 1/2 8.625	—	—	10S	0.148	8.329	54.5	3.94	2.258	2.180	11.40	23.69	35.4	8.21	3.00
	20	—	—	0.150	8.124	51.8	6.58	2.258	2.137	21.30	23.25	37.7	13.50	2.862
	30	—	—	0.177	8.07	51.2	7.20	2.258	2.113	24.70	22.18	63.4	14.69	2.953
	40	Std	40S	0.222	7.85	50.0	8.40	2.258	2.089	28.55	21.39	72.5	16.81	2.838
8 1/2 8.625	80	—	—	0.408	7.813	47.0	10.48	2.258	2.045	35.64	20.79	88.8	20.59	2.909
	100	XS	100S	0.500	7.525	45.7	13.76	2.258	1.998	41.39	19.59	107.7	24.32	2.876

* Ver nota al comienzo de la tabla para las definiciones de las columnas a, b y c.

Tabla A. III:
Características normalizadas de los tubos (III).
(Normas ANSI).

Tamaño nominal, diámetro externo (in)	Número de lista (Sel.)			Espesor de pared (in)	Diámetro interno (in)	Área de flujo (in ²)	Área de la sección (metal) (in ²)	Superficie externa (pie ² /pie)	Superficie interna (pie ² /pie)	Peso por pie (lb.)	Peso del agua por pie (lb.)	Momento de inercia (in ⁴)	Módulo resistente (in ³)	Radio de giro (in)
	a	b	c											
8 8.625	100	---	---	0.503	7.429	43.5	14.96	2.258	1.948	50.57	18.51	121.4	28.19	2.847
	120	---	---	0.718	7.189	40.5	17.84	2.258	1.882	60.63	17.60	140.6	32.6	2.807
	140	---	---	0.812	7.001	38.5	19.53	2.258	1.823	67.76	16.09	153.8	35.7	2.777
	---	XXS	---	0.875	6.875	37.1	21.50	2.258	1.800	72.42	16.09	162.0	37.6	2.757
	180	---	---	0.505	6.815	36.5	21.07	2.258	1.784	74.69	15.80	165.9	38.5	2.748
10 10.375	---	---	5S	0.134	10.482	80.5	4.52	2.815	2.744	15.15	37.4	63.7	11.55	3.75
	---	---	10S	0.165	10.420	80.3	4.49	2.815	2.728	18.70	36.9	76.9	14.30	3.74
	20	---	---	0.290	10.200	82.5	8.20	2.815	2.683	28.04	35.8	113.7	21.16	3.71
	---	---	---	0.279	10.192	81.0	9.18	2.815	2.688	31.20	35.2	125.9	23.42	3.70
	---	---	---	0.307	10.136	80.7	10.07	2.815	2.654	34.24	35.0	137.5	25.57	3.68
	30	Std	40S	0.365	10.020	78.0	11.91	2.815	2.623	40.48	34.1	160.8	29.90	3.67
	40	XS	80S	0.500	9.750	74.2	16.10	2.815	2.553	54.74	32.3	212.0	39.4	3.63
	60	---	---	0.503	9.564	71.8	18.62	2.815	2.504	64.33	31.1	244.9	45.6	3.60
	80	---	---	0.718	9.314	68.1	22.63	2.815	2.438	76.93	29.5	286.2	53.2	3.56
	100	---	---	0.843	9.004	64.5	26.94	2.815	2.373	89.20	28.0	324	60.3	3.50
120	---	---	1.000	8.730	60.1	30.9	2.815	2.291	104.18	26.1	368	69.4	3.47	
140	---	---	1.125	8.500	56.7	34.0	2.815	2.225	115.65	24.0	399	74.3	3.43	
12 12.750	---	---	5S	0.105	12.420	121.2	6.53	3.34	3.29	19.56	52.5	129.2	20.27	4.45
	---	---	10S	0.180	12.300	120.6	7.11	3.34	3.24	24.20	52.2	140.5	22.03	4.44
	20	---	---	0.290	12.250	117.9	9.84	3.34	3.21	33.38	51.1	191.9	30.1	4.42
	30	---	---	0.330	12.090	114.8	12.88	3.34	3.17	43.77	49.7	248.5	36.0	4.39
	---	Std	40S	0.375	12.000	113.1	14.58	3.34	3.14	49.56	49.0	279.3	42.6	4.38
	40	---	---	0.406	11.938	111.9	15.74	3.34	3.13	55.58	48.5	300	47.1	4.37
	---	XS	80S	0.600	11.730	108.4	19.24	3.34	3.08	65.42	47.0	362	57.7	4.35
	60	---	---	0.582	11.625	106.2	21.52	3.34	3.04	73.16	46.0	401	61.8	4.31
	80	---	---	0.687	11.376	101.6	26.04	3.34	2.975	83.51	44.0	475	74.5	4.27
	100	---	---	0.843	11.064	96.1	31.5	3.34	2.897	107.20	41.6	562	86.1	4.22
120	---	---	1.000	10.750	90.8	36.9	3.34	2.814	125.49	39.3	642	100.7	4.17	
140	---	---	1.125	10.500	86.6	41.1	3.34	2.749	139.68	37.5	701	106.9	4.13	
160	---	---	1.312	10.120	80.5	47.1	3.34	2.651	160.27	34.9	781	126.6	4.07	
14 15.000	10	---	---	0.290	13.500	143.1	10.80	3.67	3.63	30.71	62.1	255.4	36.5	4.86
	20	---	---	0.312	13.376	140.5	13.42	3.67	3.50	45.08	60.9	314	44.9	4.84
	30	Std	---	0.375	13.250	137.9	16.05	3.67	3.47	54.57	59.7	373	51.3	4.82
	40	---	---	0.437	13.126	135.3	18.62	3.67	3.44	63.37	58.7	429	6.2	4.80
	---	XS	---	0.500	13.000	132.7	21.21	3.67	3.40	72.09	57.5	484	69.1	4.78
	---	---	---	0.562	12.876	130.2	23.73	3.67	3.37	80.66	56.5	537	76.7	4.76
	60	---	---	0.583	12.814	129.0	24.95	3.67	3.35	84.91	55.9	562	80.3	4.7
	---	---	---	0.625	12.750	127.7	26.26	3.67	3.34	89.28	55.3	589	84.1	4.69
	---	---	---	0.687	12.420	125.2	29.73	3.67	3.31	97.68	54.3	638	91.2	4.71
	80	---	---	0.730	12.300	122.7	31.2	3.67	3.27	106.13	53.2	687	98.2	4.69
100	---	---	0.825	12.250	117.9	36.1	3.67	3.21	122.66	51.1	781	111.5	4.65	
120	---	---	0.937	12.126	115.5	38.5	3.67	3.17	130.73	50.0	825	117.8	4.63	
140	---	---	1.093	11.814	109.6	44.3	3.67	3.09	150.67	47.5	930	132.8	4.58	
160	---	---	1.250	11.500	103.9	50.1	3.67	3.01	170.22	45.0	1127	145.8	4.53	
180	---	---	1.406	11.188	98.3	56.6	3.67	2.920	189.12	42.6	1317	159.6	4.48	
16 16.000	10	---	---	0.250	15.500	188.7	12.37	4.19	4.06	42.05	81.8	384	45.0	5.67
	20	---	---	0.312	15.376	185.7	15.38	4.19	4.03	60.98	80.6	473	52.9	5.66
	30	Std	---	0.375	15.250	182.6	18.41	4.19	3.99	82.58	79.1	562	70.3	5.63
	---	---	---	0.437	15.126	179.7	21.37	4.19	3.96	92.54	77.9	648	80.9	5.60
	40	XS	---	0.500	15.000	176.7	24.35	4.19	3.93	102.77	76.6	732	91.5	5.58
	---	---	---	0.562	14.876	173.8	27.28	4.19	3.89	112.66	75.4	813	102.6	5.56
	---	---	---	0.625	14.750	170.9	30.2	4.19	3.86	122.63	74.1	894	112.2	5.54
	60	---	---	0.656	14.688	169.4	31.6	4.19	3.85	127.50	73.4	933	116.6	5.53
	---	---	---	0.687	14.626	168.0	33.0	4.19	3.83	132.38	72.7	971	121.4	5.52
	---	---	---	0.750	14.500	165.1	35.9	4.19	3.80	142.19	71.6	1047	130.9	5.49
80	---	---	0.843	14.314	160.9	40.1	4.19	3.75	156.46	69.7	1157	144.6	5.37	

* Ver nota al comienzo de la tabla para las definiciones de las columnas a, b y c.

Tabla A. IV:
Características normalizadas de los tubos (IV).
(Normas ANSI).

Tamaño nominal, diámetro externo (in)	Número de líneas (Sch.)			Espesor de pared (in)	Diámetro interno (in)	Área de flujo (in ²)	Área de la sección (cuad) (in ²)	Superficie externa (pie ² /pie)	Superficie interna (pie ² /pie)	Peso por pie (lb)	Resistencia a la tracción (lb)	Momento de inercia (in ⁴)	Módulo de resistencia (in ³)	Radio de giro (in)
	a	b	c											
10 (6.000)	10	—	—	0.875	14.250	159.5	11.8	4.19	3.73	141.35	62.1	1198	104.1	3.35
	125	—	—	1.031	13.938	152.6	48.5	4.19	3.65	104.83	62.1	1316	176.6	5.30
	140	—	—	1.218	13.504	144.5	30.0	4.22	3.55	109.20	62.6	1216	104.6	6.94
	140	—	—	1.437	13.126	135.3	30.7	4.22	3.44	223.50	55.6	1760	220.0	5.17
	160	—	—	1.583	12.814	129.0	22.1	4.22	3.35	245.11	51.9	1894	236.7	6.12
18 (18.000)	10	—	—	0.250	17.500	240.5	13.94	4.71	4.58	47.39	104.3	549	61.0	6.28
	20	—	—	0.312	17.376	237.1	17.34	4.71	4.55	69.03	105.9	673	75.4	6.25
	—	Sch 40	—	0.375	17.250	233.7	20.76	4.71	4.52	70.59	101.2	807	89.6	6.23
	—	—	—	0.437	17.126	230.4	24.11	4.71	4.48	82.06	96.9	931	103.4	6.21
	30	—	XS	0.500	17.000	227.0	27.49	4.71	4.45	93.45	98.4	1054	117.0	6.19
	40	—	—	0.562	16.876	223.7	30.8	4.71	4.42	104.75	97.0	1177	130.2	6.17
	—	—	—	0.625	16.750	220.5	34.1	4.71	4.39	116.06	93.5	1281	143.1	6.15
	—	—	—	0.687	16.626	217.1	37.4	4.71	4.36	127.33	91.1	1403	156.3	6.13
	60	—	—	0.750	16.500	213.8	40.6	4.71	4.33	138.57	92.7	1515	168.3	6.10
	—	—	—	0.875	16.250	207.4	47.1	4.71	4.26	160.04	89.9	1791	192.0	6.1
	80	—	—	0.937	16.126	204.2	50.2	4.71	4.22	170.75	88.5	1894	203.6	6.0
100	—	—	1.150	15.626	193.3	61.9	4.71	4.11	207.98	81.7	2161	242.2	5.97	
120	—	—	1.375	15.250	182.6	71.8	4.71	3.99	244.14	79.2	2494	277.1	5.90	
140	—	—	1.582	14.876	173.8	80.7	4.71	3.89	274.23	73.3	2739	300	5.84	
160	—	—	1.781	14.438	163.7	90.7	4.71	3.78	308.5	71.0	3023	336	5.77	
20 (20.000)	10	—	—	0.250	19.500	298.0	15.71	5.24	5.11	82.73	129.3	732	76.1	6.98
	—	—	—	0.312	19.376	294.9	19.30	5.24	5.07	68.49	128.1	935	93.0	6.96
	20	Sch 40	—	0.375	19.250	291.0	23.12	5.24	5.04	75.06	126.0	1114	111.4	6.94
	—	—	—	0.437	19.126	287.3	26.86	5.24	5.01	91.8	121.6	1285	128.6	6.92
	30	XS	—	0.500	19.000	283.5	30.6	5.24	4.97	104.13	122.8	1457	145.7	6.90
	—	—	—	0.562	18.876	279.6	34.3	5.24	4.94	116.07	121.3	1621	169.4	6.88
	40	—	—	0.562	18.814	278.0	38.2	5.24	4.93	122.01	120.4	1708	170.4	6.86
	—	—	—	0.625	18.750	276.1	42.0	5.24	4.91	129.33	119.7	1787	178.7	6.85
	—	—	—	0.687	18.626	273.3	45.7	5.24	4.89	141.91	116.1	1946	194.6	6.83
	60	—	—	0.750	18.500	269.8	49.4	5.24	4.84	154.29	116.5	2105	210.5	6.81
	—	—	—	0.812	18.376	265.9	53.0	5.24	4.81	166.63	114.0	2237	223.7	6.79
	80	—	—	0.875	18.250	261.6	56.6	5.24	4.78	178.71	111.4	2409	240.9	6.77
	—	—	—	1.031	17.938	252.7	61.1	5.24	4.70	208.87	109.4	2732	273.2	6.72
	100	—	—	1.281	17.438	238.8	75.3	5.24	4.57	260.12	106.4	3520	338	6.66
	120	—	—	1.400	17.000	227.0	87.2	5.24	4.45	296.37	98.3	3700	370	6.56
140	—	—	1.582	16.500	213.2	100.3	5.24	4.32	341.13	92.6	4220	422	6.48	
160	—	—	1.665	16.064	202.7	111.5	5.24	4.21	379.00	87.9	4570	450	6.4	
24 (24.000)	10	—	—	0.250	21.500	434	18.05	6.28	6.16	63.43	184.0	1310	189.6	8.1
	—	—	—	0.312	21.376	430	23.20	6.28	6.12	78.16	181.1	1609	135.4	8.08
	20	Sch 40	—	0.375	21.250	425	27.83	6.28	6.09	94.62	183.8	1913	161.9	8.05
	—	—	—	0.437	21.126	420	32.4	6.28	6.06	109.16	182.1	2210	187.4	8.03
	—	XS	—	0.500	21.000	415	36.9	6.28	6.02	125.40	180.1	2510	212.1	8.01
	30	—	—	0.562	20.876	411	41.4	6.28	5.99	140.90	178.1	2810	237.1	8.0
	—	—	—	0.625	20.750	406	45.9	6.28	5.96	159.03	176.2	3110	261.1	8.07
	40	—	—	0.687	20.626	400	50.3	6.28	5.92	171.17	174.3	3410	285.3	8.05
	—	—	—	0.750	20.500	395	54.8	6.28	5.89	180.24	172.4	3710	309	8.02
	60	—	—	0.938	20.064	380	70.0	6.28	5.78	238.11	165.8	4650	398	8.15
	80	—	—	1.218	21.504	362	87.2	6.28	5.65	306.30	158.3	5870	473	8.07
100	—	—	1.531	20.938	344	108.1	6.28	5.48	367.40	149.3	6850	571	7.96	
120	—	—	1.812	20.376	326	126.3	6.28	5.32	430.50	141.4	7890	672	7.87	
140	—	—	2.032	19.876	310	142.1	6.28	5.20	483.48	134.5	8690	710	7.79	
160	—	—	2.313	19.314	293	159.4	6.28	5.06	541.14	127.0	9430	759	7.70	
30 (30.000)	10	—	—	0.312	29.376	678	29.1	7.85	7.60	98.13	213.8	3210	214	10.50
	20	—	—	0.500	29.000	651	46.3	7.85	7.30	137.33	206.3	5040	326	10.43
	30	—	—	0.625	28.750	625	57.6	7.85	7.00	190.18	201.5	6220	415	10.30

* Ver nota al comienzo de la tabla para las definiciones de las columnas a, b y c.

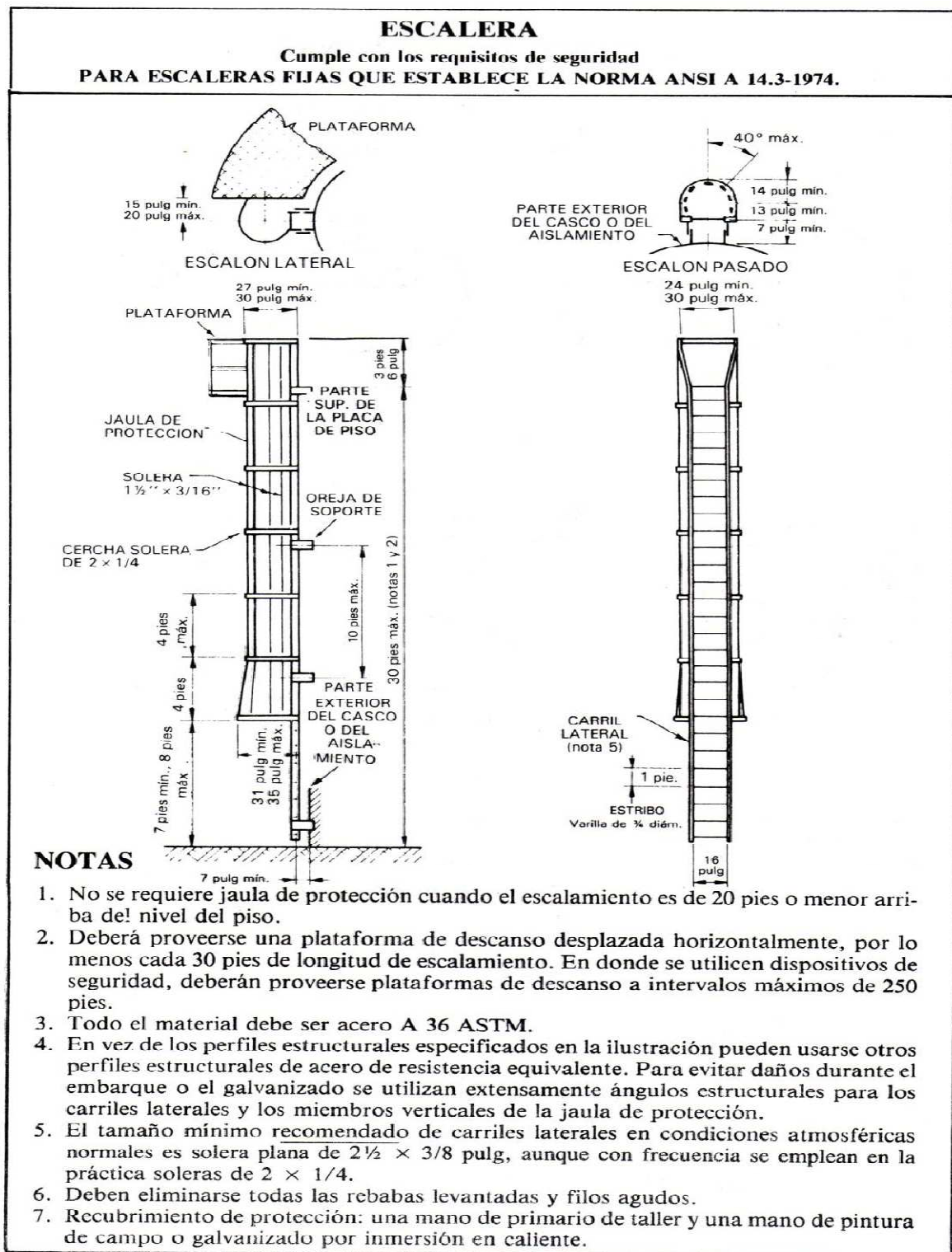


Figura A. 2: Diagrama de la escalerilla.
(Megsey, 2.001).

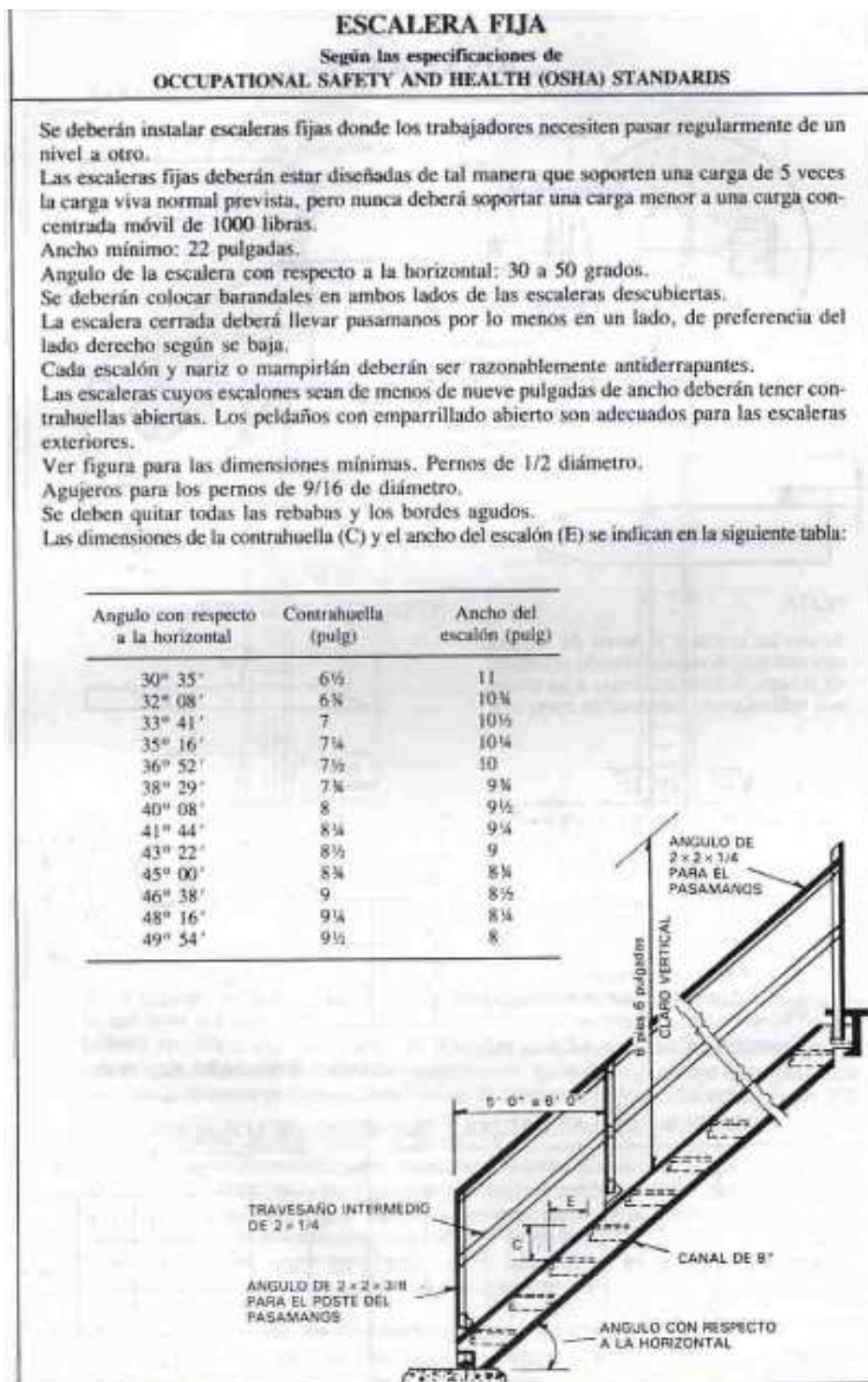


Figura A. 3: Escalera fija.
(Megsey, 2.001).

Tabla A. V:
Tipos de juntas soldadas.
(Megsey, 2.001).

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12	EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es:	a. Radiografía total-mente		
		b. Ensayada por zonas	c. No Examinada	
<p>1</p> 	<p>Junta a tope hecha por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la placa. Si se emplea placa de respaldos, debe quitarse esta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
<p>2</p>  <p>Las juntas se inspeccionan cuidadosamente</p>	<p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldos que queda en su lugar después de soldar.</p>	0.80	0.80	0.65
<p>3</p> 	<p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldos.</p>	-	-	0.60
<p>4</p> 	<p>Junta a traslape de doble filete completo.</p>	-	-	0.55
<p>5</p> 	<p>Junta a traslape de un solo filete con un filete con soldadura de tapón.</p>	-	-	0.50
<p>6</p> 	<p>Junta a traslape de un solo filete completo sin soldadura de tapón.</p>	-	-	0.45

Tabla A.VI:
 Velocidades típicas de circulación de gases.
 (Branan, Carl R., 3ª Edición).

Typical Design Vapor Velocities* (ft./sec.)

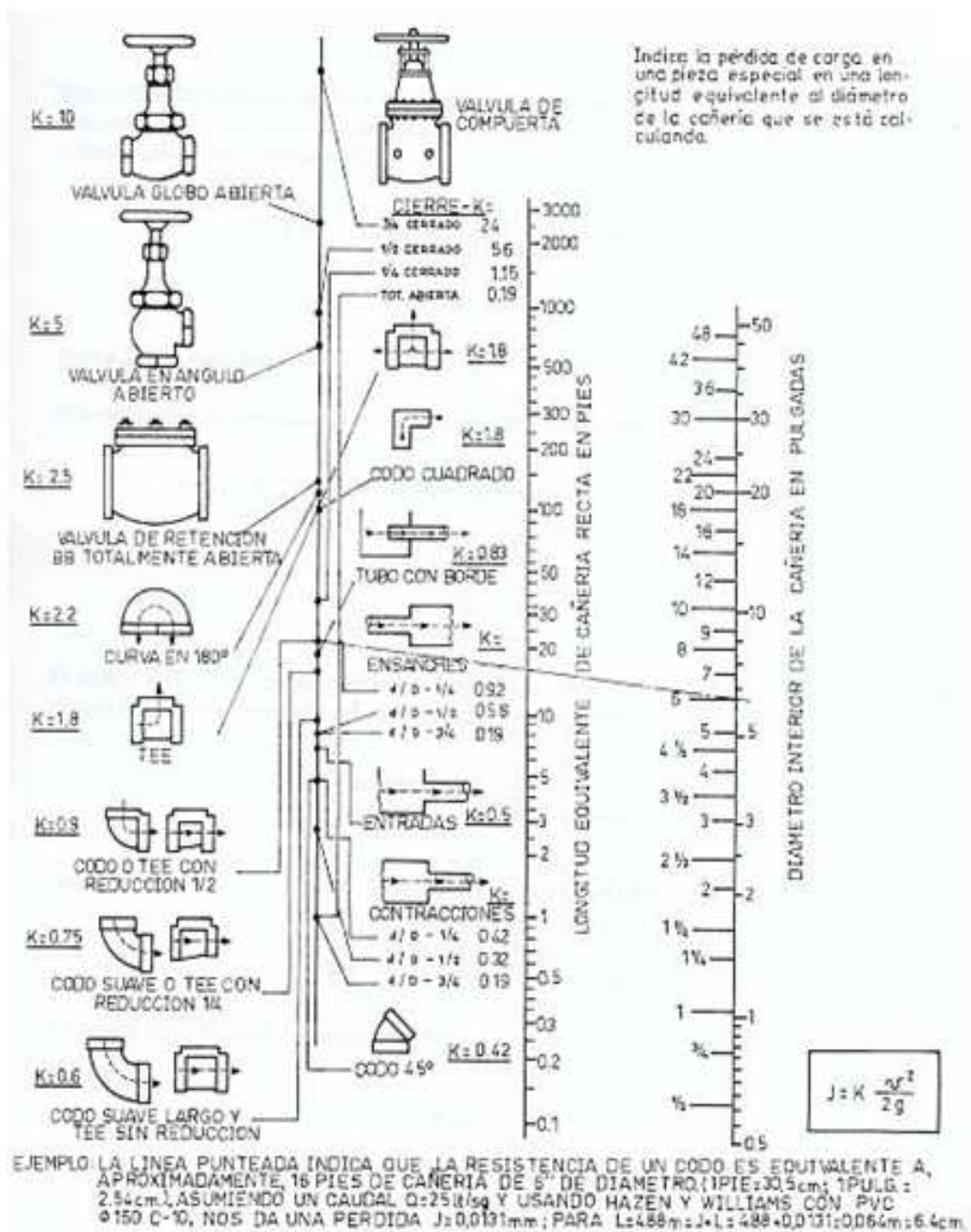
Fluid	Line Sizes		
	<6"	8"-12"	≥14"
Saturated Vapor			
0 to 50 psig	30-115	50-125	60-145
Gas or Superheated Vapor			
0 to 10 psig	50-140	90-190	110-250
11 to 100 psig	40-115	75-165	95-225
101 to 900 psig	30-85	60-150	85-165

**Values listed are guides, and final line sizes and flow velocities must be determined by appropriate calculations to suit circumstances. Vacuum lines are not included in the table, but usually tolerate higher velocities. High vacuum conditions require careful pressure drop evaluation.*

Tabla A.VII:
Longitud equivalente de accesorios.
(Rase H.F., 2000).

Pérdidas en codos y accesorios (longitud equivalente de tubería recta, en pies)														
Diámetro interior (in)	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24
Codo de 90°	2-2,5	4-5	6-7	9-10	10-11	12-14	18	27	26	31	35	40	45	52
Codo largo de 90°	1,5-2	2,5-4	5	6-7	7-8	9-11	12-14	16-17	20	23	27	30	34	40
Codo de 45°	1,5	2,5	3,5	4,5	6	7,5	10	12,5	15	17	19	21	23	28
Codo largo de 45°	1	1,5	2	2,7	3,5	4	5	6	7	9	10	12	14	16
Curva de 180°						36	46	60	75					
Curva de 180°, gran radio						20	25	30	40					
Curvas de 90° Soldadas														
0,5		7	10	12	15	19	25	32	38	44	50	56		
1		3	5	6	7	8	11	14	17	20	23	26		
1,5		2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18		
2		1	2	3	3,5	4	6	8	10	12	14	16		
3		1	1,5	2,5	3	4	6	7	9	11	13	15		
Tes	5,5	10	15	20	25	32	41	55	65	75	85	100	115	130
V. de compuerta abierta	0,6	1,25	1,7	2,3	2,9	3,5	4,5	6	7	8	9	10	12	14
cerrada 1/4		7	10	13	16	19	26	33	40					
cerrada 1/2		33	50	70	85	100	130	160	190					
cerrada 3/4		140	200	280	340	400	540	700	800					
Válvula esférica	27	56	80	107	133	160	215	270	320	375	430	480	540	600
Válvula de retención	7	13	20	27	33	40	53	67	80	93	107	120	135	160
Válvula de pie	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32	36	40	48
Colador	4	5	6	8	10	11	13	16	18	21	24	30	35	40
Entrada típica	1,5	3	4,5	6	7,5	9	12	15	18	21	24	27	30	35

Codos	K	L_{eq}/D
Codo de radio corto	0,9	32
Codo de radio medio	0,75	27
Codo de radio largo	0,60	20
Codo de 45°	0,42	15
Otros accesorios	K	L_{eq}/D
Válvula de globo, completamente abierta	10	350
Válvula de ángulo, completamente abierta	5	175
Válvula de compuerta		
- Completamente abierta	0,19	7
- entreabierta	2,06	72
Empalme en T normal	1,8	67



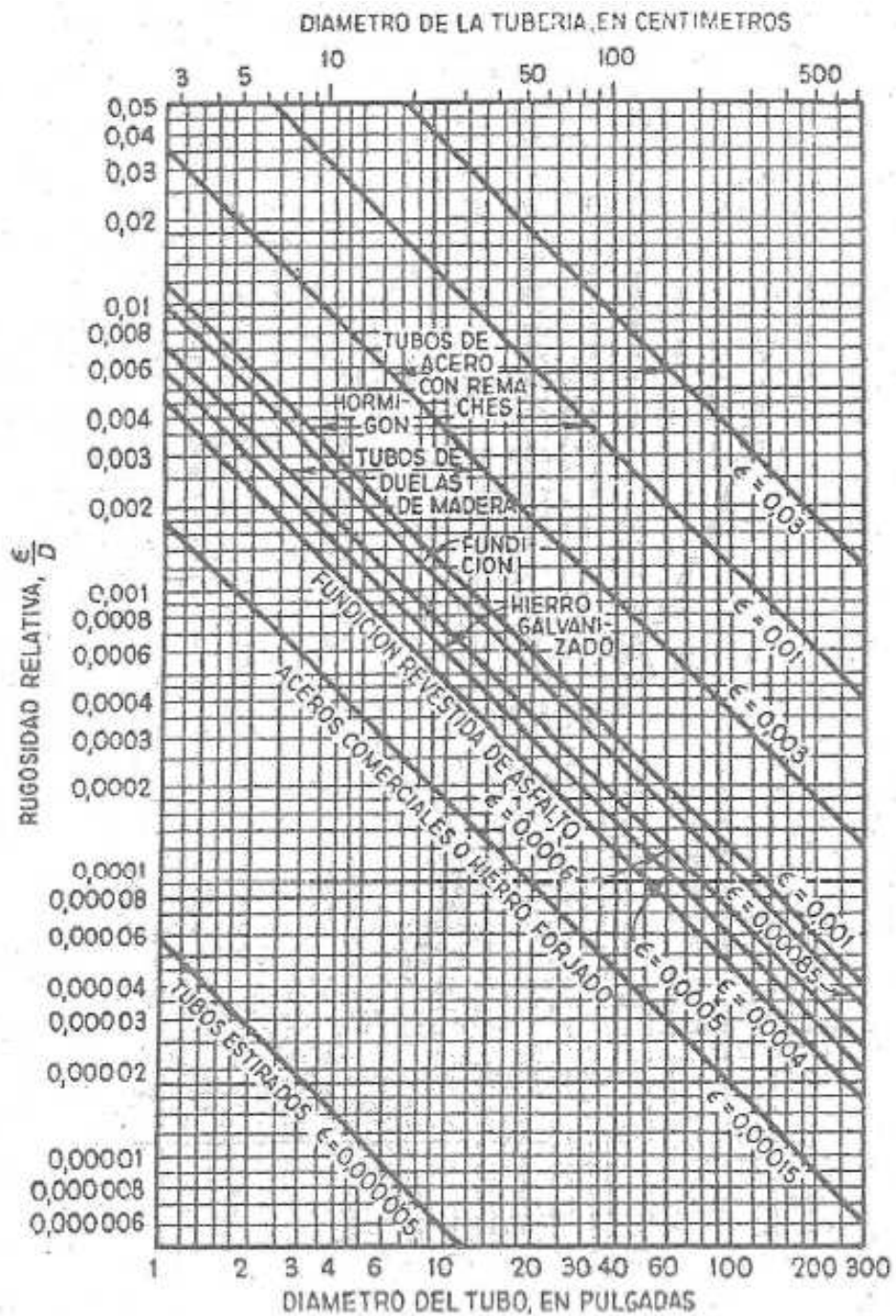


Figura A. 4: Gráfica para la determinación de la rugosidad relativa de materiales. (Rase H.F., 2000).

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES - ACERO INOXIDABLE																																																																																																																																															
P-No. 8 Grupo No. 1																																																																																																																																															
COMPOSICION NOMINAL, 18 Cr - 8 Ni							COMPOSICION NOMINAL, 16 Cr - 12 Ni - 2Mo																																																																																																																																								
TABLA 1 Cedencia min. 30 000 lb/pulg ² Tension min. 75 000 lb/pulg ²							TABLA 3 Cedencia min. 30 000 lb/pulg ² Tension min. 75 000 lb/pulg ²																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>No. de Espec.</th> <th>Grado</th> <th colspan="2">Notas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Placa</td><td>SA-240</td><td>304</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-213</td><td>TP304</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-213</td><td>TP304H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-312</td><td>TP304</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-312</td><td>TP304H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-376</td><td>TP304</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-376</td><td>TP304H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo vaciado</td><td>SA-452</td><td>TP304H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Foel.</td><td>SA-182</td><td>F304</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Foel.</td><td>SA-182</td><td>F304H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Barra</td><td>SA-479</td><td>304</td><td>2</td><td>3 5</td></tr> </tbody> </table>							Producto	No. de Espec.	Grado	Notas		Placa	SA-240	304	2	3	Tubo s/c	SA-213	TP304	2		Tubo s/c	SA-213	TP304H	—		Tubo s/c	SA-312	TP304	2		Tubo s/c	SA-312	TP304H	—		Tubo s/c	SA-376	TP304	2		Tubo s/c	SA-376	TP304H	—		Tubo vaciado	SA-452	TP304H	—		Foel.	SA-182	F304	2		Foel.	SA-182	F304H	—		Barra	SA-479	304	2	3 5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>No. de Espec.</th> <th>Grado</th> <th colspan="2">Notas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Placa</td><td>SA-240</td><td>316</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>Placa</td><td>SA-240</td><td>317</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-213</td><td>TP316</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-213</td><td>TP316H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-312</td><td>TP316</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-312</td><td>TP316H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-312</td><td>317</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-376</td><td>TP316</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-376</td><td>TP316H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo vaciado</td><td>SA-452</td><td>TP316H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Foel.</td><td>SA-182</td><td>F316</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>Foel.</td><td>SA-182</td><td>F316H</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Barra</td><td>SA-479</td><td>316</td><td>2</td><td>3 5</td></tr> </tbody> </table>							Producto	No. de Espec.	Grado	Notas		Placa	SA-240	316	2	3	Placa	SA-240	317	2	3	Tubo s/c	SA-213	TP316	2		Tubo s/c	SA-213	TP316H	—		Tubo s/c	SA-312	TP316	2		Tubo s/c	SA-312	TP316H	—		Tubo s/c	SA-312	317	2		Tubo s/c	SA-376	TP316	2		Tubo s/c	SA-376	TP316H	—		Tubo vaciado	SA-452	TP316H	—		Foel.	SA-182	F316	2		Foel.	SA-182	F316H	—		Barra	SA-479	316	2	3 5
Producto	No. de Espec.	Grado	Notas																																																																																																																																												
Placa	SA-240	304	2	3																																																																																																																																											
Tubo s/c	SA-213	TP304	2																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-213	TP304H	—																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-312	TP304	2																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-312	TP304H	—																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-376	TP304	2																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-376	TP304H	—																																																																																																																																												
Tubo vaciado	SA-452	TP304H	—																																																																																																																																												
Foel.	SA-182	F304	2																																																																																																																																												
Foel.	SA-182	F304H	—																																																																																																																																												
Barra	SA-479	304	2	3 5																																																																																																																																											
Producto	No. de Espec.	Grado	Notas																																																																																																																																												
Placa	SA-240	316	2	3																																																																																																																																											
Placa	SA-240	317	2	3																																																																																																																																											
Tubo s/c	SA-213	TP316	2																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-213	TP316H	—																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-312	TP316	2																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-312	TP316H	—																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-312	317	2																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-376	TP316	2																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-376	TP316H	—																																																																																																																																												
Tubo vaciado	SA-452	TP316H	—																																																																																																																																												
Foel.	SA-182	F316	2																																																																																																																																												
Foel.	SA-182	F316H	—																																																																																																																																												
Barra	SA-479	316	2	3 5																																																																																																																																											
TABLA 2 Cedencia 25 000 Tension 70 000							TABLA 4 Cedencia 25 000 Tension 70 000																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>No. de Espec.</th> <th>Grado</th> <th colspan="2">Notas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Placa</td><td>SA-240</td><td>304L</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-213</td><td>TP304L</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-312</td><td>TP304L</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Foel.</td><td>SA-182</td><td>F304L</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Barra</td><td>SA-479</td><td>304L</td><td>5</td><td></td></tr> </tbody> </table>							Producto	No. de Espec.	Grado	Notas		Placa	SA-240	304L	—		Tubo s/c	SA-213	TP304L	—		Tubo s/c	SA-312	TP304L	—		Foel.	SA-182	F304L	—		Barra	SA-479	304L	5		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>No. de Espec.</th> <th>Grado</th> <th colspan="2">Notas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Placa</td><td>SA-240</td><td>316L</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-213</td><td>TP316L</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Tubo s/c</td><td>SA-312</td><td>TP316L</td><td>—</td><td></td></tr> <tr><td>Foel.</td><td>SA-182</td><td>F316L</td><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>Barra</td><td>SA-479</td><td>316L</td><td>5</td><td></td></tr> </tbody> </table>							Producto	No. de Espec.	Grado	Notas		Placa	SA-240	316L	—		Tubo s/c	SA-213	TP316L	—		Tubo s/c	SA-312	TP316L	—		Foel.	SA-182	F316L	4		Barra	SA-479	316L	5																																																																							
Producto	No. de Espec.	Grado	Notas																																																																																																																																												
Placa	SA-240	304L	—																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-213	TP304L	—																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-312	TP304L	—																																																																																																																																												
Foel.	SA-182	F304L	—																																																																																																																																												
Barra	SA-479	304L	5																																																																																																																																												
Producto	No. de Espec.	Grado	Notas																																																																																																																																												
Placa	SA-240	316L	—																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-213	TP316L	—																																																																																																																																												
Tubo s/c	SA-312	TP316L	—																																																																																																																																												
Foel.	SA-182	F316L	4																																																																																																																																												
Barra	SA-479	316L	5																																																																																																																																												
VALORES MAXIMOS DE ESFUERZO PERMITIDO, 1 000 lb/pulg²																																																																																																																																															
PARA TEMPERATURAS DEL METAL NO MAYORES DE, GRADOS F																																																																																																																																															
MATERIALES DE LA TABLA	~30-100	200	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	NOTAS																																																																																																																																		
1	18.8	17.8	16.6	16.2	15.9	15.9	15.9	15.9	15.5	15.2	14.9	14.7	1																																																																																																																																		
	18.8	15.7	14.1	12.9	12.1	11.4	11.2	11.1	10.8	10.6	10.4	10.2																																																																																																																																			
2	15.7	15.7	15.3	14.7	14.4	14.0	13.7	13.5	13.3	13.0	—	—	1																																																																																																																																		
	15.7	13.4	12.0	11.0	10.3	9.7	9.5	9.4	9.2	9.1	—	—																																																																																																																																			
3	18.8	18.8	18.4	18.1	18.0	17.0	16.7	16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	1																																																																																																																																		
	18.8	16.2	14.6	13.4	12.5	11.8	11.6	11.3	11.2	11.0	10.9	10.8																																																																																																																																			
4	15.7	15.7	15.7	15.5	14.4	13.5	13.2	12.9	12.6	12.4	12.1	—	1																																																																																																																																		
	15.7	13.3	11.9	10.8	10.0	9.4	9.2	9.0	8.8	8.6	8.4	—																																																																																																																																			
MATERIALES DE LA TABLA	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500																																																																																																																																			
1	14.4	13.8	12.2	9.8	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	1																																																																																																																																		
	10.0	9.8	9.5	8.9	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4																																																																																																																																			
3	15.4	15.3	14.5	12.4	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3	1																																																																																																																																		
	10.7	10.6	10.5	10.3	9.3	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.2																																																																																																																																			
NOTAS:																																																																																																																																															
1. Estos valores de esfuerzo mayores exceden en 2/3, pero no exceden del 90% de la resistencia a la cedencia a tal temperatura. El uso de estos valores puede producir cambios dimensionales debidos a la deformación permanente. No se recomiendan estos valores de esfuerzo para bridas ni juntas empacadas ni en otras aplicaciones en las que una deformación ligera puede ocasionar fuga o mal funcionamiento.																																																																																																																																															
2. A temperaturas superiores a 100°F, estos valores de esfuerzo se aplican solamente cuando se tiene 0.60% de carbono o más.																																																																																																																																															
3. Para temperaturas superiores a 100°F, estos valores de esfuerzo pueden usarse sólo si el material se trata térmicamente, calentándolo a una temperatura mínima de 1 900°F y enfriándolo rápidamente en agua o por algún otro medio.																																																																																																																																															
4. Resistencia mínima especificada a tensión, 65.0 lb/pulg ² .																																																																																																																																															
5. El uso de tablas de presión externa para el material en forma de barra de medidas estándares se permite únicamente para análisis asesadores.																																																																																																																																															

Figura A. 5: Propiedades de los materiales.
(Megsey, 2.001).

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES

Clasificación por resistencia: A = Bueno; F = Regular; C = Precaución, depende de las condiciones; X = No se recomienda.

Precaución: No utilice la tabla sin leer las notas de pie de página y el texto.

Sustancia	Hierro y acero	Latón rojo	Bronce comercial	Plomo	Cobre	Aluminio	Níquel	Inconel	Metal Monel	Ac. Inox. Tipo 304	Ac. Inox. Tipo 316	Ac. Inox. Tipo 347	Ac. Inox. Carpenter "20"	Hastelloy "B" o "C"
Acido acético, crudo	C	C	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
Puro	X	C	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
Vapores	X	C	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
150 lb/pulg ² a 400°F	X	C	F	C	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
Anhídrido acético	C	F	F	X	F	A	C	C	C	C	C	C	A	A
Acetona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acetileno	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cloruro de aluminio	X	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sulfato de aluminio	X	F	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Alumbres	X	F	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Gas amoníaco, seco	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
húmedo	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de amonio	F	X	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidróxido de amonio	F	X	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrato de amonio	F	X	X	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fosfato de amonio	F	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de amonio	F	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Anilina, aceite de anilina	A	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Colorantes de anilina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloruro de bario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de bario	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfuro de bario	-	-	-	A	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cerveza	C	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-
Licores de azúcar de remolacha	C	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-
Benceno, benzol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bencina, éter de petróleo, nafta	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Licor negro de sulfato	A	-	A	F	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acido bórico	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bromo	X	C	-	-	C	X	-	-	-	-	-	-	-	-

Las notas continúan en la página siguiente

- En ausencia de oxígeno
- 125° máximo.
- Todos los porcentajes; 70°.
- Hasta ebullición.
- 5% a temperatura ambiente.
- Hasta 123°.
- El hierro y el acero se pueden oxidar considerablemente en presencia de agua y aire
- Las aleaciones de alto contenido de cobre están prohibidas por las normas; el latón amarillo es aceptable.
- El Hastelloy "C" se recomienda hasta 105°.
- Cuando el color no es importante. No usar con ácido c.p.
- De temperatura ambiente hasta 212°. La humedad inhibe el ataque.
- Gas; 70°
- Hasta 500°.
- Hastelloy "C" a temperatura ambiente.
- Desde temperatura ambiente hasta 155°.
- A temperatura ambiente.
- Cuando no es objetable la decoloración.
- 3% máximo; 150° máximo.
- Satisfactorio para vapores hasta 212°.

Figura A. 6: Resistencia química de los metales (I).
(Megsey, 2.001).

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES														
Precaución: No utilice la tabla sin leer las notas de pie de página y el texto.						Clasificación por resistencia: A = Bueno; F = Regular; C = Precaución, depende de las condiciones; X = No se recomienda.								
Sustancia	Hierro y acero	Latón rojo	Bronce comercial	Pbomo	Cobre	Aluminio	Níquel	Inconel	Metal Monel	Ac. Inox. Tipo 304	Ac. Inox. Tipo 316	Ac. Inox. Tipo 347	Ac. Inox. Carpenter "20"	Hastelloy "B" o "C"
Peróxido de hidrógeno	C	C	F	C	C	C	C	C	C	A	A	C	A	A
Sulfuro de hidrógeno, seco (20)	A	X	X	-	X	A	C	A	C	C	A	A	A	A
Húmedo	X	X	X	-	X	A	C	A	C	C	A	A	A	A
Lacas (solventes)	C	C	C	A	C	A	A	C	A	A	A	A	A	A
Acido láctico	X	A	A	-	C	F	A	C	A	A	A	A	A	A
Aceites lubricantes, refinados	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de magnesio	F	F	F	X	F	F	A ₁₁	A ₁₁	A ₁₁	C	C	A	A	A ₁₁
Hidróxido de magnesio	A	C	A	-	X	X	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de magnesio	C	A	-	-	A	C	A	A	A	A	A	-	-	-
Mercurio	A	X	X	-	X	X	A	A	A	A	A	-	-	-
Gas natural	A	C	C	A	C	X	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido nítrico, crudo	X	X	X	X	X	A ₁₁	X	C	X	A	A	A	A	A
diluido	X	X	X	X	X	A ₁₁	X	C	X	A	A	A	A	A
concentrado	X	X	X	X	X	A ₁₁	X	X	X	A	A	A	A	-
Acido oleico	C	A	A ₁₁	X	C ₁₁	A ₁₁	A	A	A	A	A	A	A	A ₁₁
Acido oxálico	C	A	A	X	C	C	A	F	A	A	C	A	A	A
Acido palmítico	C	C	A ₁₁	C	C ₁₁	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aceites de petróleo, < 500°F - crudo	A	C	C	A	C	A	C	C	C	C	C	F	A	A
Acido fosfórico	C	C	C ₁₁	C	C ₁₁	X	A	C	C	C	C	-	A	A
Hidróxido de potasio	C	X	X	X	X	X	A	A	A	C	C	F	-	A
Sulfato de potasio	C	A	-	A	A	A	A	A	A	F	F	-	-	A ₁₁
Propano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Gas de cloacas	C	X	X	A	C	A	A	A	A	A	A	A	-	-
Ceniza de sosa (carbonato de sodio)	A	F	F	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A
Bisulfato de sodio	X	F	F	A	C	C	-	-	-	A	A	A	A	A
Cloruro de sodio	F	F	F	A	C	C	A ₁₁	A ₁₁	A ₁₁	C	C	-	A	A
Cianuro de sodio	A	X	X	X	X	X	X	C	-	C	A	-	A	A
Hidróxido de sodio	A	C	F	F	C	X	A	A	A	A	A	A	A	A
Hipoclorito de sodio	X	C	F	X	C	X	C	C	C	C	C	A	F	A

Las notas continúan en la página siguiente

- En ausencia de oxígeno.
- 125° máximo.
- Todos los porcentajes; 70°.
- Hasta ebullición.
- 5% temperatura ambiente.
- Hasta 122°.
- El hierro y el acero pueden oxidarse considerablemente en presencia de agua y aire.
- Las aleaciones de alto contenido de cobre están prohibidas por las normas; latón amarillo aceptable.
- Se recomienda Hastelloy "C" hasta 105°.
- Cuando no es importante el color. No usar con ácido c.p.
- Temperatura ambiente hasta 212°. La humedad inhibe el ataque.
- Gas; 70°.
- Hasta 500°.
- Hastelloy "C" a temperatura ambiente.
- De temperatura ambiente hasta 158°.
- A temperatura ambiente.
- Cuando no es objetable la decoloración.
- 5% máximo; 150° máximo.
- Satisfactorio para vapores hasta 212°.

Figura A. 7: Resistencia química de los metales (II).
(Megsey, 2.001).

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES														
Clasificación por resistencia: A = Bueno; F = Regular; C = Precaución, depende de las condiciones; X = No se recomienda.														
Precaución: No utilice la tabla sin leer las notas de pie de página y el texto.														
Sustancia	Hierro y acero	Latón rojo	Bronce comercial	Plomo	Cobre	Aluminio	Níquel	Inconel	Metal Monel	Ac. Inox. Tipo 304	Ac. Inox. Tipo 316	Ac. Inox. Tipo 347	Ac. Inox. Carpenter "20"	Hastelloy "B" o "C"
Nitrato de sodio.....	A	A	A	A	A	A	A ₂₀	A ₂₀	A ₂₀	C	A	A	A	C ₁₅
Peróxido de sodio.....	C	C	-	-	-	A	A	-	A	A	A	-	-	A ₁₇
Sulfato de sodio.....	A	A	A	A ₂₀	A	A	A ₂₀	A ₂₀	A ₂₀	A	A	A	A	A
Sulfuro de sodio.....	A	C	C	A	C	X	A ₂₀	A ₂₀	A ₂₀	C	A	A	A	A ₁₈
Tiosulfato de sodio, "hipo".....	A ₂₀	C	C	A	C	C	-	-	-	A	A	A	A	-
Acido esteárico.....	F	A	A	A	C ₂₀	A ₁₁	A ₄	A ₄	A ₄	A	A	A	A	A ₁₅
Azulfre.....	A	A	F	-	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A
Anhidrido sulfuroso, seco.....	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	A	A ₁₅
Anhidrido sulfuroso, húmedo.....	X	F	F	A	A	C	X	F	X	C	A	C	A	-
Acido sulfúrico, < 10%, frío.....	X	C	C	A	C	X	C	X	F	C	X	X	A	A
Caliente.....	X	X	X	A	X	X	C	C	C	X	C	C	A	A
10-75%, frío.....	X	X	X	A	X	X	C	C	C	X	C	C	A	A
Caliente.....	X	X	X	A	X	X	X	F	X	X	X	X	A ₁₈	A ₁₅
75-95%, frío.....	A	C	C	A	C	X	-	-	A	F	A	C	A	A
Caliente.....	A	-	X	A	-	X	X	X	C	X	C	X	A ₁₈	-
Fumante.....	A	-	-	A	C	A ₁₈	X	-	-	A	-	-	A ₁₈	-
Acido sulfuroso.....	X	F	F	A	F	F	C	C	C	C	A	C	A	A ₁₁
Acido tartárico.....	X	C	-	A	-	A	C	C	C	C	A	C	A	A ₁₅
Tolueno.....	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tricloroetileno, seco.....	A	A	A	F	A	A	A	A	A	C	A	C	A	A
Húmedo.....	X	F	F	-	C	C	-	-	-	-	-	-	A	-
Trementina.....	C	C	C	A	C	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Agua, potable (de grifo, alimentación de calderas, etc.).....	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A	A	A	A
Agua de mar.....	C	A	A	A	C	X	C	A	A	C	C	C	A	A
Whisky y vinos.....	X	C	C	A	A	X	A	A	C	A	A	-	A	-
Cloruro de zinc.....	X	X	X	A	X	C	-	-	A	X	C	-	A	A
Sulfato de zinc.....	C	C	C	-	F	-	-	-	A	F	A	-	A	A

- Las notas continúan en la página siguiente.
1. En ausencia de oxígeno.
 2. 125° máximo.
 3. Todos los porcentajes; 70°.
 4. Hasta ebullición.
 5. 5% temperatura ambiente.
 6. Hasta 122°.
 7. El hierro y el acero pueden oxidarse considerablemente en presencia de agua y aire.
 8. Las aleaciones de alto contenido de cobre están prohibidas por los Códigos; latón amarillo aceptable.
 9. Se recomienda Hastelloy "C" hasta 105°.
 10. Cuando no es importante el color. No usar con ácido c.p.
 11. De temperatura ambiente hasta 212°. La humedad inhibe el ataque.
 12. Gas; 70°.
 13. Hasta 500°.
 14. Hastelloy "C" a temperatura ambiente.
 15. De temperatura ambiente hasta 158°.
 16. A temperatura ambiente.
 17. Cuando no se objetable la decoloración.
 18. 5% máximo; 150° máximo.
 19. Satisfactorio para vapores hasta 212°.

Figura A. 8: Resistencia química de los metales (III).
(Megsey, 2.001).

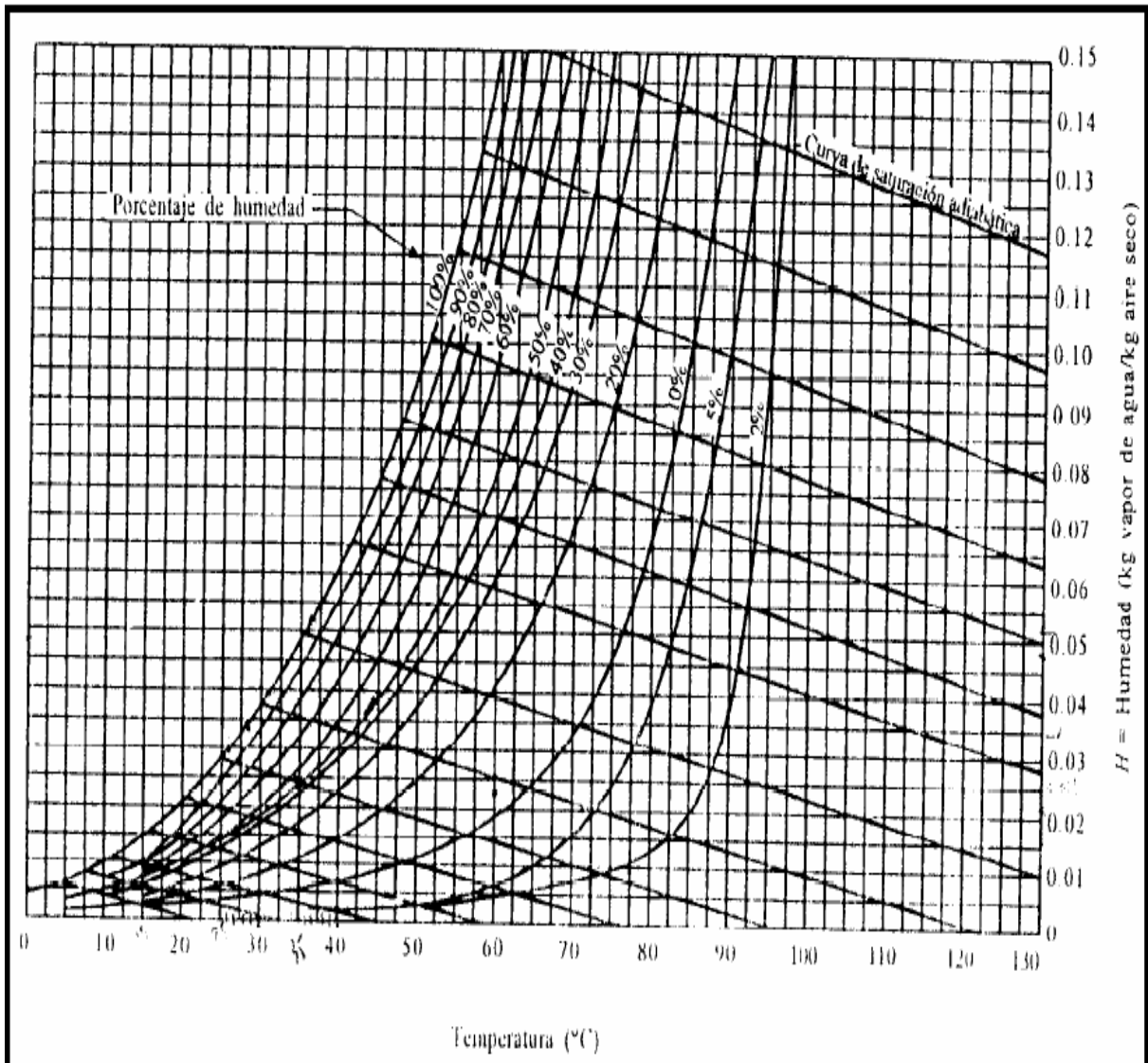


Figura A. 9: Tabla psicrométrica.



ANEXOS A LA MEMORIA:

CATÁLOGOS

Resumen

Los biofiltros de desodorización son sistemas de tratamiento de gases que se implantan cada vez más en el mercado internacional debido a las numerosas ventajas que presentan. A menudo representan la solución más económica y más ecológica a los problemas de los malos olores. Aprovechan los mismos procesos que se emplean por ejemplo en el tratamiento de las aguas brutas para eliminar las cargas contaminantes del aire.

Se describen estos procesos, ventajas y limitaciones además de posibles problemas y soluciones en la explotación de los biofiltros.

Existen varias formas y varios sistemas adaptados a diferentes entornos de trabajo.

Se presentan las ventajas y los inconvenientes de los materiales y las construcciones más habituales encontrados en el mercado como base de decisión por el sistema que mejor se adapta a sus necesidades.

Además se indica qué datos se deben aportar para el diseño de su equipo

Introducción:

El tratamiento de las aguas residuales además de muchas otras actividades industriales, va siempre unido a la emanación de olores [1]. Esto se debe a la liberación de odorantes disueltos en las aguas a tratar procedentes de la degradación de la materia orgánica presente. En el caso de los procesos industriales puede tratarse de una amplia gama de productos químicos que se emplean en la producción, como reactivo o disolvente o que se forman durante los procesos.

Las sustancias causantes de estos olores a menudo son dañinos para la salud y provocan importantes problemas de corrosiones en la maquinaria instalada o en la propia tubería [2]. Además son fuentes de quejas de vecinos que tienen que soportar estas molestias.

La mayor parte de las denuncias medioambientales presentadas a la administración pública corresponden

Aplicación de los biofiltros de desodorización

Los filtros biológicos como sistemas de control de emisiones atmosféricas

Por: Klaus Bieger
Pro-Eco Ambiente
C/ Hernandina 10
12539 Alquerías del Niño perdido (Castellón)
☎ 964 293 019
☎ 964 532 130
🌐 www.proecoambiente.es
✉ proecoambiente@proecoambiente.es

a problemas de malos olores. Especialmente críticos son los meses de verano donde coincide una mayor contaminación debido a la descomposición anaeróbica acelerada por las altas temperaturas con una mayor presencia de gente en las calles. La situación en los centros turísticos de la costa es aún más severa ya que la carga aportada a las depuradoras es altamente estacionaria y un turista molestado por el hedor de las aguas residuales no suele volver al mismo sitio.

Para evitar todos estos problemas y para adoptarse a la exigente legislación europea hace falta instalar medidas eficaces de desodorización que garanticen la eliminación de los olores a un coste razonable. Sólo así se puede prevenir posibles sanciones que se imponen más y más en el marco europeo.

Una desodorización eficaz y continuada con los sistemas clásicos como los lavados químicos requiere instalaciones de tres etapas o dos filtros de carbón activo de uso alternado para cubrir las fases de regeneración o reposición del lecho [2]. Como alternativa fiable y económica se están implantando más y más los equipos biológicos [3]. Según la normativa VDI3477 que rige la construcción de estos filtros desde el año 1991, los biofiltros son “complejos catalizadores biológicos respectivamente bioreactores. En los biofiltros se degradan las sustancias dañinas y los odorantes procedentes de caudales de aires de salida mediante el metabolismo de microorganismos a sustancias de bajo peso molecular como el agua y el

dióxido de carbón, no tóxicos y sin olor.” [4]

Una muestra del creciente interés que acogen los equipos biológicos es la reciente publicación de un artículo sobre estos sistemas en revista con el prestigio de “Investigación e Ciencia” [5].

Una buena parte del atractivo de los biofiltros de desodorización reside en su bajo coste de explotación. Este se debe a que no generan ningún gasto en reactivos o residuos. La desodorización se lleva a cabo mediante los procesos biológicos naturales con procesos parecidos a la digestión biológica de las aguas brutas. Tampoco hace falta personal altamente cualificado ya que no se tratan productos peligrosos.

Aunque cada día se descubren más aplicaciones para estos equipos se trata de un sistema bien estudiado que en muchos campos se aplica desde hace décadas con mucho éxito. En estos campos a menudo representan la opción más económica y ecológica de los posibles procesos.

A continuación vamos a ver qué ventajas y limitaciones, que también existen, tienen los biofiltros de desodorización, cómo se desarrolla el proceso biológico, qué componentes componen un biofiltro y cómo se pueden diferenciar los sistemas existentes en el mercado.

Desarrollo Histórico:

Desde la prehistoria, los malos olores procedentes de diversos focos como residuos sólidos, excrementos y otras materias orgánicas en descomposición, han molestado a la a los que vivían cerca de estos focos. Igualmente, de la prehistoria datan los primeros remedios que se han puesto a esta situación: Cubrir el sitio con tierra. Aparte de crear valiosas fuentes de restos arqueológicos de esta manera se prevenía la propagación de las sustancias contaminantes.

Sin saberlo, el hombre prehistórico se aprovechó de los mismos microorganismos que hoy en día se utilizan en los biofiltros. En las capas superiores de la tierra que cubre el vertedero, las sustancias liberadas en los procesos anaeróbicos

de descomposición entran en contacto con el oxígeno del aire. Al haberse formado estos compuestos en ausencia de oxígeno aún no han liberado toda su energía y pueden ser oxidadas fácilmente. Como además se trata de sustancias casi omnipresentes en la naturaleza, existen microorganismos en el suelo, especializados en su aprovechamiento, que los utilizan como nutrientes. De esta manera son descompuestos y no provocan molestias en las proximidades.

Inspirado por estas observaciones y tras varios intentos “caseros” el primer patente sobre la biofiltración se otorgó en 1957 a Richard D. Pomeroy con el título “De-odorizing of gas streams by the use of micro biological growth” (desodorización de corrientes gaseosas utilizando el

crecimiento microbiológico). Utilizaba una capa orgánica de compost encima de grava que cubría una tubería agujerada para la distribución del aire. Aún hoy en día hay empresas que construyen según este mismo sistema aunque se ha quedado ya obsoleto al haberse desarrollado soluciones más eficaces.

Desde estos principios se han desarrollado numerosos sistemas de biofiltros para una gran variedad de aplicaciones, introduciendo numerosas mejoras sobre el sistema inicial.

El funcionamiento

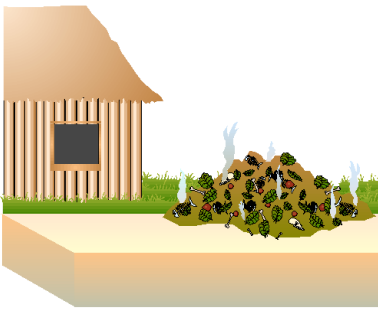
En los biofiltros se oxidan las sustancias odoríferas aportadas con al corriente de aire con ayuda de los microorganismos presentes. Estos funcionan como pequeños catalizadores aprovechando el oxígeno del aire.

Para entrar en contacto con los microbios los compuestos deben pasar de la fase gaseosa a una fase estacionaria mediante un proceso de adsorción a una superficie (parecido al proceso del carbón activo) o absorción en un líquido como en un lavado químico. En los biofiltros se suele encontrar una situación intermedia ya que los microorganismos necesitan un ambiente húmedo y crecen en la superficie de un lecho fijo. Esto significa que el material del lecho está rodeado por una fina película de agua. Así que los compuestos a eliminar se tienen que disolver en la película de agua que rodea los microorganismos y el material de soporte.

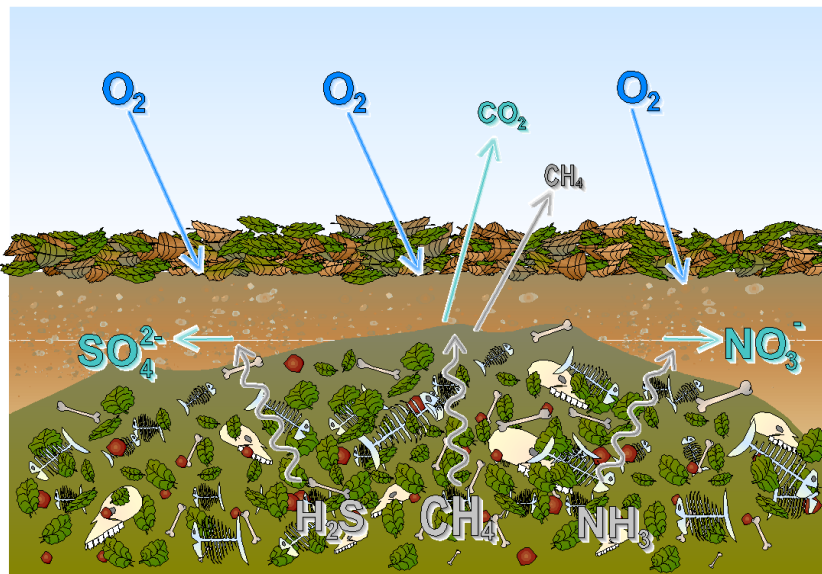
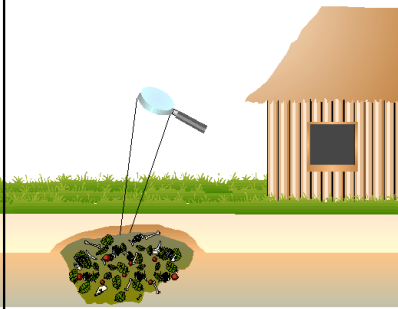
Una vez adsorbidas o absorbidas los compuestos contaminantes sirven de alimento para los microorganismos que ocupan el lecho. Son transformadas en productos del catabolismo y del metabolismo, principalmente agua, CO₂, sulfato, nitrato etc.. El CO₂ y las demás sustancias gaseosas son arrastrados por la corriente de aire mientras que los residuos no volátiles son eliminados por el agua de lluvia o riego que cae sobre la superficie del lecho.

Como se trata a menudo de sustancias ácidas el pH de los lixiviados puede bajar asta valores de 1 – 2.

El problema:
Malos olores debido a procesos anaeróbicos de descomposición



La solución:
Cubrir los residuos con tierra



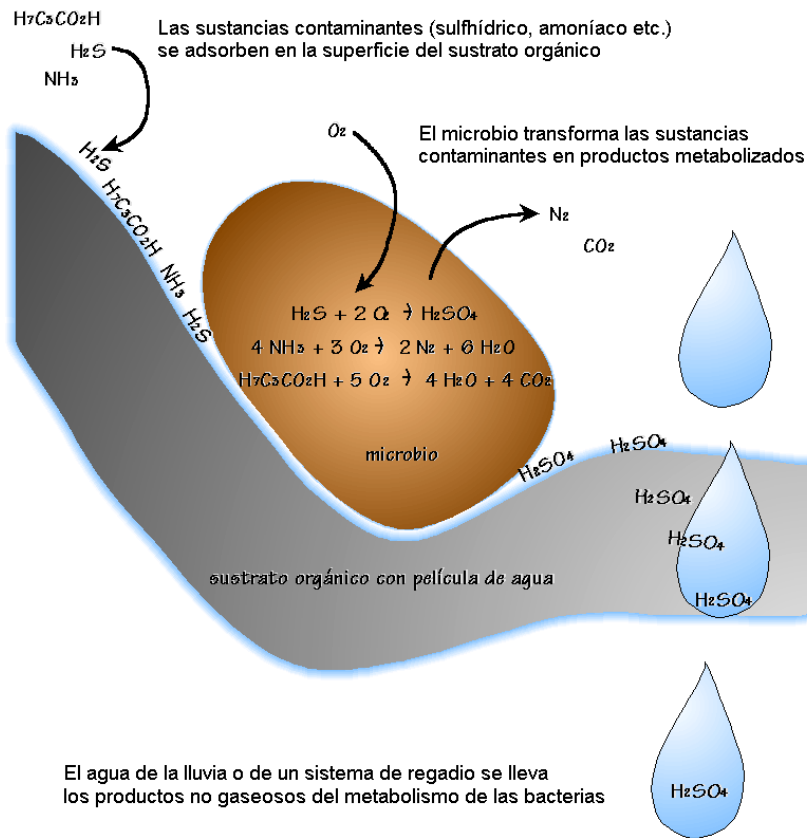
Los mismos microorganismos que eliminaron los olores de los “vertederos” prehistóricos aún se emplean en los biofiltros de desodorización.

Biofiltros de desodorización – Conferencia de la IFAES Madrid 28/29 de junio de 2006

En el esquema se muestran las principales vías de descomposición

los mayores factores de costes en el tratamiento del agua.

las condiciones encontradas en cada caso.



Reacciones ejemplares de descontaminación para el sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y ácido butírico ($H_7C_3CO_2H$)

de las sustancias contaminantes más comunes como el sulfhídrico, el ácido butírico como ejemplo para los ácidos orgánicos volátiles, y el amoníaco, como sustancia básica nitrogenada. Otras sustancias como el metilmercaptano, el disulfuro de dimetil, las aminas volátiles u otras sustancias orgánicas, esencialmente dan lugar a la formación de los mismos productos y son descompuestos por los mismos mecanismos.

Dependiendo de condiciones como el tipo de microorganismos, pH del medio etc. se pueden formar también en cierta medida otros productos como el azufre o el nitrógeno elemental.

A pesar del gran parecido con el tratamiento biológico del agua hay unas diferencias importantes:

- al tratar aire y no agua no hace falta una porte adicional de oxígeno. Este está presente en gran exceso en el flujo. Con esto se da uno de

- Las concentraciones típicas encontradas en el aire son mucho menores y suelen ser del orden de unos miligramos por metro cúbico. Esto limita naturalmente el crecimiento de la microfauna y no se producen fangos en exceso con su tratamiento.

La Aspiración

Aunque la aspiración no forma parte del propio equipo de desodorización es una parte esencial de todo el sistema y debe ser tenida en cuenta en el diseño global. Fallos en este punto o una aspiración diseñada para otro tipo de equipos suelen provocar en el menor de los casos un aumento de precio y en el peor un mal funcionamiento de toda la instalación.

Cualquier proceso de desodorización tiene determinados requerimientos al aire a tratar que se ajustan en mayor o menor medida a

los sistemas biológicos les conviene una corriente con una carga más o menos constante de aire saturado de humedad.

Ya que muchos focos de emanación de olores son focos húmedos conviene para un sistema biológico una vez identificados estos focos confinarlos cuanto más y acercar cuanto más la boca de aspiración a estos puntos. Así no sólo se aspira aire más húmedo sino también se previene la contaminación de un volumen mayor y el contacto de trabajadores y maquinaria con el aire viciado.

Otros sistemas como la clásica adsorción en carbón activo funcionan sólo con aire seco evitando cualquier condensación en el lecho. Esto significa que tienen que aspirar el aire alejado de los focos húmedos y diluirlo cuanto más con aire seco del exterior. En la práctica para estos tratamientos se suelen encontrar a menudo redes de captación cerca del tejado que cuentan con un gran número de renovaciones del aire en el interior. Sin embargo y a pesar del mayor caudal el efecto global es a menudo peor ya que no pueden prevenir el escape de los gases contaminantes de la zona de emanación y trabajadores y maquinaria entran en contacto con la contaminación liberada.

Otro factor a tener en cuenta son las características de las gases a eliminar. A menudo se trata de gases sulfurosos más pesados que el aire o de gases fríos debido a su contacto con el agua. Estos empiezan a llenar los habitáculos desde abajo hacia arriba. Por lo tanto se deben prever bocas de aspiración en las partes bajas. De otra manera sólo se aspiraría aire contaminado si toda la nave ya se encuentra inundada.

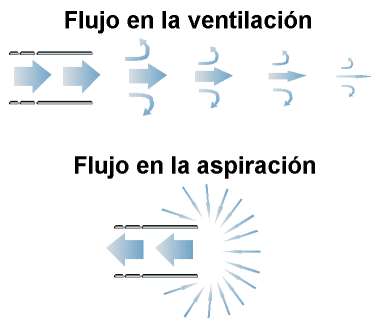
Por otro lado hace falta prever campanas de aspiración encima de focos de emanación de los gases como el amoníaco o de gases calientes que suben debido a su baja densidad.

Un error encontrado frecuentemente en el diseño de las redes de aspiración son las uniones de tubos con piezas "T" a 90°. Estas uniones pueden funcionar bien con agua bajo presión. Los efectos sobre los caudales de aire sin embargo no suelen ser fácilmente previsibles y pocas veces las deseadas. Es recomendable hacer estas uniones

siempre con piezas a 45 ° o menos para facilitar la aspiración de los dos ramales. Cada ramal además debe contar con una válvula de regulación que facilita el ajuste fino del caudal aspirado.

Finalmente hay que tener en cuenta que la aspiración no es una ventilación al revés como se puede comprobar fácilmente poniendo la mano delante de la boca soplando e inhalando fuertemente.

Mientras que soplando se notará la corriente de aire que además puede



Flujo de aire en ventilación y aspiración

ser dirigida, inhalando no se sentirá ningún movimiento de aire. Esto se debe a que la aspiración crea únicamente un vacío en un punto que colapsa desde todos los lados mientras que la ventilación impulsa aire con una cierta velocidad desde una boquilla. Esto hace que el aire sale con un cierto impulso que lo hace llegar a una cierta distancia debido a las leyes de la física.

El humidificador

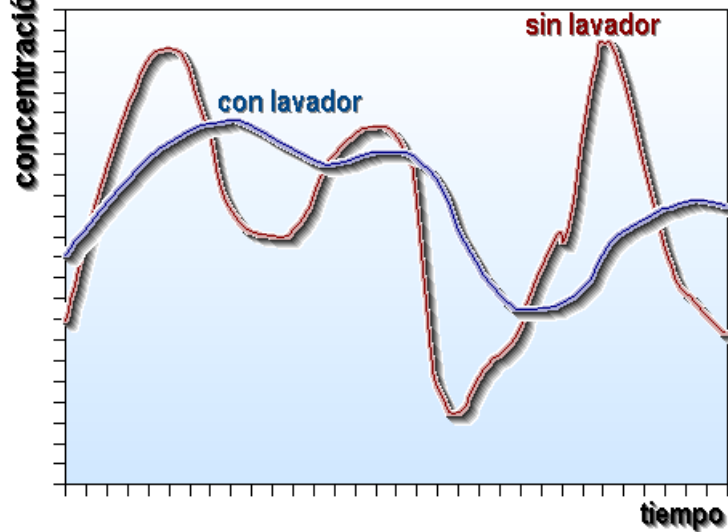
Una de las piezas clave de un biofiltro de desodorización suele ser el humidificador. Como indicado anteriormente el correcto grado de humedad en el lecho es la primera condición para que el proceso biológico se desarrolle correctamente. El mejor método de asegurar la correcta humedad en el lecho es tratar sólo aire saturado de vapor. La manera de conseguirlo es la aplicación de un sistema de humidificación.

El humidificador en principio consta de un contenedor con agua en su fondo con bombas de recirculación que alimentan unas duchas. De esta manera se constantemente en contacto el aire

con finas gotas de agua. Este evapora

Sólo con caudales muy pequeños

Influencia del lavado sobre la concentración de los contaminantes en el aire



hasta alcanzar la saturación de la corriente gaseosa. Sólo hace falta sustituir el agua evaporada y la parte arrastrada en forma de gotas con la corriente. La misma pérdida se produce también en todos los demás sistemas húmedos como los lavados químicos ya que en estos también se pone en contacto una corriente de aire con una disolución acuosa e irremediablemente el aire se satura de humedad.

Una segunda función del humidificador es el efecto tampón que ejerce sobre el caudal de entrada amortiguando tanto cambios bruscos de temperatura como de concentración de contaminantes.

En los períodos de mayor carga una parte de esta se disuelve en el agua mientras que en los tiempos de menor concentración las sustancias son liberadas de nuevo del agua. Así se consigue un afluente más constante que ayuda a estabilizar el proceso.

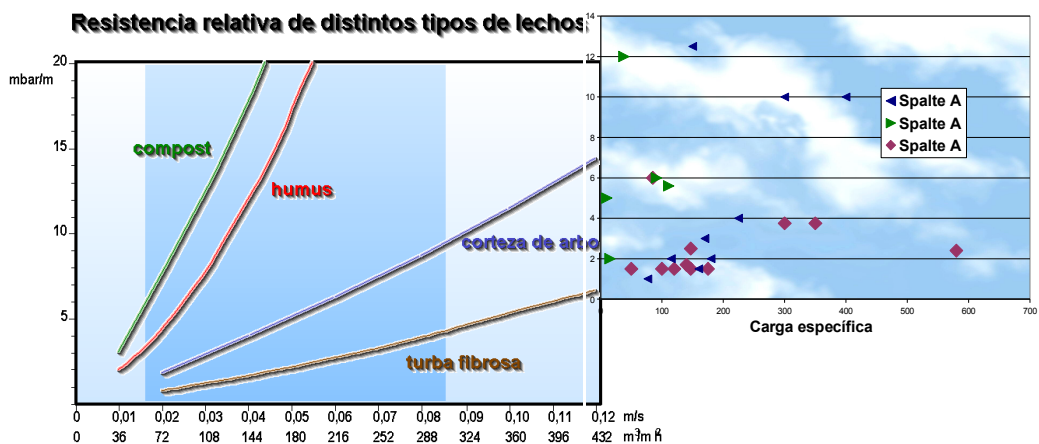
Intentos de eliminar el lavado previo y sustituirlo por una humectación más frecuente del lecho no han dado resultados satisfactorios. A menudo se observa una humedad poco uniforme en el lecho debido a los caminos preferenciales del agua. También es más difícil evitar un exceso de agua durante ciertos tiempos y no todos los materiales de lecho aguantan estas condiciones. Finalmente una corriente demasiado elevada arrastra las partes finas de la biomasa y puede llevar a colmataciones en las partes bajas.

saturados de humedad se puede prescindir del humidificador.

El lecho

Tras haberse acondicionado adecuadamente el aire es conducido a una cámara de expansión que se encuentra habitualmente debajo del lecho para entrar en este a través de un fondo de rejillas. En este se pone en contacto con los microorganismos. Para que este proceso se lleve a cabo de la mejor manera posible el material del lecho debe unir unas cuantas características:

- Tiene que tener una superficie interna elevada para facilitar la adsorción de las sustancias contaminantes.
- Tiene que ser resistente a los ataques biológicos de los microorganismos y a los ataques químicos por parte de la contaminación atmosférica y por parte de los metabolitos.
- Debe tener función de tampón de nutrientes para garantizar un crecimiento continuo de los organismos.
- Debe actuar como tampón para la humedad para hacer el proceso biológico más resistente frente a fluctuaciones en la humedad ambiental.
- Tiene que presentar una porosidad apropiada para permitir el paso del agua y el intercambio de sustancias entre la fase móvil y el lecho.



construcción de los biofiltros de desodorización

Hay varios tipos de relleno que reúnen todos los requisitos en mayor o menor grado. Los materiales más empleados suelen ser mezclas de turba fibrosa con distintos soportes orgánicos como brezo o ramas de abeto o con un coste algo más elevado pero mayor comportamiento y

mayor esperanza de vida y compost y mezclas de compost con material de soporte y corteza de árbol como materiales más económicos pero

Material	Característica
Compost	+ bajo coste + alta disponibilidad - Sensible al exceso de agua - Duración limitada - Alta resistencia al aire
Corteza de árbol	+ alta disponibilidad + coste mediano a bajo +/- duración mediana - Escaso efecto tampón - Superficie interna relativamente pequeña
Brezo	+ muy baja resistencia + larga duración +/- utilizado sobre todo en mezclas con turba +/- coste medio - alto - Superficie interna muy baja - Escaso efecto tampón - Disponibilidad limitada
Turba	+ superficie interna muy elevada + buen efecto tampón + larga duración + la turba de alta calidad tiene baja resistencia - elevado coste - limitada disponibilidad

menos resistentes y con peores funciones tampón. El uso de los rellenos inorgánicos suele ser limitado a pesar de su vida útil casi infinita, debido a su reducida función de tampón y reserva de nutrientes.

Un factor importante es la resistencia del material al paso de aire. Este factor depende en gran medida de la porosidad del material y condiciona la velocidad máxima de la corriente de aire en el lecho y con esto el tamaño del filtro. Además aumenta el consumo de energía con la resistencia. Por lo tanto es deseable utilizar materiales con baja resistencia para filtros más compactos y menor gasto energético. El siguiente diagrama refleja las resistencias teóricas de los distintos materiales dependiendo del caudal de aire por metro cuadrado de superficie del filtro:

En la práctica hay desviaciones de este comportamiento ideal debido a la variación natural en las características de cada material, a la aplicación de mezclas de diferentes substratos y al proceso de relleno, propio de cada fabricante. En el siguiente diagrama se ven unos valores reales, recogidos de los ejemplos dados en la normativa VDI3477:

Se nota que la tendencia general sigue los valores teóricos pero que hay desviaciones importantes debido a las razones mencionadas. En algunos casos se han empleado materiales que – aún perteneciendo a un cierto grupo – se prestan más o menos que la media para cumplir con el objetivo.

El material también determina el grado de humedad necesario para una

depuración óptima. Suele estar en el rango del 40 – 70 %.

Los contenedores

Otro distintivo entre los sistemas es el material que se emplea en la construcción del propio filtro. Existen modelos rudimentarios que intentan un diseño sin paredes, aplicando el aire con un tubo a la base de una colina de compost. El rendimiento de estos sistemas no suele ser satisfactorio ya que la distribución del aire no es uniforme, el material filtrante es repartido por viento y lluvia y los lixiviados corrosivos con un pH hasta aproximadamente 2 salen sin ningún control y pueden dañar otras instalaciones. La ventaja de este tipo de “filtros” es su bajo coste.

También se intentó aprovechar contenedores de acero con un relleno de turba. Aunque el rendimiento de depuración del aire de salida puede ser aceptable, la duración del equipo está limitada a pocos años o incluso meses debido al carácter corrosivo del aire de salida y de los lixiviados. La ventaja de este tipo de filtros es por una parte el bajo coste inicial y por otra parte la movilidad de los módulos.

La construcción en balsas de hormigón aún se emplea en la fabricación de filtros de grandes superficies. La vida útil de estos equipos depende en gran medida de la calidad del hormigón y de su revestimiento, ya que los ácidos sulfúrico y nítrico liberados en los procesos de metabolización, a pesar de su alta dilución, atacan la cal del hormigón, convirtiéndolo en yeso o

Comparativa de los materiales de lecho más habituales

nitrate de calcio que se disuelven más



Solera de hormigón sin protección atacada por lixiviados procedentes de un biofiltro

fácilmente en el agua. La ventaja de este sistema es su bajo coste en instalaciones con amplias superficies para el tratamiento de grandes caudales. Las instalaciones de pretratamiento del aire se realizan a menudo en otros materiales.

El poliéster reforzado de fibra de vidrio es otro material empleado en algunos casos en la construcción de los filtros biológicos. A pesar de su alta resistencia teórica, en la práctica se han observado muchas veces daños por corrosión debido al ataque conjunto del ambiente ácido, los microorganismos y los gases corrosivos que penetran incluso en los poros más finos. Esto hace necesario un revestimiento de la estructura con una capa de impermeabilización como protección que aumenta considerablemente el coste del equipo.

Finalmente existen sistemas realizados en otros materiales plásticos, altamente resistentes a los ataques químicos y biológicos, como el polipropileno, el polietileno etc. Estos materiales prometen la mayor

vida útil del filtro pero también conllevan el mayor coste del sistema.

Se pueden hacer otras distinciones por la propia construcción de los sistemas. Existen sistemas modulares que pueden ser trasladados y ampliados, sistemas que pueden ser colocados en los tejados para mejor aprovechamiento de la superficie disponible, sistemas en estanterías para el mismo fin etc. También es posible aplicar la depuración biológica como segunda etapa tras un lavado químico que haya eliminado los máximos en las concentraciones de las sustancias, cargas elevadas o tóxicas etc. En estos casos hay que evitar la aplicación de sustancias desinfectantes como el hipoclorito en el lavado químico, ya que pequeñas cantidades arrastradas eliminarían toda la microfauna necesaria para el proceso.

Reglas básicas de la biodegradabilidad de la carga contaminante

Para poder utilizar un filtro biológico de desodorización, la carga contaminante a eliminar tiene que ser biodegradable. Esto significa que tienen que existir microorganismos con enzimas capaces de atacar y metabolizar las sustancias contaminantes.

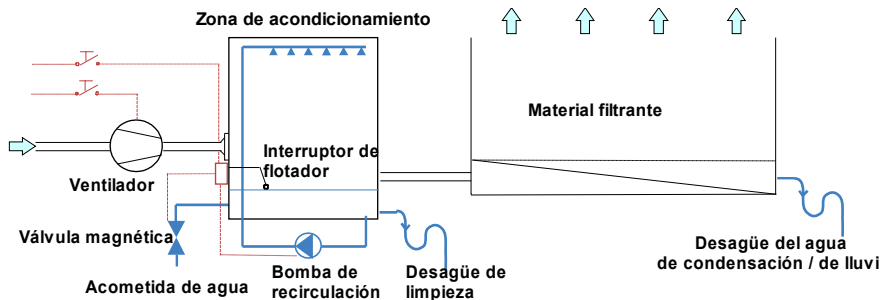
Como regla general todas las sustancias liberadas en los procesos biológicos de descomposición cumplen con estas características, ya que en la naturaleza están presentes desde hace mucho tiempo y los microorganismos han podido desarrollar sistemas específicos para su aprovechamiento. En este grupo se encuentran también muchas sustancias utilizadas como reactivos químicos, disolventes etc. como los alcoholes, los ácidos orgánicos, el

amoníaco y las aminas, ésteres, el sulfhídrico, la acetona etc. Los rendimientos alcanzables con estas sustancias son elevados y superan generalmente el 90 %, llegando a ser superior al 99% en muchos casos concretos.

Con las sustancias artificiales y los componentes del petróleo esta biodegradabilidad es menos evidente. Muchos hidrocarburos, por ejemplo, son en principio biodegradables, ya que están presentes en numerosas fuentes naturales. Sin embargo existen hidrocarburos más y menos fáciles de metabolizar. Como regla general se puede decir que los hidrocarburos de cadena larga y sin ramificaciones son más fácilmente eliminados que los que llevan muchas ramificaciones. El tamaño también influye en la velocidad de la metabolización. Las sustancias con moléculas pequeñas como el metano, etano, propano y butano son gaseosas en condiciones normales, y ya por este hecho difíciles de asimilar. El óptimo se alcanza con los compuestos de 10 a 18 átomos de carbono. También son más fáciles de eliminar todos los compuestos con un número par de átomos de carbono en la cadena.

Sustancia	Conc. entrada (mg/m ³)	Rendimiento (%)
Acetona	60 - 320	> 99
Acetato de butilo	4,5 - 100	> 99
Acetato de etilo	70 - 95	95 - > 99
Amoníaco	0,1 - 150	79 - > 99
Butanol	160 - 360	> 99
Butilbenceno	6,9	94
Etilbenceno	73	> 99
n-Heptano	7,7	> 99
Isopropanol	120	> 99
Metiletilcetona	73	> 99
n-Octano	160	70
n-Pentano	0,49	20
Stireno	20 - 220	50 - > 99
Sulfhídrico	10 - 115	79 - > 99
Tolueno	1 - 180	20 - > 99
(o,m,p)-Xilenos	4,1 - 42	50 - > 99

Los hidrocarburos aromáticos - derivados del benceno - son más lentos de metabolizar para los microorganismos que las parafinas.

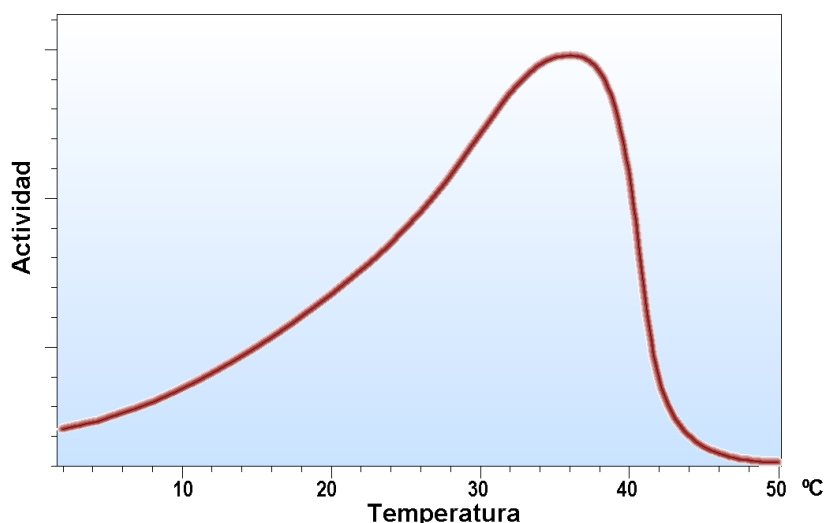


Esquema de flujo de un filtro biológico con humidificador

Porcentajes de depuración alcanzados para diferentes compuestos (Braunschweiger Umwelt und Biotechnologie) y VDI3477

Esto no significa que no se puedan que el máximo rendimiento se concentraciones sirven de alimento

Actividad biológica relativa en función de la temperatura



eliminar y se han descrito sistemas biológicos que eliminan más del 99 % del tolueno o del estireno.

Algunas sustancias halogenadas pueden ser eliminadas igualmente por medios biológicos, a pesar de que en la naturaleza casi no existen. Se han obtenido resultados positivos en la descontaminación del diclorometano, 1,1,1-tricloroetano y los clorofenoles. El producto metabolizado de la acción microbiana es el ácido clorhídrico, que tiene que ser eliminado con el agua de riego o de lluvia. No suelen ser tratables todos los compuestos fluorados.

Como segunda regla se puede decir que todas las sustancias miscibles con el agua son más rápidamente y más fácilmente desintegrados por los microorganismos que las sustancias hidrofóbicas. Esto se debe a que el proceso biológico es un proceso húmedo donde la sustancia tiene que llegar al microorganismo a través de una película de agua. Este proceso de asimilación es más rápido cuanto más hidrofílica es la sustancia.

No son eliminables cargas de sustancias oxidantes como el ozono, el cloro y los óxidos de nitrógeno. Esto se debe a que el mismo proceso biológico es un proceso oxidante. Aparte de esto muchas de estas sustancias son desinfectantes y dañan por lo tanto la microfauna.

Tampoco se pueden depurar las sustancias inorgánicas con escasas excepciones como el sulfhídrico o el amoníaco.

El rendimiento de la eliminación depende de la composición global de la carga. Por lo general se observa

obtiene para una carga con concentración mediana o si en la corriente existen compuestos similares con esta concentración. En estos casos los microorganismos se adaptan a este tipo de alimento mientras que el rendimiento de depuración para otras sustancias muy distintas pero presentes en menor grado suele bajar, a pesar de que en principio también son biodegradables.

A parte de la propia biodegradabilidad de la sustancia presente el gas a tratar debe cumplir con algún requisito más para ser tratable biológicamente. Así no debe haber grandes cantidades de materia condensada como gotas de grasa y polvo grueso presente. Esta puede llegar entrar en las partes bajas del lecho y colmatarlo.

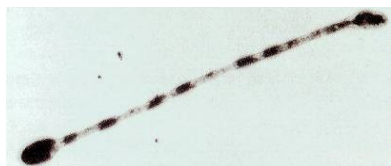
También la temperatura debe encontrarse en un rango "biocompatible". Esto suele ser de 0 a 40 °C. Aunque se han descrito sistemas termofílicos que trabajan a temperaturas más elevadas en estas condiciones no se pueden garantizar los altos rendimientos habituales. Existe una clara dependencia de la actividad biológica de la temperatura. Aumenta desde los aproximadamente 0 °C hasta 35-40 °C. Después decae rápidamente. La razón es la denaturación de las proteínas que empieza a estas temperaturas y mata o los microorganismos.

Finalmente hay que decir que la concentración de una sustancia también determina si es tratable biológicamente. Muchas sustancias que a bajas o medianas

Compuesto	Microorganismo
Acetona	Pseudomonas, Rhodococcus
Alcanos	Acinetobacter, Pseudomonas
Alcoholes	Rhodococcus, Amycolata, Mycobacter
Amoníaco	Nitrosomonas
Anilina	Pseudomonas, Aspergillus, Nocardia
Sustancias aromáticas	Pseudomonas, Acinetobacter, Rhodococcus
Benzoatos	Athrobacter, Acinetobacter
Butilacetato	Pseudomonas
Ciclohexano	Acinetobacter
Dicloroetano	Xanthobacter
Diclorometano	Hyphomicrobium
Dimetilformamida	Nitrobacter, Nitrosomonas
Etilenglicol	Xanthobacter
Formaldehído	Pseudomonas, Mycoplasma
Fluorfenol	Alcaligenes
Indol	Xanthobacter
Monóxido de carbón	Pseudomonas, Mycolana
Mercaptoetanol	Pseudomonas
Metanol	Pseudomonas
Metilcetona	Pseudomonas
Metilmercaptofenol	Nocardia
Naftaleno	Pseudomonas
Ácidos carboxílicos	Bacillus, Streptomyces, Nocardia
Nitritos	Nitrobacter
Petroleo	Acinetobacter, Pseudomonas
Fenol	Pseudomonas, Trichosporon
Propionaldehido	Pseudomonas, Rhodococcus
Compuestos del azufre (metilmercaptano, dimetilsulfuro etc.)	Tiobacillus, Pseudomonas, Mucor, Penicillium, Aspergillus, Hyphomicrobium
Skatoles	Rhodococcus

envueltos en la biodegradación

para los microorganismos se vuelven tóxicos a elevadas concentraciones o los propios organismos los transforman en productos secundarios tóxicos que no pueden ser eliminados lo bastante rápidamente. La concentración límite admitida no sólo depende de la sustancia sino también de la naturaleza y concentración de los demás compuestos en la mezcla y en general del sistema y diseño del biofiltro adoptado por el fabricante.



Hyphomicrobium convierte compuestos de azufre en H_2SO_4 , CO_2

Para unos de los compuestos más habituales – el amoníaco y el sulfhídrico estas concentraciones suelen estar en el rango hasta 50 – 100 ppm aunque se han descrito equipos que funcionaban satisfactoriamente con hasta 400 ppm de H_2S .

Si se quieren eliminar COVs con un biofiltro puede ser necesaria la adición de minerales como nitrógeno, fósforo o potasio para garantizar el crecimiento de la biomasa. Además es más importante aún el control de la humedad del lecho.

La puesta en marcha y el mantenimiento de los filtros biológicos

La puesta en marcha es uno de los puntos críticos en la vida de los filtros biológicos. Tratándose de un sistema biológico hay que tener en cuenta que antes de llegar a su pleno rendimiento se debe de desarrollar la microfauna en el interior de su lecho que luego va a llevar a cabo la descomposición de las sustancias contaminantes. Este desarrollo es un proceso lento que puede durar hasta varias semanas, dependiendo de factores como la temperatura, la concentración de microorganismos presentes en el material de partida y en el aire aspirado, la concentración de la carga del aire, la concentración de los nutrientes de los microorganismos etc.

En el mercado existen empresas que comercializan cultivos de microorganismos para sembrar el lecho con los microbios aptos para descomponer la carga esperada y adaptados a las condiciones del material del lecho empleado. De esta forma se espera reducir el tiempo de adaptación ya que se asegura que los microorganismos oportunos están presentes desde el principio. Esta medida es apropiada para los casos donde las sustancias a retener no son muy habituales en el medio ambiente como algunos disolventes, componentes del petróleo etc.

En muchas otras ocasiones sin embargo es más apropiado sembrar con una amplia gama de microorganismos. Por ejemplo es posible aplicar agua procedente de la etapa oxidante de una depuradora. De los microorganismos presentes sólo los que encuentran condiciones óptimas en forma de nutrientes procedentes del aire contaminado se van a multiplicar. De esta forma se desarrolla automáticamente una fauna especializada en la descontaminación de la carga presente en cada foco. Además se ha demostrado en diversas ocasiones que con el más mínimo aporte de fauna autóctona esta suele desplazar a los microorganismos utilizados en una siembra específica.

Si el filtro biológico se instala en una industria ya existente se puede sembrar también con tierra procedente de las proximidades del foco de la emisión atmosférica. Esta tierra que ya estaba expuesta durante un período prolongado a las contaminantes suele contener los microorganismos necesarios para el proceso de descontaminación. Por ejemplo se suelen encontrar microbios especializados en el aprovechamiento de los hidrocarburos en las proximidades de las estaciones de petróleo y de las refinerías.

La especialización de la microfauna puede ser perjudicial en el momento que se producen cambios en la composición o la concentración de la carga del aire, ya que cada vez hace falta un nuevo proceso de adaptación si no hay bastantes reservas presentes en el filtro. En los casos en que estos cambios son previsibles se pueden añadir nutrientes al lecho o al agua de riego, aumentando de esta manera la cantidad de microorganismos. Sin embargo si los cambios se producen lentamente o si se cambia frecuentemente entre varios estados de contaminación no suelen ser necesarias medidas especiales.

A la hora de mantener el filtro biológico es esencial tener controlada la humedad del lecho. Con un exceso de agua se pueden formar zonas demasiado húmedas donde el líquido bloquea los poros e inhibe el debido acceso del oxígeno a las mismas. En estas zonas se pueden desarrollar en consecuencia procesos anaeróbicos, que tienden a liberar las sustancias malolientes que se querían eliminar. Una falta de humedad por el contrario perjudica la eficacia de los procesos biológicos y favorece el crecimiento de hongos, mucho menos eficientes a la hora de descomponer las sustancias contaminantes. Algunos de estos hongos, especialmente los hongos pertenecientes al grupo *aspergillus* como el *aspergillus niger* o el *aspergillus flavus*, presentes en muchos lugares en la naturaleza, pueden incluso ser peligrosos.

En estudios realizados en Alemania y Austria se ha demostrado que el contenido en gérmenes patógenos disminuye en el aire de salida frente al aire bruto en biofiltros de desodorización instalados en varias plantas de compostaje.

Sin embargo para evitar cualquier riesgo el aire descontaminado del filtro biológico no debe ser utilizado para ventilar habitáculos cerrados o salir cerca de zonas con alta demanda de higiene como la aspiración de la ventilación de hospitales, cocinas etc..

Es por lo tanto necesario el control esporádico de la biomasa, de los dispersores, humidificadores y otros dispositivos para asegurar la concentración correcta de humedad. La falta de agua es uno de los fallos más frecuentes, que especialmente durante la puesta en marcha y poco después puede dar lugar a rendimientos bajos.

El buen estado de la microfauna se nota además por la temperatura algo mas elevada del lecho debido al desarrollo de las funciones

Parámetro	Puesta en marcha	Después de 4 meses	Después de 6 meses
pH	6,7	≈ 4	≈ 4
Humedad (%)	53	40	40
Actividad (mg O_2 / (kg s.s. x h)	≈ 10	19	19
Σ gérmenes aerobios (n / g s.s.)	$3,5 \times 10^7$	$1,5 \times 10^7$	$5,6 \times 10^7$
Σ tiobacilos (n / g s.s.)	≈ 1×10^7	$2,3 \times 10^7$	$6,4 \times 10^7$

Desarrollo de la microfauna en un filtro biológico (valores medidos según BUB)

Biofiltros de desodorización – Conferencia de la IFAES Madrid 28/29 de junio de 2006

biológicas. Con temperaturas externas bajas se suelen formar nieblas encima de la superficie del filtro.

A lo largo del tiempo se puede desarrollar una cierta capa de vegetación en la superficie de los biofiltros. Aunque existen sistemas que requieren expresamente esta capa, en la mayoría de los casos es perjudicial para el rendimiento del sistema:

- Aumenta la resistencia global frente al paso del aire.
- Debido a un crecimiento irregular se forman zonas con mayor y menor resistencia, favoreciendo la formación de canales preferenciales.
- Las plantas aumentan la evaporación de agua y pueden cambiar el equilibrio hídrico.
- Las raíces, especialmente de plantas mayores, pueden ejercer fuerzas que estropean una parte de la estructura interna del filtro.

En ningún caso se puede permitir que se pise la superficie de un lecho biológico. En las pisadas el lecho se ve compactado con el peligro de la formación de zonas anaeróbicas y canales preferenciales en las partes menos compactas. Siempre hay que repartir cualquier fuerza en la mayor superficie posible, si alguna vez hace falta acceder al centro del lecho.

Los filtros biológicos son sistemas vivos. Esto significa que funcionan mejor de forma continua que de forma interrumpida aunque aguantan bien cortos períodos de paro. Si el filtro se encuentra parado durante tiempos prolongados, la cantidad de microfauna disminuye, ya que les falta el aporte de nutrientes necesario. Si además se para la ventilación, existe el riesgo de que el lecho entre en un estado anaeróbico. Esto se debe evitar ya que en el estado anaeróbico se producen sustancias que provocan los malos olores y que se liberarían a la hora de volver a poner el filtro en marcha. El riesgo se incrementa cuanto más compacto sea el lecho. Se puede prevenir en parte añadiendo una cantidad apropiada de material estructural en el lecho y en parte al conectar periódicamente la ventilación en los períodos prolongados de paradas.

Si a pesar de estas medidas el lecho ha entrado en estado anaeróbico hace falta lavar bien todo

Foco	Caudal (m ³ /h)	relleno	Sustancia retenida/conc. (mg/m ³)	Rto. (%)
Secado levadura de cerveza	20.000	Turba/ brezo	Amoniaco (NH ₃) / 0,55	91
			Sustancias org. básicas / 0,74	81
			Aldehídos / 13,6	99
			C orgánico / 108,2	87
			Olor 100 UO/m ³	> 99
Fabrica de viscosa	2.925	Corteza/ compost	Sulfhídrico (H ₂ S) / 80 Disulfuro de carbono (CS ₂) / 140	88 57
Fábrica de juntas de goma	5.000	Compost	Olor 3.500 UO/m ³	95
Fábrica de Poliéster	1.000	Turba/ brezo	C orgánico / 1.084,7 Olor 690 UO/m ³	80 88
Tostadora de cacao	4.100	Compost/ sustrato	77.000 – 390.000 UO/m ³	> 99
Secado de excrementos	20.000	Brezo	Amoniaco (NH ₃) / 310,2	75
			Sustancias org. básicas / 17,9	78
			Aldehídos / 9,6	85
			Ácidos orgánicos / 45,1	95
			C orgánico / 171,9 Olor 21.000 UO/m ³	47 82
Sebos y grasas	120.000	Turba/ brezo	Amoniaco (NH ₃) / 90	96
			Sustancias org. básicas / 13	92
			Aldehídos / 0,6	83
			Ácidos orgánicos / 5,0	86
			C orgánico / 238 Olor 400 UO/m ³	89 > 99
Molino de aceite	30.000	Turba/ brezo	Amoniaco (NH ₃) / 0,1	> 99
			Aldehídos / 4,2	> 99
			Ácidos orgánicos / 1,0	35
			C orgánico / 391	21
			Olor 2.000 UO/m ³	> 99
EDAR	3.300	Compost	Olor 4.500 – 19.600 UO/m ³	> 99

Rendimientos alcanzados por biofiltros en diferentes aplicaciones

el material de soporte, ventilarlo durante un tiempo prolongado y proceder como en el caso de la puesta en marcha. Durante este tiempo el filtro no sólo tiene un rendimiento muy reducido sino incluso puede ser una fuente de malos olores durante la fase inicial.

Alternativamente, o si estas medidas no resultan eficaces, se puede también cambiar el material del lecho. El material antiguo es aprovechable como abono o para mejorar la estructura del suelo en jardinería y horticultura. Sólo si por las características del foco descontaminado se sospecha que se han acumulado altas concentraciones de metales pesados, dioxinas u otras sustancias tóxicas no biodegradables, hay que depositarlo en basureros especializados.

Unos ejemplos de aplicaciones y rendimientos de los filtros biológicos

A lo largo de los años se ha instalado una amplia base de filtros biológicos en muy diversos campos

de aplicación. Existen aplicaciones en casos tan distintos como la desodorización de empresas de plásticos y pinturas, la industria química, freidoras industriales, la industria de sebos y grasas, la producción de gelatina, cocinas industriales, tostadoras de café y cacao, la producción de alimento animal, instalaciones de compostaje, tratamiento de purines, fundiciones etc. Hay en el mercado soluciones para el tratamiento de caudales de 1 hasta más de 100.000 m³/h y teóricamente no existen límites aunque las dimensiones finalmente son enormes.

Una gran variedad de estos equipos se encuentra descrita en la normativa. Sin embargo la aplicación estrella de los biofiltros de desodorización son las depuradoras y otras instalaciones de tratamiento de aguas negras.

Debido a sus características los biofiltros de desodorización son los sistemas idóneos para tratar los problemas de olores en estos lugares. Aquí se encuentran focos húmedos que emanan gases biodegradables procedentes de procesos biológicos y

Biofiltros de desodorización – Conferencia de la IFAES Madrid 28/29 de junio de 2006

en condiciones biocompatibles. El rango de temperaturas y de la naturaleza de las sustancias por lo tanto están automáticamente aptos para el tratamiento biológico.

En diversos países del mundo – entre ellos Alemania – los biofiltros de desodorización son por estas razones los equipos más utilizados en este ambiente. Es difícil obtener datos estadísticos fiables sobre los sistemas de

Método	1990	1983
Filtro biológico	59	36
Lavador químico	16	32
Insuflación	13	11
Lavador biológico	6	2
Incineración	3	7
Carbón activo	3	12

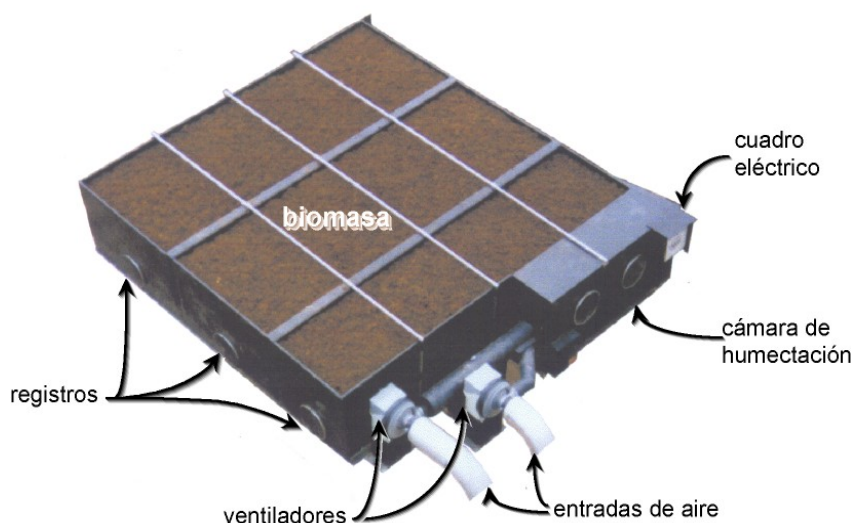
Porcentaje de mercado alcanzado por los procesos de desodorización en Alemania según la ATV. Instalaciones totales participantes en la encuesta:
1983: 163 1990: 181

desodorización, ya que en muchos casos se instalan en industrias que son reacias a la hora de publicar datos sobre los procesos empleados. Sin embargo existen unos datos publicados por la ATV (Abwassertechnischer Verein = Asociación para las tecnologías de las aguas residuales) alemana de los sistemas empleados en las EDARs de los años 1983 y 1990 respectivamente. Se demuestra claramente la creciente presencia de estos equipos en detrimento de las otras tecnologías.

En la misma encuesta de 1990 se pidió también la opinión de los

	Filtros biológicos	Lavadores químicos	Insuflación	Lavadores biológicos	Incineración	Carbón activo
Muy eficaz	14	11	13	9	67	0
Eficaz	65	63	46	27	17	50
Suficiente	10	19	25	0	17	50
Débil	3	0	0	27	0	0
Insuficiente	1	0	4	27	0	0
Base instalada	107	27	24	11	6	6
Promedio*	2,95	2,94	2,7	1,64	3,48	2,5

Valoración de la eficacia de desodorización en EDARs alemanas según la ATV
Opiniones in % sobre la base instalada de cada tecnología.
Promedio: de 5 = muy eficaz a 1 = insuficiente



Los principales componentes de un equipo BFK (foto: BFK4.0 para 4000 m³/h)

explotadores sobre la eficacia de los sistemas empleados. En esta valoración los filtros biológicos también obtuvieron buenas notas, solamente superadas en eficacia por los procesos de incineración. Sin embargo los lavadores biológicos con mayor dificultad para estabilizar el proceso, obtuvieron una valoración poco favorable. Hay que decir que la valoración de los lavadores biológicos, la incineración y el carbón activo se ha hecho sobre una base muy pequeña de equipos instalados y por lo tanto no es tan fiable como los datos obtenidos para los filtros biológicos o los lavadores químicos.

ProEco Ambiente y el sistema biodesodor®

Pro-Eco Ambiente fabrica en España biofiltros de desodorización según el sistema biodesodor® de tecnología alemana. Se trata de un sistema especialmente desarrollado para el tratamiento de pequeños a medianos caudales de unos 10 – 20.000 m³/h. El principal producto son los equipos de la gama BFK – biofiltros modulares construidos íntegramente en materiales anticorrosivos. Constan de un humidificador y módulos con relleno de mezcla de turba fibrosa y material orgánico de soporte.

La concepción modular dota a los equipos de una gran flexibilidad y movilidad. Permite instalaciones incluso en tejados o cubiertas. Además los equipos pueden ser movidos e instalados en otra zona si alguna vez se necesita el espacio ocupado para otros fines.

Se puede aumentar la capacidad de los equipos añadiendo módulos para ajustar su capacidad a las demandas de instalaciones en crecimiento.

Finalmente permite instalar un número reducido de módulos en un principio aumentando su número hasta alcanzar el rendimiento deseado si en un principio la contaminación presente en un foco no está bien definida.

La construcción exclusivamente en materiales como el polietileno de alta densidad (HD-PE) y el acero inoxidable garantizan una larga vida

Especificaciones técnicas de la gama BFK

Descripción:	filtro biológico del sistema biodesodor [®] para retener malos olores procedentes cualquier foco en condiciones biodegradables
Ubicación:	a la intemperie cerca del foco de emanación
Condiciones del aire:	concentraciones máximas de entrada (valores en paréntesis son concentraciones toleradas durante poco tiempo): H ₂ S 100 (150) ppm; mercaptanos 80 (100) ppm; amoníaco 120 (150) ppm; aminas 90 (120) ppm; ausencia de sustancias desinfectantes como el cloro, de metales pesados o de materia condensada. temperatura 5 – 35 °C (temperaturas más bajas tras previo aviso)
Caudal:	300 – 20.000 m ³ /h
Propulsión del aire:	ventiladores con carcasa en PP
Medidas:	según necesidad en cada foco
Superficie específica:	75 – 150 m ³ / h m ²
tamaño máx. módulo:	2,4 m x 7 m x 1,5 m / ud.
tamaño mín. módulo:	1,5 m x 2 m x 1,5 m / ud. salvo humidificadores.
Carcasa:	HDPE negro con refuerzos de acero inoxidable
Lecho filtrante:	fibra turbosa con material estructural
Opciones:	sistema de humidificación automatizada del lecho
Rendimiento:	95 – 98 % garantizado; > 99 % observado
Gasto agua aprox.:	(20 °C; 50 % humedad relativa del aire de entrada): 210 l/d por 1000 m ³ /h de aire tratado
Garantías:	5 años en el lecho; 2 años en el filtro
Precios:	< 1.500 m ³ /h: 7 – 18 € / m ³ h ≥ 1.500 m ³ /h: 5,5 – 10 € / m ³ h dependiendo de condiciones en cada foco

encuentran hasta pequeños filtros aptos para la desodorización de fosas sépticas en casas particulares. Ya hay más de 10.000 equipos KS instalados en toda Europa.

El equipo KS 625 / 550 se caracteriza por su funcionamiento biológico, libre de adiciones químicas y sin necesidad de alimentación de energía.

El sistema consiste en un contenedor construido de material termoplástico especialmente diseñado para garantizar la óptima eficacia del biofiltro.

útil unida a un mantenimiento mínimo.

Esto contribuye a bajar los costes de explotación y convertir su inversión en un equipo BFK en una apuesta segura que se amortiza a corto o medio plazo.

Ya hay más de 450 instalaciones de modelos BFK resolviendo problemas de malos olores en todo el mundo.

Aunque el principal campo de aplicación de los equipos BFK son los tratamientos de aguas residuales estos filtros se adaptan perfectamente a una amplia gama de sectores. Pueden eliminar tanto los olores de la industria agroalimentaria como los disolventes en procesos químicos, cabinas de pinturas, olores de establos, hidrocarburos y un largo etc.

Los mayores filtros BFK hasta ahora, con una capacidad de 24.000 m³/h se instalaron en una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos en una zona turística del norte de Alemania aunque los caudales más habituales se

encuentran en el rango de 300 – 12.000 m³/h.

En España hay equipos BFK instalados por ejemplo en las EDARs de Banyeres (Alicante), Oropesa (Castellón), Irún (Guipúzcoa), Aspe (Alicante) las depuradoras de Leche Pascual (Aranda del Duero/Burgos), Yoplait (Alcobendas/Madrid), Estrella Levante (Murcia), Cervecería San Miguel (Málaga), ...

Para caudales pequeños de 10 – 300 m³/h saturados de humedad existe también la gama “KS”. En estas condiciones no hace falta un humidificador ya que pequeñas instauraciones en un caudal tan reducido no logran disecar la biomasa rápidamente.

En algunos casos como en la ventilación de los pozos de registro hasta se puede prescindir de un ventilador ya que el tiro por convección natural es suficiente para mantener a corriente de aire a través del lecho. La gama KS es la prueba que los biofiltros de desodorización no siempre tienen que ser grandes instalaciones. En esta gama se



Especificaciones técnicas de la gama KS-S(D)...

Descripción:	filtro biológico del sistema bodesodor® para retener malos olores procedentes de fosas sépticas, depuradoras compactas etc.
Ubicación:	cerca del foco de emanación
Condiciones del aire:	aire saturado de humedad concentraciones máximas de entrada (valores en paréntesis son concentraciones toleradas durante poco tiempo): H ₂ S 50 (75) ppm; mercaptanos 40 (60) ppm; amoníaco 50 (75) ppm; aminas 30 (50) ppm; ausencia de sustancias desinfectantes como el cloro, de metales pesados o de materia condensada
Caudal máximo:	10 – 300 m ³ /h
Propulsión del aire:	ventiladores S&P o Colasit
Medidas:	según necesidad en cada foco
Superficie específica:	50 – 90 m ³ / h m ²
Carcasa:	HDPE aditivado anti-UV
Lecho filtrante:	fibra turbosa con material estructural
Opciones:	sistema de humidificación automatizada del lecho
Rendimiento:	95 – 98 % garantizado; > 99 % observado
Garantías:	5 años en el lecho; 2 años en el filtro



Aplicación del filtro KS 625/650

Se coloca en la boca del pozo de registro eliminando los olores que pasan por él, únicamente debido al empuje térmico u otras fuerzas naturales. Con la correspondiente eliminación de estas emanaciones, se evitan los malos olores en las proximidades y se contribuye a la aireación y ventilación necesaria en el sistema de canalización.

La construcción del equipo ofrece un máximo de seguridad unido a larga durabilidad y un mínimo de mantenimiento.

Los equipos KS-S(D)... son los más versátiles de la gama KS. Tratan caudales de 10 – 300 m³/h. Están equipados de un ventilador o en la salida del equipo o en la entrada del filtro. Son soluciones económicas y ecológicas para tratar aire saturado de humedad y pueden ser instalados tanto a la intemperie como en el interior de habitáculos.

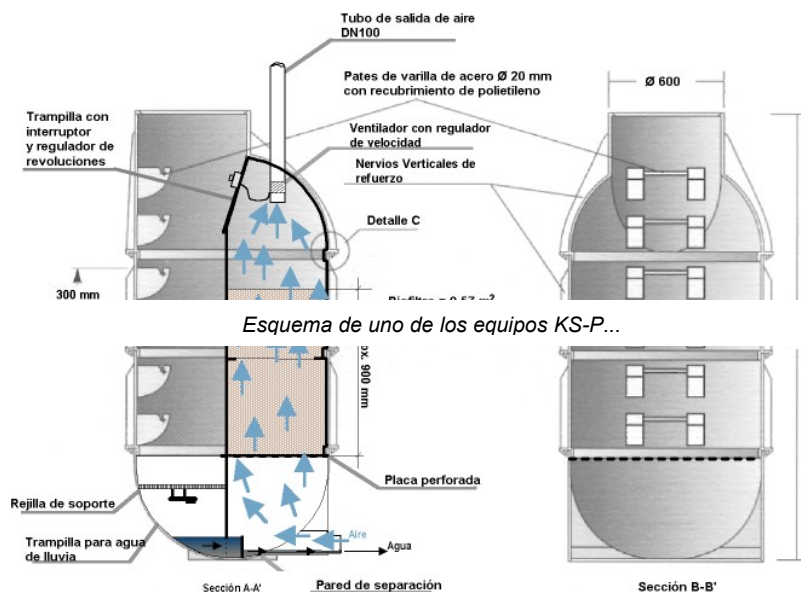
Como estándar los filtros KS se fabrican tanto en forma cuadrada como redondos (hasta 180 m³/h) aunque la geometría se puede adaptar en cierta medida a las condiciones y huecos encontrados en cada foco.

Según la climatología están previstos de doble pared de aislamiento térmico (modelos –SD...) para evitar la influencia de las heladas o de la irradiación solar directa en los pequeños equipos.

Se adaptan perfectamente a las necesidades de pequeñas estaciones de bombeo, diversos focos en pequeñas depuradoras etc.

Incluso pueden resultar útiles en instalaciones existentes si hay que desodorizar focos adicionales no cubiertas por los sistemas iniciales ya que ubicándose cerca de los focos pueden hacer innecesaria la instalación de tuberías largas que en ocasiones cuestan más que el filtro KS.

La eficacia de los equipos KS se ha



automático de riego.
capacidad: 50 m³/h

Biofiltros de desodorización – Conferencia de la IFAES Madrid 28/29 de junio de 2006



Biofiltro realizado en el interior de un contenedor de acero. Se aprecia el comienzo de la corrosión.

masiva de turistas con una red de saneamiento anticuada.

Para poder ofrecer también una solución en estas situaciones tan difíciles se ha desarrollado la gama KS-P... Se trata de equipos biológicos de desodorización, contruidos según los principios del sistema biodesodor[®] e integrados en pozos prefabricados de polietileno. Como los filtros KS-S aspiran el aire contaminado saturado de humedad y lo depuran en el interior de su lecho.

Hay modelos con capacidades de 75 y 100 m³/h que permiten solucionar problemas como pequeñas estaciones de bombeo, tramos de alcantarillado con demasiado poca pendiente etc.

El hecho de tratarse de filtros enterrados los protege además de las

acciones vandálicas mientras que la temperatura más uniforme ayuda a garantizar una eficacia constante sin aislamiento térmico.

Bibliografía:

- 1 “Contaminación – Depuración biológica de gases”; D. G. Buguña; *Investigación y Ciencia*; **mar. 2004**; p 37
- 2 “Control de olores debido a la formación de H₂S en las EDARs”; J.M. Baldasano, S. Gassó, S. Velamazán, J. Amat, D. Orfila, J.S. Lapouza; *Tecnología del Agua*; 217; **oct. 2001**; pp. 22-28
- 3 “Compuestos de azufre en los sistemas de saneamiento”; J.A. Andrades Balao, E. Campos

- Florido, M. Macías García, D. Cantero Moreno; *Tecnología del Agua*; 193; **oct. 1999**; pp. 71 – 86
- 4 “Qué legislación es aplicable en materia de contaminación ambiental por olores”; J. Ribó Arboledas; Conferencia presentada el 31 de Mayo de 2000 en la IFAES.
 - 5 a) “Importante jurisprudencia en la contaminación por olores. Cuáles son las nuevas vías judiciales”; B. Llanza Primo de Rivera; Conferencia presentada el 31 de Mayo de 2000 en la IFAES.
b) Sentencia del Tribunal Europeo de Derechos Humanos del 9/12/94 sobre la emanación de olores de una estación depuradora
c) Sentencia de la Sala Tercera del Tribunal Supremo – 04-10-1991/ AR 1991 N° 7848
 - 6 a) “Emanación de olores”; K. Bieger; *Tecnología del Agua*; 193; **oct. 1999**; pp. 109 – 121
b) “Sistemas de desodorización – una comparativa”; K. Bieger; *Industria Farmaceutica*; 2; **mar./abr. 2000**; pp. 67 – 72
c) “La emisión de olor en procesos industriales”; P. Sadurní Pous; *Química hoy*; **mayo 2000**; pp. 53 – 57
 - 7 a) “Biofilter Economics and Performance”; P.A. Boyette, P.E.; *E&A Environmental Consultants, Inc., Cary (North Carolina), E.E.U.U.*; memoria
b) “Biofilter Removal of VOCs and Toxics from Airborne Emissions: Design Optimization”; J.R. Holmes; *California Environmental Protection Agency -Research Notes*; N° 97-12; **dec. 1997**
 - 8 “Biologische Abgas-/Abluftreinigung – Biofilter”; VDI 3477; *VDI-Handbuch Reinhaltung Luft*; Bd. 6; **Dez. 1991**
 - 9 a) “Emission of odours from sewage treatment plants”; ATV; *Korrespondenz Abwasser*; Leaflet M255; **Jul. 1988**
b) “Stand und Anwendung der Emissionsminderungstechniken bei Kläranlagen – Gerüche, Aerosole”; ATV; *ATV-Regelwerk*; Merkblatt M204; **Okt. 1996**
 - 9 “Biotechnologische Behandlung H₂S-haltiger Abluft”; Braunschweiger Umwelt Biotechnologie; *Kurzinformation Nr.4*; 03; **1992**

- 10 “Selección, Diseño y operación de procesos de biofiltración, a través de un sistema basado en conocimiento”; M. Acosta, J. Acevedo, M.A. Rito; *Oficinas Cooperativas, Dirección de Tecnologías, Ave. Ricardo Margáin Zozaya 325, Col. Valle del Campestre, Garza García, N.L., 66220 Mexico + ITESM, Campus Monterrey*; memorias; **1999**
- 11 “Biofilter Failures – A Case Study”; L. Otten; *School of Engineering, University of Guelph, Guelph (Ontario) N1G 2W1, Canada*; memoria; **1999**
- 12 Conferencia de prensa; G. Superti-Furga et. al.; *Nature*; **09.01.2002**

BIOFILTRO DE BREZO

Uno de los factores críticos en la percepción social de algunas instalaciones industriales tales como depuradoras, plantas de compostaje, plantas químicas... es la posible generación de un impacto odorífero sobre el entorno.

En actividades como las mencionadas, es casi imposible alcanzar un nivel cero de olor sobre el entorno porque es inherente a la actividad. Lo que sí que es posible es compatibilizar la actividad con el entorno considerando que el olor no debe generar molestia, es decir, que el impacto es puede minimizar aplicando medidas dirigidas a mejorar la gestión de los instalaciones.

El control de los olores se lleva a cabo mejor en origen, lo cual implica la identificación de su causa, en lugar del olor en sí mismo, y un cambio de las condiciones de operación, de los métodos, del diseño o de las materias primas utilizadas, con objeto de eliminar o minimizar el olor.

Sin embargo, a veces esto no es viable técnica o económicamente, por lo que debemos optar por sistemas de tratamiento de olores como la biofiltración.

La biofiltración es una técnica de control de la contaminación atmosférica, que utiliza material orgánico para capturar y degradar biológicamente los contaminantes y compuestos odoríferos.

Los biofiltros usan microorganismos para eliminar la contaminación atmosférica y odorífera. La microbiota (hongos y bacterias mayoritariamente) crece sobre la superficie del material de relleno (lecho) creando una fina película llamada biofilm. Durante el proceso de biofiltración, el aire contaminado es lentamente bombeado a través del material de relleno. Los contaminantes son adsorbidos en la superficie del material de filtración y absorbidos por el biofilm. Simultáneamente los microorganismos consumen, es decir, metabolizan los contaminantes, produciendo energía, biomasa y

productos finales del metabolismo, principalmente CO₂ y agua.

El proceso es seguro, natural y no se generan contaminantes secundarios.

composición

La naturaleza del soporte o lecho, tiene una influencia importante sobre la eficiencia de biodepuración de los contaminantes y sobre los costos de operación del biofiltro, ya que provee a los microorganismos de un ambiente favorable en términos de pH, temperatura, humedad, nutrientes y flujo de oxígeno.



Erica arborea. Brezo.

Este material adsorbe los compuestos odoríferos y otros contaminantes desde la corriente de aire residual. Los microorganismos de vida libre que proliferan de manera natural sobre este material orgánico utilizan como fuente de nutrientes y energía estos compuestos, vía descomposición aerobia.

BURÉS PROFESIONAL, S.A., ha desarrollado materiales de relleno a base de **biomasa vegetal 100% procedente de brezo**, de alta eficiencia y vida útil, procedente de jardinería y limpiezas forestales.

características

El **brezo** utilizado por **BURÉS PROFESIONAL, S.A.**, se caracteriza por crecer en entornos sin cantidades significativas de gramíneas u otra vegetación, ya que la inclusión de otras especies devaluaría el producto como biofiltro.

Además de poseer una elevada porosidad que le proporciona una gran superficie de contacto con la corriente de aire residual, el **brezo** se utiliza para proporcionar un armazón de soporte para rellenar con medios orgánicos blandos, sobre todo turba.

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	VALOR
DENSIDAD APARENTE	Kg/m ³	300-400
POROSIDAD	%	78
pH	-	4,5-5,5
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	μS/cm	<100
HUMEDAD	%m/m	7-8
MATERIA ORGÁNICA	%	98,37

Es importante señalar que la parte valiosa del **brezo** como biofiltro es la madera, no las hojas.

En países como Reino Unido y Alemania, el brezo es ampliamente utilizado en sistemas mixtos brezo/ turba para abatir amonio.

El **brezo** puede ser empleado con éxito tanto en biofiltros abiertos como cerrados, aunque su utilización como único componente del lecho de biofiltración limita su uso a intensidades de olores bajas y caudales de gases bajos-moderados.

Nuestros materiales biofiltrantes son extremadamente estables, sufriendo una muy lenta alteración física y microbiológica de sus propiedades a lo largo del tiempo, por lo que la compactación del lecho a largo plazo es muy lenta.

parámetros de control

Se deben crear y mantener unas condiciones físico-químicas adecuadas, que permitan la proliferación de la microbiota sobre el material del lecho. Los parámetros esenciales son temperatura, pH, Humedad y cantidad de nutrientes.

En el caso de biofiltros brezo/turba para abatir amonio el control del pH es crítico ya que se produce la progresiva alcalinización del material (ácido en origen).

Por ello es recomendable el pre-tratamiento de la corriente de gases, por ejemplo con un equipo *scrubber* que proporciona además humedad adicional al gas.

Se recomienda mantener la temperatura de operación alrededor de los 30°C.

Recordamos a nuestros clientes, que el material de relleno del biofiltro se debe manejar con cuidado, evitando su compactación para no incrementar el coste energético de su operatividad.

En cualquier caso, este tipo de biofiltros puede requerir un tratamiento periódico consistente en remover la superficie o incluso sacando y volviendo a introducir el lecho filtrante.

El tiempo de residencia para biofiltros a base de **Brezo** dependerá de las condiciones de diseño, pero para bajas concentraciones se deben considerar un tiempo estándar mínimo de 60 segundos.

El rendimiento y la vida útil del biofiltro está en función del tipo de contaminante y de su carga másica, pero para el **brezo** se puede considerar una media de >3 años. Tras este periodo el material usado puede ser simplemente compostado en nuestras instalaciones sin ningún tratamiento especial.

ventajas y aplicaciones

Este producto pueden utilizarse como material único para constituir el lecho o como componente individual en sistemas de biofiltración multicapa.

La biofiltración es una técnica muy versátil, capaz de tratar olores (sulfhídrico, amoníaco...), compuestos tóxicos y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's).

La eficiencia del tratamiento de estos elementos se encuentra por encima del 90-95% para bajas concentraciones de contaminantes, típicamente < 1.000 ppm.

Los **biofiltros de BURÉS PROFESIONAL, S.A.**, se usan con éxito en las siguientes actividades:

- o EDAR municipales.
- o Plantas de compostaje.
- o Vertederos.
- o Industria química.
- o Industria alimentaria.
- o Destilerías.
- o Industria tabaquera.
- o Industria papelera.
- o Industria farmacéutica.
- o Industria del mueble.
- o Aplicación de pinturas y recubrimientos.
- o Manufactura de resinas.
- o Curtido de pieles.

Los biofiltros de BURÉS PROFESIONAL, S.A., son una alternativa tecnológica respetuosa con el medio ambiente, para el control efectivo de la contaminación atmosférica y odorífera.

- o Tecnología sencilla y de bajo coste de implantación y operación; económicamente rentable.
- o Elevada eficiencia de eliminación de COV's y compuestos odoríferos.
- o El control de la contaminación odorífera redundante en el control de vectores (moscas, roedores...)
- o Biofiltros prácticamente libres de mantenimiento.
- o El proceso de biofiltración resulta en una descomposición completa de los contaminantes, creando productos secundarios no peligrosos.
- o El material constituyente del biofiltro es orgánico, no tóxico y biodegradable mediante compostaje una vez finalizada su vida útil.

BIOFILTRO DE TURBA GRUESA

Uno de los factores críticos en la percepción social de algunas instalaciones industriales tales como depuradoras, plantas de compostaje, plantas químicas... es la posible generación de un impacto odorífero sobre el entorno.

En actividades como las mencionadas, es casi imposible alcanzar un nivel cero de olor sobre el entorno porque es inherente a la actividad. Lo que sí que es posible es compatibilizar la actividad con el entorno considerando que el olor no debe generar molestia, es decir, que el impacto es puede minimizar aplicando medidas dirigidas a mejorar la gestión de los instalaciones.

El control de los olores se lleva a cabo mejor en origen, lo cual implica la identificación de su causa, en lugar del olor en sí mismo, y un cambio de las condiciones de operación, de los métodos, del diseño o de las materias primas utilizadas, con objeto de eliminar o minimizar el olor.

Sin embargo, a veces esto no es viable técnica o económicamente, por lo que debemos optar por sistemas de tratamiento de olores como la biofiltración.

La biofiltración es una técnica de control de la contaminación atmosférica, que utiliza material orgánico para capturar y degradar biológicamente los contaminantes y compuestos odoríferos.

Los biofiltros usan microorganismos para eliminar la contaminación atmosférica y odorífera. La microbiota (hongos y bacterias mayoritariamente) crece sobre la superficie del material de relleno (lecho) creando una fina película llamada biofilm. Durante el proceso de biofiltración, el aire contaminado es lentamente bombeado a través del material de relleno. Los contaminantes son adsorbidos en la superficie del material de filtración y absorbidos por el biofilm. Simultáneamente los microorganismos consumen, es decir, metabolizan los contaminantes, produciendo energía, biomasa y

productos finales del metabolismo, principalmente CO₂ y agua.

El proceso es seguro, natural y no se generan contaminantes secundarios.

composición

La naturaleza del soporte o lecho, tiene una influencia importante sobre la eficiencia de biodepuración de los contaminantes y sobre los costos de operación del biofiltro, ya que provee a los microorganismos de un ambiente favorable en términos de pH, temperatura, humedad, nutrientes y flujo de oxígeno.

Este material adsorbe los compuestos odoríferos y otros contaminantes desde la corriente de aire residual. Los microorganismos de vida libre que proliferan de manera natural sobre este material orgánico utilizan como fuente de nutrientes y energía estos compuestos, vía descomposición aerobia.

BURÉS PROFESIONAL, S.A., ha desarrollado materiales de relleno a base de turba gruesa de *Sphagnum* calibrada

Este material procedente de las turberas de Lituania y el Norte de Alemania, sufre en nuestra planta un proceso de selección mediante cribado, en el que se obtiene una fracción de granulometría gruesa de turbas rubias y negras, lo que confiere al producto características adecuadas para su utilización como biofiltro.

El efecto del aumento de la granulometría en la turba, es un aumento de la porosidad a medida que la partícula se hace más gruesa.

Este procesado incrementa el área específica del material y permite una colonización más efectiva del medio por parte de los microorganismos.

Por otra parte, al aumentar el área específica del material del lecho de biofiltración, se potencia la creación de un gradiente de concentración en el

biofilm, que mantiene un flujo continuo de masa, desde los componentes del gas hasta el biofilm húmedo.

características

Las principales características del material se resumen a continuación.

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	VALOR
DENSIDAD APARENTE	Kg/m ³	120-160
POROSIDAD	%	80
pH	-	~4
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	dS/m	0,17
MATERIA ORGÁNICA	%	> 90%
GRANULOMETRÍA	Mm	20-40

En las fracciones gruesas puede haber una cierta parte fibrosa de lino silvestre (*Eriophorum vaginatum*).

La turba gruesa se puede utilizar como material único constituyente del lecho de biofiltración, o en combinación con otros materiales como el brezo.

Este tipo de lechos de biofiltración requiere un tratamiento regular para evitar su compactación – como por ejemplo el volteo del material.

parámetros de control

Se deben crear y mantener unas condiciones físico-químicas adecuadas, que permitan la proliferación de la microbiota sobre el material del lecho. Los parámetros esenciales son temperatura, pH, Humedad y cantidad de nutrientes.

Recordamos a nuestros clientes, que el material de relleno del biofiltro se debe manejar con cuidado, evitando su compactación para no incrementar el coste energético de su operatividad.

El lecho de turba en sí no debe de tener más de un metro de profundidad, para evitar que se compacte.

La temperatura del lecho se mantiene entre 10-45°C

El pH debe permanecer siempre en un rango de 4-7,5.

Para corrientes altamente olorosas, el flujo de aire no debe de ser mayor de 110-130 m³/hm² de lecho.

Para olores menos intensos, el flujo puede incrementarse hasta 200 m³/hm² de lecho.

Los lechos de turba se usan principalmente en el norte de Europa, donde se han empleado en agricultura y en procesado de pescado.

Por otra parte, el rendimiento y la vida útil del biofiltro está en función del tipo de contaminante y de su carga másica.



ventajas y aplicaciones

Este producto pueden utilizarse como material único para constituir el lecho o como componente individual en sistemas de biofiltración multicapa.

La biofiltración es una técnica muy versátil, capaz de tratar olores (sulfhídrico, amoníaco...),

compuestos tóxicos y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's).

La eficiencia del tratamiento de estos elementos se encuentra por encima del 90-95% para bajas concentraciones de contaminantes, típicamente < 1.000 ppm.

Los **biofiltros de BURÉS PROFESIONAL, S.A.**, se usan con éxito en las siguientes actividades:

- o EDAR municipales.
- o Plantas de compostaje.
- o Vertederos.
- o Industria química.
- o Industria alimentaria.
- o Destilerías.
- o Industria tabaquera.
- o Industria papelera.
- o Industria farmacéutica.
- o Industria del mueble.
- o Aplicación de pinturas y recubrimientos.
- o Manufactura de resinas.
- o Curtido de pieles.

Los biofiltros de BURÉS PROFESIONAL, S.A., son una alternativa tecnológica respetuosa con el medio ambiente, para el control efectivo de la contaminación atmosférica y odorífera.

- o Tecnología sencilla y de bajo coste de implantación y operación; económicamente rentable.
- o Elevada eficiencia de eliminación de COV's y compuestos odoríferos.
- o El control de la contaminación odorífera redonda en el control de vectores (moscas, roedores...)
- o Biofiltros prácticamente libres de mantenimiento.
- o El proceso de biofiltración resulta en una descomposición completa de los contaminantes, creando productos secundarios no peligrosos.
- o El material constituyente del biofiltro es orgánico, no tóxico y biodegradable mediante compostaje una vez finalizada su vida útil.

Eficiencias típicas de un filtro de lecho de turba para la eliminación de olores.

COMPUESTOS OLOROSOS	CONCENTRACIÓN DE ENTRADA (ppm)	REDUCCIÓN A TRAVÉS DEL BIOFILTRO (%)
Etanol	10-70	>99
Metanol	50-300	>99
Acetona	70-400	>97
Acetato de etilo.	500-5000	>75

Fuente: *Kiely, G.* Ingeniería Ambiental.



JOHNSON PUMP
AN SPX BRAND

CombiBloc

Close-coupled centrifugal pumps



SPX[®]

CombiBloc

CombiBloc is the premier solution for pumping clean thin liquids in a very cost-effective way. The pump is part of Johnson Pump's Combi-system, a modular programme of single stage centrifugal pumps with a high degree of interchangeability of parts between the different pump constructions.



CombiBloc represents a range of horizontal centrifugal pumps close-coupled to electric motors. The pump is suitable for handling low-viscosity, clean or slightly contaminated and aggressive liquids.

Characteristic of the CombiBloc is the compact configuration of the pump and the electric motor assembly. The use of a stub shaft allows standard IEC electric motors to be used.

Thanks to the small number of components and the use of a mechanical seal, the CombiBloc requires little maintenance. This is further supported by Back Pull Out of the rotating assembly.

The CombiBloc has applications in crop farming and market gardening, on board ships and in handling various chemicals.

Technical data

Max. capacity	850 m ³ /h
Max. head	105 m
Max. working pressure	10 bar
Max. temperature	120 °C
Max. speed	3600 rpm



Test bed SPX Process Equipment NL in Assen

From know-how to finding solutions



General industry

The CombiBloc can be applied as a general duty pump in many industrial applications. Because of its economic features and ease of construction this pump is also ideally suited for space saving OEM skid mounting.



Shipbuilding

CombiBloc pumps can handle both clean and slightly contaminated fresh water and sea water. Their compact, space saving build makes them ideal pumps for engine rooms and general duty.



Utility

Applications of the CombiBloc within utility buildings are as general duty pumps, circulation pumps in heating and air-conditioning systems and pumps in water purification plants.



Horticulture

In horticulture the CombiBloc is used as a transport pump for hot water heating systems.

Features and *benefits*

Pump casing

- flanges according to ISO 7005
- max. working pressure 10 bar
- drain opening
- *wide range of applications*
- *complete and fast draining of the casing*

Pump cover

- flat gasket, fully chambered
- machined fits
- *no gasket blow-out*
- *perfectly aligned*

Suction capabilities

- smooth suction entry in pump casing
- smooth surface
- anti rotation vane
- *optimum suction capabilities*
- *minimal flow distortion giving better suction capabilities*

Impeller locking

- impeller nut with spring washer
- *reliable locking*

Hydraulic balancing

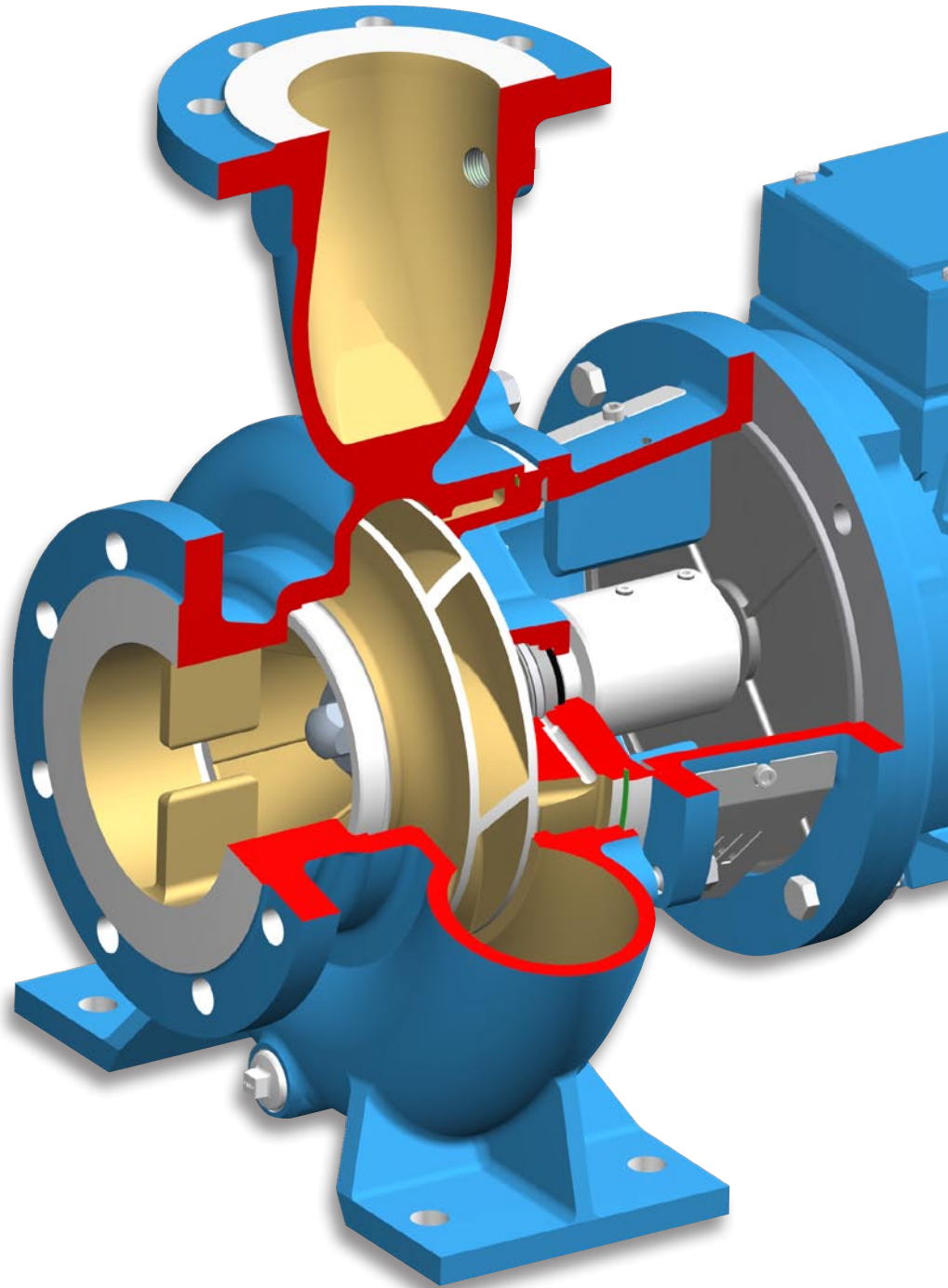
- flat cover for hydraulic balancing
- back vanes for hydraulic balancing
- *extended bearing life time*

Foot

- machined foot
- *exact positioning on base and in pipework*

Materials

- pump casing: cast iron - bronze - stainless steel
- impeller: cast iron - bronze - stainless steel
- stub shaft: stainless steel

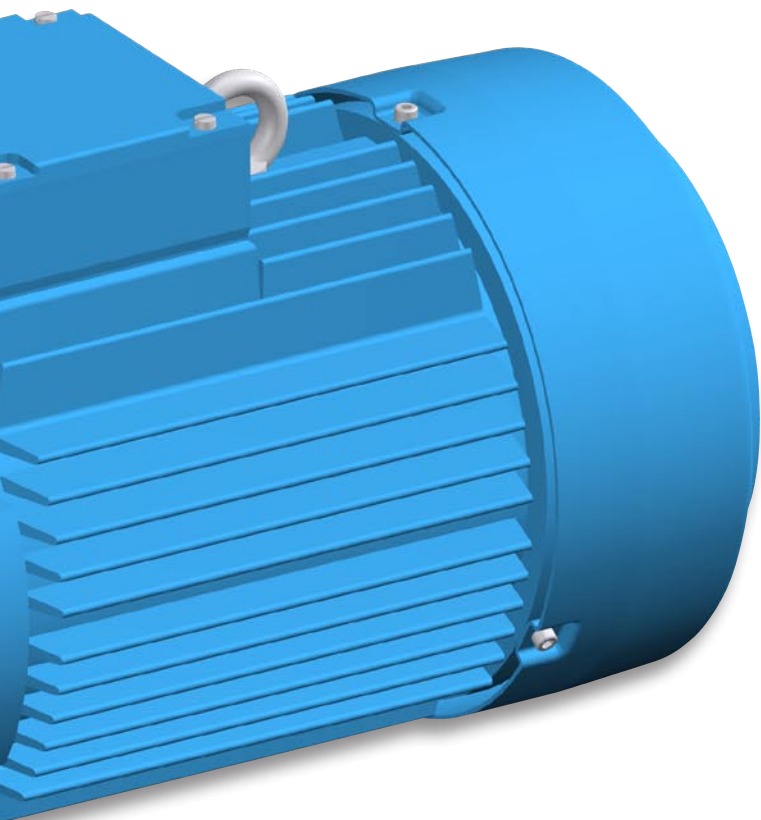


Coupling guard

- consisting of 2 identical parts with snap fit
- aluminium
- *quick and easy mounting*
- *for increased safety*
- *non sparking*

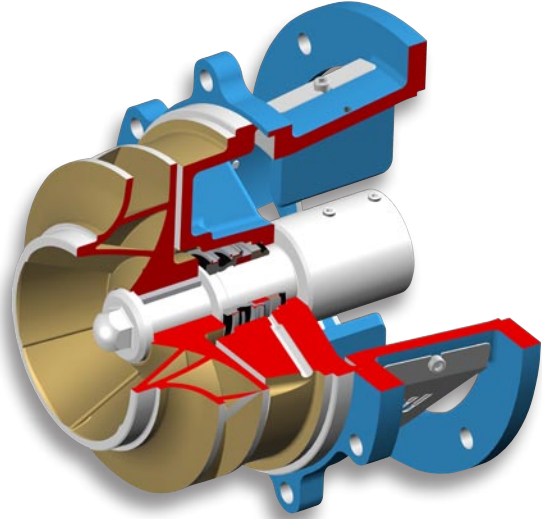
Electric motor

- standard IEC size flange motor
- fixed bearings
- larger pump sizes mounted with foot-flange motor
- *independence of motor make*
- *economic*
- *reliable*
- *readily available*



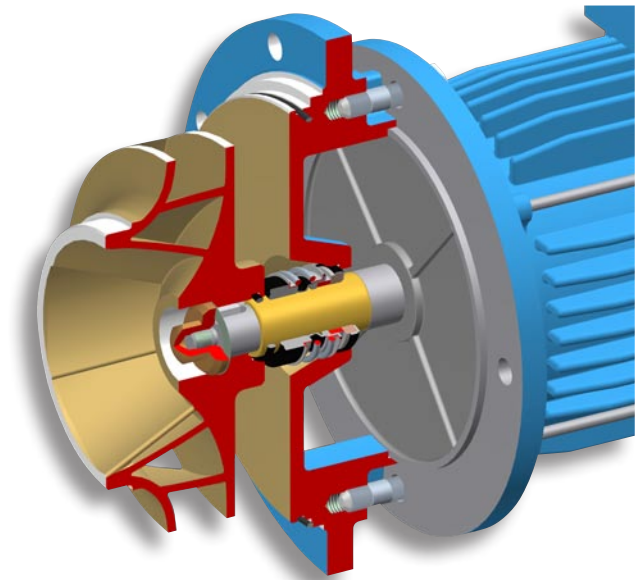
Seal chamber

- seal chamber integrated in pump cover
- large and tapered shape
- internal seal flushing bore to seal chamber
- *perfect alignment resulting in increased seal life*
- *better drainage of seal chamber*
- *ample seal flushing*
- *no external flushing piping needed*



Shaft sealing

- mechanical bellows seal according to EN 12756 (DIN 24960 L_{1k})
- several material combinations
- *no O-ring lock up*
- *interchangeable with other EN (DIN) seal makes*
- *suitable for many liquids*



Easy and low cost maintenance

- pump cover and lantern piece mounted to pump casing as one unit, no separate bolting
- quick and easy impeller replacement
- only 3 mechanical seal sizes
- changeable wear ring (only bearing bracket 2 and 3)
- *easy to disassemble pump cover*
- *economic maintenance*
- *extended pump life time*

Lantern piece

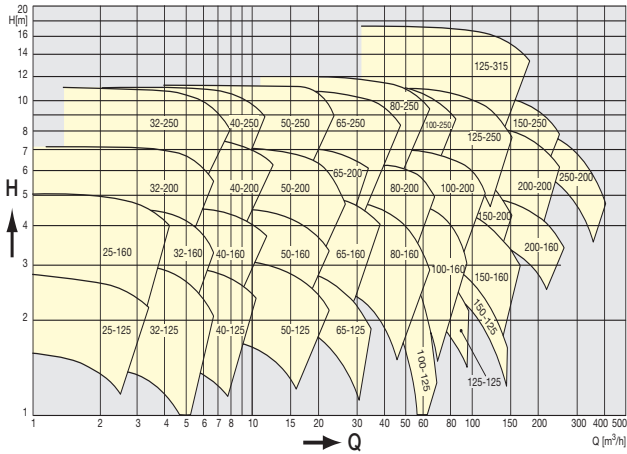
- rigid cast iron construction
- machined fits
- large openings
- *exact alignment*
- *easy access for inspection and service*

Stub shaft

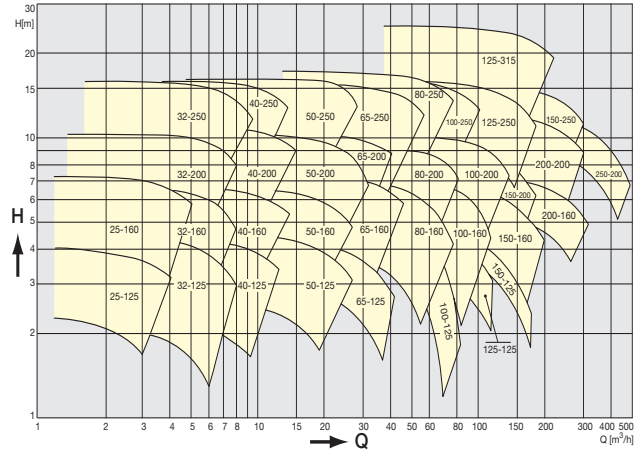
- stainless steel AISI 316
- fits to IEC electric motors
- axial fixation with set screws
- 3 shaft diameters
- *no shaft sleeve needed*
- *easy impeller replacement*
- *adjustable axial impeller position*
- *low maintenance cost*

Hydraulic performance data

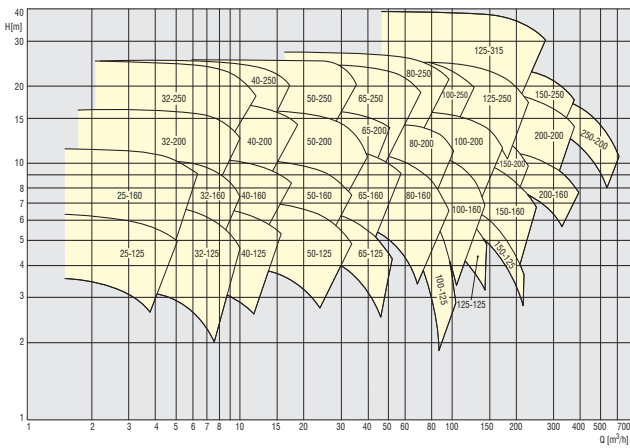
These curves are based upon *nominal* electric motor speeds. The actual pump performance curves may vary from these curves, depending on the actual electric motor speed.



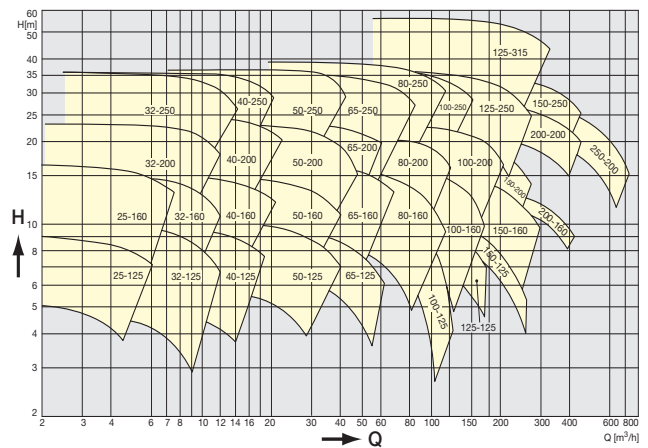
$n_{nom} = 1000 \text{ rpm}$ (6 pole electric motor - 50 Hz)



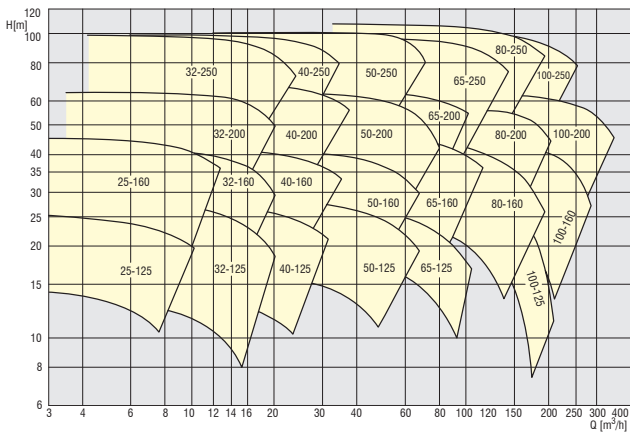
$n_{nom} = 1200 \text{ rpm}$ (6 pole electric motor - 60 Hz)



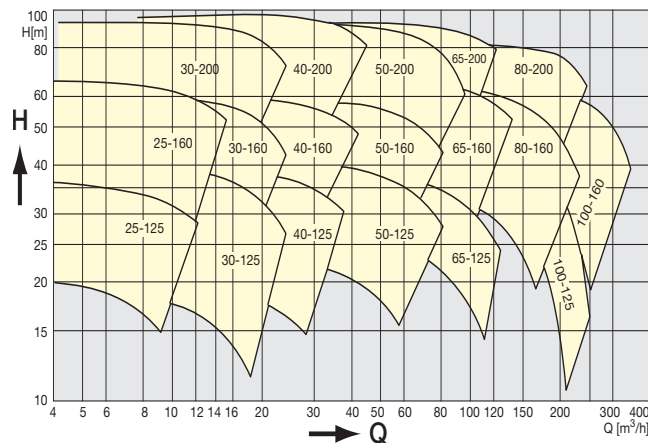
$n_{nom} = 1500 \text{ rpm}$ (4 pole electric motor - 50 Hz)



$n_{nom} = 1800 \text{ rpm}$ (4 pole electric motor - 60 Hz)

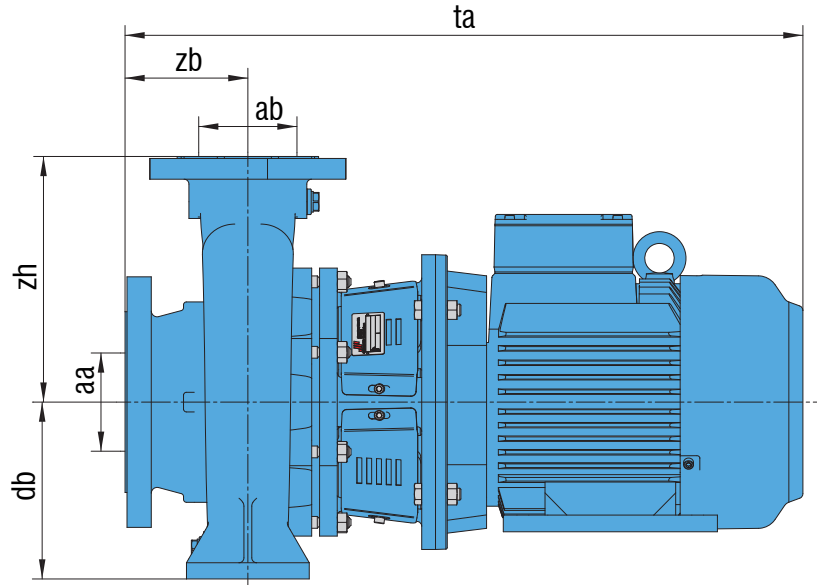


$n_{nom} = 3000 \text{ rpm}$ (2 pole electric motor - 50 Hz)



$n_{nom} = 3600 \text{ rpm}$ (2 pole electric motor - 60 Hz)

Dimensions



ta: based on DIN 42677, actual size depending on motor make
 ISO 7005 PN 16 \cong EN 1092-2 (EN 1092-1 stainless steel)
 * = ISO 7005 PN 6 \cong EN 1092-2 (EN 1092-1 stainless steel)
 ** = ISO 7005 PN 10 \cong EN 1092-2
 *** = stainless steel
 - = not available in stainless steel

CombiBloc	ISO 7005 PN 16				db	zb	zh	ta (max)
	aa	aa***	ab	ab***				
25-125	32*	32*	25*	25*	100	62	115	537
25-160	25	25	25	25	132	64.5/94.5***	142	607/637***
32-125	50	50	32	32	112	80	140	628
32-160	50	50	32	32	132	80	160	706
32-200	50	50	32	32	160	80	180	834
32-250	50	50	32	32	180	100	225	932
40-125	65	65	40	40	112	80	140	706
40-160	65	65	40	40	132	80	160	834
40-200	65	65	40	40	160	100	180	854
40-250	65	65	40	40	180	100	225	932
50-125	65	80	50	50	132	100	160	726
50-160	65	80	50	50	160	100	180	854
50-200	65	80	50	50	160	100	200	1060
50-250	65	80	50	50	180	100/125***	225	1080/1105***
65-125	80	100	65	65	160	100	180	854
65-160	80	100	65	65	160	100	200	1060/1070***
65-200	80	100	65	65	180	100	225	1060/1070***
65-250	80	100	65	65	200	100/125***	250	1142/1167***

CombiBloc	ISO 7005 PN 16				db	zb	zh	ta (max)
	aa	aa***	ab	ab***				
80-160	100	125	80	80	180	125	225	1085/1095***
80-200	100	125	80	80	180	125	250	1536
80-250	100	125	80	80	200/225***	125	280	1555
100-125	100	-	100	-	180/-	125	250	879
100-160	125	-	100	-	200/-	125	315	1100
100-200	125	125	100	100	200	125	280	1536
100-250	125	125	100	100	225	140	280	1585/1570***
125-125	125	-	125	-	225/-	140	300	894
125-250	150	150	125	125	250	140	355	1134
125-315	150	-	125	-	280/-	140	355	1136
150-125	150	-	150	-	280/-	160	400	786
150-160	150	-	150	-	250/-	160	315	1411
150-200	150	-	150	-	250/-	160	315	929
150-250	200	-	150	-	280/-	160	400	1050
200-160	200**	-	200**	-	280/-	200	400	969
200-200	200**	-	200**	-	280/-	200	400	1194
250-200	250	-	250	-	315/-	200	450	1202



Your local contact:



SPX Process Equipment NL B.V.
Dr A.F. Philipsweg 51, P.O. Box 9
NL-9400 AA Assen, NETHERLANDS
Phone: +31 (0)592 37 67 67. Fax: +31 (0)592 37 67 60
E-Mail: jp-industry.nl@processequipment.spx.com

For more information about our worldwide locations, approvals, certifications, and local representatives, please visit www.johnson-pump.com and www.spxpe.com.

SPX Corporation reserves the right to incorporate our latest design and material changes without notice or obligation. Design features, materials of construction and dimensional data, as described in this bulletin, are provided for your information only and should not be relied upon unless confirmed in writing.

Performance

Flow rate:	min. 1500 m ³ /h to max. 130'000 m ³ /h
Static pressure:	min. 1000 Pa to max. 6'500 Pa
Efficiency:	max. 80 %
Inlet-Ø:	315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250 mm

Housing

- self-supporting plastic construction, welded
- available in: PP, PPs, PPs-el, PE, PVC, PVDF
- 6 different outlet positions

Impeller

- 12 backward-curved blades
- available in: PP, PPs-el, PVDF
- Tested on an overspeed test stand
- torque transmission via a standard taper lock system
- balanced dynamically and statically in two ranges, balancing quality Q 6.3
- Tip speeds up to 90 m/s possible

Support

- Sturdy metal construction
 - up to model 710
 - galvanised
 - stainless steel
 - model 800 and higher, profil-construction, hot-dip galvanized

Drive

- | | |
|---------------|---|
| Direct drive: | - Impeller is mounted directly to the motor shaft |
| V-belt drive: | - Power transmission over v-belt drive
- Impeller shaft is supported by heavy-duty self-aligning roller bearings |
| Motor: | - Three-phase motor <ul style="list-style-type: none"> - one / multi-stage - Foot motor |

EX-Protection

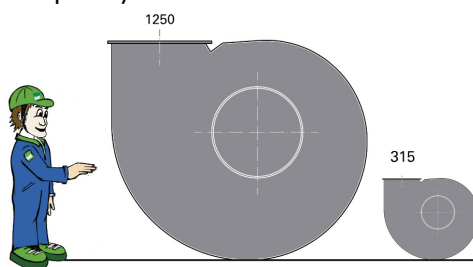
CHVN 315 - 710 in ATEX. Available zone 1+2

Hub seal

- Standard hub seal
- Lip seal simple or double (V4A or Hastelloy)
- Back absorption
- Sealing gas

Zubehör

- PVC sleeve with fixing bands, stainless
- PVC sleeve with flange
- Conterflange
- Drain
- Vibration absorber for ground erection
- Splinter protection
- Weather-proof motor cover for outside installation
- Inspection hole
- Frequency converter IP 66 / IP 54 / IP 20

Dimensions

Fans CHVN 315 - 1250

COLASIT AG
Plastic construction
CH-3700 Spiez





CRN TECNOPART, S.A.

Sant Roc 30
08340 VILASSAR DE MAR (Barcelona)
Tel 902 404 748 - 937 591 484 Fax 937 591 547
e-mail: crn@crntp.com http:// www.crntecnopart.com



DO- 070.30

SONDAS TRANSMISORES PASIVOS DE HUMEDAD Y HUMEDAD-TEMPERATURA DELTA OHM

MODELO HD 797T Sonda transmisor pasivo de humedad
MODELO HD 9513 T SONDAS TRANSMISORES PASIVOS DE HUMEDAD
MODELO HD 2007 T SONDAS TRANSMISORES PASIVOS DE HUMEDAD
MODELO HD 2008 T SONDAS TRANSMISORES PASIVOS DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

El modelo HD 797 T es un transmisor 4+20 mA de humedad relativa

Los modelos HD 9513T... son transmisores pasivos de humedad con microprocesador.

Estos transmisores convierten los valores de humedad en una señal lineal de dos hilos en un rango de 0...1V o 0...10V

Los modelos HD 2007T... son transmisores pasivos de humedad con microprocesador.

Estos transmisores convierten los valores de humedad en una señal lineal de dos hilos en un rango de 4+20 mA

Los modelos HD 2008T... son transmisores pasivos de humedad-temperatura, con microprocesador

El parámetro temperatura es configurable. Estos transmisores convierten los valores de humedad y de temperatura en dos señales de 4+20 mA. Los circuitos y sus respectivas salidas son completamente independientes entre si.

Dimensiones para todos los modelos. Electrónica 120 x 80 x 57 mm. Protección IP 67
Sondas, ver tabla modelos disponibles



DATOS TECNICOS

		HD 797T	HD 9513T...	HD 2007T...	HD 2008T...
Entrada Humedad	Modelo sensor	Capacitivo	Capacitivo	Capacitivo	Capacitivo
	Capacidad	500 pF nom	300 pF nom	300 pF nom	300 pF nom
	Precisión a 20 °C	± 3%	±2 % (5..90 %) ±2,5 % (resto del)	±2 % (5..90 %) ±2,5 % (resto del rango)	±2 % (5..90 %) ±2,5 % (resto del rango)
	Rango de trabajo en humedad relativa	10 a 95 % HR	5 a 98 % H-R.	5 a 98 % HR	5 a 98 % HR
	Rango de trabajo en temperatura del sensor	0 a 60 °C	-30 a 130 °C	-40 a 150 °C compensado	-40 a 150 °C compensado
	Presión estática de trabajo del sensor	6 bar	20 bar	20 bar	20 bar
	Longitud del cable	-	Versión TC 1,5 5 y 10 m	Versión TC 1,5 5 y 10 m	Versión TC 1,5 5 y 10 m
Entrada Temperatura	Sensor	-	-	-	Pt 100
	Conexión	-	-	-	3 o 2 hilos
	Excitación del transductor	-	-	< 1 mA	< 1 mA
	Rango de medida	-	-	-	-50 a 200 °C
	Precisión a 20 °C	-	-	-	± 0,1 °C ±0,1 % de la lectura
Comprobar la compatibilidad del sensor con el medio en que se instala					
Salida	4 ... 20 mA Temperatura	-	-	-	Programable -50 °C a 200 °C
	4 ... 20 mA H. R.	0 a 100 % HR	-	0 a 100 % HR	0 a 100 % HR
	0...1V H.R.	-	0 a 100 % HR	-	-
	0...10V H.R.	-	0 a 100 % HR	-	-
	22 mA	-	-	En caso de programación errónea de sonda desconectada o temperatura fuera de rango se enciende un led de alarma	
Alimentación	9 a 40 Vcc	10,5 a 35 Vcc (0..1V) 18 a 35 Vcc (0..10V)	7 a 30 Vcc	7 a 30 Vcc Para cada toma	
Grado de protección, electrónica	IP 67	IP 67	IP 67	IP 67	
Tiempo de respuesta	Sin filtro 6 segundos Con filtro 3 minutos	Sin filtro 6 segundos Con filtro 2 minutos	Sin filtro 6 segundos Con filtro 2 minutos	Sin filtro 6 segundos Con filtro 2 minutos	
Temperatura de trabajo	Electrónica -5 a 50	Electrónica -10 a 70	Electrónica -10 a 70 °C	Electrónica -10 a 70 °C	

INSTALACION Y CONEXION

La precisión de la medida no depende de la posición del transmisor. Además se aconseja instalar el transmisor de manera que el sensor esté orientado hacia abajo para minimizar el depósito de polvo sobre el filtro de protección de los sensores.

El transmisor no debe ser montado en las cercanías de una fuente de calor ya que cuando se calienta el aire la humedad relativa disminuye (con el mismo vapor de agua presente) cercano a puertas en zonas en las que no hay movimiento de aire o presencia de corrientes de aire

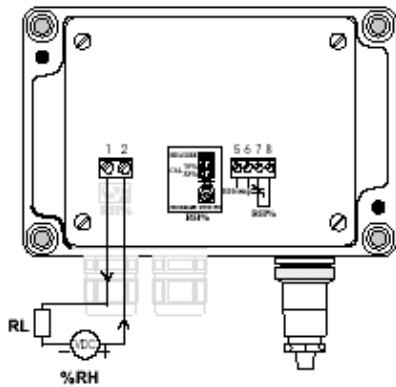


Fig. 1 Esquema de conexión del HD 2007T

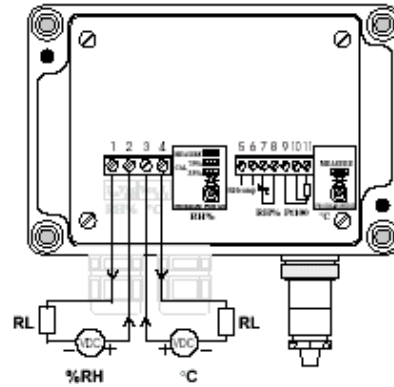


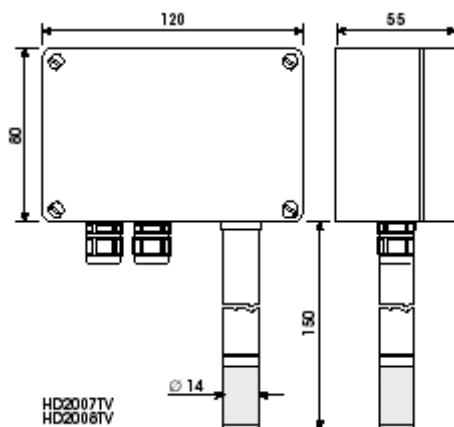
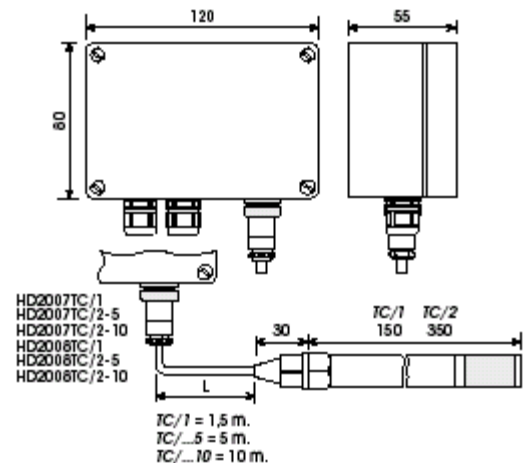
Fig. 2 Esquema de conexión del HD 2008T

MONTAJE

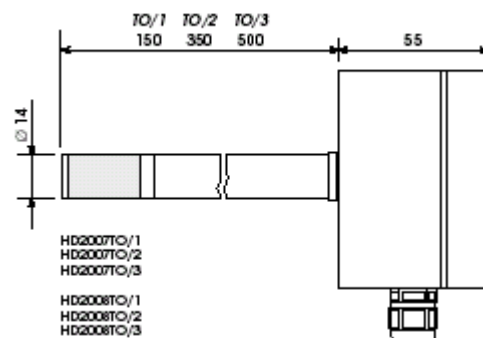
El instrumento se presenta con tres configuraciones diferentes para satisfacer todas las exigencias de aplicación. El modelo HD 797 T solo se fabrica en versión TV

TC versión con cable. La sonda esta conectada al sistema electrónico a través de un cable de diferentes longitudes y puede operar en un rango de temperatura de -30...+140°C.

Atención: en los modelos TC el sensor y la electrónica tienen el mismo número de matrícula, no pueden ser intercambiados con otros transmisores a no ser que se recalibre el instrumento en línea con la nueva sonda.



TV versión vertical para su instalación en paredes



TO versión horizontal para su instalación a través de Paredes o en conductos

PROGRAMACION

Los transmisores de la serie **HD 2007T...** y **HD 2008T...** se suministran con una sonda de humedad relativa y temperatura calibrados con salidas con corriente en un rango de 4...20 mA.
 4 mA corresponde a 0% H.R. y 0°C,
 20 mA corresponde a 100% H.R. y 100°C.
 El usuario puede recalibrar la sonda de (manteniendo la correspondencia 4 mA = 0% y 20 mA = 100% H.R.) y establecer un rango diferente para la salida de temperatura.

A) Calibración de la sonda de humedad

Se necesitan los siguientes accesorios; fuente de alimentación continua 7+30 V cc; y amperímetro de precisión con rango mínimo de 0...25 mA.
 El calibrado de la sonda de humedad se efectúa en dos puntos fijos a 75.4% H.R. – **siempre el primer punto** - y a 33% H.R. - **el segundo punto** - de la siguiente manera:

- alimentar el instrumento como se muestra en los esquemas de conexión en la fig. 3 (HD 2007T...) y fig. 4 (HD 2008T...);
- introducir la sonda en su caja con la solución saturada al 75% H.R. y esperar al menos 30 minutos;
- desplazar el puente de la posición "MEASURE" a la posición "CAL 75%"
- pulsar la tecla indicando "Program Switch R.H." y tenerla presionada al menos 5 segundos hasta que el correspondiente led parpadee.

En ese momento soltar la tecla; el led permanecerá encendido; un sensor dentro de la sonda compensa la diferencia de temperatura de la solución con respecto a los 20°C.

- introducir la sonda en su caja con la solución saturada al 33% H.R. y esperar al menos 30 minutos;
- desplazar el puente a la posición "CAL 33%"
- pulsar la tecla indicando "Program Switch R.H." y tenerla apretada al menos 5 segundos hasta que el correspondiente led se apague.

En ese momento soltar la tecla; el amperímetro muestra una corriente de 9.28 mA si la solución esta a 20°C. Si la solución se encuentra a una temperatura distinta, el amperímetro indicara un valor según la tabla siguiente.

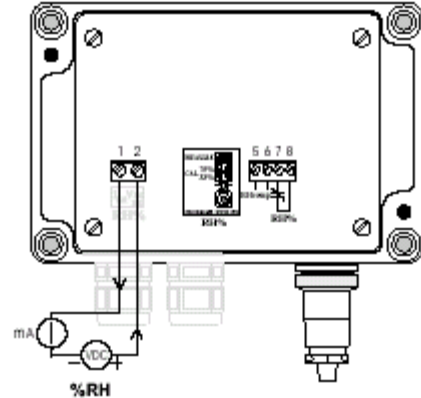


Fig. 3 Esquema de conexión para calibración del HD 2007T

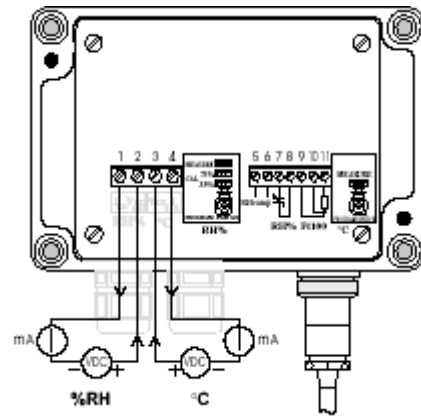


Fig. 4 Esquema de conexión para calibración del HD 2008T

°C	10	15	20	25	30	35	40	45	50
% HR	33,4	33,3	33,0	32,7	32,4	30,0	31,6	31,1	30,5
mA	9,34	9,33	9,28	9,23	9,19	9,12	9,06	8,98	8,88

• volver a situar el puente en la posición "MEASURE".
 De esta manera se concluye el calibrado de la sonda H.R.
Nota importante: el primer punto de calibrado debe estar situado siempre en 75% H.R.

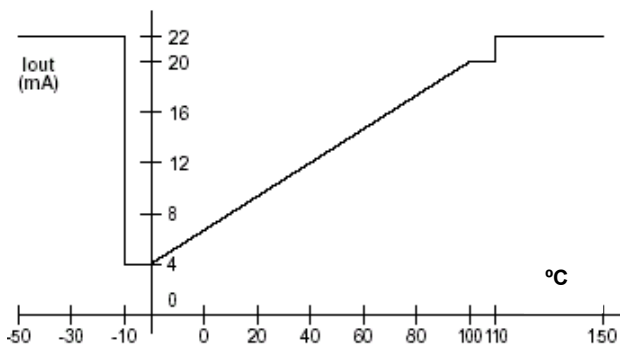


Fig. 5 Corriente de salida en función de la temperatura

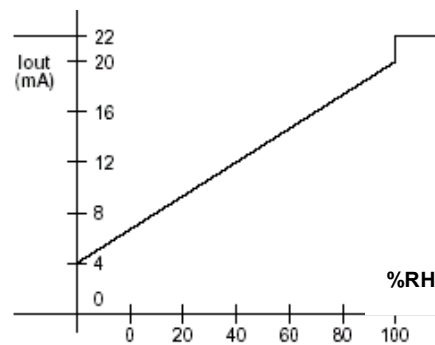


Fig. 6 Corriente de salida en función de la humedad

B) Programación de la salida de temperatura 4÷20 mA solo para los modelos HD 2008T...

Se necesitan los siguientes accesorios:

- fuente de alimentación continua 7÷30 Vdc,
- calibrador Pt100 o grupo de resistencias de precisión,
- amperímetro de precisión con rango mínimo de 0...25 mA

Procedimiento:

- Conectar la sección temperatura del HD 2008T... como se muestra en la fig. 4, programar el calibrador Pt100 con la temperatura correspondiente a 4 mA. Por ejemplo, suponiendo que se quiere introducir el rango -10...+120°C, se programa el calibrador a -10°C; el valor de resistencia equivalente será 96.09 Ω ; si la calibración se realiza con una resistencia fija, entre los terminales 10 y 11, con los terminales 9 y 10 en cortocircuito, se conectará una resistencia fija de valor equivalente a 96.09 Ω .
- Esperar 10 segundos hasta que la medida se estabilice, pulsar la tecla de programación "Program Switch °C" durante 5 segundos, hasta que el LED se encienda una vez y permanezca encendido;
- Introducir en el calibrador Pt100 el valor de temperatura previsto para 20 mA. Siguiendo el ejemplo que se muestra arriba, el calibrador se programará a +120°C; el valor de resistencia equivalente será de 146.07 Ω ; si el calibrado se realiza con una resistencia fija, entre los terminales 10 y 11, con los terminales 9 y 10 en cortocircuito, se conectará una resistencia fija de valor equivalente a 146.07 Ω .
- Esperar 10 segundos hasta que la medida se estabilice, pulsar durante 5 segundos la tecla de programación hasta que el LED se apague. Al liberar la tecla el led se ilumina 2 veces para confirmar el termino de la programación. En este momento el procedimiento de SET POINT se ha terminado.
- Controlar que la programación sea la que corresponde a los parámetros solicitados, programando el calibrador (o conectando las resistencias de precisión) con los valores correspondientes a 4 y 20 mA y controlando la corriente en el amperímetro.

MODELOS DISPONIBLES

MODELO		SALIDA	ALIM.	ESCALA	TEMPERATURA	SONDA	
Sondas transmisores pasivos							
Humedad	Humedad y Temperatura				De la Electrónica	De trabajo de la sonda	
HD 797 T		4 ... 20 mA	9...35 Vcc	10 a 95% HR	-5 °C a 50 °C	0 °C a 60 °C	Fija vertical Ø 14 x 130 mm
HD 2007 TO/1	HD 2008 TO/1	4 ... 20 mA	7...30 Vcc	HD 2007 5 a 98 % HR	-10 °C a 70°C	-40 °C a 150 °C	Fija horizontal Ø 14 x 130 mm
HD 2007 TO/2	HD 2008 TO/2						Fija horizontal Ø 14 x 330 mm
HD 2007 TO/3	HD 2008 TO/3						Fija horizontal Ø 14 x 530 mm
HD 2007 TV	HD 2008 TV						Fija vertical Ø 14 x 130 mm
HD 2007 TC/1	HD 2008 TC/1						Separada Ø14 x 130 mm Cable 1,5 m
HD 2007 TC/2-5	HD 2008 TC/2-5						Separada Ø14 x 330 mm. Cable 5m
HD 2007 TC/2-10	HD 2008 TC/2-10						Separada Ø14 x 330 mm Cable 10 m
	HD 9008 TR	4...20 mA	7...30 Vcc	5 a 98 % HR -40 a 80 °C	-40°C a 80°C	-40°C a 80°C	Ø 26 x 185 mm Sin cable
	HD 9008 TR1	4...20mA Pt 100 2 hilos		5 a 98 % HR -40 a 80 °C			Ø 26 x 185 mm Sin cable
	HD 9009 TR	0...1 V		5 a 98 % HR -40 a 60 °C			Ø 26 x 185 mm Sin cable
	HD 9809 T	0...1 V	7...35 Vcc	5 a 98 % HR -35 a 80 °C	-35°C a 60°C	-35°C a 60°C	Ø 14 x 96 mm Cable 1,5 m
HD 9513 TO/1		0...1 V	18...35 Vcc	5 a 98 % HR	-10 °C a 70°C	-30 a 130 °C	Fija horizontal Ø 14 x 130 mm
HD 9513 TV							Fija vertical Ø 14 x 130 mm
HD 9513 TC/1-1							Separada Ø14 x 130 mm Cable 1,5 m
HD 9513 TC/2-1							Separada Ø14 x 330 mm Cable 1,5 m



CONFORMIDAD CE

Seguridad	EN61010-1 nivel 3
Descargas electrostáticas	EN61000-4-2 nivel 3
Transitorio eléctrico veloz	EN61000-4-4 nivel 3
Transitorio alta energía	EN61000-4-5 nivel 3
Variaciones de tensión	EN6100-4-11
Susceptibilidad interferencias electromagnéticas	IEC1000-4-3 10V/m
Emisión interferencias electromagnéticas	EN55020 clase B

1.- CONTROLADOR DE HUMEDAD RELATIVA AMBIENTAL, MODELO HD 4049

Con indicación local a led rojos. Estos controladores están diseñados para aceptar señales 4-20 mA provenientes de transmisores de humedad y a través del relé poder regular sectores donde se necesite humidificar o deshumidificar.

Estos humidistato puede ser usado en industrias farmacéuticas, alimenticias, bodegas, imprentas, laboratorios de calibración, cámaras de crecimiento de plantas y en todo lugar que se haga necesario la medición y control de humedad ambiental.

Características

Conexión: a panel. Dimensiones: 48x78

Entrada: 4-20 mA (conexión a 2 hilos)

Provee alimentación de lazo de corriente (loop de corriente) a transmisores pasivos.

Campo de regulación: 4mA= 0% de H.R.;

20mA= 100% de H.R.

Histéresis (diferencial): 1- 6% de humedad relativa.

Posee puente para elegir la función: humidificación o deshumidificación.

Tipo de control: ON/OFF

Precisión: $\pm 0,1\%$

Temperatura máxima en la electrónica: 50°C

Alimentación: 24Vac o 230 VAC/DC

Dígito	Catálogo
0415850-4	HD 4049


HD 4049

Se le pueden conectar los siguientes transmisores DELTA OHM para constituir un sistema higróstato: HD 797TV1 o la serie HD 2007.

2.- CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA, MODELO HD 5002

Controlador ON/OFF de temperatura y humedad relativa ambiental con indicación local a led rojos. Este controlador está diseñado para aceptar señales 4-20 mA provenientes de transmisores de temperatura y humedad relativa.

A través del relé de humidificación y deshumidificación se puede regular sectores donde se necesite humidificar o extraer humedad para tener un control fino de este parámetro. De la misma manera se efectúa una regulación del parámetro temperatura.

Este controlador doble puede ser usado en industrias farmacéuticas, alimenticias, bodegas, imprentas, laboratorios de calibración, cámaras de crecimiento de plantas y en todo lugar donde es necesario la medición y control de temperatura y humedad relativa.

Características

Escala: humedad 0%...100% H.R.

Temperatura: -20°C...+80°C

Resolución: 0,1°C, 0,1% H.R.

Error máximo: humedad relativa: $\pm 2,5\%$ con 90% H.R. máxima

(incluyendo el error del transmisor) $\pm 3\%$ con más de 90% H.R.

Temperatura: $\pm 0,3^\circ\text{C}$

Histéresis (diferencial): 0,6°C...6°C, 1...10 de humedad relativa

Indicadores: LEDs de color rojo; 3 ½ dígitos, altura de los dígitos: 12,7 mm.

Salidas: 4 contactos de conmutación, además de un contacto para la alarma (capacidad de conmutación: 3A/220Vac, carga resistiva).

Alimentación: 230Vac

Dimensiones: Panel frontal 96x96

Dígito	Catálogo
0415855-5	HD 5002


HD 5002

A este controlador doble se pueden conectar los siguientes transmisores DELTA OHM para constituir un sistema termostato/higróstato: Serie HD 2008T o HD 9008T.

Para elementos complementarios, consultar "Master VIGNOLA componentes de ingeniería"

VALPARAISO *	SANTIAGO	TALCAHUANO	ANTOFAGASTA	PUERTO MONTT
Tel.: 32-351111 / Fax: 32-351128 Email: vignoval@vignola.cl	Tel.: 2-7758385 / Fax: 2-7732036 Email: vignosan@vignola.cl	Tel.: 41-588858 / Fax: 41-589102 Email: vignotal@vignola.cl	Tel.: 55-453030 / Fax: 55-453039 Email: vignoant@vignola.cl	Tel.: 65-350150 / Fax: 65-350144 Email: vignomontt@vignola.cl



SERVICIO DE PREVENCIÓN

NORMAS DE PREVENCIÓN

ACTIVIDAD

DEPURACION DE AGUA RESIDUAL

PUESTO DE TRABAJO

OPERARIO DE LABORATORIO

E.D.A.R. GUADALETE

JEREZ DE LA FRONTERA (CÁDIZ)

aqualia Gestión Integral del Agua, S.A.

Ref: **GA/SUR-1108/NP-LB/036/08 Rev. 1**

Fecha entrada en vigor: Mayo 2008

ÍNDICE

- 1. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO.**
- 2. NORMAS: RIESGOS, CAUSAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.**
- 3. OBLIGACIÓN DE LOS TRABAJADORES.**
- 4. ANEXOS.**

1.- DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

LABORATORIO

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO:

Realizan ensayos en laboratorio para determinar los parámetros de calidad de aguas. Para el análisis de las muestras de agua residual y fangos obtenidos, tienen en ocasiones que realizar la toma de muestras en balsas y acceder a partes elevadas de depósitos e instalaciones.

En ocasiones, controlan el correcto desarrollo de las distintas etapas de depuración, analizando las características del agua de entrada y salida.

MÁQUINAS Y EQUIPOS A UTILIZAR:

Equipos para los análisis: espectrofotómetro, phmetro, balanza, aparatos de electroanálisis, microscopios, agitadores,...

Material de vidrio o de porcelana (crisoles, cápsulas,...), pipetas automáticas,...

Para el análisis se utilizan todo tipo de reactivos de laboratorio.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL:

Bata; guantes contra riesgo químico, contra riesgo biológico y guantes térmicos; protección ocular (gafas o pantalla contra riesgo de impacto o salpicadura); protección respiratoria (mascarilla autofiltrante para partículas y máscaras con filtro para gases y vapores).

2.- NORMAS: RIESGOS, CAUSAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

RIESGOS DEL PUESTO	CAUSAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Caídas al mismo nivel	Superficies resbaladizas	Mantenimiento del orden y la limpieza. Limpieza inmediata de cualquier vertido o derrame de líquidos en el suelo.
Golpes contra objetos inmóviles	Mobiliario y zonas de paso	Mantenimiento del orden. Mantener libres de obstáculos las zonas de paso. Distribuir de forma adecuado los equipos de trabajo utilizados en los procesos de análisis.
Golpes/cortes con objetos o herramientas	Uso de herramientas o equipos cortantes	En tareas que puedan presentar rotura de los envases de vidrio se deberán usar guantes contra riesgos mecánicos (desatascado de envases, forzado de cierres, etc). No llevar en los bolsillos de la bata envases de vidrio.
Proyección de fragmentos o partículas	Rotura de envases de vidrio.	Uso de protección ocular mediante gafas o pantalla facial en tareas de manipulación de envases o equipos de vidrio en las que puede verse la rotura de los mismos (calentamientos, lavado,...). Desechar de forma inmediata envases o materiales que hayan sufrido golpes de cierta consideración, aunque no se observen fisuras o grietas.
Contactos térmicos	Contacto con partes calientes de equipos y uso de mecheros.	Esperar el enfriamiento de los equipos antes de su manipulación; si no fuera posible se usarán útiles de cogida y/o guantes térmicos.
Exposición a sustancias nocivas o tóxicas	Manejo de reactivos de laboratorio nocivos o tóxicos.	EPI: uso de protección respiratoria [contra gases y vapores], guantes contra riesgo químico y gafas. Uso de campana de extracción para la realización de ensayos que desprendan gases y vapores tóxicos. Conocer las fichas de seguridad de los productos. Correcto etiquetado de los productos o sustancias. Seguir los procedimientos de trabajo establecidos en el laboratorio.
Contacto con sustancias corrosivas	Manejo de productos corrosivos o cáusticos.	Uso de guantes, pantalla facial y delantal, contra riesgo químico. Conocer las fichas de seguridad de los productos. Correcto etiquetado de los productos o sustancias. Está prohibido el pipeteado con la boca.
Incendios	Manejo de sustancias inflamables.	Almacenamiento de las cantidades estrictamente necesarias, en envases pequeños y adecuadamente etiquetados.

RIESGOS DEL PUESTO	CAUSAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Otros	Manejo PVD.	<p>Ubicar las sustancias inflamables en lugares alejados de focos de ignición. El lugar deberá estar ventilado o bien almacenado en armario resistente al fuego RF-30.</p> <p>Organizar el trabajo y cumplir con las pautas referentes a posturas del R.D. Ver ANEXO</p> <p>Realizar pausas frecuentes y alternar las tareas a realizar en el ordenador con otras que no requieran la utilización de éste.</p>

3.- OBLIGACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud. Esto supone un deber del empresario de protección frente a los riesgos laborales.

Complementándose a esto, y como así indica el Art. 29 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades, y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por **su** propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

El cumplimiento de las medidas de prevención y teniendo en cuenta su formación, esto supone que el trabajador:

- Use adecuadamente todos los equipos de trabajo: máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas y equipos de transporte y otros medios que se utilicen para el desarrollo de la tarea.
- Utilice correctamente los medios y equipos de protección (EPI) facilitados por el empresario.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de este.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que esta tenga lugar.
- Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Cooperar con el empresario para que este pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

<p>El incumplimiento por los trabajadores de las obligaciones en materia de prevención de riesgos a que se refieren los apartados anteriores tendrá la consideración de incumplimiento laboral a los efectos previstos en el artículo 58.1 del estatuto de los trabajadores.</p>
--

4.- ANEXOS: RECOMENDACIONES E INSTRUCCIONES OPERATIVAS

RECOMENDACIONES:


- TRABAJOS EN LABORATORIO**
- TRABAJOS CON PVD**

INSTRUCCIONES OPERATIVAS


- TRABAJOS DE LABORATORIO CON EXPOSICION A AGENTES BIOLÓGICOS**
- TRABAJOS CON EXPOSICION A AGENTES CANCERÍGENOS, MUTÁGENOS Y TERATÓGENOS**

RECOMENDACIONES PARA EL TRABAJO EN LABORATORIOS


ORGANIZACIÓN DEL LABORATORIO

La organización del laboratorio (distribución de superficies, instalación de aparatos, procedimiento de trabajo, instalación de gases, etc.) debe ser estudiada a fondo y procurar que sea adecuada para el mantenimiento de un buen nivel preventivo.	
Los armarios deben estar bien ordenados y el material guardado en ellos, en perfectas condiciones de uso. No almacenar en lugares inadecuados los productos peligrosos	
Efectuarse a menudo inventarios del almacén para controlar el stock. Los reactivos deben preservarse del sol, no guardarse en estanterías altas, cuidar su etiquetado, mantenerlos en cantidades mínimas imprescindibles,...	



HABITOS HIGIENICOS

NO COMER, BEBER NI FUMAR en el laboratorio.	
Mantener en todo momento las batas y vestidos abrochados. No utilizar calzado inadecuado.	
No abandonar objetos personales en mesas de trabajo o poyatas.	
Lavarse las manos antes de abandonar el laboratorio.	

HABITOS DE TRABAJO

Utilizar las micropipetas frente a las pipetas convencionales.	
No llevar tubos de ensayo ni productos en los bolsillos de las batas.	
Asegurarse del enfriamiento de los materiales antes de aplicar directamente las manos para cogerlos. Al manipular recipientes que contengan ácidos, se hará con precaución, utilizando siempre guantes.	
Utilizar la vitrina siempre que sea posible.	
Desechar el material que haya sufrido un golpe de cierta consistencia, aunque no se observen rajaduras o fracturas. Desechar el material que presente el más mínimo defecto.	
Mantener limpia la mesa de trabajo, y si es necesario colocar papel secante. Limpiar de forma inmediata cualquier derrame o vertido de líquido en el suelo.	
Al terminar el trabajo, asegúrese de la desconexión de aparatos, agua, guantes, gases, etc.	

SUSTANCIAS QUIMICAS

Comprobar el correcto etiquetado de recipientes y botellas: nombre sustancia, frases R, frases S, nombre y dirección del fabricante,...	
Etiquetar debidamente las soluciones preparadas en el laboratorio.	Conocer las Fichas de Seguridad de los Productos
	

ELIMINACION DE RESIDUOS

- Disponer de un procedimiento para la eliminación de residuos en el laboratorio.
- Tener especial cuidado en no eliminar por el desagüe, aunque sea en pequeñas cantidades, productos tales como: los que reaccionan violentamente con el agua, muy tóxicos, inflamables, pestilentes, lacrimógenos, no biodegradables y cancerígenos.
- Siempre neutralizar soluciones antes de verterlas por el desagües.
- Al verter al desagüe, hacerlo con abundante agua.

MEDIOS DE PROTECCION

- Utilizar EPI que cumplan con la normativa vigente [Marcado CE].
- Utilizar guantes adecuados para cada tarea: guantes térmicos, guantes contra riesgo químico,...
- Conocer protección brindada por los distintos equipos de protección individual para vías respiratorias: filtros para partículas [polvo y aerosoles], para gases y vapores orgánicos, inorgánicos,...
- Conocer y ensayar el funcionamiento de los equipos extintores.
- Conocer la aplicación de los productos de 1^{ros} auxilios y los mecanismos [de emergencia como teléfono,...] para recibir posibles ayudas exteriores.


ACTUACIONES EN CASO DE INCIDENTES

SALPICADURA	INGESTION	INCENDIO
<ul style="list-style-type: none"> - En piel y ojos: lavarse con abundantísima agua.[duchas, lavaojos,...]. - En batas o vestidos: debe quitarse la ropa, lavándola o colocarse bajo la ducha, según magnitud de la impregnación. 	<ul style="list-style-type: none"> - No provocar el vomito, salvo indicación expresa. - Disponer de las fichas de seguridad de los productos que se manipulan y seguir sus indicaciones. - Acudir al medico con la etiqueta del producto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dar la alarma inmediatamente. - Utilizar los extintores del laboratorio [Estos deben ser adecuado para los riesgos existentes]. - Si prende fuego la ropa, utilizar la ducha o manta de seguridad. - Si se evacua el laboratorio, cerrar las puertas al salir.

ANEXOS

EJEMPLO ETIQUETA

Corrosivo



C

VUELA ALTO S.L.
c/ Avi6n 100
54321 EL CIELO
T. 11. 237 45 66

ÁCIDO SULFÚRICO 50 %

R 35
S 26-30-45

Nº CEE 231-639-5
Etiqueta CEE

Provoca quemaduras.
En caso de contacto con los ojos, lávase inmediatamente y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
No echar jamás agua a este producto.
En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrele la etiqueta).

PICTOGRAMAS DE PELIGRO



T T6xico
T+ Muy t6xico



C Corrosivo



F F6cilmente inflamable
F+ Extremadamente inflamable



N Peligroso para el medio ambiente



E Explosivo



O Comburente



Xn Nocivo
Xi Irritante

INTRODUCCION

La integración masiva de la informática en los puestos de trabajo de entorno oficina ha supuesto un aumento de la carga de trabajo tanto en el aspecto físico como en el aspecto psíquico.

Los trastornos se derivan de condiciones inherentes como son el estatismo postural, la carga visual y el requerimiento de tipo mental.

- Dolores en la nuca y en los miembros originados por posturas corporales forzadas mantenidas durante largo tiempo.
- Trastornos oculares (quemazón en los ojos, lagrimeo, etc.) debido a condiciones ambientales de trabajo inadecuadas.
- Condiciones psicológicas desfavorables como el stress, monotonía, etc., debido a una carga mental elevada y realización de una tarea repetitiva.

MEDIDAS TÉCNICAS, ORGANIZATIVAS Y AMBIENTALES PARA DISMINUIR EL RIESGO

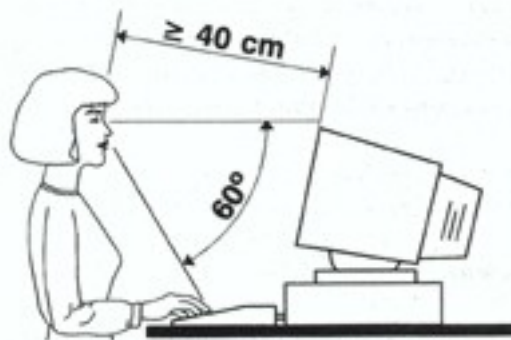
La mayoría de las acciones correctoras pueden ser clasificadas dentro de los siguientes grupos:

- A. Las dirigidas a garantizar que todos los elementos materiales constitutivos del puesto satisfagan los requisitos de **diseño ergonómico** (equipamiento, programas de ordenador, condiciones ambientales, etc.).
- B. Las dirigidas a garantizar la formación e información de los trabajadores usuarios de pantallas de visualización, con el fin de que sepan utilizar el equipamiento de trabajo de manera segura
- C. Las dirigidas a garantizar formas correctas de **organización del trabajo**.

MEDIDAS TÉCNICAS

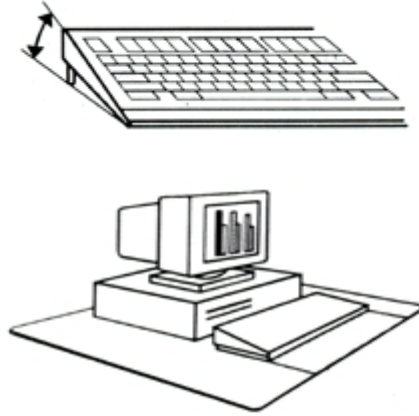
Pantalla.

- La imagen de la pantalla deberá ser estable, sin fenómenos de destellos, centelleos u otras formas de inestabilidad. Regulable de luminosidad y contraste.
- La pantalla deberá ser orientable e inclinable a voluntad.
- Se recomienda situarla a una distancia superior a 400 mm. respecto a los ojos del usuario y de modo que la horizontal quede a la altura de los ojos.



Teclado.

- El teclado deberá ser inclinable e independiente de la pantalla.
- Tendrá que haber espacio suficiente delante del teclado para que el usuario pueda apoyar los brazos y las manos.
- La superficie del teclado deberá ser mate para evitar los reflejos.
- Los símbolos de las teclas deberán resaltar suficientemente y ser legibles desde la posición normal de trabajo.



El portadocumentos o atril

Cuando sea necesario trabajar de manera habitual con documentos impresos, se recomienda la utilización de un atril.

- Ser ajustable en altura, inclinación y distancia.
- El soporte donde descansa el documento debe ser opaco y con una superficie de baja reflectancia.
- Tener resistencia suficiente para soportar el peso de los documentos sin oscilaciones.

Silla

En cuanto al diseño debe cumplir los siguientes requisitos:

- Altura del asiento ajustable.
- Respaldo con una suave prominencia para dar apoyo a la zona lumbar y con dispositivos para poder ajustar su altura e inclinación.
- Profundidad del asiento regulable, de tal forma que el usuario pueda utilizar el respaldo sin que el borde del asiento le presione las piernas.
- Mecanismos de ajuste fácilmente manejables.
- Se recomienda la utilización de sillas dotadas de 5 apoyos para el suelo. También deberían incluir ruedas



El reposapiés se hace necesario en los casos donde no se puede regular la altura de la mesa y la altura del asiento no permite al usuario descansar sus pies en el suelo.

La mesa o superficie de trabajo

Las dimensiones de la mesa deben ser suficientes para que el usuario pueda colocar con holgura los elementos de trabajo. Por otro lado, el acabado de las superficies de trabajo deberían tener aspecto mate, (minimizar los reflejos) y su color no debería ser excesivamente claro u oscuro.

Geometría

Muchas de las actividades realizadas con pantallas de visualización se caracterizan por el mantenimiento de posturas estáticas prolongadas, lo cual es negativo desde el punto de vista fisiológico. Ahora bien, los efectos de una postura estática prolongada se agravan si se adoptan posturas incorrectas, en ocasiones propiciadas por un diseño inadecuado del puesto:

GEOMETRIA DEL CONJUNTO

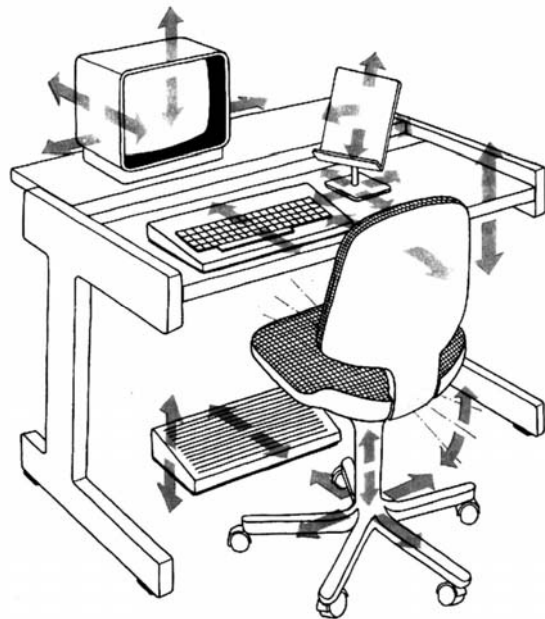
- Ángulo de muslos y piernas de 90 °
- Distancia ojo-pantalla y ojo documento 40-70 cm
- Distancia entre tablero y superficie de asiento que permita buena movilidad.
- Espacio suficiente tras teclado para apoyo muñecas.
- Línea natural antebrazo y muñeca.

ESPACIO DE TRABAJO

32 m² 4 personas
45 m² 5 personas
10 m² por persona a partir de 5.

- Pasillos: anchura 110 cms.
- Zonas de actividades distintas diferenciadas
- Orden y limpieza.

VENTAJAS DE LA REGULACION DE LOS COMPONENTES



MEDIDAS ORGANIZATIVAS

Los principales riesgos del trabajo prolongado ante la pantalla (problemas posturales, fatiga visual y sobrecarga mental) están muy ligados al **diseño de las tareas** y la **organización del trabajo**.

→ ENRIQUECER EL TRABAJO CON MAS :

INFORMACION. Buena definición de puestos de trabajo: “*que cada uno sepa que es lo que tiene que hacer*”. Es muy importante tener bien definidas las funciones.

RESPONSABILIDAD. Adaptar las responsabilidades de cada uno en función de su capacidad.

CONTROL DE LA TAREA: Siempre que la naturaleza de las tareas lo permita, podrían organizarse las actividades de manera que los trabajadores tengan un margen de autonomía suficiente para poder seguir su propio ritmo de trabajo.

→ **ROTACION DE TAREAS.** Rotación de tareas que favorezcan la alternancia con otros tipos de actividades que requieran menor esfuerzo mental.

→ **FACILITAR PARTICIPACION:**

DISTRIBUCION DE TAREAS : las tareas tienen que estar perfectamente definidas.

ORGANIZACIÓN. Correcto reparto de las tareas.

FORMAR GRUPOS OPERATIVOS. Grupos semiautónomos de trabajo. Comunicación personal, reuniones, negociación,...

→ **RITMO RAZONABLE:**

PAUSAS : hacer pequeñas pausas discrecionales para prevenir las fatigas física, visual y mental.

Las pausas deberían ser introducidas antes de que sobrevenga la fatiga. Resultan más eficaces las pausas cortas y frecuentes que las pausas largas y escasas.

CONDICIONES AMBIENTALES

1. HIGIENE ATMOSFÉRICA.
2. ILUMINACIÓN Y VISIÓN.
3. AMBIENTE ACÚSTICO.
4. CONDICIONES TERMOHIGROMETRICAS.

HIGIENE ATMOSFÉRICA

Para evitar riesgos como : ambientes viciados (sustancias molestas) debido a humo de tabaco, polvo en el ambiente o incluso contaminación exterior que entra por conductos de ventilación, ventanas (cloacas, vapores de combustión, etc), se debe cumplir los siguientes parámetros:

- Espacios suficientes: 2 m²/persona y 10 m³/persona
- Renovación aire: 25 m³/h/persona
- Aspirar el polvo en tareas de limpieza (no levantarlo)
- Reducir el consumo de tabaco
- Evitar el uso de productos de limpieza, pesticidas, etc. en lugares escasamente ventilados.

ILUMINACION

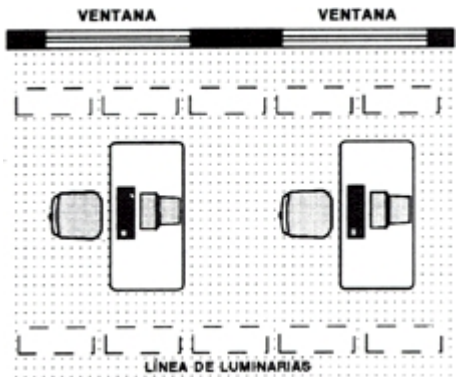
- La iluminación general y la iluminación especial (lámparas de trabajo), cuando sea necesaria, deberán garantizar unos niveles adecuados de iluminación y unas relaciones adecuadas de luminancias entre la pantalla y su entorno.
- Eviten los deslumbramientos y los reflejos molestos en la pantalla u otras partes del equipo.
- El nivel de iluminación debe ser suficiente para el tipo de tarea que se

NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (Lux)

Zonas donde se ejecuten tareas con:

1. Bajas exigencias visuales
100
 2. Exigencias visuales moderadas
200
 3. Exigencias visuales altas
500
 4. Exigencias visuales muy altas
1.000
- Areas o locales de uso ocasional
50
- Areas o locales de uso habitual

realice en el puesto (por ejemplo, lectura de documentos),	<p style="text-align: center;">100</p> <p>Vías de circulación de uso ocasional 25</p> <p>Vías de circulación de uso habitual 50</p>
--	---

<p>Se recomienda que el puesto de trabajo se oriente adecuadamente respecto a las ventanas, con el fin de evitar los reflejos que se originarían si la pantalla se orientara hacia ellas, o el deslumbramiento que sufriría el usuario, si fuera éste quien se situara frente a las mismas.</p> <p>Estas medidas pueden ser complementadas mediante la utilización de cortinas o persianas que amortigüen la luz, o mediante mamparas en las salas que dispongan de ventanas en más de una pared</p>	 <p>El diagrama muestra un plano superior de un puesto de trabajo. En la parte superior hay una barra horizontal con dos segmentos etiquetados como 'VENTANA'. Debajo de esto, se representan dos estaciones de trabajo, cada una con un monitor y un teclado. Una línea horizontal de puntos y guiones, etiquetada como 'LÍNEA DE LUMINARIAS', se extiende a través del área de trabajo, por debajo de las estaciones de trabajo.</p>
--	--

RUIDO

Los riesgos derivados del ruido pueden ser la falta de concentración, carga mental e incluso efectos sobre el sistema nervioso (estrés).

Para ello será necesario evitar todo aquello que pueda perturbar nuestra atención e incluso la palabra:

- Evitar que el ruido sobrepase 65 dB (500-200 Hz)
- No adquirir impresoras que superen 55 dB
- Cerrar ventanas abiertas a fuentes de ruido.
- Aislar impresoras ruidosas
- Equilibrar impresoras cuando estén junto a pantalla.
- Instalar mamparas.
- Uso de sonidos agradables: aumento de confort, rotura de monotonía,..

CONDICIONES TERMOHIGROMÉTRICAS

Unas condiciones termohigrométricas desfavorables causadas por fuentes de calor, escasa ventilación, ... puede afectar al estado físico.

Se recomienda que las condiciones sea mantenida dentro del siguiente rango:

- Temperatura: 17° - 27 ° C (para trabajos sedentarios propios de oficina).
- Humedad relativa: 30 % - 70 % (
- Velocidad corriente aire: 0.5 - 0.25 m/seg.
(no se debe estar expuesto a corrientes de aire de forma continuada superiores a estos limites).



SERVICIO DE PREVENCIÓN

INSTRUCCIONES OPERATIVAS

NOMBRE DE LA INSTRUCCIÓN OPERATIVA

*TRABAJOS DE LABORATORIO CON
EXPOSICION A AGENTES BIOLÓGICOS*

Ref:	IO-TLEAB/01
Fecha elaboración:	OCTUBRE 01
Revisión:	01

1. OBJETO.

Esta instrucción tiene por objeto definir los criterios y las formas de realizar una actividad incluyendo las medidas de seguridad y salud que hay cumplir.

2. ALCANCE.

A todo el personal que realice trabajos de laboratorio con riesgo de exposición a agentes biológicos [agua residual, fangos, etc]

3. REFERENCIAS.

Manual de Prevención.

4. OBLIGACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

Este procedimiento, de *obligado cumplimiento*, deberá ser conocido por los trabajadores afectados, utilizando el tablón de anuncios u otros medios para su divulgación.

Se realizará también una entrega personal con el recibí correspondiente.

Contenido: Procedimiento de seguridad para aquellos trabajos desarrollados en los laboratorios que impliquen la exposición o manipulación de contaminantes biológicos como pueden ser: aguas residuales, fangos,...

Procedimiento:

Se utilizará la siguiente protección personal:

- Ropa de trabajo: batas o similar.
- Guantes contra riesgo químico y/o biológico.
- Máscara con filtro para gases y vapores (sólo cuando estos se originen).
- Gafas de protección contra proyecciones o impactos cuando exista riesgo de salpicadura, gases o aerosoles.

TODOS LOS EPI DEBEN TENER MARCADO CE IMPRESO EN LOS MISMOS Y CUMPLIR CON LAS NORMAS UNE-EN QUE LES SON DE APLICACIÓN.

Reducir al mínimo posible el nº de trabajadores que estén o puedan estar expuestos. Reducir así mismo al mínimo posible, el tiempo de exposición en el área de trabajo.

MEDIDAS HIGIENICAS

EPI

- Utilizar los EPI apropiados designados para el puesto de trabajo.
- Comprobar antes de su utilización el buen estado de mantenimiento.
- Después de su uso guardar en un lugar adecuado , destinado exclusivamente para ello, los equipos y verificar que se limpian, y reparan o sustituyen en caso de defectuoso.
- En caso de contaminación del EPI no guardarlos en lugares que contengan otras prendas u otros equipos de protección personal.
- Se utilizará ropa de trabajo proporcionada por la empresa, y será la empresa la responsable del lavado, descontaminado y, en caso necesario, destrucción de dicha ropa y de los EPI's, quedando RIGUROSAMENTE PROHIBIDO QUE LOS TRABAJADORES SE LLEVEN LOS MISMOS A SU DOMICILIO.

ASEO PERSONAL

PROHIBIDO TOTALMENTE FUMAR, COMER Y BEBER EN EL LUGAR DE TRABAJO, A EXCEPCION DE LAS AREAS HABILITADAS PARA ELLO. ANTES DE COMER DEBERA LAVARSE LAS MANOS CON AGUA Y JABON Y SI ES NECESARIO SE DESINFECTARAN.

- Antes de realizar cualquier tarea , se curará y protegerá cualquier herida abierta.
- Se lavará las manos y desinfectaran después de haber manipulado material contaminado.
- Antes de comer y de abandonar el trabajo, se dedicará cierto tiempo para el aseo personal : lavarse y desinfectarse las manos y cualquier parte del cuerpo donde haya podido haber contacto con agua residual u otro agente biológico.

TECNICAS DE LABORATORIO ESPECIFICAS

- Solo se autorizará la entrada a el laboratorio al personal que haya sido formado e informado acerca de los riesgos presentes en el laboratorio.
- Las superficies de trabajo se descontaminarán al menos una vez al día y en caso de derrames de sustancias peligrosas.

- Todo recipiente o equipo contaminado se descontaminará antes de un nuevo uso.
- Evitar en lo posible la formación de aerosoles y salpicaduras, en caso de no ser posible, utilizar campana de seguridad y los equipos de protección individual indicados [Gafas de seguridad, mascarilla con filtro para gases y vapores, bata, guantes contra riesgo biológico]
- PROHIBIDO pipetear con la boca, utilizar pipetas automáticas.
- Establecer **medidas seguras** para la manipulación y transporte de agentes biológicos dentro del lugar de trabajo.

1º. Utilizar los EPI indicados.

2º. Utilizar recipientes adecuados y etiquetar correctamente indicando: contenido, fecha de envasado,...

Los contenedores deben estar normalizados(seguros e identificables).

3º. Manipular los contaminantes en las zonas o lugares habilitados a tal efecto.

PRIMEROS AUXILIOS

NORMAS GENERALES DE ACTUACION EN CASO DE ACCIDENTE

1. **Retirar** al accidentado de la **zona contaminada** lo antes posible y llevarlo a una zona libre de peligro y donde se disponga de agua limpia y útiles para la cura y desinfección.
2. El personal de ayuda debe ir completamente equipado:
 - Ropa de trabajo.
 - Mascarilla o pantalla facial.
 - Botas de agua con puntera metálica o bota de goma.
 - Guantes contra riesgo biológico.
3. Avisar al responsable de la instalación y en caso de accidente grave que no pueda ser resuelto por trabajadores a los Servicios Médicos.
4. Mantener en todo momento la calma en las operaciones de rescate, no correr y prestar atención.
No poner en peligro a otros trabajadores ni a uno mismo.
5. Una vez que el accidentado este en una zona fuera del peligro:
 - 1º. Quitarle la ropa incluidos los zapatos.
 - 2º. A continuación valoramos el accidente y los daños, y seguimos las siguientes recomendaciones:

Si ha habido **CONTACTO CON LA PIEL**:
Lavar con abundante agua y desinfectar.

Si ha habido **CONTACTO CON LOS OJOS**:
Enjuagar inmediatamente con abundante agua y enviar al Centro Médico más cercano.

Si ha habido **INGESTION**:
Avisar al medico o enviar al centro médico más cercano.

- En caso de **HERIDA**:
- Lavarse previamente las manos con agua y jabón antes de atender al accidentado.
 - Limpiar la herida con una gasa esterilizada, desde el centro a los bordes.
 - Aplicar antiséptico, colocando un a gasa limpia sujeta con un esparadrapo o mediante vendaje.
 - Si no se está vacunado del tétanos, informar inmediatamente al Servicio Médico.



SERVICIO DE PREVENCIÓN

Gestión del Agua

INSTRUCCIONES OPERATIVAS

NOMBRE DE LA INSTRUCCIÓN OPERATIVA

*TRABAJOS CON EXPOSICION A AGENTES
CANCERÍGENOS, MUTÁGENOS Y TERATÓGENOS*

Ref:	IO-TECMT/05
Fecha elaboración:	NOVIEMBRE 07
Revisión:	02

1. OBJETO.

Esta instrucción tiene por objeto definir los criterios preventivos a seguir cuando se manipulen en los laboratorios reactivos químicos cancerígenos, mutágenos y teratógenos.

En la presente IO se hace referencia a la manipulación de sustancias cancerígenas en el laboratorio, pudiéndose extender las medidas preventivas para ellas a las sustancias mutágenas y teratógenas.

2. ALCANCE.

A todo el personal que realice trabajos que impliquen la manipulación de productos cancerígenos, mutágenos y teratógenos

3. REFERENCIAS.

Plan de Prevención.

PGP 04.01 Evaluación de riesgos

PGP 05.01 Formación e Información

PGP 05.04 Diseño, adquisición y puesta a disposición de instalaciones, equipos y productos.

--

Contenido: Procedimiento de seguridad para aquellos trabajos que impliquen la exposición a agentes tóxicos cancerígenos.

Procedimiento de Manipulación:

1º.- En las áreas de trabajo con agentes cancerígenos estará prohibido fumar, beber y comer.

2º.- Deben utilizarse las **protecciones personales** adecuadas:

- Ropa de trabajo (bata, calzado y mono antisalpicaduras tipo C6 si fuera necesario)
- Guantes contra riesgo químico impermeables a T y T+
- Mascarilla con filtro FFP3 si el producto se manipula en polvo
- Máscara completa con filtro para gases y vapores ABEK2P3 si es necesario
- Pantalla facial si es necesario

TODOS LOS EPI DEBEN TENER MARCADO CE IMPRESO EN LOS MISMOS

3º.- El producto cancerígeno no será manipulado con las manos directamente, aún llevando guantes; se debe utilizar siempre la espátula, las pinzas u otros utensilios adecuados. Se tendrá especial cuidado en no tocarse la cara con las manos, rascarse...

4º.- Se deberá comprobar si se dispone de todo el material necesario para el proceso y si éste está en buen estado y en cantidad suficiente. Es aconsejable utilizar material que no tenga bordes cortantes y, a ser posible, desechable.

5º.- Trabajaremos en todo momento en cabina de extracción

6º.- El equipo o material debe colocarse sobre bandejas o bateas recubiertas de papel absorbente, con capacidad suficiente para impedir la dispersión del producto ante un derrame, salpicadura, rotura o fuga.

7º.- Antes de iniciar el proceso se prepararán los reactivos necesarios para neutralizar los posibles derrames, salpicaduras o proyecciones, así como el material necesario para absorber gases o vapores liberados.

8º.- Si es necesario pesar la sustancia cancerígena, se deberán extremar las precauciones para evitar contaminar el área, colocando un papel de filtro y utilizando la espátula. Si la sustancia es líquida y se conoce su densidad, se utilizará preferentemente para su dosificación una pipeta o jeringa de seguridad.

9º.- En el trabajo con productos cancerígenos está prohibido pipetear con la boca, siendo recomendable el uso de dispositivos mecánicos y material desechable. Así mismo, no deberán utilizarse durante el proceso pañuelos o toallas convencionales y, en su lugar, se utilizarán materiales de celulosa de un solo uso.

10º.- Todo el material y equipos utilizados deberán ser convenientemente etiquetados al objeto de que puedan ser perfectamente identificados.

Eliminación de Residuos cancerígenos

Depositar en contenedores especiales para la recogida de residuos para su posterior eliminación de acuerdo con la normativa vigente (lo más habitual es contratar los servicios de una empresa dedicada a gestionar residuos). Limpiar los restos siguiendo las indicaciones que se detallan en el apartado siguiente.

Descontaminación del Laboratorio, Equipos y Materiales

1º.- La limpieza se realizará de forma que no se genera polvo ni aerosoles, por lo que, las superficies contaminadas se limpiarán con un aspirador dotado de un filtro de alta eficacia si están contaminadas con sólidos. Si se trata de líquidos se utilizará agua, detergente y, si fuera necesario, disolventes.

2º.- El material de vidrio puede ser descontaminado con mezcla crómica antes de proceder a su limpieza y almacenamiento

3º.- Los materiales metálicos deberán ser descontaminados retirando el producto con papel absorbente y, posteriormente, cepillados y lavados con un detergente líquido, ácidos, álcalis o disolventes.

4º.- Las batas y mandiles se enviarán a lavar sin haber sido descontaminados previamente.

5º.- Si se debe descontaminar alguna pieza, equipo o instrumento, se suspenderán los trabajos con cancerígenos hasta finalizar dicha tarea.

Medidas higiénicas personales

1º.- Las heridas abiertas favorecen la penetración de estos productos por lo que, si se tiene alguna no se manipularan estos productos sin antes haber cubierto perfectamente la misma; si la herida es de consideración no se manipulará el producto aún cuando ésta sea cubierta.

2º.- Después de la manipulación debe lavarse las manos con los guantes puestos, vigilando no contaminar los grifos innecesariamente, posteriormente se quitarán los guantes y se lavarán las manos, preferiblemente con un líquido detergente y agua abundante. EVITAR EL USO DE DISOLVENTES ORGÁNICOS (cetonas...) que favorecen la penetración del producto a través de la piel.

3º.- Antes de abandonar el área de trabajo, el personal debe ducharse o, al menos, lavarse adecuadamente manos, brazos y cara. La ropa y equipos de protección utilizados deberán descontaminarse antes de salir del área de manipulación y ser enviado al servicio de limpieza o lavandería.

EMERGENCIAS

En caso de derrame, explosión o incendio

1. Sólo permanecerán en el área afectada aquellas personas que estén adecuadamente equipadas
2. El resto de personas serán evacuadas inmediatamente
3. El personal que lleve a cabo el experimento deberá evitar que se extienda la contaminación a las zonas no afectadas (cerrando puertas, utilizando materiales absorbentes(Absorbente General Panreac, Kieselguhr...etc o, en su defecto arena o tierras secas), usando extractores de aires con filtros adecuados, utilizando productos neutralizantes adecuados...)
4. Valorar la contaminación e informar del suceso al Jefe de Emergencia.
5. Estudiar el accidente y tomar las medidas necesarias para evitar su repetición

EN CASO DE ACCIDENTE (si alguien resulta contaminado):

6. Mantener en todo momento la calma en las operaciones de rescate, no correr y prestar atención y no poner en peligro a otros trabajadores ni a uno mismo.
7. Una vez que el accidentado este en una zona fuera del peligro:

- Quitarle la ropa incluidos los zapatos.
- A continuación valoramos el accidente y los daños, y seguimos las siguientes recomendaciones:

Si ha habido **CONTACTO CON LA PIEL:**

Lavar inmediatamente con agua templada y detergente líquido, frotando con un cepillo enérgicamente pero **SIN EROSIONAR LA PIEL O ZONA AFECTADA**

Si ha habido **CONTACTO CON LOS OJOS:**

se lavarán abiertos con abundante agua y enviar al Centro Médico más cercano

Si ha habido **INGESTION:**

- Avisar al medico o enviar al centro médico más cercano.
- Seguir las instrucciones del etiquetado y/o ficha de seguridad del reactivo contaminante
- **Llamar al centro de información toxicológica 91 562 04 20**

En caso de **HERIDA:**

- Limpiar la herida con agua y jabón líquido
- Avisar al medico o enviar al centro médico más cercano.
- Seguir las instrucciones del etiquetado y/o ficha de seguridad del reactivo contaminante
- **Llamar al centro de información toxicológica 91 562 04 20**



DOCUMENTO Nº2: PLANOS

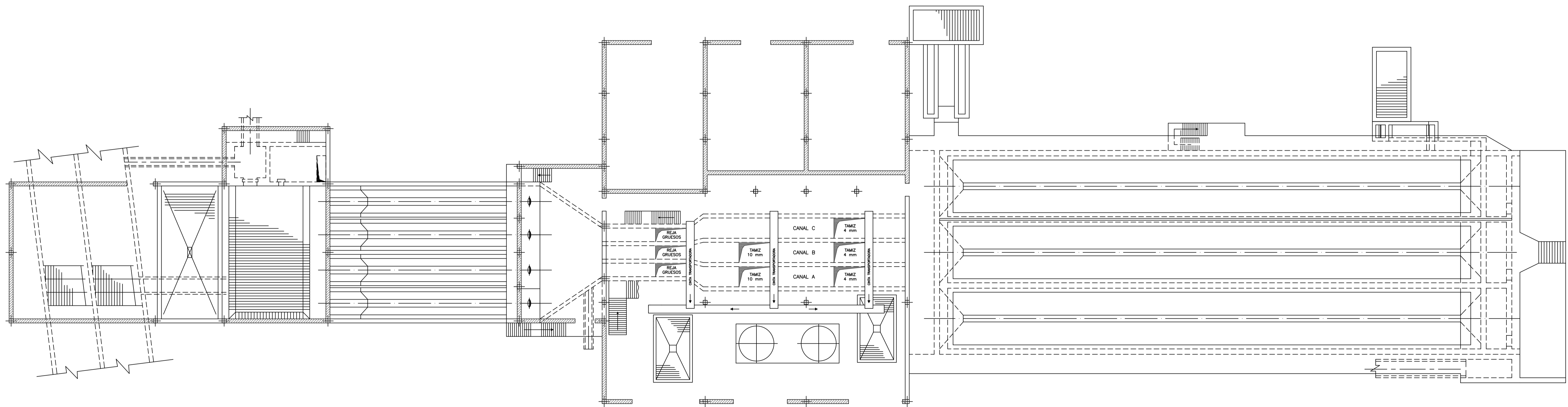
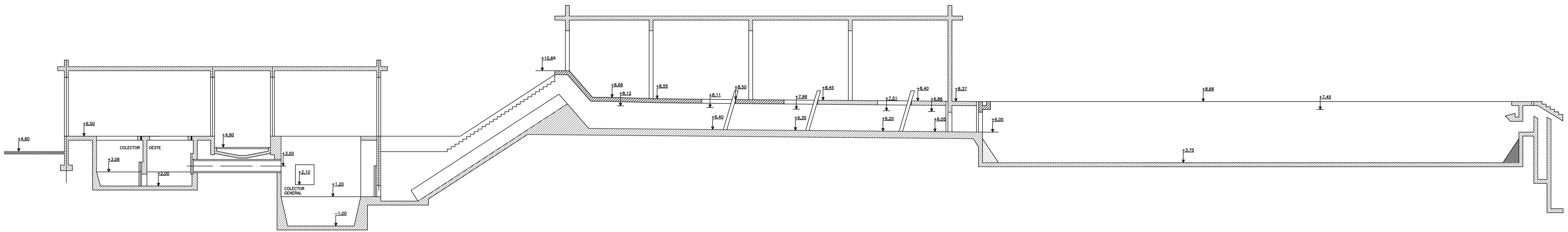
ÍNDICE DE PLANOS

* **PLANOS PREVIOS A LAS MODIFICACIONES**

- PLANO 1: Pretratamiento antes de las modificaciones.
- PLANO 2: Sala predesbaste antes de las modificaciones.
- PLANO 3: Sala desbaste antes de las modificaciones.
- PLANO 4: Sistema de extracción localizada antes de las modificaciones.
- PLANO 5: Almacenamiento de lodos
- PLANO 6: Espesador de fangos.

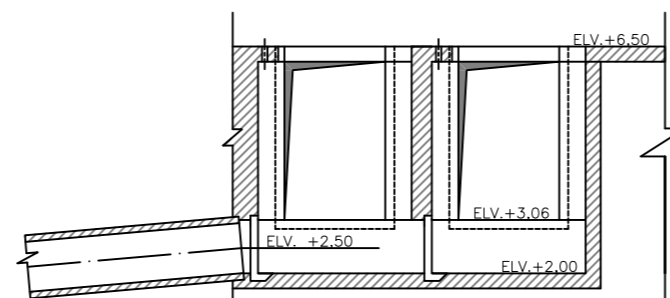
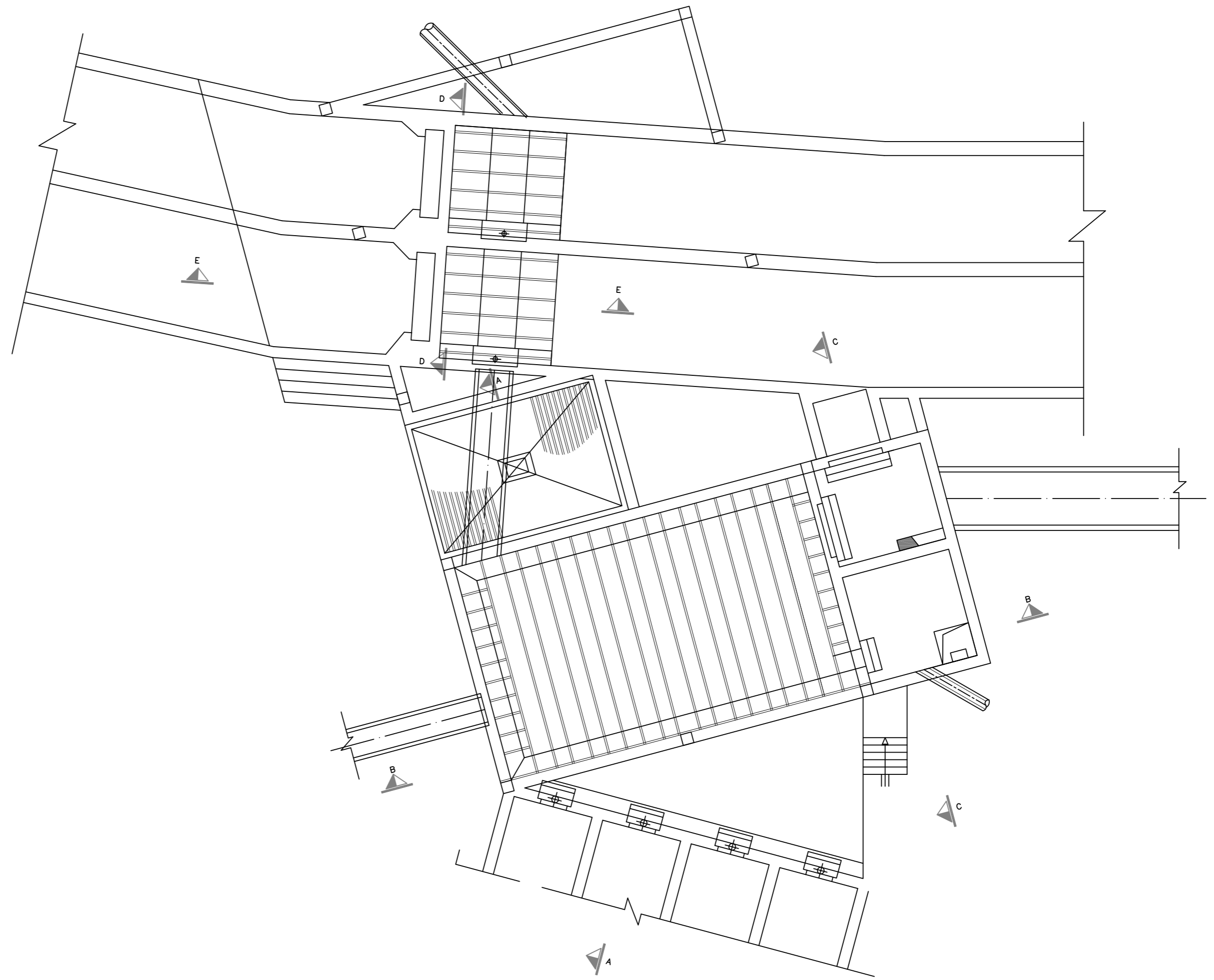
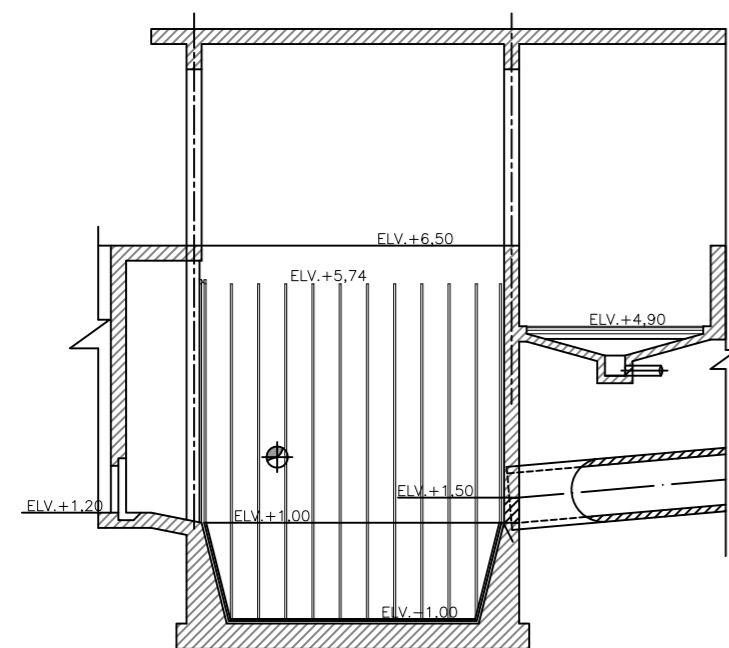
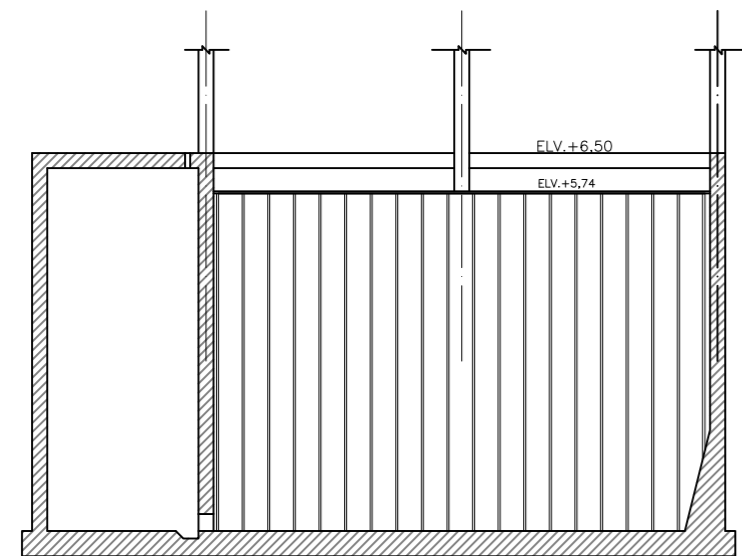
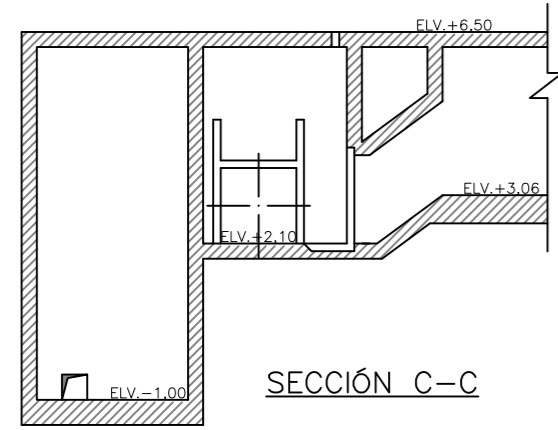
* **PLANOS TRAS LAS MODIFICACIONES**

- PLANO 7: Planta general.
- PLANO 8: Obra de llegada y elevación de agua bruta zonas: 2-1 y 2-2.
- PLANO 9: Edificio de desbaste desodorización zona 2-3.
- PLANO 10: Equipo de desodorización biológica.



NOTAS:
COTAS DE NIVEL EN m.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: DICIEMBRE 2011
PRETRATAMIENTO ANTES DE LAS MODIFICACIONES	ESCALA: 1-150
BEGOÑA MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 01



NOTA:
 COTAS GENERALES EN cm.
 COTAS DE NIVEL EN m.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO
 EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA

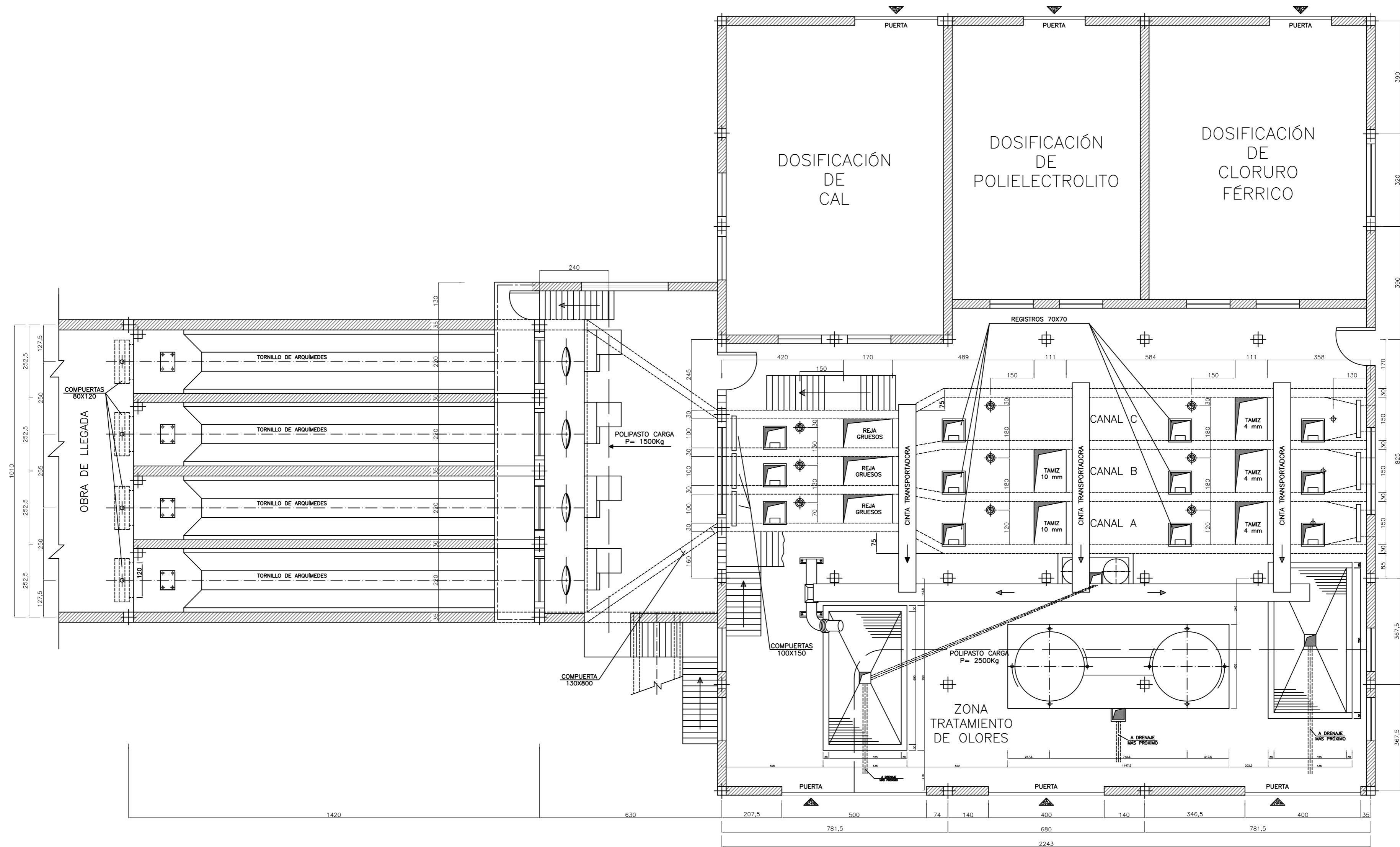
FECHA: DICIEMBRE 2011

SALA PREDESBASTE
 ANTES DE LAS MODIFICACIONES

ESCALA: 1-150

BEGOÑA MOZO CÁLIZ

Nº PLANO:
 02



NOTA:
COTAS EN cm.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO
EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA

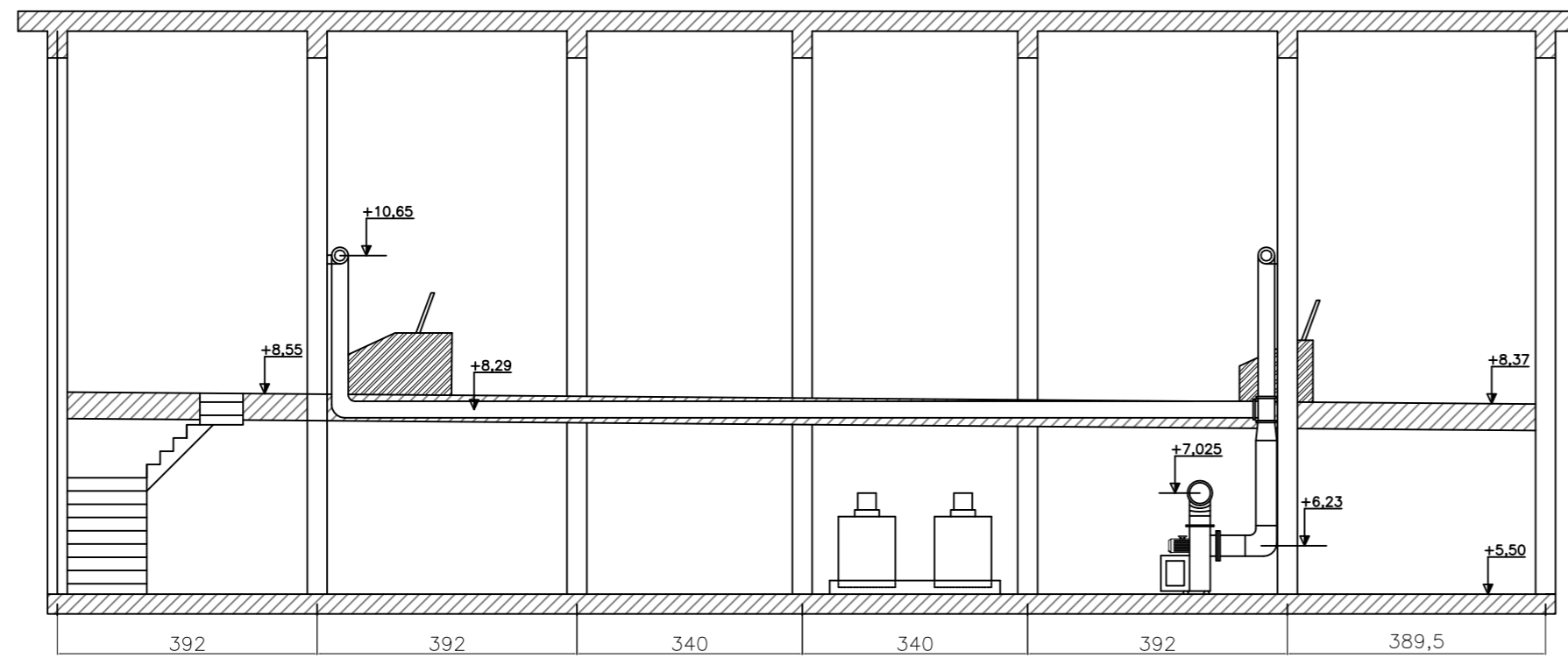
FECHA: DICIEMBRE 2011

SALA DESBASTE ANTES DE LAS MODIFICACIONES

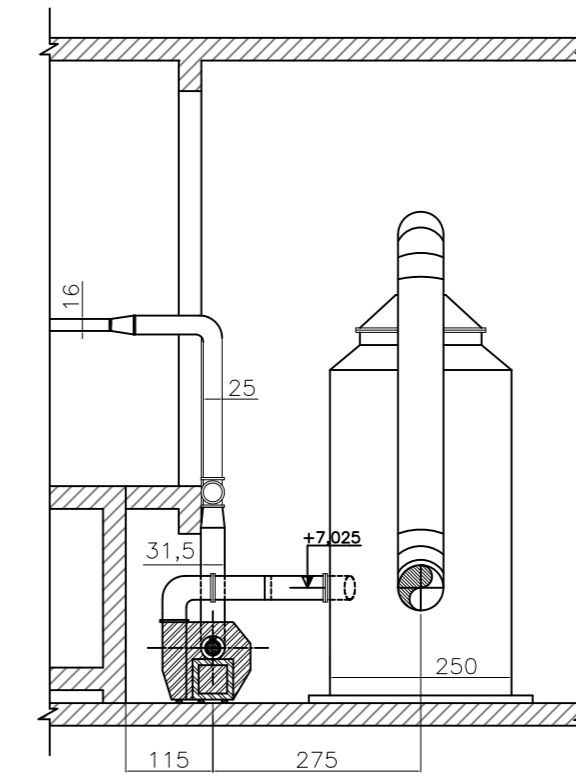
ESCALA: 1-150

BEGOÑA MOZO CÁLIZ

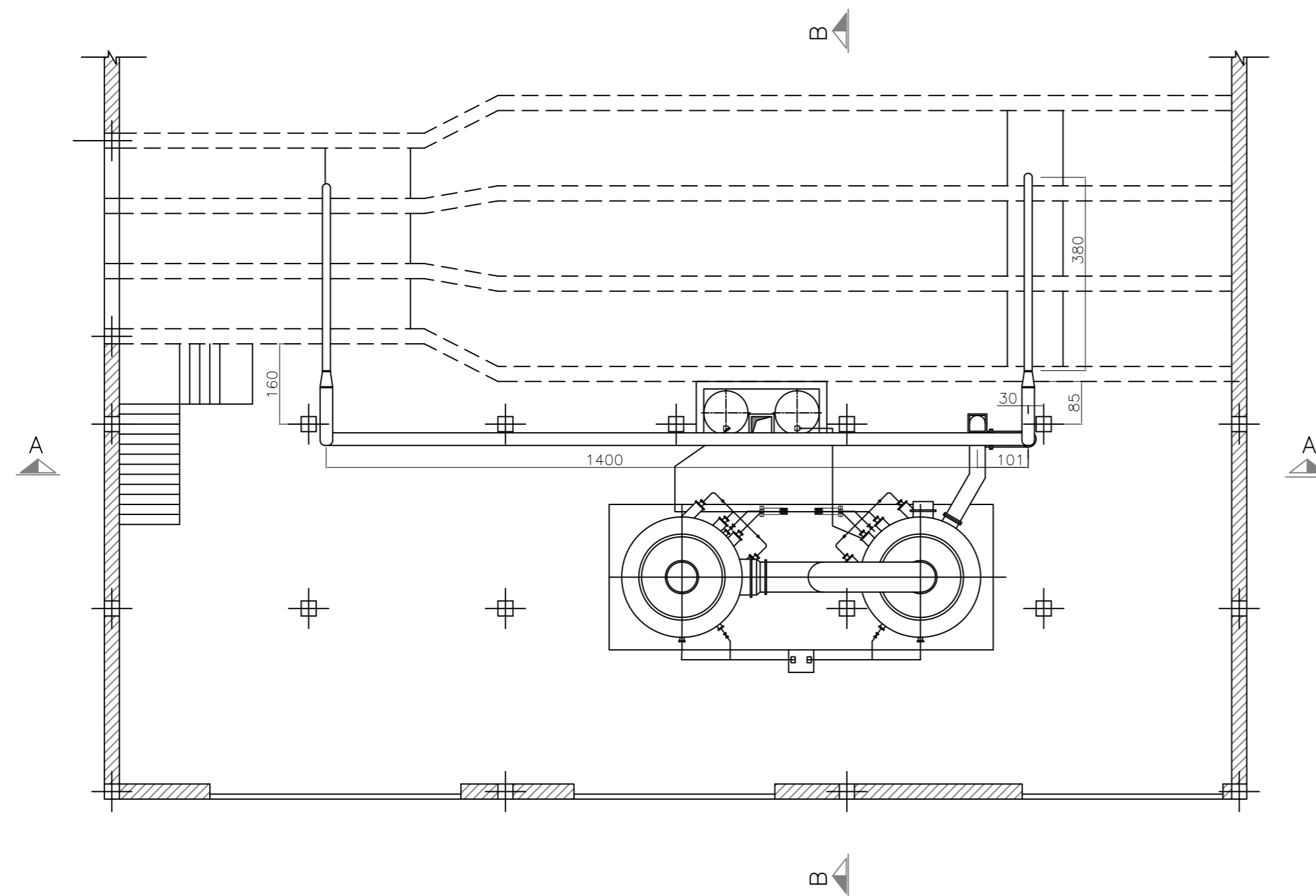
Nº PLANO:
03



SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B



NOTA:
COTAS GENERALES EN cm.
COTAS DE NIVEL EN m.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO
EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA

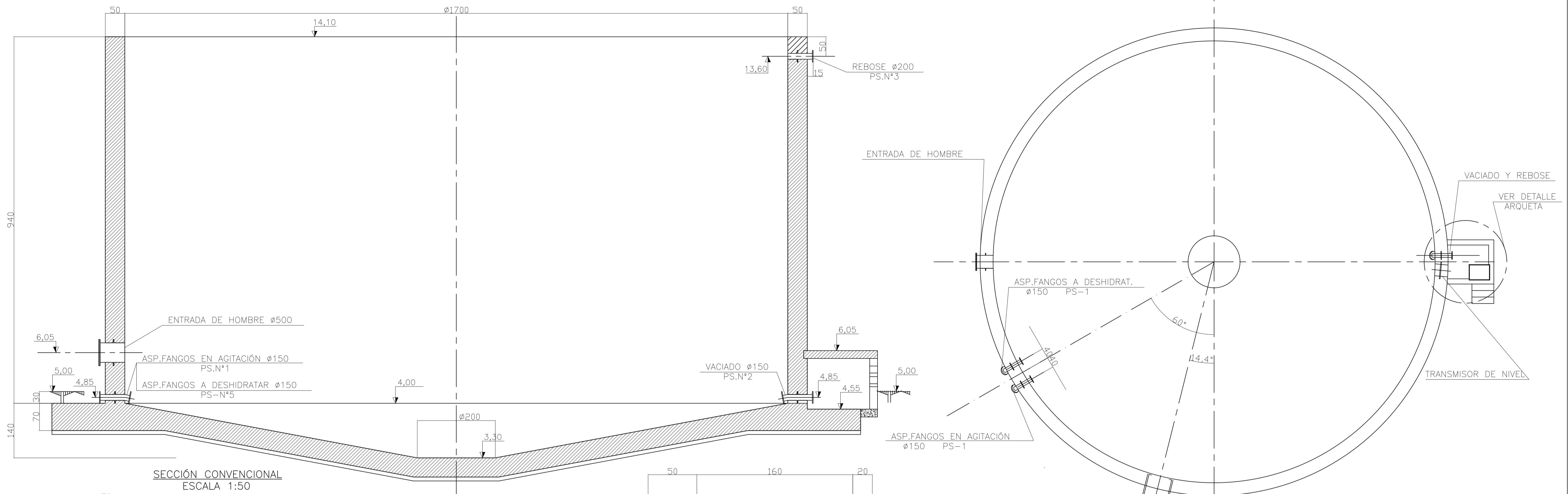
FECHA: DICIEMBRE 2011

SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA
ANTES DE LAS MODIFICACIONES

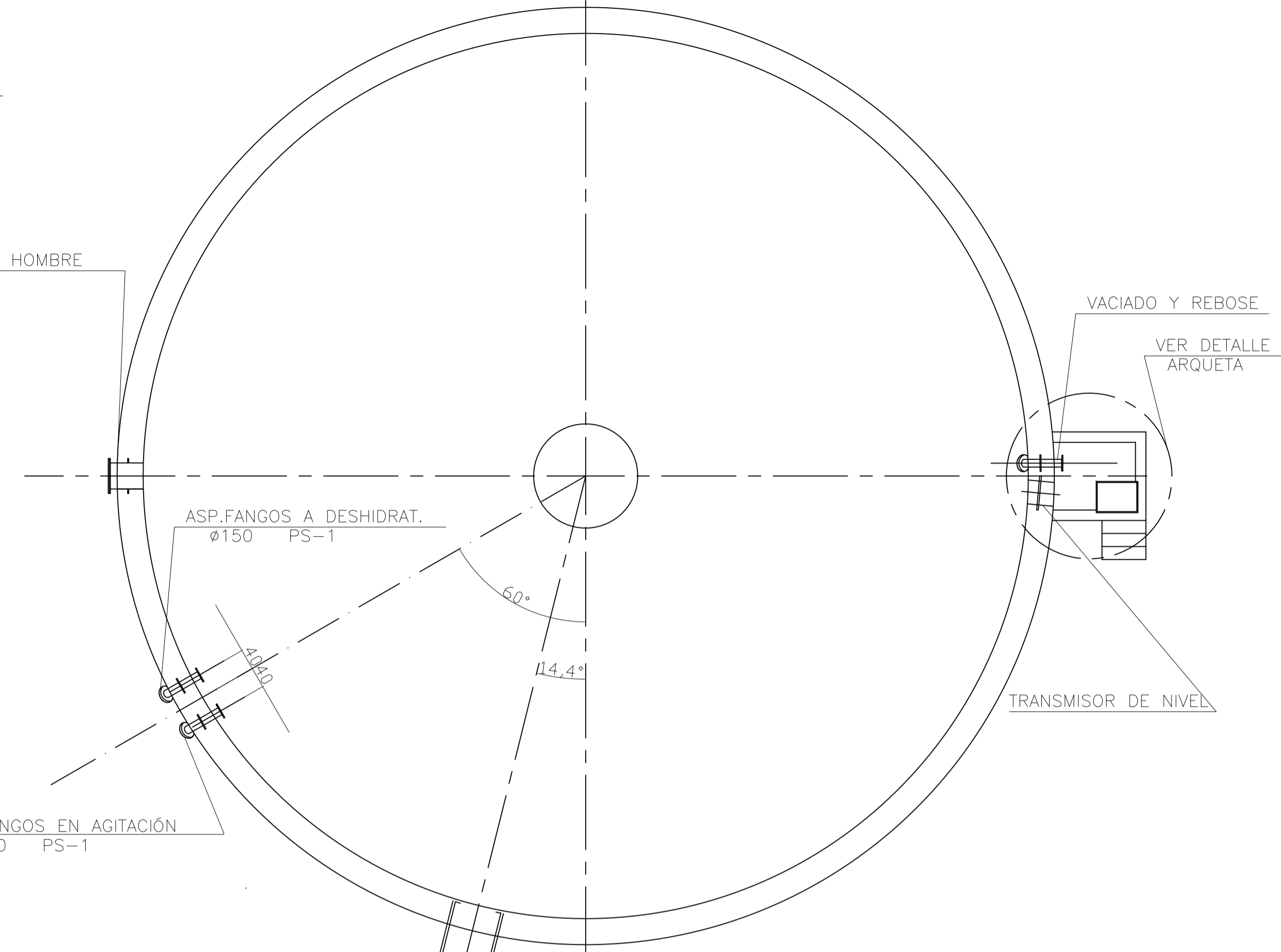
ESCALA: 1-100

BEGOÑA MOZO CÁLIZ

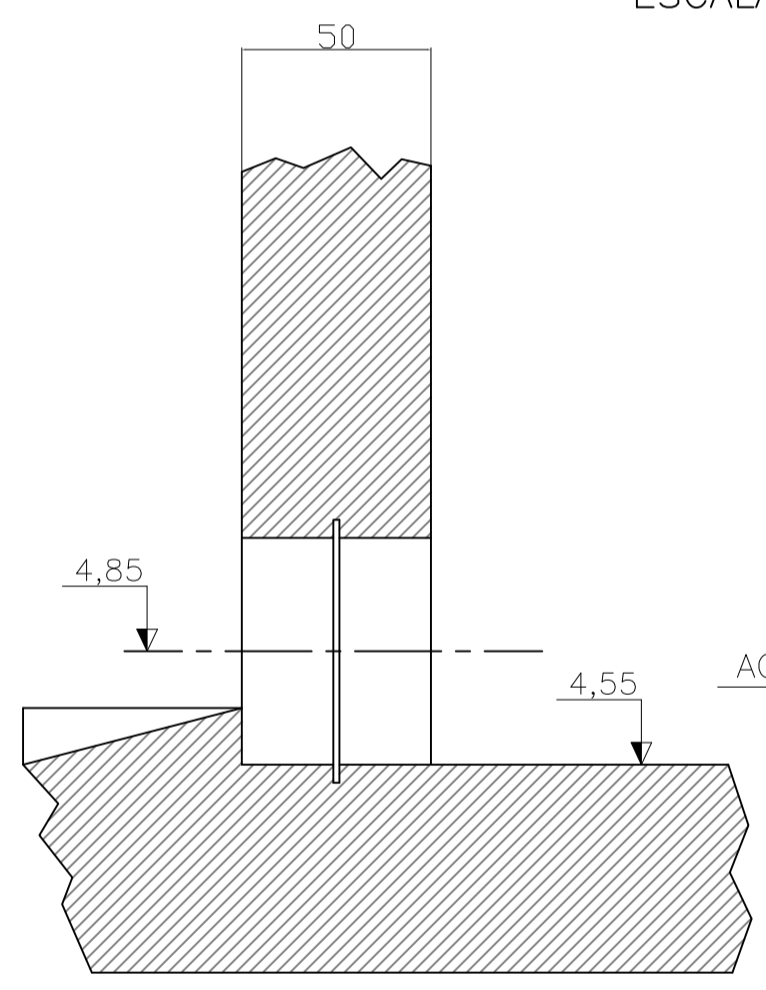
Nº PLANO:
04



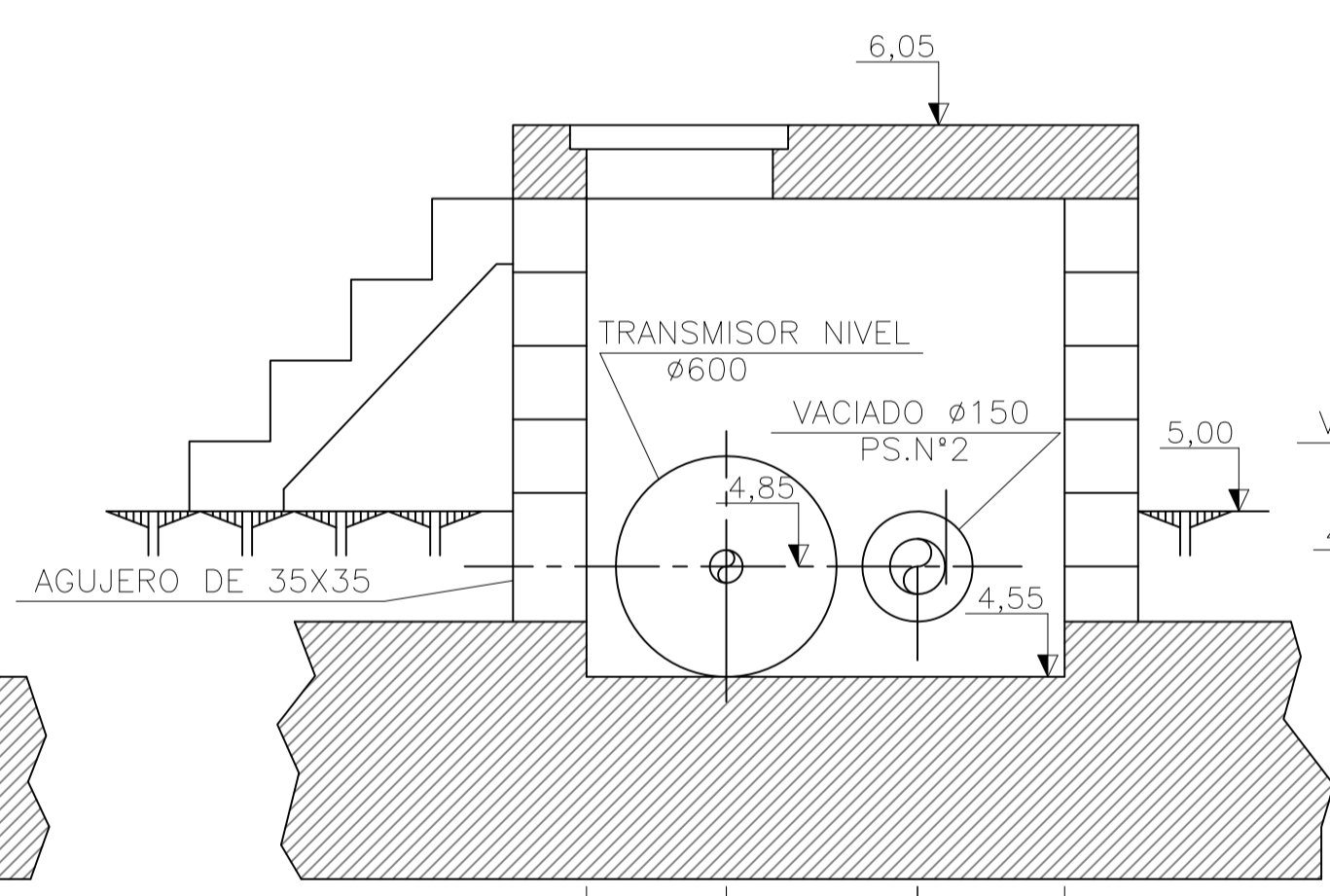
SECCIÓN CONVENCIONAL
ESCALA 1:50



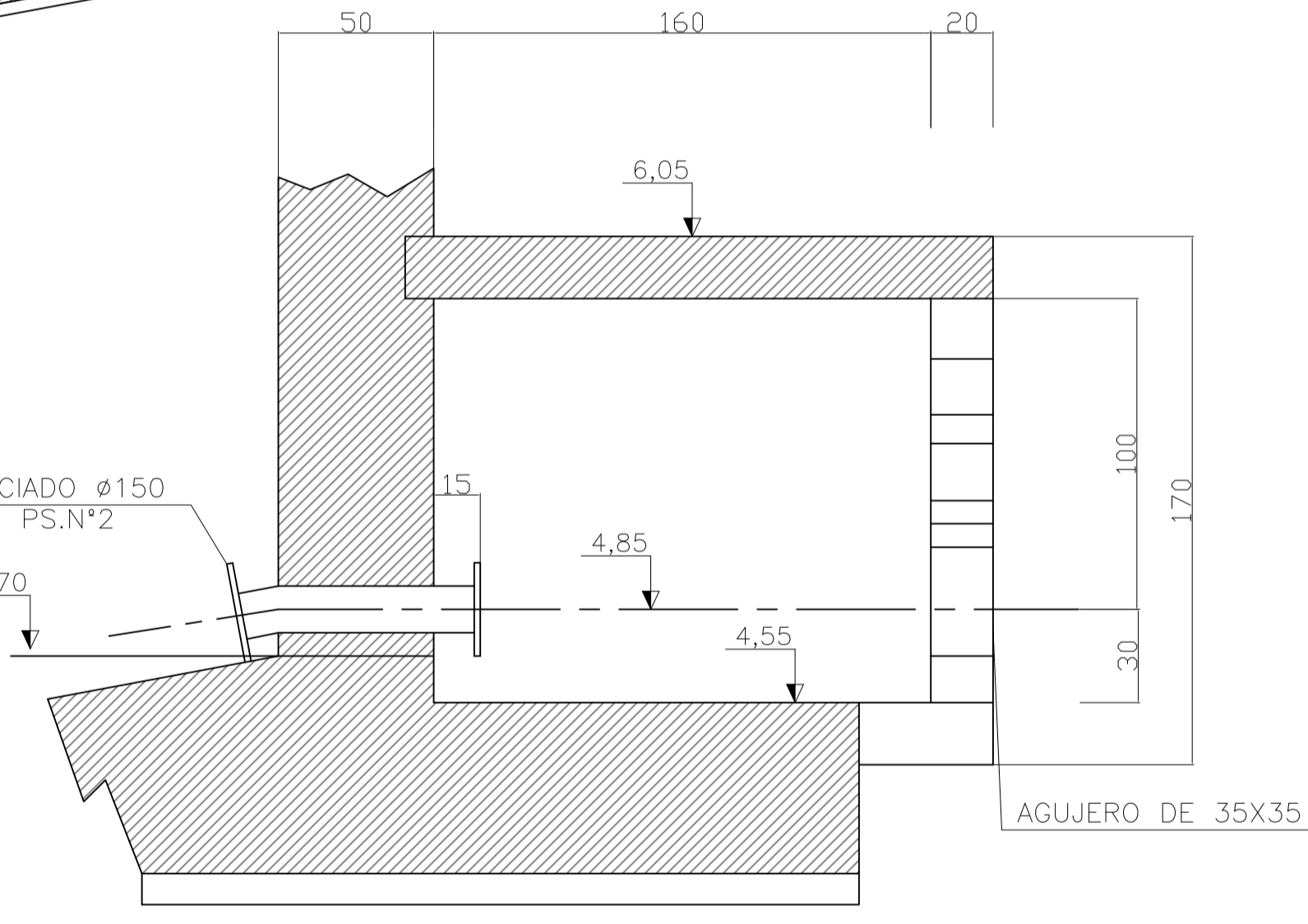
PLANTA
ESCALA 1:75



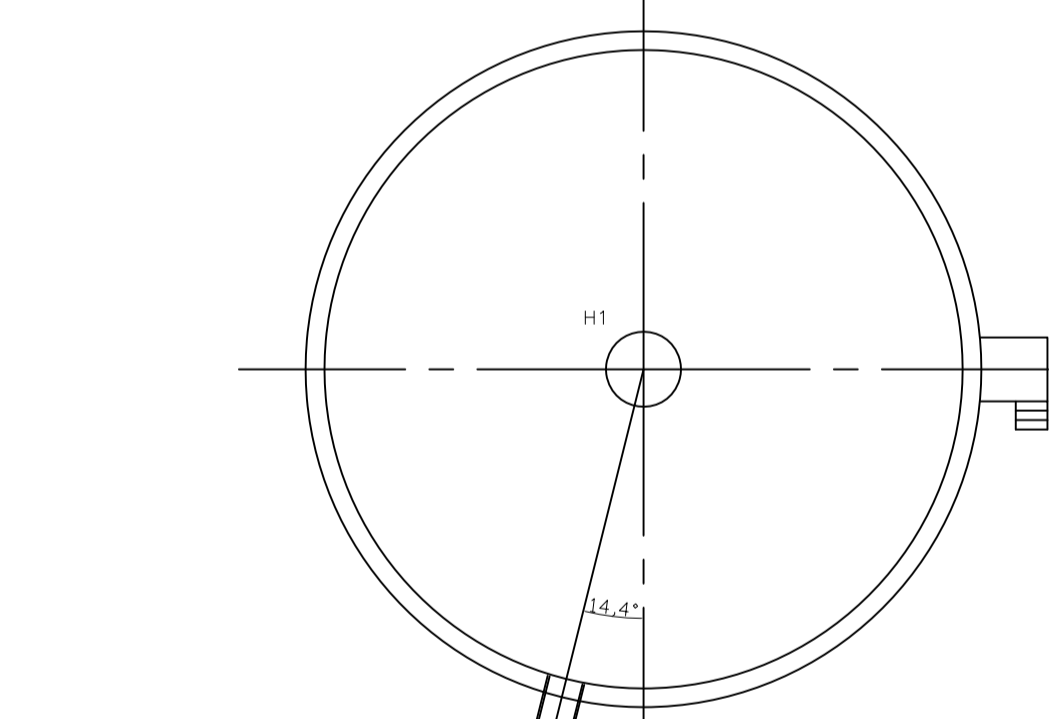
SECCIÓN "C-C"
ESCALA 1:20



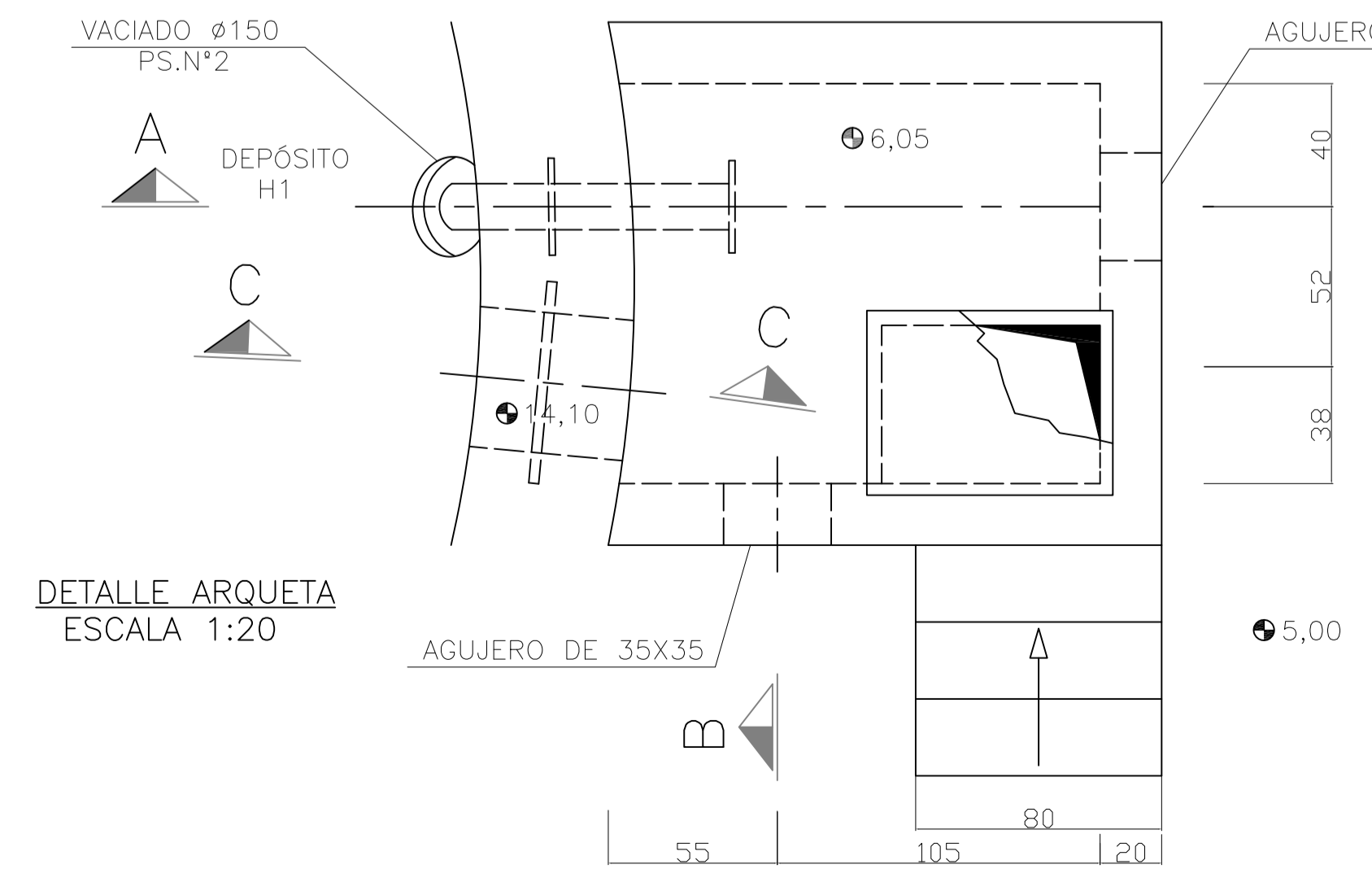
SECCIÓN "B-B"
ESCALA 1:20



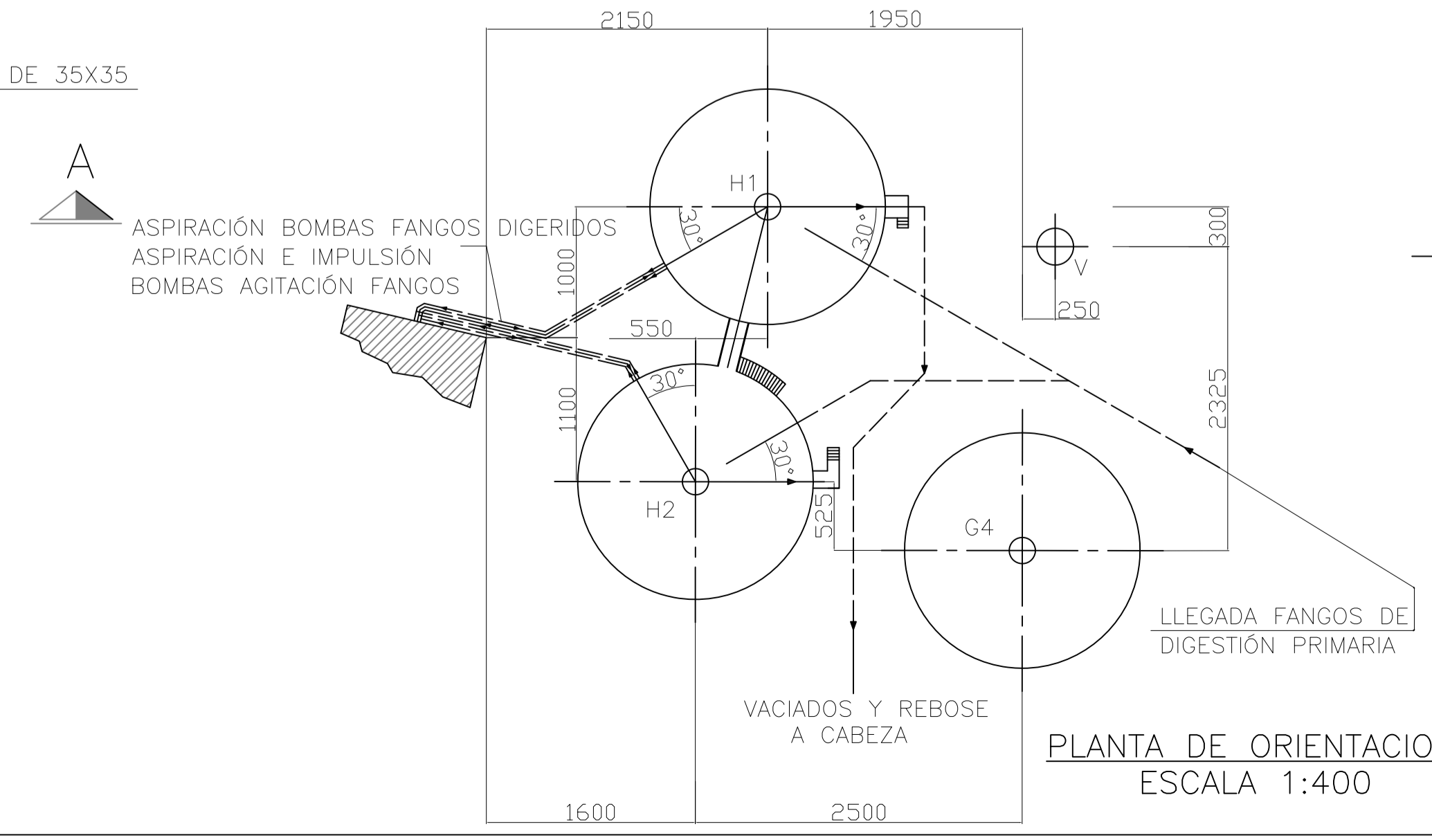
SECCIÓN "A-A"
ESCALA 1:20



PLANTA DE ACCESOS

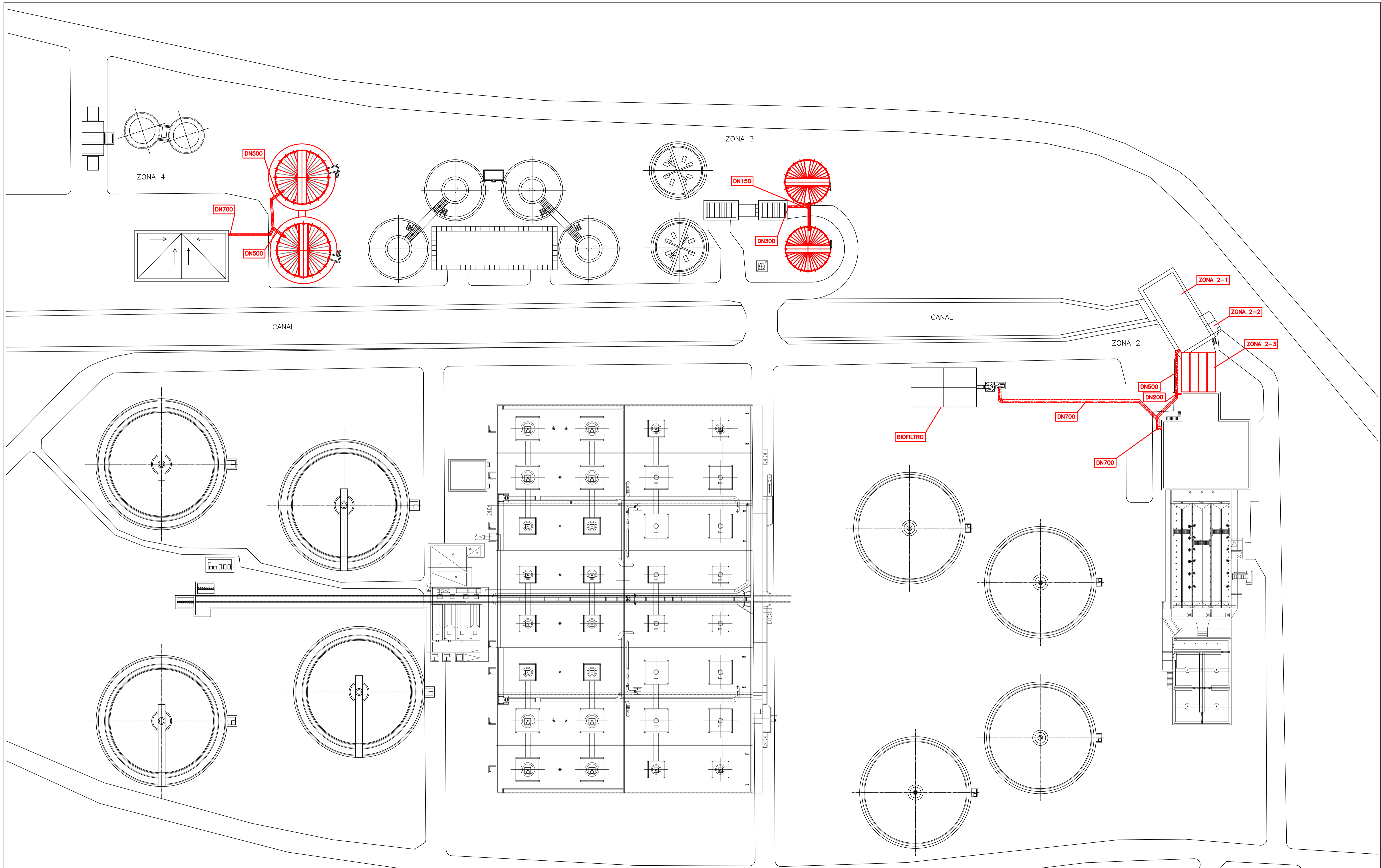


DETALLE ARQUETA
ESCALA 1:20

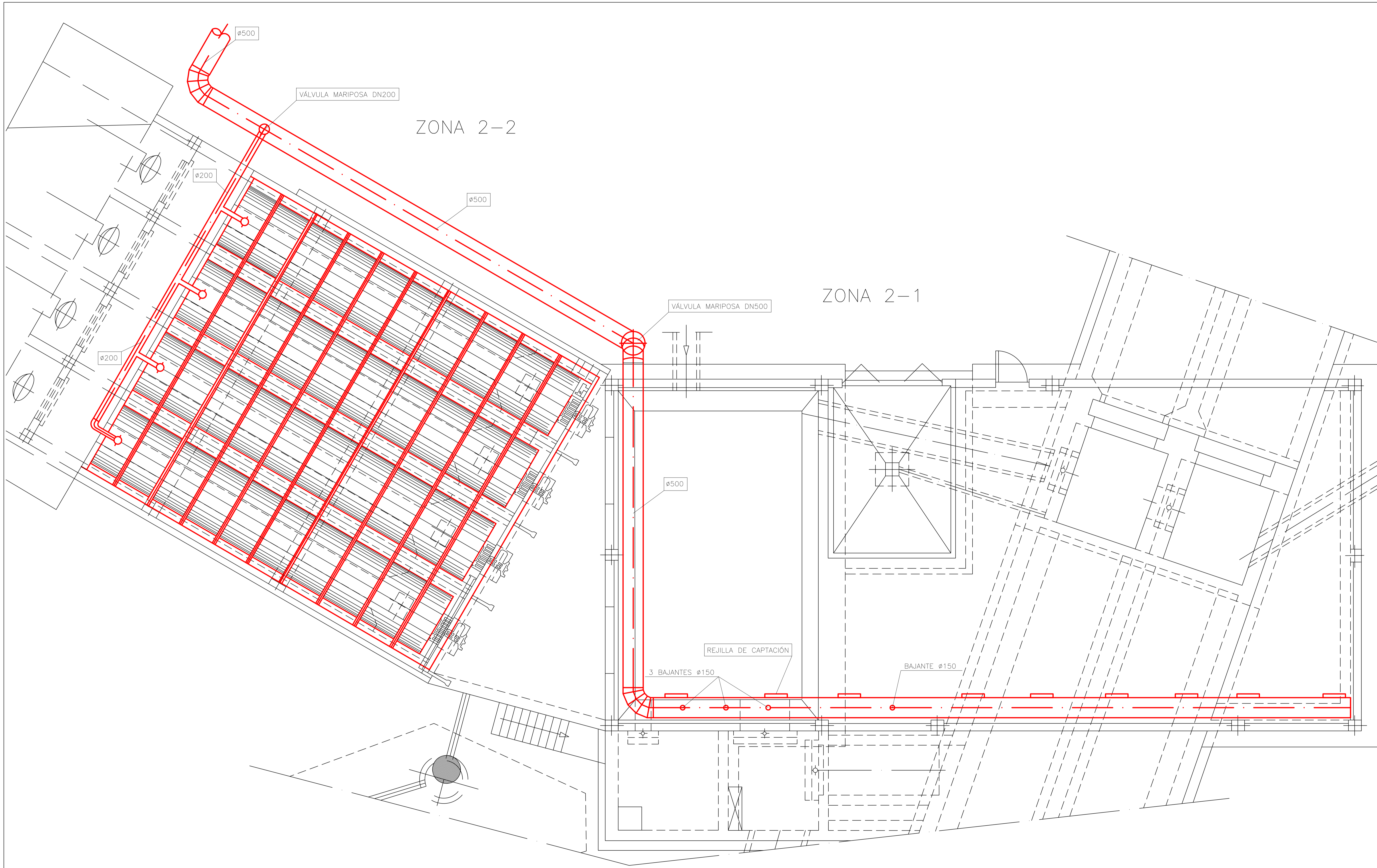


PLANTA DE ORIENTACIONES
ESCALA 1:400

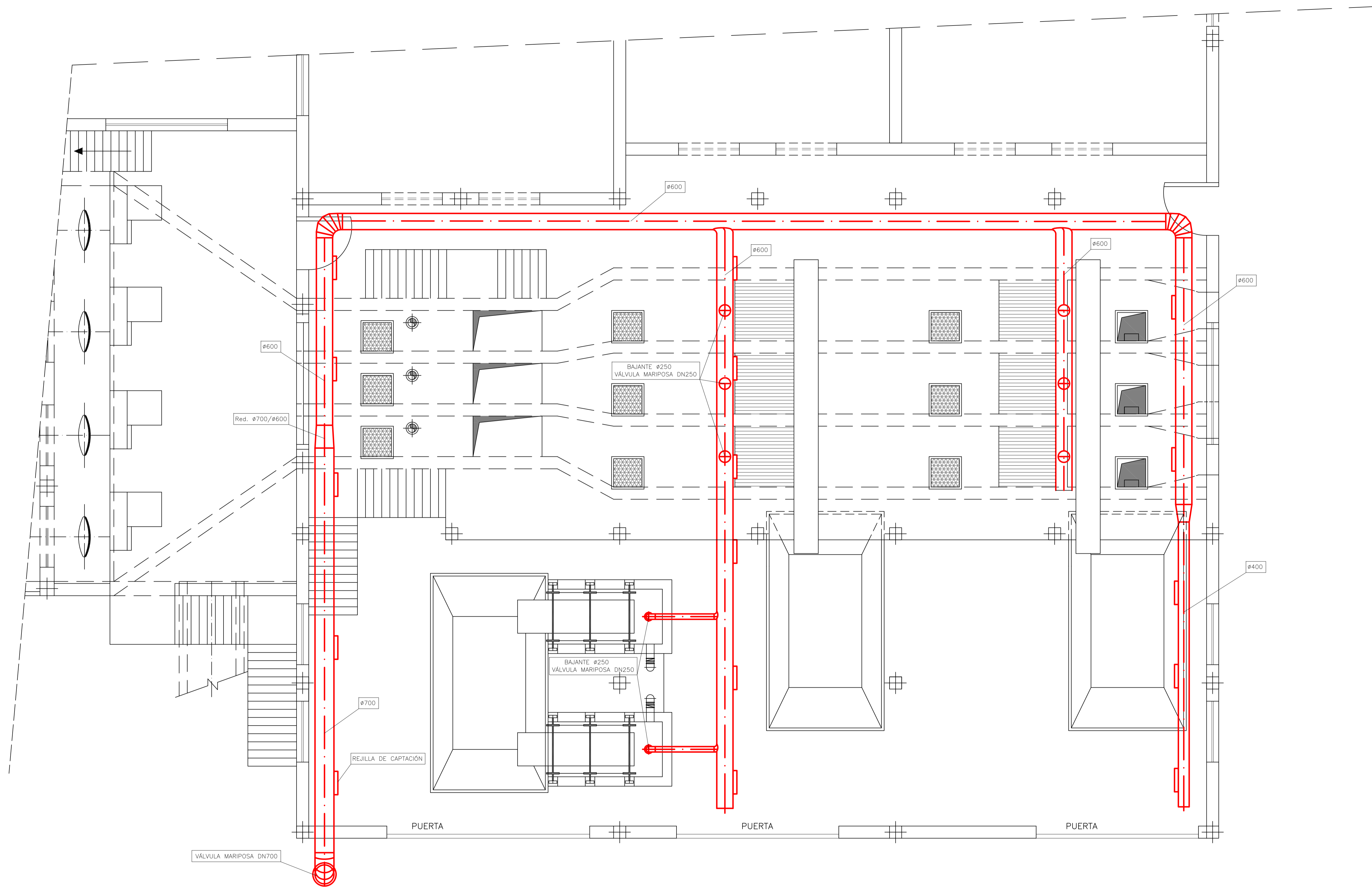
PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: DICIEMBRE 2011
ALMACENAMIENTO DE LODOS	ESCALA: 1-50
BEGOÑA MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 05



PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADELETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: DICIEMBRE 2011
DESODORIZACIÓN DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES. PLANTA GENERAL	ESCALA: 1-500
BEGOÑA MOZO CÁLIZ	N° PLANO: 07

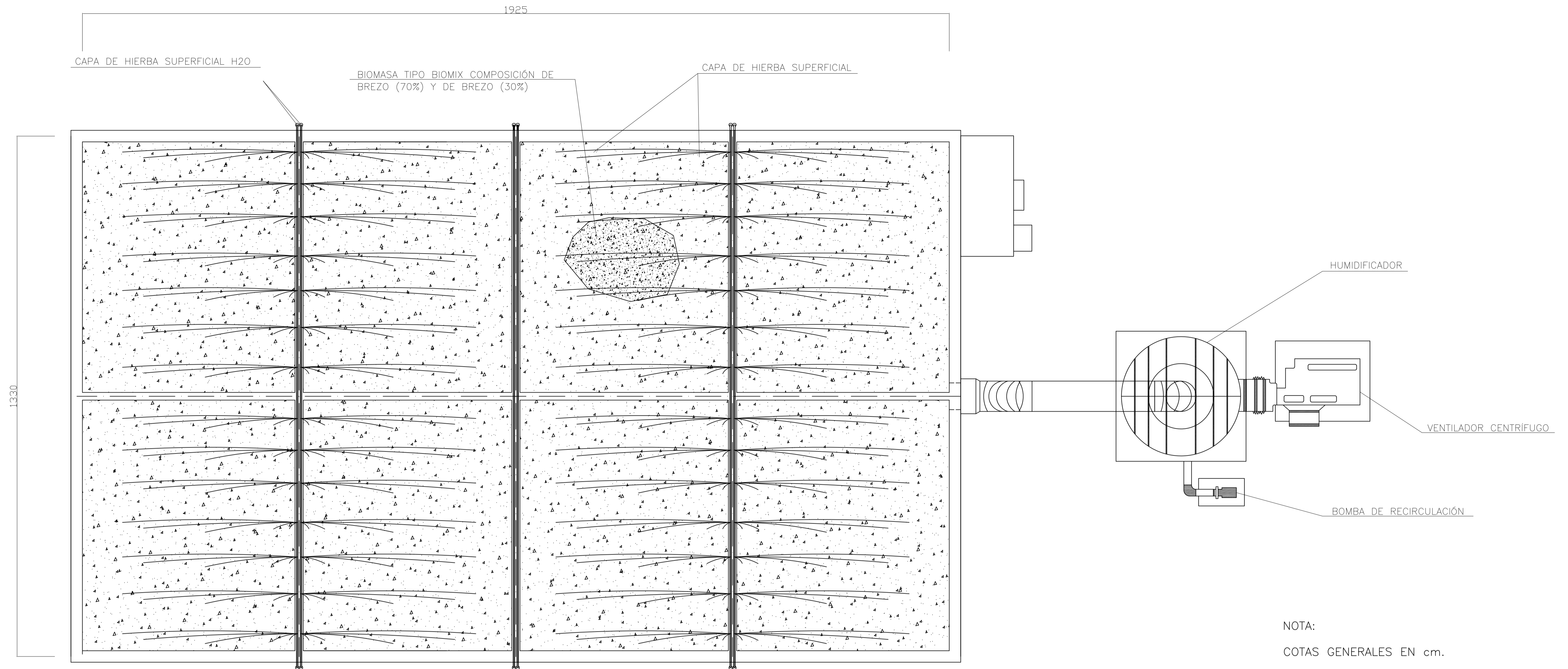


PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: DICIEMBRE 2011
OBRA DE LLEGADA Y ELEVACIÓN AGUA BRUTA ZONA 2-1 Y ZONA 2-2 DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES	ESCALA: 1-50
BEGOÑA MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 08

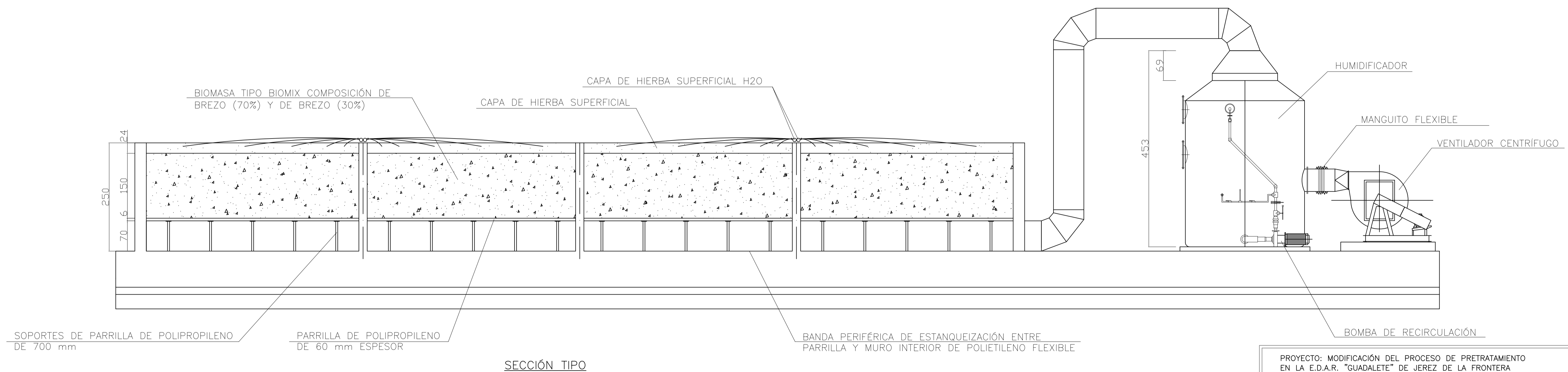


PLANTA
ESCALA 1:50

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: DICIEMBRE 2011
EDIFICIO DE DESBASTE. DESODORIZACIÓN ZONA 2-3 DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES	ESCALA: 1-75
BEGOÑA MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 09



PLANTA



PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: DICIEMBRE 2011
EQUIPO DE DESODORIZACIÓN BIOLÓGICA	ESCALA: 1-50
BEGOÑA MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 10



DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE
CONDICIONES

ÍNDICE:

1. Descripción del Proceso.....	3
1.1. Objeto del pliego de condiciones	3
1.2. Objeto del proyecto.....	3
1.3. Emplazamiento.....	4
1.4. Documentos del proyecto que definen las obras.....	4
1.5. Nomenclatura destacada.....	5
1.6. Normas, reglamentos y ordenanzas para los materiales y obras.....	6
2. Condiciones Generales.....	10
2.1. Condiciones generales de índole facultativa.....	10
2.1.1. De la directiva Facultativa	10
2.1.2. Obligaciones y derechos generales del contratista	11
2.1.3. De las obras y su ejecución.....	20
2.1.4. De la recepción de las obras.....	28
2.2. Condiciones generales de índole económica.....	30
2.2.1. Base fundamental	30
2.2.2. Fianzas.....	31
2.2.3. Precios.....	33
2.2.4. Valoración y abono de los trabajos.....	36
2.2.5. Indemnización.....	45
2.2.6. Otros pagos a cuenta del contratista.....	47
2.3. Condiciones generales de índole legal.....	49
2.3.1. Disposiciones legales	49
2.4. Condiciones generales de índole técnica.....	57
3. Condiciones Particulares.....	62

3.1. Disposiciones de carácter Particular	62
3.2. Condiciones de Materiales, Equipos y Maquinaria	63
3.2.1. Materiales de Construcción	63
3.2.2. Materiales para la fabricación de equipos	64
3.3. Condiciones de Ejecución	71
3.3.1. Movimientos de Tierra	71
3.3.2. Obras de Saneamiento	71
3.3.3. Cimentación	71
3.3.4. Estructuras metálicas	72
3.3.5. Albañilería	72
3.3.6. Cerrajería y Carpintería	72
3.3.7. Cubierta de Edificios	72
3.3.8. Fontanería	72
3.3.9. Instalaciones y eléctricas	73
3.3.10. Calefacción y Ventilación	73
3.3.11. Instalaciones de Protección contra Incendios	73
3.3.12. Pinturas y vidrieras	73
3.3.13. Otras instalaciones no específicas	73

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

1.1 Objeto del pliego de condiciones.

El presente pliego tiene por objetivo en establecer las bases de los concursos relacionado con la contratación de las obras y condiciones generales para contratos y pedidos que incluyan mano de obra en el lugar de construcción, es decir, regular las relaciones entre la partes contratantes desde el punto de vista Técnico Facultativo, Económico y Legal, para el proyecto denominado “Instalación de Biofiltro en la EDAR “Guadalete” de Jerez de la Frontera para la desodorización de gases”, y será aplicable a todas las obras incluidas en dicho proyecto. Contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución, medición de las unidades de obra y, en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto. El pliego de condiciones constituye el documento más importante desde el punto de vista contractual. El contratista está obligado a ejecutar el proyecto según se especifica en el pliego de condiciones. Del mismo modo, la administración podrá conocer de forma detallada las diferentes tareas que se desarrollará durante la ejecución del proyecto.

1.2 Objeto del proyecto.

El objeto del presente Proyecto Fin de Carrera se centra en la instalación de biofiltro en la EDAR “Guadalete” de Jerez de la frontera para la desodorización de gases.

El diseño del biofiltro se realizará pensando en que el rendimiento tiene que ser del 98%. Su caudal a tratar es de 32000m³/h previstos de condiciones más

desfavorables, englobando el Edificio de la obra de llegada, la elevación de agua bruta y el Edificio de Desbaste.

1.3 Emplazamiento.

La EDAR de Jerez de la Frontera se encuentra situada en el Polígono Industrial del Portal, perteneciente a la zona sur del término municipal de Jerez de la Frontera (Cádiz), a unos 5 Km al sur del casco urbano de Jerez.

Dicha EDAR se sitúa junto a la orilla norte del río Guadalete y el acceso a ella se realiza a través de la carretera comarcal CA-201.

1.4 Documentos del proyecto que definen las obras.

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entrega al contratista pueden ser de carácter contractual o meramente informativo. Se entiende por documentos contractuales aquellos que estén incorporados en el contrato y que sean de obligado cumplimiento, excepto modificaciones debidamente autorizadas.

El presente Proyecto consta de los siguientes documentos:

- Documento nº1: Memoria.
- Documento nº2: Planos.
- Documento nº3: Pliego de Condiciones.
- Documento nº4: Presupuesto.

Son documentos contractuales los Planos, el Pliego de Condiciones y el Presupuesto recogidos en el presente proyecto. Los datos incluidos en la Memoria y Anexos, tienen carácter meramente informativo.

1.5 Nomenclatura destacada.

Existen una serie de términos que se repiten a lo largo del Pliego y que se definen:

- **Propietario:** Es la compañía que proyecta la ejecución de la estación depuradora. Su autoridad está representada por el director general.
- **Contratista Principal:** Es la empresa encargada del diseño, puesta en marcha y supervisión de la E.D.A.R.
- **Subcontratistas:** Son contratistas contratados por el Propietario y/o el Contratista Principal y prestan sus suministros para la construcción de E.D.A.R.
- **Ingeniero:** Es aquella persona designada por el Propietario y/o el Contratista Principal y/o los subcontratistas para actuar como tal durante el proyecto y la realización de la obra.
- **Proveedores:** Personas o entidades contratadas por el Contratista Principal para el suministro de materiales, equipos o maquinaria necesarios para poder realizar la obra.

En caso de ocurrir un desacuerdo entre las distintas partes, el poder de decisión lo tiene el Propietario, que es el que decide quien continúa o quién se va.

El Contratista Principal será responsable de las inspecciones y deberá estar presente en las pruebas hidrostáticas y de funcionamiento de todo el equipo (o sus partes componentes) y de su suministro.

1.6 Normas, reglamentos y ordenanzas para los materiales y obras.

El Pliego de Condiciones prevalecerá sobre el contenido de las siguientes disposiciones. Las disposiciones de carácter particular de ámbito técnico son:

Leyes:

- Ley 7/1994, de Protección Ambiental de la Comunidad Autónoma Andaluza.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. nº 269, 10 de noviembre de 1995).
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera (B.O.E. nº 275, 16 de noviembre de 2007).

Decretos:

- R. D. 1995/1978, de 12 de mayo, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la seguridad social.
- R.D. 1495/1986, que aprueba el reglamento de seguridad en máquinas.
- R.D. 1316/1989, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- R.D. 1942/1993, de 25 de Noviembre, por el que se aprueba el reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios (B.O.E. nº 298, 14 de diciembre de 1993).
- R.D. 153/1996 de la Junta de Andalucía por el que se aprueba el reglamento del Informe Ambiental.
- R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (B.O.E. nº 27, 31 de octubre de 1997).
- R.D. 485/1997, que establece las disposiciones mínimas en materias de señalización de seguridad y salud.
- R.D. 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (B.O.E. nº 97, 23 de abril de 1997).
- R.D. 487/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.

- R. D. 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (B.O.E. nº 124, 24 de mayo de 1997).
- R. D. 773/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- R. D. 1215/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo.
- R.D. 1124/2000, de 16 de Junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1992, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo (B.O.E. núm. 145 de 17 de Junio de 2000).
- R.D. 379/2001, por el que se aprueba el reglamento sobre almacenamiento de productos químicos.
- R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (B.O.E. nº 148, 21 de mayo de 2001).
- R. D. 1/2001, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- R. D. 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 (B.O.E. nº 104, 1 de mayo de 2001).

- R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (B.O.E. nº 303, 17 de Diciembre de 2004).

- R.D. 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (B.O.E nº 60, 11 de febrero de 2006).

Instrucciones Técnicas:

- ITC-MIE-APQ 001, sobre almacenamiento de productos inflamables en los lugares de trabajo.

- ITC-MIE-APQ 005, sobre almacenamiento de productos químicos.

- ITC-MIE, de baja tensión.

- Normas U.N.E. relativas a protectores auditivos.

- Notas Técnicas de Prevención del I.N.S.H.

- Normas Internacionales.

- Normas del Ministerio de Trabajo sobre Seguridad e Higiene (B.O.E., 12 y 16 de marzo de 1974).

- Normas ISO (Organización Internacional de Normalización) que pueden afectar a los materiales, equipos y unidades de obra incluidos en el Proyecto.

2. CONDICIONES GENERALES.

2.1. Condiciones generales de índole facultativa.

2.1.1. De la dirección Facultativa.

Art. 1. DISPOSICIONES GENERALES.

Se establecen las siguientes disposiciones generales:

- Reglamento de contratación de competencias locales.
- Ley, Reglamento y Pliego de contrataciones del Estado.
- Pliego de Cláusulas económico-administrativas particulares.
- Ley de contrato de trabajo y disposiciones vigentes que regulan las relaciones patrón-obrero.
- Ordenanza Laboral de Seguridad e Higiene en el trabajo, así como cualquier otra que con carácter general se dicte.
- En caso de contradicción entre estas disposiciones y el presente Pliego prevalecerá lo contenido en éste.

Art. 2. DIRECCIÓN FACULTATIVA.

La Dirección Facultativa de las obras e instalaciones recaerá en el Ingeniero que suscribe, salvo posterior acuerdo con la Propiedad.

Art. 3. FACULTAD GENERAL DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.

Además de las facultades particulares que corresponden a la Dirección Facultativa, expresadas en los artículos siguientes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que se realicen, con autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre las personas y cosas situadas en obra y en relación con los trabajos que para la ejecución del contrato se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar en nombre de la Propiedad al Contratista, si considera que el adoptar esta solución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra. Con este fin, el Contratista se obliga a designar sus representantes de obra, los cuales atenderán en todo las observaciones e indicaciones de la Dirección Facultativa, la inspección y vigilancia de todos los trabajos y a proporcionar la información necesaria sobre el cumplimiento de las condiciones de la contrata y del ritmo de realización de los trabajos, tal y como está previsto en el Plan de Obra.

A todos estos efectos el adjudicatario estará obligado a tener en la obra durante la ejecución de los trabajos el personal técnico y los capataces y encargados necesarios que, a juicio de la Dirección Facultativa, sean necesarios para la debida conducción y vigilancia de las obras e instalaciones.

2.1.2. Obligaciones y derechos generales del contratista.

Art. 4. REPRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA.

Desde que se dé principio a las obras hasta su recepción provisional, el Contratista designará un jefe de obra como representante suyo autorizado que cuidará de que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este jefe estará expresamente autorizado por el Contratista para recibir notificaciones escritas o verbales emitidas por la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Asimismo estará expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a sus representantes y personal cualificado y en especial del jefe de obras, deberá comunicarse a la Dirección Facultativa no pudiendo producir el relevo hasta la aceptación de la Dirección Facultativa de las personas designadas.

Art. 5. PRESENCIA DEL CONTRATISTA EN LA OBRA Y DE SU PERSONAL EN LAS INSTALACIONES.

El Contratista, por sí o por medio de sus facultativos representantes o encargados estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que haga a la obra. Asimismo, por sí o por medio de sus representantes, asistirá a las reuniones de obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivo de ausencia ninguna reclamación a las órdenes cruzadas por la Dirección Facultativa en el transcurso de las reuniones.

Para el buen desarrollo de los trabajos planificados, la Propiedad habilitará tantas acreditaciones como sean exigidas por el Contratista para garantizar el acceso de su personal a cualquier hora del día a las instalaciones para realizar los trabajos especificados en el calendario de trabajo, cuyas características se recogen

en el artículo 17 del presente Pliego de Condiciones. También facilitará un acceso a las instalaciones propio de la obra disponible las 24 horas del día.

El Contratista garantizará a la Propiedad la conservación por parte de todos sus empleados del resto de las instalaciones, respetando aquellas zonas que se consideren por parte de ésta que son de acceso restringido al personal de la obra. Cualquier incidencia provocada por los trabajos ejecutados que afecten al resto de las instalaciones, será responsabilidad del Contratista.

Art. 6. OFICINA EN LA OBRA.

El contratista habilitará, en la zona que la Propiedad considere oportuna, una Oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha Oficina tendrá siempre el Contratista una copia autorizada de todos los documentos del Proyecto que le hayan sido facilitados por la Dirección Facultativa y el "Libro de órdenes" a que se refiere el artículo siguiente.

Art. 7. TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE EN EL PLIEGO DE CONDICIONES.

Es obligación de la contrata ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga la Dirección Facultativa y dentro de los límites de posibilidades que los Presupuestos determinen para cada unidad de obra tipo de ejecución.

Art. 8. INSUFICIENTE ESPECIFICACIÓN EN LA DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.

Si a juicio de la Contrata o de la Propiedad, alguna parte de la obra no quedara suficientemente especificada en esta documentación, no se realizará hasta que la Dirección Facultativa dé las indicaciones precisas y concretas para su ejecución. Este extremo se advertirá a la citada Dirección por escrito, con la antelación suficiente para que pueda estudiar el problema y aportar la solución más acertada, sin que ello suponga retraso en la marcha de la obra. El tiempo de antelación variará con la importancia del estudio, siendo el mínimo de una semana.

Art. 9. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver, ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma al enterado, que figurará asimismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como de la Dirección Técnica.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Contratista, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 15 días, a la Dirección Facultativa, la cual dará al Contratista el correspondiente recibo si éste lo solicitase.

Art. 10. INFORMACIÓN DEL CONTRATISTA A SUBCONTRATAS, INSTALADORES Y OFICIOS.

El Contratista se verá obligado a suministrar toda la información precisa a las diferentes subcontratas, instaladoras y oficios, para que su labor se ajuste al Proyecto. En cualquier caso, el Contratista será el único responsable de las

variaciones o errores que se hubieran podido cometer en obra por desconocimiento de las especificaciones aquí detalladas.

Art. 11. COPIAS DE DOCUMENTOS.

El Contratista tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los Planos, Presupuestos, Pliegos de Condiciones y demás documentos del Proyecto. La Dirección Facultativa, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma una vez confrontadas. En la obra siempre se encontrará una copia completa del Proyecto visada por el Colegio Oficial, copia que no se utilizará como planos de obra, sino en contados casos de comprobaciones.

Art. 12. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes demandadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través de la misma, ante la Propiedad, si ellas son de orden económico, y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la Dirección Facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida a la Dirección Facultativa, la cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Art. 13. RECUSACIÓN POR EL CONTRATISTA DEL PERSONAL NOMBRADO POR LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.

El Contratista no podrá recusar el personal técnico o de cualquier índole, dependiente de la Dirección Facultativa o de la Propiedad, encargado de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos

para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado con los resultados de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

Art. 14. RECUSACIÓN POR LA DIRECCIÓN FACULTATIVA DEL REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA.

Cuando esté ausente el Contratista, o si éste no fuese práctico en las artes de la Construcción y siempre que por cualquier causa, la Dirección Facultativa lo estime necesario, el Contratista tendrá obligación de poner al frente de su personal un facultativo legalmente autorizado.

Sus funciones serán: vigilar los trabajos y colocación de medios auxiliares, verificar las operaciones técnicas, así como cumplir las instrucciones de la Dirección Facultativa y firmar el "Libro de órdenes" con el enterado a las órdenes del citado facultativo.

Será objeto de recusación el facultativo si carece de carné que acredite su cualificación, o de los conocimientos necesarios para poder realizar su cometido, probados por su experiencia y que le permitan la interpretación de los planos y órdenes, de forma que pueda cumplir sus funciones.

Art. 15. DEL PERSONAL DEL CONTRATISTA.

a) Encargado:

El encargado, nombrado por el Contratista, se considerará a las órdenes de la Dirección Facultativa, siempre que ésta o la persona que la sustituya se lo requieran para el mejor cumplimiento de su misión.

b) Recusación de personal:

El Contratista viene obligado a separar de la obra aquel personal que, a juicio de la Dirección Facultativa, no cumpla sus obligaciones de la forma debida.

Art. 16. LIBRO DE ÓRDENES.

La Dirección Técnica tendrá siempre en la Oficina de la Obra y a disposición de la Dirección Facultativa un "Libro de Órdenes", con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el Colegio Oficial.

En el mismo se redactarán todas las órdenes que la Dirección Facultativa crea dar al Contratista para que adopte las medidas de todo género que puedan sufrir los obreros, los operarios y empleados de la Propiedad ajenos a la obra, así como el resto de las instalaciones, las que crean necesarias para subsanar o corregir las posibles deficiencias que haya observado en las visitas de la obra y, en suma, todas las que juzguen indispensable se lleven a cabo de acuerdo y en armonía con los documentos del Proyecto.

Cada orden deberá ser firmada por la Dirección Facultativa y el "Enterado" suscrito por el Contratista o su representante en obra; la copia de cada orden entendida quedará en poder de la Dirección Facultativa. El hecho de que en el citado Libro no figuren redactadas las órdenes que ya preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el Contratista, de acuerdo con lo establecido en las normas oficiales, ordenanzas, reglamentos, etc., no supone estimarte ni atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

Art. 17. SIGNIFICADO DE LOS ENSAYOS.

Los ensayos durante la ejecución de la obra son meros antecedentes de la recepción. Estos ensayos no liberan al Contratista para subsanar, reponer o reparar los equipos e instalaciones que no pasen el reconocimiento final.

El Contratista estará obligado a facilitar a la Dirección Técnica la labor de realización de ensayos e inspecciones.

Independientemente de la Dirección Técnica de las obras, la propiedad podrá inspeccionar en cualquier momento la buena marcha de las obras, así como la adecuación de las mismas a las estipulaciones del contrato y adoptar cuantas decisiones considere procedentes en garantía de su correcta ejecución.

Art. 18. PUESTA A PUNTO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Aquellos elementos de la instalación que, por naturaleza y forma de sus condiciones, no tienen necesidad de poner en servicio al conjunto de la instalación serán objeto de prueba tan pronto como se hayan acabado.

Antes de verificar la recepción provisional, se someterán las obras a pruebas de resistencia, estabilidad e impermeabilidad. De igual modo el Contratista procederá a la puesta a punto de la instalación, verificándose pruebas generales de su funcionamiento y efectividad de tratamiento.

Estas pruebas se efectuarán a pleno caudal de la instalación o de la parte de la misma a la que afecte la prueba. Se comprobará el buen comportamiento en la totalidad de las instalaciones y mecanismos de la instalación.

Art. 19. CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYO.

Cuando lo estime oportuno la Dirección de Obra ordenará realizar las pruebas y ensayos, análisis y extracción de muestras, que sean necesarias para comprobar que las unidades de obra y sus materiales componentes están en las condiciones exigibles y cumplen con lo establecido en este Pliego. Las pruebas y ensayos se harán bajo su inspección.

El Contratista deberá, por su cuenta, suministrar a los laboratorios de control de calidad homologados una cantidad suficiente de material a ensayar, y abonar todos los gastos que estas pruebas generen.

Ninguna parte de la obra será enterrada de manera que sea inaccesible sin que previamente haya sido inspeccionada y aceptada por la Propiedad. El Contratista corregirá, a su costa, cualquier obra que a su juicio de la representación de la Propiedad no haya superado la inspección o pruebas.

La Propiedad podrá ordenar la discusión, y en este caso el Contratista estará obligado a dejar al descubierto dicha parte de la obra. Si se comprueba que tal trabajo está ejecutando de acuerdo con los documentos del contrato, la Propiedad abonará el costo de las inspecciones y el de la restitución de la obra al estado en que se encontraba. En el caso que se compruebe que tal trabajo no está de acuerdo con los documentos del contrato, el Contratista pagará tales gastos.

2.1.3. De las obras y su ejecución.

Art. 20. CALENDARIO DE TRABAJO.

El Contratista propondrá a la Dirección Facultativa el correspondiente Calendario de Trabajo. Aceptado este Calendario, se firmarán por la Contrata y por la Dirección Técnica, quedándose cada parte con una copia.

La Contrata se obliga, por este documento, a justificar mensualmente el cumplimiento de las ejecuciones programadas.

Art. 21. REGLAMENTO GENERAL.

En el plazo fijado por el anterior Calendario de Trabajo, la Contrata procederá al replanteo de las líneas fundamentales y puntos de nivel necesario sobre el terreno para poder delimitar las modificaciones que se van a realizar en las instalaciones existentes.

El Constructor se ceñirá estrictamente a las notas de alineación y niveles que se especifican en los Documentos Gráficos. Si se encontrara alguna anomalía entre lo especificado en los planos y el replanteo del terreno, se informará inmediatamente a la Dirección Facultativa antes de iniciar las obras. Una vez realizadas las modificaciones oportunas, si es que dan lugar, se realizará un Acta de Replanteo, que será firmada por el Contratista y la Dirección Facultativa (por triplicado) en la que la Dirección Facultativa hará constar si se puede iniciar la obra. A partir de este momento, el Contratista será el único responsable de los errores que pudieran cometerse en dimensiones, alineaciones y cota de nivel, siendo de su cuenta las operaciones necesarias para su rectificación.

Art. 22. COMIENZO DE LOS TRABAJOS.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación.

En cualquier caso, serán requisitos previos para la formalización del Acta de Replanteo la preparación a pie de obra de elementos auxiliares y maquinaria indispensable para el comienzo, la adjudicación de los trabajos que haya lugar y con el personal suficiente para el inicio de la obra.

La fecha en que se vaya a dar principio a la ejecución deberá ir indicada en el Calendario de Trabajo.

Art. 23. PLAZO DE EJECUCIÓN.

Será el que se señale en el documento privado que se realice entre la Contrata y la Propiedad.

Art. 24. ORDEN DE LOS TRABAJOS.

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad potestativa de la contrata, salvo aquellos casos en que, por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

Estas órdenes deberán comunicarse, precisamente por escrito, a la contrata y ésta vendrá obligada a su estricto cumplimiento, siendo directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

Art. 25. AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS DE FUERZA MAYOR.

Cuando sea preciso, por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar al proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándolos según las instrucciones dadas por la Dirección Facultativa, en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

El Contratista está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuando la Dirección Facultativa de la Obra disponga, aquellas obras de carácter urgente que se estimen, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en el Presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que mutuamente convengan.

Art. 26. PRÓRROGAS POR CAUSA DE FUERZA MAYOR.

Si por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifican como la rescisión en el capítulo "Condiciones generales de índole legal", aquél no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable de la Dirección Facultativa de la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

Art. 27. RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA.

Con objeto de no interferir la marcha de las obras, y para el cumplimiento del plazo, la contrata solicitará a la Dirección Facultativa, los datos que considere puedan retrasar el mismo.

Asimismo, antes de ejecutar una unidad de obra no estipulada en el Proyecto, se someterá, con la antelación suficiente, el precio contradictorio para su aprobación que firmarán en caso de aceptación la Propiedad, la Dirección Facultativa y el Contratista adjudicatario de las obras, previo informe de la repercusión económica de los precios contradictorios.

Art. 28. CONDICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto que haya servido de base a la contrata, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue la Dirección Facultativa al Contratista, siempre que éstas encajen dentro de la cifra a que asciendan los Presupuestos aprobados.

Art. 29. OBRAS OCULTAS.

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación de ésta, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos, Estos documentos se extenderán por triplicados, entregándose: uno al propietario, otro a la Dirección Facultativa y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

Art. 30. TRABAJOS DEFECTUOSOS.

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en "Las Condiciones Generales de índole Técnica" del presente Pliego de Condiciones, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con los especificado también en dicho documento. Por ello y

hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos contratados y de las faltas y defectos que en éstos puedan ocurrir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o de los aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que la Dirección Técnica o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones parciales de la obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando la Dirección Facultativa o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la resolución y se negase a dicha sustitución, se procederá de acuerdo con lo establecido en el Artículo "Materiales y Aparatos Defectuosos" siguiente.

Art. 31. VICIOS OCULTOS.

Si la Dirección Facultativa tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las modificaciones, sustituciones o demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se ocasionen correspondientes a este concepto, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente y, en caso contrario, correrán a cargo del Propietario.

Art. 32. DE LOS MATERIALES Y APARATOS Y SU PROCEDENCIA.

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el contrato, que estén perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen y sean, a lo preceptuado en los Pliegos de Condiciones y a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

Art. 33 EMPLEO DE LOS MATERIALES Y APARATOS.

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos, sin que antes sean examinados y aceptados por la Dirección Facultativa en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista las muestras y modelos necesarios previamente contraseñados, para efectuar con ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicados, serán a cargo del Contratista.

Art. 34. MATERIALES NO UTILIZABLES.

El Contratista, a su costa, transportará y colocará agrupándolos ordenadamente y en el sitio de la obra en el que por no causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigentes en la Obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene la Dirección Facultativa, pero acordando previamente con el Contratista su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

Art. 35. MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS.

Cuando los materiales y aparatos no fuesen de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas.

La Dirección Facultativa podrá, si las circunstancias o el estado de la obra lo aconsejan, permitir el empleo de aquellos materiales defectuosos que mejor lo parezcan o aceptar o imponer el empleo de otros de superior calidad a la indicada en los Pliegos. Si no le fuese posible al Contratista suministrarlos de la requerida en ellos, descontándose en el primer caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado y no teniendo derecho el Contratista a indemnización alguna en el segundo. No obstante lo anteriormente expuesto, cuando la orden sea notarialmente injusta a juicio del Contratista, éste podrá recurrir ante la Propiedad, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo "Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa" precedente.

Art. 36. DE LOS MEDIOS AUXILIARES.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista: los andamios, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesitasen, no cabiendo, por tanto, al propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares. Todos éstos, quedarán a beneficio del Contratista, sin que éste pueda fundar reclamación alguna de la insuficiencia de

dichos medios, cuando éstos estén detallados en el Presupuesto y consignados por partida, alzado o incluidos en los precios de las unidades de obra.

Art. 37. SERVICIOS.

La propiedad suministrará los servicios necesarios a pie de obra, tales como agua, electricidad, corriendo éstos a cargo de ella.

2.1.4. De la recepción de las obras.

Art. 38. RECEPCIONES PROVISIONALES.

Para proceder a la recepción provisional de las obras, será necesaria la asistencia del propietario o de su representación autorizada (que puede recaer en la Dirección Facultativa), de la Dirección Facultativa de la Obra y del Contratista o su representante, debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía señalado en la obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que la Dirección Facultativa debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de fianza, a no ser que el propietario acceda a conceder un nuevo e improrrogable plazo.

Art. 39. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE.

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones parciales y la definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si las instalaciones fueran utilizadas antes de la recepción definitiva, la vigilancia,

limpieza y reparaciones acusadas por el uso correrán a cargo del Propietario, siendo las reparaciones por vicio de obra o por defectos en las instalaciones, a cargo del Contratista.

En caso de duda, será juez inapelable la Dirección Facultativa, sin que contra su resolución quepa ulterior recurso.

Art. 40. PLAZO DE GARANTÍA.

El plazo de garantía será un año contando desde la fecha en que la recepción provisional se verifique, quedando durante dicho plazo la conservación de las obras y arreglo de desperfectos (ya provengan del asiento de las obras, ya de la mala construcción de aquéllas), a cargo del Contratista.

Art. 41. RECEPCIÓN DEFINITIVA.

Finalizado el plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades señaladas en los artículos precedentes para la provisional; si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación, se darán por recibidas definitivamente y quedará el Contratista relevado de toda responsabilidad legal que le pudiera alcanzar derivada de la posible existencia de vicios ocultos.

En caso contrario, se procederá de idéntica forma que la preceptuada para la recepción provisional, sin que el Contratista tenga derecho a percepción de cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, y siendo obligación suya hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la obra haya sido recibida definitivamente.

2.2. Condiciones generales de índole económica.

2.2.1. Base fundamental.

Art. 1. BASE FUNDAMENTAL.

Todas las unidades de obra se medirán y abonarán por su volumen, superficie, longitud y peso. Si el Contratista construye mayor volumen del que corresponde en los dibujos que figuran en los planos o en sus reformas autorizadas, no se abonará este exceso, pero si este resultara perjudicial, a juicio de la Dirección Técnica, se verá obligado a demolerlo de forma gratuita y a rehacerlo con las dimensiones debidas.

Serán de cuenta del Contratista las obras auxiliares que para la realización de los trabajos sean necesarios o que la Dirección de Obra estime imprescindibles, y no tendrá derecho a retribución especial, considerándose incluidos estos gastos en los precios de la obra.

Serán también de cuenta del Contratista los útiles y herramientas necesarios para la ejecución de las obras, y los medios auxiliares reunirán las condiciones de seguridad indispensables para el personal, siendo el Contratista directamente el responsable de los accidentes o desperfectos que se pudiera ocasionar.

Las mejoras de obra que voluntariamente efectúe el Contratista en atención a una calidad superior a la exigida en el Proyecto, o cualquier modificación que el mismo introdujera sin la conformidad de la Dirección de Obra por escrito, no serán abonadas. En ningún caso el Contratista tendrá derecho a reclamación por motivos de insuficiencia de precio o falta de explicación.

2.2.2. Fianzas.

Art. 2. CONSTITUCIÓN DE LA FIANZA.

Se establecen descuentos del cinco por ciento (5%) efectuados sobre el importe de cada certificación abonada al Contratista. El total de las retenciones constituirán la fianza, salvo en el caso en que la obra se adjudique por subasta, para cuyo caso la fianza se establecerá según Pliego General, Condiciones Generales de Índice Económica.

Si lo estipulado en este Art. estuviese recogido en contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata, éste prevalecerá frente a lo expuesto.

Art. 3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, la Dirección Técnica, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por Administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

Art. 4. DE SU DEVOLUCIÓN EN GENERAL.

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de ocho 8 días, una vez firmada el Acta de la Recepción Definitiva de la Obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de certificación del Alcalde del Distrito Municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra aquél por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de jornales o materiales, ni por indemnizaciones

derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

Art. 5. DE SU DEVOLUCIÓN EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES.

Si el propietario creyera conveniente hacer recepciones parciales, no por ello tendrá derecho el Contratista a que se devuelva la parte proporcional de la fianza, cuya cuantía total quedará sujeta a las condiciones preceptuadas en el artículo 3 precedente.

2.2.3. Precios.

Art. 6. PRECIOS UNITARIOS.

El Contratista presentará precios unitarios de todas las partidas que figuran en el estado de mediciones que se le entregará.

Los precios unitarios que compongan el Presupuesto oferta, tienen valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pudieran sobrevenir.

Art. 7. ALCANCE DE LOS PRECIOS UNITARIOS.

El Presupuesto se entiende comprensivo de la totalidad de la obra, instalaciones o suministro y llevará implícito el importe de los trabajos auxiliares, el de la imposición fiscal derivada del contrato y de la actividad del Contratista en su ejecución, el de las cargas laborales de todo orden, todos los cuales no son objeto de partida específica. Quedarán incluidos en la oferta de la Contrata todos aquellos trabajos y materiales que aún no estén descritos en el presente Pliego de Condiciones, y sean necesarios para la total terminación de la obra.

Art. 8. PRECIOS CONTRADICTORIOS.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales o mano de obra de trabajos que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista o su representante autorizado a estos efectos. El Contratista los presentará descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y la aprobación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

De los precios así acordados se levantarán actas, que firmarán por triplicado la Dirección Facultativa, el presidente de la Junta Rectora y el Contratista o los

representantes autorizados de estos últimos, designados a dicho fin.

Art. 9. PRECIOS NO SEÑALADOS.

La fijación de precios deberá hacerse antes de que se ajuste la obra a que haya de aplicarse pero, si por cualquier circunstancia, en el momento de hacer las mediciones no estuviese aún determinado el precio de la obra ejecutada, el contratista viene obligado a aceptar el que señale la Dirección Facultativa.

Cuando a consecuencia de rescisión y otra causa fuere preciso valorar obras incompletas cuyo precio no coincida con ninguno de los que se consignent en el cuadro de precios, la Dirección Facultativa será la encargada de descomponer el trabajo hecho y compondrá el precio, sin reclamación por parte del Contratista.

Art. 10. REVISIÓN DE PRECIOS.

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello que en principio no se deben admitir la revisión de los precios contratados. No obstante, y dadas las variabilidades continuas de los precios, de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que son características de determinadas épocas anormales, se admite durante ellas la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en armonía con las oscilaciones de los precios en el mercado. Se entiende, de todas formas, que se admitirá solamente aquellas variaciones de precios y jornales que hayan sido oficialmente autorizados. Por ello, y en los casos de revisión en alza, el contratista puede solicitarla del propietario, notificándolo por escrito, en cuanto se produzca cualquier alteración de precios que repercuta aumentando los contratos.

Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervengan el elemento cuyo precio en el mercado y por causa justificada, ya ha subido, especificándose y

acordándose también previamente la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta, y cuando así proceda, al acopio de materiales en la Obra, en el caso de que estuviesen abonados total o parcialmente por el propietario. Si el Propietario o la Dirección Facultativa en su representación, no estuviesen conformes con los nuevos precios de materiales, transportes, etc., que el Contratista desea recibir como normales en el mercado, aquél tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlas, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores de los pedidos por el Contratista, en cuyo caso, como es lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc., adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando el Propietario o la Dirección Facultativa en su representación, solicitase al Contratista la revisión de precios por haber bajado los de los jornales, materiales, transportes, etc. se convendrá entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la Obra, en equidad con la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados. Cuando entre los documentos aprobados por ambas partes figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

Art. 11. FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O APLICAR LOS PRECIOS.

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 de Condiciones Generales.

2.2.4. Valoración y abono de los trabajos.

Art. 12. FORMA DE ABONO DE LAS OBRAS.

La forma de pago será la que se acuerda en el documento privado que firmen la Propiedad y el Contratista.

Art. 13. ABONO DE UNIDADES DE OBRAS EJECUTADAS.

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la Contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue la Dirección Facultativa, siempre dentro de las cifras a que ascienden los Presupuestos aprobados.

Art. 14. RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES.

En cada una de las épocas o fechas que estipule el documento privado o Contrato entre Propiedad y Contratista, este último presentará a la Dirección Facultativa una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos. Dicha valoración y medición se realizará a origen en todos los casos y teniendo presente lo establecido en el presente Pliego.

Para la realización de las mediciones, el Contratista avisará, con un tiempo suficiente y en las fechas previamente establecidas a la Dirección Técnica, por sí éste o su representante quieran presenciarlas.

Una vez elaborada la medición y valoración, el Contratista la remitirá a la Dirección Facultativa para que ésta dé su conformidad o, en el caso contrario, hacer las observaciones que crea oportunas en función de las mediciones y datos que previamente ha ido recogiendo en las sucesivas visitas a Obra.

Efectuadas por la Dirección Facultativa las correcciones necesarias, si las hubiese, emitirá su certificación firmada al Contratista y Propietario.

El Contratista podrá acudir contra la resolución de la Dirección Facultativa ante la Propiedad en la forma prevenida en los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales". Este paso lo comunicará a la Dirección Facultativa, justificando por escrito los motivos.

Si transcurridos diez días desde su envío (en el caso de que se haya pactado otro plazo) la Dirección Técnica no recibe notificación alguna, se considerará que el Contratista está conforme con los referidos datos y la certificación será inapelable.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa del Propietario podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

La Dirección Facultativa no aceptará como certificable ninguna partida de obra que se encuentre, sin acabar o rematar totalmente. Tampoco aceptará la inclusión, en la certificación, de unidades de obra que se ejecuten fuera del orden lógico de la obra o de manera que, al seguir ésta, puedan sufrir deterioro.

Las certificaciones tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Si existiese contradicción entre lo recogido en este Artículo y lo firmado en contrato entre la Propiedad y la Contrata, prevalecerá lo expuesto en la cláusula del contrato en todo momento.

Art. 15. MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS.

Cuando el Contratista, incluso con autorización de la Dirección Facultativa, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general, introdujese en ésta, y sin pedírsela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Técnica, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

Art. 16. ABONOS POR PARTIDAS ENTERAS.

No admitiéndole la índole especial de algunas obras su abono por sucesivas mediciones parciales, la Dirección Facultativa queda facultada para incluir estas partidas completas cuando lo estime justo, en las periódicas certificaciones parciales.

Art. 17. ABONOS POR PARTIDAS ALZADAS.

Caso, de que por no existir en el Presupuesto precios unitarios que puedan emplearse por asimilación con las obras ejecutadas por partidas alzadas, éstas se abonarán previa presentación de los justificantes de su costo (adquisición de materiales y lista de jornales debidamente controladas por la Dirección Facultativa).

Art. 18. ABONO DE AGOTAMIENTOS Y OTROS TRABAJOS ESPECIALES NO CONTRATADOS.

Cuando fuese preciso efectuar trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del Contratista, y si la Dirección Facultativa no los contratase con tercera persona, tendrá aquél la

obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales serán abonados por el Propietario por separado de la Contrata. A este efecto, la Dirección Facultativa designará la persona que deberá comprobar las listas de jornales, vales de materiales y medios auxiliares, que, unidas a los recibos de su abono, servirán de documentos justificativos de las cuentas, en los cuales firmará el visto bueno la Dirección Facultativa.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el diez por ciento (10%) de su importe total, como interés del dinero adelantado y remuneración del trabajo y diligencia que ha tenido que prestar.

Si lo estipulado en este Art. estuviese recogido en contrato, firmado, entre la Propiedad y la Contrata, éste prevalecerá frente a lo expuesto.

Art. 19. LIQUIDACIONES PARCIALES.

Periódicamente el Contratista tendrá derecho a percibir una cantidad proporcional a la obra ejecutada en aquel período. A la vista del calendario de obra, se fijará el alcance de cada uno de los períodos y las cantidades a percibir al final de ellos.

Estas cantidades tendrán el carácter de entrega a buena cuenta y el Contratista no podrá percibirlas hasta que no haya dado su conformidad la Dirección Facultativa.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso, suspender los trabajos ni llevarlos con menos incremento del necesario para la terminación de las obras en

el plazo establecido.

Art. 20. LIQUIDACIÓN GENERAL.

Terminadas las obras se procederá a hacer la liquidación general, que constará de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyan la obra.

Art. 21. PAGOS.

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra expedidas por la Dirección Facultativa, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

El importe de estos pagos se entregará precisamente al Contratista en cuyo favor se hayan rematado las obras, o a persona legalmente autorizada por el mismo, nunca a ningún otro, aunque se libren despachos o exhortos por cualquier Tribunal o Autoridad para su retención, pues se trata de fondos destinados al pago de operarios y no de intereses particulares del Contratista. Únicamente el saldo que la liquidación arroje a favor de éste y de la fianza, si no hubiese sido necesario retenerla para el cumplimiento de la contrata, podrá verificarse el embargo dispuesto por las referidas Autoridades o Tribunales.

Art. 22. SUSPENSIÓN O RETRASO EN EL RITMO DE LOS TRABAJOS.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo al plazo en que deban terminarse.

Cuando el Contratista proceda de dicha forma, podrá el Propietario rescindir la contrata.

Art. 23. ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA.

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1. Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto, abonados de acuerdo con lo establecido en los Pliegos Particulares o en su defecto en los Generales en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización, en caso contrario, se aplicarán estos últimos.

2. Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso de las instalaciones, por haber sido éstas utilizadas durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios previamente acordados en su día.

3. Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de las obras o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

Art. 24. VALORACIÓN EN EL CASO DE RESCISIÓN.

Siempre que se rescinda la Contrata por causas que no sean de la responsabilidad del Contratista, las herramientas y demás útiles que como medios auxiliares de la construcción se hayan estado empleando en las obras con autorización de la Dirección Facultativa y la Contrata, y de no mediar acuerdo, se atenderá a:

1. A los precios de tasación sin aumento alguno, recibirá el propietario aquellos de dichos medios auxiliares que señalan en las condiciones de la contrata, o en su defecto, los que considere necesarios para terminar las obras y no quiera reservar para sí el Contratista, entendiéndose que sólo tendrá lugar el abono por este concepto cuando el importe de los trabajos realizados hasta la rescisión no llegue a los dos tercios de las obras contratadas.

2. Los medios auxiliares quedarán de propiedad de la obra si así lo dispone la Dirección Facultativa, siéndole de abono al Contratista la parte correspondiente, en proporción a la cantidad de obras que falte por ejecutar según los cuadros de precios. Si la Dirección Facultativa resuelve no conservarlos, serán retirados por el Contratista. Se abonarán las obras ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, también los materiales acopiados al pie de la obra, si son de recibo y de aplicación para terminar ésta y en calidad proporcionada a la obra pendiente de ejecución, siempre que no estorben ni dificulten la buena marcha de los trabajos, aplicándose a estos materiales los precios que figuren en el cuadro de precios descompuestos, o cuando no están comprendidos en él, se fijarán contradictoriamente. También se abonarán al Contratista los materiales que, reuniendo las mismas circunstancias, se hallen acopiados fuera de la obra, siempre que los transportes al pie de ella, en el término que al efecto se le fije por la Dirección Facultativa.

En los casos en que la rescisión obedezca a falta de pago o retraso en el abono, o a suspensión por plazo superior a un año imputable al propietario, se concederá al Contratista, además de las cantidades anteriormente expuestas, una indemnización que fijará la Dirección Facultativa en justicia y según su leal saber y entender, al objeto de atender todos los gastos justificados que por cualquier motivo relacionado con las obras tuviera que hacer al Contratista, tales como derechos de contratos, custodia de fianza, anuncios, etc.

En los casos en que la rescisión sea producida por falta de cumplimiento de las medidas de seguridad necesarias, tal y como se recoge en el Pliego de Condiciones Generales de índole Legal, serán abonados los trabajos realizados hasta la fecha, descontándose las sanciones previstas por este concepto en el contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata.

En los casos en que la rescisión sea producida por alteración del Presupuesto o por cualquiera de las causas reseñadas en las Condiciones Legales, no procederá más que el reintegro al Contratista de los gastos por custodia de fianza, y formalización del contrato, sin que pueda reclamar el abono de los útiles y herramientas destinados a las obras, ni otra indemnización alguna.

Cuando la rescisión se deba a falta de cumplimiento en los plazos de obra, no tendrá tampoco derecho el Contratista a reclamar ninguna indemnización ni a que se adquiera por el propietario los útiles y herramientas destinados a las obras, pero sí a que se abonen las ejecutadas con arreglo a condiciones y los materiales acopiados a pie de obra que sean de recibo y sean necesarios por la misma, sin acusar entorpecimiento a la buena marcha de los trabajos.

Cuando fuese preciso valorar obras incompletas, si el incompleto de su terminación se refiere al conjunto, pero las unidades de obras lo está en sí, entonces se medirán las unidades ejecutadas y se valorarán a los precios correspondientes del Presupuesto. Si lo incompleto es la unidad de obra y la parte ejecutada de ella

fuera de recibo, entonces se abonará esta parte con arreglo a lo que le corresponda según la descomposición del precio que figura en el cuadro de proyecto, sin que pueda pretender el Contratista que, por ningún motivo, se efectúe la descomposición en otra forma que la que en dicho cuadro figura.

Toda unidad compuesta o mixta no especificada en el cuadro de precios, se valorará haciendo la descomposición de la misma y aplicando los precios unitarios de dicho cuadro a cada una de las partes que la integran, quedando en esta suma así obtenida, comprendidos todos los medios auxiliares, etc.

A la valoración de las obras y de las unidades de obra incompletas es aplicable también el tanto por ciento de bonificación acordado sobre el precio de ejecución material, así como la baja que se hubiera obtenido en la adjudicación.

Art. 25. ACOPIO DE MATERIALES.

Bien sea el inicio de las obras o después, en cualquier momento durante el transcurso de las mismas, la entidad propietaria, cuando lo crea oportuno, podrá exigir al Contratista que previo pago de los mismos por la Propiedad, acopie parte o la totalidad de los materiales necesarios para la ejecución de las obras.

Por dichos materiales se abonará el precio que figure en los documentos del contrario.

2.2.5. Indemnización.

Art. 26. IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO.

El Contratista por causa de retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras, abonará a la Propiedad la cantidad de tres mil pesetas durante los días de retraso que no sobrepasen los dos meses siguientes al plazo de terminación. A partir de estos dos meses, la cantidad a abonar por el Contratista en concepto de indemnización se duplicará.

Lo recogido en Contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata prevalecerá frente a lo establecido en este artículo, si se recoge este aspecto.

Art. 27. DEMORA DE LOS PAGOS.

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas dentro del mes siguiente al que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá derecho además a percibir el abono de un cuatro y medio por ciento anual, en concepto de interés de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Lo recogido en Contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata prevalecerá frente a lo establecido en este Art., si se recoge este aspecto.

Art. 28. INDEMNIZACIÓN DE DAÑOS CAUSADOS POR FUERZA MAYOR.

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causa de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en las obras, si no en los casos de fuerza mayor. A los efectos de este artículo, se consideran como tales casos únicamente los que siguen:

1. Los incendios causados por electricidad atmosférica.
2. Los daños causados por terremotos o maremotos.
3. Los producidos por vientos huracanados e inundaciones, superiores a los que sean de prever en el país y siempre que exista constancia inequívoca de que, por el Contratista, se tomarán las medidas posibles dentro de sus medios para evitar o atenuar los daños.
4. Los que provengan de movimientos del terreno en que están construidas las obras.
5. Los destrozos ocasionados violentamente a mano armada en tiempo de guerra, movimientos sediciosos, populares o robos tumultuosos.

La indemnización se referirá exclusivamente al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra, en ningún caso comprenderá medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc., o propiedad de la Contrata.

2.2.6. Otros pagos a cuenta del contratista.

Art. 29. ARBITRIOS.

El pago de arbitrios e impuestos sobre vallas, alumbrados, etc. y por preceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista. No obstante, deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que no hayan sido previstos en el momento de la oferta, a juicio de la Dirección Facultativa.

Art. 30. COPIA DE DOCUMENTOS.

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costo de los planos, Pliegos de Condiciones y demás documentos de la contrata. Igualmente, serán de su cuenta los gastos de copias de toda clase de documentos que el Contratista precisa para redactar proposiciones de presupuestos.

Art. 31. VIGILANTE DE OBRAS.

Será también por cuenta del Contratista el abono de jornales del vigilante de obras, en el caso de que el Ingeniero estime necesario su nombramiento, siendo nombrado directamente por la Dirección Técnica.

Art. 32. SEGURO DE OBRAS.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva.

La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la Sociedad Aseguradora en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario para que, con cargo a ella, se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción, y a medida que ésta se vaya realizando. En ningún caso, salvo conformidad expresa de Contratista, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos de la construcción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto, será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc. y una indemnización equivalente al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijará previamente la proporción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía y, si nada se previene, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio que afecta la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguro los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimientos del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Art. 33. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

El contratista está obligado a imponer todas aquellas medidas de seguridad necesaria para el buen desarrollo de la obra, corriendo por su cuenta los gastos originados por este concepto.

2.3. Condiciones generales de índole legal.

2.3.1. Disposiciones legales

Se disponen de las siguientes:

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Plan Nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo (O.M. 9-III.71).
- Comité de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71 11- III-71).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industrias de la Construcción (O.M. 20-V-52).
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21-IX- 59).
- Ordenanza de Trabajo de Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-VIII-70).
- Reglamento Electrotécnico de Líneas Baja Tensión (O.M. 20-IX- 73).
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-XI-68).
- Convenio Colectivo Provincial del Sector de la Construcción y Estatuto de los Trabajadores.
- Obligatoriedad de la Inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Proyectos de Edificación (R.D. 555/1986, 21-II-86).
- Las normas que estén en vigor en el momento.

También es de cumplimiento obligado cuanto la Dirección de Obra dicte encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y de la obra en general.

Art. 1. CONTRATISTAS.

Los requisitos que deberán cumplir los Contratistas serán impuestos por la Propiedad y consensuados con la Dirección Facultativa de la obra.

Art. 2. EL CONTRATO Y SU ADJUDICACIÓN.

La ejecución de las obras se contratará por unidades de obra, ejecutadas con arreglo a los documentos del Proyecto, admitiéndose subcontratas con firmas especializadas, siempre que estén dentro de los precios que fije el Presupuesto del Proyecto.

La adjudicación de las obras podrán efectuarse por cualquiera de los procedimientos siguientes:

- Subasta pública o privada.
- Concurso público o privado.
- Adjudicación directa.

Art. 3. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO.

Los contratos se formalizarán mediante documento privado en general, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. El cuerpo de estos documentos, si la adjudicación se hace por subasta, contendrán un tanto del acta de subasta que haga

referencia exclusivamente a la proposición del rematante, o sea la declarada más ventajosa: la comunicación de adjudicación, copia del recibo de depósito de fianza, en el caso de que se haya exigido, y una cláusula en la que se exprese terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del contrato, conforme a lo previsto en el P.G.C., en los particulares del proyecto y de la contrata, en los planos y en el presupuesto, es decir, en todos los documentos del Proyecto.

Si la adjudicación se hace por concurso, la escritura contendrá los mismos documentos, sustituyendo al acta de la subasta la del concurso.

Art. 4. ARBITRAJE OBLIGATORIO.

Ambas partes se comprometen a someterse al arbitraje de amigables componedores, designados uno de ellos por el Propietario, otro por la Contrata y tres Ingenieros del Colegio Oficial correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el Director de Obra.

Art. 5. JURISDICCIÓN COMPETENTE.

En caso de no haberse llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones que puedan surgir como derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales administrativos, con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese enclavada la obra.

Art. 6. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto (la Memoria tendrá consideración de documento del proyecto).

Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Técnica haya examinado y reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

Art. 7. RECONOCIMIENTOS DE OBRAS CON VICIOS OCULTOS.

Si la Dirección Facultativa tiene fundadas razones para sospechar la existencia de vicios ocultos en las obras ejecutadas, ordenará en cualquier tiempo, antes de la recepción definitiva, la demolición de las que sean necesarias para reconocer las que suponga defectuosas.

Los gastos de demolición y reconstrucción que ocasionen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y en caso contrario, correrán a cargo del Propietario.

Art. 8. VIGILANCIA DE OBRA.

Serán de cargo y cuenta del Contratista LA VIGILANCIA DE LAS INSTALACIONES y aquellas otras medidas que se consideren oportunas para preservar la seguridad en la zona afectada por las obras.

Toda observación referente a este punto, será puesta inmediatamente en conocimiento de la Dirección Facultativa.

El Contratista es responsable de toda falta relativa a la policía urbana y a las Ordenanzas Municipales vigentes en la localidad en que la edificación esté emplazada.

Art. 9. ACCIDENTES DE TRABAJO.

En casos de accidentes ocurridos a los operarios con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar posibles accidentes.

De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales. Será preceptivo que en el "Tablón de anuncios" de la obra y durante todo el transcurso de ella figure el presente artículo "Pliego de Condiciones Generales de índole legal", sometiéndolo previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

Art. 10. DAÑOS A TERCEROS.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran en las obras. Será, por tanto, de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

Art. 11. PAGO DE ARBITRIOS.

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, enganches y acometidas provisionales de obra, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista.

Se exceptúan los pagos de Licencia Municipal y los enganches definitivos de suministro y evacuación, salvo que se pacte de otro modo en el contrato.

Art. 12. OBLIGACIONES LABORALES.

El Contratista es el único responsable del fiel cumplimiento de la vigente legislación laboral. Por tanto, todo el personal que intervenga en la obra estará dado de alta, con su cualificación correspondiente, en los Organismos Oficiales que sean indicados.

Art. 13. ANUNCIOS Y CARTELES.

Sin previa autorización de la Propiedad, estará prohibido poner más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos.

Art. 14. COPIAS DE DOCUMENTOS.

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los planos, Presupuestos y pliego de condiciones, y demás documentos del Proyecto.

La Dirección Facultativa, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma una vez confrontadas.

Art. 15. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.

Se consideran causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1. La muerte o incapacitación del Contratista.
2. La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquéllos derecho a indemnización alguna.

3. Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

- a) La modificación del Proyecto en forma tal que representen alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa, y en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente en más o en menos el 25% como mínimo, del importe de aquél.

- b) La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones, en más o en menos, del 40 % como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las mediciones del proyecto, o más de un 50 % de unidades del proyecto modificadas.

4. La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso, la devolución de fianza será automática.

5. La suspensión de obra comenzada en el plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.

6. No dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.

7. El incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.

8. La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haber llegado a ésta.

9. El abandono de la obra sin causa justificada.

10. La mala fe en la ejecución de los trabajos.

2.4. Condiciones generales de índole técnica.

Art. 1. FORMA GENERAL DE EJECUTAR LOS TRABAJOS.

Las obras se ajustarán a los planos y a esta Memoria-Pliego de Condiciones, resolviéndose cualquier discrepancia que pudiera existir por Ingenieros Directores de la Obra. Si por cualquier circunstancia fuese preciso efectuar alguna variación en las obras a realizar, se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de su fecha, se considerará parte integrante del proyecto primitivo y, por tanto, sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de éste en cuanto no se le opongán explícitamente.

Si el proyecto reformado implicase variación en el Presupuesto total de las obras, se procederá con arreglo a lo que se prevé en el artículo que trata del tipo económico de contrata.

Art. 2. REPLANTEO.

Una vez adjudicada la obra, se procederá al replanteo general, marcando las alineaciones y rasantes de los puntos que deberán quedar perfectamente determinados por puntos invariables durante la marcha de la obra.

Del resultado del replanteo se levantarán actas, que firmarán ambas partes, debiendo hacer constar en ellas si se puede proceder a la ejecución de la obra y todas las circunstancias en que se encontraba las instalaciones en ese momento.

Art. 3. INTERPRETACIÓN DEL PLIEGO.

Para resolver cualquier duda que pueda plantearse en cuanto a la interpretación de un artículo de este Pliego, o de algún aspecto del mismo que no quedara suficientemente claro, deberá recurrirse a los Pliegos de Condiciones

aprobados y a las Normas, Reglamentos y Ordenanzas Oficiales actualmente en vigor.

Art. 4. CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS MATERIALES.

Todos los materiales que hayan de emplearse en estas obras habrán de reunir con todo rigor las condiciones mecánicas, físicas y químicas requeridas para cada uno, reservándose la Dirección Técnica de la obra el derecho de ordenar sean retirados, demolidos o reemplazados, dentro de cualquiera de las épocas de la obra o de sus plazos de garantía aquéllas que, a su parecer, perjudicasen en cualquier medida el aspecto, la seguridad o la bondad de la obra.

Art. 5. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

El conjunto de los diversos trabajos que deben realizarse para ultimar en las condiciones requeridas el conjunto proyectado, así como los materiales y aparatos que se deben emplear relacionados y especificados en los títulos anteriores y posteriores y los restantes que aunque no figuren sean indispensables para la ejecución de las obras, de acuerdo y en armonía con los documentos del proyecto redactado, cumplirán las condiciones establecidas para cada uno de dichos materiales por parte de la Dirección Facultativa, cuyo criterio será totalmente inapelable.

Art. 6. MATERIALES NO CONSIGNADOS EN LOS PLIEGOS.

Cualquier material que no fuera consignado ni descrito en los Pliegos, Ordenes o Normas antes mencionados y fuese necesario utilizar, reunirá las condiciones que se requieran para su función a juicio de la Dirección Técnica de la Obra, y en este sentido el criterio de la Dirección Facultativa será totalmente inapelable.

Art. 7. RESPONSABILIDADES.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva de las obras ejecutadas, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que se han contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir, bien sea mala ejecución o deficiente calidad de los materiales empleados, sin que le otorgue derecho alguno la circunstancia de que el Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención, ni tampoco el hecho de haber sido valoradas en las certificaciones parciales de obra.

Art. 8. PROCEDENCIA DE MATERIALES Y APARATOS.

El Contratista podrá proveerse de materiales y aparatos a utilizar en las obras objeto de este Pliego en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las especificaciones técnicas exigidas por el Proyecto.

Art. 9. CONTROL.

Antes de proceder al empleo de los materiales, serán examinados y aceptados por el Director, quién podrá disponer si así lo considera, de todas las pruebas, análisis, ensayos, etc., hasta su definitiva aprobación. Los gastos que dichos ensayos ocasionen, serán exclusivo cargo del Contratista.

Art. 10. MATERIALES NO UTILIZABLES.

Los materiales que no sean utilizables en la obra, se retirarán cuando así lo ordene el Director, acordando previamente con el Contratista su justa tasación.

Art. 11. MEDIOS AUXILIARES.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamios, máquinas y demás

medios auxiliares que para la ejecución de la obra se necesiten, no contrayendo el Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería que pueda ocurrir por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Art. 12. MEDIOS DE SEGURIDAD.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista aquellas medidas de seguridad que para la ejecución de la obra se necesiten, no contrayendo el Propietario responsabilidad alguna debida a accidentes laborales que puedan ocurrir por insuficiencia de dichas medidas.

Art. 13. SERVICIOS.

Será responsabilidad de la Propiedad suministrar a pie de obra aquellos servicios necesarios para la realización de éstos, tales como agua, electricidad, etc.

Art. 14. MUESTRAS DE MATERIALES.

De cada clase de material presentará el Contratista, oportunamente, muestras a la Dirección Facultativa para su aprobación, las cuales se conservarán para comprobar en su día los materiales que se ha empleado.

Art. 15. MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.

Las máquinas y demás útiles que sean necesarios emplear para la ejecución de las obras reunirán las mejores condiciones para su funcionamiento. La Dirección Facultativa puede ordenar la retirada de las obras de aquellos elementos que no ofrezcan completa confianza.

Art. 16. MANO DE OBRA.

Todo el personal especialista que se emplee en estas obras, tendrá perfecto conocimiento de su oficio, con arreglo a su categoría. El Contratista tiene obligación de separar de la obra aquel personal, que a su juicio o el de la Dirección no cumpla con sus obligaciones en la forma debida.

3. CONDICIONES PARTICULARES.

Las condiciones particulares o prescripciones técnicas particulares son aquellas en las que se hace una descripción de los materiales, equipos y obras que van a realizarse en el proyecto, así como la forma de ejecución de las mismas.

También se indicarán en ellas, las obligaciones de orden técnico que correspondan al Contratista y al Director Técnico o Ingeniero.

Así, según lo expuesto en el párrafo anterior, el objeto de estudio de las condiciones particulares será las condiciones de materiales, equipos y maquinaria y por otra parte las condiciones de ejecución de obras.

3.1. Disposiciones de Carácter Particular.

Las disposiciones de carácter particular y de ámbito técnico son:

- Normativa de la Asociación Española de Normalización (AENOR).
- Normas Tecnológicas de Edificación:
- Instalaciones de fontanería. Abastecimiento (IFA).
- Instalaciones de salubridad. Alcantarillado (ISA).
- Instalaciones eléctricas. Puesta a tierra (JET).

3.2. Condiciones de Materiales, Equipos y Maquinaria.

3.2.1. Materiales de Construcción.

Todos los materiales que se empleen en la construcción, han de cumplir las normas que se encuentran en el catálogo de normas UNE de 1992. Para aquellos materiales en los que no haya nada especificado, se seguirán las instrucciones de la Dirección Técnica, y en cualquier caso serán de la mejor calidad entre los de su clase.

Además estos materiales podrán ser sometidos a pruebas o análisis por cuenta de la contrata que se crean necesarios para acreditar su calidad; aquel material que a juicio de la Dirección Técnica no reúna las condiciones exigidas será rechazado (**Tabla I**).

Tabla I:

Normas a verificar por los materiales de construcción.
Normas UNE 1.992

MATERIALES	Nº	PÁGINA
Cemento	43	383-384
Hormigón	100	389-392
Producto cerámico para la construcción	23	370-371
Producto de cemento reforzado con fibras	19	398
Prefabricados de cemento y caucho	21	416-417
Pinturas y barnices	166	293-298
Materiales cerámicos de arcilla cocida para la construcción	30	419-420
Materiales impermeabilizantes para la construcción	130	402-408
Materiales refractarios	40	365-366
Ensayos de materiales	255	113-121

3.2.2. Materiales para la fabricación de equipos.

A continuación se describen las prescripciones técnicas particulares de los equipos e instalaciones del sistema de biofiltración, esto es, tuberías, válvulas, recipientes de almacenamiento, bombas, etc.

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, serán adecuados a la velocidad de fluido, 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.

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.

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.

RECIPIENTES: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

Se consideran recipientes de almacenamiento del proyecto, los depósitos auxiliares primario y secundario, así como el biofiltro y la torre de humidificación, 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·cm⁻²). Son tanques atmosféricos en el presente Proyecto, la torre de humidificación así como el biofiltro, que está libre a la atmósfera.

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, 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 debajo 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.

REDES DE DRENAJE.

Las redes de drenaje se diseñarán para proporcionar una adecuada evacuación de los fluidos residuales, agua de lluvia, de proceso, de servicios contra incendios y otros similares. Los materiales de las conducciones y accesorios serán adecuados para resistir el posible ataque químico de los productos que deban transportar.

CIMENTACIONES.

El material utilizado en una fundación típica para sustituir los materiales blandos inadecuados debe ser homogéneo, preferiblemente granular y estable exento de materias orgánicas o perjudiciales.

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.

3.3. Condiciones de Ejecución.

Las condiciones de ejecución, condiciones funcionales de los materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento serán establecidos en las normas NBE (Normas Básicas de la Edificación) y NTE (Normas Tecnológicas de la Edificación), así como las correspondientes si procede a equipos, materiales o maquinaria. Se considerarán:

3.3.1. Movimientos de Tierra.

Aquí se incluyen los terraplenes para dar al terreno la rasante de explanación y excavaciones de zanjas y pozos.

La excavación se ajustará a las dimensiones que figuren en los planos o a lo que indique el ingeniero.

3.3.2. Obras de Saneamiento.

Se incluyen los sistemas de captación y conducción de aguas del subsuelo para protección de la obra contra la humedad y las redes de evacuación de aguas pluviales y residuos, desde los puntos donde se cogen hasta la red de alcantarillados, pozos de filtración o equipos de depuración.

3.3.3. Cimentaciones.

Se incluyen las operaciones de eliminación de troncos, raíces de árboles y otros obstáculos que se encuentren en dicha zona, según normas NBE y NTE. Las zanjas de cimentación se excavarán hasta una profundidad especificada en los planos; en cualquier caso debe estar aprobada por el Ingeniero antes de colocar el hormigón o ladrillo.

3.3.4. Estructuras metálicas.

Se incluyen las operaciones relacionadas con el diseño, fabricación y montaje de acero para estructuras, según normas NBE, NTE y las especificadas para materiales.

3.3.5. Albañilería.

Se incluyen aquí las instalaciones en los puntos señalados por los planos, de los bloques de hormigón, ladrillo, piedra y revestimientos de suelos, escaleras y techos.

3.3.6. Cerrajería y Carpintería.

Se incluyen todos los trabajos relacionados con la instalación de puertas, ventanas y demás elementos de carpintería general y de taller de construcción de edificios. En la cerrajería, se incluyen las operaciones relacionadas con ajustes para obtener un acabado perfecto.

3.3.7. Cubierta de edificios.

Se incluye todo lo relacionado con la impermeabilización y el aislamiento de cubiertas de edificios. Debido a posibles inclinaciones, los aislamientos serán grapados, para evitar deslizamiento o movimientos inesperados.

3.3.8. Fontanería.

Se indican las operaciones de abastecimiento y distribución de agua.

3.3.9. Instalaciones eléctricas.

Se incluyen las operaciones relacionadas con la distribución del alumbrado.

3.3.10. Calefacción y Ventilación.

Incluyen las instalaciones de ventilación, calefacción y refrigeración.

3.3.11. Instalaciones de Protección contra Incendios.

Se indican las instalaciones de protección contra fuegos y pararrayos.

3.3.12.- Pinturas y vidrieras.

Se indican las operaciones de acabado de pinturas y de las superficies exteriores del edificio, incluyendo la pintura protectora de las superficies metálicas.

En las vidrieras se incluyen las operaciones relacionadas con su instalación. Las dimensiones se especifican en los planos.

3.3.13. Otras instalaciones no específicas.

Si en el transcurso fuese necesario ejecutar alguna clase de obra no regulada en el pliego, el Contratista quedará obligado a ejecutarla con arreglo a las instrucciones que reciba del ingeniero, quien a su vez cumplirá la normativa vigente.

El Contratista no tendrá derecho a reclamación ninguna.

Diciembre 2.011





DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Consideraciones iniciales.....	3
1.1. Regla de los seis décimos.....	6
1.2. Índice de costes.....	7
2. Estado de las mediciones.....	9
3. Costes de los equipos.....	11
3.1. Costes fijos del sistema.....	11
4. Costes de operación.....	21
5. Resumen.....	25

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla I: Índice de Mashall y Swift.....	8
Tabla II: Parte 1. Biofiltro y torre de humidificación.....	12
Tabla III: Parte 2. Conducciones.....	13
Tabla IV: Parte 2. Accesorios.....	14
Tabla V: Parte 3. Impulsión de fluidos, control de flujo e instrumentación	16
Tabla VI: Parte 4. Espesador y almacenamiento de fangos.....	17
Tabla VII: Coste total de los equipos entregados sin instalar (IE).....	17
Tabla VIII: Costes directos adicionales como fracción (IE).....	18
Tabla IX: Costes indirectos como fracción de los costes directos (f_i)	19
Tabla X: P.E.C.....	20
Tabla XI: Parte 1. Equipos de protección individual.....	22
Tabla XII: Parte 2. Energía.....	23
Tabla XIII: Costes de operación.....	24
Tabla XIV: Costes de inmovilizado.....	25

1. CONSIDERACIONES INICIALES.

Los costes de inversión corresponden a la cantidad de dinero que se debe invertir para poder diseñar, construir y poner en marcha el proyecto. A continuación se describe los principales parámetros que serán considerados para determinar los costes de inversión del proyecto.

El presente documento presenta un estudio preliminar de costes de las modificaciones a implantar en la zona de Pretratamiento de la EDAR *Guadalete* de Jerez de la Frontera, incluyendo todos los equipos, accesorios e instalaciones comentados en el Documento Nº 1: Memoria.

Los datos de los equipos han sido suministrados por las empresas distribuidoras, mientras que otros aspectos se han realizado aplicando valores obtenidos mediante catálogos y bibliografía. En ocasiones, esta tarea se dificulta por lo que se ha tenido que realizar estimaciones de los precios de algunos de los elementos empleados. Para ello se han utilizado dos métodos de obtención de precios aproximados para equipos de industria química: la regla de los seis-décimos y el índice de costes de Marshall y Swift.

Esta inversión se compone de dos valores:

- Costes Fijos.

Los costes fijos o costes físicos totales incluyen aquellos costes tangibles e intangibles para la empresa. En otras palabras, es el gasto necesario para la construcción de la planta. Estos se pueden diferenciar en costes físicos directos, costes indirectos y costes de capital de trabajo y puesta en marcha.

Costes físicos directos:

Según Baasel (1.980) y Zamosa (1.983), los costes físicos directos incluyen el coste de equipos, instalación de equipos, instrumentación de la planta, edificación y terrenos, instalaciones auxiliares, entre otros. Los costes físicos directos están relacionados con la instalación de la planta.

Costes de equipos: Los equipos se deben cotizar según las condiciones de diseño obtenidas. El coste real de los equipos importados se obtiene a partir del valor de estos en el país de origen.

Instalación de equipos: este coste se calcula como porcentaje del valor para cada equipo. Éste incluye costes de internalización en aduanas, seguros, y el transporte e instalaciones en la planta.

Los costes de seguros se determinan en un 10% del coste de cada equipo. El coste de instalación de los equipos se considera como una fracción del coste de los equipos sin instalar.

Tuberías del proceso: Estos costes incluyen: válvulas, tuberías junto con la mano de obra e instalación.

Instrumentación y Control: Este coste depende obviamente del grado de control requerido, es decir, se estima en función de la importancia de un control automático en los diferentes equipos y procesos. En el caso de este proyecto, no se requiere un alto nivel de control por lo que será considerado como un 5% del coste total de los equipos instalados.

Costes indirectos:

Los costes indirectos son aquellos que involucran costes intangibles y que toman en cuenta factores como el tamaño de la planta, contingencias varias y los costes de ingeniería y construcción. Estos costes no están relacionados con la instalación del sistema de tratamiento, sino más bien con asesorías y factores de seguridad para una correcta operación (Zomosa, 1.983; Ulrich, 1.986, citado por Vergara y Gómez, 1.999).

Ingeniería y Construcción: Se estima que los costes serán aproximadamente un 25% de los costes físicos totales por concepto de diseño de construcción, comunicación, seguimiento de la construcción y otros (Zomosa, 1.983 y Ulrich, 1.986).

Contingencia e Imprevistos: Considera los costes involucrados por cambio en las líneas de proceso, equipos adicionales, accidentes de construcción y otros.

Capital de trabajo y puesta en marcha:

Incluyen los costes debido a los activos corrientes, necesarios para la operación normal del proceso y los costes de las pruebas de arranque de los equipos que deben hacerse para obtener un desarrollo óptimo.

- Costes de tratamiento y operación anual.

Los costes anuales de operación de la planta incluyen los costes de operación y los costes por tratamiento.

Costes de operación: Se consideran costes de operación a los costes generales de la planta independientes del volumen de gas tratado. Esto incluye remuneraciones, mantenimiento y reparación de equipos y seguros.

Costes de tratamiento: Los costes de tratamiento, incluyen los consumos de agua, nutrientes, y por otro lado se considera el consumo de energía eléctrica de los equipos instalados como son las bombas y los sopladores

1.1. REGLA DE LOS SEIS DÉCIMOS.

Costes aproximados se pueden obtener a partir del precio de un artículo similar de diferente tamaño o capacidad. La siguiente ecuación expresa esta regla que devuelve valores aproximados muy satisfactorios:

$$C_B = C_A \left(\frac{S_B}{S_A} \right)^N \quad [1.1.]$$

Donde:

C_B : coste aproximado (€) de equipamiento de tamaño S_B ($m^3 \cdot h^{-1}$, cv...).

C_A : coste conocido (€) de equipamiento de tamaño S_A (unidades de S_B).

S_B/S_A : es la relación conocida como factor de tamaño (adimensional).

El exponente N aparece tabulado para gran variedad de equipos industriales. En el caso de que el equipo concreto que se esté buscando no aparezca en las tablas se empleará el exponente 0,6.

1.2. ÍNDICE DE COSTES.

Los índices de costes se emplean cuando se calcula el coste aproximado de un equipo basándose en precios que no son los actuales. Conociendo el precio de una unidad en un año concreto se puede obtener el valor de esa unidad en el momento actual multiplicando su valor por la relación de los índices de costes del año en curso y de ese año concreto anterior. Matemáticamente se expresa.

$$C = C_0 \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad [1.2.]$$

Donde:

C: coste actual (€)

C₀: coste base (€)

I: índice actual (adimensional)

I₀: índice base (adimensional)

Existen muchas fuentes para estos índices técnicos, en concreto se empleará el publicado en la revista "Chemical Engineering", el "Índice de coste de equipamiento de Marshall y Swift".

Tabla I:
Índices de Mashall y Swift.

AÑO	M&S	AÑO	M&S	AÑO	M&S	AÑO	M&S	AÑO	M&S
1990	915	1994	993,4	1998	1061,9	2002	1104,2	2006	1302,3
1991	931	1995	1027,5	1999	1068,3	2003	1123,6	2007	1373,3
1992	943	1996	1039,2	2000	1089	2004	1178,5	2008	1449,3
1993	967	1997	1056,8	2001	1093,9	2005	1244,5	2009	1462,3

En el presente presupuesto no se realiza análisis de amortización o similares, ya que al no ser un proceso productivo no se pueden evaluar los ingresos que permitirían este tipo de análisis económico.

En todos los precios se consideran los equipos con todos los sistemas auxiliares necesarios y el montaje y calibración de los mismos.

2. ESTADO DE LAS MEDICIONES.

Los requisitos básicos que debe cumplir un estado de mediciones son los siguientes:

1. Definir y determinar las unidades de cada partida o unidad de obra.
2. Incluir el número de unidades y definir las características, modelos, tipos y dimensiones de cada partida de obra o elemento del objeto del Proyecto.
3. Utilizar el concepto de partida alzada cuando la unidad no sea fácilmente desglosable.
4. Contener un listado completo de las partidas de obra.
5. Subdividir según las partes más significativas del Proyecto.
6. Servir de base para la realización del presupuesto.

En base a estos requisitos, y estructurándose en los siguientes puntos, se elabora el estado de mediciones propuesto para el presente Proyecto:

1. Unidades de proceso.
2. Equipos auxiliares.
3. Bombas y soplante.

4. Válvulas y accesorios.
5. Tuberías.
6. Control e instrumentación.
7. Gastos de instalación y montaje de equipos.

En primer lugar se determinará el Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.), referente al precio de los equipos y montaje de los mismos. A continuación, se incluirá el Beneficio Industrial y los Gastos Generales obteniendo así, el Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.). Por último habrá que contabilizar el IVA, siendo un 16% del P.E.C.

3. COSTE DE LOS EQUIPOS.

En este apartado se muestra una breve descripción de cada uno de los equipos de la planta, y se especifican el precio unitario y el total de cada uno de ellos.

3.1. COSTES FIJOS DEL SISTEMA

En principio debemos calcular el coste de los equipos entregados (I_E).

Diferenciaremos cuatro partes:

- Parte 1: Biofiltro, torre de humificación.
- Parte 2: Conducciones y accesorios.
- Parte 3: Impulsión de fluidos, control de flujo e instrumentación.
- Parte 4: Cubrición del espesador y almacenamiento de fangos.

A continuación se mostrará la parte 1 donde incluye el biofiltro, la torre de humidificación y los depósitos auxiliares.

Tabla II:

Parte 1: Biofiltro y torre de humidificación.

Descripción	Unidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
BIOFILTRO. Recinto rectangular fabricado de hormigón, de dimensiones 1,5 m x 13,3m x 19,25 m.	1	11500	11500
RELLENO DE BILL BIOFILTRÉ SA. De brezo/turba de fibra, BIM 100.	480	47	22560
TORRE DE HUMIDIFICACIÓN. De 4,53m, de PPH.	1	348,05	348,05
COSTE TOTAL			34408,05 €

Para la evaluación de precios en la parte 2, recurrimos a la bibliografía obteniendo distintos gráficos donde se relaciona el diámetro de conducción de acero inoxidable y el coste del mismo.

Conducciones:

Tabla III:

Parte 2: Conducciones.

Descripción	Unidad (m)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE SA-240 DN 2".	5,5	70	385
TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE SA-240 DN 6".	8	220	1760
TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE SA-240 DN 7".	18,03	231,24	4169,26
TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE SA-240 DN 19".	16,2	260,03	4212,49
TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE SA-240 DN 20".	33,81	350,16	11838,91
TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE SA-240 DN 30".	14,8	750,5	11007,4
COSTE TOTAL			33373,06 €

Accesorios:

Tabla IV:

Parte 2: Accesorios.

Descripción	Unidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
VÁLVULA DE RETENCIÓN DE ACERO INOXIDABLE AISI 316, DN 30".	1	100	100
VÁLVULA DE RETENCIÓN DE ACERO INOXIDABLE AISI 316, DN 7".	1	69,43	69,43
VÁLVULA DE ASIENTO DE ACERO INOXIDABLE AISI 316, DN 30".	1	103,2	103,2
VÁLVULA DE MARIPOSA DE ACERO INOXIDABLE AISI 316, DN 7".	2	70,97	141,94
VÁLVULA DE MARIPOSA DE ACERO INOXIDABLE AISI 316, DN 20".	2	97,73	195,46
VÁLVULA DE ASIENTO DE ACERO INOXIDABLE AISI 316, DN 20".	1	94	94
CODO LARGO DE 90º EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 , DN 6".	2	105,16	210,32
CODO DE 45º EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 , DN 6".	2	84,74	169,48
CODO LARGO DE 90º EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 , DN 7".	1	114,76	114,76

CODO LARGO DE 90° EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 , DN 20".	1	558	558
TE EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 , DN 2".	1	99,85	99,85
TE EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 , DN 30".	1	930,2	930,2
ENSANCHAMIENTO EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 , DN 7"-20".	1	201	201
ENSANCHAMIENTO EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 , DN 6"-7".	1	40,22	40,22
PULVERIZADOR DE CONO SÓLIDO, DELEVAN TIPO BIF 63.	4	49	196
COSTE TOTAL			3223,86 €

En la siguiente tabla, se muestra la parte 3 que contiene: la impulsión de fluidos, control de flujo e instrumentación.

Tabla V:

Parte 3: Impulsión de fluidos, control de flujo e instrumentación.

Descripción	Unidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
TURBOSOPLANTE, COLASIT® CHVN 800. De 45 kW.	1	1077,5	1077,5
BOMBA CENTRÍFUGA, COMBIBLOC 1000 r.p.m.	1	1500	1500
TRANSMISOR PASIVO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA. Delta OHM serie HD 2008T.	1	132	132
CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD. Delta OHM serie HD 5002.	1	138,12	138,12
SENSOR DE COV EN EL GAS. Eco Sensors® modelo C-21.	1	369	369
COSTE TOTAL			3216,62 €

Por último, en la parte 4 se muestran los costes de cubrición del espesador y almacenamiento de fangos.

Tabla VI:

Parte 4: Espesador y almacenamiento de fangos.

Descripción	Unidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
CUBIERTA DEL ESPESADOR DE FANGOS. Techo fijo cónico de diámetro 14m, incluyendo un aboca de hombre.	1	9000	9000
CUBIERTA DE ALMACENAMIENTO DE FANGOS. Techo fijo cónico de diámetro 17m, incluyendo un aboca de hombre.	1	10500	10500
COSTE TOTAL			19500 €

El coste total entre estas cuatro partes se verá a continuación:

Tabla VII:

Coste total de los equipos entregados sin instalar (IE).

PARTE 1 (€)	PARTE 2 (€)	PARTE 3 (€)	PARTE 4 (€)	P.E.M. (€)
33373,06	3223,86	3216,62	19500	59313,54

Una vez calculado el coste de los equipos entregados, se procede a calcular los costes directos adicionales como fracción de I_E y los costes indirectos como fracción de los costes directos. Para ello, como hemos mencionado anteriormente, aplicamos la estimación factorial propuesta por Lang.

$$I_F = I_E f_I (1 + \sum f_i) \quad [3.1]$$

Donde:

I_F : capital inmovilizado (€).

I_E : coste de los equipos principales sin instalar.

f_i : costes indirectos como fracción de los costes directos (gerencia, ingeniería, contingencias).

f_i : costes directos adicionales (instalación, cimientos, electricidad, etc.).

- **Costes directos adicionales como fracción de IE ($\sum f_i$):**

Tabla VIII:

Costes directos adicionales como fracción de IE.

Costes directos adicionales	Fracción
Mano de obra.	0,10
Cimientos.	0,03
Protección contra incendios.	0,06
Instalación eléctrica.	0,07
Pintura y limpieza.	0,06
Total	0,32

- **Costes indirectos como fracción de los costes directos (f_i):**

Tabla IX:

Costes indirectos como fracción de los costes directos.

Costes indirectos	Fracción
Gastos generales, gerencia.	0,3
Servicios técnicos, honorarios de ingeniería.	0,13
Contingencias.	0,13
f_i	0,56

Aplicando la ecuación [3.1.] se determina el capital fijo total del presente proyecto.

$$I_F = [1 + 0,32] \times 0,56 \times 59313,54 = 43844,57 \text{€}$$

El coste Total de los equipos necesarios para la ejecución del presente proyecto es de aproximadamente:

43844,57 €

**CUARENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y CUATRO
 EUROS CON CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS.**

Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C)

Tabla X:
P.E.C.

CONCEPTO	CANTIDAD (€)
P.E.M.	59313,54
Gastos generales (13%)	7710,76
Beneficio industrial (6%)	3558,81
Obra civil (26,8%)	15896,03
I.V.A (18%)	10676,44
P.E.C (€)	97155,58

EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA de la “Instalación de Biofiltro en la E.D.A.R. Guadalete de Jerez de la Frontera para la desodorización de gases” asciende a la cantidad de “NOVENTA Y SIETE MIL CIENTO CINCUENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS”

4. COSTES DE OPERACIÓN

Calcularemos en este apartado el coste anual de funcionamiento de la planta. El coste de operación en este caso se divide en cuatro partes:

- Parte 1. Equipos de protección individual (EPIs).
- Parte 2. Energía.
- Parte 3. Agua.
- Parte 4. Gestión

Sobre los equipos de protección individual, tenemos:

Tabla XI:
Parte 1. Equipos de Protección Individual.

Descripción	Unidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Mono de trabajo.	2	15,75	31,5
Botas de seguridad.	2	16,90	33,8
Mascarilla de protección respiratoria.	4	5,50	22
Guantes de trabajo.	5	4,35	21,75
Casco.	3	3,19	9,57
Gafas de protección ocular.	3	1,99	5,97
COSTE TOTAL			124,59 €

En la parte de energía, se evalúan los gastos por consumo de energía eléctrica. Se ha tomado un precio unitario del kWh industrial de 0,14 €.

Tabla XII:
Parte 2. Energía.

Equipo	Cantidad anual (KWh)	Precio total (€/día)
TURBOSOPLANTE, COLASIT® CHVN 800. De 45 kW.	1080	151,2
BOMBA CENTRÍFUGA, COMBIBLOC 1000 r.p.m.	81,12	11,36
COSTE TOTAL		162,56 €

A este valor se le añade el 10% para incluir el gasto de iluminación y demás componentes eléctricos de bajo consumo de la planta (178,82 €/día).

Para un funcionamiento de la línea de proceso de 365 días al año, el consumo anual asciende a:

$$C = 178,82 \text{ €/día} \times 365 \text{ días/año} = \mathbf{65269,3 \text{ €/año}}$$

En el tema del agua, se determina el coste anual de ella que gastamos para humidificar la corriente de aire contaminada que entra al sistema. Para ello, se tiene en cuenta el caudal de agua anual que se repone en la torre de humidificación y se considera que el precio del agua en la industria es de 1,39 €/m³.

Para un funcionamiento de la línea de proceso de 365 días al año, el consumo anual asciende a:

$$C = (365 \text{ días/año} \times 1,39 \text{ €/m}^3 \times 34,94 \text{ m}^3/\text{semana}) / 7 = \mathbf{2532,4 \text{ €/año}}$$

En los costes de gestión, tendremos en cuenta los gastos comerciales. Éstos corresponden al 4% de la partida del coste de fabricación, por lo que:

$$C = 0,04 \times 97155,58 = 3886,22 \text{ €/año}$$

El coste total de operación es la suma de estas cinco partidas, resultando ser:

Tabla XIII:
Costes de operación.

PARTE 1 (€)	PARTE 2 (€)	PARTE 3 (€)	PARTE 4 (€)	TOTAL (€)
124,59	65269,3	2532,4	3886,22	71812,51

El Coste Total Anual de Operación necesaria para la ejecución del presente proyecto es de aproximadamente:

71812,51 €

**SETENTA Y UNO MIL OCHOCIENTOS DOCE EUROS CON
CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS.**

5. RESÚMEN.

Para poder hacer funcionar la planta se han de asumir los siguientes costes:

Tabla XIV:
Costes de Inmovilizado.

CONCEPTO	CANTIDAD (€)
P.E.M.	59313,54
Gastos generales (13%)	7710,76
Beneficio industrial (6%)	3558,81
Obra civil (26,8%)	15896,03
I.V.A (18%)	10676,44
P.E.C (€)	97155,58

Costes de arranque de la planta.

Ascienden a la cifra de: C = 71812,51 €/año

PRESUPUESTO.....266123,67 €

EL PRESUPUESTO del proyecto *Instalación de Biofiltro en la E.D.A.R. "Guadalete" de Jerez de la Frontera para la desodorización de gases* asciende a una cantidad total de "DOS CIENTOS SESENTA Y SEIS MIL CIENTO VEINTE Y TRES EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS".

Diciembre 2.011

Fdo: Begoña Mozo Cáliz



