



Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals
Grau en Enginyeria Química

**ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN
TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES
PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE
ORGANOARCILLAS**

Trabajo fin de grado

Autor/a

Ricardo Hernández de la Cruz

Tutor

Enrique Sánchez Vilches

Castellón, enero de 2022

Me gustaría agradecer a toda mi familia el apoyo recibido a lo largo de estos años, en especial a mis padres: mi madre, Nieves de la Cruz Placeres y mi padre, Alfredo Hernández Costa, también a mi hermano, Alfredo Hernández de la Cruz, que me han ayudado muchísimo. Estoy agradecido de tener la familia que tengo ya que probablemente sin su ayuda nada de esto habría sido posible.

Me gustaría agradecer a mi tutor Enrique Sánchez Vilches por el apoyo y la ayuda ofrecidas a lo largo de la realización del proyecto, teniendo en cuenta que en todo momento ha ofrecido su disponibilidad, ya sea para hablar del proyecto, como para corregir errores.

Me gustaría agradecer también a Sergio Mestre, pues ha sido de gran ayuda en la parte del proyecto donde se usa el Prosim, facilitándome el desarrollo del diagrama así como cosas a tener en cuenta a la hora de trabajar con él.

También me gustaría agradecer a todos y cada uno de los profesores que he tenido a lo largo de la carrera, ya que me han aportado la información necesaria para poder adquirir los conocimientos que tengo a día de hoy, son muchas las cosas aprendidas y aún más lo que quedan por aprender.

Por último y no por ello menos importante, me gustaría agradecer a todos y cada uno de los compañeros que he tenido en la carrera, con los que me he apoyado pasando información o aclarando conceptos. En especial, a mi compañera Belén Molina Issac por sus maravillosos apuntes, que en todo momento, me han servido de apoyo a la hora de estudiar.

GRACIAS A TODOS

ÍNDICE GENERAL

- 0. RESUMEN
- 1. MEMORIA
- 2. ANEXOS
- 3. PLANOS
- 4. PLIEGO DE CONDICIONES
- 5. ESTADO DE MEDICIONES
- 6. PRESUPUESTO

ÍNDICE DE SIGLAS

- A : Área de las torres de adsorción
- AAI : Autorización Ambiental Integrada.
- API : American Petroleum Institute.
- ASTM : Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
- BEM : Balance de Energía Mecánica.
- BI : Beneficio Industrial.
- BTEX : Benceno, tolueno, etobenceno y xileno.
- C: Concentración de aceites y grasas que entra a las torres procedente del DAF.
- C_{ac} : Concentración de aceites y grasas acumulada en el proceso de adsorción.
- C_{DAF} : Concentración de aceites y grasas que salen del DAF hacia fuera del sistema.
- C_{ref} : Concentración del agua procedente de la refinería.
- C_{SL} : Concentración de aceites y grasas a la salida de la torre de lavado y en la balsa. Estabilizadora.
- D : Diámetro de la columna.
- DAF: Flotación por aire disuelto.
- D_i : Diámetro interno.
- DIN : Instituto de Normalización Alemana para tipos de papel estándar
- D_o : Diámetro externo.
- D_p : Diámetro del grano de organoarcilla.
- E : Porosidad.
- e : Espesor.
- EBCT: Tiempo de contacto en la columna.
- EPI : Equipos de protección personal.
- f : Coeficiente de frotamiento.

- FG : Fuel-gas.
- Ft : Pie.
- G : Gastos generales.
- g : Aceleración de la gravedad.
- GAC : Carbón activado granular.
- GOA: Gas-óil atmosférico.
- GPM : Galones por minuto.
- H: Altura de la torre de adsorción.
- H_t : Altura de la organoarcilla en el interior de la torre.
- h_s : Altura suministrada por la bomba.
- I_0 : Inversión inicial
- INSHT : Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- ISO : Organización Internacional de Estandarización.
- IVA : Impuesto sobre el valor añadido.
- K : Rugosidad absoluta.
- K_a : Constante para los accidentes.
- K_1 y K_2 : Constantes de la ecuación de Ergun.
- kg : kilogramo.
- kJ : kiloJulio.
- kW : kiloWatio.
- L : Longitud.
- LPG : Gase Licuados del Petróleo.
- LPRL: Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- m: Metros.
- M_{ac} : Flujo másico de aceites y grasas que se acumulan en la adsorción.

- mbar : Milibares.
- MBR : Reactor Biológico de Membranas.
- MF : Microfiltración.
- M_L : Flujo másico de aceites y grasas en el lavado.
- mm : Milímetros.
- m_{org} : Masa de organoarcilla.
- M_R : Caudal másico que se recircula desde la balsa al DAF
- m_R : Masa de aceites y grasas retenida.
- m_{RS} : Masa de aceites y grasas retenida hasta la saturación de la organoarcilla.
- MWh : Mega Watios por hora.
- NPSH : Carga neta de aspiración.
- P : Potencia.
- p : Presión.
- PC : Ordenador Personal.
- PEC : Presupuesto de Ejecución por Contrata.
- PEM : Presupuesto de Ejecución del Material
- ppm : Partes por millón.
- PTAR : Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- P_V : Presión de vapor.
- PVC : Cloruro de Polivinilo.
- Q : Caudal que sale desde el DAF hacia las torres de adsorción.
- Q_{ads} : Caudal que fluye por cada torre en el proceso de adsorción.
- Q_{DAF} : Caudal que sale desde el DAF hacia el exterior del sistema.
- Q_L : Caudal que fluye por cada torre en el proceso de limpieza.
- Q_R : Caudal que se recircula desde la balsa estabilizadora al DAF.

- Q_{ref} : Caudal procedente de la refinería.
- R : Número de Reynolds.
- R.D.: Real decreto.
- T : Tipo de accidente.
- T_{ads} : Tiempo de adsorción.
- t_L : Tiempo de lavado.
- t_{lm} : Tiempo mínimo de lavado.
- t_{sat} : Tiempo hasta que se satura la organoarcilla.
- UF: Ultrafiltración
- UNE: Una Norma Española.
- UNE-EN Adopción de Normas Europeas.
- V : Volumen de la torre
- v : Velocidad del fluido en la adsorción.
- v_L : Velocidad del fluido en el lavado.
- V_L : Volumen de agua empleada en el lavado de cada torre.
- V_{TL} : Volumen de agua total correspondiente al lavado de las 4 torres.
- V_{org} : Volumen que ocupa la organoarcilla.
- \hat{W} : Energía por unidad de masa suministrada por la bomba.
- α_1 y α_2 : Coeficientes de fricción.
- ΔF_a : Pérdida de carga en los accidentes.
- ΔF_R : Pérdida de carga en los tramos rectos.
- Δh_C : Pérdida de carga en la columna.
- ΔP : Caída de presión.
- ε : Rugosidad relativa.
- η : Rendimiento.

- μ : Viscosidad.
- ρ : Densidad del agua.
- P_{Hg} : Densidad del mercurio.
- ρ_{org} : Densidad de la organoarcilla.

0. RESUMEN

Este proyecto se lleva a cabo con el objetivo de eliminar los hidrocarburos que contienen los aceites y grasas que se encuentran en los efluentes de una refinería, así como parte de la materia orgánica.

El caudal a tratar en la planta será de 200 m³/h. Para ello, se diseñará un proceso de adsorción con organoarcillas para retener las grasas y aceites mediante el uso de torres de relleno.

Se realizará una simulación del proceso de circulación de las corrientes de efluentes mediante el uso del programa de simulación “ProSim” para conocer con mayor detalle las diferentes variables que influyen en el proceso y obtener más información, con vistas a determinar las condiciones óptimas de trabajo.

Teniendo en cuenta que los procesos convencionales de tratamientos de aguas residuales requieren de un reactor biológico para realizar un tratamiento final del agua para poder reducir los niveles de concentración por debajo de los establecidos por la Normativa Vigente, este método de tratamiento de aguas será competitivo, ya que usando las organoarcillas en el proceso de adsorción, se puede eliminar el MBR del proceso, lo que significa un gran ahorro económico.

Por otra parte se hará una comparativa con un proceso de tratamiento de aguas usando membranas que es otra forma de realizar la separación de aceites y grasas del agua.

Finalmente, se llevará a cabo una evaluación económica del proceso con el objeto de analizar su rentabilidad y amortización.

1. MEMORIA

| | |
|---|-----------|
| 1. OBJETIVOS | 4 |
| 2. ESTUDIOS PREVIOS | 4 |
| 2.1. ANTECEDENTES | 4 |
| 2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 5 |
| 2.3. PROCESOS DE REFINO DE CRUDO | 6 |
| 2.4. AGUAS DE LOS VERTIDOS DE REFINERÍA | 9 |
| 2.4.1. Aguas libres de aceites y material orgánico | 9 |
| 2.4.2. Aguas aceitosas de forma accidental | 9 |
| 2.4.3. Aguas aceitosas de limpieza o producidas por lluvia | 10 |
| 2.4.4. Aguas sanitarias | 10 |
| 2.4.5. Aguas de procesos | 10 |
| 2.5. ACEITES Y GRASAS | 12 |
| 2.5.1. Tipos de aceites en aguas residuales procedentes de la refinería | 12 |
| 2.5.2. Tratamientos convencionales | 13 |
| 2.5.3. Limitación de los tratamientos convencionales | 15 |
| 2.5.4. Reactor biológico de membranas | 15 |
| 2.5.5. Tratamientos aplicados para adsorción con organoarcillas | 16 |
| 3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ADSORCIÓN | 17 |
| 3.1. TIPOS DE ADSORCIÓN SEGÚN LA INTERACCIÓN SOLUTO ADSORBENTE | 19 |
| 3.1.1. Adsorción física | 19 |
| 3.1.2. Adsorción química | 20 |
| 3.1.3. Adsorción hidrofóbica | 21 |
| 3.1.4. Adsorción por afinidad | 22 |
| 3.2. RELACIONES DE EQUILIBRIO. TIPOS DE ISOTERMAS. | 22 |
| 3.2.1. Isoterma tipo C | 24 |
| 3.2.2. Isoterma tipo L | 24 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.3. Isotherma tipo H | 25 |
| 3.2.4. Isotherma tipo S | 25 |
| 3.3. FACTORES QUE AFECTAN AL EQUILIBRIO DE ADSORCIÓN | 25 |
| 3.3.1. Temperatura | 26 |
| 3.3.2. Naturaleza del adsorbente | 26 |
| 3.3.3. Naturaleza del adsorbato | 26 |
| 3.3.4. pH de la disolución | 27 |
| 3.3.5. Concentración inicial del soluto | 27 |
| 3.4. CINÉTICA DE ADSORCIÓN | 27 |
| 3.4.1. Mecanismos de transporte | 28 |
| 3.4.2. Efectos de mezclado | 28 |
| 3.5. TIPOS DE ADSORBENTES | 29 |
| 3.6. TECNOLOGÍAS EN LOS PROCESOS DE ADSORCIÓN | 30 |
| 3.7. DESADSORCIÓN | 31 |
| 4. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE ENTRADA | 31 |
| 5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS COLUMNAS DE RELLENO | 32 |
| 5.1 ORGANOARCILLA MCM-830-P. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES. | 35 |
| 5.1.1. Razones para la elección de la Organoarcilla MCM-830-P | 35 |
| 5.1.2. Beneficios del uso de organoarcilla | 35 |
| 5.1.3. Aplicación de las organoarcillas | 36 |
| 5.1.4. Almacenamiento y manipulación | 36 |
| 5.1.5. Eliminación de hidrocarburos con Organoarcilla MCM-830-P | 36 |
| 6. PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA | 38 |
| 6.1. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE ENTRADA A LA BOMBA EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 6.2. SIMULACIÓN DEL TRANSPORTE DEL FLUIDO EN LA ADSORCIÓN | 41 |
| 6.3. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SATURACIÓN DE LA ORGANOARCILLA | 46 |
| 6.4. LIMPIEZA DE LA ORGANOARCILLA | 48 |
| 6.4. 1. Cálculo del tiempo mínimo de lavado | 48 |
| 6.4. 2. Determinación de la concentración de aceite procedente del lavado | 49 |
| 6.4. 3. Determinación del flujo másico teórico que se puede recircular | 50 |
| 6.4.4. Determinación del flujo másico real que llegará al DAF desde la balsa estabilizadora | 51 |
| 6.5. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LA BOMBA EN EL PROCESO DE LIMPIEZA | 52 |
| 6.6. ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN | 59 |
| 7. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA | 60 |
| 8. DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LA PLANTA | 61 |
| 9. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA | 62 |
| 10. PLANIFICACIÓN | 64 |
| 11. ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS | 66 |
| 12. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA | 66 |
| 12.1. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN | 67 |
| 12.2. PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN | 69 |
| 12.3. CONCLUSIONES DEL PROYECTO | 76 |
| 13. NORMATIVA APLICADA | 77 |
| 14. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS | 78 |

1. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es poder eliminar los hidrocarburos que contienen los aceites y grasas procedentes de los efluentes de una refinería, así como parte de la materia orgánica. Para ello se realizará un proceso de adsorción mediante el uso de organoarcillas para retener las grasas y aceites.

Las organoarcillas son materiales que actúan muy bien en la interacción sólido- líquido y teniendo en cuenta su alta superficie específica tienen una gran capacidad de adsorción, por lo tanto, es el material idóneo para realizar esta operación básica de transferencia de materia.

2. ESTUDIOS PREVIOS

2.1. ANTECEDENTES

El agua es esencial en el mundo y es necesaria tanto para la vida humana como para la vida animal y de las plantas, es por ello necesario que sea tratada antes de poder ser vertida o para su reutilización.

En las industrias petrolíferas surge el problema de que el agua procedente del proceso de refinado de los diferentes productos que se obtienen a partir del petróleo, en ciertos momentos, alcanza valores altos de concentración de aceites y grasas; es por ello, necesario implantar un tratamiento especial para poder eliminar estos compuestos indeseados, se realizará una adsorción mediante organoarcillas con el fin de poder eliminar este problema. El principal objetivo es la eliminación de los hidrocarburos que contienen los aceites y las grasas.

En la refinería se realiza el proceso de refinado del petróleo del que se extraen los diferentes productos mediante un proceso de destilación, estos productos tienen cada uno un uso particular y son muy utilizados a nivel cotidiano, la industria petrolífera está en continuo

desarrollo, si bien es cierto que las fuentes de extracción de la materia prima cada vez son menores, es importante tener en cuenta que sigue siendo un sector en auge.

El desarrollo tecnológico y los avances en el sector han permitido realizar el proceso de refinado de manera más segura mediante la automatización y el control de los diferentes equipos de operación, así como poder cumplir con los requisitos establecidos por la normativa vigente en cuanto al aspecto medio-ambiental.

2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se ha realizado teniendo en cuenta la necesidad que hay de encontrar un método que sea de bajo coste y mediante el cual se pueda eliminar la mayor cantidad de grasas y aceites que contengan las aguas a tratar.

Así mismo, es importante observar que el tipo de arcilla que se utilice en el proceso, también influye, ya que en función de las características de éstas, la capacidad de adsorción varía.

Los tratamientos más comunes en la industria para realizar la eliminación de aceites y grasas son:

- Flotación por aire disuelto (DAF)
- Evaporación al vacío
- Tratamiento biológico
- Membranas

Mediante este procedimiento, se ahorra el último paso del tratamiento de agua convencional que es el MBR, ya que las organoarcillas son capaces de purificar el agua y reducir una gran cantidad de la concentración de aceites y grasas.

El MBR es un reactor de gran coste, por lo tanto, el no tener que utilizarlo es un gran ahorro económico, por otra parte, se pretende también realizar una comparativa con la

separación por membranas en el tratamiento de aguas y saber si este método haciendo uso de las organoarcillas para realizar un proceso de adsorción es más asequible económicamente.

2.3. PROCESOS DE REFINO DE CRUDO.

Diagrama de flujo general en refinerías (figura 2.1.)

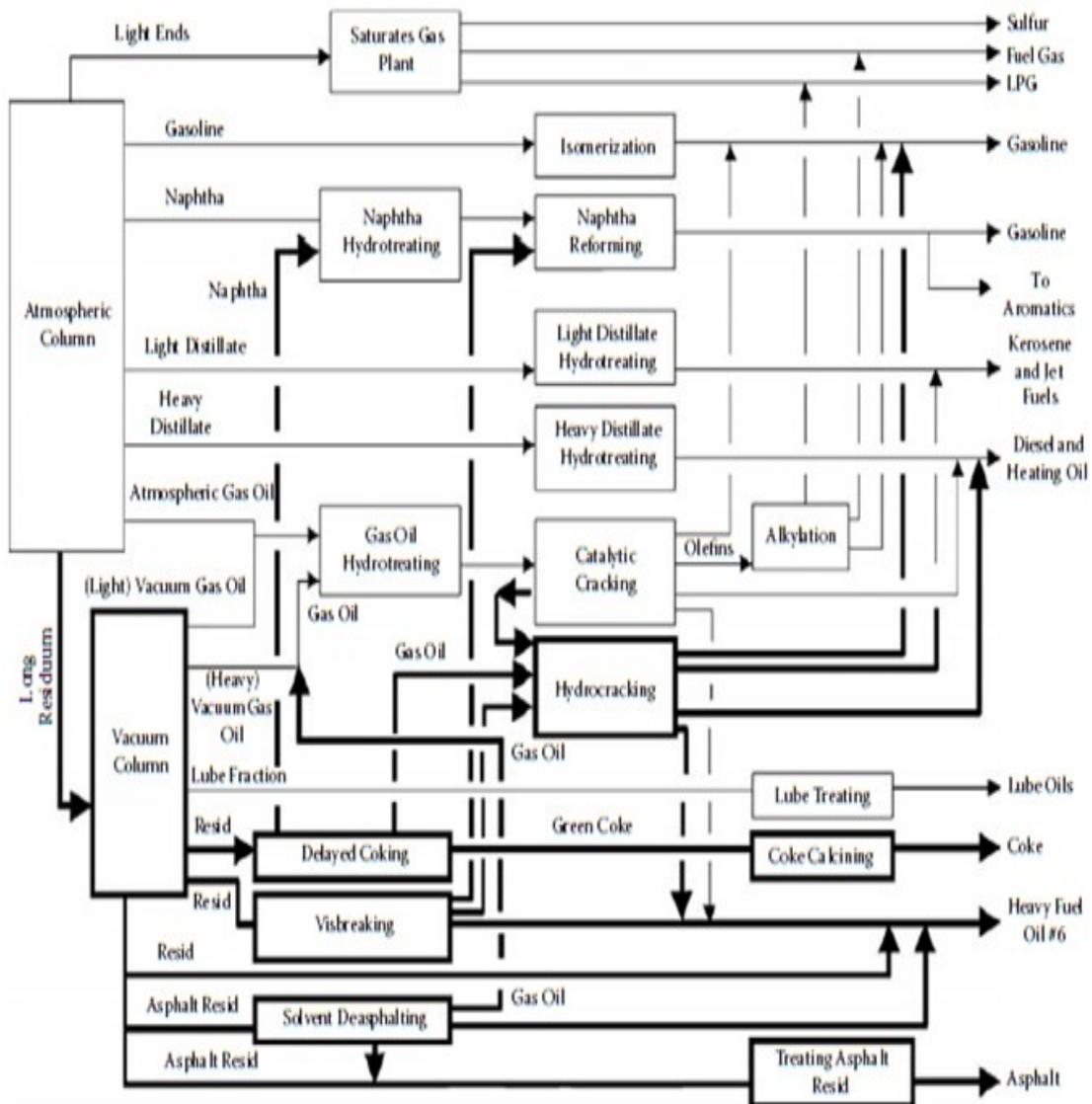


Figura 2.1. Diagrama de flujo general de una refinería

En una refinería se encuentran dos unidades de destilación: la que tiene lugar a la presión atmosférica y otra al vacío.

La destilación atmosférica de crudo es la primera etapa importante en una refinería. Se utiliza para separar el crudo de petróleo en fracciones de acuerdo con su punto de ebullición.

Los residuos procedentes de la torre de destilación atmosférica se introducen en la unidad de destilación al vacío.

A la temperatura elevada del gas procedente del horno se produce el cracking térmico de los residuos de cola de la destilación atmosférica; para evitarlo, se baja la presión para que disminuya la temperatura de ebullición, que es lo que sucede en la torre de destilación al vacío.

El crudo se calienta a elevadas temperaturas y sometido posteriormente a una destilación fraccionada, dependiendo del rango de la temperatura de ebullición se obtendrán las diferentes corrientes, éstas serán sometidas a diferentes tratamientos o se dirigirán como alimento a otros tratamientos.

Por la parte superior de la torre saldrán las fracciones más ligeras en su punto de rocío y posteriormente serán condensadas; estos productos serán:

- Los LPG (gas licuado del petróleo: propano, butano), FG (fuel gas) y sulfuros.
- Gasolinas que serán sometidas a un proceso de isomerización mediante la conversión de parafinas normales en sus isómeros con el objetivo de obtener gasolinas de mayor octanaje.
- Las naftas, procedentes de la torre de destilación atmosférica junto con las obtenidas en la carbonización de los residuos de la de vacío, serán sometidas a un hidrotratamiento (adición de hidrógeno), esta corriente junto con la procedente de la unidad de reducción de la viscosidad a alta temperatura (visbreaking), de los residuos de la

de vacío, será sometida a un reformado catalítico que dará lugar a la gasolina como producto.

Las corrientes laterales en la torre atmosférica serán:

- Destilado ligero que servirá de alimentación en el hidrot ratamiento, generando una corriente de salida como producto: keroseno.
- Destilado pesado, que será sometido a un hidrot ratamiento que generará los productos: gasóil y aceite para calefacción

Por la parte inferior de la columna saldrán las fracciones de mayor peso molecular:

- Gasóil atmosférico (GOA), junto con el gasóil ligero y pesado procedentes de la corriente que sale por la parte superior de la torre al vacío y el gasóil generado en la unidad de desafaltado con disolvente, son sometidos a un hidrot ratamiento y posteriormente a un cracking catalítico que generará como productos: gasolina, gasóil, aceite de calefacción y fuel óil pesado. La corriente de olefinas (alquenos) serán sometidas a un proceso de alquilación que generará los productos: LPG, FG y gasolinas de mayor octanaje.
- Producto de cola: alimento de la columna de destilación al vacío.

En la columna de destilación al vacío, también se generarán corrientes en la parte superior, laterales, inferior y de cola.

Corriente en la parte superior:

- Gasóil ligero de vacío, que servirá de carga para el hidrot ratamiento.
- Gasóil pesado de vacío, que servirá de carga para el hidrot ratamiento.

Corrientes laterales:

- Fracción lubricante que será tratada para generar aceites lubricantes

- Residuos que serán sometidos a una carbonización, que producirá coque (carbón) y gasóil que junto con el precedente del cracking catalítico y de la corriente de salida de la unidad de reducción de la viscosidad a alta temperatura, será sometido a un hidrocracking del que se obtienen los productos: gasolina, keroseno, gasóil, aceite para calefacción y fuel óil pesado.

Corrientes inferiores y cola de la torre de vacío:

- Residuos que pasarán a la unidad de reducción de la viscosidad a alta temperatura, para generar fuel óil pesado y corrientes de carga para el hidrocracking y reformado catalítico de las naftas.
- Residuos de asfaltos: parte de ellos serán sometidos a tratamiento para generar los asfaltos y otra corriente será la carga en la unidad de desafaltado con disolvente, a partir del cual se obtendrá fuel óil pesado, gasóil como carga para las unidades de hidrotreatmento del gasóil y residuos de asfaltos.

2.4. AGUAS DE LOS VERTIDOS DE REFINERÍA.

El agua residual proviene de refinerías de petróleo o de la producción petroquímica (drenaje, limpieza, depuración de caldera, procesamiento de agua contaminada o condensada, agua de lluvia accidentalmente contaminada, alcantarillados, etc.).

Es un agua altamente contaminada por aceites y grasas, sustancias orgánicas, sales, sólidos suspendidos totales, metales pesados, sulfuros, metales, amoníaco (en algunos casos).

Las aguas residuales procedentes de refinería pueden dividirse en:

2.4.1. Aguas libres de aceite y material orgánico

Son las aguas proveniente de la refrigeración y del agua de lluvia libre de aceites.

2.4.2. Aguas aceitosas de forma accidental

Son las correspondientes a las que normalmente están libres de aceites, aunque

accidentalmente, se pueden contaminar, además de las aguas de lluvia recogidas de los tanques, tuberías y y de los procesos del refino que están libres de aceites.

2.4.3. Aguas aceitosas de limpieza o producidas por lluvia.

Los efluentes líquidos que comprenden el agua de lluvia de las áreas de procesado del crudo, el agua de limpieza, talleres, aguas sucias, aguas contra incendios.

2.4.4. Aguas sanitarias.

Son aquellas procedentes de los servicios: sanitarios, comedores, oficinas, cafetería, laboratorio.

2.4.5. Aguas de procesos.

Los aceites y grasas que se encuentran en las aguas residuales de una refinería proceden de los diferentes procesos de refino:

- Almacenamiento de crudos y productos: aceites libres y emulsionados.
- Desalado de crudo: aceites libres y emulsionados.
- Destilación.
- Craqueo térmico y Catalítico
- Alquilación.
- Refinado mediante disolvente: pequeñas cantidades de aceites.
- Asfaltación: grandes cantidades de aceites.
- Secado y desmercaptanización. Aceites neutros.
- Purificación final de aceites lubricantes: emulsiones de aceite estables.

En la tabla 2.1, se recoge el contenido de aceites y grasas en los efluentes procedentes de una refinería.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 2.1. Cotenido en aceites y grasas de las aguas residuales de una refinería de petróleo (Según De Lora, F; Miro, J 1978)

| SISTEMA | CORRIENTES | CONTENIDO EN ACEITES Y GRASAS |
|-----------------------------|--|-------------------------------|
| ➤ Aguas aceitosas | - Aguas pluviales en zonas de procesos | 2 |
| | - Aguas pluviales en bloques de bombas de trasiego, mezcla y expedición. | 2 |
| ➤ Aguas aceitosas | - Aguas contra incendios | 1 |
| ➤ Aguas aceitosas | - Aguas pluviales en zonas de almacenamiento de productos | 2 |
| ➤ Aguas limpias | - Efluentes planta de tratamiento de agua bruta | 1 |
| | - Purgas de calderas | 1 |
| | - Pluviales en zonas no contaminadas | 1 |
| ➤ Agua de proceso | - Efluentes del desalador | 2 |
| | - Efluentes del tratamiento de aguas sulfhídricas y amoniacales. | 1 - 2 |
| | - Efluentes del tratamiento de sosa cáustica gastada. | 1 - 2 |
| | - Purgas de aguas del almacenamiento de crudo. | 2 |
| ➤ Aguas sanitarias | - Servicio, comedor, duchas, cafeterías... | 2 |
| ➤ Aguas aceitosas con plomo | - Aguas pluviales en zonas de almacenamiento de gasolina. | 2 |
| | - Purgas de limpieza de tanques de gasolina. | 2 |

NOTA

1 : Contenido bajo

2 . Contenido alto

2.5. ACEITES Y GRASAS

Los aceites y grasas son un componente que está presente en mayor o menor medida, en prácticamente todas las aguas residuales. Estas tienen una gran tendencia a oxidarse, lo que provoca que al llegar al reactor biológico, fijen rápidamente el oxígeno disuelto disponible, pudiendo causar situaciones de anoxia puntuales que podrían propiciar la proliferación de microorganismos filamentosos.

Además, al ser menos densas que el agua (figura 2.2), tienen tendencia a flotar por lo que se generan capas en la superficie de los reactores biológicos, dificultando la transferencia de oxígeno.

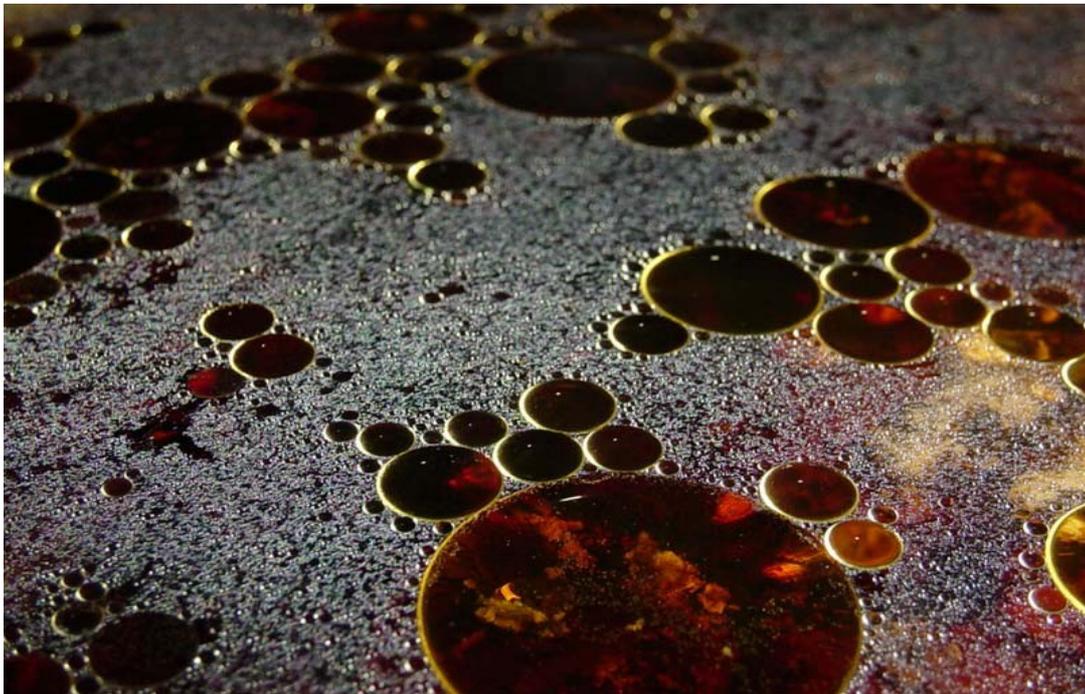


Figura 2.2. Aguas aceitosas

2.5.1. Tipos de aceites en aguas residuales procedentes de la refinería

Los efluentes de la refinería en su mayor medida son aceitosos, el aceite se puede encontrar en 3 formas diferentes en las aguas residuales:

- Aceite libre ($> 150 \mu\text{m}$): depende de su densidad.

- Aceite dispersado ($> 20 \mu\text{m}$ y $< 150 \mu\text{m}$): depende de sus propiedades termodinámicas para ser soluble.
- Aceite emulsionado ($< 20 \mu\text{m}$): depende de su tensión superficial.

La utilización de organoarcillas para realizar la adsorción del aceite, es un proceso bastante innovador que se está empezando a utilizar debido a la alta efectividad de éstas en el proceso de adsorción.

2.5.2. Tratamientos convencionales

Los principales métodos tradicionales de tratamientos de aguas residuales aceitosas incluyen la separación por gravedad y la flotación por aire disuelto, la desemulsión, La coagulación-floculación y el tratamiento biológico.

- **Separación por gravedad**

La separación por gravedad es un método efectivo para eliminar el aceite libre de las aguas residuales. Los separadores de aceite y agua, como el separador API (American Petroleum Institute), que es un dispositivo de separación por gravedad diseñado mediante el uso de la Ley de Stokes para definir la velocidad de ascenso de las gotas de aceite en función de su densidad y tamaño, estos son efectivos como un paso de tratamiento primario y de bajo coste.

- **Flotación por aire disuelto**

La flotación por aire disuelto utiliza el aire para aumentar la flotabilidad de las gotas de aceite más pequeñas y mejorar la separación.

- **Desemulsión**

El aceite emulsionado en el DAF se elimina mediante la desemulsión con productos químicos, energía térmica o ambos.

Las unidades DAF típicamente emplean agentes químicos para promover la coagulación y aumentar el tamaño de flóculo para facilitar la separación. El aceite emulsionado en las aguas residuales se suele tratar químicamente para desestabilizar la emulsión seguida de una separación por gravedad.

Las aguas residuales se calientan para reducir la viscosidad, acentuar las diferencias de densidad y debilitar las películas que estabilizan la fase de aceite. Después ocurre la acidificación y la adición de polímero catiónico para neutralizar la carga negativa en las gotas de aceite, es cuando se produce un aumento del pH a la región alcalina que induce a la formación de sal inorgánica. El flóculo resultante con el aceite absorbido se separa, seguido de un espesamiento y deshidratación de los lodos. Los métodos físicos para romper las emulsiones incluyen calentamiento, centrifugación, lechos de fibra, ultrafiltración, ósmosis inversa y métodos electroquímicos.

- **Coagulación-floculación**

Las aguas residuales también se tratan por coagulación-floculación, cuya finalidad es desestabilizar las suspensiones coloidales y producir la aglomeración de partículas. Este tratamiento puede eliminar el aceite emulsionado, el aceite disuelto y algunos polímeros orgánicos biodegradables.

- **Tratamiento biológico**

El tratamiento biológico, por otra parte, se basa en la capacidad de un conjunto de microorganismos que son capaces de degradar la materia orgánica, en este caso el aceite, presente en el agua residual para su propio desarrollo y se utiliza cuando las aguas residuales presentan una elevada concentración de aceite disuelto por su sencillez y bajo coste. Para poder satisfacer este tratamiento con esta tecnología se debe de cumplir que la contaminación producida sea biodegradable y que no haya presencia de ningún compuesto biocida en el efluente a tratar, que son las limitaciones de esta técnica.

2.5.3. Limitación de los tratamientos convencionales

Los métodos de tratamiento convencionales han sido ampliamente aplicados para la eliminación de aceite del agua residual siendo unas técnicas efectivas hasta la actualidad. Sin embargo, estas técnicas tienen algunas desventajas, como necesidad de realizar un post-tratamiento, baja eficiencia en el proceso de separación, largos tiempo de procesado y la necesidad de establecer espacios amplios para operar.

La separación por gravedad es el tratamiento primario más común de las aguas residuales aceitosas. Si el efluente resultante no cumple con los límites de descarga requeridos, se utilizan tratamientos secundarios con el fin de disminuir las concentraciones de aceites disueltos, emulsionados y dispersos. La rotura de emulsiones con productos químicos, seguida de DAF o sedimentación, se utiliza para eliminar el aceite adicional.

La rotura de la emulsión con productos químicos tiene una serie de inconvenientes, aunque es efectiva si se aplica de manera correcta.

Uno de sus inconvenientes es que el proceso es altamente susceptible a cambios en la calidad del efluente, por otra parte requiere un control cercano y operadores cualificados para lograr un funcionamiento óptimo, produce también grandes cantidades de lodos, los costes de operación pueden ser altos dependiendo de la aplicación, aumento en el contenido de sólidos disueltos en el efluente, posibles problemas de corrosión,...

2.5.4. Reactor biológico de membranas (MBR)

Entre los diferentes procesos que se han desarrollado en los últimos años para alcanzar la calidad requerida para la reutilización de agua, los reactores biológicos de membrana (MBR) tienen especial interés debido a la acción combinada del tratamiento biológico del reactor y la filtración mediante membranas (separación física). Dependiendo del tamaño del poro, el proceso de separación en la membrana se lleva a cabo mediante microfiltración (MF) o ultrafiltración (UF).

Esta tecnología es similar al sistema de lodos activados convencional con la diferencia de que la separación sólido/líquido se realiza mediante filtración de membranas y no mediante sedimentación en un decantador secundario.

2.5.5. Tratamientos aplicados para adsorción con organoarcillas

Las organoarcillas son ampliamente utilizadas como adsorbentes, por su gran hidrofiliidad, y su afinidad por compuestos catiónicos. Debido a sus múltiples propiedades como adsorbente, es uno de los métodos más competitivos ahora mismo en procesos de separación. Su bajo coste, alta superficie específica, alta estabilidad química, son algunos de los parámetros que hacen que ésta sea ideal en procesos de separación. En la adsorción de compuestos orgánicos apolares, surge por otra parte la síntesis de las organoarcillas.

Además, la capacidad de adsorción de ésta, su capacidad de recuperación del efluente adsorbido y su vida útil son otros de los factores que hacen de las organoarcillas un material idóneo para usar en los procesos de separación industriales, teniendo en cuenta que en este caso, lo que se desea separar es el aceite, las organoarcillas son perfectas para poder realizar la separación.

En la tabla 2.2, se recoge una comparativa entre la utilización del MBR y la organoarcilla.

Tabla 2.2. Comparativa MBR – Organoarcilla

| CARACTERÍSTICA | ORGANOARCILLA | (MBR) |
|----------------------------|--|--|
| Utilización de membranas | No | Sí |
| Disponibilidad de espacios | Pequeño | Pequeño |
| Transferencia de masa | Adsorción | Microfiltración en membranas |
| Coste del agente separador | Muy bajo | Muy elevado por el precio de las membranas |
| Calidad del efluente | Muy bueno | Muy bueno |
| Capacidad de recuperación | Muy fácil | Muy difícil por el ensuciamiento de las membranas |
| Versatilidad de producción | Capacidad de soportar una sobrecarga sin afectar a la calidad del agua tratada | Capacidad de soportar una sobrecarga sin afectar a la calidad del agua tratada |
| Coste de implantación | Bajo | Elevado |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| CARACTERÍSTICA | ORGANOARCILLA | (MBR) |
|------------------------|----------------|-------------|
| Coste de mantenimiento | Bajo | Elevado |
| Personal | No cualificado | Cualificado |

Un análisis de la tabla anterior, lleva a concluir que la utilización de organoarcilla en torres de relleno es bastante más competitivo en su aplicación para remover las grasas de los efluentes de refinerías que la utilización de los MBR

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ADSORCIÓN

En el proceso de adsorción uno o más componentes de una mezcla líquida (adsorbato) se transfieren hasta la superficie de un sólido (adsorbente) en donde quedan retenidos (adsorbato) y se separan del resto de los componentes (figura 3.1.). Las fuerzas que mantienen el componente en cuestión sobre la superficie del adsorbente, pueden ser de tipo físico (fuerzas de van der Waals) o de tipo químico (fuerzas más intensas con formación o rotura de enlaces). Desde el punto de vista de la operación básica interesa la adsorción física reversible, que permite la regeneración del adsorbente.

En el proceso de adsorción, las moléculas de adsorbato chocan y se depositan sobre la superficie interfacial del adsorbente, a la vez que se liberan y vuelven al fluido en un proceso dinámico. La concentración superficial del adsorbato depositado en el adsorbente, es mayor que en la fase líquida.

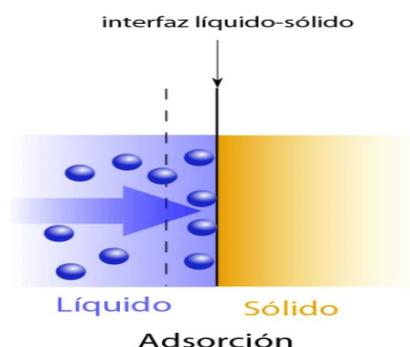


Figura 3.1. Representación proceso de adsorción

En los procesos de adsorción hay dos aspectos que deben ser considerados:

- El efecto de la adsorción sobre la energía interfacial del sistema en el equilibrio (termodinámica)
- La rapidez del proceso de adsorción (cinética)

El concepto de adsorción, se suele delimitar a superficies adsorbentes sólidas aunque puede ser de cualquier naturaleza y a un fluido con un adsorbtivo gas o líquido.

Si bien, las propiedades adsorbentes de determinados sólidos, y en particular el carbón, se descubrieron hace más de tres mil años, sus primeras aplicaciones comerciales datan de 1780, cuando se emplea como decolorante en la industria de la caña de azúcar. Algo más tarde, en 1862, Inglaterra elabora un carbón que se utiliza eficazmente para la purificación de agua potable (LIPSCOMBE, r. : British Patent 2887, C18621).

En los últimos años, las aplicaciones industriales de la adsorción abarcan campos tan variados como la purificación y separación de gases industriales, la recuperación de disolventes valiosos, la recuperación de productos activos de fisión, la cromatografía de gases, la descontaminación de efluentes industriales, la obtención de vacíos ultraelevados, etc.

En cuanto a las variadas e importantes aplicaciones industriales de la adsorción, podrían destacarse la recuperación de componentes de aguas contaminadas. El tratamiento de agua con adsorbentes adecuados, es uno de los procesos de refinado o acabado más importante para la eliminación de contaminantes orgánicos, ya que permite obtener aguas con concentraciones prácticamente nulas de los compuestos que se desean eliminar. Se ha empleado con éxito en el tratamiento de efluentes de industrias textiles y petroquímicas.

3.1. TIPOS DE ADSORCIÓN SEGÚN LA INTERACCIÓN ENTRE EL SOLUTO Y EL ADSORBENTE

Hay 4 diferentes tipos de adsorción que son: la adsorción física, iónica, hidrofóbica y por afinidad.

3.1.1. Adsorción Física

La adsorción física se produce cuando la interacción entre adsorbato y adsorbente está dominada por las fuerzas de Van Der Waals, atracción débil entre las moléculas de ambos, además, pueden aparecer fuerzas electrostáticas: por desplazamiento parcial de las cargas en algún momento, se pueden generar dipolos inducidos que las mantendrían unidas. Debido a la naturaleza de esta interacción, se pueden formar más de una capa, favorable a temperaturas bajas, es reversible y se puede producir la desorción.

Energía de la fisorción

En la figura 3.2, se observa cómo la adsorción aumenta cuando las moléculas tienen que entrar en poros de dimensiones moleculares.

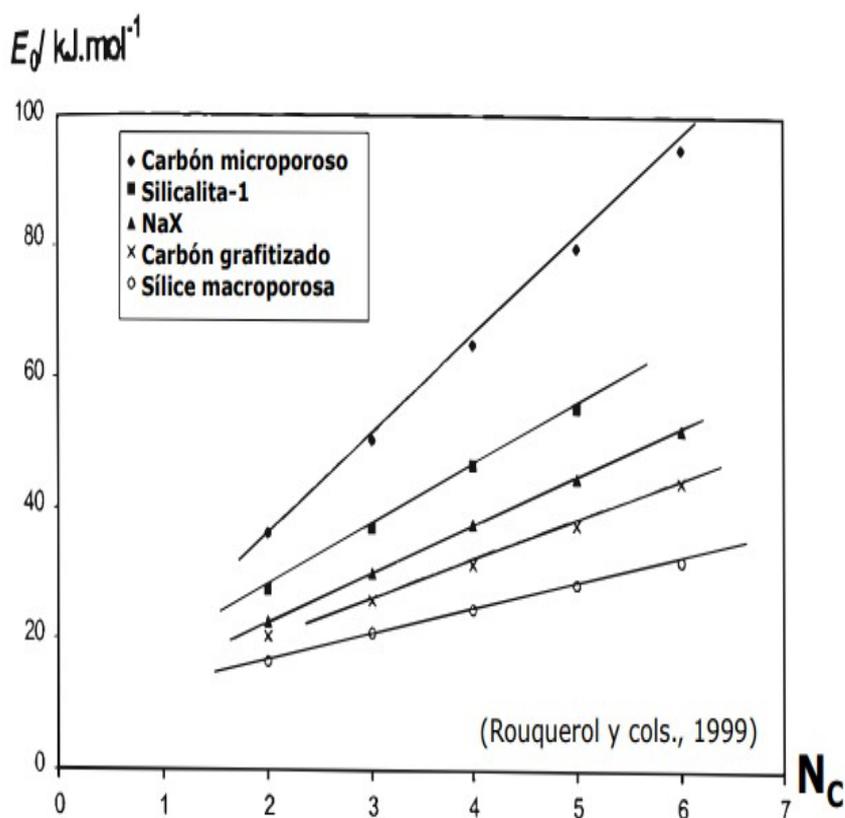


Figura 3.2 Energía de adsorción para diferentes adsorbentes

3.1.2. Adsorción química.

La adsorción producida mediante intercambio iónico es un proceso en el que los adsorbatos se transfieren de forma selectiva desde la fase fluida a la superficie de las partículas rígidas insolubles, suspendidas en un recipiente o empaquetadas en una columna.

En este tipo de adsorción se produce intercambio iónico (figura 3.3), entre las moléculas del adsorbente y las de la fase que interesa separar (adsorción química o quimisorción), sólo se puede formar una monocapa, toda vez que, una vez ocupada la zona interfacial ya no quedan moléculas de adsorbente libres, que puedan intercambiar iones. Este tipo de interacción es favorecida a temperaturas altas, no es un proceso reversible ya que la naturaleza del adsorbente cambia.

Ion-exchange chromatography



Here: cation-exchange resin; only cations
can be attracted to it;

mobile cations held near anions that are
covalently attached to stationary phase

Figura 3.3. Intercambio iónico en una quimisorción

En la tabla 3.1, se recogen las diferencias entre ambos tipos de adsorción.

Tabla 3.1. Diferencias entre adsorción física y química

| COMPARACIÓN ENTRE ADSORCIÓN FÍSICA Y QUÍMICA | |
|---|--|
| ADSORCIÓN FÍSICA | ADSORCIÓN QUÍMICA |
| Fenómeno general, no específico | Fenómeno específico |
| Bajo calor de adsorción (menos de 2 o 3 veces el calor latente de vaporización) | Alto calor de adsorción (del mismo orden de magnitud del cambio energético en reacciones químicas) |
| Monocapa o multicapa | Sólo monocapa |
| Sólo significativa a niveles térmicos relativamente bajos | Posible en un amplio intervalo de temperaturas. |
| Rápida, no activada y reversible | Activada, puede ser muy lenta e irreversible |
| Aplicación en operaciones de separación | Significativa en procesos de catálisis |
| No hay disociación de las especies adsorbidas | Puede haber disociación de las especies adsorbidas |

Fuente: (Boletín técnico. Seleccionando un sistema de adsorción para COV- clean Air Technology Center 2000)

3.1.3. Adsorción hidrofóbica

La adsorción hidrofóbica (figura 3.4), se produce por interacciones entre regiones hidrófobas del soluto y el adsorbente, de esta forma se queda el soluto depositado en las partículas adsorbentes.

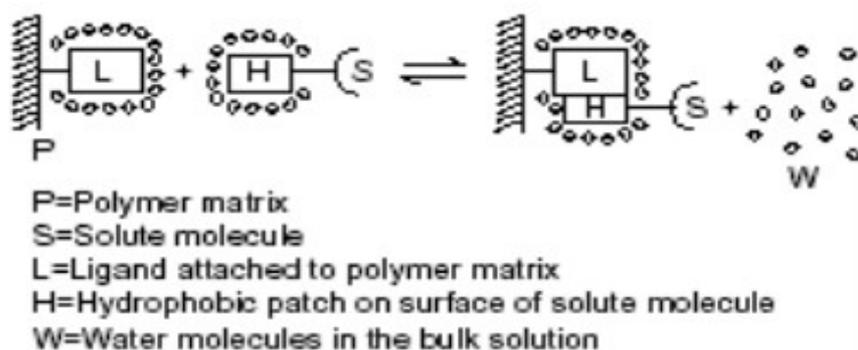
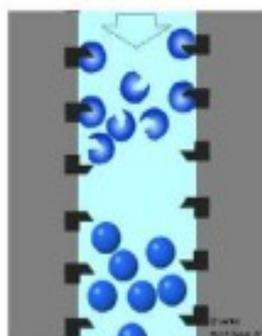


Figura 3.4. Adsorción hidrofóbica

3.1.4. Adsorción por afinidad

Por último dentro de los diferentes tipos de adsorción está la adsorción por afinidad, que se puede apreciar en la figura 3.5, los adsorbentes por afinidad se preparan inmovilizando sobre la superficie del soporte los ligandos que interaccionan específicamente con las macromoléculas de interés.

Affinity chromatography



One kind of molecule in complex mixture becomes attached to molecule that is covalently bound to stationary phase; all other molecules simply wash through.

Figura 3.5. Adsorción por afinidad

3.2. RELACIONES DE EQUILIBRIO. TIPOS DE ISOTERMAS

En el análisis de los procesos de adsorción los datos de equilibrio se expresan normalmente como isotermas de adsorción y por lo tanto para el diseño, cálculo de eficiencias y costos en la adsorción. Las isotermas permiten estimar el grado de purificación que puede ser alcanzado, y la sensibilidad del proceso respecto a la concentración del producto.

En la adsorción sólido-líquido, el adsorbato pasa del seno de la disolución líquida a la superficie interfacial del adsorbente. La concentración del adsorbato depositado sobre el adsorbente va aumentando a medida que el proceso de adsorción avanza, a la vez que se produce una disminución de éste en la fase fluida, a medida que la diferencia de concentraciones entre ambas fases disminuye, también lo hará la velocidad con la que se produce la transferencia de masa entre ambas fases.

Después de un tiempo de contacto lo suficientemente largo, se establece un equilibrio dinámico en la superficie del adsorbente entre las moléculas del adsorbato que permanecen en la fase líquida y las de adsorbato que han sido adsorbidas en la fase sólida. Esta distribución del adsorbato entre las fases líquida y sólida representa el equilibrio de adsorción, que es función de una serie de parámetros tales como la concentración y naturaleza del adsorbato (o adsorbatos), la naturaleza del adsorbente, la temperatura y el pH.

Las representaciones gráficas o matemáticas de esta distribución constituyen las curvas o ecuaciones de equilibrio, respectivamente, las cuales se conocen también como isotermas de equilibrio, ya que se llevan a cabo a temperaturas determinadas .

Así pues, se puede definir una **isoterma de adsorción** como la relación que muestra la distribución del adsorbato entre la fase adsorbida y la disolución en equilibrio, a una temperatura determinada. Dicha distribución es un factor importante para establecer la capacidad de adsorción del adsorbente, la cual puede calcularse a partir de un balance de masa en el sistema donde se lleva a cabo el experimento de equilibrio,

$$q_e = \frac{V(C_0 - C_e)}{M} \quad (1)$$

donde q_e es la capacidad de adsorción, V el volumen del sistema, M la masa de adsorbente, C_0 y C_e (equilibrio) representan las concentraciones inicial y final de soluto en la fase fluida, respectivamente.

TIPOS DE ISOTERMAS

La isoterma de adsorción como tal, se obtiene al representar gráficamente cómo varía q_e frente a C_e . Los tipos de isotermas más comunes se detallan en la figura 3.6.

Según la forma de la curva que se obtenga al representar los valores correspondientes a las concentraciones de equilibrio en la fase fluida (C_e) y la fase sólida (q_e), las isotermas se clasifican en:

3.2.1. Isotherma Tipo C

Tiene la forma de una línea recta (Figura 3.6 Parte [a]). La concentración de adsorbato en la fase sólida, es tanto mayor (linealmente) cuanto más lo sea la del adsorbivo en la líquida, en condiciones de equilibrio.

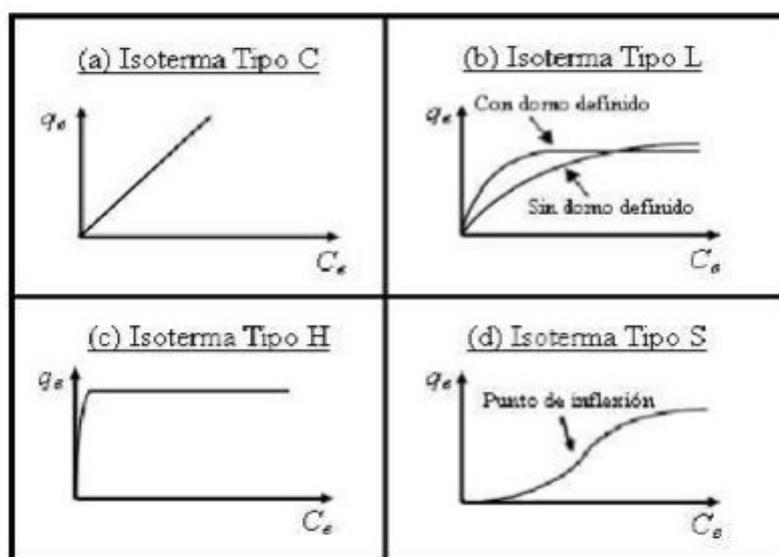


Fig. 3.6. Tipos de isotermas según su forma.

Fuente: (Sorption isotherms: A review on physical bases, modeling and measurement - G.Limousin, 2007)

3.2.2. Isotherma Tipo L

Es la más común. Presenta la forma de una curva cóncava respecto al eje de las abscisas (Figura 3.6. Parte [b]). Si se analiza cómo varía la concentración de adsorbato retenido por

el adsorbente frente a la concentración de adsorbtivo en la fase líquida (en condiciones de equilibrio), se observa que para concentraciones bajas de este último, la de adsorbato retenido aumenta hasta alcanzar un máximo (domo de la curva), a partir de ahí, disminuye ligeramente para concentraciones mayores del adsorbtivo, lo que apunta a una saturación progresiva del adsorbente,

En el caso de que la curva no presente un domo definido, la cantidad que se retiene aumenta con el aumento de la concentración del adsorbtivo en la fase fluída (en situación de equilibrio), el adsorbente no muestra una capacidad de adsorción definida.

La Teoría de Langmuir puede explicar el fenómeno de la adsorción cuya representación gráfica es la curva cóncava con domo y la de Freundlich para el que la curva no presenta ningún domo definido; normalmente este caso se da para adsorbentes heterogéneos. No siempre es fácil distinguir entre ambos.

3.2.3. Isotherma Tipo H

Es un caso particular de la isoterma tipo L (Figura 3.6. Parte [c]). Un análisis de la representación gráfica, nos lleva a concluir que la capacidad adsorbente del sólido es muy grande incluso para concentraciones bajas del adsorbtivo (en equilibrio) y que a partir de un valor determinado de la concentración de éste, la capacidad de adsorción del sólido se mantiene.

3.2.4. Isotherma Tipo S

Isotherma con forma de ese y que presenta un punto de inflexión. Este tipo de isothermas se dan cuando en el proceso de adsorción intervienen compuestos orgánicos apolares, (Figura 3.6. Parte [d]).

3.3. FACTORES QUE AFECTAN AL EQUILIBRIO DE ADSORCIÓN

Algunos de los factores que afectan al equilibrio de adsorción, se indican a continuación:

3.3.1 Temperatura

Hay situaciones en las que pequeñas variaciones de temperaturas afectan muy poco al equilibrio de adsorción del sistema sólido-líquido, sin embargo, para muchos casos, si que el equilibrio se puede ver afectado por variaciones de temperaturas al producir éstas cambios en el sistema como: (a) aumento de la velocidad de difusión de las moléculas de adsorativo a la superficie interfacial del sólido como consecuencia de la disminución de la viscosidad del líquido (b) las moléculas de adsorbato ganan energía cinética, pudiendo alcanzar la necesaria para abandonar la matriz del sólido y volver a la fase líquida, lo que conlleva que se pueda producir una disminución en la capacidad adsorbente de éste.

3.3.2. Naturaleza del adsorbente

En el caso que nos incumbe, la organoarcilla, las características que tienen mayor influencia en la capacidad de adsorción y en la selectividad del proceso son: (a) la gran superficie interfacial que permite la adsorción del 40/60 % en masa (de adsorbato) de la masa del adsorbente, (b) la materia mineral que contiene que permite la adsorción selectiva de los adsorativos del fluido y (c) el tamaño de poros que favorece el aumento de superficie por gramo de sólido.

3.3.3. Naturaleza del adsorbato

Entre las características del adsorbato que ejercen mayor influencia en la capacidad de adsorción se destacan: el tamaño, la solubilidad, el pKa y la estructura química. Por lo general se cumple que: (a) Cuanto mayor sea la molécula de adsorativo, tanto mayor será la dificultad para acceder a la superficie del adsorbente, lo que conlleva que se produzca un descenso en la efectividad de la adsorción, (b) cuanto más soluble sea el adsorativo, la probabilidad de que se difunda desde la fase líquida a la interfase sólida es menor, (c) cómo afecta la estructura química es bastante más complejo de explicar.

3.3.4. pH de la disolución

El pH es un factor muy importante a tener en cuenta en el proceso de adsorción en cuanto que controla el grado de disociación o ionización de las especies presentes en la fase fluída. Las interacciones electrostáticas entre adsorbtivo-adsorbato se ven influenciadas por este factor, que determinará la cantidad de adsorbato que quedará retenido sobre la superficie del sólido, por tanto, también afectará a la interacción adsorbato-adsorbente.

3.3.5. Concentración inicial del soluto

Cuanto mayor sea la concentración del adsorbtivo en la fase fluída, tanto mayor será la probabilidad de que las moléculas de éste se difundan hacia la red porosa y sea adsorbido por el adsorbente; por tanto, a mayor concentración inicial del adsorbtivo, mayor será la capacidad de retención del adsorbente.

En los equipos de contacto, el tiempo de residencia del fluido ha de ser el suficiente para que tenga lugar una mayor adsorción. El tiempo de ruptura en el caso de un lecho fijo será menor cuanto mayor sea la concentración inicial de adsorbtivo

3.4. CINÉTICA DE ADSORCIÓN

El estudio de las isothermas de adsorción permite determinar para un sistema soluto-adsorbente, el grado de separación que puede ser logrado y la sensibilidad del proceso respecto a la concentración del soluto.

Sin embargo, para el desarrollo del modelo de la adsorción es necesario poder establecer, mediante el empleo de coeficientes de transferencia de masa, la velocidad de la adsorción o el tiempo necesario para alcanzar una cierta separación.

La velocidad efectiva de la adsorción depende tanto de las condiciones de operación (flujo, temperatura, composición y presión), como de la configuración del sistema (intermitente, columna,..) y del tamaño del equipo donde se realizará la operación. El estudio de estos dos efectos se divide en dos grandes conceptos:

- Los mecanismos de transporte (físicos y químicos)
- Los efectos de mezclado

3.4.1. Mecanismos de transporte

Para que una partícula de soluto pueda ser adsorbida en la superficie de un poro del adsorbente, el soluto tiene que pasar del seno de la fase líquida a la superficie del adsorbente. Varias resistencias al movimiento del soluto existen en este proceso que pueden visualizarse principalmente como:

- Resistencia de la película del líquido que rodea al adsorbente

El soluto difunde desde el seno del líquido a través de la película de líquido que rodea a la partícula de adsorbente.

- Resistencia a la difusión en el seno del adsorbente

El soluto difunde a través del seno del adsorbente, llamado “difusión en la fase del adsorbente”.

- Resistencia a la difusión dentro del poro

La adsorción se efectúa principalmente dentro del poro, por lo que el soluto debe difundir a través del líquido al interior de los poros.

- Resistencia a la difusión en la superficie

El soluto se une al sitio de adsorción por medio de una reacción de superficie, la cuál es más rápida que los procesos anteriores.

3.4.2. Efectos de mezclado

La velocidad de adsorción efectiva también puede disminuir por efectos de un mezclado imperfecto, uno de los modelos más utilizados para describir la desviación del comportamiento ideal del flujo al interior de las columnas, es el modelo de flujo de pistón

con dispersión, donde los efectos de la dispersión axial debida a remolinos y de la difusión molecular, se agrupan en el concepto del coeficiente efectivo de dispersión axial.

3.5. TIPOS DE ADSORBENTES

Los adsorbentes son materiales naturales o sintéticos de estructura amorfa y microcristalina. Los utilizados en gran escala son el carbón activo, la alúmina activa, la zeolita, el gel de sílice, la tierra de Fuller, otras arcillas, ...

Se han desarrollado muchos adsorbentes para una amplia gama de separaciones. Por norma, los adsorbentes tienen forma esférica, pequeños gránulos cuyos tamaños oscilan de 0,1 mm a 12 mm. Una partícula de adsorbente tiene una estructura muy porosa, con numerosos poros muy finos, cuyo volumen puede alcanzar hasta el 50% del volumen total de la partícula.

La adsorción suele ocurrir como una monocapa sobre la superficie de los poros, pero a veces se forman varias capas. La adsorción física, o de Van der Waals, por lo general sucede entre las moléculas adsorbidas y la superficie interna sólida del poro, y es fácilmente reversible.

La mayor parte de los adsorbentes son materiales altamente porosos y la adsorción tiene lugar fundamentalmente en el interior de las partículas sobre las paredes de los poros en puntos específicos. Puesto que los poros son generalmente muy pequeños, el área de la superficie interna es varios órdenes de magnitud superior al área externa y puede alcanzar valores tan elevados como 2000 m²/g.

La separación se produce debido a que diferencias de peso molecular o de polaridad dan lugar a que algunas moléculas se adhieren más fuertemente a la superficie que otras. En muchos casos el componente que se adsorbe (adsorbato) se fija tan fuertemente que permite una separación completa de dicho componente desde un fluido sin apenas adsorción de otros componentes.

El adsorbente puede regenerarse con el fin de obtener el adsorbato en forma concentrada o prácticamente pura.

Los materiales adsorbentes deben tener ciertas propiedades especiales, entre ellas:

- Alta capacidad de adsorción para reducir al mínimo la cantidad de adsorbente necesario.
- Alta selectividad para permitir separaciones específicas.
- Cinética de adsorción favorable -rápida transferencia de masa interfacial- para minimizar el tiempo de contacto.
- Estabilidad térmica y química, incluida una baja solubilidad al contacto con el fluido, a fin de conservar la cantidad de adsorbente y sus propiedades.
- Propiedades físicas y tamaño de partícula adecuados para asegurar una buena resistencia mecánica y facilidad de manejo, obteniendo la menor pérdida de carga posible en lechos fijos como en los móviles o fluidizados.
- Tendencia al flujo libre para la facilidad de llenado o vaciado de las columnas.
- Bajo costo.
- Fácil regeneración -por desorción- principalmente en el caso de los procedimientos continuos.

3.6. TECNOLOGÍA DE LOS PROCESOS DE ADSORCIÓN

Dependiendo del tipo del proceso industrial y de la naturaleza de los adsorbatos y adsorbentes a utilizar, se elige el tipo de dispositivo industrial. Cabe destacar entre ellos:

- Proceso llevado a cabo en tanques agitados: cuando el tamaño de partículas es muy pequeño (p. ej. carbón activo en polvo), tanto en operaciones continuas como discontinuas.

en cualquier caso, el tiempo de contacto, definido como el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio, es una importante variable de diseño. Generalmente suele calcularse a partir de resultados obtenidos en experimentos de laboratorio o de planta piloto para cada caso concreto.

- Cuando el adsorbente es de tipo granular resulta más eficiente hacer pasar la disolución a través de un lecho fijo de adsorbente. En la adsorción en lecho fijo, las concentraciones en la fase fluida y en la fase sólida varían con el tiempo y la posición en el lecho. Al principio la mayor parte de la transferencia de materia tiene lugar cerca de la entrada del lecho, donde el fluido se pone en contacto con adsorbente fresco. Si al comienzo el sólido no contiene adsorbato, la concentración en el fluido disminuye exponencialmente con la distancia hasta prácticamente cero antes de alcanzar el extremo final del lecho.

3.7. DESADSORCIÓN

Es la operación básica que consiste en la separación de sustancias adsorbidas sobre un sólido, por contacto con un fluido adecuado. Es la operación inversa a la adsorción, y suele desarrollarse consecutivamente a ésta para recuperar los componentes adsorbidos y para regenerar el adsorbente sólido. Para poder realizar la extracción del adsorbato se puede utilizar agua, aire o un gas inerte.

4. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE ENTRADA

En la tabla 4.1, se muestran las características que tiene el agua procedente de la refinería, que será posteriormente tratada en planta con el fin de reducir las concentraciones de aceites y grasas.

Tabla 4.1. Características del agua de entrada

| | |
|------------------------------------|----------|
| Caudal (m³/h) | 200 |
| Concentración (ppm) | 500 |
| Tipo de aceite | Emulsión |
| Temperatura (K) | 298 |
| Viscosidad (Pa.s) | 0,001 |
| Densidad (Kg/m³) | 1000 |

5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS COLUMNAS DE RELLENO

Para realizar el dimensionamiento de las columnas se ha hecho uso de datos bibliográficos con el fin de poder completar los cálculos y teniendo en cuenta que no hay prácticamente información en relación a las organoarcillas, se ha usado información relacionada con el carbón activado, dado que sus características son similares, se ha aprovechado esos datos para utilizarlos con la organoarcilla.

Para realizar el diseño de la columna se han seguido los siguientes pasos que se exponen a continuación:

1. Estimar un diámetro dentro de un rango de valores razonables.
2. Una vez estimado el diámetro, se determina el área de la columna.

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (2)$$

A: Área de la columna (m²)

D: Diámetro de la columna (m)

3. Teniendo en cuenta el caudal de entrada a cada torre y el área de ésta, se determina la velocidad lineal del flujo

$$v = \frac{Q_{ads}}{A} \quad (3)$$

v: Velocidad lineal en la columna (m/h)

Q_{ads} : Caudal que circula por la columna (m³/h)

4. Teniendo en cuenta el tiempo de contacto en la columna (EBCT) que aparece en las especificaciones y conociendo el caudal de entrada, se determina el volumen de relleno.

$$EBCT = \frac{(V_{org} \cdot 60 \text{ (min/h)})}{Q_{ads}} \quad (4)$$

EBCT: tiempo de contacto en la columna (min)

V_{org} : Volumen de organoarcilla (m³)

5. La masa de organoarcilla se determinará conociendo el volumen de organoarcilla y su densidad.

$$m_{org} = \rho_{org} \cdot V_{org} \quad (5)$$

6. Conocido el volumen de relleno, se determina la altura de relleno necesaria para realizar el tratamiento.

$$V_{org} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H_r \quad (6)$$

H_r : Altura de relleno en la columna

7. Una vez se ha determinado la altura de relleno, se calculan las pérdidas de presión producidas en la torre, de manera analítica y haciendo uso de los diferentes gráficos que se recogen de los artículos que se han usado.

8. Haciendo uso de la ecuación de Ergun (ecuación 7), para determinar pérdidas de carga en medios filtrantes, se determinará la pérdida de carga en la columna.

9. Una vez obtenidas las pérdidas de presión, se determina la altura de la columna teniendo en cuenta éstas y estableciendo un coeficiente de seguridad.

Ecuación de Ergun

$$\frac{\Delta p}{H_r} = k_1 \frac{\mu}{D_p^2} \frac{(1-E)^2}{E^3} v + k_2 \frac{\rho}{D_p} \frac{(1-E)}{E^3} v^2 \quad (7)$$

Δp : Pérdida de carga en lecho filtrante (Pa)

k_1 : Constante específica de la ecuación de Ergun (150)

μ : Viscosidad del fluido (Pa.s)

D_p : Diámetro de partícula (m)

E: Porosidad

k_2 : Constante específica de la ecuación de Ergun (1,75)

ρ : Densidad del fluido (Kg/m³)

v: Velocidad del fluido en la columna (m/s)

Para determinar la porosidad se utiliza la siguiente ecuación en función de la densidad del lecho y la densidad real del sólido.

$$E = 1 - \frac{\rho_{lecho}}{\rho_{real.sól}} \quad (8)$$

ρ_{lecho} : densidad del lecho (kg/m³)

$\rho_{real.sól}$: Densidad real del sólido (kg/m³)

A continuación se muestran en la tabla 5.1, los valores obtenidos en el dimensionamiento de las torre.

Tabla 5.1. Valores obtenidos dimensionamiento de las torres.

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Diámetro de la columna (m) | 2 |
| Altura de la columna (m) | 4 |
| Altura de relleno (m) | 2,39 |
| Pérdida de carga (mbar) | 26,11 |
| EBCT (min) * | 9 |

* Según ficha técnica de la organoarcilla

5.1. ORGANO- ARCILLA MCM 830P . CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

La organoarcilla que se utilizará en la columna de relleno en estudio, será la Organoarcilla MCM-830-P.

5.1.1. Razones para la elección de la Organoarcilla MCM-830-P

La elección de este tipo de organoarcilla frente a otras, se basa en:

- Sus características organófilas, que permiten retener una gran cantidad de hidrocarburos.
- Capacidad para retener entre un 50-60% de su masa, de adsorbato.
- Facilidad, gran rendimiento y bajo coste de recuperación.

5.1.2. Beneficios del uso de Organoarcilla

Un medio de adsorción que ahorra costes: cuando se utiliza solo, Organoarcilla elimina el aceite en un 700% de la tasa del carbón activado y reduce sus costes operativos en un 50% o más.

Organoarcilla aumenta la eficacia del proceso de tratamiento: los gránulos de arcillas tratados con amina catiónica tienen la capacidad de capturar entre el 50 y el 60% de su peso en aceite, grasas y otros compuestos orgánicos de baja solubilidad.

5.1.3. Aplicación Organoarcillas

Está diseñado para el funcionamiento en columna. El medio debe colocarse en recipientes de contacto de fluidos del tamaño adecuado. La organoarcilla debe ser humedecida y desgasificada con agua limpia durante un mínimo de 1 hora antes de la introducción de contaminantes para evitar la canalización de fluidos dentro del lecho del medio.

5.1.4. Almacenamiento y manipulación:

Almacenar en un lugar seco. Evitar las temperaturas extremas. Evitar respirar el polvo.

5.1.5. Eliminación de hidrocarburos con organoarcilla MCM-830P: ventajas en comparación con carbón activado granular (GAC)

Elimina completamente los hidrocarburos libres de las aguas residuales y también elimina los hidrocarburos disueltos, incluyendo benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX). El producto no absorbe los hidrocarburos, sino que los adsorbe, lo que no deja ningún subproducto del proceso.

En la tabla 5.2, se recogen las características de la organoarcilla.

Tabla 5.2.. Especificaciones Organoarcilla MCM-830-P

| | |
|------------------------------------|----------|
| Apariencia | Gránulos |
| Densidad (kg/m³) | 704,626 |
| Tamaño de gránulo (mm) | 2,36 |
| Volumen de vacío (%) | 35 - 45 |
| Rango de pH | 2 - 12 |
| Rango de temperatura (°C) | 0,5 – 82 |
| Punto Flash (°C) | 204 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

En la tabla 5.3, se recoge una comparativa entre la organoarcilla y el carbón activado granular (GAC), que es el que se utiliza en las torres de adsorción.

Tabla 5.3. Comparativa entre organoarcilla y GAC

| CARACTERÍSTICAS | ORGANOARCILLA | CARBÓN ACTIVADO |
|--|---|--|
| Superficie Específica | Puede alcanzar hasta los 2000 m ² /g | Entre 500 y 1500 m ² /g |
| Capacidad de adsorción | Entre el 50 – 60 % de su propio peso en seco | Entre el 20 – 50 % de su propio peso en seco |
| Velocidad de adsorción | Rápida | Rápida |
| Fijación en su superficie | De moléculas: -surfactantes -hidrofílicas -lipofílicas | La mayoría de las moléculas orgánicas, las más ligeras y menos polares se fijan con dificultad |
| Velocidad de remoción de aceites y grasas | 700% superior a la del carbón activado | Baja |
| Necesidad de activación | No | Si |
| Estabilidad química | Alta | Media |
| Desadsorción de los hidrocarburos adsorbidos | No | Sí |
| Colocación de las torres de adsorción | En paralelo | En serie: sale GAC por la parte inferior de la columna que se introduce en la siguiente |
| Regeneración | Con corriente de agua a presión | Térmica que requiere: - fuertes inversiones - pérdida del GAC entre un 7 10% por regeneración. |
| Coste | Muy bajo | Alto |

Aunque ambos adsorbentes tienen algunas características muy similares, otras como la necesidad de activación del GAC, la diferencia entre la capacidad de adsorción entre ambas, la facilidad de regeneración, el coste, etc., hace pensar que en un futuro no muy

lejano, la adsorción con organoarcillas va a ir desplazando a la utilización del GAC para la eliminación de los aceites y grasas procedente de las refinerías de petróleo.

6. PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA

A continuación se muestra un diagrama de flujo general (figura 6.1) de la planta, donde aparecen tanto el circuito de adsorción como el circuito de limpieza.

A la hora de diseñar la planta, se ha elegido establecer cuatro columnas de relleno en paralelo con el fin de poder tratar los 200 m³/h, se considera conveniente esta cantidad de columnas porque el flujo que circula por cada una de ellas se considera adecuado, ni muy alto, ni muy bajo; las ramas son idénticas, lo que facilita los cálculos, ya que las pérdidas en todas las ramas son iguales, es cierto que las conducciones del DAF hasta las entradas de las bombas en el sistema de adsorción, varían, pero esta variación casi no influye a la hora de realizar el cálculo, es por ello, que a la hora de determinar la presión de entrada a las bombas, se ha supuesto que es la misma en todas, se ha realizado un BEM en una rama realizando un balance general para poder determinarla.

“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

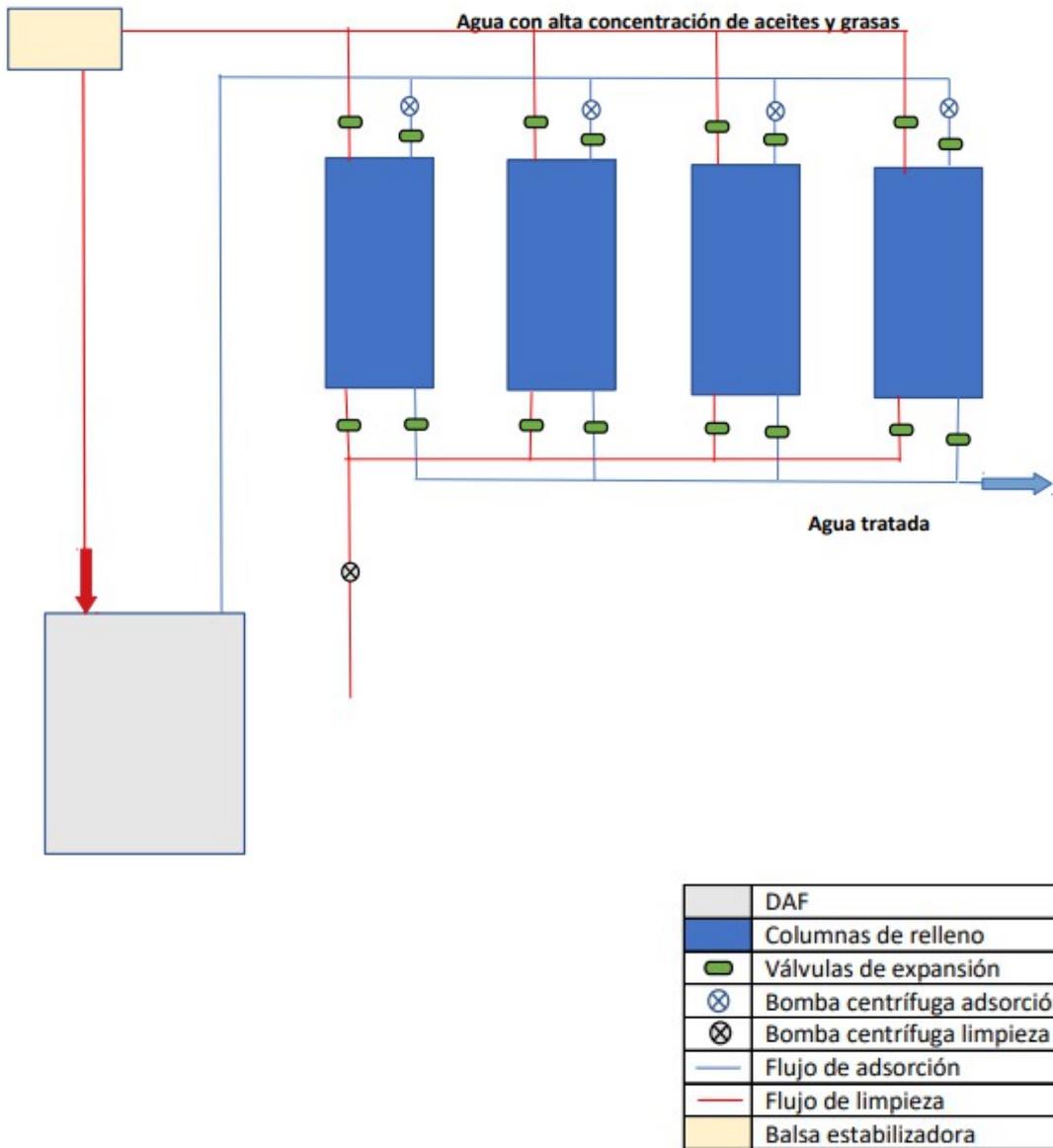


Figura 6.1.. Diagrama de flujo de la PTAR procedente de una refinería

6.1. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE ENTRADA A LA BOMBA EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN.

Para poder conocer la presión con la que llega el fluido procedente del DAF a la bomba, en el proceso de adsorción, se ha de realizar un balance de energía mecánica (BEM) desde la superficie del DAF hasta las diferentes bombas (Figura 6.2); teniendo en cuenta la simetría de la instalación se han realizado los cálculos en el intervalo que puede variar la presión.

Hay que tener en cuenta que la superficie del DAF está a presión atmosférica, que los diámetros de las conducciones varían en función del caudal que se esté manejando y los diferentes accidentes en esa zona de la instalación, como el reductor entre las conducciones de diferentes diámetros, así como las longitudes de conducción.

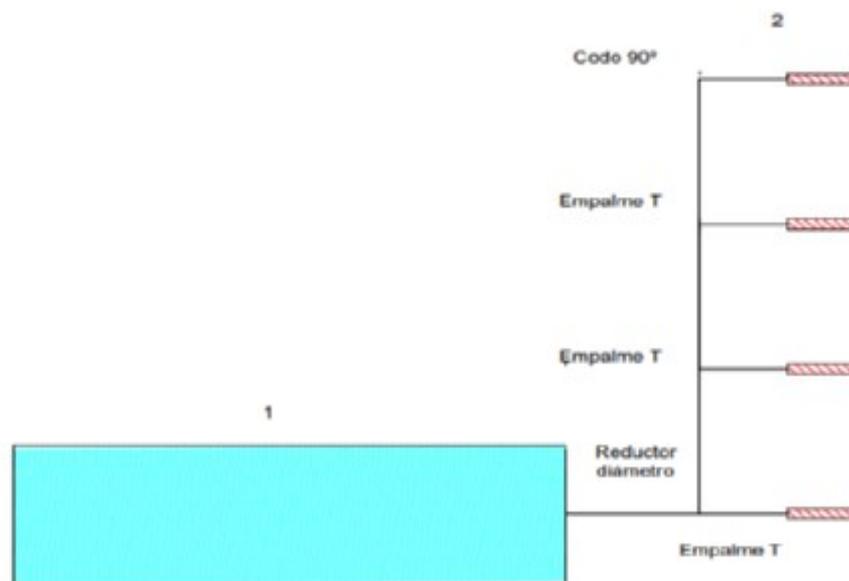


Figura 6.2. Puntos entre los que se aplica el BEM con sus diferentes accidentes

A continuación se muestra en la tabla 6.1, los datos necesarios para la determinación de la presión a la entrada de la bomba.

Tabla 6.1. Cálculo presión de llegada del fluido a las bombas en el proceso de adsorción

| | |
|---|--------|
| $P_{\text{superficie DAF}}$ (bar) | 1,013 |
| Q_1 (m³/h) | 0,00 |
| Q_2 (m³/h) | 50 |
| v_2 (m/s) | 0,7495 |
| v_1 (m/s) | 0,00 |
| D_2 (m) | 0,1536 |
| z_1 (m) | 2,86 |
| z_2 (m) | 0,00 |
| ΔF_a (J/kg) | 8,951 |
| ΔF_R (J/kg) | 1,165 |
| $P_{\text{llegada bomba}}$ (bar) | 1,177 |

6.2. SIMULACIÓN DEL TRANSPORTE DEL FLUIDO EN LA ADSORCIÓN.

Para realizar la simulación del proceso de depuración o purificación del agua procedente de la refinería haciendo uso del programa ProSimplus, se ha tenido que realizar alguna modificación con el fin de poder facilitar los cálculos.

En primer lugar, el programa no trabaja con flujo bifásico y teniendo en cuenta que la cantidad de aceites y grasas a la entrada es considerablemente pequeña comparada con la cantidad de agua, se ha despreciado el contenido en aceite de la corriente efluente para de esta manera, poder trabajar el programa en flujo monofásico, como si la corriente efluente solo fuera el agua. Por otra parte, se ha tenido que seleccionar el **Modelo Termodinámico de las Ecuaciones De Estado Runge Kutta Generalizado**, para establecer los parámetros necesarios para realizar la simulación.

Otra de las cosas a tener en cuenta a la hora de realizar la simulación es que el programa solo trabaja en continuo, las torres de relleno son equipos que operan en discontinuo lo que es un problema y no permite que se trabajen con el programa, por esa razón se ha considerado la torre de relleno como un elemento exclusivamente de pérdida de carga del sistema, sin modelizar el proceso de adsorción, para el cálculo de la pérdida de carga (constante durante la duración del proceso, es decir, 24 horas) se ha considerado el valor obtenido de la ecuación de Ergun.

Cabe destacar que en el sistema se colocarán unas válvulas que irán controladas mediante control remoto y se irán abriendo y cerrando en función de los tiempos de operación y las paradas para realizar la limpieza en cada torre.

A continuación se muestra una imagen del diagrama de flujo representado con el programa ProSim (figura 6.3.), mediante este diagrama se ha podido determinar tanto las pérdidas de carga producidas durante el proceso, así como la potencia necesaria que ha de tener la bomba para poder impulsar el fluido en el proceso de adsorción.

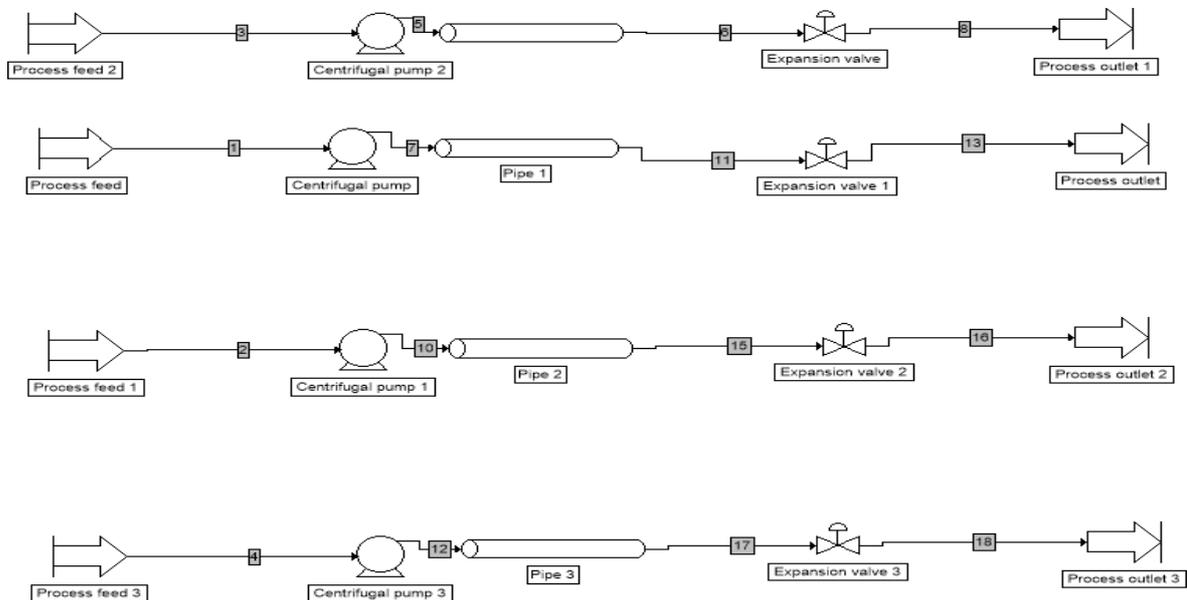


Figura 6.3. Diagrama de flujo del proceso de adsorción representado con el ProSim

En la figura 6.4, se muestran todos los accidentes que hay en las diferentes ramas de la instalación para la realización de la adsorción, desde las bombas centrífugas hasta que sale

de la torre de relleno, teniendo en cuenta que todas las ramas son idénticas, se ha representado el perfil de una de ellas.

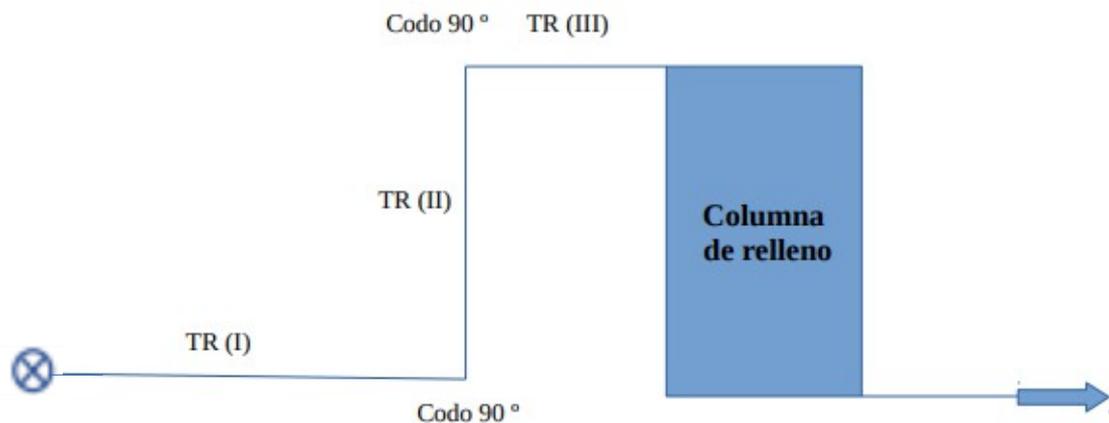


Figura 6.4. Perfil del sistema de adsorción con sus diferentes accidentes

A continuación se recogen los diferentes parámetros que han sido estimados mediante el simulador; teniendo en cuenta que todas las ramas tienen las mismas dimensiones y que los diámetros no varían, se exponen las pérdidas de una de las ramas ya que todas tienen las mismas pérdidas.

- **Bombas centrífugas**

En la tabla 6.2, se representa la potencia necesaria de trabajo de las bombas para poder impulsar el fluido y que llegue hasta su destino final.

- **Conducciones**

La relación entre la rugosidad relativa y absoluta para el PVC viene dado por:

$$\varepsilon = \frac{k}{D} \quad (9)$$

Tabla 6.2. Determinación potencia necesaria de trabajo de las bombas

| | |
|--|-------|
| P_{entrada} (bar) | 1,177 |
| P_{salida} (bar) | 1,732 |
| Incremento de presión en la bomba (bar) | 0,555 |
| Potencia de trabajo de la bomba (kW) | 1,1 |

ϵ : Rugosidad relativa del material

k: Rugosidad absoluta material (mm)

D: Diámetro de la conducción (mm)

- **Tramos rectos (I)**

En la tabla 6.3 se muestra la pérdida de carga de tramos rectos (I), que es la conducción que llevará el fluido desde la salida de las bombas del proceso de adsorción.

Tabla 6.3. Pérdida de carga tramos rectos (I)

| | |
|--|-------|
| Longitud (m) | 30 |
| Altura (m) | 0 |
| Pérdida de carga (mbar) | 19,26 |
| Diámetro interno de la tubería (mm) | 153,6 |

- **Accidentes**

En la tabla 6.4, se muestra la pérdida de carga de los diferentes accidentes en el proceso de adsorción.

Tabla 6.4. Pérdida de carga en accidentes

| | |
|---|--------------|
| Tipo de accidente | Codo de 90 ° |
| Número de accidentes en cada rama de proceso | 2 |
| Pérdida de carga por accidente (mbar) | 1,45 |
| Pérdida de carga total por accidente en cada rama (mbar) | 2,90 |

- **Tramos rectos (II)**

En la tabla 6.5, se muestra la pérdida de carga en tramos rectos (II), que es el tramo de subida de la conducción para llevar el fluido hasta el conducto que va a conectar con la torre.

Tabla 6.5. Pérdida de carga en tramos rectos (II)

| | |
|--|-------|
| Longitud (m) | 0 |
| Altura (m) | 4 |
| Pérdida de carga (mbar) | 1,26 |
| Diámetro interno de la tubería (mm) | 153,6 |

- **Tramos rectos (III)**

En la tabla 6.6, se muestra la pérdida de carga en tramos rectos (III), que es la conducción que conecta la salida de la bomba con la entrada a la columna.

Tabla 6.6. Pérdida de carga en tramos rectos (III)

| | |
|---|-------|
| Longitud (m) | 2 |
| Altura (m) | 0 |
| Pérdida de carga (mbar) | 0,63 |
| Diámetro interno de la tubería en (mm) | 153,6 |

- **Válvulas de expansión**

En la tabla 6.7 se muestra las pérdidas de carga producidas en la columna en el proceso de adsorción que han sido simuladas en el ProSim, como si fueran válvulas de expansión debido a que el programa no es capaz de trabajar en discontinuo y solo se puede operar con él en sistemas continuos.

Tabla 6.7. Pérdidas producidas en las columnas de relleno.

| | |
|--------------------------------|-------|
| Pérdida de carga (mbar) | 26,11 |
|--------------------------------|-------|

6.3. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SATURACIÓN DE LA ORGANOARCILLA

Para estimar el tiempo que tarda en saturarse la organoarcilla en la torre, se ha realizado un cálculo teniendo en cuenta las concentraciones de entrada y salida de la torre, la diferencia de éstas es la que determina la cantidad de aceite que ha adsorbido la organoarcilla, además, como se sabe la cantidad de organoarcilla en la torre, que su capacidad de adsorción es de un 60 % su peso en seco, que el rendimiento de adsorción es del 99% y el caudal que circula por ésta (50 m³/h), se ha podido determinar el tiempo de saturación de la organoarcilla.

A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que se han utilizado para determinar el tiempo de saturación de la organoarcilla.

$$C_{ac} = C_e - C_s \quad (10)$$

C_{ac} : Concentración del aceite que se acumula en la torre en la adsorción (ppm ó kg/m³).

C_e : Concentración de entrada (ppm ó kg/m³)

C_s : Concentración de salida (ppm ó kg/m³)

$$C_{ac} \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{C_{ac} \text{ (ppm)}}{10^3}$$

$$m_R = 0,6 \cdot m_{org} \cdot \eta \quad (11)$$

$$M_{ac} = C_{ac} Q_{ads} \quad (12)$$

M_{ac} : Flujo másico de aceite que se acumula en la torre (kg/h)

Q_{ads} : Caudal de fluido en cada una de las torres en el proceso de adsorción (m³/h)

η : Eficacia en la adsorción (0,99)

$$t_s = \frac{m_{org} \cdot 0,6 \cdot \eta}{M_{ac}} \quad (13)$$

t_s : Tiempo de saturación (h)

m_{org} : Masa de organoarcilla en la torre (kg)

En la tabla 6.8, se recogen todos los parámetros necesarios para el cálculo del tiempo de saturación en la torre de adsorción.

Tabla 6.8. Cálculo del tiempo de saturación de la organoarcilla.

| | |
|---|---------|
| Concentración de entrada a la torre (ppm) | 120 |
| Concentración de salida de la torre (ppm) | 10 |
| Cantidad de organoarcilla en la torre (kg) | 5284,7 |
| Cantidad de aceite adsorbido (kg) | 3170,82 |
| Tiempo de saturación (h) | 582,34 |
| Tiempo de saturación (d) | 24,26 |

6.4. LIMPIEZA DE LA ORGANOARCILLA

6.4.1. Cálculo del tiempo de lavado mínimo

Para proceder al estudio de la limpieza de la organoarcilla, previamente se va a determinar el tiempo mínimo de lavado necesario para desadsorber toda la grasa y aceites retenidos durante el periodo de adsorción (24 h)

$$m_R = t_{ads} \cdot M_{ac} \quad (14)$$

m_R : Masa de aceite retenida en el proceso de adsorción (kg)

t_{ads} : Tiempo de adsorción (h)

Esta masa retenida, representa el 60% de la masa total de la Organoarcilla

$$m_{org} = \frac{m_R}{0,60} \quad (15)$$

m_{org} : Masa de organoarcilla sobre la que se ha depositado el aceite (kg)

$$V_{org} = \frac{m_{org}}{\rho_{org}} \quad (16)$$

V_{org} : Volumen que ocupa la Organoarcilla sobre la que se ha depositado el aceite (m³)

ρ_{org} : Densidad de la Organoarcilla (kg/m^3)

El tiempo de limpieza mínimo necesario para que la Organoarcilla quede limpia será:

$$t_{Lm} = \frac{V_{org}}{Q_L} \quad (17)$$

t_{Lm} :Tiempo de limpieza mínimo para desadsorber toda la grasa retenida (h)

Q_L : Caudal de agua en el lavado (m^3/h)

Se toma un tiempo de lavado superior al mínimo exigido, para garantizar que además de producirse totalmente la desadsorción, las grasas y aceites sean extraídos completamente de la columna.

6.4.2. Determinación de la concentración del aceite procedente del lavado

Para poder realizar la limpieza de la organoarcilla se necesita una bomba con la suficiente potencia como para poder impulsar el fluido de lavado que es el agua, por otra parte, es conveniente obtener efluentes concentrados que posteriormente serán conducidos a la balsa estabilizadora, y de ésta se recirculará al DAF, que trabaja mejor con concentraciones altas de aceite.

Es por ello, que para el proceso de limpieza se ha establecido un caudal de **5 m^3/h** y el tiempo de limpieza **de 10 minutos**. Estos datos se han basado en otros procesos de adsorción revisados en la bibliografía.

La recuperación de la organoarcilla en el proceso de limpieza es del 100%, es decir, se recupera todo el aceite y la grasa retenidos.

A continuación, se muestran las diferentes ecuaciones para llegar a determinar la concentración de aceites y grasas a la salida de la torre después del lavado:

$$m_R = t_{ads} \cdot M_{ac} \quad (14)$$

$$M_L = \frac{m_R}{t_L} \quad (18)$$

M_L : Flujo másico del aceite en el lavado (kg/h)

$$C_{SL} = \frac{M_L}{Q_L} \quad (19)$$

C_{SL} : Concentración de aceites y grasas a salida de la torre en el lavado (kg/m³)

El volumen de agua utilizada en la limpieza de cada torre será:

$$V_L = Q_L t_L \quad (20)$$

V_L : Volumen de agua utilizada para lavar cada torre (m³)

$$V_{TL} = 4 V_L \quad (21)$$

V_{TL} : Volumen total de agua utilizada en el ciclo completo (m³)

6.4.3. Determinación del flujo másico teórico que se puede recircular

La cantidad de agua de lavado que se puede recircular, vendrá determinada por la condiciones impuestas a la salida del DAF : caudal de 200 (m³/h) y 120 ppm. Condiciones habituales a las que pueden operar las torres de adsorción.

Si se hace un balance de materia al DAF (Figura 6.5), se tiene que cumplir:

$$x(Q_{ref} C_{ref} + Q_R C_{SL}) = Q C \quad (22)$$

x : Porcentaje máximo teórico que indica qué cantidad de agua se puede recircular al DAF



Figura 6.5. DAF

Q_{ref} : Caudal de agua procedente de la refinería (200 m³/h)

C_{ref} : Concentración del agua procedente de la refinería (0,5 kg/m³)

Q_R : Caudal de agua procedente de la balsa estabilizadora (m³/h)

C_{SL} : Concentración del agua procedente de la balsa estabilizadora (kg/m³)

Q : Caudal de agua que sale del DAF para dirigirse a las torres de adsorción. (200 m³/h)

C : Concentración del agua que sale desde el DAF para dirigirse a las torres de adsorción (0,120 kg/m³)

se cumple que en la ecuación (22):

$$Q_R C_{SL} > 0$$

$$\frac{QC}{x} - Q_{ref} C_{ref} = Q_R C_{SL} > 0 \quad (23)$$

$$\frac{QC}{x} > Q_{ref} C_{ref} \quad (24)$$

$$x < \frac{QC}{Q_{ref} C_{ref}} \quad (25)$$

Con la ecuación (22) teniendo en cuenta la expresión (25), se determinará la cantidad de flujo másico que se puede enviar desde la balsa estabilizadora al DAF.

6.4.4. Determinación del flujo másico real que llegará al DAF desde la balsa estabilizadora

El agua de lavado irá a una balsa estabilizadora y desde allí se recirculará hacia el DAF. Hay 2 formas de hacer llegar este agua, súper concentrada, al DAF.

- Mandarla de una sola vez, es decir, el volumen de lavado de las 4 torres se envía todo al DAF y el resto del tiempo, sólo llegará el efluente de la refinería.

- Hacer que el agua recogida en el proceso de lavado de las torre se vierta a la balsa estabilizadora y desde allí al DAF con un caudal en el que se reparte el volumen total de lavado en las 24 horas, de esta forma, se consigue que al DAF entre siempre el mismo caudal total. Se ha elegido esta segunda opción porque facilita mucho los cálculos.

$$Q_R = \frac{V_{TL}}{t_{ads}} \quad (26)$$

Q_R : Caudal con el que se recirculará el agua procedente de la balsa al DAF.

T_{ads} : Tiempo que dura la adsorción en cada torre (24 h)

Al hacer un balance en el DAF, se obtiene:

$$Q_{ref} \cdot C_{ref} + Q_R \cdot C_{SL} = Q \cdot C + Q_{DAF} \cdot C_{DAF} \quad (27)$$

En la tabla 6.9, se recogen todos los datos relacionados con la limpieza de cada una de las torres de adsorción, los parámetros son exactamente iguales en las 4 torres.

Tabla 6.9. Parámetros de la limpieza de cada torre

| | |
|---|---------|
| t_{Lm} (min) | 3,72 |
| t_L (real) (min) | 10 |
| Q_L (m³/h) | 5 |
| Pérdida de carga en la torre (Pa) (Ergun) | 226,611 |
| Concentración de salida (kg/m³) | 156,82 |

6.5. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LA BOMBA EN EL PROCESO DE LIMPIEZA

Para el proceso de limpieza, se ha determinado la pérdida de carga en las torres utilizando unas gráficas extraídas de la bibliografía y utilizando la ecuación de Ergun; mediante éstas,

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

se ha podido determinar que la pérdida de carga en el lavado es menor que en el proceso de adsorción.

Teniendo en cuenta las pérdidas de carga producidas en las torres, así como en las conducciones hacia la balsa, en función de éstas, se seleccionará la bomba con la potencia necesaria para poder impulsar el fluido.

Para determinar la pérdidas de carga de las diferentes conducciones y accidentes , se debe plantear un balance de energía en el sistema de limpieza que se muestra a continuación (Figura 6.6.)

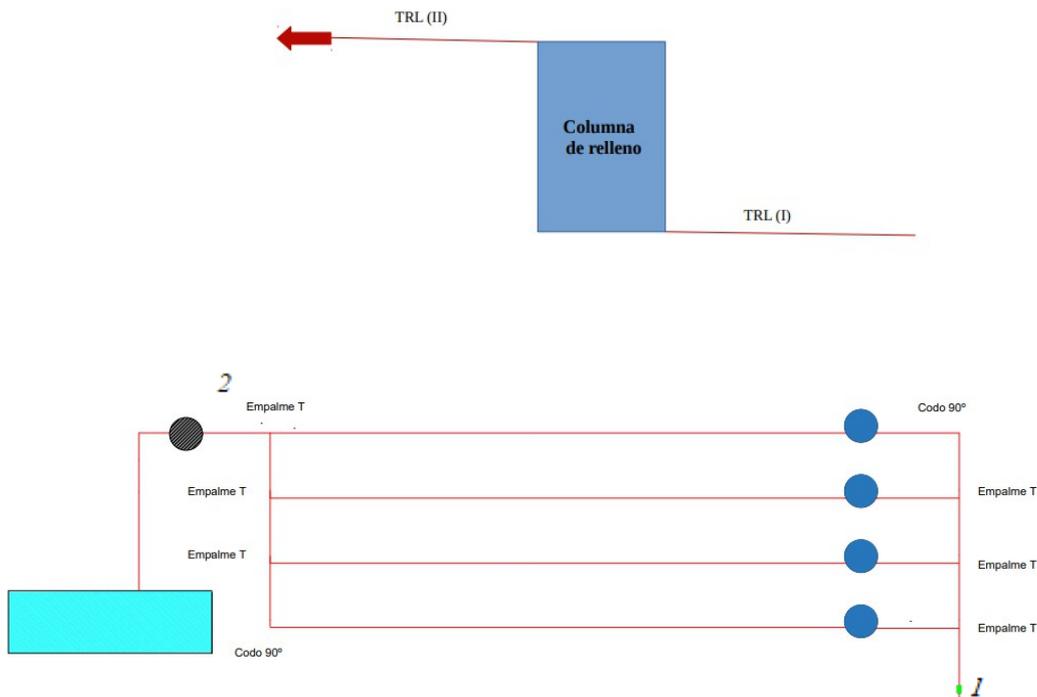


Figura 6.6. Planta y perfil del sistema de limpieza con sus diferentes accidentes

$$g(z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} \right) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \Delta F = \hat{W} \quad (28)$$

g: Gravedad (9,8 m/s²)

z₂: Altura punto 2 (m)

z₁: Altura punto 1 (m)

v₁: Velocidad del fluido en el punto 1 (m/s)

v₂: Velocidad del fluido en el punto 2 (m/s)

α₁: Coef. Fricción conducción punto 1

α₂: Coef. Fricción conducción punto 2

P₂: Presión en el punto 2 (Pa)

P₁: Presión en el punto 1 (Pa)

ρ: Densidad del fluido (kg/m³)

ΔF: Pérdida de carga (J/kg)

\hat{W} : Trabajo de la bomba (J/kg)

ΔF son las pérdidas de carga que están divididas entre los tramos rectos, los diferentes accidentes de la instalación y la de la columna.

$$\Delta F = \Delta F_R + \Delta F_a + g \Delta h_{col} \quad (29)$$

ΔF_R: Pérdida de carga en tramos rectos (J/kg)

ΔF_a: Pérdida de carga en accidentes (J/kg)

Δh_{col}: Pérdida de carga en la columna (m)

$$\Delta F_R = 2f v^2 \frac{L}{D} \quad (30)$$

2f: Coeficiente de frotamiento

v: Velocidad de fluido (m/s)

L: Longitud de la conducción (m)

D: Diámetro de la conducción

$$\Delta F_a = K_a \frac{v^2}{2} \quad (31)$$

k_a : Constante característica de cada accidente

Para determinar la pérdida de carga en la torre, se ha realizado de dos formas diferentes:

- A partir del gráfico correspondiente a la caída de presión para la organoarcilla (datos contenidos en el catálogo del proveedor)
- A partir de la Ecuación de Ergun

En la tabla 6.10, se muestra una lista de materiales con su rugosidad; de ella, obtendremos la correspondiente al PVC.

Las conducciones en el circuito de limpieza tendrán un diámetro diferente al de adsorción, ya que el flujo es mucho menor, el diámetro interno de las conducciones en el proceso de limpieza es de 69 mm.

De la tabla 6.10, se obtiene que la rugosidad absoluta del PVC es de 0,0015 mm.

La rugosidad relativa se determina teniendo en cuenta el diámetro de la conducción:

$$\varepsilon = \frac{k}{D} \quad (9)$$

Tabla 6.10. Rugosidades para diferentes materiales

| Material | Rugosidad k (mm) |
|--|-------------------------|
| Acero (tubos soldados) | 0,03-0,09 |
| Acero (tubos estirados) | 0,0024 |
| Acero galvanizado | 0,06-0,24 |
| Cobre o latón | 0,015 |
| Plásticos (PVC, PE, PP) | 0,0015 |
| Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) | 0,01 |
| Fundición | 0,12-0,6 |
| Hormigón | 0,3-3 |

k: Rugosidad absoluta del PVC (mm)

D: Diámetro de la conducción (mm)

ε : Rugosidad relativa (adimensional)

Por otra parte, para poder determinar el régimen de operación en la columna se ha de calcular el número de Reynolds:

$$R = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (32)$$

R: Número de Reynolds

v: Velocidad del fluido (m/s)

D: Diámetro de la conducción (m)

μ : Viscosidad del fluido (Pa.s)

Los resultados de determinar la potencia de la bomba en el proceso de desadsorción se recogen en la tabla 6.11.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Para determinar el coeficiente de frotamiento f , se utiliza el grafico de Moody que se muestra en la figura 6.7, haciendo uso de los valores obtenidos de la rugosidad relativa y del Número de Reynolds.

Tabla 6.11. Resultados determinación de la potencia de la bomba para proceso de limpieza

| | |
|--|-------|
| Pérdida de carga en la torre (J/kg) (Ergun) | 0,227 |
| Pérdida de carga conducciones (J/kg) | 4,120 |
| Pérdida de carga accidentes (J/kg) | 9,025 |
| Potencia suministrada al fluido por la bomba (kW) | 0,310 |
| Potencia consumida por la bomba (kW) | 0,450 |

“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

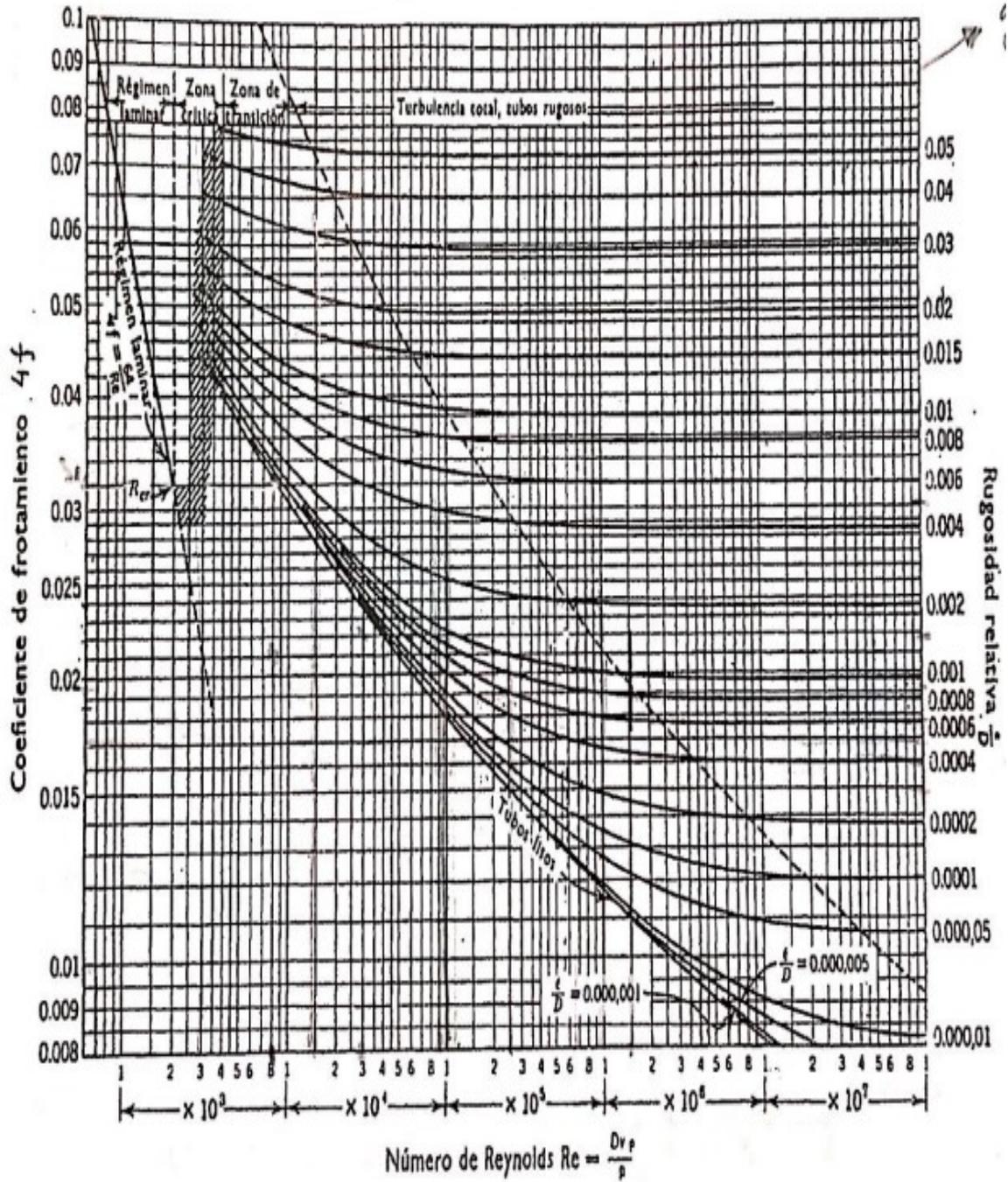


Figura 6.7. Diagrama de Moody

6.6. ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN

El proceso tendrá lugar de forma que las 4 torres funcionen simultáneamente durante 24 horas, el agua a tratar se introducirá por la parte superior de cada torre, una vez transcurrido este periodo, se pararán y serán sometidas, simultáneamente, al proceso de limpieza.

Mediante diferentes cálculos se ha determinado que el tiempo óptimo de operación de cada torre es de 24 h, es decir, 1 día en funcionamiento, tras estar en funcionamiento, la máquina entra en parada para proceder a su limpieza, ésta tarda 10 minutos, una vez se realiza la limpieza, se repite el ciclo de trabajo.

Las columnas en el inicio del proceso han de ser humedecidas y desgasificadas con agua limpia al menos 1 hora antes de la introducción de los contaminantes para evitar la canalización del fluido dentro del lecho.

A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que se han usado para poder determinar los tiempos de operación.

$$M_{ac} = C_{ac} Q_{ads} \eta \quad (12)$$

$$m_R = M_{ac} t_{ads} \quad (14)$$

$$M_L = \frac{m_R}{t_L} \quad (18)$$

$$C_{SL} = \frac{m_R}{Q_L t_L} \quad (33)$$

C_{SL} : Concentración de aceites y grasas que sale de la torre en el proceso de limpieza (kg/m^3)

Q_L : Caudal de limpieza (m^3/h)

t_L : Tiempo de limpieza (h)

$$Q_R = \frac{V_{TL}}{t_{ads}} \quad (34)$$

Q_R : Caudal de salida desde la balsa estabilizadora al DAF (m^3/h)

V_{TL} : Volumen total de agua que se acumula en el tiempo de limpieza (m^3)

A continuación, en la tabla 6.12, se muestran los resultados de la estimación de los tiempos de operación que han sido determinados en función del caudal de recirculación al DAF.

Tabla 6.12.. Resultados de la estimación de los tiempos de operación

| | |
|---|---------|
| Tiempo de adsorción (h) | 24 |
| Masa retenida (kg) | 130,68 |
| Flujo másico lavado (kg/h) | 784,08 |
| Concentración lavado (kg/m^3) | 156,816 |
| Tiempo limpieza (min) | 10 |
| Concentración en la balsa (kg/m^3) | 156,816 |
| Caudal recirculación al DAF (m^3/h) | 0,14 |

7. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA

Según la AAI (Autorización Ambiental Integrada), los límites establecidos en el diario oficial de la Consejería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, las aguas que son vertidas al mar no pueden contener más de 10 ppm de aceites y grasas.

Teniendo en cuenta que el límite son 10 ppm, el agua deberá tener una concentración menor por lo tanto los cálculos realizados se determinan para valores límite de operación,

para de esta manera, poder cumplir con los requisitos que han sido establecidos por la normativa vigente.

Debido a la baja concentración de aceites y grasas una vez se ha realizado el tratamiento, ésta se puede verter para uso de limpiezas y regadío, e incluso, se puede aprovechar para recircularla en el proceso de limpieza de las torres.

8. DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LA PLANTA

En este apartado se determinarán los diferentes espacios así como el tamaño en la planta de tratamiento del agua.

Teniendo en cuenta los equipos de trabajo y las dimensiones de éstos, se hará el diseño de la planta.

La planta consta de:

- 1 DAF de acero inoxidable
- 4 Bombas centrífugas para el proceso de adsorción
- 4 Torres de relleno
- Conexiones mediante tuberías de PVC
- 1 Bomba centrífuga para el proceso de limpieza
- 1 Depósito que actuará de balsa estabilizadora, donde se estabilizará el efluente extraído de la torre en la limpieza que posteriormente será conducido al DAF.

En la tabla 8.1, se exponen las superficies correspondientes a cada equipo y así poder conocer cuánto es el espacio ocupado.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 8.1. Superficies de los diferentes equipos de la planta

| Equipos | Área (m²) |
|------------------------------|-----------------------------|
| DAF | 54,25 |
| Bombas | 2,26 |
| Columnas de relleno | 15,71 |
| Balsa estabilizadora | 3,14 |
| Total (m²) | 75,36 |

La definición del tamaño de la planta con sus correspondientes medidas se encuentra en la sección de planos, al igual que la distribución de los diferentes equipos dentro de la planta.

9. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Para llevar a cabo la distribución en planta se ha de realizar un estudio de los diferentes equipos y las diferentes necesidades que pueden surgir en el proceso:

Para ello es necesario hacer una lista de actividades que estén implicadas de forma directa o indirecta en el proyecto.

La tabla 9,1, muestra la lista de actividades relacionadas con el proyecto.

Tabla 9.1 Lista de actividades a relacionar en el proyecto

| Actividades del proceso | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1 | Sistema de bombeo |
| 2 | Transporte del agua |
| 3 | Adsorción aceites y grasas |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| Actividades del proceso | |
|--------------------------------|---|
| 4 | Lavado organoarcillas |
| 5 | Estabilización del efluente concentrado procedente del lavado |

Seguidamente, se exponen los aspectos que van a estudiar la necesidad de proximidad y lejanía de cada una de las actividades (tabla 9.2), en ella se se muestran los diferentes aspectos a tener en cuenta.

La distribución de la planta con sus correspondientes medidas se encuentra en la sección de planos.

Tabla 9.2. Aspectos a tener en cuenta para relacionar las actividades

| Motivos de proximidad para las actividades | |
|---|--|
| 1 | Necesidad que exige el proceso |
| 2 | Facilidad de acceso para cada una de las actividades del proceso |
| 3 | Buen intercambio de información entre actividades |
| 4 | Molestia o peligro que pueda suponer proximidad de actividades |
| 5 | Higiene y confort del proceso y el personal |

10. PLANIFICACIÓN

Para determinar las actividades que se realizarán en el proyecto (Tabla 10.1), así como la duración de cada una de ellas se hará un diagrama de Gantt (Figura 10.1) . En éste se representa cómo ha ido avanzando el proyecto a lo largo de su realización.

Mediante la tabla anterior, se estima que el proyecto tiene una duración de 96 días. A continuación en el diagrama de Gantt se puede ver como ha ido avanzando el proyecto, de todas maneras hay que tener en cuenta que puede ocurrir algún contratiempo y pueden haber retrasos en ciertas cosas que afecten a los diferentes plazos establecidos en la planificación.

Tabla 10.1. Planificación del proyecto

| Fase | Actividad | Duración (días) | Comienzo | Fin |
|-------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------|------------|
| 1 | Entrega y aceptación del proyecto | 15 | 01/03/2022 | 21/03/2022 |
| 2 | Preparación de la nave | 10 | 21/03/2022 | 01/04/2022 |
| 3 | Instalación equipos | 25 | 01/04/2022 | 05/05/2022 |
| 4 | Instalación grupos de bombeo | 6 | 05/05/2022 | 12/05/2022 |
| 5 | Instalación conducciones | 10 | 12/05/2022 | 25/05/2022 |
| 6 | Instalación eléctrica | 8 | 25/05/2022 | 03/06/2022 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| Fase | Actividad | Duración (días) | Comienzo | Fin |
|-------------|---------------------------|------------------------|-----------------|------------|
| 7 | Automatización planta | 10 | 03/06/2022 | 16/06/2022 |
| 8 | Puesta en marcha y prueba | 12 | 16/06/2022 | 01/07/2022 |

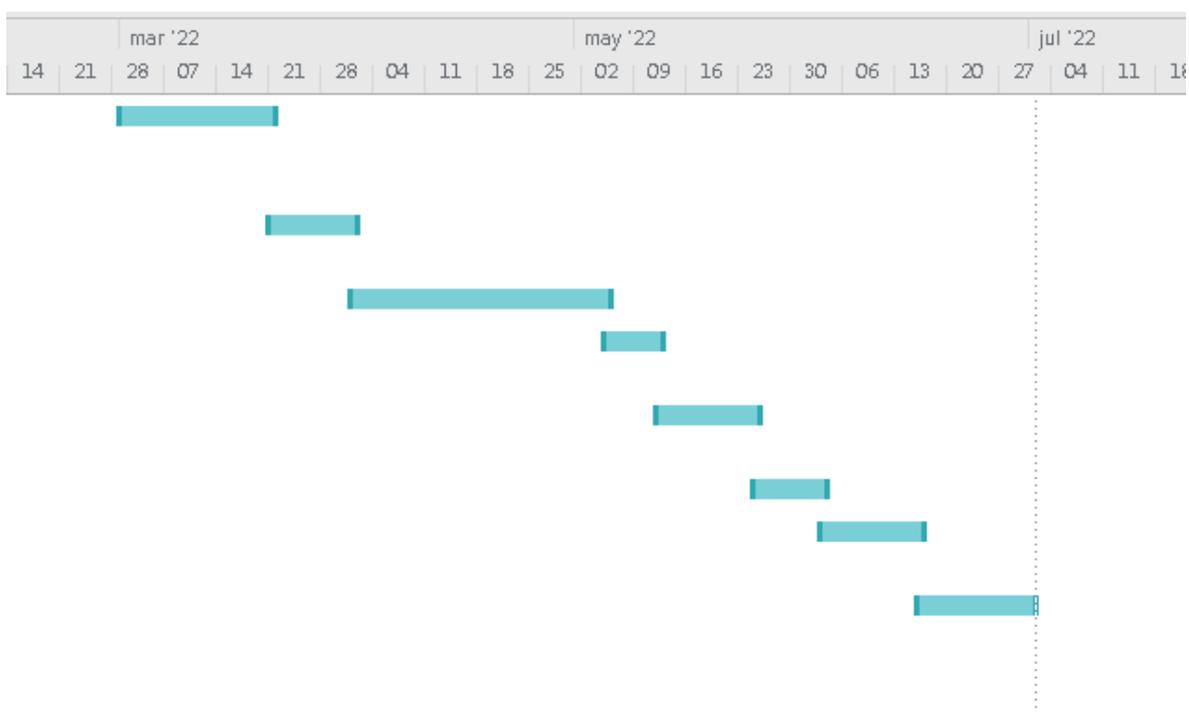


Figura 10.1. Diagrama de Gantt

Para realizar el diagrama de Gantt se ha tenido en cuenta que solo se trabajará los días laborables, es decir, de lunes a viernes sin tener en cuenta los fines de semana.

11. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS

Según los criterios generales para la elaboración precisa de los documentos que forman un proyecto técnico y de acuerdo con la norma UNE 157001: 2014, cualquier proyecto debe de poseer un título que lo identifique de manera clara. El orden de prioridad de los documentos que lo constituyen es el siguiente:

1. Índice
2. Memoria
3. Anexos
4. Planos
5. Pliego de condiciones
6. Estado de mediciones
7. Presupuesto

12. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

El estudio de viabilidad económica supone un paso final en el proyecto donde se resume toda la información relacionada con los diferentes aspectos económicos, permite realizar un análisis fundamental que permite conocer si el proyecto es rentable.

Teniendo en cuenta que el efluente de la PTAR será vertido en su totalidad, no se utilizará para la recirculación en el circuito de limpieza y tampoco será vendida por lo tanto no generará ningún tipo de beneficio en ese aspecto.

El principal objetivo que tiene el tratamiento del agua es cumplir con la legislación y poder purificar el agua dentro de los valores límite establecidos, por otra parte, en las refinerías se genera una gran cantidad de aguas residuales procedentes de los diferentes procesos que

ha de ser tratada y no se puede almacenar por razones de seguridad.

La PTAR es necesaria para realizar la purificación del agua cumpliendo siempre con los requisitos establecidos por la Normativa Vigente con el fin de la protección del medio ambiente. Es importante tener en cuenta que si no se realiza un tratamiento de las aguas residuales que se generan en una actividad industrial, le supone a la entidad empresarial unas penalizaciones, tanto jurídicas, como económicas, que pueden llegar a ser bastante graves.

El estudio de viabilidad económica del proyecto contiene el cálculo de los siguientes apartados que se mencionan a continuación: El presupuesto de inversión y el presupuesto de explotación.

12.1. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Para poder determinar el capital de entrada necesario que permita que la planta pueda funcionar en plenas condiciones se realizará a continuación un resumen de los diferentes presupuestos.

Para empezar hay que tener en cuenta el Presupuesto de Ejecución de Material (PEM), que está constituidos por los diferentes equipos de la planta, así como el material necesario para la realización del proceso. En la tabla 12.1, se muestra un resumen del Presupuesto de Ejecución del Material.

Para poder determinar el presupuesto total del proyecto se ha de determinar el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), teniendo en cuenta el Presupuesto de Ejecución del Material (PEM), los gastos generales y el beneficio industrial se determina a partir del PEM.

$$G=0,2 \cdot PEM \quad (35)$$

$$BI=0,06 \cdot PEM \quad (36)$$

G : Gastos generales (€)

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

BI : Beneficio industrial (€)

Tabla 12.1. Resumen del Presupuesto de Ejecución del Material

| Partida | Material | Coste (€) |
|----------------|--------------------------|-------------------|
| 1 | Equipos principales | 140.000 |
| 2 | Bombas | 10.585 |
| 3 | Balsa estabilizadora | 12.000 |
| 4 | Instrumentos | 38.848 |
| 5 | Conducciones | 3.367,59 |
| 6 | Accesorios | 4.534,88 |
| 7 | Obra civil | 66.270 |
| 8 | Mano de obra | 2.100 |
| 9 | Prueba de funcionamiento | 2.093,36 |
| 10 | Seguridad y Salud | 1.656,75 |
| TOTAL | | 281.455,58 |

En la tabla 12.2, que se muestra a continuación, se determina el Presupuesto de Ejecución por Contrata del presente proyecto.

Tabla 12.2. Presupuesto de Ejecución por Contrata

| Partida | Coste (€) |
|--|-------------------|
| Presupuesto Ejecución del Material | 281.455,58 |
| Gastos generales | 56.291,116 |
| Beneficio industrial | 16.887,33 |
| Presupuesto de Ejecución por Contrata | 354.634,03 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Una vez determinado el Presupuesto de Ejecución por Contrata, ya se puede estimar la inversión inicial necesaria para poder realizar el proyecto, teniendo en cuenta que el Impuesto sobre el Valor Añadido en la actualidad es del 21%.

A continuación, en la tabla se 12.3, muestra el presupuesto total del proyecto.

Tabla 12.3. Presupuesto Total del proyecto

| Partida | Coste (€) |
|---------------------------------------|-------------------|
| Presupuesto de Ejecución por Contrata | 354.634,03 |
| IVA | 74.473,15 |
| Presupuesto Total | 429.107,18 |

El presupuesto total de la PTAR para eliminación de aceites y grasas procedentes de una refinería mediante el uso de organoarcillas asciende a **CUATROCIENTOS VEINTINUEVE MIL CIENTO SIETE EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS.**

12.2. PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN

El presupuesto de explotación está constituido por los gastos directos e indirectos.

Gastos directos

Son aquellos que dependen del volumen de la producción. En el caso del proyecto, depende básicamente del caudal de agua a tratar procedente de la refinería.

Los gastos directos de la planta son:

- Organoarcilla para el proceso de adsorción
- Consumo eléctrico de los equipos, sin tener en cuenta el consumo eléctrico de instrumentos de medida como controladores de proceso, así como los ordenadores de la planta

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Además, hay que tener en cuenta que la planta trabajará en continuo y estarán la 4 torres trabajando simultáneamente, también se pararán a la misma vez para ser limpiadas durante el mismo tiempo.

A continuación se muestra la tabla 12.4, en la que se ve de manera detallada las horas de funcionamiento de los equipos.

Tabla 12.4. Tiempos de funcionamiento de los equipos

| Equipo | min/día | min/año | h/año |
|--|----------------|----------------|--------------|
| Bomba centrífuga proceso de limpieza | 10 | 3650 | 60,83 |
| Bomba centrífuga proceso de adsorción | 1440 | 525600 | 8760 |
| Columnas de relleno | 1440 | 525600 | 8760 |
| DAF | 1440 | 525600 | 8760 |
| Agitador | 1440 | 525600 | 8760 |

Precio neto de la electricidad de uso industrial. España.

- Actualización: 16 de abril de 2021
- Código : U44E15
- Notas: los precios son sin impuestos y la tarifa corresponde a una potencia máxima de 500 kW y un consumo de aproximadamente 2000 MWh/año en 4000 horas.
- Unidades: Euros/kWh
- Fuente: Eurostat. Medio-Ambiente y Energía
- Precio. 0,0645

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Sabiendo las diferentes cuotas del consumo eléctrico y las horas de trabajo de los diferentes equipos se puede estimar el consumo eléctrico producido por estos. A continuación en la tabla 12.5, se muestra el consumo eléctrico de los diferentes equipos de la planta.

Tabla 12.5. Consumo eléctrico de los equipos

| Equipo | Potencia (kW) | Consumo (kWh/año) | Coste (€/año) |
|--|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Bomba centrífuga proceso de limpieza | 0,55 | 33,46 | 2,16 |
| Bomba centrífuga proceso de adsorción | 1,1 | 9636 | 2.486,08 |
| DAF | 27 | 236520 | 15.255,54 |
| Agitador | 3 | 26280 | 1695,06 |
| Total | | | 19438,84 |

Por otra parte, hay que tener en cuenta que para realizar el proceso de adsorción se deberá de tener la suficiente organoarcilla para poder abastecer a las diferentes columnas del sistema. En la tabla 12.6. se recogen los precios de la organoarcilla

Tabla 12.6. Coste organoarcilla

| Materia prima | Cantidad (Kg) | Precio (€/Kg) | Coste (€/año) |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Organoarcilla-MCM-830-P | 21138,8 | 0,484 | 10.231,18 |

Para poder determinar los gastos directos se ha de tener en cuenta los valores obtenidos de los gastos de electricidad, así como el gasto necesario en la materia prima para realizar el proceso de adsorción. En la tabla que se muestra a continuación (tabla 12.7.), se muestra un resumen de los gastos directos del proyecto.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 12.7. Gastos directos

| Gastos directos | Coste (€/año) |
|------------------------|----------------------|
| Electricidad | 19438,84 |
| Materia prima | 10.231,18 |
| Total | 29670,02 |

Gastos indirectos

Los gastos indirectos son aquellos que son independientes del volumen de producción, en este caso el caudal a tratar. Dentro de los gastos indirectos están:

- el consumo eléctrico de los diferentes instrumentos de control así como los ordenadores de la planta
- los gastos de iluminación en el periodo nocturno de trabajo que está establecido en 12 horas
- los salarios de los trabajadores de la planta, en ésta se necesitan: 1 jefe de planta, 6 operarios que se ocupen del control del proceso de adsorción, 3 personas de seguridad y 3 personas para la limpieza de la planta.

Teniendo en cuenta que los turnos serán de 8 horas laborales, en cada turno habrá: 2 operarios para el proceso de adsorción, 1 seguridad, 1 encargado de la limpieza y el jefe de planta en caso de que sea necesario.

Por otra parte, dentro de los gastos indirectos hay que tener en cuenta también el material de oficina, así como la amortización de los diferentes equipos.

A continuación se muestra en la tabla 12.8, el consumo de la instrumentación anual.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 12.8. Consumo de la instrumentación

| Equipo | Potencia (kW) | Consumo (kWh/año) | Coste (€/año) |
|---------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Ordenadores PC (x2) | 0,2 | 1752 | 87,6 |
| Sensores de presión | 1,8 | 15768 | 788,4 |
| Total | | | 876 |

Los gastos de iluminación se determinan teniendo en cuenta que el periodo nocturno de trabajo que está establecido es de 12 horas y el coste del kWh nocturno es 0,04 €/kWh. En la tabla 12.9, se recoge el consumo de iluminación anual.

Tabla 12.9. Iluminación

| Equipo | Potencia (kW) | Consumo (kWh/año) | Coste (€/año) |
|------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Iluminación 36 W | 1,1 | 4818 | 192,72 |
| Total | | | 192,72 |

En la tabla 12.10, se muestra el consumo del salario anual del personal de la planta.

Tabla 12.10. Salario personal de la planta

| Personal | Nº personas | Salario mensual (€/mes) | Salario anual total (€/año) |
|-----------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Jefe de planta | 1 | 3.000 | 36.000 |
| Operario | 6 | 2.100 | 151.200 |
| Personal de Seguridad | 3 | 1.600 | 57.600 |
| Personal de limpieza | 3 | 1.200 | 43.200 |
| Total | | | 288.000 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

En la tabla 12.11, se recoge el consumo de los gastos ajenos anuales; en este se tiene en cuenta el material de oficina, material de limpieza y cualquier gasto que pueda surgir a lo largo del año.

Tabla 12.11. Gastos ajenos

| Elemento | Coste (€/año) |
|----------------------|----------------------|
| Material de oficina | 3.000 |
| Material de limpieza | 14.000 |
| Otros | 3.000 |
| Total | 20.000 |

La amortización se determina teniendo en cuenta que el periodo de amortización de los equipos principales que son el DAF y las columnas, es de 15 años, y el periodo de amortización de las bombas es de 5 años. Las amortizaciones de los equipos se recoge en la tabla 12.12.

Tabla 12.12. Amortizaciones

| Amortización | I₀ (€) | Tiempo de amortización (años) | Gasto (€) |
|---------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Equipos principales | 140.000 | 15 | 9.333,33 |
| Bombas | 10.585 | 5 | 2.117 |
| Total | | | 11.450,33 |

Una vez obtenidos los diferentes valores a tener en cuenta para determinar los gastos indirectos, se determina el coste indirecto anual que tendrá la planta. En la tabla 12.13, se muestran los gastos indirectos.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 12.13. Gastos indirectos

| Gastos indirectos | Coste (€/año) |
|---|----------------------|
| Consumo eléctrico de la instrumentación | 876 |
| Iluminación | 192,72 |
| Salario del personal | 288.000 |
| Gastos ajenos | 20.000 |
| Amortizaciones | 11.450,33 |
| Total | 320.519,05 |

Gastos totales

Teniendo en cuenta que el presupuesto de explotación anual de la planta es la suma de los gastos directos y los gastos indirectos, los gastos totales del proyecto se recogen en la tabla 12.14.

Tabla 12.14. Gastos totales

| Tipo de gasto | Coste (€/año) |
|----------------------|----------------------|
| Gasto directo | 29.670,02 |
| Gasto indirecto | 320.519,05 |
| Total | 350.189,07 |

El presupuesto de explotación anual del proyecto es de **TRESCIENTOS CINCUENTA MIL CIENTO OCHENTA Y NUEVE EUROS CON SIETE CÉNTIMOS.**

Coste de tratamiento

Para conocer cuál es el coste del tratamiento, es decir cuánto cuesta procesar un metro cúbico de agua procedente de la refinería, se dividen los gastos anuales totales entre el caudal que se trata en un año. Teniendo en cuenta que el volumen de agua que se trata anualmente es:

$$Q = 200 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{24 h}{1 d} \cdot \frac{357,472 d}{1 año} = 1.715.865,6 \frac{m^3}{año}$$

Teniendo en cuenta que los gastos anuales totales son:

$$Gastos\ anuales = 350189,07 \frac{€}{año}$$

El coste de tratamiento de la PTAR es:

$$Coste\ tratamiento = \frac{350.189,07 \frac{€}{año}}{1.715.865,6 \frac{m^3}{año}} = 0,2 \frac{€}{m^3}$$

12.3. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Tras realizar el proyecto y hacer un análisis tanto técnico como económico se han sacado las diferentes conclusiones.

Desde el punto de vista técnico las organoarcillas son un material idóneo para realizar la adsorción debido a sus múltiples propiedades, por otra parte, el sistema de funcionamiento permite una mayor duración de estas.

Teniendo en cuenta la normativa vigente, se cumple con los requisitos de vertido y se consigue reducir las concentraciones de grasas y aceites hasta los valores deseados.

El aceite que se elimina de la organoarcilla una vez se realiza la limpieza es recirculado a la balsa estabilizadora y de ahí al DAF, por tanto, no se generan residuos.

Desde el punto de vista económico, es un proyecto viable ya que tanto el presupuesto de inversión como el presupuesto de explotación, son asequibles teniendo en cuenta las tecnologías competentes como pueden ser los MBR, las membranas,...

El proceso de adsorción mediante el uso de las columnas con la organoarcilla es probablemente el que más rentable puede salir para realizar la separación, el presupuesto total de la PTAR para eliminación de aceites y grasas procedentes de una refinería

mediante el uso de organoarcillas es de **cuatrocientos veintinueve mil ciento siete euros con dieciocho céntimos** y el presupuesto de explotación anual es de **trescientos cuarenta y ocho mil quinientos tres euros con trece céntimos**.

Por otra parte el coste de tratamiento es de 0,2 €/m³ de agua tratado, lo que significa que a la hora se gastarán 40 € para poder realizar el tratamiento del agua. Atendiendo a los valores obtenidos de la bibliografía de diferentes estudios realizados para el tratamiento del agua, tanto con membranas como el MBR, se establece que el coste de tratamiento mediante el uso de organoarcillas es prácticamente el mismo que el del MBR que es de 0,18 €/m³ aproximadamente y mucho más rentable que las membranas en las que el coste de tratamiento es de unos 0,6 €/m³.

13. NORMATIVA APLICADA

Para llevar a cabo el proyecto de la PTAR se ha hecho uso de las normas que se mencionan a continuación.

Disposiciones legales y normas aplicadas

- I. UNE 157001-2014, Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- II. UNE-EN ISO 5455, Dibujos técnicos. Escalas (ISO 5455:/979)
- III. UNE 1032, Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- IV. REAL DECRETO 1627/1997, del 14 de abril por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo.
- V. Ley 31/1995, del 8 de noviembre, Prevención de riesgos laborales.
- VI. Norma DIN 8062/UNE- EN 1452, Tuberías de PVC.
- VII. Norma de ASTM D7066, análisis de aceites, grasas e hidrocarburos.

VIII. Norma UNE- EN 13480-3, Diseño de conducciones.

IX. REAL DECRETO 486/1997, Por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

14. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

A continuación se muestran las diferentes fuentes bibliográficas de las que se ha hecho uso para la realización del proyecto, así como las diferentes páginas web que han servido de apoyo.

➤ **LIBROS**

- Rodrigo Carbonell, M.^a Dolores (2003). *Libro EQ 158. Operaciones básicas de flujo de fluidos*. Publicacions de la Universitat Jaume I: Departament D'Enginyeria Química.
- Rodrigo Carbonell, M.^a Dolores (2011). *Libro EQ 351. Operaciones de separación por transferencia de materia y transmisión de calor (N35)*. Publicacions de la Universitat Jaume I: Departament D'Enginyeria Química
- Mestre, Sergio (2020). *Apuntes EQ 1044. Simulación de Procesos*. Castellón: Universitat Jaume I
- Monfort Gimeno , Eliseo (2007). *Libro EQ 283. Seguridad e Higiene en la Industria Química (N38)*. Publicacions de la Universitat Jaume I, Departament: D'Enginyeria Química
- Monfort Gimeno, E. (2013). *Libro EQ 372. Tecnología del Medio-Ambiente*. Publicacions de la Universitat Jaume I: Departament D'Enginyeria Química.
- White , F. M. (1983). *Mecánica de Fluidos* (1^a. ed.) Madrid : McGraw-Hill

- McCabe, W. L; Smith, J. C; Harriot, P. (1998). *Operaciones unitarias en INGENIERÍA QUÍMICA* (4ª. ed.). Madrid: Editorial McGraw-Hill.
- Barrenechea, J; Ferrer M. (2002). *Ley de Prevención de Riesgos Laborales*. Ediciones Deusto
- Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias* (3ª. ed.) S.A. de C.V. México: Compañía Editorial Continental
- Gallardo, A. (2020). *Apuntes EQ 1031. Proyectos de Ingeniería*. Castellón: Universidad Jaume I.
- Orts Tarí, M. J; Gozalbo, A. (2020). *Apuntes EQ 1043. Tecnología del petróleo y petroquímica*. Castellón: Universidad Jaume I.

➤ **ARTÍCULO TÉCNICO**

- Galvín, R.M. (2014). *Control de calidad en las aguas residuales y regeneradas: parámetros a controlar en función de las normativas aplicables y nuevas tendencias*. Artículos técnicos. Tecnoaqua

➤ **REVISTA**

- Ruza Rodríguez, J; Bordes Martínez, M.A; Espinosa Expósito, G; Puig Infante, A. (2007). *Manual para la gestión de vertidos. Autorización de vertidos*. Ministerio Medio-Ambiente: Centro de publicaciones de la Secretaría General Técnica

➤ **PÁGINAS WEB**

- [OrganoClay MCM-830P Activated Carbon » Ecologix Systems](#)
- [DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERCIARIO DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL BASADO EN LA ADSORCIÓN DE COLORANTES-4 \(1\).pdf](#) .

“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

- <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/sho/Adsorcion.pdf>
- <https://www.lenntech.es/adsorcion-carbon-activado.htm>
- <https://www.aqua-calc.com/calculate/materials-price/substance/organoclay-blank-mcm-830p>
- <https://product.statnano.com/product/9796/organoclay-mcm-830p>
- <https://www.ecologixsystems.com/product-specialty-chemicals-organoclay/>
- <https://www.aqua-calc.com/calculate/materials-price/substance/organoclay-blank-mcm-830p>
- <https://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/organoclay-blank-mcm-830p-1-00707-v3.pdf>
- [tarifa-tuberias-plasticas-012014.pdf](#)
- [400-CAT-RNI-GNI-50-60-Hz-D-081018.pdf](#)

2. ANEXOS

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. ANEXO 1: DOCUMENTOS DE PARTIDA | 4 |
| 2. ANEXO 2: DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DE LA PLANTA | 5 |
| 3. ANEXO 3: DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE ENTRADA A LA BOMBA EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN | 6 |
| 3.1. PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS Y ACCIDENTES | 6 |
| 3.2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA NETA DE ASPIRACIÓN | 10 |
| 4. ANEXO 4: SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ADSORCIÓN | 13 |
| 5. ANEXO 5: COLUMNA DE RELLENO | 20 |
| 5.1. DIMENSIONAMIENTO COLUMNA DE RELLENO | 20 |
| 5.2. CÁLCULO DEL TIEMPO DE SATURACIÓN DE LA ORGANOARCILLA | 22 |
| 6. ANEXO 6: PROCESO DE LIMPIEZA | 25 |
| 6.1. CÁLCULO DEL TIEMPO MÍNIMO DE LAVADO | 25 |
| 6.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL ACEITE PROCEDENTE DEL LAVADO | 26 |
| 6.3. DETERMINACIÓN DEL FLUJO MÁSSICO TEÓRICO QUE SE PUEDE RECIRCULAR | 27 |
| 6.4. DETERMINACIÓN DEL FLUJO MÁSSICO REAL QUE SE VA A RECIRCULAR | 28 |
| 6.5. PÉRDIDAS DE CARGA EN EL PROCESO DE LIMPIEZA | 30 |

| | |
|--|------------------|
| 6.5.1. Pérdida de carga en la columna | 30 |
| 6.5.2. Pérdida de carga en las conducciones | 34 |
| 6.5.3. Pérdida de carga en los accidentes | 35 |
| 6.5.4. Pérdida de carga en el sistema | 36 |
| 6.5.5. Carga neta de aspiración (NPHS) | 37 |
| 6.5.6. Potencia necesaria para la bomba en el proceso de limpieza | 38 |
| <i>7. ANEXO 7: ESTIMACIÓN TIEMPOS DE OPERACIÓN</i> | <i>40</i> |
| <i>8. ANEXO 8: EQUIPOS DE TRABAJO</i> | <i>44</i> |
| 8.1. EQUIPOS PRINCIPALES | 44 |
| 8.1.1. DAF | 44 |
| 8.1.2. Torres de relleno | 45 |
| 8.2. BOMBAS CENTRÍFUGAS | 46 |
| 8.3. CONDUCCIONES | 48 |
| 8.4. VÁLVULAS | 49 |
| <i>9. ANEXO 9: ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA</i> | <i>51</i> |
| 9.1. LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES | 51 |
| 9.1.1. Evaluación de los riesgos | 52 |
| 9.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD | 54 |
| <i>10. ANEXO 10: CATÁLOGOS</i> | <i>61</i> |
| 10.1. BOMBAS CENTRÍFUGAS | 61 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| | |
|---------------------------|-----------|
| 10.2. CONDUCCIONES | 70 |
| 10.3. ACCIDENTES | 71 |
| 10.4. DAF | 73 |
| 10.5. VALVULERÍA | 77 |

1. ANEXO 1: DOCUMENTOS DE PARTIDA

Para poder realizar el dimensionamiento y diseño de la planta, es fundamental conocer el caudal que procedente de la refinería se va a tratar, también es necesario conocer diferentes parámetros como la concentración de aceite inicial y las condiciones en las que éste se encuentra.

En la tabla 1.1, se muestran las características del agua de entrada a la PTAR.

Tabla 1.1. Características del agua de entrada

| | |
|------------------------------------|----------|
| Caudal (m³/h) | 200 |
| Concentración (ppm) | 500 |
| Tipo de aceite | Emulsión |
| T (K) | 298 |
| Viscosidad (Pa.s) | 0,001 |
| Densidad (Kg/m³) | 1000 |

2. ANEXO 2: DIAGRAMA FLUJO GENERAL DE LA PLANTA

En la figura que se muestra a continuación (figura 2.1.), se representa el diagrama de flujo general de la PTAR.

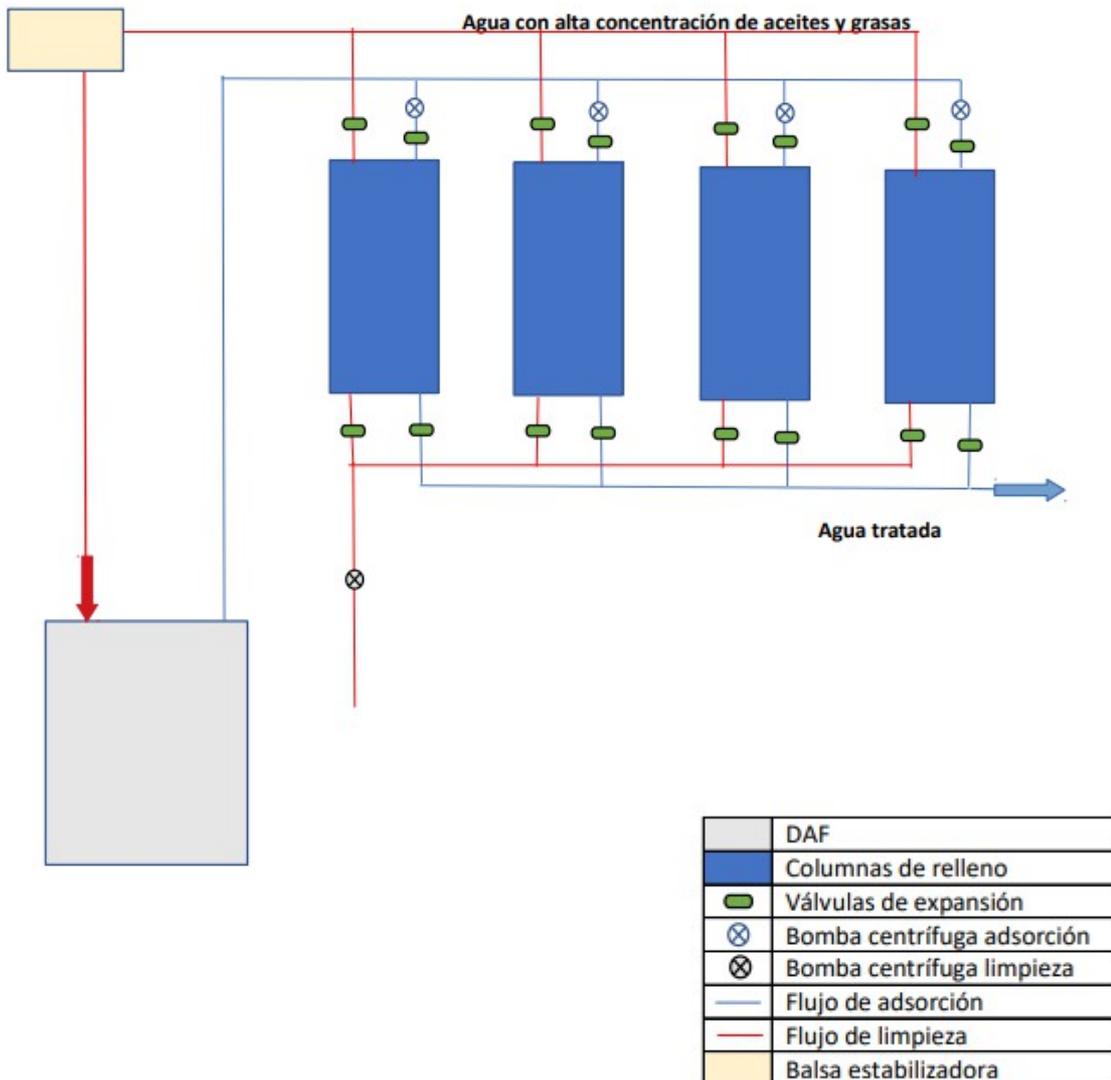


Figura 2.1. Diagrama de flujo de la planta

3. ***ANEXO 3: DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN REAL DE ENTRADA A LAS BOMBAS EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN***

Para la simulación del proceso de adsorción con el ProSimplus, es necesario introducir como dato, la presión de entrada y salida del fluido a las bombas, es por ello, que se hace necesario la determinación previa de la presión con la que llega el fluido procedente del DAF a las diferentes bombas en el proceso de adsorción; se ha de plantear un balance de energía desde la superficie del DAF hasta las bombas, teniendo en cuenta la simetría de la instalación, se ha determinado un intervalo de presiones que prácticamente no varía entre las diferentes ramas que componen el proceso de adsorción.

El agua procedente del DAF (200 m³/h) llegará a cada una de las torres después de haber sufrido un estrechamiento y pasado a través de una “T” que las repartirá y las hará llegar a las torres con el mismo caudal [50 (m³/h)]. Figura 3.1.



Figura 3.1. Perfil desde la superficie del DAF a la entrada del fluido en las bombas.

3.1. PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS Y ACCIDENTES

Se supone que la presión de entrada a las bombas va a ser las mismas.

Se hará un Balance de Energía Mecánica entre la superficie del líquido en el DAF (punto 1) del BEM y la entrada a las bombas (punto 2).

$$g(z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} \right) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \Delta F = \hat{W} \quad (28)$$

Primero, se van a determinar las pérdidas de carga en las conducciones y en los accidentes, para ello, se hará uso de las siguientes ecuaciones:

$$R = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (32)$$

$$\rho = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\mu = 10^{-3} \text{ (kg/m}\cdot\text{s)}$$

$$Q_1 = 0 \text{ (m}^3\text{/h)} \quad Q_2 = 50 \text{ (m}^3\text{/h)} \quad Q_3 = 200 \text{ (m}^3\text{/h)} \quad Q_4 = 150 \text{ (m}^3\text{/h)} \quad Q_5 = 100 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$D_3 = 0,2402 \text{ (m)} \quad D_2 = D_4 = D_5 = 0,1536 \text{ (m)}$$

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

$$K = 0,0015 \text{ (mm)}$$

$$\varepsilon = \frac{k \text{ (mm)}}{D \text{ (mm)}} \quad (9)$$

En las conducciones, se hará uso de la siguiente fórmula:

$$\Delta F_R = 2 \cdot f \cdot v^2 \frac{L}{D} \quad (30)$$

- En los accidentes:

$$\Delta F_a = K_a \cdot \frac{v^2}{2} \quad (31)$$

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Los resultados de aplicar las ecuaciones para determinar las pérdidas de carga en las conducciones, se encuentran recogidos en la tabla 3.1

Tabla 3.1. Determinación de las pérdidas en las conducciones en la adsorción

| Q (m³/h) | D (mm) | L (m) | v (m/s) | ε (10⁻⁶) | Re (10⁵) | 2·f | ΔF_R (J/kg) |
|----------------------------|---------------|--------------|----------------|---|----------------------------|------------|---------------------------------------|
| 200 | 240,2 | 3 | 1,23 | 6,2 | 2,94 | 0,0075 | 0,141 |
| 150 | 153,6 | 4 | 2,25 | 9,8 | 3,45 | 0,007 | 0,691 |
| 100 | 153,6 | 4 | 1,50 | 9,8 | 2,30 | 0,008 | 0,234 |
| 50 | 153,6 | 12 | 0,75 | 9,8 | 1,15 | 0,009 | 0,099 |
| Total | | | | | | | 1,165 |

La determinación de las pérdidas en los accidentes se recogen en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Pérdidas de carga en los accidentes en la adsorción.

| Q (m³/h) | v (m/s) | v² (m²/s²) | K | ΔF_a (J/kg) | Accidente |
|----------------------------|----------------|--|----------|---------------------------------------|----------------------|
| 200 | 1,23 | 1,50 | 0,5 | 0,376 | Entrada cantos vivos |
| 200 | 3,00 | 8,99 | 0,35 | 1,570 | estrechamiento |
| 200 | 3,00 | 8,99 | 1,00 | 4,494 | T estándar |
| 150 | 2,25 | 5,06 | 1,00 | 1,896 | T estándar |
| 100 | 1,50 | 2,25 | 1,00 | 0,562 | T estándar |
| 50 | 0,75 | 0,56 | 0,75 | 0,053 | Codo 90° |
| Total | | | | 8,951 | |

Una vez determinadas las pérdidas en las conducciones y accidentes, se procede a la aplicación del BEM entre la superficie del DAF y la entrada a las bombas.

$$g(z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} \right) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \Delta F = \hat{W} \quad (28)$$

$$\hat{W} = 0 \text{ (J/kg) (en el recorrido no hay bomba)}$$

$$z_2 = 2,86 \text{ (m)}$$

$$z_1 = 0 \text{ m}$$

$$v_1 = 0 \text{ (m/s)}$$

$$v_2 = 0,75 \text{ (m/s)}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 1$$

$$p_1 = 10^5 \text{ (Pa)}$$

$$p_2 = p_1 + \rho \left(g z_1 - \frac{v_2^2}{2} - \Delta F_a - \Delta F_R \right)$$

En la tabla 3.3 se recogen los datos para el cálculo de p_2 :

Tabla 3.3. determinación de la presión en la entrada a la bomba en la adsorción

| p_1 (bar) | v_1 (m/s) | z_1 (m) | v_2 (m/s) | ΔF_R (J/kg) | ΔF_a (J/kg) | p_2 (bar) |
|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|
| 1 | 0 | 2,86 | 0,75 | 1,165 | 8,951 | 1,177 |

La presión a la entrada de la bomba es el indicado para “ p_2 ” en la tabla anterior .

La bomba elegida es: **GN-65-13 con rotor de 139 mm de diámetro**, que proporciona una altura “h” de 5,66 m, para un caudal de 50 m³/h, utilizando una potencia de 1,14 kW

La potencia suministrada al fluido por la bomba es:

$$P = \rho g h Q = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 5,66 \cdot \frac{50}{3600}}{1000} = 0,771 \text{ kW}$$

La potencia consumida por la bomba para un caudal de 50 m³/h, que se obtiene del gráfico es **1,14 kW**

El rendimiento de la bomba en ese punto de trabajo será

$$\eta = \frac{0,771}{1,14} = 0,676$$

$\eta = 67,6\%$

3.2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA NETA DE ASPIRACIÓN

La carga neta de aspiración, viene dada por la siguiente fórmula.

$$NPSH_{disp} = h_a - \frac{P_v}{\rho g} \quad (35)$$

h_a : Carga de aspiración de la bomba(m)

$P_v = 23,8 \text{ mm Hg}$ [presión de vapor del agua a la temperatura que fluye (25°C)]

$\rho = 13600 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

$$P_v = 23,8 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ m Hg}}{760 \text{ mm Hg}} \cdot 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3175,88 \text{ (Pa)}$$

$$NPSH_{dis} = \frac{p_2 - P_v}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (36)$$

$$NPSH_{dis} = \frac{1,177 \cdot 10^5 - 3175,88}{1000 \cdot 9,81} + \frac{0,75^2}{2 \cdot 9,81} = 11,7 \text{ (m)}$$

El NPSH requerido por el fabricante, es: $NPSH_{req} = 1,6 \text{ (m)}$

$NPSH_{disp} > NPSH_{req}$; $11,7 > 1,6$ La bomba funcionará correctamente y no cavitará.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Los valores de NPSH que aparecen en la tabla 3.4, indican que la bomba no cavitará

Tabla 3.4 Carga neta de aspiración

| p (bar) | Pv (mmHg) (25°C) | v (m/s) | NPSH_{disp} (m) | NPSH_{req} (m) |
|----------------|-------------------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1,177 | 23,8 | 0,75 | 11,7 | 1,6 |

En la figura 3.2, se muestra la bomba elegida.

“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

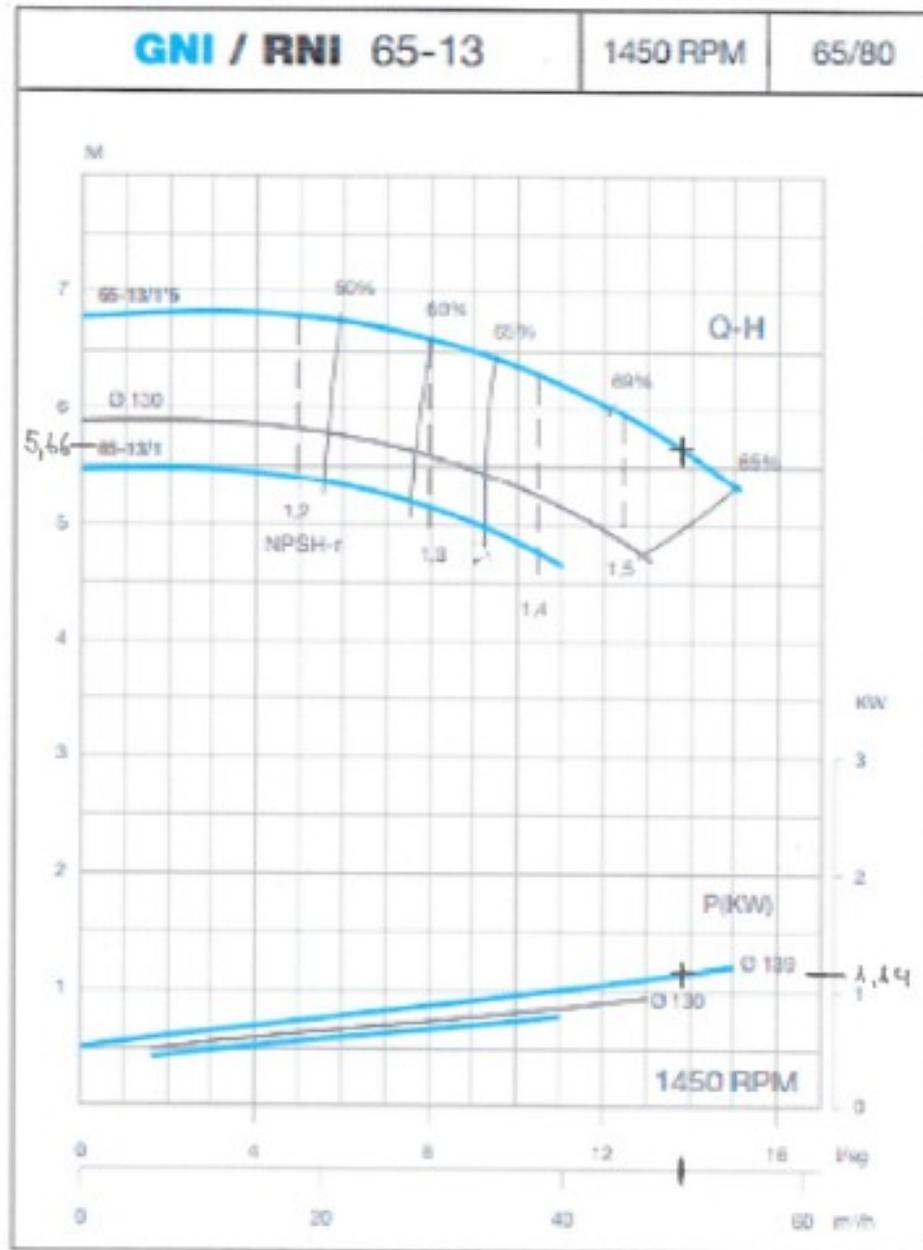


Figura 3.2. Bomba para adsorción

4. ANEXO 4: SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ADSORCIÓN

Para poder aplicar el proceso de simulación Prosimplus (Figura 4.1.):

- Se ha de introducir como datos la presión de entrada y salida de la bomba.
- Se supone que el fluido que entra, es solamente agua; la concentración de aceites y grasas es tan pequeña frente a la cantidad de agua, que esta aproximación tiene total validez, por otra parte el programa no trabaja con flujo bifásico.
- Se considera que la torre de adsorción se comporta como una válvula de expansión (elemento de pérdida de carga).
- En el sistema se colocarán unas válvulas que irán controladas mediante control remoto y se irán abriendo y cerrando en función de los tiempos de operación y las paradas para realizar la limpieza en cada torre.

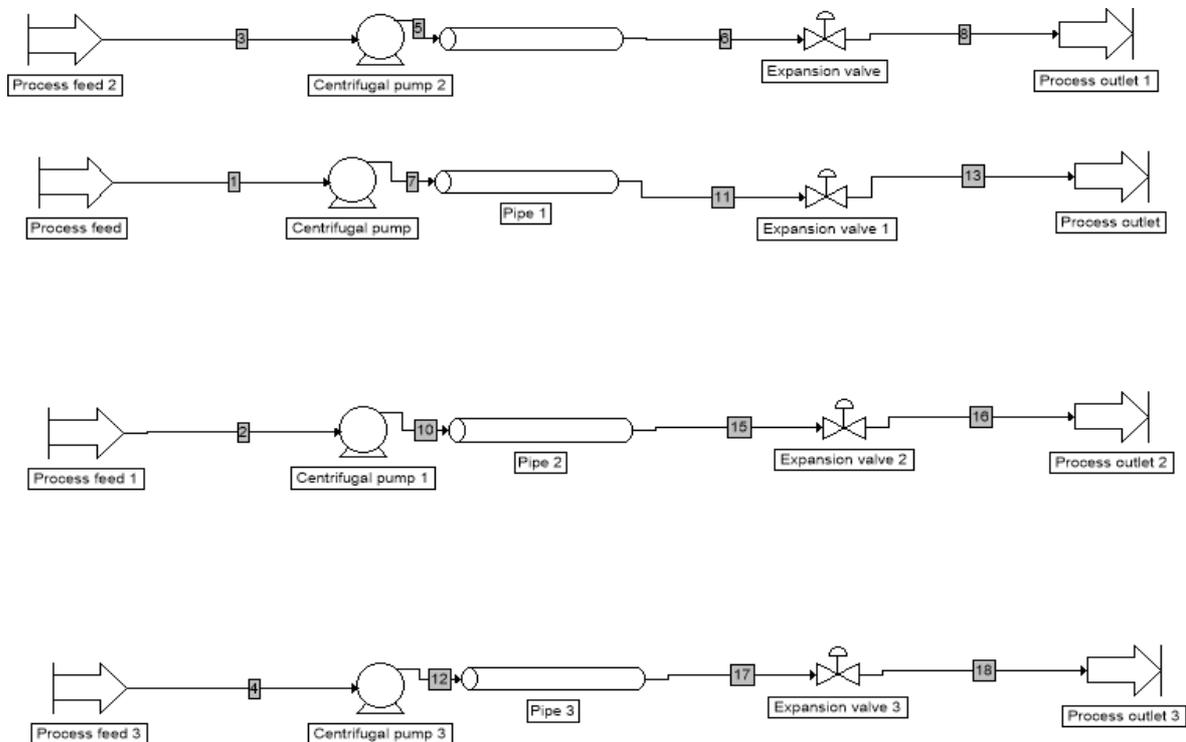
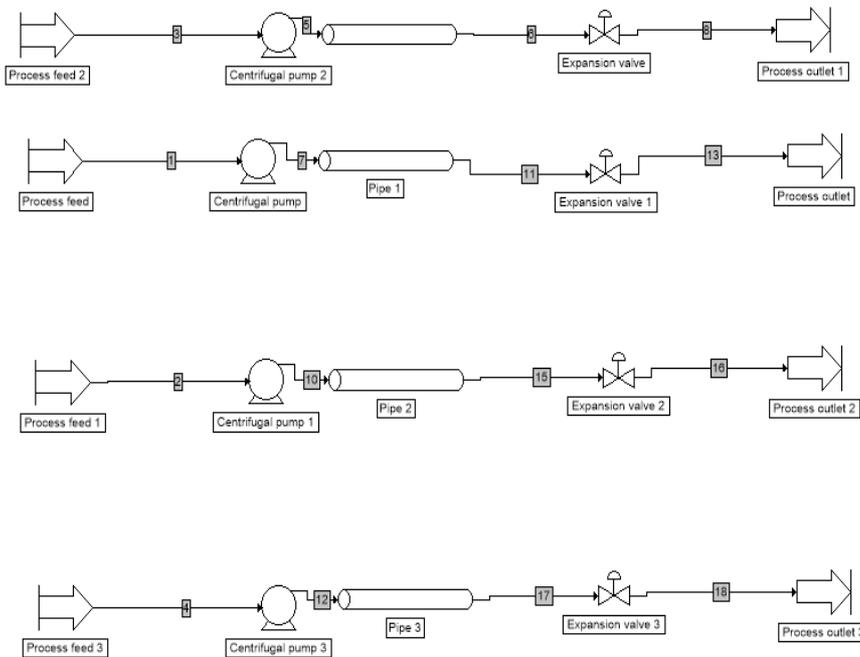


Figura 4.1. Simulación proceso de adsorción

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**



Process flowsheet ^[1]



Calculation sequence (1) ^[-]

EQUIPMENT LIST:

[Process feed](#)
[Process feed 1](#)
[Process feed 2](#)
[Process feed 3](#)
[Centrifugal pump](#)
[Centrifugal pump 1](#)
[Centrifugal pump 2](#)
[Centrifugal pump 3](#)
[Pipe 1](#)
[Pipe 2](#)
[Pipe](#)
[Pipe 3](#)
[Expansion valve 1](#)
[Expansion valve 2](#)
[Expansion valve](#)
[Expansion valve 3](#)

Thermodynamic calculator(s) ^[-]

CALCULATOR #1 ----- MODEL: Ricardo

- APPROACH TYPE..... Using Equation of state
 - EQUATION OF STATE..... RK Generalized
 - ALPHA FUNCTION..... Mathias-Copeman
 - MIXING RULES..... MHV2
 - ACTIVITY COEFFICIENT MODEL..... UNIFAC modified (Dortmund) 1993
 - STANDARD STATE PURE LIQUID FUGACITY.... Standard
- LIQUID MOLAR VOLUME..... Ideal mixture
- TRANSPORT PROPERTIES..... Mixed
 - LIQUID VISCOSITY..... Classic methods
 - VAPOR VISCOSITY..... Classic methods
 - LIQUID THERMAL CONDUCTIVITY..... Classic methods
 - VAPOR THERMAL CONDUCTIVITY..... Classic methods
 - SURFACE TENSION..... Classic methods
- ENTHALPY CALCULATION..... H*=0, ideal gas, 25°C, 1 atm
- USER-DEFINED THERMODYNAMIC MODEL..... None
- LIQUID PHASE DEMIXING TAKEN INTO ACCOUNT^(*)... No
- TRUE SPECIES MODEL..... No

(*) : VLE CALCULATIONS

BINARY INTERACTIONS PARAMETERS



**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Process matrix ^[1]

MATERIAL STREAMS

| STREAM | ORIGIN | TARGET |
|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Process feed | Centrifugal pump |
| 2 | Process feed 1 | Centrifugal pump 1 |
| 7 | Centrifugal pump | Pipe 1 |
| 10 | Centrifugal pump 1 | Pipe 2 |
| 3 | Process feed 2 | Centrifugal pump 2 |
| 5 | Centrifugal pump 2 | Pipe |
| 4 | Process feed 3 | Centrifugal pump 3 |
| 12 | Centrifugal pump 3 | Pipe 3 |
| 6 | Pipe | Expansion valve |
| 11 | Pipe 1 | Expansion valve 1 |
| 15 | Pipe 2 | Expansion valve 2 |
| 17 | Pipe 3 | Expansion valve 3 |
| 8 | Expansion valve | >>>> |
| 13 | Expansion valve 1 | >>>> |
| 16 | Expansion valve 2 | >>>> |
| 18 | Expansion valve 3 | >>>> |

EQUIPMENT CALCULATION SUMMARY

| EQUIPMENT | STATUS |
|-----------------------|--------|
| 1. Process feed | ✓ |
| 2. Process feed 1 | ✓ |
| 3. Process feed 2 | ✓ |
| 4. Process feed 3 | ✓ |
| 5. Centrifugal pump | ✓ |
| 6. Centrifugal pump 1 | ✓ |
| 7. Centrifugal pump 2 | ✓ |
| 8. Centrifugal pump 3 | ✓ |
| 9. Pipe 1 | ✓ |
| 10. Pipe 2 | ✓ |
| 11. Pipe | ✓ |
| 12. Pipe 3 | ✓ |
| 13. Expansion valve 1 | ✓ |
| 14. Expansion valve 2 | ✓ |
| 15. Expansion valve | ✓ |
| 16. Expansion valve 3 | ✓ |



“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

OVERALL MATERIAL BALANCE (MASS)

| COMPONENT | INPUTS | OUTPUTS | I/O BALANCE |
|-----------------------|---------|---------|-------------|
| WATER | 200000. | 200000. | 0.00000 |
| TOTAL FLOWRATE (kg/h) | 200000. | 200000. | 0.00000 |

Streams output report [-]

STREAM NAME: 3
DESCRIPTION:

THERMO. CALCULATOR: [Ricardo](#)
FROM: [Process feed 2](#)
TO: [Centrifugal pump 2](#)
PHASE: LIQUID

| COMPONENT | (kmol/h) | MOL-FR | (kg/h) | MAS-FR |
|------------------|---------------|----------|---------|---------|
| 1 WATER | 2775.42 | 1.00000 | 50000.0 | 1.00000 |
| TOTAL | 2775.42 | | 50000.0 | |
| VAPOR FRACTION | | 0.00000 | | 0.00000 |
| LIQUID FRACTION | | 1.00000 | | 1.00000 |
| SOLID FRACTION | | 0.00000 | | 0.00000 |
| TEMPERATURE | 298.150 | (K) | | |
| PRESSURE | 1.13990 | (atm) | | |
| ENTHALPY | -2.925617E+07 | (kcal/h) | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.0153 | (g/mol) | | |

[Process matrix](#)
[Streams table](#)

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

STREAM NAME: 5
DESCRIPTION:

THERMO. CALCULATOR: [Ricardo](#)
FROM: [Centrifugal pump 2](#)
TO: [Pipe](#)
PHASE: LIQUID

| COMPONENT | (kmol/h) | MOL-FR | (kg/h) | MAS-FR |
|------------------|---------------|----------|---------|---------|
| 1 WATER | 2775.42 | 1.00000 | 50000.0 | 1.00000 |
| TOTAL | 2775.42 | | 50000.0 | |
| VAPOR FRACTION | | 0.00000 | | 0.00000 |
| LIQUID FRACTION | | 1.00000 | | 1.00000 |
| SOLID FRACTION | | 0.00000 | | 0.00000 |
| TEMPERATURE | 298.156 | (K) | | |
| PRESSURE | 1.68764 | (atm) | | |
| ENTHALPY | -2.925515E+07 | (kcal/h) | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.0153 | (g/mol) | | |

[Process matrix](#)
[Streams table](#)

STREAM NAME: 6
DESCRIPTION:

THERMO. CALCULATOR: [Ricardo](#)
FROM: [Pipe](#)
TO: [Expansion valve](#)
PHASE: LIQUID

| COMPONENT | (kmol/h) | MOL-FR | (kg/h) | MAS-FR |
|------------------|---------------|----------|---------|---------|
| 1 WATER | 2775.42 | 1.00000 | 50000.0 | 1.00000 |
| TOTAL | 2775.42 | | 50000.0 | |
| VAPOR FRACTION | | 0.00000 | | 0.00000 |
| LIQUID FRACTION | | 1.00000 | | 1.00000 |
| SOLID FRACTION | | 0.00000 | | 0.00000 |
| TEMPERATURE | 298.157 | (K) | | |
| PRESSURE | 1.67354 | (atm) | | |
| ENTHALPY | -2.925515E+07 | (kcal/h) | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.0153 | (g/mol) | | |

[Process matrix](#)
[Streams table](#)

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

STREAM NAME: 8
DESCRIPTION:

THERMO. CALCULATOR: [Ricardo](#)
FROM: [Expansion valve](#)
TO: >>>>
PHASE: LIQUID

| COMPONENT | (kmol/h) | MOL-FR | (kg/h) | MAS-FR |
|------------------|---------------|----------|---------|---------|
| 1 WATER | 2775.42 | 1.00000 | 50000.0 | 1.00000 |
| TOTAL | 2775.42 | | 50000.0 | |
| VAPOR FRACTION | | 0.00000 | | 0.00000 |
| LIQUID FRACTION | | 1.00000 | | 1.00000 |
| SOLID FRACTION | | 0.00000 | | 0.00000 |
| TEMPERATURE | 298.157 | (K) | | |
| PRESSURE | 1.64777 | (atm) | | |
| ENTHALPY | -2.925515E+07 | (kcal/h) | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.0153 | (g/mol) | | |

[Process matrix](#)
[Streams table](#)

5. ANEXO 5: COLUMNA DE RELLENO

En este apartado se detallan todos los cálculos relacionados con la columna de relleno, tanto para el proceso de adsorción como el de limpieza.

5.1. DIMENSIONAMIENTO COLUMNA DE RELLENO

Para determinar el área de la columna se estima un diámetro de 2 metros y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (2)$$

$$D = 2(\text{m})$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = 3,142 \text{ m}^2$$

Posteriormente, conociendo el caudal de trabajo de cada torre y habiendo determinado el área de la columna, se determina la velocidad lineal del fluido en la columna.

$$v = \frac{Q_{ads}}{A} \quad (3)$$

$$Q_{ads} = 50 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$v = \frac{Q_{ads}}{A} = \frac{50 \text{ (m}^3/\text{h)}}{\pi/4 \cdot 4 \text{ (m}^2)} = 15,915 \text{ (m/h)} = 4,42 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Teniendo en cuenta el tiempo de contacto en la columna (EBCT) que aparece en las especificaciones y conociendo el caudal de entrada, se determina la cantidad de organoarcilla necesaria para la columna.

$$EBCT = \frac{(V_{org} \cdot 60 \text{ (min/h)})}{Q_{ads}} \quad (4)$$

$$EBCT = 9 \text{ (min)}$$

$$Q_{ads} = 50 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$V_{org} = EBCT \cdot Q_{ads} = 9(\text{min}) \frac{1(\text{h})}{60(\text{min})} \cdot 50 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 7,5(\text{m}^3)$$

Por tanto, la masa de organoarcilla necesaria, será:

$$m_{org} = \rho_{org} V_{org} = 704,626 \cdot 7,5 = 5284,7(\text{kg})$$

$$\rho_{org} = 704,626(\text{kg/m}^3)$$

Una vez determinada la cantidad de arcilla que hay en la columna, se determina la altura de relleno.

$$V_{org} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H_r \quad (6)$$

H_r : Altura de relleno en la columna

$$H_r = \frac{V_{org} \cdot 4}{D^2 \pi} = \frac{7,5 \cdot 4}{2^2 \cdot 3,142} = 2,39(\text{m})$$

Para determinar la pérdida de carga que se produce en la torre en el proceso de adsorción se utiliza la ecuación de Ergun, que se muestra a continuación.

$$\frac{\Delta p}{H_r} = k_1 \frac{\mu}{D_p^2} \frac{(1-E)^2}{E^3} v + k_2 \frac{\rho}{D_p} \frac{(1-E)}{E^3} v^2 \quad (7)$$

$$V = S \cdot H = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = \frac{\pi}{4} \cdot 2^2 \cdot 4 = 12,57(\text{m}^3)$$

$V = 12,57(\text{m}^3)$ (volumen de la torre)

$H = 4(\text{m})$ (altura de la torre)

$$E = 1 - \frac{\rho_{lecho}}{\rho_{sól}} = 1 - \frac{m_{org}/V}{m_{org}/V_{org}} = 1 - \frac{5284,7/12,57}{5284,7/7,5} = 0,4 \quad (8)$$

$$v = \frac{Q_{ads}}{A} = \frac{50}{\pi/4 \cdot 2^2} = 15,915 \left(\frac{\text{m}}{\text{h}} \right) \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 4,42 \cdot 10^{-3}(\text{m/s})$$

$K_1 = 150$

$$\mu = 1.10^{-3} \text{ (Pa.s)}$$

$$D_p = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (m)}$$

$$E = 0,4$$

$$k_2 = 1,75$$

$$\rho = 1000 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$v = 4,42 \cdot 10^{-3} \text{ (m/s)}$$

$$\Delta p = 2611,32 \text{ Pa} \cdot \frac{(1 \text{ bares})}{10^5 \text{ Pa}} \cdot \frac{(10,1974 \text{ m})}{(1 \text{ bares})} = 0,266 \text{ (m)}$$

Atendiendo a la relación entre los bares y metros de columna de agua se hace una conversión para determinar la pérdida en medidas de longitud, para así tenerlas en cuenta a la hora de diseñar la columna.

A partir de la pérdida de carga en la columna, la altura de relleno y un coeficiente de seguridad de 1,5 para asegurarse de que el proceso de adsorción se pueda efectuar de manera efectiva, se ha establecido la altura de la columna en 4 m.

$$H = (2,39 + 0,266) \cdot 1,5 = 4 \text{ m}$$

5.2. CÁLCULO DEL TIEMPO DE SATURACIÓN DE LA ORGANOARCILLA

Datos a tener en cuenta:

- concentración de entrada a la torre de adsorción es de 120 ppm
- concentración máxima posible que se puede verter es de 10 ppm
- caudal es de 50 m³/h por columna.
- la organoarcilla se satura cuando ha adsorbido el 60% de su masa.
- el rendimiento en el proceso de adsorción es del 99%

La cantidad máxima de aceite que se puede adsorber hasta que la organoarcilla se satura.

$$m_{RS} = 0,6 \cdot m_{Org} \cdot \mu = 0,6 \cdot 5284,7 \cdot 0,99 = 3139,11 \text{ (kg)}$$

m_{RS} : Masa de aceite retenido hasta la saturación (kg)

Para determinar la cantidad de aceite que se acumula en la torre en el proceso de adsorción, se establece los límites de vertidos según la Normativa Vigente en 10 ppm, por lo tanto, es el valor límite de operación. A continuación se muestra el cálculo de la cantidad de aceite acumulado.

$$C_e = 120 \text{ (ppm)}$$

$$C_s = 10 \text{ (ppm)}$$

$$C_{ac} \text{ (ppm)} = C_e - C_s \quad (10)$$

$$C_{ac} = 120 - 10 = 110 \text{ ppm} = 110 \text{ (mg/L)} \cdot 10^3 \text{ (L/m}^3\text{)} \cdot (1 \text{ kg}/10^6 \text{ g)} = 0,11 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

El flujo másico de aceite en la torre en función del tiempo se ha de tener en cuenta el caudal que circula por la torre.

$$M_{ads} = C_{ac} Q_{ac} \eta \quad (12)$$

$$\eta = 0,99$$

$$C_{ac} = 0,11 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

M_{ads} : Flujo másico en la torre de adsorción (kg/h)

$$Q_{ads} = 50 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$M_{ads} = 0,11 \cdot 50 \cdot 0,99 = 5,445 \text{ (}\frac{\text{kg}}{\text{h}}\text{)}$$

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Por tanto, teniendo en cuenta la cantidad de aceite adsorbido en función del tiempo y la capacidad de adsorción de la organoarcilla, se determinará el tiempo de saturación de la columna en el proceso de adsorción.

$$t_{sat} = \frac{3170,82}{5,445} = 582,34 h \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 h} = 24,26 \text{ días}$$

La columna tarda en saturarse: 582,34h o lo que es lo mismo: 24,26 días.

6. ANEXO 6: PROCESO DE LIMPIEZA

6.1. CÁLCULO DEL TIEMPO MÍNIMO DE LAVADO

Se ha fijado que las torres de adsorción estén trabajando durante 24 horas antes de ser paradas para su limpieza, por tanto, la cantidad a desadsorber será la depositada en ese periodo de tiempo.

$$m_R = t_{ads} \cdot M_{ads} \quad (14)$$

m_R : Masa de aceite retenida en el proceso de adsorción (kg)

$$t_{ads} = 24 \text{ (h)}$$

$$M_{ads} = 5,445 \text{ (kg/h)}$$

$$m_R = 24 \text{ (h)} \cdot 5,445 \text{ (kg/h)} = 130,68 \text{ kg}$$

Esta masa retenida, representa el 60% de la masa total de la organoarcilla

$$m_{org} = \frac{m_R}{0,60} \quad (15)$$

$$m_{org} = \frac{130,68 \text{ (kg)}}{0,60} = 217,8 \text{ (kg)}$$

$m_{org} = 217,8 \text{ (kg)}$ (organoarcilla sobre la que se ha depositado el aceite)

$$V_{org} = \frac{m_{org}}{\rho_{org}} \quad (16)$$

$$V_{org} = \frac{217,8 \text{ (kg)}}{704,626 \text{ (}\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{)}} = 0,31 \text{ (m}^3\text{)}$$

$V_{org} = 0,31 \text{ (m}^3\text{)}$ (Volumen que ocupa la organoarcilla sobre la que se ha depositado el aceite)

El tiempo de limpieza mínimo necesario para que la organoarcilla quede limpia será:

$$t_{Lm} = \frac{V_{org}}{Q_L} \quad (17)$$

$$Q_{Lm} = 5 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$t_{Lm} = \frac{0,31 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{5 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)} = 0,062 \text{ (h)} \cdot 60 \left(\frac{\text{min}}{1\text{h}}\right) = 3,72 \text{ (min)}$$

$t_{Lm} = 3,72 \text{ (min)}$ tiempo de limpieza mínimo para desadsorber toda la grasa retenida.

Se toma un tiempo de lavado (10 minutos), superior al mínimo exigido (3,72 min), para garantizar que además de producirse totalmente la desadsorción, las grasas y aceites sean extraídos completamente de la columna.

6.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL ACEITE PROCEDENTE DEL LAVADO

Se ha decidido que el proceso de limpieza se lleve a cabo simultáneamente en las 4 torres y con flujo en contracorriente durante 10 minutos.

Para poder realizar la limpieza de la organoarcilla se necesita una bomba con la suficiente potencia como para poder impulsar el fluido de lavado que es el agua, que posteriormente será conducido a la balsa estabilizadora, y de ésta se recirculará al DAF, que trabaja mejor con concentraciones altas de aceite.

Es por ello, que para el proceso de limpieza se ha establecido un caudal de **5 m³/h por torre** y el tiempo de limpieza **de 10 minutos**. Estos datos se han basado en otros procesos de adsorción revisados en la bibliografía.

La recuperación de la organoarcilla en el proceso de limpieza es del 100%, es decir, se recupera todo el aceite y la grasa retenidos.

A continuación, se muestran los cálculos para la determinación de la concentración de aceites y grasas a la salida de la torre después del lavado .

$$m_R = 130,68 \text{ (kg)}$$

$$t_L = 10 \text{ min}$$

El flujo másico en el lavado vendrá dado por:

$$M_L = \frac{m_R}{t_L} \quad (18)$$

$$M_L = \frac{130,68 \text{ (kg)} (60) \text{ min}}{10 \text{ (min)} \cdot 1 \text{ (h)}} = 784,08 \text{ (kg/h)}$$

$$C_{SL} = \frac{M_L}{Q_L} \quad (19)$$

$$C_{SL} = \frac{784,08 \text{ (kg/h)}}{5 \text{ (m}^3\text{/h)}} = 156,816 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

C_{SL} : Concentración de aceites y grasas a la salida de la torre en el lavado y en la balsa.

El volumen de agua utilizada en la limpieza de cada torre será:

$$V_L = Q_L t_L \quad (20)$$

$$V_L = 5 \text{ (m}^3\text{/h)} \frac{10 \text{ (min)}}{60 \text{ (min/h)}} = 0,833 \text{ (m}^3\text{)}$$

El volumen total de agua que llegará a la balsa estabilizadora procedente de la limpieza, será el correspondiente al de las 4 torres:

$$V_{TL} = 4 \cdot V_L = 4 \cdot 0,833 = 3,333 \text{ (m}^3\text{)}$$

6.3. DETERMINACIÓN DEL FLUJO MÁSSICO TEÓRICO QUE SE PUEDE RECIRCULAR

La cantidad de agua de lavado que se puede recircular, vendrá determinada por las condiciones impuestas a la salida del DAF hacia las torres de adsorción : caudal de 200 (m³/h) y 120 ppm. Si se hace un balance de materia al DAF se tiene que cumplir:

$$x(Q_{ref}C_{ref} + Q_R C_{SL}) = QC \quad (22)$$

x : Porcentaje máximo teórico que indica qué cantidad de agua se puede recircular al DAF

$$Q_{ref} = 200 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$C_{ref} = 0,5 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Q_R : Caudal de agua procedente de la balsa estabilizadora (m³/h)

$$C_{SL} = 156,816 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$Q = 200 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$C = 0,12 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

se cumple que en la ecuación (22)

$$Q_R \cdot C_{SL} > 0$$

$$\frac{QC}{x} - Q_{ref}C_{ref} = Q_R C_{SL} > 0$$

$$\frac{QC}{x} > Q_{ref}C_{ref}$$

$$x < \frac{QC}{Q_{ref}C_{ref}} \quad (25)$$

$$x < \frac{200(\text{m}^3/\text{h})0,12(\text{kg}/\text{m}^3)}{200(\text{m}^3/\text{h})0,5(\text{kg}/\text{m}^3)} = 0,24 ; x < 0,24$$

El caudal másico que se puede enviar a las torres de adsorción desde el DAF, ha de ser menor al 24% del caudal másico total que entra al DAF.

6.4. DETERMINACIÓN DEL FLUJO MÁSIKO REAL QUE SE VA A RECIRCULAR

Teniendo en cuenta la ecuación (21) se llega a:

$$Q_R = \frac{V_{TL}}{t_{ads}}$$

$$V_{TL} = 3,333(m^3)$$

$t_{ads} = 24$ (h) (tiempo que se tarda en enviar desde la balsa estabilizadora al DAF, el volumen total del lavado)

$$Q_R = \frac{3,333}{24} = 0,139(m^3/h)$$

Se ha decidido, que éste sea el caudal procedente de la limpieza que se recircule al DAF.

Para determinar la concentración de aceites y grasas que se extraen hacia fuera del DAF, se hace un balance de materia en éste:

$$Q_{ref} + Q_R = Q + Q_{DAF}$$

$Q_{ref} = 200$ (m³/h) (Caudal procedente de la refinería)

$Q_R = 0,139$ (m³/h) (Caudal procedente de la balsa estabilizadora)

$Q = 200$ (m³/h) (Caudal que sale desde el DAF hacia las torres de adsorción)

$Q_{DAF} = 0,139$ (m³/h) Caudal que se extrae desde el DAF hacia el exterior del sistema)

$$Q_{ref} C_{ref} + Q_R C_{SL} = C Q + Q_{DAF} C_{DAF} \quad (27)$$

C_{DAF} : Concentración de aceite que se extrae desde el DAF hacia el exterior del sistema

$$200 \cdot 0,5 + 0,139 \cdot 156,82 = 200 \cdot 0,12 + 0,139 \cdot C_{DAF}; C_{DAF} = 703,58(kg/m^3)$$

El porcentaje real del flujo másico que se dirige hacia las torres de adsorción será:

$$x = \frac{200 \cdot 0,12}{200 \cdot 0,5 + 0,139 \cdot 156,816} = 0,197$$

$x = 19,7\%$ (porcentaje real que se recircula desde el DAF hacia las torres de adsorción)

Con lo que se cumple lo demostrado, que $x < 24\%$

$$M_R = Q_R \cdot C_{SL} = 0,139 \cdot 156,82 = 21,8 \text{ (kg/h)}$$

M_R : caudal másico que se recircula desde la balsa estabilizadora al DAF

Por la parte superior del DAF hacia fuera del sistema se extraerá, por tanto, un flujo másico del 80,3%

6.5. PÉRDIDAS DE CARGA EN EL PROCESO DE LIMPIEZA.

Las diferentes pérdidas de carga en el proceso de limpieza vendrán dadas por la pérdidas producidas en la columna, así como las producidas en las conducciones y accidentes.

6.5.1. Pérdida de carga en la columna

Para determinar la pérdida de carga hay que tener en cuenta el caudal de limpieza y las dimensiones de la columna.

Se va a determinar la pérdida de carga utilizando dos métodos:

- A partir de las gráficas que aparecen en la figura 6.1, que se muestran a continuación, se determina la pérdida de carga producidas en el proceso de limpieza en la columna.

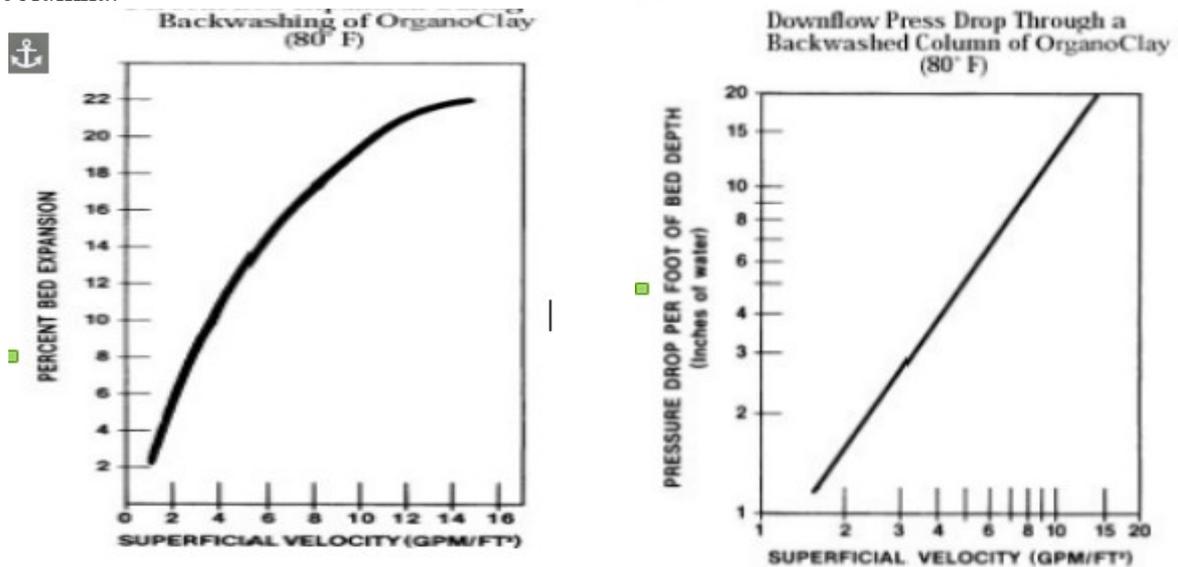


Figura 6.1. Caída de presión en la columna en la limpieza

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Teniendo en cuenta que la velocidad superficial viene en (GPM/pie²), se ha de calcular la velocidad superficial en estas condiciones.

$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \frac{(4,4022 \text{ GPM})}{(1 \text{ m}^3/\text{h})} = 22,0111 \text{ GPM}$$

$$A = 3,142 \text{ m}^2 \cdot \frac{(10,7639 \text{ pie}^2)}{(1 \text{ m}^2)} = 33,82 \text{ pie}^2$$

$$v_s = \frac{(22,0145 \text{ GPM})}{(33,82 \text{ pie}^2)} = 0,651 \text{ GPM / pie}^2$$

Haciendo uso del gráfico en el que se representa el porcentaje de expansión de la columna frente a la velocidad superficial, se ha determinado que el porcentaje de expansión de la organoarcilla en la columna en el proceso de lavado es en torno a un 2%, cantidad muy pequeña y que se puede considerar prácticamente despreciable.

Como en el gráfico que se muestra en la imagen superior derecha en el que se representa la pérdida de carga por pie de lecho en pulgadas, frente a la velocidad superficial no se recoge el valor para velocidades tan pequeñas, se ha hecho el mismo gráfico para valores más pequeños de velocidades (Figura 6.2).

En la tabla 6.1. se recogen los valores de la caída de presión en el lavado en función de la velocidad superficial.

Tabla 6.1. Caída de presión en la columna en el proceso de lavado.

| VELOCIDAD SUPERFICIAL (GPM/FT ²) | CAÍDA DE PRESIÓN (PULGADA/PIE) |
|--|--------------------------------|
| 0,65 | 0,3 |
| 2 | 1,468 |
| 3 | 2,666 |
| 4 | 3,914 |
| 5 | 5,055 |
| 6 | 6,813 |
| 8 | 9,183 |

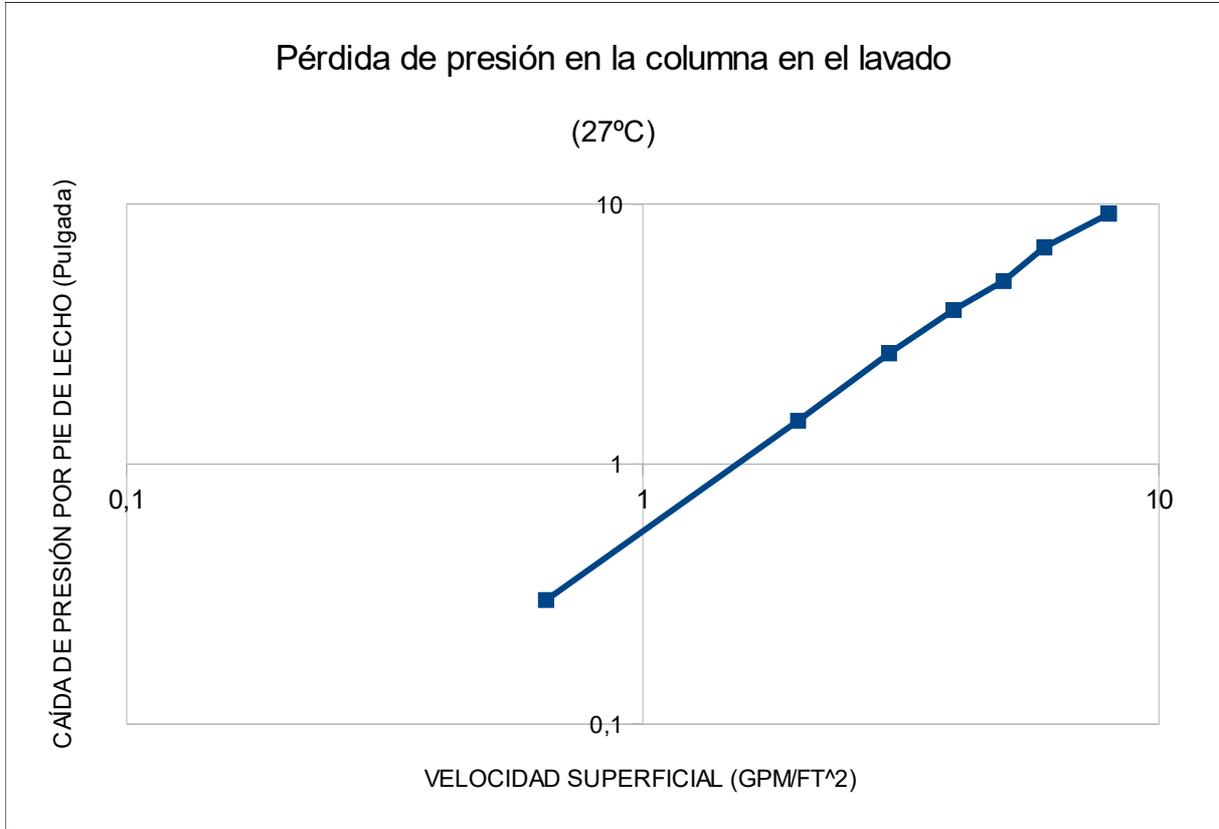


Figura 6.2 .Pérdida de presión en la columna en el lavado

Para una velocidad de **0,65 GPM/FT²** , la caída de presión que le corresponde es de **0,3 pulgada/pie de columna**

$$H_r = 2,39 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} = 7,8412 \text{ pie}$$

$$\Delta h_c = \frac{0,3 \text{ pulgada}}{\text{pie}} \cdot 7,8412 \text{ pie} \cdot \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pulgada}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 5,9 \cdot 10^{-2} (\text{m})$$

Éste es el valor de la pérdida de carga obtenida utilizando los gráficos.

- Utilizando la ecuación de Ergun

$$\frac{\Delta p}{H_r} = k_1 \frac{\mu}{D_p^2} \frac{(1-E)^2}{E^3} v + k_2 \frac{\rho}{D_p} \frac{(1-E)}{E^3} v^2 \quad (7)$$

$$k_1 = 150$$

$$H_f = 2,39 \text{ (m)}$$

$$\mu = 1 \cdot 10^{-3} \text{ (Pa.s)}$$

$$D_p = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (m)}$$

$$E = 0,4$$

$$k_2 = 1,75$$

$$\rho = 1000 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$Q = 5 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$D = 2 \text{ (m)}$$

La velocidad del fluido en el proceso de lavado será:

$$v_L = \frac{5 \text{ (m}^3\text{/h)} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}}}{\pi/4 \cdot 2^2 \text{ (m}^2\text{)}} = 4,421 \cdot 10^{-4} \text{ (m/s)}$$

$$\Delta p = 226,7125 \text{ (Pa)}; \Delta h_e = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{226,7125}{1000 \cdot 9,81} = 0,0231 \text{ (m)}$$

$\Delta h_c = 0,059 \text{ (m)}$ (Gráficas)

$\Delta h_c = 0,0231 \text{ (m)}$ (Ergun)

Si se comparan los valores obtenidos por ambos métodos, se observa que el correspondiente al de las gráficas es unas 2,5 veces mayor que el obtenido aplicando Ergun.

El hecho de que la precisión de la gráfica no sea elevada y que además se haya hecho una extrapolación en ella, hace pensar que lo adecuado sea tomar como valor correcto el obtenido por Ergun.

6.5.2. Pérdida de carga en las conducciones

Sabiendo que en las especificaciones, las dimensiones de la conducción vienen dadas por el diámetro externo y el espesor de tubería, a continuación se muestra el cálculo del diámetro interno de tubería que será el que se use a la hora de realizar los diferentes cálculos de la pérdida de carga.

$$D_i = D_0 - 2e \qquad D_i = 75 - 2 \cdot 3 = 69 \text{ mm} = 0,069 \text{ m}$$

D_0 : Diámetro externo de la tubería (mm)

D_i : Diámetro interno de la tubería (mm)

e : espesor (mm)

$D_i = 69$ (mm) (diámetro de las tuberías de lavado)

La determinación de la pérdida de carga total en las conducciones se hará utilizando las ecuaciones (30), (32), (34) y el gráfico de Moody

$$\Delta F_R = 2f \cdot V^2 \cdot \frac{L}{D} \qquad (30)$$

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \qquad (32)$$

$$\varepsilon = \frac{K}{D} \qquad (34)$$

En la figura 6.3. se muestran todos los accidentes en el proceso de limpieza:

$$Q_1 = Q_2 = 20 \text{ (m}^3\text{/h)} \quad Q_3 = 15 \text{ (m}^3\text{/h)} \quad Q_4 = 10 \text{ (m}^3\text{/h)} \quad Q_5 = 5 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = D_5 = 0,069 \text{ (mm)}$$

“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”



Figura 6.3. Perfil del sistema de limpieza

En la tabla 6.2, se recogen todos los datos necesarios para la determinación de la pérdida de carga total en las conducciones.

Tabla 6.2. Pérdida de carga en las conducciones en la limpieza

| Q (m ³ /h) | L (m) | v (m/s) | Re (10 ⁴) | Re (10 ⁵) | 4f/2 | ΔF _R (J/kg) |
|-----------------------|--------|---------|-----------------------|-----------------------|--------|------------------------|
| 5 | 192,62 | 0,37 | 2,56 | | 0,0125 | 1,203 |
| 10 | 8 | 0,74 | 5,12 | | 0,0110 | 0,176 |
| 15 | 8 | 1,11 | 7,69 | | 0,0095 | 0,342 |
| 20 | 7,36 | 1,49 | | 1,02 | 0,0090 | 2,118 |
| Total | | | | | | 2,250 |

6.5.3. Pérdida de carga en los accidentes

Las pérdidas de carga en los accidentes vendrán dado por la ecuación (31)

$$\Delta F_a = K_a \frac{v^2}{2} \quad (31)$$

En la tabla 6.3, se recogen todos los datos necesarios para el cálculo de la pérdida de carga en los accesorios.

Tabla 6.3. Pérdida de carga en los accidentes en el lavado

| Q (m ³ /h) | v (m/s) | K _a | ΔF _a (J/kg) | Accidente |
|-----------------------|---------|----------------|------------------------|--------------|
| 5 | 0,37 | 0,75 | 0,026 | 2 codos 90 |
| 10 | 0,74 | 1 | 0,276 | 2 T estándar |
| 15 | 1,11 | 1 | 0,931 | 2 T estándar |
| 20 | 1,49 | 1 | 2,207 | 2 T estándar |
| Total | | | 3,439 | |

6.5.4. Pérdida de carga en el sistema.

Para el cálculo de la h del sistema (h_s), se hace un BEM entre la entrada a la bomba (1) y la salida a la balsa (2)

$$g(z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{V_1^2}{2\alpha_1} \right) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \Delta F = \hat{W} \quad (28)$$

$$p_1 = p_2 = 1 \text{ bar}$$

$$z_1 = 0 \text{ (m)}$$

$$z_2 = 4 \text{ (m)}$$

$$v_2 = v_1 = 1,49 \text{ (m/s)}$$

$$\Delta F = \Delta F_a + \Delta F_R + g \Delta h_c$$

Teniendo en cuenta las condiciones entre los puntos (1) y (2) y dividiendo ambos miembros de la ecuación por g, queda:

$$h_b = z_2 + \frac{\Delta F_R}{g} + \frac{\Delta F_a}{g} + \Delta h_c \quad (34)$$

h_b: altura que debe proporcionar la bomba. (m)

$$h_s = z_2 + \frac{\Delta F_R}{g} + \frac{\Delta F_a}{g} + \Delta h_c$$

En la tabla 6.4. se recogen los valores necesarios para la determinación de h_s

$$\frac{\Delta F_t}{g} = \frac{2,250 + 3,439}{9,81} = 0,580 (m)$$

$$h_s = 4 + 0,580 + 0,0231 = 4,6 (m)$$

Tabla 6.4. Obtención de h_s

| Δz (m) | ΔF_t (J/kg) | Δh_c (m) | h_s (m) |
|----------------|---------------------|------------------|-----------|
| 4 | 5,69 | 0,0231 | 4,60 |

6.5.5. Carga neta de aspiración (NPSH)

La carga neta de aspiración , viene dada por la siguiente expresión:

$$NPSH_{disp} = h_a - \frac{P_v}{\rho \cdot g} \tag{35}$$

h_a : carga de aspiración de la bomba (m)

$P_v = 23,8 \text{ mm Hg}$ [presión de vapor del líquido a la temperatura del fluido (25 °C)]

$\rho_{Hg} = 13600 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

$$P_v = 23,8 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ m Hg}}{1000 \text{ mm Hg}} \cdot 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3175,88 \text{ (Pa)}$$

$$NPSH_{disp} = \frac{p_1 - P_v}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g}$$

$p_1 = 10^5 \text{ (Pa)}$ (presión a la entrada de la bomba)

$P_v = 3175,3 \text{ (Pa)}$

$$v_1 = 1,49 \text{ (m/s)}$$

$$NPSH_{disp} = \frac{10^5 - 3175,3}{1000 \cdot 9,81} + \frac{1,49^2}{2 \cdot 9,81} = 9,983 \text{ (m)}$$

La bomba elegida: **GNI- 40-13 con rotor de 130 mm de diámetro.**

El NPSH requerido por el fabricante, es: $NPSH - r = 1,25$

$NPSH_{disp} > NPSH_{req}$; $9,983 > 1,25$ La bomba funcionará correctamente y no cavitará.

Los valores de NPSH que aparecen en la tabla 6.5, indican que la bomba no cavitará que la bomba .

Tabla 6.5. Carga neta de aspiración

| p (bar) | Pv (mmHg) (25°C) | v (m/s) | NPSH _{disp} (m) | NPSH _{req} (m) |
|---------|------------------|---------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 23,8 | 1,49 | 9,98 | 1,5 |

6.5.6. Potencia necesaria de la bomba para el proceso de limpieza

- potencia suministrada al fluido:

$$P = \rho g h_s Q = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4,6 \cdot \frac{20}{3600} = 251 \text{ (W)}$$

$$h_s = 4,60 \text{ (m)}$$

- potencia suministrada a la bomba:

$$h_b = 4,62 \text{ (m) [obtenida de la gráfica de la bomba (rotor 130 mm de D)]}$$

$$P_{su} = \frac{\rho g h_b Q}{\eta} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 4,62 \cdot 20}{3600 \cdot 0,65} = 387 \text{ (W)}$$

$$\eta = \frac{P}{P_{su}} = \frac{251}{387} = 0,65$$

- $\eta = 65\%$ (Rendimiento de la bomba).

En la figura 6.4, se recogen las características de la bomba elegida para el proceso de lavado.

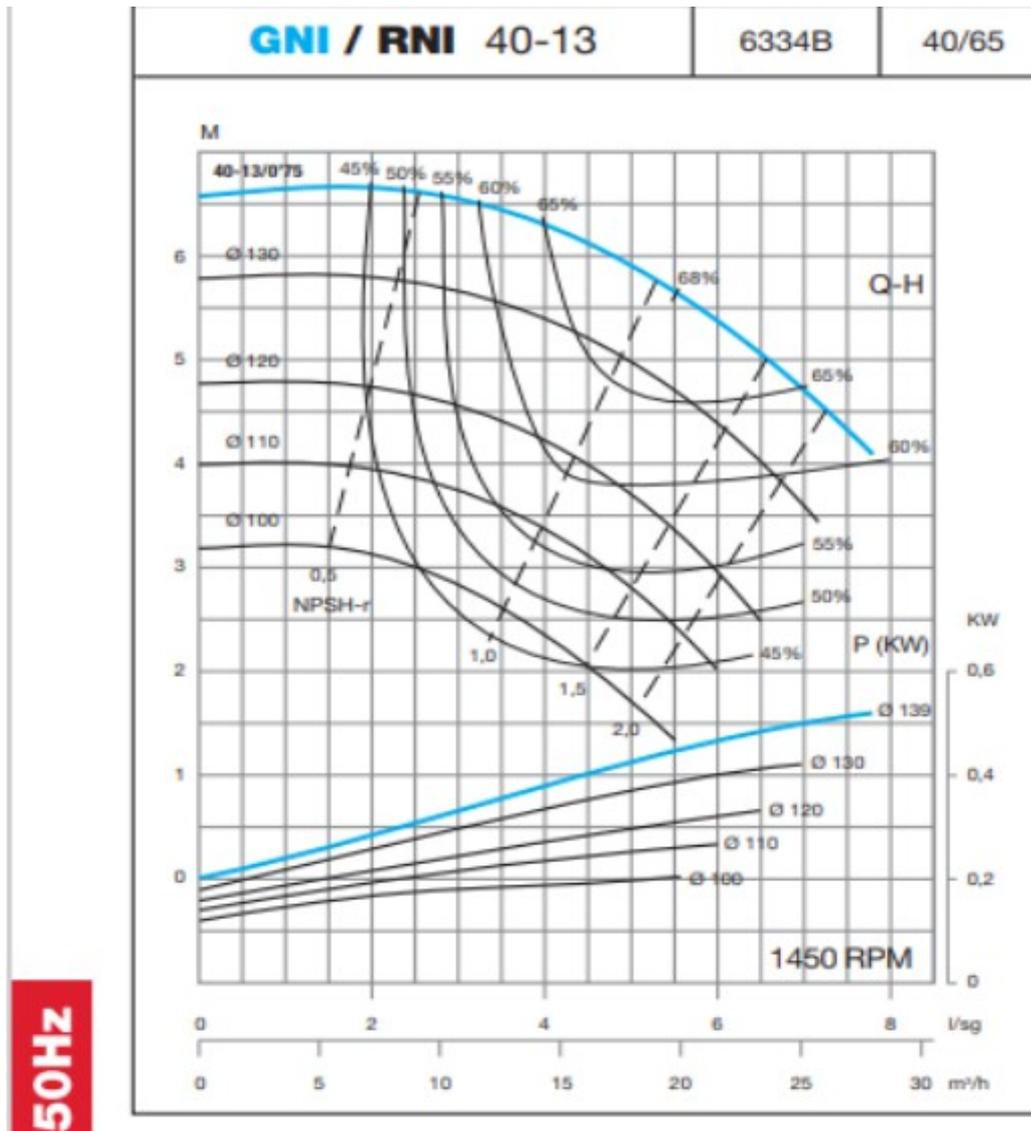


Figura 6.4. Bomba para el lavado

7. ANEXO 7: ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN

Para realizar la estimación de los tiempos de operación se ha realizado una hoja de cálculo donde figuran los valores obtenidos. Teniendo en cuenta los resultados, se ha determinado que el tiempo de operación de las torres sea de 24h y posteriormente, se llevará a cabo la parada simultáneamente de las 4 torres para realizar su limpieza que durará 10 minutos,

Dentro de las suposiciones realizadas al final se ha decidido tomar como tiempo de limpieza 10 minutos.

A continuación se muestran las diferentes ecuaciones que se han usado para poder determinar los tiempos de operación.

$$m_R = M_{ads} t_{ads} \quad (14)$$

m_R : masa de aceite retenida en la adsorción (kg)

t_{ads} : tiempo de adsorción(h)

$M_{ads} = 5,445$ (Kg/h). (caudal másico en la adsorción)

$$M_L = \frac{m_R}{t_L} \quad (18)$$

M_L : caudal másico del lavado (kg/h)

t_L = tiempo de lavado (min)

$$C_{SL} = \frac{M_L}{Q_L} \quad (19)$$

C_{SL} : concentración de aceites y grasas que sale de la torre en el proceso de limpieza (kg/m³)

El volumen total del lavado será el correspondiente al de las 4 torres:

$$V_L = Q_L t_L \quad (20)$$

$$V_{TL} = 4V_L$$

Se plantean dos opciones para enviar lo que se acumula en los 10 minutos de lavado en la balsa estabilizadora al DAF:

- Enviar el volumen total de una sola vez al DAF
- Enviar el volumen total recogido en la balsa con un caudal tal, que se corresponde con el volumen recogido repartido en las 24 horas en que tiene lugar la adsorción

$$Q_R = \frac{V_{TL}}{t_{ads}} \quad (26)$$

Q_R : caudal del fluido que saldrá desde la balsa estabilizadora al DAF (m^3/h)

V_{TL} : volumen de agua total de lavado (m^3)

$t_{ads} = 24$ (h)

$$x(\text{recirculación}) = \frac{CQ(\text{kg/h})}{Q_{ref}C_{ref}(\text{kg/h}) + (Q_R \cdot C_{SL}(\text{kg/h}))}$$

x: Recirculación

$Q = 200$ (m^3/h)

$C = 0,12$ (kg/m^3)

$Q_{ref} = 200$ (m^3/h)

$C_{ref} = 0,5$ (kg/m^3)

$Q_R = 0,833$ (m^3/h)

$C_{SL} = 783,648$ (kg/m^3)

Para determinar el periodo de limpieza más adecuado, se hicieron varias suposiciones de tiempos de adsorción y de lavado. En todas ellas el caudal másico en el lavado y el caudal de lavado, es el mismo.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

$$M_L = 5,445 \text{ (kg/h)}$$

$$Q_L = 5 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$V_{TL} = 10 \text{ (m}^3\text{)}$$

- Tiempo de lavado de 30 minutos.

En la tabla 7.1, se recogen los resultados para un tiempo de lavado de 30 minutos.

Tabla 7. 1 Resultados para tiempo de limpieza 30 min

| t_{ads} (h) | m_R (kg) | M_L (kg/h) | C_{SL}(Kg/m³) | Q_R (m³/h) | x (%) |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|--|--------------|
| 8,00 | 43,56 | 87,12 | 17,42 | 1,25 | 19,71 |
| 10,00 | 54,45 | 108,90 | 21,78 | 1,00 | 19,71 |
| 12,00 | 65,34 | 130,68 | 26,14 | 0,83 | 19,71 |
| 18,00 | 98,01 | 196,02 | 39,20 | 0,56 | 19,71 |
| 24,00 | 130,68 | 261,36 | 52,27 | 0,42 | 19,71 |
| 30,00 | 163,35 | 326,70 | 65,34 | 0,33 | 19,71 |
| 36,00 | 196,02 | 392,04 | 78,41 | 0,28 | 19,71 |

- Tiempo de lavado de 20 minutos

Ahora el volumen de lavado total será:

$$V_L = 5 \text{ (m}^3\text{/h)} \cdot 20 \text{ (min)} \cdot \frac{1\text{h}}{60 \text{ (min)}} = 1,667 \text{ (m}^3\text{)}; V_{TL} = 4 \cdot 1,667 = 6,667 \text{ (m}^3\text{)}$$

En la tabla 7.2, que se muestra a continuación, aparecen los valores obtenidos para el tiempo de limpieza de 20 minutos.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 7. 2 Resultados para tiempo de limpieza 20 min

| t_{ads}(h) | m_R (kg) | M_L (kg/h) | C_{SL}(Kg/m³) | Q_R (kg/m³) | x (%) |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|---|--------------|
| 8,00 | 43,56 | 130,81 | 26,16 | 0,833 | 19,70 |
| 10,00 | 54,45 | 165,51 | 32,70 | 0,667 | 19,70 |
| 12,00 | 65,34 | 196,22 | 39,24 | 0,556 | 19,70 |
| 18,00 | 98,01 | 294,32 | 58,86 | 0,370 | 19,70 |
| 24,00 | 130,68 | 392,43 | 78,49 | 0,278 | 19,70 |
| 30,00 | 163,35 | 490,54 | 98,11 | 0,222 | 19,70 |
| 36,00 | 196,02 | 588,65 | 117,73 | 0,185 | 19,70 |

- Tiempo de lavado de 10 minutos

$$V_L = 5 \left(\frac{m^3}{h} \right) \cdot \frac{1h}{60 \text{ min}} \cdot 10 (\text{min}) = 0,8333 (m^3); V_{TL} = 4 \cdot 0,833 = 3,332 (m^3)$$

En la tabla 7.3, se recogen los datos relacionados con el tiempo de limpieza de 10 minutos.

Tabla 7.3 Resultados para tiempo de limpieza de 10 minutos

| T_{ads} (h) | m_R (kg) | M_L (kg/h) | C_{SL}(Kg/m³) | Q_R (kg/m³) | x (%) |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|---|--------------|
| 8,00 | 43,56 | 260,84 | 52,17 | 0,42 | 19,72 |
| 10,00 | 54,45 | 326,05 | 65,21 | 0,33 | 19,72 |
| 12,00 | 65,34 | 391,26 | 78,25 | 0,28 | 19,72 |
| 18,00 | 98,01 | 586,89 | 117,38 | 0,19 | 19,72 |
| 24,00 | 130,68 | 784,08 | 156,51 | 0,14 | 19,72 |
| 30,00 | 163,35 | 978,14 | 195,63 | 0,11 | 19,72 |
| 36,00 | 196,02 | 1176,12 | 235,224 | 0,09 | 19,72 |

8. ANEXO 8: EQUIPOS DE TRABAJO.

A continuación se muestran los diferentes equipos utilizados para la realización del proceso así como los cálculos correspondientes de cada uno de ellos.

Los equipos de trabajo necesarios para la purificación del agua son: 1 DAF, 5 bombas, 5 depósitos pulmón para almacenar el fluido aceitoso que proviene de la refinería, 4 torres de relleno y las tuberías para poder transportar el fluido.

Para realizar la limpieza se utilizará 1 bomba, 1 depósito balsa que servirá para estabilizar el efluente concentrado y las tuberías para poder transportar el fluido.

8.1. EQUIPOS PRINCIPALES

8.1.1. DAF

El DAF (Figura 8.1.) es el depósito a donde llega, en primera instancia, el efluente procedente de la refinería, en éste se produce la mayor eliminación de grasas y aceite,



Figura 8.1. DAF

funciona de tal manera que las burbujas de aire introducidas en el depósito permiten separar las partículas de aceite para facilitar su eliminación, por otra parte, por la zona superior pasa un rastrillo que se lleva todo el aceite de la superficie.

Las especificaciones se encuentran recogidas en la tabla 8.1.

Tabla 8.1.. Especificaciones del DAF

| | |
|--|--------------|
| Modelo | GF- 200 |
| Capacidad de caudal (m³/h) | 200 |
| Dimensiones (longitud x ancho) (mm) | 15500 x 3500 |
| Precio (€/UD) | 75000 |

8.1.2. Torres de relleno

Estas también son llamadas columnas de relleno o columnas empacadas (Figura 8.2.). La más común es la que consiste en una carcasa cilíndrica que contiene el material inerte en su interior, en el caso del proyecto es la organoarcilla, en la torre se realiza el proceso de adsorción con el fin de purificar los efluentes procedentes de la refinería.



Figura 8.2. Torres de relleno

En la tabla 8.2, se encuentran recogidas las especificaciones de las torres de relleno

Tabla 8.2. Especificaciones torres de relleno

| | |
|---|-------------|
| Modelo | YT- 04PL800 |
| Precio (€/UD) | 6.250 |
| Dimensiones (diámetro y altura) (mm) | 2000 x 4000 |
| Capacidad (m³) | 12,57 |

8.2. BOMBAS CENTRÍFUGAS

Son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible. El fluido entra por el centro del rodete o impulsor, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa de la bomba. Debido a la geometría de ésta, el fluido es conducido hacia las tuberías, que en este caso llevan a las torres de adsorción.

Es importante tener en cuenta que cuanto mayor sea la distancia que haya que transportar el fluido, mayor será la potencia que ha de suministrar la bomba.



Electrobomba Centrífuga monobloc

DIN 24255 (Figura 8.3)

Figura 8.3.. Electrobomba centrífuga monobloc DIN 24255

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

En la planta habrán dos tipos diferentes de bombas, una para el proceso de adsorción y otra para el de limpieza, en las tablas 8.3 y 8.4 se muestran la especificación de las bombas para adsorción y limpieza respectivamente, que han sido seleccionadas teniendo en cuenta variables de diseño como son el caudal y la potencia en función de los valores determinados mediante los diferentes cálculos realizados para los diferentes procesos.

Tabla 8.3. Especificaciones bomba centrífuga en el proceso de adsorción

| | |
|--|--------------|
| Modelo | GNI 65-13 |
| Marca | Bombas Ideal |
| Precio (€/UD) | 2.201 |
| Potencia (kW) | 1,1 |
| Dimensiones (ancho x longitud) (mm) | 280 x 1550 |
| Caudal de diseño (m³/h) | 54 |

Tabla 8.4. Especificaciones bomba centrífuga en el proceso de limpieza

| | |
|--|--------------|
| Modelo | GNI 40-13 |
| Marca | Bombas Ideal |
| Precio (€/UD) | 1.781 |
| Potencia (kW) | 0,55 |
| Dimensiones (ancho x longitud) (mm) | 210 x 460 |
| Caudal de diseño (m³/h) | 21 |

8.3. CONDUCCIONES

Para poder transportar el fluido son necesarias las conducciones o tuberías que puedan conectar el DAF con las torres de relleno. Estas tuberías serán de PVC (Figura 8.4) que debido a sus múltiples propiedades, es uno de los materiales mas usados en el transporte de agua, el PVC , es resistente a la corrosión por lo que es ideal, aparte, es un material de bajo coste.

Se establecerán 3 diferentes tipos de conducciones en función del caudal que se maneje en cada tramo, teniendo en cuenta que el caudal varía y no es el mismo en todos los puntos del proceso, a continuación se especifican los diferentes tramos y los diámetros de conducción de cada uno de ellos (Tablas 8.5, 8.6, 8.7)



Figura 8.4. Tuberías de PVC

- **Conducción salida DAF**

Tabla 8.5. Especificaciones conducción de salida del DAF

| | |
|--|-------|
| Material | PVC |
| Precio (€/3 m) conducción) | 87,03 |
| Longitud (m) | 3 |
| Diámetro externo (D₀) (mm) | 250 |
| Diámetro interno (D_i) (mm) | 240,2 |

- **Conducción proceso de adsorción**

Tabla 8.6 Especificaciones conducciones en el proceso de adsorción

| | |
|--|-------|
| Material | PVC |
| Precio (€/3 m conducción) | 36,14 |
| Precio (€/5 m conducción) | 60,26 |
| Longitud (m) | 186,2 |
| Diámetro externo (D₀) (mm) | 160 |
| Diámetro interno (D_i) (mm) | 153,6 |

- **Conducción proceso de limpieza**

Tabla 8.7. Especificaciones conducciones proceso de limpieza

| | |
|--|-------|
| Material | PVC |
| Precio (€/3 m conducción) | 15,78 |
| Precio (€/5 m conducción) | 26,29 |
| Longitud (m) | 192,4 |
| Diámetro externo (D₀) (mm) | 75 |
| Diámetro interno (D_i) (mm) | 69 |

8.4. VÁLVULAS

Para poder abrir y cerrar las ramas en función de si se está operando o se ha parado para realizar la limpieza de la columna se han de introducir válvulas en las entradas y salidas a

la torre tanto en el sistema de adsorción como en el de limpieza, éstas se abrirán en cuanto el autómata lo indique.

Teniendo en cuenta que los diámetros de las conducciones en el proceso de adsorción y el de limpieza varían, se ha seleccionado dos diferentes tipos de válvulas en función del diámetro nominal. Las características de éstas se encuentran recogidas en las tablas 8.8 y 8.9.

El tipo de válvula que se ha seleccionado para las diferentes conducciones de la planta son las válvulas de compuerta.

Tabla 8.8. Especificaciones de la válvulas proceso de adsorción

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Material | PVC |
| Código | AA 01 126 |
| Precio (€/UD) | 383,36 |
| Diámetro nominal (DN) (mm) | 160 |

Tabla 8.9. Especificaciones de la válvulas proceso de limpieza

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Material | PVC |
| Código | AA 01 122 |
| Precio (€/UD) | 121,76 |
| Diámetro nominal (DN) (mm) | 75 |

9. ANEXO 9: ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

9.1. LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE 10-11-95), tiene como objetivo determinar el cuerpo básico de garantías y responsabilidades para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo. Se definen los conceptos básicos, regula la actuación de las Administraciones Públicas, establece los derechos y obligaciones de los trabajadores y del empresario, las modalidades de organización de los Servicios de Prevención, la consulta y participación de los trabajadores, las obligaciones de fabricantes, importadores y suministradores de equipos de trabajo y las responsabilidades y sanciones por incumplimiento de las obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales.

Uno de los principales objetivos es promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

Esta ley se basa en los siguientes principios generales de acción preventiva:

- Principio de prevención
- Principio de atenuación del riesgo inevitable
- Principio de evaluación, adaptación y adecuación
- Principio de seguridad integrada
- Principio de preeminencia de la protección colectiva
- Principio de primacía de la protección

9.1.1. Evaluación de los riesgos

El empresario efectuará una evaluación inicial de los riesgos con el fin de planificar la acción preventiva de la empresa.

Esta evaluación es obligatoria según se menciona en el artículo 16, aparece como un pilar básico de la estructura de prevención, al servir como diagnóstico de la situación y de las medidas preventivas a adoptar por el empresario.

→ Formación

El empresario debe garantizar que el trabajador reciba una formación teórica y práctica adecuada en materia de prevención.

→ Vigilancia de la salud

El empresario debe garantizar la vigilancia periódica del estado de salud de los trabajadores.

→ Protección de determinados colectivos

Se contemplan una serie de obligaciones empresariales tendentes a proteger a determinados colectivos de trabajadores, como por ejemplo:

- Trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos
- Mujeres en situación de maternidad
- Menores de 18 años
- Trabajadores temporales y en Empresas de Trabajo Temporal (ETT)

→ Coordinación de actividades empresariales

Cuando en un mismo centro de trabajo se desarrollen actividades de dos o más empresas, éstas habrán de cooperar en la aplicación de la normativa.

➔ **Obligaciones de los fabricantes y los suministradores**

Los fabricantes o suministradores de EPI están obligados a suministrar la información que indique la manera correcta de utilización.

➔ **Derechos del trabajador**

Un derecho genérico es tener una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

➔ **Obligaciones del trabajador**

Corresponde a cada trabajador velar, para su propia seguridad y salud en el trabajo y para la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional.

El incumplimiento de estas obligaciones tiene consideración de incumplimiento laboral.

➔ **Organismos laborales públicos**

Las competencias en materia laboral de dicha administración consiste en:

- Promover la prevención y el asesoramiento en materia de protección laboral
- Velar por el cumplimiento de la normativa sobre Prevención de Riesgos Laborales
- Sancionar el incumplimiento de la normativa de Prevención de Riesgos Laborales

Los organismos laborales públicos en la administración estatal previstos en la ley para promocionar estas actuaciones de prevención, prestar asesoramiento, vigilar, controlar y sancionar son:

- La Comisión Nacional de Seguridad y Salud, es un órgano colegiado de nueva creación encargado de asesorar a las administraciones públicas
- La Inspección de trabajo y Seguridad Social, es el órgano de vigilancia y control de la normativa

- El INSHT, es el órgano científico técnico especializado de la Administración General del Estado, que tiene como misión el análisis y estudio de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, así como la promoción y apoyo a la mejora de las mismas

➔ **Representación de los trabajadores en prevención de riesgos laborales**

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos laborales. El número de Delegados de una empresa depende del número de trabajadores de la misma.

9.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

En cualquier industria se han de cumplir una serie de requisitos mínimos en seguridad y salud según se establece en el RD 486/1997, en el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

A continuación se mencionan una serie de puntos que se han de tener en cuenta a la hora de realizar el siguiente estudio.

➔ **Construcción**

Toda instalación industrial habrá de cumplir con los diferentes requisitos establecidos por la normativa vigente, están deberán de tener una infraestructura sólida y resistente.

➔ **Señalización**

La señalización en la instalación permite proporcionar la información relativa a la seguridad con el fin de que las reciba el trabajador y evitar así cualquier tipo de accidente. Por otra parte teniendo en cuenta que la señalización no elimina el riesgo, es una técnica complementaria y por tanto no puede utilizarse como sustitución de medidas preventivas colectivas. La señalización se encuentra reglamentada oficialmente en el RD 1403/86 sobre normas de señalización en centros y locales de trabajo.

Hay que tener en cuenta los aspectos que se mencionan a continuación en la señalización de la instalación:

- El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible
- Las diferentes señalizaciones se instalarán a una altura y posición apropiada en relación al ángulo visual ya que podrían existir posibles obstáculos
- No se utilizan muchas señales cercanas entre sí, con el fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización

➔ **Iluminación**

Para poder establecer la iluminación en la instalación de forma segura se ha de tener en cuenta los siguientes aspectos mencionados a continuación:

- Los lugares de trabajo deberán de tener una iluminación natural que deberá complementarse con iluminación artificial cuando la primera no sea suficiente para iluminar la instalación por si sola.
- La iluminación deberá adaptarse a las características de la actividad que se realiza en ella teniendo en cuenta las exigencias visuales y las condiciones de visibilidad según la Seguridad y Salud del trabajo
- Se intentará que la repartición de los niveles de iluminación sea lo más homogénea posible
- Asegurar que los sistemas de iluminación utilizados no generen ningún riesgo eléctrico siguiendo las normas específicas correspondientes

➔ **Instalación eléctrica**

La instalación eléctrica se ha de establecer teniendo en cuenta la normativa vigente con el fin de prevenir los diferentes posibles riesgos que se puedan producir como, un incendio o una explosión, ante cualquier tipo de riesgo que se pueda producir, los trabajadores han de estar protegidos de manera adecuada .

➔ **Orden e Higiene**

Para llevar un buen orden así como una buena limpieza de la instalación, se han de seguir los siguientes criterios que se exponen a continuación:

- Mantener las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo libres de obstáculos
- Limpiar periódicamente los lugares de trabajo y los equipos e instalaciones para mantener unas buenas condiciones higiénicas
- Eliminar inmediatamente cualquier tipo de residuo, desperdicio, que pueda ensuciar el ambiente de trabajos

➔ **Equipos de protección individual (EPI)**

Los EPI hacen referencia a cualquier equipo o accesorio de trabajo destinado para proteger la seguridad y salud de los trabajadores en la instalación. Dentro de este campo hay varias excepciones como la ropa de trabajo así como los diferentes uniformes, equipos de socorro, medios de transporte,.

La LRPL indica que el empresario se debe de encargar de proporcionar a sus trabajadores los equipos de protección individuales adecuados para el desempeño de sus funciones.

Los EPI son elementos especialmente proyectados y fabricados para preservar específicamente de riesgos laborales al cuerpo humano, y no eliminan los riesgos, sólo sirven para minimizar las consecuencias.

Las protecciones personales han de estar homologadas por la legislación vigente y se clasifican en dos tipos:

- Parciales: protegen partes o zonas concretas del cuerpo (casco, guantes,...)
- Integrales: protegen al individuo (cinturón de seguridad, ropa,...)

➔ **Condiciones ambientales en los lugares de trabajo**

Es muy importante mantener unas condiciones ambientales adecuadas en el ámbito de trabajo, esto minimiza los riesgos que se puedan producir en la planta y permite que se opere de una forma más segura.

Según la LPRL se establece como obligación realizar una evaluación de riesgos en la planta con el fin de poder conocer los posibles riesgos que se puedan tener, valorar los daños que se puedan producir y consecuencias que puedan causar estos.

El método general de valoración de riesgos es el método del INSHT, en este método se valoran los riesgos asignándoles uno de los niveles de riesgo recogidos en la tabla 9.1, tomando como criterio la siguiente clasificación del riesgo:

Tabla 9.1. Índice de tolerabilidad del método INSHT

| Criterio | | Consecuencias | | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---|------------|---|-------------|---|
| | | Leve | | Importante | | Serio | |
| Probabilidad | Poco posible | Trivial | | Tolerable | | Moderado | |
| | | T | 0 | TO | 1 | M | 2 |
| | Posible | Tolerable | | Moderado | | Importante | |
| | | TO | 1 | M | 2 | I | 3 |
| | Casi seguro | Moderado | | Impotante | | Intolerable | |
| | | M | 2 | I | 3 | IN | 4 |

Fuente: Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el trabajo

- Consecuencias del daño

Leve: Daños superficiales, molestias, irritación,...

Importante: Quemaduras, torceduras, asma,...

Serio: Amputaciones, lesiones múltiples, cáncer,...

- Probabilidad de que ocurra:

Poco posible: Se sabe que ha pasado en alguna parte.

Posible: Secuencia rara, pero posible.

Casi seguro: Es el resultado más probable.

Los niveles de riesgo indicados en la tabla 9.1, forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones. En la tabla 9.2, se muestra un criterio sugerido como punto de partida para la toma de decisión, también se indica en la tabla que los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control, deben ser proporcionales al riesgo.

A continuación, teniendo en cuenta la instalación y los diferentes elementos y equipos que se establecen en ella, se realiza una evaluación de riesgos, exponiendo también las diferentes medidas preventivas que se han de tomar.

- Ruido (Posible, 1)

En la instalación se produce ruido por los equipos en especial por el DAF, se aconseja usar los equipos de protección auditiva si se permanece mucho tiempo en las zonas donde mayor ruido se produzca.

- Caídas al mismo nivel (Posible, 2)

En casos en los que se puedan tropezar con cualquier objeto o que hayan herramientas de trabajo en el camino. Lo apropiado en este caso es mantener el orden y la limpieza en el lugar de trabajo con el fin de evitar este tipo de imprevisto.

- Caída a distinto nivel (Poco posible, 2)

Las conducciones del proceso de limpieza salen a la altura de la columna que es de 4 metros para que posteriormente de la balsa caiga al DAF por gravedad, usar el equipo necesario y protecciones necesarias cuando se quiera revisar la instalación de limpieza y hacer uso de elevadores para facilitar la operación.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 9.2. Criterios para la decisión de las medidas preventivas

| Riesgo | Acción y temporización |
|------------------|---|
| Trivial (T) | - No se requiere acción específica. |
| Tolerable (TO) | - No se necesita mejorar la acción preventiva, sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. - Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control. |
| Moderado (M) | - Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. - Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. - Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control. |
| Importante (I) | - No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. - - Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. - Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados. |
| Intolerable (IN) | - No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo. |

- Contacto eléctrico (Poco posible, 1)

Existe el riesgo de que se produzca un contacto eléctrico teniendo en cuenta los múltiples equipos de la instalación . Se debe de hacer el uso de pictogramas de riesgo eléctrico con el fin de avisar del posible peligro.

- Lesiones por manipulación manual y sobreesfuerzo

Se puede dar en ocasiones en las que los trabajadores están cansados o tienen que cargar algo pesado, en este caso, conviene el uso de elevadores, transportadores.., y se debe de pedir ayuda si es necesario con el fin de evitar sobreesfuerzos.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

- Golpes y cortes

En ciertas zonas de la instalación una caída podría producir cortes y golpes, incluso la caída de una herramienta. Señalar las diferentes zonas de riesgo con el fin de advertir al personal de la planta

10. ANEXO 10: CATÁLOGO

10.1. BOMBAS CENTRÍFUGAS



ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS MONOBLOC DIN 24255



Características generales

La gama GNI son grupos monobloc, formados por la bomba normalizada EN 733/DIN 24255 acoplada a un motor estándar. Esta gama cubre el campo hidráulico de aplicación dado en la norma con los ventajas propias de su construcción compacta, fácil instalación, perfecta alineación bomba-motor, reducidas dimensiones, ... etc. Caudales hasta 1500 m³ /h. Presiones hasta 100 mts. Potencias hasta 100 CV. Velocidad : 1450 y 2900 RPM. Tolerancias datos de servicio según ISO 9906. Anexo A.

Motores

Motores eléctricos estandarizados según normas EN 60034 / DIN VDE 0530 / IEC 34-72 del tipo asíncrono con rotor en jaula de ardilla, IP 55, y aislamiento clase F. Para funcionamiento continuo S1 a la potencia nominal, máxima temperatura ambiente 40°C.

Forma constructiva:

IE5 para tamaños constructivos hasta 132. IE3 para tamaños superiores. Posibilidad de incorporar motores especiales para atmósfera explosiva, ambiente marino, clima tropical, etc.

Materiales constructivos

Corpo de bomba, rodete, aro cierre, tapa cuerpo, y tapa soporte en hierro fundido. Eje de bomba en acero inoxidable 13 % Cr.

Opcionales:

- Rodete de bronce.
- Eje acero AISI 316.

La ejecución estándar con cierre mecánico normalizado según DIN 24960 es adecuada para elevar líquidos con temperatura hasta 100 °C. Con cierre mecánico especial puede trabajar hasta 160 °C.

General characteristics

The GNI range consist of end suction pump according to EN 733/DIN 24255 class coupled to standard motor. This range of pumps covers the full hydraulic field of application given in the standard with the specific advantages of its compact construction, easy installation, perfect alignment pump-motor, reduced dimensions, ... etc.

Flows up to 1500 m³ /h.

Heads to 100 mts.

Powers to 100 HP.

Speed : 1450 and 2900 RPM.

Tolerances on service data according to ISO 9906. Annex A.

Motors

Standardized electric motors according to EN 60034 / DIN VDE 0530 / IEC 34-72 synchronous type with squirrel-cage rotor, IP 55 and isolation class F.

For continuous performance S1 at rated power, the maximum ambient temperature is 40°C.

Type of construction:

IE5 up to and including frame 132.

IE3 for bigger frames.

Special motors available for explosive environment, marine ambience, tropical climates, etc.

Materials of construction

Pump casing, impeller, wear ring, casing cover and support in cast iron.

Pump shaft in stainless steel 13 % Cr.

Optional:

- Impeller in bronze.
- Shaft in St. steel AISI 316.

Standard construction with mechanical seal standardized according to DIN 24960 is suitable for pumping liquids with temperature up to 100 °C. When special mechanical seal is assembled temperature of pumped liquid can reach 160 °C.

Caractéristiques générales

Les pompes de la gamme GNI sont des groupes monobloc composés d'une pompe normalisée EN 733/DIN 24255 accouplée à un moteur standard. Cette gamme couvre le champ de travail hydraulique donné dans cette norme avec les avantages propres à sa construction compacte, une facile installation, un parfait alignement pompe-moteur, des dimensions réduites, ...etc.

Débits jusqu'à 1500 m³ /h.

Pressions jusqu'à 100 mts.

Puissances jusqu'à 100 CV.

Vitesse : 1450 y 2900 TPM.

Tolérances sur données de service selon ISO 9906. Annexe A.

Moteurs

Moteurs électriques standardisés selon les normes EN 60034/DIN VDE 0530/IEC 34-72 du type asynchrone avec rotor en court-circuit, IP 55, et isolement classe F. Pour un fonctionnement continu S1 à la puissance nominale, température maximale ambiante 40°C.

Type de construction:

IE5 jusqu'à la taille 132 inclus.

IE3 pour des tailles supérieures.

Moteurs spéciaux disponibles pour des environnements sensibles aux explosions, pour milieu marin, climats tropicaux, etc.

Matériaux de construction

Corps de pompe, roue, bague d'usure, couvercle du corps, et support en fonte.

Axe de pompe en acier inoxydable 13%Cr.

En option:

- Roue en bronze.
- Axe en acier AISI 316.

Ces pompes en exécution standard avec garniture mécanique normalisée selon DIN 24960 sont conçues pour le pompage de liquides atteignant des températures jusqu'à 100°C. La construction avec garniture mécanique spéciale peut travailler jusqu'à 160°C.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**



DATOS DE SERVICIO / TECHNICAL DATA / DONNEES TECHNIQUES

1450 RPM



| TIPO TYPE | KW | CV | m3/h l/min | 0 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 | 72 |
|--------------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | 0 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 |
| GNI 32-13 | 1450 | 0,55 | 0,75 | 6,4 | 5,8 | 5,2 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| GNI 32-16 | 1450 | 0,55 | 0,75 | 10,2 | 9,8 | 9,2 | 7,2 | | | | | | | | | | | | |
| GNI 32-20 | 1450 | 0,55 | 0,75 | 10 | 9,2 | 8,2 | 6 | | | | | | | | | | | | |
| GNI 32-20 | 1450 | 0,75 | 1 | 13,8 | 13,1 | 12,2 | 10,6 | | | | | | | | | | | | |
| GNI 32-20 | 1450 | 1,1 | 1,5 | 16,8 | 16,2 | 15,4 | 13,8 | 11,9 | | | | | | | | | | | |
| GNI 32-26 | 1450 | 1,5 | 2 | 17,5 | 17,4 | 16,7 | 15,4 | 13 | | | | | | | | | | | |
| GNI 32-26 | 1450 | 2,2 | 3 | 25,5 | 25 | 24,5 | 23 | 21,5 | 17,5 | | | | | | | | | | |
| GNI 40-13 | 1450 | 0,55 | 0,75 | 6,6 | 6,6 | 6,5 | 6,5 | 6,3 | 5,9 | 5,5 | 4,9 | 4,4 | | | | | | | |
| GNI 40-16 | 1450 | 0,55 | 0,75 | 8 | 7,8 | 7,5 | 7 | 6,4 | 5,5 | 4,5 | | | | | | | | | |
| GNI 40-16 | 1450 | 0,75 | 1 | 9,3 | 9,1 | 8,8 | 8,4 | 7,8 | 7 | 6 | 4,5 | | | | | | | | |
| GNI 40-16 | 1450 | 1,1 | 1,5 | 10,8 | 10,6 | 10,4 | 10,1 | 9,5 | 8,8 | 7,8 | 6,6 | | | | | | | | |
| GNI 40-20 | 1450 | 1,1 | 1,5 | 13,6 | 13,4 | 13 | 12,5 | 11,7 | 10,8 | 9,4 | | | | | | | | | |
| GNI 40-20 | 1450 | 1,5 | 2 | 16,6 | 16,5 | 16,3 | 16 | 15,1 | 14 | 12,3 | 10,8 | | | | | | | | |
| GNI 40-26 | 1450 | 1,5 | 2 | 14,8 | 14,5 | 14,2 | 13,8 | 13,2 | 12,5 | 11 | 9,2 | | | | | | | | |
| GNI 40-26 | 1450 | 2,2 | 3 | 19 | 19 | 18,8 | 18,5 | 18 | 17,5 | 16 | 14,5 | 12,8 | | | | | | | |
| GNI 40-26 | 1450 | 3 | 4 | 25 | 24,7 | 24,5 | 24,2 | 23,8 | 23 | 22 | 20,6 | 19 | 16,5 | | | | | | |
| GNI 40-32 | 1450 | 2,2 | 3 | 22,5 | 21,5 | 20,8 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| GNI 40-32 | 1450 | 3 | 4 | 28,5 | 28 | 27,5 | 25,7 | 22,5 | | | | | | | | | | | |
| GNI 40-32 | 1450 | 4 | 5,5 | 35,5 | 35,2 | 34 | 32,7 | 30,2 | 26 | | | | | | | | | | |
| GNI 40-32 | 1450 | 5,5 | 7,5 | 38,5 | 38,2 | 37,8 | 36,5 | 34,5 | 31 | | | | | | | | | | |
| GNI 50-13 | 1450 | 0,55 | 0,75 | 5,5 | 5,5 | 5,4 | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 5,2 | 5,1 | 5 | 4,7 | 4 | | | | | |
| GNI 50-13 | 1450 | 0,75 | 1 | 6,8 | 6,8 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,6 | 6,5 | 6,4 | 6,4 | 6,3 | 5,7 | 4,1 | | | | |
| GNI 50-16 | 1450 | 1,1 | 1,5 | 9,7 | 9,6 | 9,5 | 9,4 | 9,3 | 9,2 | 9,1 | 9 | 8,8 | 8,6 | 8 | | | | | |
| GNI 50-16 | 1450 | 1,5 | 2 | 10,8 | 10,6 | 10,5 | 10,4 | 10,3 | 10,2 | 10,1 | 10 | 9,9 | 9,8 | 9,6 | 8,8 | | | | |
| GNI 50-20 | 1450 | 1,1 | 1,5 | 10,8 | 10,7 | 10,7 | 10,5 | 10,4 | 10,2 | 9,6 | 9,5 | 8,4 | 7,6 | | | | | | |
| GNI 50-20 | 1450 | 1,5 | 2 | 13,2 | 13,2 | 13 | 12,9 | 12,8 | 12,6 | 12,4 | 12 | 11,8 | 10,7 | 8,8 | | | | | |
| GNI 50-20 | 1450 | 2,2 | 3 | 16,2 | 16,2 | 16 | 15,9 | 15,8 | 15,6 | 15,3 | 14,8 | 14,3 | 13,7 | 12,2 | 10,2 | | | | |
| GNI 50-26 | 1450 | 3 | 4 | 20,2 | 20 | 19,8 | 19,7 | 19,5 | 19,3 | 19 | 18,5 | 18 | 17 | 15 | 11,7 | | | | |
| GNI 50-26 | 1450 | 4 | 5,5 | 26 | 25,8 | 25,6 | 25,5 | 25,3 | 25,2 | 25 | 24,7 | 24,2 | 23,5 | 23 | 21 | 18,5 | | | |
| GNI 50-32 | 1450 | 5,5 | 7,5 | 26,9 | 26,9 | 26,9 | 26,8 | 26,7 | 26,6 | 26,4 | 26,4 | 26,3 | 26 | 25,3 | 24,4 | 22,5 | 20,6 | | |
| GNI 50-32 | 1450 | 7,5 | 10 | 33,6 | 33,6 | 33,6 | 33,5 | 33,5 | 33,4 | 33,4 | 33,3 | 32,8 | 32,5 | 32 | 31,4 | 29,4 | 27,6 | 25 | |
| GNI 50-32 | 1450 | 11 | 15 | 37,5 | 37,5 | 37,5 | 37,5 | 37,4 | 37,4 | 37,3 | 37,3 | 37,1 | 36,9 | 36,2 | 35,7 | 34,2 | 32,5 | 30,6 | 23 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| TIPO TYPE | KW | CV | m3/h l/min | 0 | 9 | 15 | 24 | 27 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 72 | 84 | 96 | 108 | 132 | 144 |
|--------------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | 0 | 150 | 250 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2200 | 2400 |
| GNI 65-13 | 1450 | 0,75 | 1 | 5,5 | 5,5 | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 5,1 | 4,7 | 4,6 | | | | | | | | |
| GNI 65-13 | 1450 | 1,1 | 1,5 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,7 | 6,65 | 6,6 | 6,4 | 6,2 | 5,7 | 5,4 | | | | | | |
| GNI 65-16 | 1450 | 1,1 | 1,5 | 7,4 | 7,2 | 7 | 6,7 | 6,6 | 6,5 | 6,3 | 6,1 | 5,6 | 5,3 | | | | | | |
| GNI 65-16 | 1450 | 1,5 | 2 | 9 | 8,8 | 8,6 | 8,5 | 8,4 | 8,3 | 8 | 7,8 | 7,5 | 7,2 | | | | | | |
| GNI 65-16 | 1450 | 2,2 | 3 | 10,5 | 10,3 | 10,3 | 10,2 | 10,1 | 10 | 9,8 | 9,6 | 9,4 | 9,2 | 7,6 | | | | | |
| GNI 65-20 | 1450 | 2,2 | 3 | 12,7 | | | | 12,2 | 12 | 11,8 | 11,5 | 11,2 | 10,7 | 8,7 | | | | | |
| GNI 65-20 | 1450 | 3 | 4 | 14,6 | | | | 14,2 | 14 | 13,8 | 13,6 | 13,4 | 13 | 11 | | | | | |
| GNI 65-20 | 1450 | 4 | 5,5 | 16,8 | | | | 16,4 | 16,3 | 16,2 | 16 | 15,6 | 15,2 | 13,2 | 11,7 | | | | |
| GNI 65-26 | 1450 | 5,5 | 7,5 | 20 | | | | 19,6 | 19,5 | 19 | 18,9 | 18,8 | 16 | 12,5 | 10 | | | | |
| GNI 65-26 | 1450 | 7,5 | 10 | 25,5 | | | | 25 | 25 | 24 | 23,8 | 23,5 | 21,5 | 19 | 17 | 12,5 | | | |
| GNI 65-32 | 1450 | 5,5 | 7,5 | 22,8 | | | | 22,2 | 22 | 21,5 | 20 | 19,2 | 13,5 | | | | | | |
| GNI 65-32 | 1450 | 7,5 | 10 | 30 | | | | 29,5 | 29,4 | 29,2 | 28,5 | 28 | 22,5 | 17 | | | | | |
| GNI 65-32 | 1450 | 11 | 15 | 36 | | | | 35,4 | 35,3 | 35,2 | 34,9 | 34,5 | 31 | 26 | 21,5 | | | | |
| GNI 65-32 | 1450 | 15 | 20 | 38 | | | | 37,6 | 37,5 | 37,3 | 37,1 | 37 | 33,5 | 28,5 | 23 | | | | |
| GNI 80-16 | 1450 | 2,2 | 3 | 9,2 | | | | | 8,8 | 8,7 | 8,7 | 8,6 | 8,2 | 8 | 7,4 | 7 | | | |
| GNI 80-16 | 1450 | 3 | 4 | 10,3 | | | | | 10,2 | 10,1 | 10 | 9,9 | 9,6 | 9,2 | 8,8 | 8,2 | | | |
| GNI 80-20 | 1450 | 3 | 4 | 11,4 | | | | | 11,2 | 11 | 10,9 | 10,8 | 10,2 | 9,4 | 8,5 | 7,3 | | | |
| GNI 80-20 | 1450 | 4 | 5,5 | 14,4 | | | | | 14,3 | 14,2 | 14,1 | 14 | 11,4 | 12,7 | 12 | 11 | 8,8 | | |
| GNI 80-20 | 1450 | 5,5 | 7,5 | 16,3 | | | | | 16,1 | 16 | 15,9 | 15,8 | 15,5 | 15 | 14,1 | 13,4 | 11,2 | 9,8 | |
| GNI 80-26 | 1450 | 5,5 | 7,5 | 19,5 | | | | | | | | 19,1 | 18 | 16,7 | 15 | 13,2 | | | |
| GNI 80-26 | 1450 | 7,5 | 10 | 21,3 | | | | | | | | 20,8 | 19,6 | 18,6 | 17,5 | 16 | 12 | | |
| GNI 80-26 | 1450 | 11 | 15 | 25,2 | | | | | | | | 24,7 | 24 | 23 | 22 | 21 | 17,2 | 14 | |
| GNI 80-32 | 1450 | 7,5 | 10 | 22 | | | | | | | | 21,5 | 20 | 19 | 17,5 | 15 | | | |
| GNI 80-32 | 1450 | 11 | 15 | 32 | | | | | | | | 31,5 | 31 | 30,2 | 29 | 27 | 22,5 | | |
| GNI 80-32 | 1450 | 15 | 20 | 36 | | | | | | | | 35 | 34 | 33 | 32,5 | 31 | 27 | 23,5 | |
| GNI 80-32 | 1450 | 18,5 | 25 | 38 | | | | | | | | 37 | 36,5 | 36 | 35 | 33 | 30 | 26,5 | |
| GNI 80-40 | 1450 | 11 | 15 | 34,5 | | | | | | | | 32,5 | 30 | 27,5 | 22 | | | | |
| GNI 80-40 | 1450 | 15 | 20 | 37,5 | | | | | | | | 36 | 34 | 31,8 | 26 | | | | |
| GNI 80-40 | 1450 | 18,5 | 25 | 45 | | | | | | | | 44,5 | 43 | 41,5 | 37 | | | | |
| GNI 80-40 | 1450 | 22 | 30 | 53 | | | | | | | | 53 | 52 | 51 | 48 | 42 | 33 | | |
| GNI 80-40 | 1450 | 30 | 40 | 59 | | | | | | | | 58,6 | 58 | 57 | 55 | 50 | 43 | | |



SERIE GNI

- Gran intercambiabilidad de componentes
- Perfecta alineación bomba-motor
- Dimensiones reducidas
- Instalación sencilla
- No requiere bancada
- Motor estándar

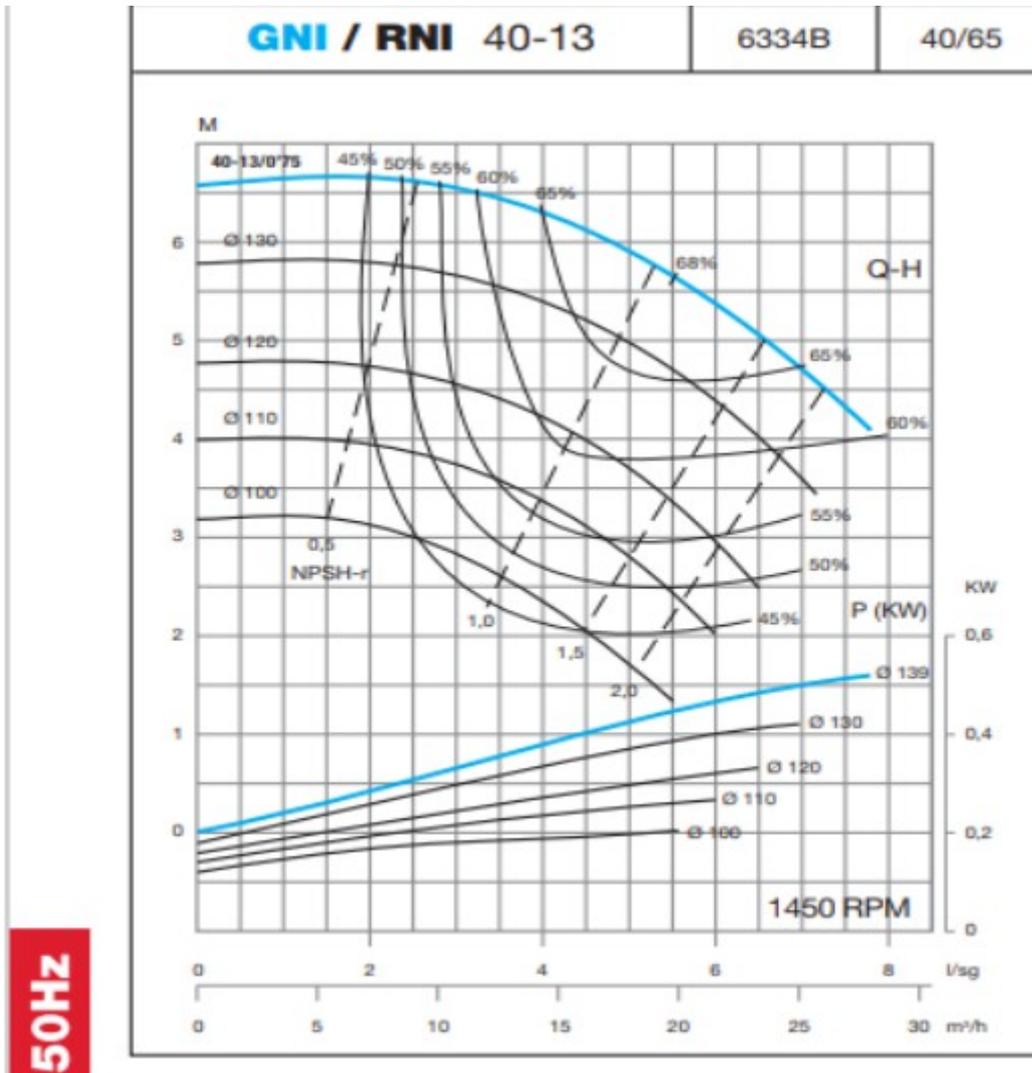
GNI RANGE

- High interchangeability
- Perfect alignment pump-motor
- Reduced dimensions
- Easy installation
- No need for base plate
- Standard motor

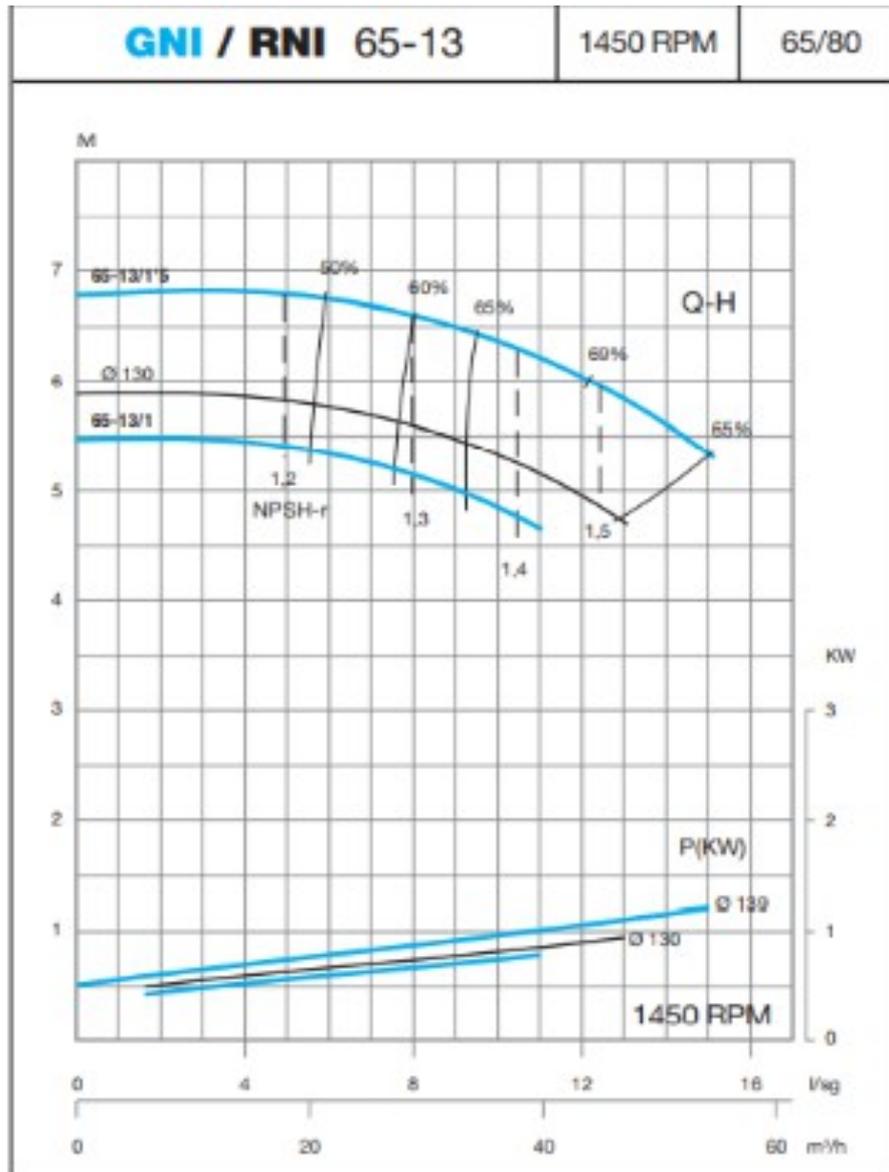
GAMME GNI

- Grande interchangeabilité des composants
- Un parfait alignement pompe-moteur
- Des dimensions réduites
- Une facile installation
- Le socle n'est pas nécessaire
- Moteur standard

“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

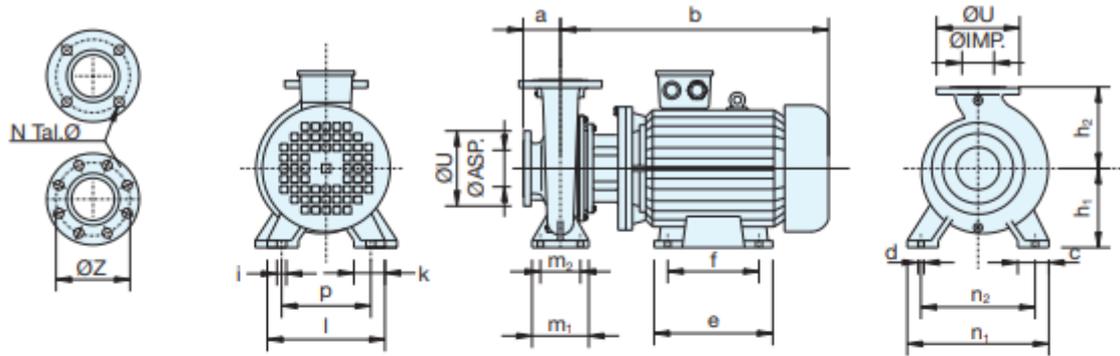


“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”



“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

DIMENSIONES / DIMENSIONS



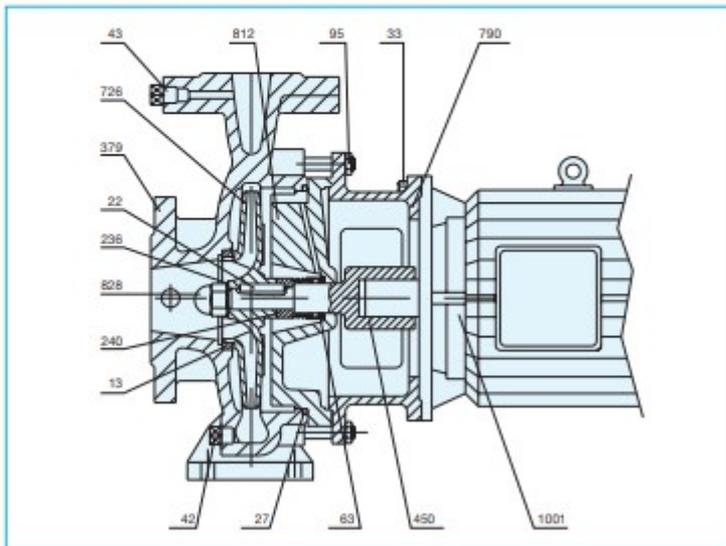
| TIPO TYPE | DIMENSIONES / DIMENSIONS | | | | | | | | | | | | | | | ASP. / SUC. | | | | IMP. / DEL. | | | | kg | | | | |
|----------------|--------------------------|-----|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----|-----|-----|----|----|-------------|------------------|-----|-----|-------------|----|------------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| | a | b | h ₁ | h ₂ | c | m ₁ | m ₂ | n ₁ | n ₂ | d | e | f | i | k | l | p | Ø _{ASP} | ØZ | ØU | N | Ø | Ø _{IMP} | ØZ | | ØU | N | Ø | |
| GNI 32-13/0.75 | 1450 | 80 | 379 | 112 | 140 | 50 | 100 | 70 | 190 | 140 | 14 | - | - | 10 | - | - | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 32 | 100 | 140 | 4 | 18 | 38 | |
| GNI 32-16/0.75 | 1450 | 80 | 379 | 132 | 160 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 32 | 100 | 140 | 4 | 18 | 45 | |
| GNI 32-20/0.75 | 1450 | 80 | 379 | 160 | 180 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 32 | 100 | 140 | 4 | 18 | 51 | |
| GNI 32-20/1 | 1450 | 80 | 379 | 160 | 180 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 32 | 100 | 140 | 4 | 18 | 51 | |
| GNI 32-20/1.5 | 1450 | 80 | 435 | 160 | 180 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 32 | 100 | 140 | 4 | 18 | 56 | |
| GNI 32-26/2 | 1450 | 100 | 433 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 10 | - | - | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 32 | 100 | 140 | 4 | 18 | 76 | |
| GNI 32-26/3 | 1450 | 100 | 474 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 12 | - | - | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 32 | 100 | 140 | 4 | 18 | 87 | |
| GNI 40-13/0.75 | 1450 | 80 | 379 | 112 | 140 | 50 | 100 | 70 | 210 | 160 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 40 | |
| GNI 40-16/0.75 | 1450 | 80 | 379 | 132 | 160 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 46 | |
| GNI 40-16/1 | 1450 | 80 | 379 | 132 | 160 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 46 | |
| GNI 40-16/1.5 | 1450 | 80 | 435 | 132 | 160 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 51 | |
| GNI 40-20/1.5 | 1450 | 100 | 434 | 160 | 180 | 50 | 100 | 70 | 265 | 212 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 59 | |
| GNI 40-20/2 | 1450 | 100 | 434 | 160 | 180 | 50 | 100 | 70 | 265 | 212 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 61 | |
| GNI 40-26/2 | 1450 | 100 | 435 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 78 | |
| GNI 40-26/3 | 1450 | 100 | 476 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 89 | |
| GNI 40-26/4 | 1450 | 100 | 476 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 89 | |
| GNI 40-32/3 | 1450 | 100 | 484 | 200 | 225 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 124 | |
| GNI 40-32/4 | 1450 | 100 | 484 | 200 | 225 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 124 | |
| GNI 40-32/5.5 | 1450 | 100 | 500 | 200 | 225 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 132 | |
| GNI 40-32/7.5 | 1450 | 100 | 613 | 200 | 225 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 40 | 110 | 150 | 4 | 18 | 145 | |
| GNI 50-13/0.75 | 1450 | 100 | 379 | 132 | 160 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 44 | |
| GNI 50-13/1 | 1450 | 100 | 379 | 132 | 160 | 50 | 100 | 70 | 240 | 190 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 44 | |
| GNI 50-16/1.5 | 1450 | 100 | 435 | 160 | 180 | 50 | 100 | 70 | 265 | 212 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 53 | |
| GNI 50-16/2 | 1450 | 100 | 435 | 160 | 180 | 50 | 100 | 70 | 265 | 212 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 55 | |
| GNI 50-20/1.5 | 1450 | 100 | 435 | 160 | 200 | 50 | 100 | 70 | 265 | 212 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 61 | |
| GNI 50-20/2 | 1450 | 100 | 435 | 160 | 200 | 50 | 100 | 70 | 265 | 212 | 14 | - | - | 10 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 63 | |
| GNI 50-20/3 | 1450 | 100 | 476 | 180 | 200 | 50 | 100 | 70 | 265 | 212 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 74 | |
| GNI 50-26/4 | 1450 | 100 | 474 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 91 | |
| GNI 50-26/5.5 | 1450 | 100 | 490 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 99 | |
| GNI 50-32/5.5 | 1450 | 125 | 500 | 225 | 280 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 137 | |
| GNI 50-32/7.5 | 1450 | 125 | 613 | 225 | 280 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 150 | |
| GNI 50-32/10 | 1450 | 125 | 613 | 225 | 280 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 50 | 125 | 165 | 4 | 18 | 164 | |
| GNI 65-26/7.5 | 1450 | 100 | 612 | 200 | 250 | 80 | 160 | 120 | 360 | 280 | 18 | - | - | 12 | - | - | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 130 | |
| GNI 65-26/10 | 1450 | 100 | 612 | 200 | 250 | 80 | 160 | 120 | 360 | 280 | 18 | - | - | 12 | - | - | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 144 | |
| GNI 65-32/7.5 | 1450 | 125 | 608 | 225 | 280 | 80 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | - | - | 12 | - | - | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 159 | |
| GNI 65-32/10 | 1450 | 125 | 608 | 225 | 280 | 80 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | - | - | 12 | - | - | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 173 | |
| GNI 65-32/15 | 1450 | 125 | 730 | 225 | 280 | 80 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | 460 | 400 | 15 | 80 | 334 | 254 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 234 |
| GNI 65-32/20 | 1450 | 125 | 775 | 225 | 280 | 80 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | 460 | 400 | 15 | 80 | 334 | 254 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 65 | 145 | 185 | 4 | 18 | 257 |
| GNI 80-16/3 | 1450 | 125 | 476 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 12 | - | - | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 82 | |
| GNI 80-16/4 | 1450 | 125 | 476 | 180 | 225 | 65 | 125 | 95 | 320 | 250 | 14 | - | - | 12 | - | - | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 82 | |
| GNI 80-20/4 | 1450 | 125 | 484 | 180 | 250 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 98 | |
| GNI 80-20/5.5 | 1450 | 125 | 500 | 180 | 250 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 106 | |
| GNI 80-20/7.5 | 1450 | 125 | 613 | 180 | 250 | 65 | 125 | 95 | 345 | 280 | 14 | - | - | 12 | - | - | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 119 | |
| GNI 80-26/7.5 | 1450 | 125 | 613 | 200 | 280 | 85 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | - | - | 12 | - | - | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 140 | |
| GNI 80-26/10 | 1450 | 125 | 613 | 200 | 280 | 85 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | - | - | 12 | - | - | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 154 | |
| GNI 80-26/15 | 1450 | 125 | 735 | 200 | 280 | 85 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | 460 | 400 | 15 | 80 | 334 | 254 | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 215 |
| GNI 80-32/10 | 1450 | 125 | 613 | 250 | 315 | 80 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | - | - | 12 | - | - | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 183 | |
| GNI 80-32/15 | 1450 | 125 | 735 | 250 | 315 | 80 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | 460 | 400 | 15 | 80 | 334 | 254 | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 244 |
| GNI 80-32/20 | 1450 | 125 | 780 | 250 | 315 | 80 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | 460 | 400 | 15 | 80 | 334 | 254 | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 267 |
| GNI 80-32/25 | 1450 | 125 | 797 | 280 | 315 | 80 | 160 | 120 | 400 | 315 | 18 | 490 | 430 | 15 | 80 | 359 | 279 | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 292 |
| GNI 80-40/15 | 1450 | 125 | 757 | 280 | 355 | 80 | 160 | 120 | 440 | 355 | 18 | 460 | 400 | 15 | 80 | 334 | 254 | 100 | 180 | 220 | 8 | 18 | 80 | 160 | 200 | 8 | 18 | 285 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

CORTE / COUPE / SECTION

CONSTRUCCION NORMAL / **STANDARD CONSTRUCTION** / CONSTRUCTION NORMAL

CONSTRUCCIÓN CON ÁLABES DE EQUILIBRADO
BACK VANES CONSTRUCTION
CONSTRUCTION AVEC DES AUBES D'EQUILIBRAGE



GNI 32-13
GNI 32-16
GNI 32-20
GNI 32-26
GNI 40-13
GNI 40-16
GNI 40-20
GNI 40-26
GNI 50-13
GNI 50-16
GNI 50-20
GNI 50-26
GNI 65-13
GNI 65-16
GNI 65-20
GNI 65-26
GNI 80-16
GNI 80-20
GNI 80-26
GNI 100-20
GNI 100-26
GNI 125-20
GNI 125-26

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| Cod. | DENOMINACION PIEZAS | Cod. | NAME OF PARTS | Cod. | DENOMINATION PIECES |
|------|---------------------------------|------|---------------------------|------|--------------------------------|
| 12 | Aro cierre impulsión | 12 | Discharge wearing | 12 | Bague d'usure refoulement |
| 13 | Aro cierre aspiración | 13 | Suction wearing | 13 | Bague d'usure d'aspiration |
| 22 | Chaveta ajuste rodete | 22 | Impeller key | 22 | Clavette de la roue |
| 23 | Chaveta ajuste acoplamiento | 23 | Coupling key | 23 | Clavette d'accouplement |
| 24 | Esparragos prensa con tuerca | 24 | Packing stud with nut | 24 | Goujon presse-toupe |
| 25 | Deflector | 25 | Deflector | 25 | Défecteur |
| * 27 | Junta Tórica | 27 | Gasket | 27 | Joint |
| 29 | Rodamiento posterior | 29 | Back bearing | 29 | Roulement postérieur |
| 30 | Rodamiento anterior | 30 | Front bearing | 30 | Roulement antérieur |
| 31 | Engrasador de bola | 31 | Grease nipple | 31 | Graisseur / fouloir |
| * 32 | Empaquetadura | 32 | Packing | 32 | Garniture |
| 33 | Tornillo presión c/hexagonal | 33 | Screw | 33 | Vis |
| 34 | Tornillo presión c/hexagonal | 34 | Screw | 34 | Vis |
| 39 | Arandela dubo | 39 | Dubo washer | 39 | Rondelle dubo |
| 40 | Tapón purga | 40 | Vert plug | 40 | Bouchon de purge d'air |
| 41 | Tapón vaciado soporte | 41 | Support drain plug | 41 | Bouchon de vidange support |
| 42 | Tapón vaciado bomba | 42 | Drain plug | 42 | Bouchon de vidange pompe |
| 43 | Tapón orificio manómetro | 43 | Manometer plug | 43 | Bouchon du manomètre |
| 46 | Prisionero | 46 | Stud bolt | 46 | Prisionnier |
| * 49 | Retén fluidos | 49 | Oil seal | 49 | Joint à lèvre |
| 51 | Tornillo presión c/hexagonal | 51 | Screw | 51 | Vis |
| 52 | Tapón llenado soporte | 52 | Filler plug support | 52 | Bouchon de remplissage support |
| * 63 | Cierre mecánico DIN 24960 | 63 | Mechanical seal DIN 24960 | 63 | Garnit. Mécan: DIN 24960 |
| * 66 | Junta tórica | 66 | Gasket | 66 | Joint |
| * 72 | Junta plana | 72 | Gasket | 72 | Joint plat |
| * 73 | Junta tórica | 73 | O'ring | 73 | Joint torique |
| * 81 | Junta plana | 81 | Gasket | 81 | Joint plat |
| 95 | Esparragos con tuerca | 95 | Stud | 95 | Goujon |
| 96 | Esparragos con tuerca | 96 | Stud | 96 | Goujon |
| 98 | Varilla nivel aceite | 98 | Oil level plug | 98 | Niveau d'huile |
| 99 | Aceite lubricante | 99 | Oil | 99 | Huile |
| 210 | Aro tope cierre mecánico | 210 | Mechan. Seal ring | 210 | Bague garniture mécanique |
| 218 | Aro refrigeración | 218 | Lantern ring | 218 | Bague lanterne |
| 236 | Arandela fijación tuerca rodete | 236 | Washer impeller nut | 236 | Rondelle roue |
| 240 | Arandela tope rodete | 240 | Impeller ring | 240 | Rondelle de la roue |
| 320 | Casquillo prensa | 320 | Shaft sleeve | 320 | Chemise d'arbre presse |
| 379 | Cuerpo de bomba | 379 | Pump casing | 379 | Corpe pompe |
| 380 | Cuerpo aspiración | 380 | Suction casing | 380 | Corp d'aspiration |
| 397 | Casquillo cierre eje | 397 | Radial shaft ring | 397 | Rondelle blocage chem d'arbre |
| 450 | Eje | 450 | Shaft | 450 | Arbre avec chemise d'arbre |
| 653 | Prensa estopas | 653 | Packing gland | 653 | Presse-étoupe |
| 671 | Pie soporte | 671 | Support foot | 671 | Béquille |
| 726 | Rodete | 726 | Impeller | 726 | Roue |
| 735 | Casquillo tope empaquetadura | 735 | Packing sleeve | 735 | Douille press-étoupe |
| 789 | Soporte rodamientos | 789 | Bearing housing | 789 | Support roulements |
| 790 | Soporte motor | 790 | Motor support | 790 | Support moteur |
| 810 | Tapa rodamiento anterior | 810 | Front bearing cover | 810 | Courverde du palier ant. |
| 811 | Tapa rodamiento posterior | 811 | Back bearing cover | 811 | Courverde du palier post. |
| 812 | Tapa cuerpo | 812 | Casing cover | 812 | Courverde du coops |
| 828 | Tuerca sujeción rodete | 828 | Impeller nut | 828 | Ecrou de la roue |
| 1001 | Motor | 1001 | Motor | 1001 | Moteur |

(*) Piezas recomendadas para 2 años de funcionamiento
Recommended spares for 2 years operation
Pièces recommandées pour 2 ans de fonctionnement

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Electrobombas centrifugas monobloc horizontales normalizadas DIN 24255 a 1450 RPM "GNI".

Motores trifásicos hasta 0,55 kw IE2, 0,75 y mayores IE3.

PAB. CATÁLOGO N° 29



| Tipo | Referencia | Motor P2 | | Código 230/400 V | Código 400/690 V | P.V.P. euros |
|----------------|---------------|----------|------|---------------------|---------------------|-----------------|
| | | CV | kW | | | |
| GNI 32-13/0,75 | ST4 32-13/7 | 0,75 | 0,55 | P0000042 | - | 1.602 |
| GNI 32-16/0,75 | ST4 32-16/7 | 0,75 | 0,55 | P0000066 | - | 1.729 |
| GNI 32-20/0,75 | ST4 32-20/7 | 0,75 | 0,55 | P0000102 | - | 1.894 |
| GNI 32-20/1 | ST4 32-20/10 | 1 | 0,75 | P0000103 | - | 1.914 |
| GNI 32-20/1,5 | ST4 32-20/15 | 1,5 | 1,1 | P0000104 | - | 2.146 |
| GNI 32-26/2 | ST4 32-26/20 | 2 | 1,5 | P0000972 | - | 2.506 |
| GNI 32-26/3 | ST4 32-26/30 | 3 | 2,2 | P0000973 | - | 2.975 |
| GNI 40-13/0,75 | ST4 40-13/7 | 0,75 | 0,55 | P0000133 | - | 1.781 |
| GNI 40-16/0,75 | ST4 40-16/7 | 0,75 | 0,55 | P0000155 | - | 1.849 |
| GNI 40-16/1 | ST4 40-16/10 | 1 | 0,75 | P0000156 | - | 2.001 |
| GNI 40-16/1,5 | ST4 40-16/15 | 1,5 | 1,1 | P0018056 | - | 2.056 |
| GNI 40-20/1,5 | ST4 40-20/15 | 1,5 | 1,1 | P0000186 | - | 2.146 |
| GNI 40-20/2 | ST4 40-20/20 | 2 | 1,5 | P0000187 | - | 2.174 |
| GNI 40-26/2 | ST4 40-26/20 | 2 | 1,5 | P0018058 | - | 2.729 |
| GNI 40-26/3 | ST4 40-26/30 | 3 | 2,2 | P0000223 | - | 2.911 |
| GNI 40-26/4 | ST4 40-26/40 | 4 | 3 | P0000224 | - | 2.947 |
| GNI 40-32/3 | ST4 40-32/30 | 3 | 2,2 | P0018183 | - | 3.949 |
| GNI 40-32/4 | ST4 40-32/40 | 4 | 3 | P0000988 | - | 4.039 |
| GNI 40-32/5,5 | ST4 40-32/55 | 5,5 | 4 | P0018184 | P0018186 | 4.127 |
| GNI 40-32/7,5 | ST4 40-32/75 | 7,5 | 5,5 | P0018185 | P0000989 | 4.478 |
| GNI 50-13/0,75 | ST4 50-13/7 | 0,75 | 0,55 | P0000253 | - | 1.746 |
| GNI 50-13/1 | ST4 50-13/10 | 1 | 0,75 | P0000254 | - | 1.896 |
| GNI 50-16/1 | ST4 50-16/10 | 1 | 0,75 | P0035052 | - | 2.063 |
| GNI 50-16/1,5 | ST4 50-16/15 | 1,5 | 1,1 | P0000283 | - | 2.118 |
| GNI 50-16/2 | ST4 50-16/20 | 2 | 1,5 | P0000284 | - | 2.142 |
| GNI 50-20/1,5 | ST4 50-20/15 | 1,5 | 1,1 | P0000317 | - | 2.307 |
| GNI 50-20/2 | ST4 50-20/20 | 2 | 1,5 | P0000318 | - | 2.334 |
| GNI 50-20/3 | ST4 50-20/30 | 3 | 2,2 | P0000319 | - | 2.582 |
| GNI 50-26/4 | ST4 50-26/40 | 4 | 3 | P0000352 | - | 2.798 |
| GNI 50-26/5,5 | ST4 50-26/55 | 5,5 | 4 | P0000353 | P0000354 | 3.192 |
| GNI 50-32/5,5 | ST4 50-32/55 | 5,5 | 4 | P0018187 | P0018191 | 4.496 |
| GNI 50-32/7,5 | ST4 50-32/75 | 7,5 | 5,5 | P0018188 | P0001004 | 5.155 |
| GNI 50-32/10 | ST4 50-32/100 | 10 | 7,5 | P0018189 | P0001005 | 5.357 |
| GNI 50-32/15 | ST4 50-32/150 | 15 | 11 | P0018190 | P0001006 | 6.244 |
| GNI 65-13/1 | ST4 65-13/10 | 1 | 0,75 | P0000369 | - | 2.066 |
| GNI 65-13/1,5 | ST4 65-13/15 | 1,5 | 1,1 | P0000370 | - | 2.201 |
| GNI 65-16/1,5 | ST4 65-16/15 | 1,5 | 1,1 | P0018075 | - | 2.222 |
| GNI 65-16/2 | ST4 65-16/20 | 2 | 1,5 | P0000401 | - | 2.242 |
| GNI 65-16/3 | ST4 65-16/30 | 3 | 2,2 | P0000402 | - | 2.481 |
| GNI 65-20/3 | ST4 65-20/30 | 3 | 2,2 | P0000431 | - | 2.904 |
| GNI 65-20/4 | ST4 65-20/40 | 4 | 3 | P0000432 | - | 3.074 |
| GNI 65-20/5,5 | ST4 65-20/55 | 5,5 | 4 | P0000433 | P0000434 | 3.177 |
| GNI 65-26/7,5 | ST4 65-26/75 | 7,5 | 5,5 | P0000509 | P0000511 | 4.532 |
| GNI 65-26/10 | ST4 65-26/100 | 10 | 7,5 | P0018082 | P0000512 | 4.732 |
| GNI 65-32/7,5 | ST4 65-32/75 | 7,5 | 5,5 | P0018085 | P0018089 | 5.278 |
| GNI 65-32/10 | ST4 65-32/100 | 10 | 7,5 | P0018086 | P0000529 | 5.628 |
| GNI 65-32/15 | ST4 65-32/150 | 15 | 11 | P0018087 | P0000530 | 6.152 |
| GNI 65-32/20 | ST4 65-32/200 | 20 | 15 | P0018088 | P0002460 | 6.699 |

10.2. CONDUCCIONES

TARIFA TUBERÍAS PLÁSTICAS EDICIÓN 01 / 2014

TUBERÍA PVC SERIE ESTÁNDAR , B Y COEXTRUSIONADA

Tubería de PVC para la evacuación de aguas pluviales y residuales, conducciones eléctrica y telefónicas y sistemas de ventilación
Boca lisa para unión por encolado
Color gris RAL 7037



| SERIE ESTÁNDAR | | | |
|------------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Ø EXTERIOR MM | ESPELOR MM | TARIFA €/TUBO 3 MTS LARGO | TARIFA €/TUBO 5 MTS LARGO |
| 75 | 1,4 | 8,67 | 14,44 |
| 90 | 1,5 | 12,32 | 20,55 |
| 110 | 1,6 | 14,72 | 24,58 |
| 125 | 1,8 | 19,95 | 33,25 |
| 160 | 2,1 | 29,16 | 48,56 |
| 200 | 2,3 | 39,02 | 65,07 |

Fabricada según norma UNE EN 1329

Apta para la evacuación de aguas residuales a baja y alta temperatura, en el interior de la estructura de los edificios o en el exterior fijada a la pared.

Boca lisa para unión por encolado
Color gris RAL 7037



| SERIE B COMPACTA | | | |
|------------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Ø EXTERIOR MM | ESPELOR MM | TARIFA €/TUBO 3 MTS LARGO | TARIFA €/TUBO 5 MTS LARGO |
| 32 | 3,0 | | 10,90 |
| 40 | 3,0 | | 13,65 |
| 50 | 3,0 | | 17,35 |
| 75 | 3,0 | 15,78 | 26,29 |
| 90 | 3,0 | 18,92 | 31,48 |
| 110 | 3,2 | 24,72 | 41,16 |
| 125 | 3,2 | 28,12 | 46,87 |
| 160 | 3,2 | 36,14 | 60,26 |
| 200 | 3,9 | 55,07 | 91,78 |
| 250 | 4,9 | 87,03 | 161,76 |
| 315 | 6,2 | 147,93 | 246,26 |

Boca lisa para unión por encolado
Color gris RAL 7037



| SERIE B COEXTRUSIONADA | | |
|------------------------|------------|---------------------------------|
| Ø EXTERIOR MM | ESPELOR MM | TARIFA €/TUBO 3 MTS LARGO |
| 90 | 3,0 | 17,92 |
| 110 | 3,2 | 23,28 |
| 125 | 3,2 | 26,62 |
| 160 | 3,2 | 34,73 |
| 200 | 3,9 | 51,40 |

“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

10.3. ACCIDENTES

SITORIAN
accesorios de presión

| PVC UNIÓN ENCOLADA | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|--------|
|  Codo 45° HH. | Medida mm. | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 125 | 140 | 160 | 200 | | |
| | Código | PC245 | PC445 | PC545 | PC645 | PC745 | PC945 | PC1045 | PC1245 | PC1445 | PC1645 | PC2045 | | |
| | €/ml | 0,09 | 1,42 | 1,80 | 2,87 | 4,80 | 7,54 | 12,55 | 18,92 | 30,14 | 38,32 | 77,44 | | |
|  Codo 90° HH. | Medida mm. | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 140 | 160 | 200 | |
| | Código | PC210 | PC225 | PC320 | PC420 | PC520 | PC620 | PC720 | PC920 | PC1120 | PC1420 | PC1620 | PC2020 | |
| | €/ml | 0,41 | 0,53 | 0,80 | 1,28 | 1,65 | 2,70 | 5,07 | 7,83 | 13,62 | 20,34 | 35,64 | 42,07 | 66,20 |
|  Te 90° HH. | Medida mm. | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 140 | 160 | 200 | |
| | Código | PT20 | PT25 | PT32 | PT40 | PT50 | PT63 | PT75 | PT90 | PT110 | PT140 | PT160 | PT200 | |
| | €/ml | 0,60 | 0,73 | 1,11 | 2,17 | 2,69 | 3,50 | 6,89 | 11,80 | 17,42 | 30,70 | 44,02 | 55,25 | 78,22 |
|  Tapón Hembra | Medida mm. | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 125 | 160 | | |
| | Código | PT20 | PT25 | PT32 | PT40 | PT50 | PT63 | PT75 | PT90 | PT110 | PT125 | PT160 | | |
| | €/ml | 0,61 | 0,44 | 0,57 | 0,60 | 1,42 | 1,83 | 3,50 | 5,45 | 11,80 | 16,26 | 26,09 | | |
|  Manguito HH. | Medida mm. | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 125 | 160 | | |
| | Código | PE20 | PE25 | PE32 | PE40 | PE50 | PE63 | PE75 | PE90 | PE110 | PE125 | PE160 | | |
| | €/ml | 0,52 | 0,60 | 0,80 | 0,98 | 1,42 | 2,15 | 4,42 | 5,20 | 8,08 | 12,50 | 21,76 | | |
|  Unión tres piezas HH. | Medida mm. | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | | | | | | |
| | Código | PETP20 | PETP25 | PETP32 | PETP40 | PETP50 | PETP63 | PETP75 | | | | | | |
| | €/ml | 2,11 | 2,14 | 3,11 | 3,73 | 4,96 | 6,97 | 16,83 | | | | | | |
|  Reducción exterior HH. | Medida mm. | 32-20 | 40-20 | 40-25 | 50-20 | 50-25 | 50-32 | 63-25 | 63-32 | 63-40 | 75-32 | 75-40 | 75-50 | 90-40 |
| | Código | PR1220 | PR4220 | PR4225 | PR5220 | PR5225 | PR5232 | PR6325 | PR6332 | PR6340 | PR7532 | PR7540 | PR7550 | PR9040 |
| | €/ml | 0,66 | 0,81 | 0,81 | 2,10 | 1,76 | 1,23 | 3,39 | 3,39 | 2,16 | 3,80 | 4,13 | 4,13 | 6,84 |
| | Medida mm. | 90-50 | 90-63 | 110-50 | 110-63 | 110-75 | 125-63 | 125-75 | 125-90 | 140-75 | 140-90 | 160-110 | - | - |
| | Código | PR9050 | PR9063 | PR11050 | PR11063 | PR11075 | PR12563 | PR12575 | PR12590 | PR14075 | PR14090 | PR160110 | - | - |
| | €/ml | 4,03 | 4,03 | 8,34 | 7,00 | 7,00 | 10,19 | 10,19 | 10,19 | 22,50 | 22,50 | 35,06 | - | - |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**



| PVC SERIE MOKTA | | Medida mm | 30 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 |
|---|------------------|------------------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-----|
|  Codo 90° RH | Medida mm | 30 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | |
| | Rosca | 1/2" | 3/4" | 1" | 1,1/4" | 1,1/2" | 2" | 2,1/2" | 3" | 4" | |
| | Código | PCH20 | PCH25 | PCH32 | PCH40 | PCH50 | PCH63 | PCH75 | PCH90 | PCH110 | |
| | Unid | 0,03 | 0,04 | 1,22 | 2,31 | 2,47 | 3,82 | 15,11 | 23,01 | 33,76 | |
|  TE 90° RH | Medida mm | 30 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | |
| | Rosca | 1/2" | 3/4" | 1" | 1,1/4" | 1,1/2" | 2" | 2,1/2" | 3" | 4" | |
| | Código | PEH20 | PEH25 | PEH32 | PEH40 | PEH50 | PEH63 | PEH75 | PEH90 | PEH110 | |
| | Unid | 1,72 | 2,01 | 2,55 | 3,34 | 4,94 | 8,03 | 18,44 | 25,04 | 38,46 | |
|  Manguito RH | Medida mm | 30 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | |
| | Rosca | 1/2" | 3/4" | 1" | 1,1/4" | 1,1/2" | 2" | 2,1/2" | 3" | 4" | |
| | Código | PCH20 | PEH25 | PEH32 | PEH40 | PCH50 | PCH63 | PCH75 | PEH90 | PEH110 | |
| | Unid | 1,07 | 1,07 | 1,37 | 1,58 | 2,24 | 3,09 | 9,11 | 13,35 | 19,49 | |
|  Terminal RM | Medida mm | 30 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | |
| | Rosca | 1/2" | 3/4" | 1" | 1,1/4" | 1,1/2" | 2" | 2,1/2" | 3" | 4" | |
| | Código | PEM20 | PEM25 | PEM32 | PEM40 | PEM50 | PEM63 | PEM75 | PEM90 | PEM110 | |
| | Unid | 0,57 | 0,68 | 0,98 | 1,19 | 1,39 | 2,14 | 3,72 | 9,53 | 15,01 | |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

10.4. DAF

2. Hoja de datos técnicos

| Modelo | Capacidad (m ³ / h) | Volumen de aire disuelto (m ³ / h) | Motor principal (kw) | Compresor de aire (kw) | Desnatadora (kw) | Licuadora (kw) × 2 | Potencia total (kw) | |
|--------|------------------------------------|---|----------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | | | | | Reacción excluida | Reacción incluida |
| GF-1 | 0.5-1 | 0.3-0.5 | 0,55 | 0,55 | 0.18 | 0.37 × 2 | 1.28 / 2.02 | |
| GF-2 | 1-2 | 0.5-0.8 | 0,55 | 0,55 | 0.18 | 0.37 × 2 | 1.28 / 2.02 | |
| GF-3 | 2-3 | 1-1.5 | 1.1 | 0,55 | 0.2 | 0.4 × 2 | 1.85 / 2.65 | |
| GF-5 | 3-5 | 1.5-2 | 1.1 | 0,55 | 0.2 | 0.4 × 2 | 1.85 / 2.65 | |
| GF-10 | 5-10 | 3-4 | 1.5 | 0.75 | 0.2 | 0.4 × 2 | 2.45 / 3.25 | |
| GF-15 | 10-15 | 4-5 | 2.2 | 0.75 | 0.4 | 0.75 × 2 | 3.35 / 4.85 | |
| GF-20 | 15-20 | 5-7 | 2.2 | 0.75 | 0.4 | 0.75 × 2 | 3.35 / 4.85 | |
| GF-30 | 20-30 | 8-12 | 5.5 | 0.75 | 0.4 | 0.75 × 2 | 6.65 / 8.15 | |
| GF-40 | 30-40 | 10-15 | 5.5 | 0.75 | 0.4 | 0.75 × 2 | 6.65 / 8.15 | |
| GF-50 | 40-50 | 15-18 | 7.5 | 1.5 | 0.4 | 0.75 × 2 | 9.4 / 10.9 | |
| GF-60 | 50-60 | 18-20 | 7.5 | 1.5 | 0.4 | 0.75 × 2 | 9.4 / 10.9 | |
| GF-70 | 60-70 | 20-25 | 11 | 2.2 | 0.4 | 0.75 × 2 | 13.6 / 15.1 | |
| GF-80 | 70-80 | 25-30 | 11 | 2.2 | 0.4 | 0.75 × 2 | 13.6 / 15.1 | |
| GF-100 | 80-100 | 35-40 | 15 | 2.2 | 0.4 | 0.75 × 2 | 17.6 / 19.1 | |
| GF-150 | 120-150 | 40-50 | 15 | 2.2 | 0.4 | 1.1 × 2 | 17.6 / 19.8 | |
| GF-200 | 180-200 | 70-80 | 22 | 4 | 0.4 | 1.1 × 2 | 26.4 / 28.6 | |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| Modelo | L | segundo | H | I | segundo | h | h1 | h2 | h3 | DN1 | DN2 | DN3 | DN4 |
|--------|-------|---------|------|------|---------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| GF-1 | 1500 | 1000 | 1300 | 1400 | 550 | 1080 | 150 | 800 | 750 | 50 | 32 | 50 | 32 |
| GF-2 | 1960 | 1200 | 1600 | 1800 | 700 | 1300 | 200 | 1000 | 850 | 50 | 50 | 50 | 32 |
| GF-3 | 3000 | 2100 | 2300 | 2800 | 800 | 1900 | 250 | 1400 | 900 | 80 | 50 | 80 | 50 |
| GF-5 | 3200 | 2300 | 2300 | 3000 | 1000 | 1900 | 250 | 1400 | 900 | 80 | 80 | 80 | 50 |
| GF-10 | 4200 | 2500 | 2500 | 4000 | 1200 | 2100 | 250 | 1500 | 1100 | 100 | 100 | 100 | 80 |
| GF-15 | 4700 | 2800 | 2500 | 4500 | 1500 | 2100 | 250 | 1500 | 1100 | 125 | 100 | 100 | 80 |
| GF-20 | 4700 | 3100 | 2500 | 4500 | 1800 | 2100 | 250 | 1500 | 1100 | 150 | 125 | 100 | 80 |
| GF-30 | 5700 | 3400 | 2500 | 5500 | 2000 | 2100 | 300 | 1500 | 1100 | 200 | 150 | 100 | 80 |
| GF-40 | 7200 | 3300 | 2500 | 6000 | 2200 | 2100 | 300 | 1500 | 1000 | 200 | 150 | 150 | 80 |
| GF-50 | 7200 | 3800 | 2500 | 6000 | 2700 | 2100 | 300 | 1500 | 1000 | 250 | 200 | 150 | 80 |
| GF-60 | 8200 | 3900 | 2500 | 7000 | 2800 | 2100 | 300 | 1500 | 1000 | 250 | 200 | 150 | 80 |
| GF-70 | 9200 | 4100 | 2500 | 8000 | 3000 | 2100 | 300 | 1500 | 1000 | 250 | 200 | 150 | 80 |
| GF-80 | 10200 | 4400 | 2500 | 9000 | 3200 | 2100 | 300 | 1500 | 1000 | 300 | 250 | 150 | 80 |
| GF-100 | 10200 | 4800 | 2500 | 9000 | 3600 | 2100 | 300 | 1550 | 1000 | 300 | 250 | 150 | 80 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

2. Solicitud

La siguiente es una muestra de las aplicaciones que hemos implementado con éxito unidades DAF.

- Industria de petróleo y gas: Sinopec, CNPC, CNOOC ...
- Industria de servicio de comidas y refrigerios: Receta secreta, cerveza Asahi, KFC, DANONE ...
- Industria de fabricación de automóviles: LAND ROVER, Jaguar, VW, GEELY AUTO ...
- Industria electrónica: SONY, SAMSUNG, FOXCONN...
- Industria farmacéutica: QIANJINPHARMACY, BAYER ...
- Procesamiento de carne / matadero (vacuno, porcino, ovino, caprino)



**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

3. Términos de servicio

GYE proporciona un servicio perfecto: simple para usted, difícil para nosotros.



4. Sobre GYE

COMPANY INFORMATION



ABOUT US

GYE Group –Pioneer and creator of Chinese Environmental Protection Craftman, is good at DAF purification and micro bubbles technology's preparation and application. We have got nearly 200 relevant patents.



10.5. VALVULERÍA

01 VÁLVULAS DE COMPUERTA

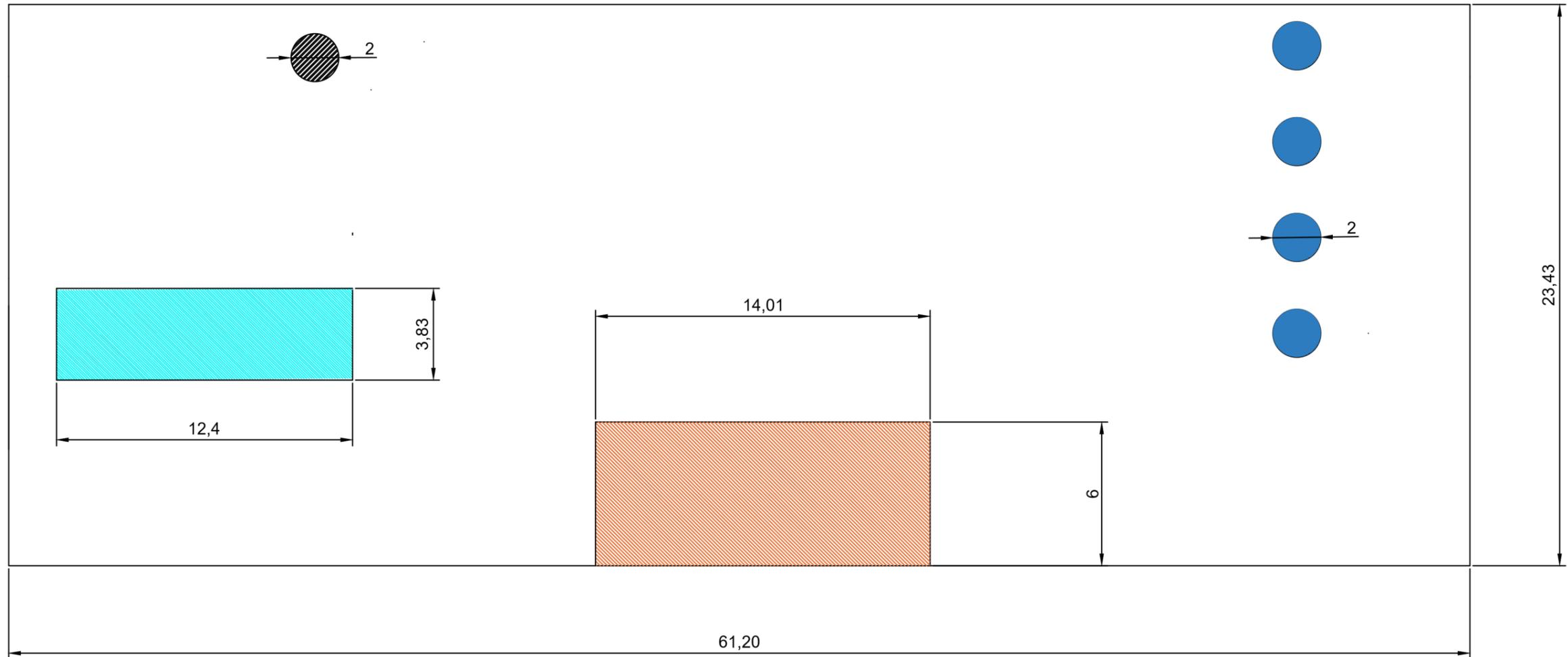


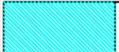
| Código | Artículo | € |
|--|--|----------|
| VÁLVULAS DE COMPUERTA | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo de latón • Compuerta de latón | |
| AA 01 041 | Rosca 1/2" | 5,42 |
| AA 01 042 | Rosca 3/4" | 5,58 |
| AA 01 043 | Rosca 1" | 8,20 |
| AA 01 044 | Rosca 1-1/4" | 14,04 |
| AA 01 045 | Rosca 1-1/2" | 16,61 |
| AA 01 046 | Rosca 2" | 26,62 |
| AA 01 047 | Rosca 2-1/2" | 54,48 |
| AA 01 048 | Rosca 3" | 87,36 |
| AA 01 049 | Rosca 4" | 153,58 |
| VÁLVULAS DE COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo de latón • Compuerta de latón + NBR • Temp. máx. 90°C | |
| AA 01 031 | Rosca 1/2" | 10,54 |
| AA 01 032 | Rosca 3/4" | 14,38 |
| AA 01 033 | Rosca 1" | 23,04 |
| AA 01 034 | Rosca 1-1/4" | 38,94 |
| AA 01 035 | Rosca 1-1/2" | 53,49 |
| AA 01 036 | Rosca 2" | 75,20 |
| AA 01 037 | Rosca 2-1/2" | 154,61 |
| AA 01 038 | Rosca 3" | 214,46 |
| VÁLVULAS DE COMPUERTA BRONCE/LATÓN | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo de bronce • Compuerta de latón | |
| AA 01 403 | Rosca 1/2" | 16,75 |
| AA 01 404 | Rosca 3/4" | 22,76 |
| AA 01 405 | Rosca 1" | 28,45 |
| AA 01 406 | Rosca 1-1/4" | 44,22 |
| AA 01 407 | Rosca 1-1/2" | 56,90 |
| AA 01 408 | Rosca 2" | 77,11 |
| AA 01 409 | Rosca 2-1/2" | 142,72 |
| AA 01 410 | Rosca 3" | 177,58 |
| AA 01 411 | Rosca 4" | 298,68 |
| VÁLVULAS DE COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo fundición nodular GGG40 • Compuerta fundición nodular con recubrimiento EPDM • Presión máx. 16 bar • Temp. máx. 90°C • Conexión: Bridas taladradas s/DIN 2502 (PN16) de DN50 hasta DN150 s/DIN 2576 (PN10) de DN200 a DN300 | |
| AA 01 120 | DN 40 | 89,04 |
| AA 01 121 | DN 50 | 111,46 |
| AA 01 122 | DN 65 | 121,76 |
| AA 01 123 | DN 80 | 164,82 |
| AA 01 124 | DN 100 | 221,51 |
| AA 01 125 | DN 125 | 274,29 |
| AA 01 126 | DN 150 | 383,36 |
| AA 01 127 | DN 200 TAL PN10 | 609,30 |
| AA 01 128 | DN 250 TAL PN10 | 889,55 |
| AA 01 129 | DN 300 TAL PN10 | 1.131,12 |
| AA 01 135 | DN 200 TAL PN16 | 609,30 |
| AA 01 136 | DN 250 TAL PN16 | 889,55 |
| AA 01 137 | DN 300 TAL PN16 | 1.131,12 |

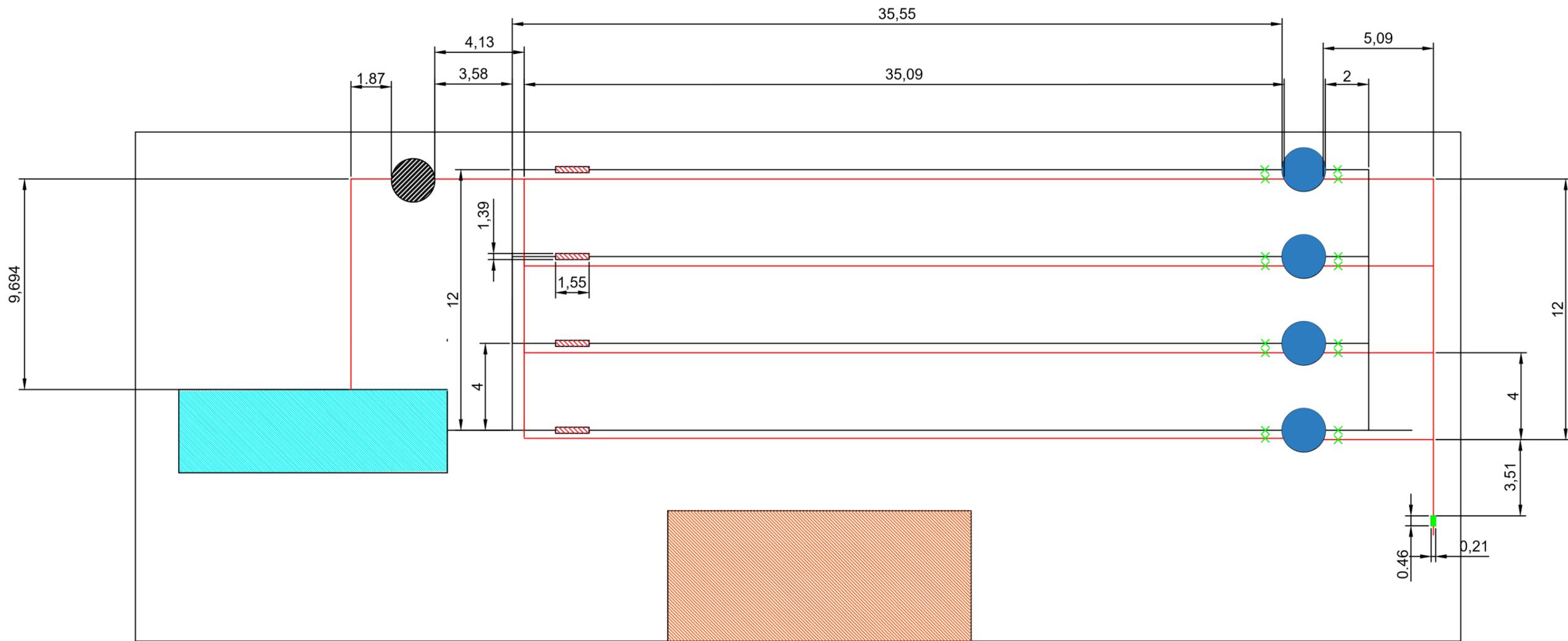
3. PLANOS

ÍNDICE

| | |
|--|-----------------|
| <i>1. DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LA PLANTA Y DISTRIBUCIÓN</i> | <i>2</i> |
| <i>2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA CON LAS CONDUCCIONES</i> | <i>3</i> |
| <i>3. PLANTA TORRES DE RELLENO</i> | <i>4</i> |
| <i>4. PERFIL TORRES DE RELLENO</i> | <i>5</i> |



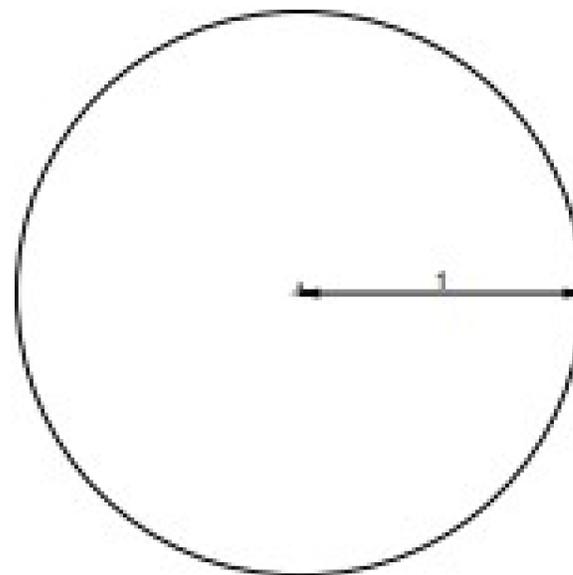
| LEYENDA | | PROYECTO: | |
|--|----------------------|--|------------------------------|
|  | DAF | Eliminación de aceites y grasas en el tratamiento de aguas procedentes de una refinería mediante el uso de organoarcilla | |
|  | Columnas de relleno | PLANO: Definición del tamaño de la planta y distribución | |
|  | Balsa estabilizadora | ESCALA: 1 : 200 | |
|  | Oficinas | FECHA: Diciembre 2021 | AUTOR DEL PROYECTO: |
| | | PLANO: 1 | Ricardo Hernández de la Cruz |



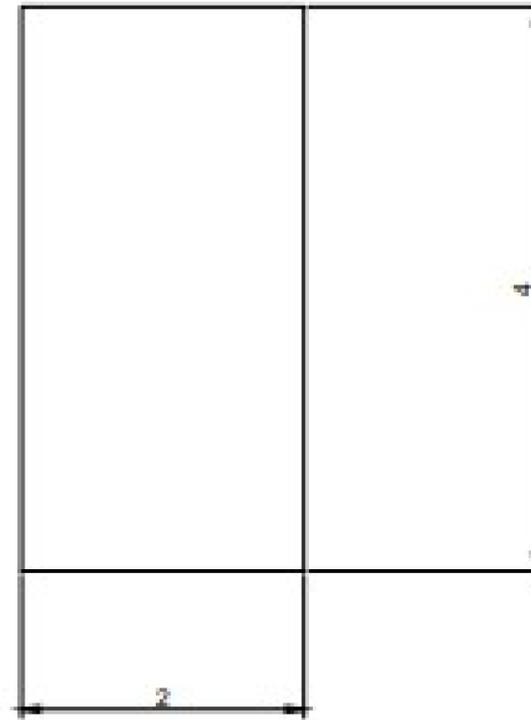
| LEYENDA | |
|---|-----------------------------------|
|  | DAF |
|  | Columnas de relleno |
|  | Balsa estabilizadora |
|  | Bombas proceso de adsorción |
|  | Bomba para proceso de limpieza |
|  | Electroválvula comandada |
|  | Oficinas |
|  | Conducciones proceso de limpieza |
|  | Conducciones proceso de adsorción |

| | | |
|-----------|---|------------------------------|
| PROYECTO: | Eliminación de aceites y grasas en el tratamiento de aguas procedentes de una refinería mediante el uso de organoarcillas | |
| PLANO: | Distribución en planta con las conducciones | |
| ESCALA: | 1 : 200 | |
| FECHA: | Diciembre 2021 | AUTOR DEL PROYECTO: |
| PLANO: | 2 | Ricardo Hernández de la Cruz |





| | | |
|--|---------------------|---|
| | PROYECTO: | Eliminación de aceites y grasas en el tratamiento de aguas procedentes de una refinería mediante el uso de organoarcillas |
| | PLANO: | Planta de la columna de relleno |
| | ESCALA: | 1 : 25 |
| | FECHA: | Diciembre 2021 |
| | PLANO: | 3 |
| | AUTOR DEL PROYECTO: | Ricardo Hernández de la Cruz |



PROYECTO: Eliminación de aceites y grasas en el tratamiento de aguas procedentes de una refinería mediante el uso de organoarcilla

PLANO: Perfil de la columna de relleno

ESCALA: 1 : 50

FECHA: Diciembre 2021

AUTOR DEL PROYECTO:
Ricardo Hernández de la Cruz

PLANO: 4



4. PLIEGO DE CONDICIONES

| | |
|--|-----------|
| 1. OBJETIVO DEL PLIEGO DE CONDICIONES | 3 |
| 2. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL | 3 |
| 2.1. CONTRATO DE OBRA | 3 |
| 2.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA | 3 |
| 2.3. PROYECTO ARQUITECTÓNICO | 4 |
| 2.4. REGLAMENTACIÓN URBANÍSTICA | 4 |
| 2.5. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA | 5 |
| 2.6. JURISDICCIÓN COMPETENTE | 5 |
| 2.7. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA | 5 |
| 2.8. ACCIDENTES DE TRABAJO | 6 |
| 2.9. DAÑOS Y PERJUICIOS A TERCEROS | 6 |
| 2.10. COPIA DE DOCUMENTOS | 6 |
| 2.11. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA | 7 |
| 2.12. EFECTOS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA | 8 |
| 3. DISPOSICIONES FACULTATIVAS | 8 |
| 3.1. DEFINICIÓN, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LA EDIFICACIÓN | 8 |
| 3.1.1. El promotor | 9 |
| 3.1.2. El proyectista | 9 |
| 3.1.3. El constructor o contratista | 9 |
| 3.1.4. El director de obra | 10 |
| 3.1.5. El director de ejecución de obra | 10 |
| 3.1.6. Los suministradores de productos | 10 |
| 3.2. OBLIGACIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES | 10 |
| 3.2.1. El promotor | 10 |
| 3.2.2. El proyectista | 12 |
| 3.2.3. El constructor o contratista | 12 |
| 3.2.4. El director de obra | 15 |
| 3.2.5. El director de ejecución de la obra | 16 |
| 3.2.6. Los suministradores de productos | 17 |
| 4. DISPOSICIONES ECONÓMICAS | 17 |
| 4.1. DEFINICIÓN | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2. CONTRATO DE OBRA | 18 |
| 4.3. CRITERIO GENERAL | 19 |
| 4.4. FIANZAS | 19 |
| 4.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza | 19 |
| 4.4.2. Devolución de fianzas | 19 |
| 4.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales | 20 |
| 4.5. PRECIOS | 20 |
| 4.5.1. Presupuesto de Ejecución de Material | 20 |
| 4.5.2. Reclamación de aumento de precios | 20 |
| 4.5.3. Revisión de los precios contratados | 20 |
| 4.5.4. Acopio de materiales | 21 |
| 4.6. VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS | 21 |
| 4.6.1. Forma y plazos de abono de las obras | 21 |
| 4.6.2. Relaciones valoradas y certificaciones | 22 |
| 4.7. INDEMNIZACIONES MUTUAS | 22 |
| 4.7.1. Indemnización por retraso del plazo de finalización de la obra | 22 |
| 4.7.2. Demora de los pagos por parte del promotor | 22 |
| 4.8. PLAZO DE EJCUCIÓN | 23 |
| 4.9. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA DE LAS OBRAS | 23 |
| 4.10. LIQUIDACIÓN FINAL DE LA OBRA | 23 |
| 5. DISPOSICIONES LEGALES | 24 |
| 5.1. RECONOCIMIENTO DE MARCAS REGISTRADAS | 24 |
| 5.2. DERECHOS DE AUTOR | 24 |
| 6. DISPOSICIONES TÉCNICAS | 24 |
| 6.1. ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓ ELÉCTRICA | 25 |
| 6.2. ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA | 25 |
| 6.3. UNIDADES NO ESPECIFICADAS | 26 |

1. OBJETIVO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

El principal objetivo del pliego de condiciones es regular los derechos, responsabilidades, obligaciones y garantías mutuas entre los numerosos agentes de la planta: promotor, proyectista, director de obra, director de ejecución de obra y los suministradores de productos.

El pliego de condiciones es un documento vinculante en los contratos de obra ya que adquiere una verdadera importancia durante la ejecución del proyecto estableciendo la relación entre propiedad y constructor. Además recoge las exigencias técnicas y legales que se han de administrar en la ejecución del proyecto.

2. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL

A continuación se muestran las diferentes disposiciones de carácter general.

2.1. CONTRATO DE OBRA

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. El director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

2.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

El contrato de obra integra los siguientes documentos que se mencionan a continuación, relacionados por orden de relación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Condiciones fijadas en el contrato de obra
- Presente pliego de condiciones
- Documentación gráfica y escrita del proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anexos, mediciones y presupuestos. En el caso de interpretación prevalecen las

especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

2.3. PROYECTO ARQUITECTÓNICO

El proyecto arquitectónico está constituido por el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en la “ Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”. En el proyecto arquitectónico se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Los documentos complementarios al proyecto serán:

- Planos
- Libro de Órdenes y Asistencias
- Programa de Control de Calidad de la Edificación y el Libro de Control.
- Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- Plan de Seguridad y Salud e el trabajo, elaborado por cada contratista.
- Estudio de gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

2.4. REGLAMENTACIÓN URBANÍSTICA

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como todas las acciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las normas y al Planteamiento vigente.

2.5. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Los contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y el Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

2.6. JURISDICCIÓN COMPETENTE

En el caso de no llegar a un acuerdo entre diferentes partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente.

2.7. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la Dirección Facultativa de las obras diere al contratista.

El contratista por otra parte es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abandonadas en liquidaciones parciales.

2.8. ACCIDENTES DE TRABAJO

Es de obligado cumplimiento que se cumpla el “Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción”, y más legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

2.9. DAÑOS Y PERJUICIOS A TERCEROS

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran, tanto en la edificación donde se efectúen las obras, como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión y negligencia del personal a su cargo, así como los que deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Por otra parte, es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos, una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de “Todo riesgo al derribo y la construcción”, suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

2.10. COPIA DE DOCUMENTOS

El contratista a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del proyecto.

2.11. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Se considerarán causas de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del contratista.
- La quiebra del contratista.
- Las alteraciones del contrato por las siguientes causas:
 - (a) La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra, y en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución de Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
 - (b) Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido en un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista 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 la fianza será automática.
- La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a cuatro meses.
- Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- La demora injustificada en la comprobación del replanteo.
- La suspensión de las obras por plazo superior a ocho meses por parte del promotor.
- El incumplimiento de las condiciones de Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicios de los intereses de las obras.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.

- El desestimiento o el abandono de la obra sin causas justificadas.
- La mala fe en la ejecución de la obra.

2.12. EFECTOS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista.

Si se demorase injustificadamente la comprobación del replanteo, dando lugar a la resolución del contrato, el contratista solo tendrá derecho por todos los conceptos a una indemnización equivalente al 2% del precio de la adjudicación, excluidos los impuestos.

En el supuesto de desistimiento antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de las mismas por parte del promotor por plazo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3% el precio de adjudicación, excluidos los impuestos.

En caso de desistimiento una vez iniciada la ejecución de las obras, o de suspensión de las obras iniciadas por plazo superior a ocho meses, el contratista tendrá derecho por todos los conceptos al 6% del precio de adjudicación del contrato de las obras dejadas de realizar en concepto de beneficio industrial, excluidos los impuestos.

3. DISPOSICIONES FACULTATIVAS

A continuación se mencionan las diferentes disposiciones facultativas que se han de cumplir.

3.1. DEFINICIÓN, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LA EDIFICACIÓN

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la “Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”.

Se definen agente de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la “Ley 38/1999”. Ley de Ordenación de la edificación” y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas a continuación.

3.1.1. El promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparán también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que sumen la gestión económica de la edificación.

3.1.2. El proyectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

3.1.3. El constructor o contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

Cabe efectuar especial mención de que la ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

3.1.4. El director de obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, así como las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

3.1.5. El director de ejecución de la obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello, es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, son necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

3.1.6. Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se extiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

3.2. OBLIGACIONES DE LOS AGENTE INTERVINIENTES

A continuación se mencionan las diferentes obligaciones de los agentes intervinientes.

3.2.1. El promotor

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de ejecución de la obra y al contratista

posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, cumpliendo con los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera a su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder. La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquiriente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

3.2.2. El proyectista

Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos - proyecto básico – como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

3.2.3. El constructor o contratista

- Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor, organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente plan de obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.
- Elaborar y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.
- Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que se incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el “REAL DECRETO 1627/1997. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción”.

- Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como para cumplir las órdenes efectuadas por el coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de ejecución de la obra.
- Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.
- Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.
- Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación del proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

- Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.
- Poner a disposición del director de ejecución de material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las formas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.
- Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.
- Suscribir las garantías de obra que se señalan en la “Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”, y que en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o problemas en elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

3.2.4. El director de obra

- Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.
- Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.
- Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimará oportuna reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que se estimen oportunos.
- Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativa, conlleven una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.
- Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones redactadas por ellos, supervisadas y realmente ejecutadas,

siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final, la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes, las Instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus Instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

3.2.5. El director de ejecución de la obra

Corresponde al director de ejecución material de la obra , según se establece en la “Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación” y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección Inmediata de la Obra

- Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos o materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.
- Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabará del director de obra.
- Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.
- Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencias necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de las misma en todas sus fases, desde el

replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerará oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.
- Detener la obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.
- Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Suscribir conjuntamente el Certificado Final de la Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

3.2.6. Los suministradores de producto

- Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.
- Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

4. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

Dentro de las disposiciones económicas están los diferentes aspectos a tener en cuenta que se mencionan a continuación.

4.1. DEFINICIÓN

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tiene un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecidos entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

4.2. CONTRATO DE OBRA

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (director de obra y director de ejecución de obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, coordinar, dirigir y controlar la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras
- Determinación de los gastos de enganches y consumos
- Responsabilidades y obligaciones del contratista. Legislación laboral
- Responsabilidades y obligaciones del promotor
- Presupuesto del contratista
- Revisión de precios (en su caso)
- Forma de pago: Certificaciones
- Plazos de ejecución: Planning

- Retraso de la obra: Provisional y definitiva
- Litigio entre las partes

4.3. CRITERIO GENERAL

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la “Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”, tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

4.4. FIANZAS

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra.

4.4.1. Ejecución de 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, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a las que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

4.4.2. Devolución de fianzas

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

4.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

4.5. PRECIOS

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construcción de la obra. Se descompone el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, basándose en los precios, se calculará el presupuesto.

4.5.1. Presupuesto de Ejecución de Material

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución del Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

4.5.2. Reclamación de aumento de precios

Si el contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

4.5.3. Revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el promotor y el contratista.

4.5.4. Acopio de materiales

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el promotor ordene por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de exclusiva propiedad de éste, siendo responsable de su guarda y conservación.

4.6. VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJADORES

4.6.1. Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (promotor y contratista) que en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el director de ejecución de la obra, en virtud de las cuáles se verifican aquellos.

El director de ejecución de la obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al director de ejecución de la obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al contratista, queda este obligado a aceptar las decisiones del promotor sobre el particular.

4.6.2. Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el promotor y el contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. 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 parciales: la aceptación, la probación, ni la recepción de las que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

4.7. INDEMNIZACIONES MUTUAS

4.7.1. Indemnización por retraso del plazo de finalización de las obras

Si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

4.7.2. Demora de los pagos por parte del promotor

Se regulará el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

4.8. PLAZOS DE EJECUCIÓN

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

4.9. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA DE LAS OBRAS

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este caso se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, a los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los Proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el director de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

4.10. LIQUIDACIÓN FINAL DE LA OBRA

Entre el promotor y el contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso antes los Tribunales.

5. DISPOSICIONES LEGALES

5.1. RECONOCIMIENTO DE MARCAS REGISTRADAS

El autor de este proyecto, así como su promotor, reconocen las marcas registradas que han aparecido a lo largo del desarrollo y ejecución, además de los derechos de autor recogidos en la bibliografía consultada y citada en el mismo.

5.2. DERECHOS DE AUTOR

Los derechos de autor de este proyecto serán los estipulados por la legislación y reglamentación vigente en el momento del comienzo del proyecto, a excepción de posibles correcciones legales resultantes de los recursos legales que se hayan interpuesto contra las mencionadas leyes y reglamentos.

6. DISPOSICIONES TÉCNICAS

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el proyecto. Por lo tanto, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementario en este apartado del Pliego de Condiciones.

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de documento de idoneidad técnica que avale sus calidades, emitido por organismos técnicos reconocidos.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos. Además, avisará al director de ejecución de la obra, con suficiente tiempo, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando las muestras y los datos necesarios, si se lo pide el director de ejecución de la obra.

6.1. ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Las instalaciones eléctricas serán ejecutadas por la Empresa especializada, en posesión de todos los requisitos que establece la legislación vigente. Toda la documentación acreditativa será presentada por el Director de Obra para que pueda emitir la oportuna autorización de comienzo de los trabajos.

Todo el personal que intervenga en cualquier ejecución en cualquier parte de las instalaciones eléctricas, aunque sea accesoria, deberá estar en posesión de los oportunos certificados de cualificación profesional.

Será condición necesaria para que la dirección autorice su intervención en los trabajos, la entrega de una copia, autenticada por la empresa especializada, de los certificados mencionados, así como la justificación de estar de alta en el Libro de Matrícula.

Antes de iniciar la obra, el Contratista presentará unos planos de detalle que indiquen preferentemente una situación real de los recorridos de canalizaciones y conductores. Al finalizar la obra, presentará los mismos planos corregidos en la forma como se hizo.

6.2. ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

Las tuberías serán del tipo, diámetro y presión de servicio que se indican en las Mediciones y Presupuestos de este proyecto y cumplirán las especificaciones contenidas en dichos documentos.

Las piezas especiales, serán capaces de soportar presiones de prueba y trabajo iguales a las tuberías en las que se vayan a instalar. El cuerpo principal de estos elementos será del material que garantice el fabricante de reconocida solvencia nacional, previa aprobación del Director de Obra, quien también ha de autorizar los modelos a utilizar. En todo caso, el acabado de las piezas especiales, será perfecto, tendrá una gran durabilidad y una gran resistencia.

Deberán acreditarse mediante los oportunos certificados oficiales. La superficie interior de cualquier elemento, sea tubería o pieza especial, será lisa, no pudiendo admitirse otros

defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen ninguna merma de la calidad de circulación del agua. La reparación de tales desperfectos no se realizará sin la previa autorización del Director de Obra.

Los tubos y demás elementos de las conducciones y redes estarán bien terminados, con espesores regulares y cuidadosamente trabajados y deberán resistir sin daños todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas.

6.3. UNIDADES NO ESPECIFICADAS

Aquellas unidades de obra que no estuviesen incluidas o aquellos trabajos que no se mencionan en el Pliego de Condiciones, se ajustarán de acuerdo con lo sancionado por la experiencia como reglas de buena construcción o ejecución, debiendo seguir el contratista las normas especiales que, para cada caso, señale el director de la obra, según su inapelable juicio.

5. ESTADO DE MEDICIONES

ÍNDICE

| | |
|--|----------|
| 1. ESTADO DE MEDICIONES | 2 |
| 1.1. PARTIDA 1: EQUIPOS PRINCIPALES | 2 |
| 1.2. PARTIDA 2: BOMBAS | 3 |
| 1.3. PARTIDA 3: Balsa ESTABILIZADORA Y AGITADOR | 4 |
| 1.4. PARTIDA 4: INSTRUMENTACIÓN | 4 |
| 1.5. PARTIDA 5: CONDUCCIONES | 5 |
| 1.6. PARTIDA 6: ACCESORIOS | 5 |
| 1.7. PARTIDA 7: OBRA CIVIL | 6 |

1. ESTADO DE MEDICIONES

El estado de mediciones es uno de los documentos básicos que constituyen el proyecto cuya finalidad es definir y delimitar las unidades de obra que serán instaladas en el diseño de la planta. En este documento se concretan tanto las partidas como las unidades, características de cada unidad de obra y su proveedor.

La unidad de obra se entiende como cada una de las partes en las que puede dividirse un proyecto bajo la condición de que se puede medir, este documento ejerce como punto de partida para el desarrollo del Presupuesto. A continuación en la tabla 1.1, se muestran todas las partidas que componen el Estado de Mediciones.

Tabla 1.1. Partidas del Estado de Mediciones

| PARTIDA | |
|----------------|----------------------|
| 1 | Equipos principales |
| 2 | Bombas |
| 3 | Balsa estabilizadora |
| 4 | Instrumentos |
| 5 | Conducciones |
| 6 | Accesorios |
| 7 | Obra civil |

1.1. PARTIDA 1: EQUIPOS PRINCIPALES

Los diferentes equipos principales de la instalación son los que se mencionan a continuación en la tabla 1. 2.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 1.2. Equipos principales

| EQUIPO | EMPRESA | MODELO | CANTIDAD |
|---|--|---------------|-----------------|
| DAF con un caudal de diseño de 200 m ³ /h y una potencia de trabajo de 27 KW | GYE | GF-200 | 1 |
| Columna de relleno | Gangzhou Kaicheng Environmental Protection Technology Co. Ltd. | YT- 04PL800 | 4 |

1.2. PARTIDA 2: BOMBAS

Las bombas que se utilizan en la instalación para la realización tanto de proceso de adsorción como el de limpieza se detallan en la tabla que se muestra en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Bombas

| EQUIPO | EMPRESA | MODELO | CANTIDAD |
|---|----------------|---------------|-----------------|
| Bomba centrífuga para proceso de adsorción con un caudal de diseño de 54 m ³ /h y potencia de 1,1 KW | Bombas Ideal | GNI 65-13 | 4 |
| Bomba centrífuga para proceso de limpieza con un caudal de diseño de 20 m ³ /h y potencia de 0,55 KW | Bombas Ideal | GNI 40-13 | 1 |

1.3. Balsa Estabilizadora y Agitador

El estado de mediciones de la balsa estabilizadora a donde llega el efluente concentrado de la limpieza se detalla a continuación en la tabla 1.4.

Tabla 1.4. Balsa estabilizadora

| EQUIPO | EMPRESA | MODELO | CANTIDAD |
|--|----------------|-------------------|-----------------|
| Balsa estabilizadora de 2 m de diámetro con una altura de 2,60 m | Plarex, S.L | Depósito vertical | 1 |
| Agitador vertical de turbinas de 6 palas y motor de 3 KW | CFG Mixers | SERIE VTR | 1 |

1.4. PARTIDA 4: INSTRUMENTACIÓN

El estado de mediciones de los instrumentos se muestra a continuación en la tabla 1.5.

Tabla 1.5. Instrumentación

| ELEMENTO | EMPRESA | MODELO | CANTIDAD |
|--|----------------|--------------------|-----------------|
| Ordenador industrial | Siemens | IPC 427 D | 2 |
| Programa software de Sistema de Control y Automatización industrial. | Electrohine | SCADA | 2 |
| Sensores de presión | Siemens | POINTEK CLS 200 | 10 |

1.5. PARTIDA 5: CONDUCCIONES

En la partida 5 (Tabla 1.6.) se muestran las diferentes conducciones que hay en la instalación; las conducciones para transportar el efluentes a lo largo de la planta así como para los procesos de limpieza serán de PVC.

Tabla 1.6. Conducciones

| CONDUCCIÓN | EMPRESA | LONGITUD (M) |
|--|------------------------|--------------|
| Conducción de salida del DAF para un caudal de 200 m ³ /h, de diámetro externo de 250 mm y un espesor de 4,9 mm | Cemat Grupo Industrial | 3 |
| Conducciones proceso de adsorción para un caudal de 50 m ³ /h, de diámetro externo de 160 mm y un espesor de 3,2 mm | Cemat Grupo Industrial | 186,2 |
| Conducciones proceso de limpieza para un caudal de 20 m ³ /h, de diámetro externo de 75 mm y un espesor de 3 mm | Cemat Grupo Industrial | 192,36 |

1.6. PARTIDA 6: ACCESORIOS

El estado de mediciones de los accesorios de la instalación se muestra a continuación, en el que se incluyen las válvulas y los diferentes accidentes de las conducciones de la instalación. Se hará un resumen de los accesorios en la tabla 1.7.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 1.7. Accidentes

| ELEMENTO | EMPRESA | CÓDIGO | CANTIDAD |
|---|--------------------------------|---------------|-----------------|
| Codo 90 ° DN 160 | Sitoran Technology Empresas | PC160 | 2 |
| Codo 90 ° DN 75 | Sitoran Technology Empresas | PC75 | 2 |
| Empalme en T DN 160 | Sitoran Technology Empresas | PI160 | 6 |
| Empalme en T DN 75 | Sitoran Technology Empresas | PI75 | 6 |
| Reductor de diámetro de conducción de 250 mm de diámetro externo a conducción de 160 mm de diámetro externo | Openclima | TRS-25 | 1 |
| Válvulas de compuerta DN 160 | Salvador Escoda S.A | AA 01 126 | 8 |
| Válvulas de compuerta DN 75 | Salvador Escoda S.A | AA 01 122 | 8 |

1.7. PARTIDA 7: OBRA CIVIL

En la tabla 1.8, se muestra el estado de mediciones de la obra civil de la instalación que viene determinado por las dimensiones de la parcela necesaria para la planta.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 1. 8. Obra civil

| ELEMENTO | UNIDAD | CANTIDAD |
|------------------------------------|----------------|-----------------|
| Instalación de fontanería | m ² | 1433,92 |
| Instalación eléctrica de alumbrado | m ² | 1433,92 |
| Instalación anti incendios | m ² | 1433,92 |
| Instalación de agua | m ² | 1433,92 |

6. PRESUPUESTO

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| 1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL (PEM) | 2 |
| 1.1. DESGLOSE DEL PEM | 2 |
| 1.1.1. Equipos principales | 3 |
| 1.1.2. Bombas | 3 |
| 1.1.3. Balsa estabilizadora y agitador | 4 |
| 1.1.4. Instrumentación | 4 |
| 1.1.5. Conducciones | 5 |
| 1.1.6. Accesorios | 5 |
| 1.1.7. Obra Civil | 6 |
| 1.1.8. Mano de obra | 7 |
| 1.1.9. Prueba de funcionamiento | 7 |
| 1.1.10. Seguridad y Salud | 8 |
| 1.2. PEM TOTAL | 8 |
| 2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC) | 9 |
| 3. PRESUPUESTO TOTAL | 9 |

1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL (PEM)

El Presupuesto de Ejecución del Material representa el importe del coste de los materiales y de la mano de obra, necesarios para la realización del proyecto. Este se determina en función de las diferentes partidas que se mencionan a continuación en el desglose del PEM.

1.1. DESGLOSE DEL PEM

En el desglose del PEM se muestran las diferentes partidas que componen el PEM total. En la tabla 1.1, se recogen las diferentes partidas que forman el PEM total.

Tabla 1.1. Partidas

| PARTIDA | ELEMENTO |
|----------------|---------------------------------|
| 1 | Equipos principales |
| 2 | Bombas |
| 3 | Balsa estabilizadora y agitador |
| 4 | Instrumentación |
| 5 | Conducciones |
| 6 | Accesorios |
| 7 | Obra civil |
| 8 | Mano de obra |
| 9 | Prueba de funcionamiento |
| 10 | Seguridad y Salud |

1.1.1. Equipos principales

La primera partida del proyecto está formada por los equipos principales que hay en la planta, dentro de esta se consideran el DAF y la columnas de relleno. En la tabla 1.2, se exponen los equipos principales.

Tabla 1.2. Equipos principales

| ELEMENTO | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO (€/UD) | PRECIO TOTAL (€) |
|--------------------|----------|------------------------|------------------|
| DAF | 1 | 80.000 | 80.000 |
| Columna de relleno | 4 | 15.000 | 60.000 |
| TOTAL | | | 140.000 |

1.1.2. Bombas

La segunda partida del proyecto está formada por las bombas que hay en la instalación tanto para el proceso de adsorción del aceite y la grasa como para la limpieza de la organoarcilla. En la tabla 1.3, se muestra el presupuesto de las bombas.

Tabla 1.3. Bombas

| ELEMENTO | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO (€/UD) | PRECIO TOTAL (€) |
|--|----------|------------------------|------------------|
| Bomba centrífuga proceso de adsorción | 4 | 2.201 | 8.804 |
| Bomba centrífuga proceso de limpieza | 1 | 1.781 | 1.781 |
| Total | | | 10.585 |

1.1.3. Balsa estabilizadora y agitador

La tercera partida está relacionada con la balsa estabilizadora donde llega el efluente procedente de la limpieza de las columnas. En la tabla 1.4, se muestra el presupuesto de esta.

Tabla 1.4. Balsa estabilizadora y agitador

| Elemento | Cantidad | Precio unitario (€/UD) | Precio total (€) |
|----------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Balsa estabilizadora | 1 | 5.000 | 5.000 |
| Agitador | 1 | 7.000 | 7.000 |
| Total | | | 12.000 |

1.1.4. Instrumentación

La cuarta partida del presupuesto está formada por la instrumentación necesaria para realizar el proceso. A continuación en la tabla 1.5, se muestra el presupuesto de la instrumentación de la instalación.

Tabla 1.5. Instrumentación

| Elemento | Cantidad | Precio unitario (€/UD) | Precio total (€) |
|----------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Ordenador industrial | 2 | 11.474 | 22.948 |
| Programa software | 2 | 850 | 1.700 |
| Sensores de presión | 10 | 1.420 | 14.200 |
| Total | | | 38.848 |

1.1.5. Conducciones

Las conducciones son la quinta partida del proyecto, a continuación se muestra el presupuesto de las diferentes conducciones de la instalación (Tabla 1..6)

Tabla 1.6. Conducciones

| Elemento | Cantidad | Precio (€/m) | Precio total (€) |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------|------------------|
| Conducción de salida del DAF | 1 tubería de 3 m | 29,01 | 87,03 |
| Conducción proceso de adsorción | 37 tuberías de 5 m y una de 3 m | 12,05 | 2265,76 |
| Conducción proceso de limpieza | 38 tuberías de 5 m y una de 3 m | 5,26 | 1014,80 |
| Total | | | 3367,59 |

1.1.6. Accesorios

Los accesorios son la sexta partida del proyecto, estos están formados por los diferentes accidentes que hay en la instalación (Tabla 1.7.)

Tabla 1.7. Accesorios

| Elemento | Cantidad | Precio unitario (€/UD) | Precio total (€) |
|----------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|
| Codo 90 ° DN 160 | 2 | 42,97 | 85,94 |
| Codo 90 ° DN 75 | 2 | 5,07 | 10,14 |
| Empalme en T DN 160 | 6 | 55,25 | 331,50 |
| Empalme en T DN 75 | 6 | 6,89 | 41,34 |
| Reductor de diámetro | 1 | 25 | 25,00 |
| Elemento | Cantidad | Precio unitario (€/UD) | Precio total (€) |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| | | | |
|---------------------------------|---|--------|----------------|
| Válvulas de compuerta DN 160 | 8 | 383,36 | 3066,88 |
| Válvulas de compuerta DN 75 | 8 | 121,76 | 974,08 |
| Total | | | 4534,88 |

1.1.7. Obra civil

La séptima partida del proyecto viene dada por la obra civil, a continuación en la tabla 1.8 se muestra la partida de la obra civil.

Tabla 1.8. Obra civil

| Elemento | Unidad | Cantidad | Precio unitario (€/UD) | Precio total (€) |
|--|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|
| Instalación de fontanería | m ² | 1433,92 | 6 | 8.460 |
| Instalación eléctrica de alumbrado | m ² | 1433,92 | 20 | 28.200 |
| Instalación anti incendios | m ² | 1433,92 | 15 | 21.150 |
| Instalación de agua | m ² | 1433,92 | 6 | 84,60 |
| Total | | | | 66.270 |

“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”

1.1.8. Mano de obra

La mano de obra se tasa en un 15 % de la primera partida de equipos principales, en la tabla 1.9, se muestra la octava partida del proyecto.

Tabla 1. 9. Mano de obra

| Elemento | Razón | Precio total (€) |
|--------------|----------------|------------------|
| Mano de obra | 15 % partida 1 | 2100 |
| Total | | 2.100 |

1.1.9. Prueba de funcionamiento

La prueba de funcionamiento es la novena partida del presupuesto, esta contiene el coste de realizar la prueba de funcionamiento de los diferentes equipos de la planta y supone el 1% del presupuesto total del equipo en cuestión (Tabla 1.10).

Tabla 1.10. Prueba de funcionamiento

| Elemento | Razón de presupuesto (%) | Precio total (€) |
|---------------------------------|--------------------------|------------------|
| DAF | 1 | 800,00 |
| Columna de relleno | 1 | 600,00 |
| Bombas | 1 | 105,85 |
| Balsa estabilizadora y agitador | 1 | 120,00 |
| Conducciones | 1 | 33,68 |
| Instrumentación | 1 | 388,48 |
| Accesorios | 1 | 45,35 |
| Total | | 2093,36 |

1.1.10. Seguridad y Salud

La última partida del presupuesto de ejecución del material viene dada por el presupuesto de seguridad y salud, que se considera el 2,5% de la partida de la obra civil. A continuación se muestra en la tabla 1.11, el desglose del presupuesto de seguridad y salud.

Tabla 1.11. Seguridad y Salud

| Elemento | Razón | Precio total (€) |
|-------------------|-----------------|------------------|
| Seguridad y Salud | 2,5 % partida 7 | 1656,75 |
| Total | | 1656,75 |

1.2. PEM TOTAL

Una vez realizado el desglose del PEM, se determina el PEM total con los valores obtenidos, en la tabla 1.12 se muestra el PEM total del proyecto.

Tabla P 12. PEM total

| Partida | Elemento | Coste (€) |
|---------|---------------------------------|-----------|
| 1 | Equipos principales | 140.000 |
| 2 | Bombas | 10.585 |
| 3 | Balsa estabilizadora y agitador | 12.000 |
| 4 | Instrumentación | 38.848 |
| 5 | Conducciones | 3.367,59 |
| 6 | Accesorios | 4.534,88 |
| 7 | Obra civil | 66.270 |
| 8 | Mano de obra | 2.100 |

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

| Partida | Elemento | Coste (€) |
|----------------|--------------------------|-------------------|
| 9 | Prueba de funcionamiento | 2.093,36 |
| 10 | Seguridad y Salud | 1.656,75 |
| Total | | 281.455,58 |

2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)

El presupuesto de ejecución por contrata se estima a partir de los valores obtenidos en el presupuesto de ejecución del material, teniendo en cuenta que los gastos generales forman el 20% del PEM y el beneficio industrial es del 6% del PEM. (Tabla 1.13.)

Tabla 1.13. Presupuesto de Ejecución por Contrata

| Partida | Coste (€) |
|--|-------------------|
| Presupuesto Ejecución del Material | 281.455,58 |
| Gastos generales | 56.291,116 |
| Beneficio industrial | 16.887,33 |
| Presupuesto de Ejecución por Contrata | 354.634,03 |

3. PRESUPUESTO TOTAL

Una vez obtenido el presupuesto de ejecución por contrata se puede determinar ya el presupuesto total del proyecto (Tabla 1.14.) teniendo en cuenta que el impuesto sobre el valor añadido (IVA) en la actualidad es del 21%.

**“ELIMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES
DE UNA REFINERÍA MEDIANTE EL USO DE ORGANOARCILLAS”**

Tabla 1.14. Presupuesto Total del proyecto

| Partida | Coste (€) |
|---------------------------------------|-------------------|
| Presupuesto de Ejecución por Contrata | 354.634,03 |
| IVA | 74.473,15 |
| Presupuesto Total | 429.107,18 |

El presupuesto total de la PTAR para eliminación de aceites y grasas procedentes de una refinería mediante el uso de organoarcillas asciende a **CUATROCIENTOS VEINTINUEVE MIL CIENTO SIETE EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS.**