

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Especialidad en Electricidad



Trabajo Fin de Carrera

**DISEÑO Y CÁLCULO DE LA LÍNEA DE SECADO DE FANGOS DE
UNA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES
MEDIANTE CENTRIFUGACIÓN**

**Francisco José Díez Seco
2011**

Gracias a mis padres, mi hermana y a Silvia
porque juntos hemos podido conseguir
llegar hasta el fin de esta etapa.

RESUMEN

El siguiente proyecto fin de carrera consiste en la elaboración de una estación de centrifugación para la deshidratación de fangos en una estación depuradora de aguas residuales. Este proyecto forma de parte de un grupo de proyectos que tiene como fin el diseño de una planta completa de tratamiento de aguas. Partiendo de los parámetros de la estación, se ha procedido al estudio y selección del equipamiento necesario para llevar a cabo el diseño de la instalación.



ÍNDICE

I.	MEMORIA.....	3
1.	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.	Introducción a la depuración de aguas residuales.....	4
1.2.	Objetivos principales del proyecto	5
1.3.	Estructura de la memoria	5
2.	FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROCESO DE CENTRIFUGACIÓN.....	6
2.1.	Introducción a la centrifugación	6
2.2.	Deshidratación del fango	6
2.3.	Principios físicos de la centrifugación	8
2.3.1.	Sedimentación.....	8
2.3.2.	Centrifugación	9
2.4.	Tipos de centrífugas.....	11
2.4.1.	Centrífugas de cesta	12
2.4.2.	Centrífugas de camisa maciza	13
3.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO.....	14
3.1.	Entrada de fangos	14
3.2.	Preparación del polímero	14
3.3.	Centrifugación	15
3.4.	Salida de efluentes	15
4.	PARÁMETROS DE CÁLCULO	16
4.1.	Parámetros de partida	16
4.2.	Parámetros en el resultado del cálculo.....	17
5.	ELEMENTOS SELECCIONADOS.....	19
5.1.	Centrífuga	20
5.1.1.	Datos de elección.....	20
5.1.2.	Modelo elegido	20
5.1.3.	Justificación de la elección	21
5.2.	Bomba para la alimentación de la centrífuga	22
5.2.1.	Datos de elección.....	22
5.2.2.	Modelo elegido	22
5.2.3.	Justificación de la elección	22
5.3.	Unidad preparación del polielectrolito	24
5.3.1.	Datos de elección.....	24
5.3.2.	Modelo elegido	25
5.3.3.	Justificación de la elección	26
5.4.	Bomba dosificadora de polielectrolito.....	26
5.4.1.	Datos de elección.....	26
5.4.2.	Modelo elegido	27
5.4.3.	Justificación de la elección	27
5.5.	Tolva	28
5.5.1.	Datos de elección.....	28
5.5.2.	Modelo elegido	28
5.5.3.	Justificación de la elección	29
5.6.	Sistema de alimentación de la tolva.....	29
5.6.1.	Datos de elección.....	29
5.6.2.	Modelo elegido	29



5.6.3.	Justificación de la elección	30
5.7.	Bomba de recirculación	32
5.7.1.	Datos de elección	32
5.7.2.	Modelo elegido	33
5.7.3.	Justificación de la elección	33
6.	CANTIDAD DE ELEMENTOS NECESARIOS	34
6.1.	Normas técnicas	34
6.2.	Cantidad de elementos	34
7.	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	36
7.1.	Normas técnicas	36
7.2.	Diseño	36
8.	MANTENIMIENTO	38
8.1.	Mantenimiento de equipos	38
8.1.1.	Mantenimiento preventivo	38
8.1.2.	Mantenimiento predictivo	38
8.2.	Mantenimiento general	38
8.3.	Mantenimiento en los lodos	39
9.	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	40
9.1.	Posibles propuestas	40
9.1.1.	Carga máxima	40
II.	PLANOS	47
III.	PRESUPUESTO	49
1.	PRESUPUESTO	50
1.1.	Coste personal	50
1.2.	Coste de materiales	51
1.3.	Coste de redacción de la memoria, impresión y encuadernación	51
1.4.	Coste total	52
1.5.	Presupuesto de ejecución por contrata	52
1.6.	Presupuesto total	53
IV.	BIBLIOGRAFÍA	54
V.	ANEJOS	56
1.	HOJA DE CARACTERÍSTICAS	57
1.1.	Centrífuga	57
1.1.1.	Centrífuga	57
1.1.2.	Configuración estándar de la centrífuga	59
1.2.	Bomba para la alimentación de la centrífuga, tolva y recirculación	61
1.3.	Unidad preparación del polielectrolito	65
1.4.	Tolva	69
2.	ALGORITMOS DE CÁLCULO	73
2.1.	Parámetros en el resultado del cálculo	73
2.2.	Cálculos para máxima capacidad	74



I. MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto fin de carrera consiste en la elaboración de una estación centrifugadora para la deshidratación de fangos en una estación depuradora de aguas residuales. Este proyecto forma parte de un grupo de proyectos que tiene como fin el diseño de una planta completa de tratamiento de aguas. El diseño de este tipo de estaciones es algo necesario en la actualidad debido a que se encargan de realizar el tratamiento de aguas generalmente de origen local, procedente del consumo ciudadano en su mayor parte, se dice en mayor parte porque empresas de grandes dimensiones ven necesaria su implantación para realizar tratamientos especializados al agua residual que se genera previo a su vertido.

Dentro de las asignaturas que se estudian a lo largo de la carrera de ingeniería industrial, se encuentra principalmente en el ámbito de la ingeniería ambiental. Además de esta especialidad la búsqueda junto con selección de los equipos destaca las habilidades obtenidas a lo largo de la carrera para llegar a una solución que se adapte a las necesidades demandadas por el diseño mediante el estudio e interpretación de información técnica.

1.1. Introducción a la depuración de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o conveniente para su disposición o reutilización.

Las aguas residuales generadas tanto a nivel industrial como a nivel residencial suelen ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías a una planta de tratamiento municipal aunque ciertos contaminantes procedentes de la industria presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

A gran escala los procedimientos que se realizan al agua suelen comenzar con la separación física de sólidos de tamaño considerable de la corriente de agua empleando un sistema de rejillas, posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación. A continuación sigue la degradación progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica disuelta (DBO) transformándola parcialmente en gases e iones disueltos y, en parte, en una masa biológica sólida, denominada fango, usando para ello bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.



1.2. Objetivos principales del proyecto

El proyecto desarrolla con detalle los siguientes objetivos.

- Estudio y explicación del proceso de centrifugación.
- Elección de elementos para una estación de centrifugación.
- Diseño de una instalación de centrifugación.
- Mantenimiento de la instalación.
- Cálculo de la máxima capacidad de trabajo de la instalación.

1.3. Estructura de la memoria

La memoria está estructurada en una serie de capítulos donde se desarrollan con detalle los objetivos principales del proyecto que se han enumerado anteriormente. El proyecto como tal se puede dividir en cuatro grandes bloques que abarcan los capítulos en su totalidad.

En un primer bloque se describe el contenido teórico así como los datos necesarios para realizar el diseño de la instalación. Como segundo bloque se puede destacar la utilización de todo el contenido inicial para llegar a la selección del equipamiento necesario. A continuación se desarrolla el diseño propio de la instalación para después comprobar la máxima capacidad a la que puede trabajar. Por último se adjuntan la información técnica junto con diversa información que ha sido utilizada en la elaboración del proyecto y que sirve para mejorar la comprensión del lector.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROCESO DE CENTRIFUGACIÓN

2.1. Introducción a la centrifugación

El proceso de centrifugación es muy utilizado en la industria para la separación de líquidos de diferente densidad, espesamiento de fangos, etc. Dentro del ámbito de la depuración de aguas residuales se puede posicionar a la centrifugación dentro del apartado de deshidratación de fangos, para su posterior tratamiento. El proceso se realiza por medio de un equipo denominado centrífuga, la cual mediante un movimiento rotatorio ejerce una fuerza de mayor intensidad a la producida por la gravedad, provocando la sedimentación de las partículas del sólido de mayor densidad. De este proceso de centrifugación resultan dos efluentes principales, el agua que generalmente es recirculada a la línea de tratamiento y el fango que es almacenado para un uso posterior, uno de los cuales puede su utilización como fertilizante.

A continuación se van a explicar los procesos que tienen relación con el de centrifugación, dando un razonamiento teórico así como las ecuaciones necesarias para llegar a las conclusiones.

2.2. Deshidratación del fango

Los lodos poseen en su composición un alto porcentaje en agua. Esto dificulta tanto su manipulación como su disposición, por lo que la manipulación de los lodos o fangos se convierte en un tema importante. Dependiendo de su porcentaje en agua, será necesario un tratamiento específico para cada momento, a continuación se puede observar una tabla en la que se recoge la forma que tiene el lodo según su composición de agua.

Contenido en agua (%)	Forma del lodo
10-15%	Pulverulento
35-40%	Sólido permanente.
60-65%	Barro seco
65-75%	Plástico y gelatinoso
>85%	Líquido. Fácil de bombear

Tabla 2.1. Contenido en agua de los lodos

La naturaleza de los lodos, define el tratamiento al que deben ser sometidos antes de su disposición final, pero independientemente de su naturaleza deben ser transportados y manipulados antes y después del tratamiento que se emplee para los mismos. La deshidratación disminuye el contenido de agua de los fangos y trae consigo una serie de ventajas, de ahí el sentido de realizarse. Como ventajas del proceso se pueden destacar algunas de las más importantes.

- La disminución del contenido en agua trae consigo una disminución del volumen de los lodos por lo que reducen los costes de transporte.
- La manejabilidad de los mismos aumenta ya que es más fácil cuando el lodo está deshidratado.
- El tema de los olores es muy importante en las estaciones de depuración de aguas. El olor generado es menor cuando se reduce la cantidad de agua y también se produce una reducción en la posibilidad de putrefacción.
- Se trata de un proceso necesario previo para el compostaje.

Este proyecto está centrado en la construcción de una estación centrifugadora para la deshidratación de fangos, pero no es el único procedimiento utilizado para realizar esta acción. La elección del sistema de deshidratación será función del tipo de fango a tratar, así como del espacio disponible que se tenga para tal fin. A continuación se puede observar una tabla a modo resumen de los diferentes métodos utilizados para conseguir este medio.

Procesos de deshidratación

Proceso	Base teórica	Contenido final de agua (%)
Eras de secado	Evaporación y gravedad	40-60%
Lagunas de fangos	Evaporación y gravedad	50%
Filtros banda	Procedimientos estáticos	50-65%
Filtros vacío	Generación sobrepresión	70-80%
Filtros prensa		30-40%
Centrífugas	Campos gravitatorios artificiales	60-80%

Tabla 2.2. Procesos de deshidratación

La elección del sistema de secado por centrifugación ha sido uno de los condicionantes propuestos como hipótesis de partida para el presente proyecto. En la actualidad una gran parte de las estaciones depuradoras de aguas residuales tanto urbanas como industriales optan por la instalación de este tipo de sistemas de secado dada su alta eficiencia energética, así como el reducido espacio necesario para su instalación.

2.3. Principios físicos de la centrifugación

La centrifugación es una técnica de separación de partículas consistente en la distinta velocidad de desplazamiento de las partículas en un medio líquido al ser sometidas a un campo centrífugo. Cuando se centrifuga una solución, se rompe la homogeneidad y se produce la separación del soluto y del disolvente. Las primeras partículas en sedimentar son siempre las de mayor masa y densidad.

2.3.1. Sedimentación.

Previo a la explicación del proceso de centrifugación es necesario introducir el fundamento teórico de la sedimentación. La sedimentación explica cómo se comporta una partícula en movimiento en el seno de un fluido.

Se produce sedimentación por gravedad si la densidad de la partícula (ρ_p) es mayor que la densidad del fluido (ρ_f), según se deduce del Principio de Arquímedes.

Sobre una partícula sumergida actúan tres fuerzas, que favorecen (peso, P) o dificultan (empuje, E ; resistencia al avance, F_R) el movimiento:

$$P = \rho_p \cdot g \cdot V \quad (1)$$

$$F_R = f \cdot V_s \quad (2)$$

$$E = \rho_f \cdot g \cdot V \quad (3)$$

Siendo:

g : aceleración de la gravedad.

ρ_p : densidad de la partícula.

ρ_f : densidad del fluido.

V : volumen del cuerpo y del fluido desplazado.

f : coeficiente de fricción.

V_s : velocidad de sedimentación.

$$Fuerza_Total = F_T = P - E = (\rho_p - \rho_f) \cdot g \cdot V \quad (4)$$

Si consideramos una partícula de masa m moviéndose a través de un fluido por la acción de una fuerza externa F_c , la fuerza resultante que actúa sobre la partícula es $F = F_c - F_b - F_d$, siendo F_b la fuerza de empuje sobre la partícula y F_d la fuerza de resistencia al avance o de rozamiento.

La aceleración de la partícula es dv/dt y de acuerdo con la Ley de Newton:

$$F = m \cdot \frac{dv}{dt}$$
$$m \cdot \frac{dv}{dt} = F_c - F_b - F_d \quad (5)$$

La fuerza externa puede ser expresada como el producto de la masa por la aceleración de la gravedad:

$$F_c = m \cdot g \quad (6)$$

De acuerdo con el principio de Arquímedes, el empuje es igual al producto de la densidad del fluido ρ_f , por el volumen del cuerpo sumergido, y por la aceleración de la gravedad.

$$F_b = g \cdot \rho_f \frac{m}{\rho_p} \quad (7)$$

La fuerza de rozamiento es proporcional a la velocidad, y su expresión se denomina Ley de Stokes:

$$F_d = \frac{C_d \cdot v_o^2 \cdot \rho_f \cdot A_p}{2} \quad (8)$$

Siendo C_d un coeficiente adimensional de retardo y A_p el área proyectada por la partícula sobre un plano perpendicular a la dirección del movimiento de la misma.

Por otra parte la velocidad de aproximación del fluido v_o es igual a la velocidad de la partícula v . Sustituyendo estos valores de las fuerzas en la ecuación (5) se obtiene que:

$$\frac{dv}{dt} = g \cdot \left(1 - \frac{\rho_f}{\rho_p}\right) - \frac{C_d \cdot v_o^2 \cdot \rho_f \cdot A_p}{2 \cdot m} \quad (9)$$

Por lo tanto, la velocidad de sedimentación de cada partícula es proporcional a su tamaño y a la densidad de la partícula y a la del medio, y será nula cuando ambas densidades sean iguales. Por otro lado, la velocidad de sedimentación disminuye al aumentar la viscosidad del medio y aumenta al aumentar el campo de fuerza.

2.3.2. Centrifugación

Para explicar el proceso de la centrifugación se va a presentar el siguiente esquema, en el que se consideran las fuerzas que actúan sobre la siguiente partícula, sometida a un campo de fuerza centrífugo:

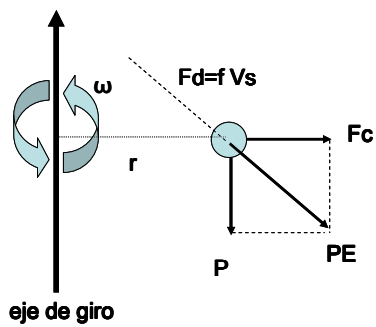


Figura 2.1. Fuerzas actuantes en la partícula

Sobre esta partícula están actuando el peso (P) y la fuerza centrífuga (F_c) debido al giro que experimenta. La suma de estas dos fuerzas da como resultante otra fuerza denominada Peso Efectivo (P_E), que es la que realmente produce la sedimentación:

$$P_E = P + F_c = m \cdot (g + a_c) = m \cdot g_E \quad (10)$$

Donde a_c es la aceleración centrífuga ($a_c = \omega^2 r$, siendo ω la velocidad angular y r el radio de giro) y g_E la gravedad o aceleración efectiva; por lo tanto el módulo de la gravedad efectiva será:

$$|g_E| = \sqrt{g^2 + (\omega^2 r)^2} \quad (11)$$

En la mayoría de los casos, $g \ll \omega^2 r$ por lo que se puede despreciar el término más pequeño y la anterior ecuación pasaría a convertirse en la siguiente.

$$|g_E| = \omega^2 r$$

De la ecuación (3), se puede obtener una expresión análoga para el empuje efectivo (E_E):

$$E_E = \rho_a \cdot g_E \cdot V = \rho_a \cdot g_E \cdot \frac{m}{\rho_p}$$

La fuerza de resistencia al desplazamiento o rozamiento (F_a) :

$$F_a = P_E - E_E$$

$$F_a = m \cdot g_E - \left(\rho_a / \rho_p \right) m \cdot g_E = f v_s$$

Siendo “ f ” el coeficiente de fricción, por lo que sustituyendo y despejando, la velocidad de sedimentación:

$$v_s = \frac{m \cdot g_E \cdot (1 - \rho_a / \rho_p)}{f} \quad (12)$$

La velocidad de sedimentación será proporcional a la masa de la partícula. Esta propiedad es la que permite separar partículas con diferente masa. g_E es el término que provoca la sedimentación forzada. Para una sedimentación más rápida puede aumentarse la velocidad angular (ω). Frecuentemente se emplea otra unidad, el coeficiente de sedimentación (s), definido como:

$$s = \frac{V_s}{r \cdot \omega^2} \quad (13)$$

Este coeficiente tiene unidades de segundos, pero su valor es tan bajo que se utiliza una unidad denominada Svedber (1 Svedber = 10^{-13} segundos). Combinando las ecuaciones (12) y (13):

$$s = \frac{m(1 - \rho_f)}{f}$$

El conocimiento de 's' facilita caracterizar las partículas pero también conocer su comportamiento en centrifugación.

2.4. Tipos de centrífugas

Al igual que ocurre con la mayoría de las cosas, dentro de un sistema de deshidratación hay diferentes tipos con sus respectivas ventajas e inconvenientes, cuya elección dependerá del caso concreto que se esté tratando.

Las centrífugas en general presentan un tratamiento de fangos de menor cantidad que el producido por los filtros banda (es decir, harán falta más centrífugas que filtros banda para una misma cantidad de fango a deshidratar), pero su aplicación se ha desarrollado con gran éxito debido a las ventajas que presentan frente a los otros métodos. Respecto a estas ventajas cabe destacar:

- No disponen de tela filtrante y debido a esto no se producen atascos y por tanto no es necesario la limpieza de la tela.
- Sus costes de operación y mantenimiento son menores.
- Al tratarse de sistemas cerrados, la exposición de olores al entorno es menor.
- Funcionan en continuo, a diferencia de los filtros prensa que necesitan paradas para descarga del fango.
- Su sistema de limpieza es mucho más fácil.

Pero como se ha mencionado antes no todo pueden ser ventajas, ya que si no los otros dispositivos de centrifugación no existirían. Respecto a los inconvenientes se pueden citar:

- Mayor consumo energético.
- Problemas de ruido y vibraciones.
- Menor sequedad del fango deshidratado.
- Elevada abrasión de las partes internas de la centrífugas con determinados tipos de fango.
- El consumo de polielectrolito es mayor que con los filtros banda.

Hay diferentes tipos de centrífugas para la deshidratación de fangos, pero los dos principales tipos empleadas actualmente son la centrífuga de cesta y la de camisas maciza.

2.4.1. Centrífugas de cesta

Su utilización normalmente es para plantas de pequeñas dimensiones. En estas aplicaciones, se emplean para concentrar y deshidratar, sin adición de reactivos, el fango activado en exceso. Cuando este tipo de centrífuga se utiliza en plantas de grandes dimensiones es necesario utilizar un número elevado de centrífugas. Están compuestas por una cámara solidaria con el eje de giro de la centrífuga cuyas paredes se encuentran perforadas para permitir la evacuación del líquido. Casi siempre su operación no se hace de manera continua. El modo de actuar de esta centrífuga comienza con la introducción del fango líquido, las partículas sólidas son retenidas por el material filtrante que se coloca por la parte interior de la cesta. Cuando se alcanza la capacidad de retención de sólidos de la centrífuga comienza a reducirse la velocidad de giro y antes de la extracción de los sólidos se realiza una operación denominada desnatado en la que se retira el fango blando retenido en la parte interior de la cesta. A continuación se puede observar una imagen de una centrífuga de cesta.

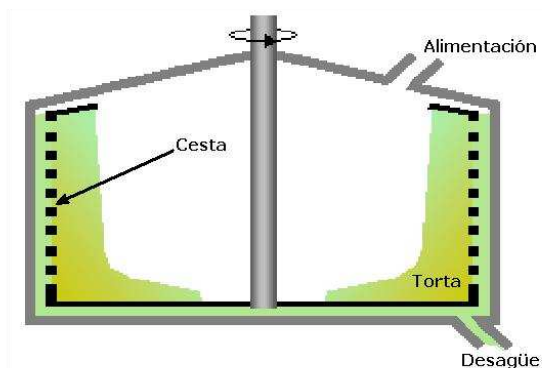


Figura 2.2 Centrífuga de cesta

2.4.2. Centrífugas de camisa maciza

Desde el punto de vista de la deshidratación de fangos, existen tres tipos de centrífugas, cónico, cilíndrico y cilíndrico-cónico. El fango se introduce en todos los casos a caudal constante en una cuba giratoria donde se separa debido a la fuerza centrífuga producida por el giro del tambor en una torta densa que contiene los sólidos y una corriente diluida. En el interior del tambor, la parte más pesada de la mezcla se deposita en el interior, donde es arrastrada a la salida de los sólidos por un tornillo helicoidal que gira a distinta velocidad que el tambor. El agua, al tener un peso específico distinto al de los sólidos, ocupa dentro del tambor una zona distinta y es evacuada por el otro extremo de la centrífuga. La corriente diluida contiene sólidos finos de baja densidad que generalmente son recirculados a la planta para continuar con su tratamiento. La torta de fango contiene aproximadamente aún un 70%-80% de humedad y se descarga de la cuba a través de un tornillo sin fin a una tolva o a una cinta transportadora. Los diseños más modernos permiten conseguir concentraciones de sólidos del 30-35%, lo que las hace útiles para la evacuación final del fango a incineración o a vertederos controlados, donde la concentración de sólidos debe estar siempre por encima del 25%. El acondicionamiento con polímeros es una técnica muy habitual que permite una mejor captura de los sólidos así como un aumento en la calidad del concentrado. Estos reactivos son preparados en una unidad especial y añadidos a la tubería de alimentación del fango, aunque diversas variantes de centrífugas permiten añadirlos directamente en la propia máquina.

A continuación en la siguiente imagen se puede observar un esquema de la centrífuga de la camisa maciza, donde se distinguen los dos motores, uno para la cuba y otro para el tornillo interior que proporcionan diferentes velocidades de giro. A la izquierda de la imagen se puede ver la tubería de alimentación de fango, en esta foto en concreto no se observa, pero en esta tubería se debería realizar la adicción del polímero. Por último cabe resaltar los dos puntos por donde salen los efluentes, los sólidos por la parte izquierda y el agua por la parte derecha.

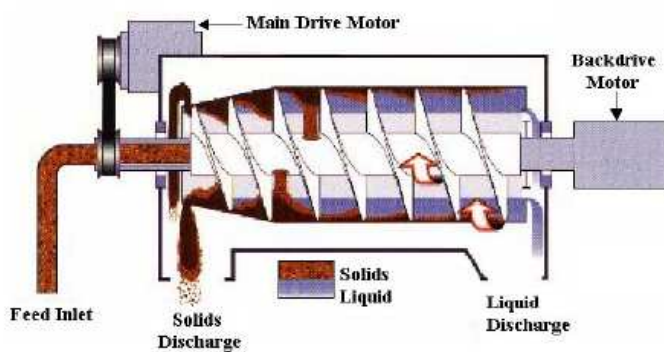


Figura 2.3 Centrífuga de camisa maciza

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

A continuación se va a realizar una descripción, explicando en qué consiste el proceso que se va a realizar en la estación de centrifugación. Para ello hemos dividido el proceso en cuatro partes, para poder profundizar en cada una de ellas.

3.1. Entrada de fangos

Después de realizarse los tratamientos previos a la centrifugación los fangos se encuentran en el digestor anaeróbico. El proceso de centrifugación no se realiza de manera continua, de hecho, más adelante se podrá comprobar que uno de los datos del diseño a tener en cuenta es el número de horas que trabajan al día las centrífugas así como en los días que trabajan durante la semana. Que el funcionamiento no sea en continuo tiene sus justificaciones, como por ejemplo, siempre que se pueda la centrifugación se va a realizar en horario nocturno, ya que como se ha comentado anteriormente, el consumo energético de las centrífugas es importante y durante la noche la tarifa eléctrica es menor. Por lo tanto, el digestor anaeróbico se puede entender como un punto de almacenaje intermedio. El paso del fango desde este punto hasta las centrífugas se realiza por medio de bombas, que son del tipo tornillo sin fin, ya que las características de este elemento de transporte son las apropiadas para el tratamiento de fangos.

3.2. Preparación del polímero

Los polímeros se usan habitualmente para la coagulación y la floculación de las partículas más finas que se encuentran en la suspensión. Este tipo de técnicas es muy adecuado para el tratamiento de aguas residuales dado su contenido en materia biológica. La dosificación se establece como kilogramos de polímero seco por cada tonelada de partículas solidas de la materia seca. Aunque a primera instancia se crea que cuanto más polímero se añada mayor sequedad de la torta se va a producir, no es así, ya que una sobredosis puede resultar contraproducente para la recuperación de ésta. El polielectrolito se prepara en una unidad dedicada para ello, el cual se añade a la tubería del fango antes de introducirlo en la centrífuga. En el caso de este tipo de unidades se pueden encontrar de dos tipos, manuales y automáticas. Hay que valorar las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas, aunque principalmente esta diferenciación se basa en el precio. Dadas nuestras condiciones en las que se ha dicho que la centrífuga va a trabajar en el turno de noche lo máximo posible, se utiliza una unidad de preparación con dosificación automática, ya que de este modo se elimina la figura del operario trabajando por la noche para controlar esta dosificación.

3.3. Centrifugación

En la tubería que contiene los fangos, se añade el polímero y esta mezcla se introduce en la centrífuga. La centrífuga no es más que una máquina que posee una entrada y dos salidas, una para el agua que es recirculada y la torta que es enviada a la tolva. En el caso de esta instalación se compone de dos centrífugas que funcionan de manera similar. La salida de los fangos deshidratados es comunicada para así utilizar un único elemento para enviar éstos a la tolva y así obtener un diseño más compacto y con menos elementos.

3.4. Salida de efluentes

Los efluentes que salen de la centrífuga hay que reubicarlos. Por un lado tenemos el agua, que es recirculado para proseguir con su tratamiento. El otro efluente es el fango deshidratado, el cual es necesario ubicar en algún punto para su posterior recogida. Hay varias maneras de realizar ese posicionamiento, se puede depositar directamente en cintas transportadoras, utilizar contenedores intermedios... En este proyecto los fangos salientes de las centrífugas son directamente enviados a la tolva mediante el uso de una bomba de tipo tornillo sin fin. Este procedimiento evita la utilización de un contenedor intermedio así como los olores que supondría utilizar una cinta transportadora, ya que el tornillo sin fin consiste en una solución más compacta y cerrada para evitar olores.

A continuación se puede observar una representación de cómo sería el proceso de una manera ilustrada, en la imagen se observa que los fangos son enviados a un contenedor, pero como se ha dicho anteriormente en el caso de la instalación que se está desarrollando habría una variación en este punto. Con este esquema solo se intenta dar una idea gráfica del proceso.

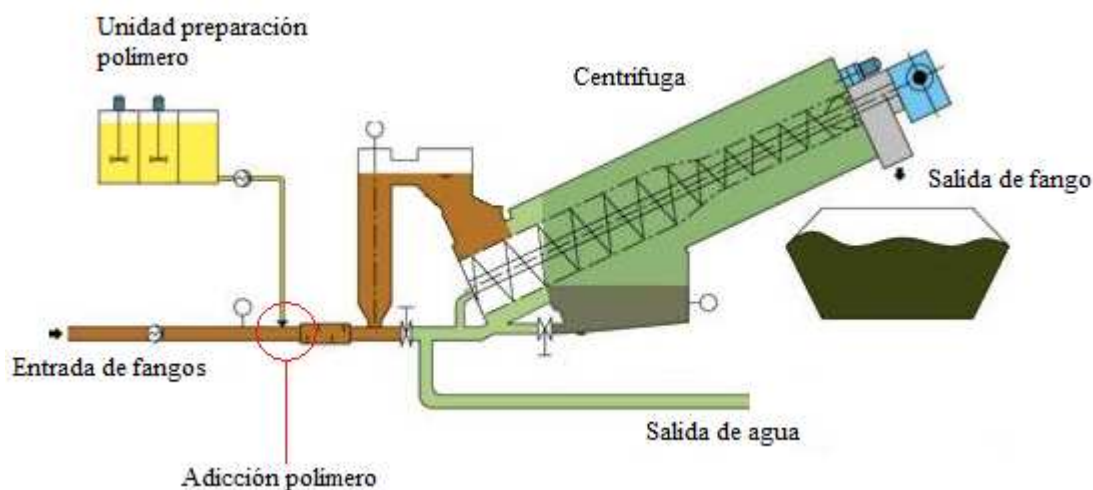


Figura 3.1. Descripción general del proceso

4. PARÁMETROS DE CÁLCULO

A la hora del diseño es necesario conocer una serie de datos para determinar las necesidades reales de nuestra instalación así como para poder seleccionar el equipamiento necesario para suplir las solicitudes demandadas.

A continuación se muestra una descripción de los parámetros utilizados para el cálculo así como las tablas que recogen los valores reales de diseño de este proyecto y su manera de calcularse en aquellos que sea necesario.

Estos datos han sido obtenidos del libro “Proyectos de plantas de tratamiento de aguas; aguas de proceso, residuales y de refrigeración” de la editorial Bellisco Ediciones.

4.1. Parámetros de partida

- **Días de funcionamiento por semana:** Número de días que van a trabajar las centrífugas durante una semana.

Rango usual para este parámetro 5 a 7

- **Horas de funcionamiento por día:** Número de horas laborables que van a funcionar las centrífugas a lo largo de una día.

Rango usual para este parámetro 8 a 24

- **Numero de centrífugas:** Número de centrífugas que van a funcionar normalmente y simultáneamente. No incluye maquinas de reserva.

- **Concentración de sólidos en el fango deshidratado**

Rango usual para este parámetro 200 a 250

Valor recomendado para este parámetro 200

- **Densidad de los sólidos contenidos en el fango:** Densidad en base seca de los sólidos contenidos en el fango a deshidratar.

- **Capacidad específica de la centrifuga:** Volumen de fango por hora que es capaz de deshidratar la centrífuga por unidad de volumen. El valor habitual de la concentración del fango a deshidratar es del 3 al 5% y la sequedad habitual a obtener del 20 al 24%. Varía según tipo de fango, sequedad esperada, revoluciones etc.

Rango usual para este parámetro 40 a 90

- **Relación longitud/diámetro del rotor (bowl):** el rotor o también denominado bowl es la parte móvil de la centrífuga. Las dimensiones totales de la centrífuga dependen de cada fabricante, aunque normalmente son del orden de 5 a 10 veces la superficie del rotor.

Rango usual para ese parámetro 2.5 a 4

- **Dosis de polielectrolito:** Kilos de polielectrolito puro (sin diluir en agua) que se esperan gastar en las centrifugas por cada tonelada de materia seca deshidratada.

Rango usual para este parámetro 4 a 6

Valor recomendado para este parámetro 5

Parámetros de partida

1	Caudal medio de fangos a filtrar (m3/d)	95,76
2	Días de funcionamiento/semana	6
3	Horas de funcionamiento/día	16
4	Numero de centrífugas	2
5	Concentración de sólidos en el fango alimentado (Kg/m3)	32,31
6	Concentración de sólidos en el fango deshidratado (Kg/m3)	220
7	Densidad de los sólidos contenidos en el fango (Kg/l)	1,2
8	Capacidad especifica de la centrífuga (l/h.l)	65
9	Relación longitud/diámetro del rotor (bowl)	3,3
10	Dosis de polielectrolito (Kg/tonelada de materia seca)	5 (0,05%)

Tabla 4.1. Parámetros de partida

4.2. Parámetros en el resultado del cálculo

- **Caudal de fango a filtrar por hora laborable:** Caudal medio de fango que es necesario deshidratar en cada hora de funcionamiento de las centrífugas.
- **Caudal de fango alimentado por centrífuga:** Caudal de fango a deshidratar centrífuga.
- **Sólidos alimentados por centrifuga:** Kilos de sólidos secos a deshidratar por hora laborable en cada centrifuga
- **Caudal másico de fangos alimentados a la centrífuga:** Toneladas de fango a deshidratar por hora laborable en cada centrífuga.

- **Densidad de la torta:** Densidad del fango deshidratado en las centrífugas.
- **Volumen de torta semanal:** Volumen producido de fango deshidratado durante una semana.
- **Potencia unitaria aproximada del motor:** La potencia real del motor dependerá de las potencias estándar disponibles de motores y de la recomendación del fabricante para las condiciones de trabajo.
- **Consumo de polielectrolito por filtro:** Kilos de polielectrolito puro (sin diluir en agua) que se espera gastar por cada hora de trabajo.

Parámetros en el resultado del cálculo

11	Caudal de fango a filtrar por hora laborable (m ³ /h)	6,98
12	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	3,49
13	Sólidos alimentados por centrífuga (Kg/h laborable)	112,8
14	Caudal másico de fangos alimentado por centrífuga (Tm/h laborable)	3,51
15	Densidad del fango alimentado por centrífuga (Kg/l)	1,01
16	Densidad del fango deshidratado (Kg/l)	1,04
17	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m ³ /h)	1,03
18	Volumen del fango deshidratado semanal (m ³ /semana)	98,45
19	Diámetro del rotor (bowl) (m)	0,24
20	Longitud del rotor (bowl) (m)	0,8
21	Potencia unitaria aproximada del motor (CV)	4,6
22	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/h laborable)	0,56
23	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/semana)	54,15

Tabla 4.2. Parámetros en el resultado del cálculo

5. ELEMENTOS SELECCIONADOS

Una vez que se disponen los datos de diseño de la instalación se ha procedido a seleccionar aquellos elementos necesarios para llevarla a cabo. A continuación se describen los elementos seleccionados, los datos que han sido necesarios para su elección así como el criterio que ha llevado a la selección de uno u otro en el caso en el que se han presentado varias alternativas.

Los datos que se van a presentar en las tablas de los elementos de selección se van a exponer como fragmentos de la tabla de datos, este se ha realizado con la intención de que el lector en todo momento no se encuentre perdido y sea capaz de localizar los datos fácilmente, de ahí que se haya mantenido la primera columna en la que se indica el orden del dato de la tabla general.

A la hora de la selección además del dato del diseño se han de tener en cuenta las especificaciones técnicas necesarias para el cumplimiento de la normativa. Estas especificaciones están recogidas en el libro “Manual de especificaciones técnicas” que se encuentra en la bibliografía mencionado. En el tema sobre la elección de los elementos hay que tener en cuenta:

- Bombas para el transporte de fangos se sobredimensiona entre un 10 y un 25%, según el tipo de fangos y la distancia a la que deban ser transportados.
- En general las bombas de trasiego de fangos deberá ser de husillo excéntrico, salvo en aquellos casos en los que se justifique adecuadamente que es conveniente el empleo de bombas centrífugas.
- Respecto a las bombas dosificadoras, que hacen relación a la dosificación del polielectrolito se deberá de disponer de bombas de reserva.

No se ha mencionado nada acerca de la normativa del material del que han de estar constituidos los elementos así como otros puntos más en relación con el diseño, el motivo de esta ausencia se debe a que todos los elementos han sido seleccionados de proveedores oficiales, los cuales, ya basan sus diseños en las normas y estándares correspondientes en cada caso, con lo que esos puntos no merecen trato en este proyecto. Toda la información técnica correspondiente a los elementos de la instalación se puede encontrar en los anejos de este libro.

5.1. Centrífuga

5.1.1. Datos de elección

La elección de la centrífuga es el punto crítico de la instalación, ya que al ser el elemento principal, el resto de elementos que se han seleccionado tienen que ser compatibles y adaptarse a ésta. Para la selección de la centrífuga se han seleccionado una serie de datos entre los que se encuentran tanto datos de partida como datos obtenidos de los resultados del cálculo. Estos datos se detallan en la tabla siguiente:

6	Concentración de sólidos en el fango deshidratado (Kg/m ³)	220
12	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	3,49
19	Diámetro del rotor (bowl) (m)	0,24
20	Longitud del rotor (bowl) (m)	0,8

Tabla 5.1. Parámetros centrífuga

5.1.2. Modelo elegido

Con estos datos, buscando entre diferentes fabricantes se ha elegido finalmente el modelo HH 1448 de Hutchison Hayes Separation Inc.



Figura 5.1. Centrífuga

La fotografía muestra lo que es la máquina en sí, pero el fabricante suministra la unidad con su unidad de accionamiento, con lo que realmente la estructura completa sería la siguiente.

HH 1448 Standard



Figura 5.2. Centrífuga en configuración estándar

Como se puede observar se basa en la máquina centrífuga pero además ésta ya incorpora la bancada y los elementos de control y accionamiento que permiten variar las velocidades de giro y demás características.

Las características principales de esta centrifugadora son:

6	Concentración de sólidos en el fango deshidratado (Kg/m ³)	1557,7
12	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	8.31
19	Diámetro del rotor (bowl) (m)	0.35
20	Longitud del rotor (bowl) (m)	1.21

Tabla 5.2. Características modelo elegido

5.1.3. Justificación de la elección

Respecto a la tabla anterior hay que remarcar que las medidas referentes al diámetro del rotor así como su longitud se ajustan bastante a las que son demandadas por el diseño. Respecto a los otros dos datos, la centrifugadora elegida está algo sobredimensionada respecto del diseño. Esto es debido a que las centrifugadoras en las que los proveedores facilitan la información a la que se ha podido acceder están muy sobredimensionadas para las características del diseño, por eso de las que se seleccionaron previamente, se acabó por elegir esta como opción ganadora ya que era la que más se ajustaba a los datos del diseño.

5.2. Bomba para la alimentación de la centrífuga

5.2.1. Datos de elección

Para la alimentación de la centrífuga tenemos que garantizar que se cumpla la alimentación que se ha establecido en el diseño cuyo dato es:

12	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m³/h laborable)	3.49
----	--	-------------

Tabla 5.3. Parámetros bomba alimentación centrífuga

5.2.2. Modelo elegido

Para la elección del modelo se ha elegido dentro de las posibilidades existentes una bomba de tipo tornillo sin fin, eligiendo el modelo

SFH-280 de Estruagua

DATOS TÉCNICOS

MODELO	CAPACIDAD DE TRANSPORTE (m ³ /h)
SFH-160	Entre 0.75 y 1.50
SFH-215	Entre 1.50 y 2.50
SFH-280	Entre 2.50 y 4.00
SFH-315	Entre 4.00 y 5.50
SFH-380	Entre 5.50 y 7.00

Figura 5.3. Datos técnicos bomba alimentación centrífuga

Este modelo está sobredimensionado un 14%. Es correcto ya que por normativa tiene que estar entre un 10 y un 25%.

5.2.3. Justificación de la elección

La utilización de uno u otro equipamiento, en especial, los que se ocupan del desplazamiento del fango vienen determinados por el tipo de fango que se va a tratar en la instalación. Según se recoge en el capítulo 2.2 de este proyecto debido a la cantidad de agua que van a portar los lodos se puede decir que los lodos procedentes del digester anaeróbico son de tipo líquido. A continuación se muestra los cálculos demostrativos.

Se necesitan los siguientes datos de entrada para realizar los cálculos:

5	Concentración de sólidos en el fango alimentado (Kg/m³)	32,31
7	Densidad de los sólidos contenidos en el fango (Kg/l)	1,2

Tabla 5.4. Características fango a deshidratar

$$\text{Concentración_sólidos_}\% = \frac{32\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{l}}{1,2\text{kg}} \cdot \frac{1\text{m}^3}{100\text{l}} \cdot 100\% = 2,69\%$$

Este valor me indica la cantidad de mi fango que es sólido, con lo cual, todo lo demás es agua y respecto a la tabla de clasificación de fangos se determina que se trata de un fango líquido, fácil de bombear.

En lo referente a lo anterior el uso de bombas tornillo sin fin, es de gran utilidad dentro de la manipulación de fangos dada su versatilidad y uso es muy extendido en este tipo de instalaciones. Ante los proveedores existentes se eligió Estruagua, ya que dentro de su catálogo, como se puede observar en la imagen anterior tiene un modelo que se adapta a las necesidades que se tienen en el diseño así como otra serie de características que han hecho inclinarse a este proveedor, como pueden ser:

Permite una gran flexibilidad de diseño, es decir, facilitando los datos que se muestran en la tabla siguiente, se puede obtener un diseño personalizado del tornillo sin fin.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

A	Ancho tolva de carga
B	Largo tolva de carga
C	Alto tolva desde piso de apoyo
D	Alto descarga desde piso de apoyo
E	Longitud total canal
F	Diámetro rosca helicoidal
G	Paso rosca helicoidal
H	Distancia entre patas

Figura 5.4. Características principales de la bomba

Además de estas características cabe destacar también que se pueden para utilizar para grandes distancias así como para desplazamiento vertical, lo que aporta una gran flexibilidad en el diseño.

En lo referente al sobredimensionamiento se ha optado por la elección de este modelo, ya que dado que la distancia no va a ser muy grande y que se encuentra dentro de la normativa, no tendría sentido la elección de un modelo de mayor capacidad ya que sería un sobredimensionamiento excesivo además de resultar más caro económicamente.

Toda la documentación referente a los elementos se encuentra en los anejos, con lo que se pueden consultar todas las características puntuales de los elementos.

5.3. Unidad preparación del polielectrolito

5.3.1. Datos de elección

La unidad de preparación tiene que ser capaz de abastecer la cantidad de polielectrolito demandado necesario para la correcta deshidratación de los fangos.

10	Dosis de polielectrolito (Kg/tonelada de materia seca)	5 (0,05%)
22	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/h laborable)	0,56
	Consumo de polielectrolito total (2 Centrífugas) (Kg/h laborable)	1,12

Tabla 5.5. Parámetros unidad de polielectrolito

Hay que tener en cuenta que la instalación está compuesta por dos centrífugas por lo que el consumo de polielectrolito total que se utilizara será de 1,12 Kg/h laborable, por eso se ha añadido una tercera fila a la tabla.

5.3.2. Modelo elegido

PolyRex 0.6 de Tomal

Se trata de un equipo automático de preparación del polímero donde la carga de este se realiza de forma manual mediante el empleo de un aspirador de vacío.



Figura 5.5. PolyRex 0.6 de Tomal

En la tabla siguiente se encuentran los modelos disponibles para este tipo de unidad dependiendo de la dosis de polielectrolito de la que se quiera disponer. En la que se observa el modelo seleccionado.

Modelo	Tanques	0,5% sol. Kgs/h sólido	0,25% sol. Kgs/h sólido
Polyrex 0.6	2x300 l	1-1,2	0,5-0,6
Polyrex 1.0	2x500 l	1,8 - 2,3	0,9 - 1,1
Polyrex 2.0	2x1000 l	3,8 - 4,7	1,9 - 2,3
Polyrex 3.0	2x1500 l	5,1 - 6,4	2,5 - 3,2
Polyrex 4.0	2x2000 l	7,7 - 9,5	3,8 - 4,7
Polyrex 5.4	2x2700 l	9,8 - 12	4,9 - 6
Polyrex 6.6	2x3300 l	12,9 -16	6,8 - 8,6
Polyrex 8.4	2x4200 l	15,6 - 19,1	8,3 - 10,4
Polyrex Maxi 11	2x5500 l	20,7 - 25,5	11,1 - 14
PolyRex Maxi 16	2x 8000 l	27,4 - 33,0	15,1 - 18,6
PolyRex Maxi 23	2x11500 l	38,4 - 41	19,7 - 23,8

Figura 5.6. Modelos disponibles de la unidad de preparación.

5.3.3. Justificación de la elección

Para la elección de esta unidad el criterio que se ha seguido es parecido al utilizado en la elección de la centrífuga, es decir, de las disponibles en el mercado con la suficiente información disponible para hacer una elección correcta, se han encontrado una gran mayoría muy sobredimensionadas a las que se necesitan en este diseño. Esta elección se basa en que es un equipo de pequeñas dimensiones con lo que supone un ahorro de espacio en el cuarto de centrifugación. El equipo elegido ha sido automático ya que las centrifugadoras están pensadas para trabajar en horario nocturno ya que supone un ahorro en el coste de electricidad, de este modo, se elimina la figura de un operario que tuviera que estar pendiente del estado del mismo.

5.4. Bomba dosificadora de polielectrolito

5.4.1. Datos de elección

Para la elección de esta bomba se necesita el caudal unitario que es necesario bombear con la concentración correcta de polielectrolito, este cálculo se hace de la siguiente manera:

$$\left(\frac{\text{Consumo_polielectrolito_por_centrifuga}}{\text{Concentracion_disolucion_polielectrolito} \cdot 10} \right) \cdot 1000$$

Cuyos valores numéricos son los siguientes:

10	Dosis de polielectrolito (Kg/tonelada de materia seca)	5 (0,05%)
22	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/h laborable)	0,56

Tabla 5.6. Parámetros bomba dosificadora de polielectrolito

$$\left(\frac{0,56}{0,5 \cdot 10} \right) \cdot 1000 = 112$$

	Caudal unitario (l/h)	112
--	------------------------------	------------

Tabla 5.7. Caudal unitario bomba dosificadora de polielectrolito

Habría que tener en cuenta el sobredimensionamiento y solicitar al fabricante una bomba de aproximadamente 130 l/h para cumplir normativa.

5.4.2. Modelo elegido

El modelo elegido es uno de los equipos opcionales suministrado por el mismo fabricante del que se ha obtenido la unidad de preparación del polímero. A continuación se presenta un extracto contenido dentro de los equipos opcionales.

PolyRex – Equipos opcionales

☐ **Aspirador para la carga del polímero.**- Asegura un ambiente de trabajo libre de polvo y sin ningún contacto directo con el producto

☐ **Contacto de nivel en la tolva de almacenamiento.**- El nivel de pala rotativa en la tolva de almacenamiento proporciona una señal de alarma en caso de falta de producto

☐ **Bomba dosificadora.**- Los motores de las bombas, pueden montarse con variador mecánico de velocidad o con variador de frecuencia. El módulo completo se monta sobre una consola e incluye la conexión eléctrica y su correspondiente automatización. Se puede suministrar señal de control remota para el ajuste automático del caudal.

☐ **Caudalímetro electromagnético.**- Para una fácil y precisa medida de la capacidad de la bomba dosificadora, se puede montar un caudalímetro electromagnético en la línea de dosificación y antes del sistema de disolución de agua.

Figura 5.7. Equipos opcionales de la unidad de preparación

5.4.3. Justificación de la elección

El motivo principal de la elección es que facilita considerablemente que la bomba sea suministrada por el fabricante de la unidad de preparación. Una vez que se elige la unidad de preparación, dándole al fabricante las características necesarias va a diseñar la bomba en perfecta armonía con la unidad. Cabe destacar que el caudal necesario es de 112 l/h por cada centrífuga, es decir, unos 224 litros aproximadamente cada hora, por tanto se comprueba que la unidad tenga la capacidad suficiente. A continuación se muestra un extracto de las características de la unidad de preparación en la que se puede observar que está compuesta por dos tanques de 300 litros cada uno y por tanto cumple con las especificaciones del diseño.

Modelo	Tanques	0,5% sol. Kgs/h sólido	0,25% sol. Kgs/h sólido
Polyrex 0.6	2x300 l	1-1,2	0,5-0,6

Figura 5.8. Capacidad de la unidad de preparación

5.5. Tolva

5.5.1. Datos de elección

La tolva de la instalación tiene que ser capaz de almacenar el volumen de fango producido en un día, se asume que se va a disponer de un camión que se va a encargar de transportar los fangos desde la tolva hasta su lugar de tratamiento de manera diaria. Por tanto se tiene que conocer el volumen de fangos que se va a producir en un día.

$$\text{Volumen}_{\text{fango}_{\text{deshidratado}}_{\text{por}_{\text{hora}}_{\text{laborable}}} \cdot \text{Horas}_{\text{funcionamiento}}_{\text{día}}$$

3	Horas de funcionamiento/día	16
17	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m3/h)	1,03

Tabla 5.8. Parámetros de la tolva

$$16 \cdot 1,03 = 16,48$$

	Capacidad de la tolva (m3)	16,48
--	-----------------------------------	--------------

Tabla 5.9. Capacidad de la tolva

5.5.2. Modelo elegido

Se ha optado por una tolva totalmente cerrada para evitar olores indeseados eligiéndose el siguiente modelo, con la capacidad suficiente para almacenar el volumen calculado anteriormente:

Taf-040 de Estruagua



MODELO	CAPACIDAD (m³)
Taf-010	10
Taf-020	20
Taf-030	30
Taf-040	40
Taf-050	50
Taf-060	60
Taf-070	70

Figura 5.9. Tolva y capacidad del modelo elegido de tolva

5.5.3. Justificación de la elección

La elección es debida a que sus características se adaptan totalmente a las demandadas por el diseño en la instalación. En la hoja de características se puede observar que la altura a la que se encuentra la tolva es de 4 metros, altura suficiente para que se permita la entrada de un camión donde se va a vaciar la tolva para el posterior transporte de los fangos. Por normativa la capacidad de la tolva ha de ser capaz de contener una cantidad mayor a la que se produce en un día y se ha decidido escoger una de capacidad mayor al doble para tener así en cuenta fines de semana y posibles festivos además de disponer de capacidad sin interrumpir el trabajo de centrifugación en el caso de que se produjera algún contratiempo en el servicio de recogida de los lodos deshidratados.

5.6. Sistema de alimentación de la tolva

5.6.1. Datos de elección

La alimentación de la tolva se puede hacer de dos maneras:

- Utilizando un depósito intermedio y desde ahí desplazar el fango a la tolva.
- Enviar directamente el fango deshidratado que sale de las centrifugadoras a la tolva.

En el caso que se desarrolla en este proyecto se ha optado por la segunda solución, ahorrándose de este modo el depósito necesario que sería necesario para un almacenamiento intermedio. Con lo que se necesita es una bomba capaz de transportar el volumen de fangos deshidratado que sale de las centrífugas.

17	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m ³ /h)	1,03
----	---	------

Tabla 5.10. Parámetros para alimentación de la tolva

5.6.2. Modelo elegido

Se trata de una bomba tipo tornillo sin fin. Se trata del mismo tipo de bomba que se utiliza para la alimentación de las centrífugas. En este caso se trata de un modelo diferente ya que la capacidad necesaria es otra.

SFH-160 de Estruagua

DATOS TÉCNICOS

MODELO	CAPACIDAD DE TRANSPORTE (m ³ /h)
SFH-160	Entre 0.75 y 1.50
SFH-215	Entre 1.50 y 2.50
SFH-280	Entre 2.50 y 4.00
SFH-315	Entre 4.00 y 5.50
SFH-380	Entre 5.50 y 7.00

Figura 5.10. Datos técnicos de la bomba de alimentación de la tolva

5.6.3. Justificación de la elección

Al igual que ha sucedido con la alimentación de los fangos a las centrífugas, se afirma que el modelo escogido se adapta totalmente al tipo de fango que se trata en esta instalación, para ello se pasa a comprobar el tipo de lodo con el que se trabaja a la salida de las centrífugas.

En este caso la concentración de sólidos en el fango alimentado ha cambiado debido a que ahora con el lodo que se trabaja es con el que ha salido de la centrífuga y está deshidratado respecto al anterior.

6	Concentración de sólidos en el fango deshidratado (Kg/m³)	220
7	Densidad de los sólidos contenidos en el fango (Kg/l)	1,2

Tabla 5.11. Características del fango deshidratado.

$$\text{Concentración_sólidos_}\% = \frac{220\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{l}}{1,2\text{kg}} \cdot \frac{1\text{m}^3}{100\text{l}} \cdot 100\% = 18.33\%$$

En este caso el contenido en agua de este fango es aproximadamente del 80 % y por tanto el lodo se encuentra a medio camino entre plástico y gelatinoso y líquido, por lo que el tipo de bomba utilizado para su transporte es totalmente acertada.

Además de las justificaciones descritas en el apartado de la alimentación a las centrifugadoras, otros puntos que han hecho declinarse por este tipo de transporte es el tipo de tolva utilizada. Se trata de una tolva cerrada en la que el único orificio de entrada es para

la alimentación del material a almacenar, por eso el uso de cintas transportadoras (tecnología ampliamente utilizada en este tipo de instalaciones), hubiera resultado más problemática. Junto con esto, el hacer el transporte por medio del tornillo sin fin significa que el desplazamiento se hace cubierto a diferencia de cómo se haría mediante cinta transportadoras, lo que supone una enorme ventaja respecto al tema de olores.

Otro factor a favor de esta instalación ha sido uno de los esquemas que presenta el suministrador de este elemento que se adapta totalmente a lo buscado para esta instalación mediante el uso de transporte vertical.

El sobredimensionamiento es correcto, ya que este modelo tiene rango de operación aceptable y por tanto cumple especificaciones técnicas.

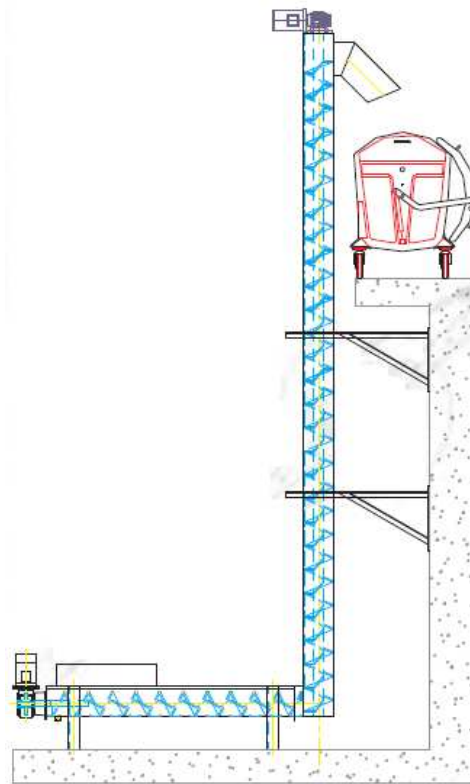


Figura 5.11. Configuración bomba de alimentación de tolva

Este esquema es el que se va a desarrollar en la instalación de la estación centrífuga, aunque sufrirá una variación en la descarga ya que se realizará a la tolva de almacenamiento en vez de a un contenedor como se observa en la imagen anterior.

Cabe indicar que el fabricante permite flexibilidad en la zona de la tolva de carga con lo que las dos salidas de las centrifugadoras van a comunicarse en este punto evitando zonas intermedias, es decir, las centrifugadoras y esta única bomba van a trabajar al mismo tiempo permitiendo una optimización del tiempo de la instalación.

5.7. Bomba de recirculación

5.7.1. Datos de elección

El agua sobrante del proceso de centrifugación se ha de devolver a la línea de tratamiento con lo cual se necesita disponer de una bomba para recircular esta agua. Los datos necesarios para la elección de esta bomba son:

11	Caudal de fango a filtrar por hora laborable (m³/h)	6,98
15	Densidad del fango alimentado por centrífuga (Kg/l)	1,01
16	Densidad del fango deshidratado (Kg/l)	1,04
17	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m³/h)	1,03

Tabla 5.12. Parámetros bomba recirculación

El volumen del fango deshidratado es el de las dos centrífugas, ya que si se comprueba el algoritmo de cálculo que se adjunta en el anejo se puede observar la manera de la cual ha sido calculada.

Si se realiza una pequeña aproximación en las densidades, la cual no altera de manera significativa el resultado, considerando ambas densidades iguales a la unidad, se puede decir que el agua que es necesario recircular a la línea de tratamiento es la diferencia de los volúmenes, es decir:

$$6,98 - 1,03 = 5,95$$

Por tanto la capacidad de la bomba a seleccionar a de tener una capacidad de bombeo de:

	Volumen recirculación (m³/h)	5,95
--	--	-------------

Tabla 5.13. Capacidad bomba de recirculación

5.7.2. Modelo elegido

Al igual que para otros puntos del diseño se ha elegido una bomba de tipo tornillo sin fin.

SFH-380 de Estruagua

DATOS TÉCNICOS

MODELO	CAPACIDAD DE TRANSPORTE (m ³ /h)
SFH-160	Entre 0.75 y 1.50
SFH-215	Entre 1.50 y 2.50
SFH-280	Entre 2.50 y 4.00
SFH-315	Entre 4.00 y 5.50
SFH-380	Entre 5.50 y 7.00

Figura 5.12. Datos técnicos de la bomba de recirculación

5.7.3. Justificación de la elección

En cuanto a la justificación se puede decir al igual que en las otras funciones donde se ha utilizado un modelo similar pero con diferente capacidad, que su elección se ha debido a que encaja perfectamente con las características demandas para la estación de centrifugación.

Esta bomba se puede considerar dentro del bombeo de fangos, aunque se trate de agua más o menos limpia, por tanto se ha ajustar a la normativa y su sobredimensionamiento ha de ser entre un 10 y un 25%, siendo en este caso de un 17% aproximadamente, con lo que la elección es correcta según el libro “Manual de especificaciones técnicas” que se está siguiendo en la realización del proyecto y se ha comentado anteriormente.

6. CANTIDAD DE ELEMENTOS NECESARIOS

Una vez que se han elegido los elementos necesarios para el equipamiento de la estación centrífuga, es necesario establecer el número de elementos que necesitamos de cada uno, teniendo en cuenta las unidades de reserva que son necesarias por especificaciones técnicas.

Para este propósito se ha recurrido al “Manual de especificaciones técnicas para proyectos de construcción, ampliación, o reformas de estaciones depuradoras de aguas residuales.”

En este libro en la sección de deshidratación de fangos se encuentra una serie de especificaciones, de las cuales se va a realizar una recapitulación de aquellas que es necesario tener en cuenta para los elementos de la instalación.

6.1. Normas técnicas

- En el caso de plantas de capacidad de tratamiento mayor de $2000 \text{ m}^3/\text{día}$, se debe disponer de un decantador centrífugo en reserva montado y disponible.
- Se recomienda la instalación de equipos trituradores antes del bombeo de fangos a deshidratación en el caso de plantas de capacidad de tratamiento mayor de $10000 \text{ m}^3/\text{día}$.
- Los bombeos de fangos a deshidratar, polielectrolito y fangos deshidratados deben contar con equipos de reserva.
- Debe existir uno o varios depósitos tampón para el fango, previos a la etapa de deshidratación, con capacidad de almacenaje suficiente para las previsibles interrupciones en el funcionamiento de esta etapa. Al mismo tiempo este almacenaje servirá para la homogenización del fango.

6.2. Cantidad de elementos

En el caso de nuestra instalación el caudal medio de fangos a filtrar es de $95.76 \text{ m}^3/\text{día}$, con lo que el uso de una centrífuga de reserva no es necesaria y el uso de trituradores que se recoge en el segundo punto tampoco.

Respecto al tercer punto se muestra una tabla resumen con las unidades necesarias para el funcionamiento así como los elementos que son necesarios para la reserva, aunque principalmente estos están enfocados en los elementos de bombeo. La bomba de recirculación se incluye dentro del grupo de fangos, aunque básicamente lo que va a transportar es agua. El sistema de alimentación de la tolva se trata también de un tornillo sin fin, pero por normativa no se contempla que deba tener equipo de reserva.

Elemento de la instalación	Nº de Unidades	Reserva	Total
Centrífuga	2	0	2
Bomba alimentación centrífuga	2	1	3
Unidad preparación polímero	1	0	1
Bomba dosificación polímero	2	1	3
Tolva	1	0	1
Sistema alimentación tolva	1	0	1
Bomba recirculación	1	1	2

Tabla 6.1. Cantidad de elementos

Respecto al último punto hay que decir que los fangos provienen del digester anaeróbico y este punto se puede considerar como el punto de almacenaje en el caso de que se interrumpiera la fase de deshidratación.

7. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

El diseño de la instalación consiste en una sala donde se van alojar los aparatos que han sido previamente seleccionados de sus respectivos fabricantes. Al igual que sucede con la mayoría de las instalaciones industriales, a la hora de la realización del diseño hay que tener en cuenta una serie de normativas técnicas para así desarrollar la instalación en función del criterio establecido para ello.

7.1. Normas técnicas

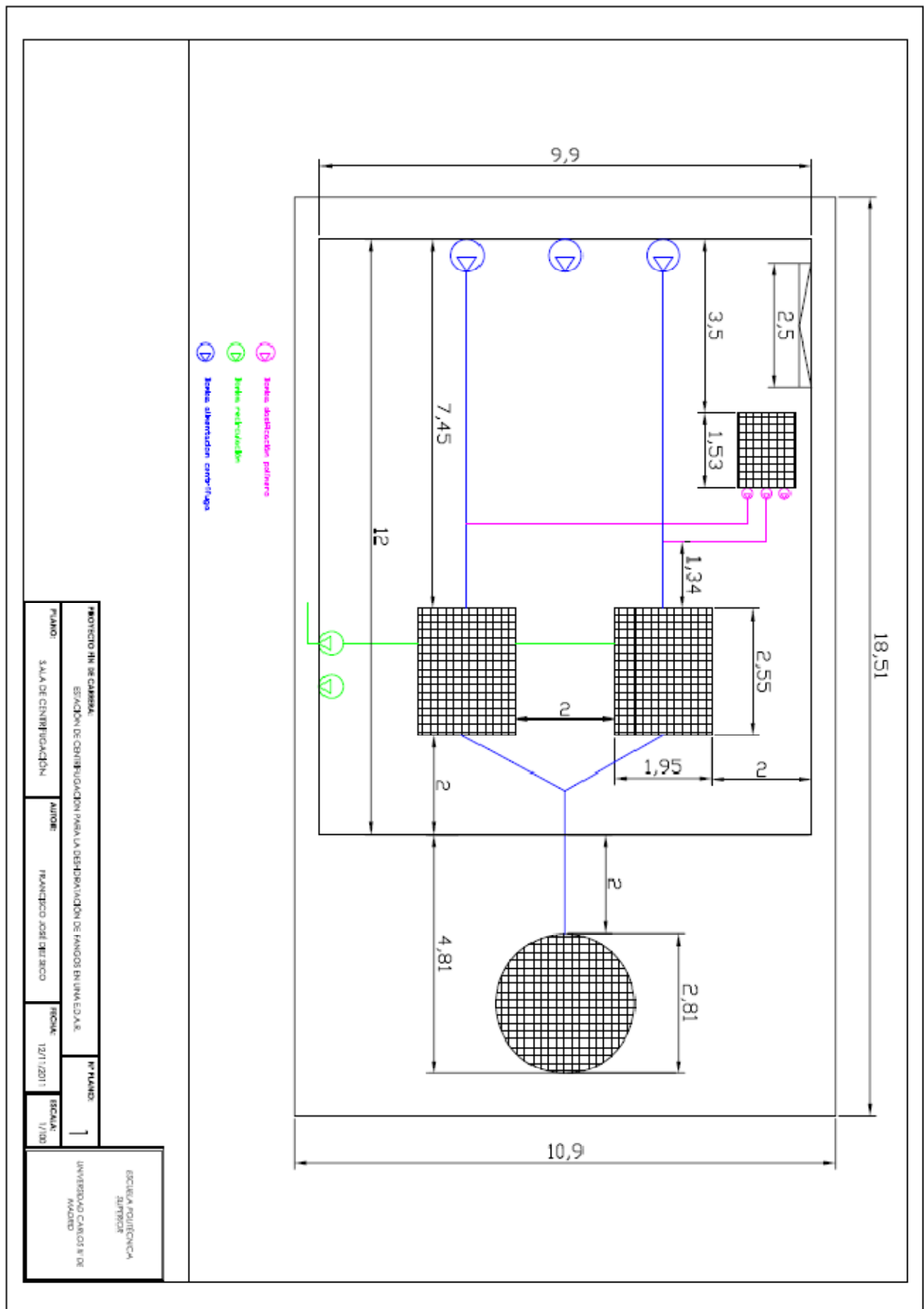
Hay una gran cantidad de normas técnicas que afectan al diseño de estaciones de aguas residuales (E.D.A.R.). Las enunciadas a continuación hacen referencia de una manera más concreta a las relacionadas con sala de centrifugación, ya que este proyecto forma parte del global del diseño de una E.D.A.R. y por tanto hay normativas que se van a aplicar de manera general a toda la estación.

- Prever futuras ampliaciones, en aquellas operaciones básicas de proceso entre las que se encuentra la deshidratación de fangos.
- Prever en los espacios cerrados el espacio necesario de trabajo y reparación de los equipos, en el caso de avería y mantenimiento.
- En un radio de quince metros de los edificios no se contemplaran otras edificaciones u obras previniendo futuras ampliaciones de los mismos, destinándose ese radio a zonas ajardinadas. Las obras destinadas a albergar los tratamientos de procesos en los que se incluyen la deshidratación de fangos deben tener un 20% de volumen de espacio libre para futuras construcciones

7.2. Diseño

Siguiendo los criterios de las normativas anteriores se ha realizado un diseño, que da cavidad a los elementos necesarios para la deshidratación así como cumple las normativas especificadas anteriormente.

En el plano que se muestra a continuación, los dos elementos que se encuentran en la parte central del mismo son las centrífugas. Un poco hacia la izquierda de ellas se encuentra la unidad de preparación de polielectrolito y por último a la derecha del todo se puede encontrar la tolva donde se van a depositar los fangos deshidratados a la espera de ser retirados por el camión correspondiente. Se han representado con tres colores diferentes las tuberías para distinguir por dónde circula el fango, el agua para la recirculación así como el polímero para ser insertado en el lodo previamente a su introducción en las centrífugas.



8. MANTENIMIENTO

Al igual que cualquier proceso productivo se necesita un mantenimiento para el correcto funcionamiento del centro de centrifugación. Para llevar a cabo estas labores se van a tener en cuenta los diferentes tipos de mantenimiento que existen cuya combinación dará lugar al plan general de actuación.

8.1. Mantenimiento de equipos

8.1.1. Mantenimiento preventivo

El objetivo de este mantenimiento es prever los fallos de las maquina y equipos, antes de que se produzcan éstos. Básicamente consiste en la programación de una serie de tareas siguiendo las instrucciones de los fabricantes. Estas tareas tienen normalmente la misión de realizar aportes de lubricantes, limpieza de los equipos, cambios de aceite, ajustes, pequeñas reparaciones, etc. El funcionamiento de este tipo de equipos esta generalmente muy ligado al número de horas de su uso, por lo que la realización del calendario de mantenimiento habrá que hacerla de manera individual para cada equipo. Mediante el aporte de estas tareas se consigue evitar unos fallos que a la larga supondrían mayores costes, así como mayores pérdidas de tiempo, además realizando este tipo de tareas de manera periódica el operario se familiariza cada vez más con la máquina de modo que el control en el funcionamiento es mayor y estas acciones sirven a modo de inspección pudiendo encontrar cualquier anomalía antes de que pueda llegar a convertirse en un problema mayor.

8.1.2. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es diferente al preventivo en cuanto a que el preventivo busca la no aparición del fallo, mientras que en el predictivo, el objetivo es conocer con más o menos proximidad cuando se va a producir el fallo para poder operar en ese momento con lo que los costes se van a ver reducidos. De esta manera, si se actúa antes de que el fallo se produzca, va a poder ser reemplazado de acuerdo a un plan previamente establecido, con los que los tiempos han sido tenidos en cuenta con anterioridad y no suponen ningún trastorno en el funcionamiento de la instalación.

8.2. Mantenimiento general

En lo descrito anteriormente el mantenimiento está centrado en los equipos, pero no hay que olvidar que estos están ubicados en una sala donde se necesita también un mantenimiento para evitar cualquier tipo de anomalías. A continuación se va a listar una serie de acciones a desempeñar.

- Respetar de las normas de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Limpieza de equipos, diversas estructuras como barandillas y demás, así como de la sala de deshidratación.
- Sistema de archivos. Una buena forma de actuar, es la de recoger informes con los diferentes sucesos que se hayan podido producir en la instalación. De esta forma se encuentra almacenado información acerca de la evolución de la anomalía así como el procedimiento, tiempo, coste y demás factores que se tienen en cuenta en este tipo de actuaciones, con lo que es posible que en futuros momentos similares ya se disponga de un protocolo de actuación.
- Gases. En este tipo de instalaciones la proliferación de gases es un factor a tener en cuenta, por eso es necesario medidores de gases, extractores y una correcta ventilación para evitar así una acumulación de estos.

8.3. Mantenimiento en los lodos

Por último respecto al tema del mantenimiento cabe destacar que hay que tener un control sobre los lodos con los que se interactúa. Este proceso se corresponde más con un proceso analítico más que con un proceso de mantenimiento. Entre estas acciones se puede encontrar los controles de caudal diarios con el fin de que la sala de centrifugación se comporte de acuerdo a como ha sido diseñada, para evitar posibles sobrecargas que podrían dañar la instalación o producir resultados no deseados. También hay que hacer referencia a las tomas de muestras que hay que realizar. Respecto a este tema se tiene que tener un seguimiento y un estudio de datos de modo que todos los niveles se encuentren dentro de los establecidos y si no fuera así se deberán tomar medidas correctoras para tal fin.

9. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este tipo de proyectos, la conclusión como tal, es el diseño de la instalación, ya que este implica el estudio y la toma de decisiones para llegar a este punto. Por tanto, más que conclusiones se van a tratar posibles mejoras, que van a estar enfocadas dentro del tema de una posible ampliación.

9.1. Posibles propuestas

La instalación ha sido diseñada para cumplir con las especificaciones que son aportadas, para llegar a una solución de compromiso entre el tema económico y funcional. Como cabe de esperar este tipo de instalaciones no se hacen completamente a medida, es decir, los componentes seleccionados no se realizan exclusivamente para esta estación, sino que son escogidos dentro del catálogo de diferentes proveedores siempre y cuando estos cumplan con las características demandadas. El motivo de no comprar elementos completamente diseñados a medida es que su coste resultaría inabarcable y no compensaría para los constructores de la estación depuradora.

Como se ha mencionado, los elementos son escogidos dentro de un catálogo de proveedores, como se ha podido comprobar en la documentación aportada, este tipo de elementos suelen trabajar en unos niveles de carga, donde generalmente a la hora de la elección se suele buscar que el valor demandado no se encuentre demasiado cercano a estos niveles, permitiendo así un grado de variación y tolerancia. Por tanto, además de la normativa, que me indica el grado de sobredimensionamiento que han de tener elementos como bombas centrífugas, la estación de centrifugación va a tener capacidad para un ritmo de trabajo mayor.

Respecto a esto, hay dos temas que se han de tener en cuenta. La normativa me indica, sobre todo en cuanto al espacio destinado para la instalación, que está tiene que estar con un cierto grado de espacio en sus alrededores para posibles ampliaciones futuras. Pero en este apartado del proyecto se va a realizar el estudio de la máxima capacidad a la que podría trabajar la estación centrífuga.

9.1.1. Carga máxima

Para elaborar el estudio, hay que comenzar comprobando cual será el elemento más restrictivo, por este motivo a continuación se presenta un cuadro resumen donde se recogen los parámetros demandados por cada elemento de la instalación.

Elemento	Dato	Valor
Centrífuga	Concentración sólidos en fango deshidratado (Kg/m ³)	220
	Caudal fango alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	3,49
	Diámetro del rotor (bowl) (m)	0,24
	Longitud del rotor (bowl) (m)	0,8
Bomba alimentación centrífuga	Caudal fango alimentado por cent.(m ³ /h laborable)	3.49
Unidad preparación polímero	Dosis de polielectrolito (Kg/tonelada de materia seca)	5 (0,05%)
	Consumo de pol. por centrífuga (Kg/h laborable)	0,56
	Consumo de pol. total (Kg/h laborable)	1,12
Bomba dosificación polímero	Caudal unitario (l/h)	112
Tolva	Capacidad de la tolva (m ³)	40
Sistema alimentación tolva	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m ³ /h)	1,03
Bomba recirculación	Volumen recirculación (m ³ /h)	5,95

Tabla 9.1. Valores de la instalación

De este cuadro hay una serie de parámetros que no necesitan ser contemplados en el cálculo de la máxima capacidad, ya que el principal interés en el estudio está referido a los elementos mecánicos. Estos parámetros son:

- **Concentración sólidos en fango deshidratado:** se asume que el fango a tratar va a ser el mismo, lo que se pretende es observar el grado de sobredimensionamiento que posee la instalación, de ahí, que este parámetro no resulte interesante contemplarlo.
- **Dosis de polielectrolito:** se trata de un parámetro de partida y además es una estimación de lo que se espera gastar, con lo que no afecta a la capacidad máxima, ya que la unidad de preparación del polímero elegida esta diseñada para facilitar esta dosis, lo que habrá que tener en cuenta es el caudal en el que es capaz suministrar esta proporción.

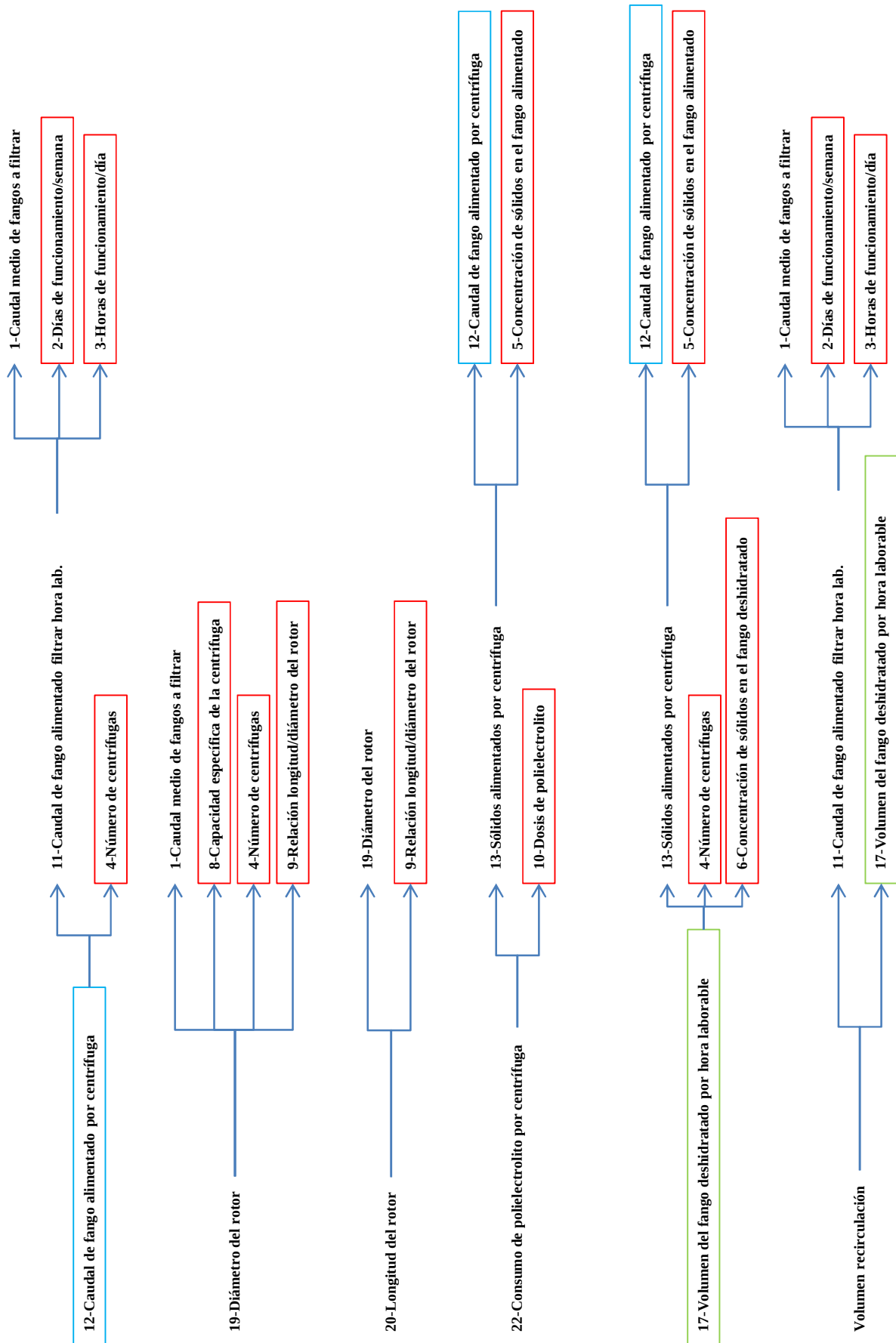
- **Consumo de pol. por centrífuga:** la unidad de preparación se encarga de suministrar el polielectrolito necesario para las dos centrífugas, por lo que el dato de consumo por unidad de centrífuga no resulta necesario, ya que con el consumo total es más que necesario.
- **Bomba dosificación polímero:** el motivo de no tener en cuenta este dispositivo es que es un elemento opcional de la unidad de preparación de polielectrolito y por tanto su características como tal no se conocen ya que es el proveedor el encargado de suministrar la bomba para que se ajuste con las propiedades de la unidad de preparación.
- **Capacidad de la tolva:** la tolva no se va a considerar, ya que si fuera necesario, su descarga se podría realizar varias veces al día, aumentando los viajes que realizaría el camión que se encargaría de eliminar los residuos.

Una vez eliminados estos parámetros de la tabla, se pueden simplificar los datos. En la siguiente tabla se pueden observar los datos, que son necesarios para este estudio, así como los valores máximos y mínimos en los cuales se encuentran.

Elemento	Dato	Mínimo	Valor	Máximo
Centrífuga	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	-	3,49	8.31
	Diámetro del rotor (bowl) (m)	-	0,24	0.35
	Longitud del rotor (bowl) (m)	-	0,8	1.21
Bomba alimentación centrífuga	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	2,5	3.49	4
Unidad preparación polímero	Consumo de polielectrolito total (Kg/h laborable)	1	1,12	1,2
Sistema alimentación tolva	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m ³ /h)	0,75	1,03	1,5
Bomba recirculación	Volumen recirculación (m ³ /h)	5,5	5,95	7

Tabla 9.1. Valores resumidos

Los parámetros de cálculo están relacionados unos con otros, de modo que, una modificación en uno solo de los parámetros puede producir modificaciones en varios puntos, para ello se muestra un esquema relacional de todos los datos que se han de tener en cuenta.



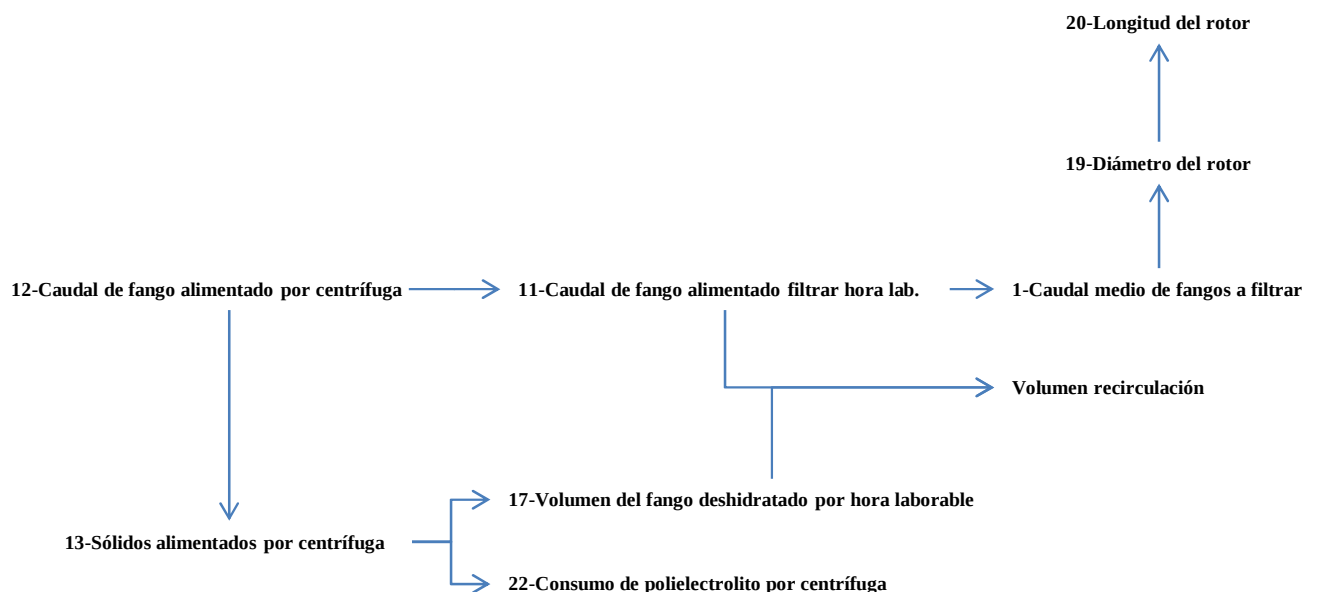
En este esquema vemos todas las relaciones de los parámetros a tratar, se pueden observar diversos colores en algunos puntos, la explicación de estos es la siguiente:

- **Rojo:** se trata de datos de entrada, por tanto son parámetros que no se van a modificar en ningún momento, ya que estos, son previamente asignados a la elección del equipamiento de la instalación.
- **Azul y verde:** muchas relaciones están a su vez interrelacionadas entre sí, es decir, muchos parámetros depende de valores comunes, por ello, para no volver a repetir datos en el esquema, los cuadros azules y verdes significan que son el mismo punto con las consiguientes relaciones.

A priori este esquema puede resultar algo complicado, ya que se puede observar que hay muchas variables afectadas además de las interrelaciones que se han comentado. Por ello, para seguir con el estudio se van a realizar una serie de simplificaciones.

Los parámetros rojos se van a eliminar del esquema, ya que como se ha dicho en su descripción se tratan de datos de entrada y éstos, por lo tanto, no van a sufrir ningún tipo de variación. Respecto a los datos azules y verdes, como se tratan de puntos comunes, se unifican para evitar duplicaciones, con lo que el esquema se reduce considerablemente presentando el siguiente aspecto.

Esquema relacional reducido



Esquema 9.1. Esquema relacional reducido

Llegado a este esquema hay que comenzar a comprobar los valores máximos a los que se puede llevar la instalación. Como se ha comentado, hay mucha interrelación de los parámetros, por lo que el modo de proceder va a ser la elección de los elementos que están más limitados y empezar comprobar si cuando estos son llevados a valores máximos, los valores del resto de elementos esta dentro de los límites con lo que se habrá alcanzado los valores máximos. La obtención de la capacidad máxima es básicamente llegar desde los parámetros que han sido calculado con las fórmulas hasta comprobar cómo modificarían estos a los parámetros de entrada.

A simple vista se puede observar en la tabla de los límites que el valor que más cercano se encuentra a su valor máximo es el del consumo del polielectrolito, por tanto, variando ese número se realizan manualmente las operaciones para llegar a que el caudal medio de fangos a filtrar, es decir, el dato de entrada 1, el cual tendría un valor de 101,76 (m³/d). Las operaciones realizadas, se encuentran en el anejo 2 (algoritmos de cálculo). Al introducir este dato como parámetro de entrada, los valores de la tabla se modificarían, dando lugar a estos valores.

Datos con el máximo consumo de polielectrolito

11	Caudal de fango a filtrar por hora laborable (m³/h)	7,42
12	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m³/h laborable)	3,71
13	Sólidos alimentados por centrífuga (Kg/h laborable)	119,9
14	Caudal másico de fangos alimentado por centrífuga (Tm/h laborable)	3,73
15	Densidad del fango alimentado por centrífuga (Kg/l)	1,01
16	Densidad del fango deshidratado (Kg/l)	1,04
17	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m³/h)	1,09
18	Volumen del fango deshidratado semanal (m³/semana)	104,62
19	Diámetro del rotor (bowl) (m)	0,25
20	Longitud del rotor (bowl) (m)	0,81
21	Potencia unitaria aproximada del motor (CV)	4,9
22	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/h laborable)	0,6
23	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/semana)	57,5

Tabla 9.3. Parámetros en el cálculo para máxima capacidad

Haciendo selección de los parámetros que nos interesan se comprueba si se encuentran dentro de los valores permitidos de operación.

Valores de máxima capacidad

Elemento	Dato	Mínimo	Valor	Máximo
Centrífuga	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	-	3,71	8.31
	Diámetro del rotor (bowl) (m)	-	0,25	0.35
	Longitud del rotor (bowl) (m)	-	0,81	1.21
Bomba alimentación centrífuga	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	2,5	3.71	4
Unidad preparación polímero	Consumo de polielectrolito total (Kg/h laborable)	1	1,2	1,2
Sistema alimentación tolva	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m ³ /h)	0,75	1,09	1,5
Bomba recirculación	Volumen recirculación (m ³ /h)	5,5	6.33	7

Tabla 9.4. Valores para máxima capacidad

Como se puede observar en la tabla todos los valores se encuentran dentro de los límites, por tanto se puede afirmar que la capacidad máxima de la estación centrífuga será:

$$\text{Capacidad máxima} = \text{Caudal máximo de fangos a filtrar} = 101,76 \text{ (m}^3\text{/d)}$$

Este resultado era de esperar ya que la unidad de preparación de polielectrolito se encuentra muy ajustada y por tanto es la que delimita la actuación de la estación. Si la unidad del polímero fuera mayor, seguramente la limitación la encontraríamos en alguna de las bombas de alimentación de la centrífuga o de recirculación ya que se trata de los elementos que tras la unidad de preparación del polímero se encuentran más cercanas a los límites. Se ha dicho seguramente ya que hasta comprobarlo de manera práctica no se sabría, pero se puede adelantar ya que las centrífugas tienen un gran tamaño respecto a sus bombas de alimentación ya que estas permiten una entrada de un caudal de 8.31 m³/h, siendo la capacidad de las bombas de 4 m³/h, con lo que éstas serían las limitadoras.



II. PLANOS





III. PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO

En el presente capítulo se dan los datos económicos y los costes que implica la realización del presente proyecto.

El presupuesto del actual proyecto incluye:

- Coste de materiales
- Coste de personal (desarrollo e implementación del proyecto)
- Gastos generales, beneficios industriales e impuestos sobre el valor añadido IVA

La duración del presente proyecto ha sido de 4 meses.

Para la obtención de los precios de los diferentes equipos necesarios para la instalación ha sido necesario ponerse en contacto con los fabricantes de los mismos, hay que tener en cuenta que las ofertas presentadas por estos tienen un determinado tiempo de validez y por ello los precios pueden verse modificados con el transcurso del tiempo.

1.1. Coste personal

Se considera que el ingeniero industrial tiene una dedicación repercutida directamente sobre el coste del proyecto de 6 horas diarias con una media de 22 días por mes durante 4 meses.

Concepto	Precio por hora	Número de horas	Importe (€)
Diseño	15,00 €	528	7.920,00 €
TOTAL			7.920,00 €

1.2. Coste de materiales

En el coste de materiales se incluyen los equipos necesarios para la implementación de esta instalación.

Concepto	Cantidad	Precio Und. (€)	Importe (€)
Centrífuga	2	138.000,00 €	276.000,00 €
Bomba alim. centrífuga (SFH-280)	3	11.950,00 €	35.850,00 €
Unidad preparación polímero	1	17.900,00 €	17.900,00 €
Bomba dosificación polímero	3	820,00 €	2.460,00 €
Tolva	1	30.000,00 €	30.000,00 €
Sistema alimentación tolva (SFH-160)	1	12.995,00 €	12.995,00 €
Bomba recirculación (SFH-380)	2	13.815,00 €	27.630,00 €
TOTAL			402.835,00 €

1.3. Coste de redacción de la memoria, impresión y encuadernación

Concepto	Importe (€)
Redacción de la memoria	400,00 €
Impresión proyecto (tinta)	45,00 €
Impresión proyecto (papel)	10,00 €
Gasto soporte digital	3,00 €
Encuadernación	50,00 €
TOTAL	508,00 €

1.4. Coste total

En el coste total se recogen los tres importantes anteriores sin tener hasta el momento ningún tipo de beneficio.

Concepto	Importe (€)
Coste personal	7.920,00 €
Coste de materiales	402.835,00 €
Coste de redacción	508,00 €
TOTAL	411.263,00 €

1.5. Presupuesto de ejecución por contrata

Una vez obtenido los diferentes costes se le aplican los porcentajes correspondientes para la obtención del beneficio para la persona que se ha encargado de la realización del proyecto.

Concepto	Importe (€)
Coste total	411.263,00 €
Beneficio industrial 22%	90.477,86 €
Honorarios de redacción 7%	28.788,41 €
Honorarios de dirección 7%	28.788,41 €
TOTAL	559.317,68 €

**1.6. Presupuesto total**

Concepto	Importe (€)
Presupuesto por ejecución por contrata	559.317,68 €
I.V.A. 18%	100.677,18 €
TOTAL	659.994,86 €

El presupuesto final asciende a SEISCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y CUATRO CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Leganés, a 18 de Noviembre de 2011

Fdo: Francisco José Díez Seco



IV. BIBLIOGRAFÍA



La bibliografía a la que se ha recurrido ha sido de naturaleza variada, desde libros de texto hasta páginas web. Todo el material se presenta a continuación.

- GARRIDO, A. SEGOVIA, J. (2006) “Manual de especificaciones técnicas para proyectos de construcción, ampliación o reformas de estaciones depuradoras de aguas residuales”. Editorial Diego Marín.
- ISLA DE JUANA, Ricardo. (2005) “Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: aguas de proceso, residuales y de refrigeración”. Bellisco Ediciones
- CAJIGAS, Ángel. (1995). “Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización”. Editorial Mc Graw Hill.
- HERNÁNDEZ, Aurelio, GALÁN, Pedro. (1996) “Manual de depuración Uralita: sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20000 habitantes”. Editorial Paraninfo.
- <http://www.wikipedia.es> (última consulta 17/11/2011)
- www.huber.es/es.html (última consulta 28/10/2011)



V. ANEJOS

1. HOJA DE CARACTERÍSTICAS

1.1. Centrífuga

1.1.1. Centrífuga



Hutchison Hayes Separation Inc.

HH 1448



The HH Horizontal Decanting centrifuge has a vast field of applications in various Processes where liquid phases of different specific gravities and a solid phase have to be continuously separated.

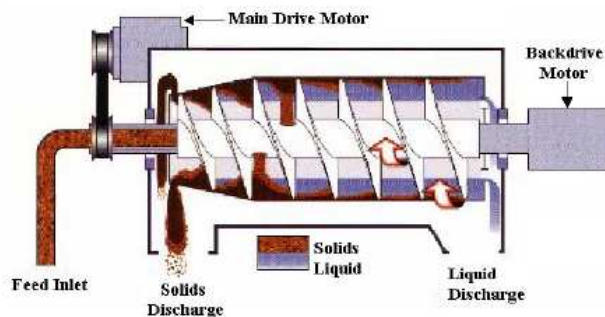
How a decanter works.

The centrifuge is fed through a stationary pipe, which is inside a hollow shaft connected to the screw conveyor (scroll.) There it enters a feed compartment (inside of the conveyor) and is accelerated through feed slots into the inside of the bowl. Once inside the bowl, centrifugal forces accelerate the solids. They are then collected on the inside diameter bowl wall and the liquid forms a concentric annulus and fills the bowl to the level of the effluent dam/weirs.

The screw conveyor, which is connected through a coupling to a gearbox, turns slightly slower than the bowl. Since it is turning slower and the helix is angled toward the small diameter (conical end) the solids are then conveyed along the inside diameter of the bowl to the solids discharge end.

The liquid flows around the screw conveyor and exits through effluent dam/weirs located on the large diameter (cylinder) end of the bowl. Solids, which do not settle to the inside diameter of the bowl (floaters), are carried out with the liquid through the effluent weirs.

Effluent dams/weirs that are adjustable control the amount of liquid inside the bowl. The maximum volume (pool) forms an annulus diameter, which is smaller than the solids discharge diameter.



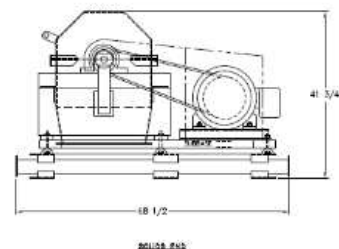
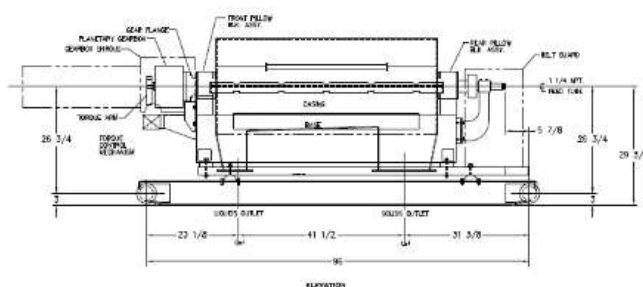
Hutchison Hayes Separation Inc.
3520 East Belt
Houston, Texas 77015, USA
Phone 713 455 9600

www.hutchisonhayes.com
P.O.Box 2965
Houston, Texas 77252, USA
Fax 713 455 7753



Hutchison Hayes Separation Inc.

TECHNICAL DATA SHEET			
MODEL HH-1448			
MAXIMUM RATED CAPACITY	200 GPM	Bowl	
Minimum temperature	30°F	Diameter	14"
Maximum temperature	212°F	Length	48"
		Conical section	10°
Recommended throughput:		Conveyor pitch	4"
Mud weight 13 PPG	30 GPM	Gear box	
Mud weight 11 PPG	60 GPM	Ratio	1:52
Mud weight 10PPG	100 GPM	Torque	18000 Lbs
Recommended settings		Materials	
Barite recovery RPM	< 2250 RPM	Bowl & Conveyor body	SS 316
Conveyor differential	42 RPM	Frame	Cast iron
G- force	1000 G	Covers	SS 316
		Paint	Epoxy
Polishing RPM	3250	Conveyor tips	TC tiles
Conveyor differential	61 RPM	Solids discharge	TC saddles
G- force	2100 G	Shipping Data	
Run up time	5 minutes	Net weight	4500 Lbs
Run down time	15 minutes	Gross weight	5200 Lbs
Maximum RPM allowed	4000 RPM	Volume	128 Cu. Ft.



Hutchison Hayes Separation Inc.
3520 East Belt
Houston, Texas 77015, USA
Phone 713 455 9600

www.hutchisonhayes.com
P.O.Box 2965
Houston, Texas 77252, USA
Fax 713 455 7753

1.1.2. Configuración estándar de la centrífuga



Hutchison Hayes Separation Inc.

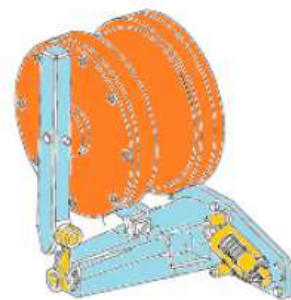
HH 1448 Standard



The HH 1448 Standard is a configuration of a drive system for a Decanting centrifuge. This configuration is the most basic of many available configurations. The Centrifuge bowl is driven by a main drive motor and the conveyor is driven through a planetary gear box with a simple torque arm setup. The torque arm is torque limiting device to protect both gearbox and conveyor against mechanical overload. The conveyor speed is simply the Bowl RPM reduced by the gearbox ratio.

The HH 1448 Standard can be delivered in different variants, explosion proof for hazardous areas, sanitary for Food applications or in a normal Nema 4 execution.

Main drive motor is setup with a sheave that allows simple selection of speeds, by moving the v-belt assembly. Alternatively the main drive can be set-up with VFD starter and electric selection of main drive speeds

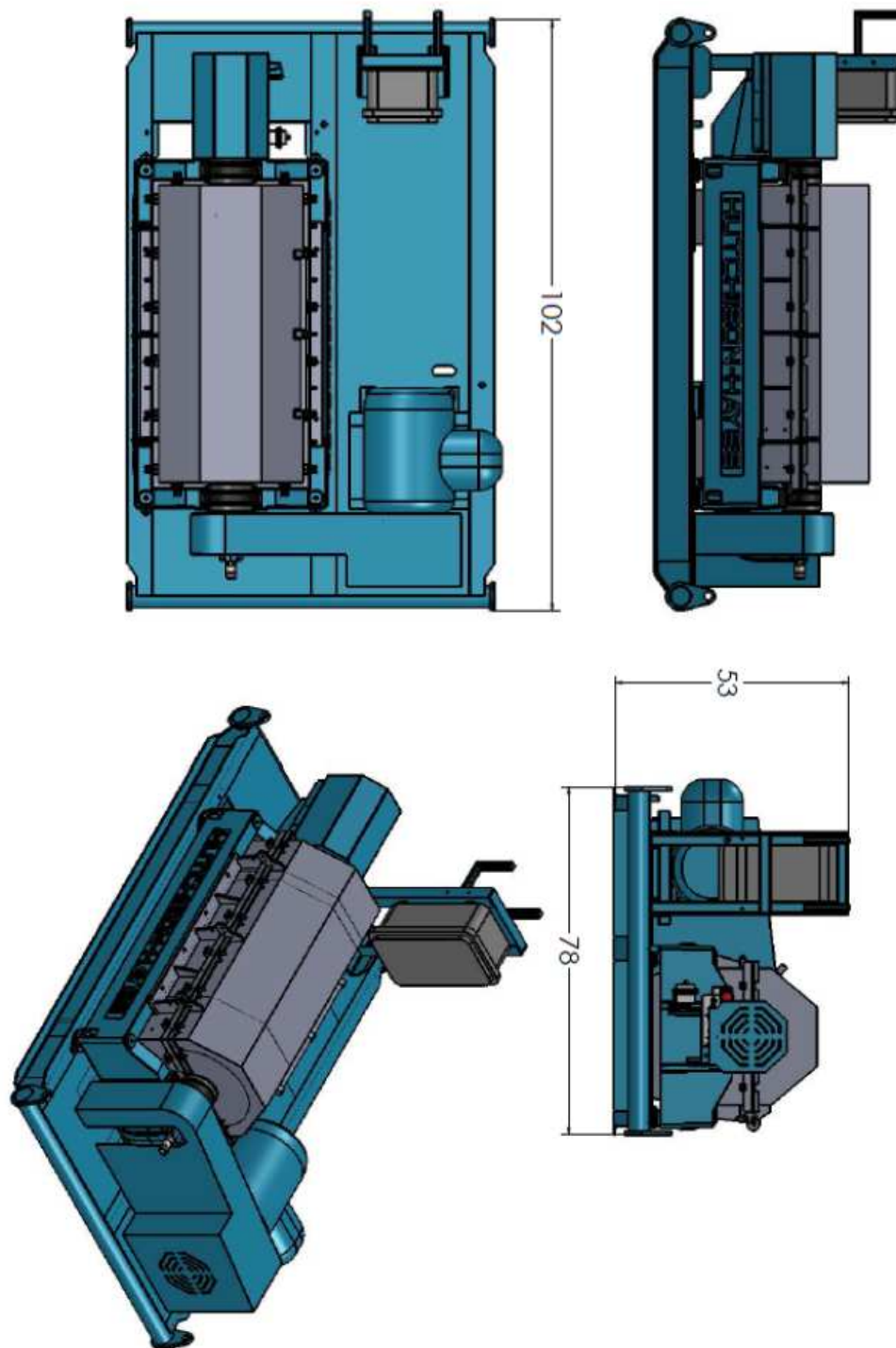


Hutchison Hayes Separation Inc.
3520 East Sam Houston Beltway N.
Houston, Texas 77015, USA
Phone 713 455 9600

www.hutchisonhayes.com
P.O. Box 2965
Houston, Texas 77252, USA
Fax 713 455 7753



Hutchison Hayes Separation Inc.



Hutchison Hayes Separation Inc.
3520 East Sam Houston Beltway N.
Houston, Texas 77015, USA
Phone 713 455 9600

www.hutchisonhayes.com
P.O.Box 2965
Houston, Texas 77252, USA
Fax 713 455 7753

1.2. Bomba para la alimentación de la centrífuga, tolva y recirculación



Referencia.: SINFIN TRANSPORTADOR HELICOIDAL
Serie.: SFH
E.M.24


www.estrugua.com

INTRODUCCIÓN:

Los sólidos recogidos son conducidos hasta la tolva de carga, entrando en la primera zona de escurrido. En esta se separa el agua contenida y los residuos se conducen a la zona de evacuación de los mismos.

Descripción:

Los sinfines transportadores Sfh, tiene incorporados como estándar los siguientes elementos,

- Patas soporte suelo.
- Tapas protectoras superiores y manetas.
- Tolva de carga.
- Tubería evacuación de aguas.



En cuanto aplicaciones, podemos decir que dichos equipos son factibles y de correcto funcionamiento en instalaciones tales como,

- Estaciones depuradoras de aguas residuales.
- Estaciones depuradoras de aguas urbanas.
- **Estaciones de bombeo y colectores.**
- **Estaciones de riego.**
- **Fabricas de pasta de papel.**
- Industrias agrícolas.
- Industrias agro-alimentarias.
- Industrias químicas.
- Instalaciones de incineración.
- Etc...

Los sinfines transportadores son la solución para el transporte de productos muy diversos,

- Materiales fangosos, semi-fluidos, viscosos, etc...
- Productos fibrosos, aglomerantes, etc...
- Materiales irregulares o que tiendan a formar bóvedas, etc...

Los sinfines transportadores sin núcleo se diferencian de los transportadores de tornillos clásicos en,

Primero.- El sinfin del transportador es una espiral sin eje, construido en acero inoxidable calidad Aisi 304 o 316, de fuerte espesor y robusto.

Segundo.- La concepción en espiral sin eje central, permite al sinfin transportador tener mayor capacidad de transporte.

Tercero.- El comportamiento con materias fibrosas o que tiendan a aglomerarse y el transportar productos de granulometría muy variable, es muy favorable debido a que ningún elemento frena el avance de los productos y se pueden llenar sin peligro de bloqueo.


Grupo FAGOMA
Reservado el derecho a modificar características, dimensiones o diseños



Referencia.: SINFÍN TRANSPORTADOR HELICOIDAL
Serie.: SFH
E.M.24

ESTRUAGUA
www.estrugua.com

Cuarto.- Los sinfines transportadores, pueden trabajar "empujando" o "tirando".

Quinto.- Las instalaciones con sinfines transportadores son muy compactas y ocupan espacio muy reducido.

Sexto.- Suplementando la espiral permite aumentar la inclinación de trabajo, así como aumentar la rigidez del sinfín transportador en grandes longitudes.

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Canal.- De diseño especial, construcción en completo acero inoxidable calidad Aisi 304 o 316, lleva incorporados unos pliegues en la parte superior de la misma con la finalidad de dar ubicación a las tapas protectoras. Rodeando a la misma, se introducen unos refuerzos en forma de U para garantizar el correcto funcionamiento de dicho equipo.

Boca de carga.- Diseño y dimensiones acorde con necesidades, construcción en acero inoxidable calidad Aisi 304 o 316.

Tapas protectoras.- Ubicación en la parte superior de la canal de transporte, sección longitudinal, estas llevan incorporadas una manetas para la extracción de las mismas, construcción en acero inoxidable calidad Aisi 304 o 316.

Cama transporte.- Polietileno antidesgaste Hd-1000, de sección curva.

Patas soporte equipo.- Soldadas directamente a la canal de transporte, tanto la distribución, cantidad y posición de montaje estarán acorde con la implantación, construcción en acero inoxidable calidad Aisi 304 o 316.

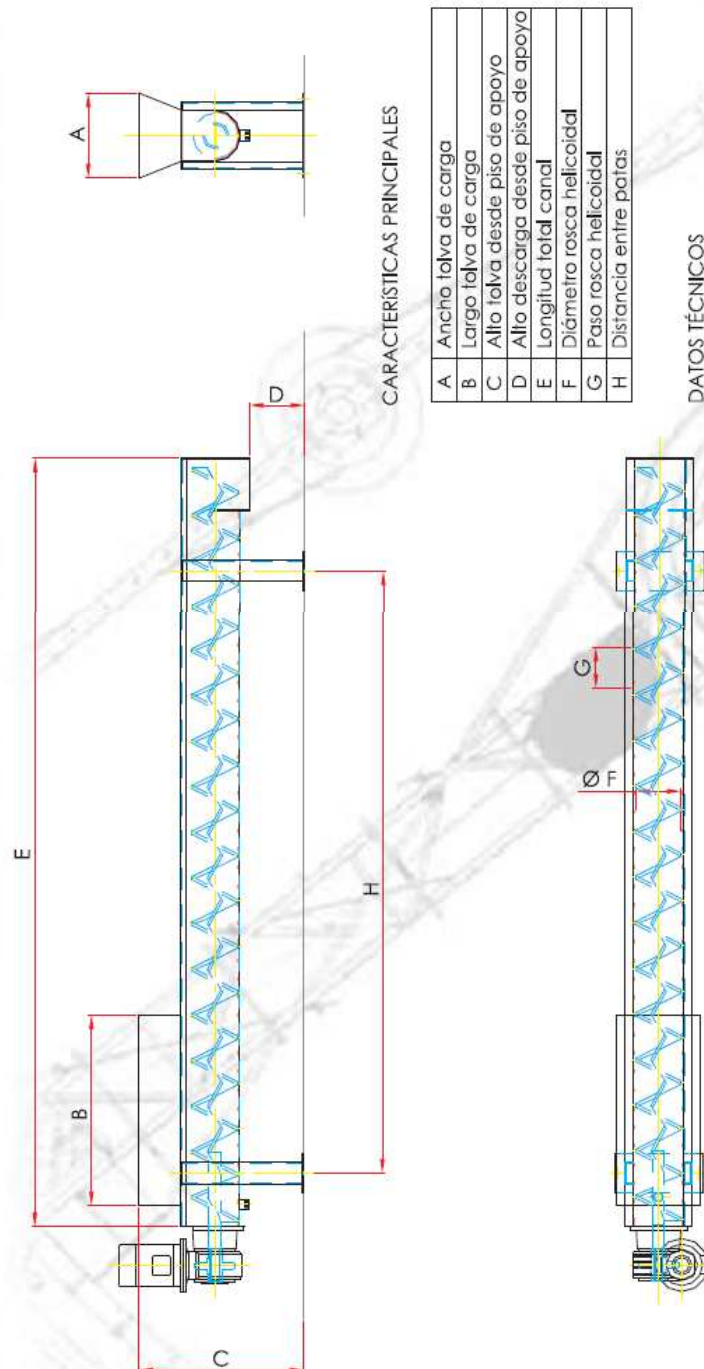
Rosca helicoidal.- Construcción en acero inoxidable calidad Aisi 304 o 316, esta tiene correctamente acoplados unos cepillos soldados directamente a la misma, los cuales tendrán el diámetro preciso para efectuar la limpieza precisa de la zona de escurrido ubicada en la canal de transporte.

Equipo motriz.- Compuesto por un grupo motorreductor que mediante una transmisión directa acciona el eje principal en el cual se halla sujeta la rosca helicoidal. Construido en perfiles laminados de acero inoxidable calidad Aisi 304 o 316.


Grupo FAGOMA
Reservado el derecho a modificar características, dimensiones o diseños



Referencia.: SINFÍN TRANSPORTADOR HELICOIDAL
Serie.: SFH
E.M.24



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

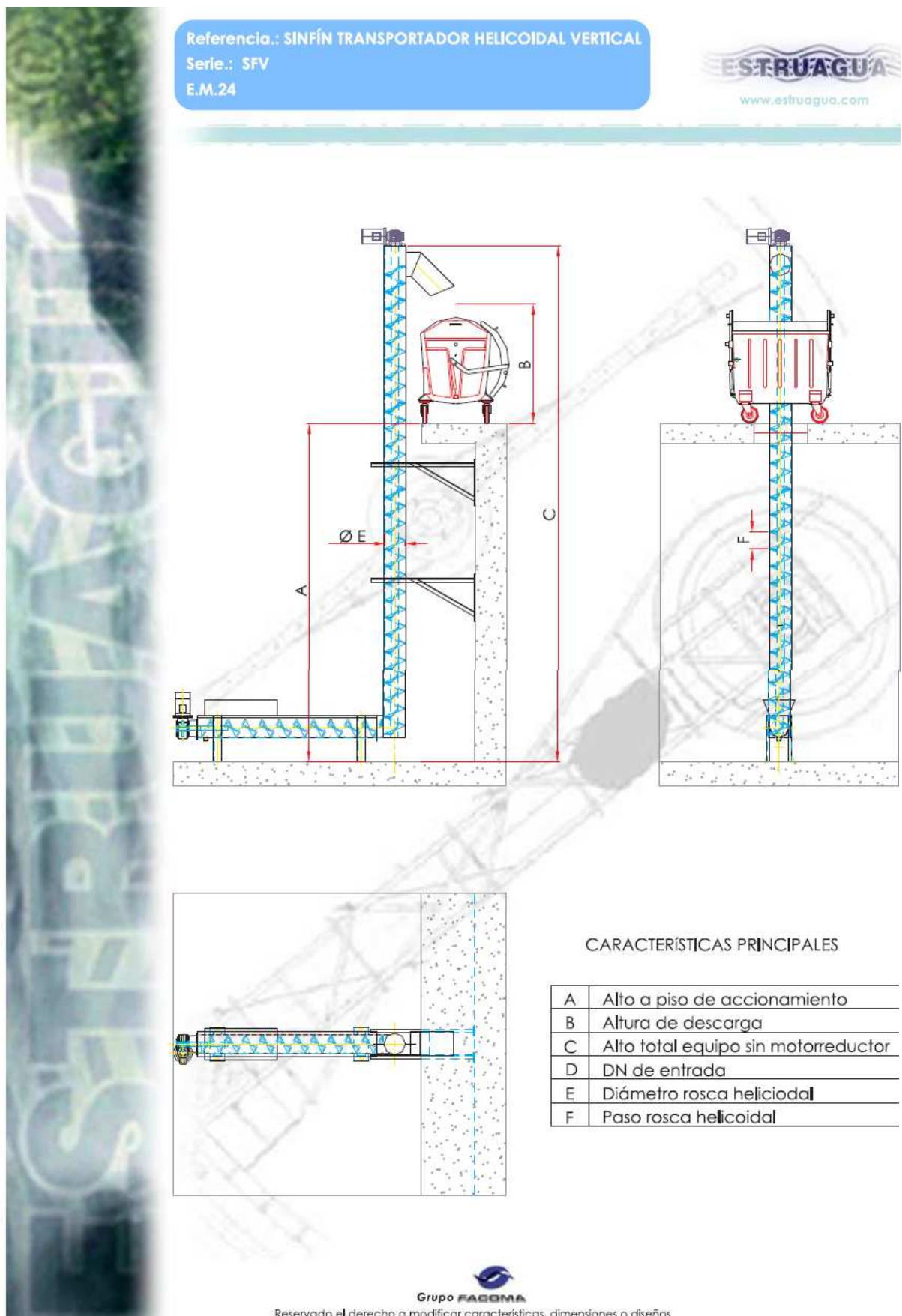
A	Ancho tolva de carga
B	Largo tolva de carga
C	Alto tolva desde piso de apoyo
D	Alto descarga desde piso de apoyo
E	Longitud total canal
F	Diámetro rosca helicoidal
G	Paso rosca helicoidal
H	Distancia entre patas

DATOS TÉCNICOS

MODELO	CAPACIDAD DE TRANSPORTE (m³/h)
SFH-160	Entre 0.75 y 1.50
SFH-215	Entre 1.50 y 2.50
SFH-280	Entre 2.50 y 4.00
SFH-315	Entre 4.00 y 5.50
SFH-380	Entre 5.50 y 7.00



Reservado el derecho a modificar características, dimensiones o diseños



1.3. Unidad preparación del polielectrolito

TOMAL®
METERING SYSTEMS

PolyRex

La nueva unidad TOMAL de preparación de Polímeros

La nueva unidad Tomal de preparación de polímeros se basa en más de 30 años de experiencia en la dosificación y mezcla de polímeros, con más de 1000 unidades fabricadas y suministradas en más de 40 países.

Su fiabilidad y acertado diseño han merecido la aceptación general en la industria papelera, industrias de proceso y en plantas de tratamiento de aguas potables y residuales.



PolyRex – El número uno de los dosificadores de polímero

PolyRex es un equipo automático y compacto para la preparación por cargas y dosificación de solución de polímeros partiendo tanto de producto en polvo como de líquido.

La unidad PolyRex proporciona un caudal ajustable de polímero, partiendo de un caudal ajustable de agua de preparación y disolución.

Para obtener una solución homogénea y activa de polímero, la unidad PolyRex utiliza un sistema de mezcla por etapas, que hidrata y mezcla de forma muy efectiva. La primera etapa es el sistema de hidratación donde se humedece el polímero, en la segunda etapa tiene lugar la aceleración del agua en el eyector y en la tercera y última etapa se lleva a cabo una eficiente y suave agitación en el tanque de mezcla. La unidad PolyRex con su sistema de mezcla por etapas, le asegura la forma más óptima de producir solución de polímero.

PolyRex – Reduce al mínimo el consumo de polímero y sin mantenimiento

■ El sistema de preparación por cargas o *batch* proporciona claras ventajas en comparación con los sistemas de tres compartimentos en continuo. La razón es que se evita el efecto "cortocircuito". No pasa al proceso ni una sola partícula de polímero que no haya sido previamente madurada y activada.

■ El conocido doble tomillo de dosificación de TOMAL garantiza una composición constante de cada carga, pues proporciona una dosificación continua sin pulsaciones y una alta precisión en la dosificación.

■ El nuevo mezclador estático en acero inoxidable y de gran eficiencia optimiza la secuencia de post dilución con agua.

■ Si el polímero en polvo cae al suelo durante su manipulación, la zona de trabajo podría ser peligrosa. Esto se evita realizando la carga de polímero mediante el aspirador por vacío. Es un método sencillo, limpio y libre de polvo.

■ Nuestra amplia gama de opciones, tales como diversos sistemas para *big-bag*, y nuestra gran flexibilidad, nos permiten adaptar nuestras máquinas a los requerimientos específicos de cada uno de nuestros clientes.

■ Cada unidad está lista para su uso inmediato, pues se prueba en fábrica antes de ser enviada al cliente.



PolyRex – Configuración de la máquina

□ **Dosificador de polvo.-** Dosificador de doble husillo tipo Poly 182 con motorreductor.

□ **Sistema de hidratación.-** Diseñado para una óptima disolución del polímero.

□ **Control de agua.-** El equipo automático de control de entrada de agua es fácilmente regulable, asegurando una presión de alimentación sin alteraciones.

□ **Tanques de preparación / almacenamiento** en acero inoxidable, incorporan el nuevo agitador de gran eficacia.

□ **Equipo eléctrico.-** Todo el equipamiento eléctrico y cables de interconexión de acuerdo con la normativa SS - EN60204-1. Todas las unidades incorporan autómatas con panel de operador S7 de Siemens, para un fácil manejo y control de todos los parámetros de proceso.

□ **Materiales.-** El dosificador de polímero, el soporte y la tolva, están fabricados en acero al carbono, Euronorma FE360 BFN, pintado con 40 micras de imprimación alquídica y 60 micras de acabado en base acrílica. Los tanques, el agitador y el sistema de hidratación son de acero inoxidable AISI 304 decapado. Los accesorios para agua y el eyector son de latón, mientras que toda la tubería es de PVC.

PolyRex – Equipos opcionales

□ **Aspirador para la carga del polímero.-** Asegura un ambiente de trabajo libre de polvo y sin ningún contacto directo con el producto

□ **Contacto de nivel en la tolva de almacenamiento.-** El nivel de pala rotativa en la tolva de almacenamiento proporciona una señal de alarma en caso de falta de producto

□ **Bomba dosificadora.-** Los motores de las bombas, pueden montarse con variador mecánico de velocidad o con variador de frecuencia. El módulo completo se monta sobre una consola e incluye la conexión eléctrica y su correspondiente automatización. Se puede suministrar señal de control remota para el ajuste automático del caudal.

□ **Caudalímetro electromagnético.-** Para una fácil y precisa medida de la capacidad de la bomba dosificadora, se puede montar un caudalímetro electromagnético en la línea de dosificación y antes del sistema de disolución de agua.

□ **Agua de disolución / mezclador estático.-** El agua y la solución concentrada son añadidas simultáneamente a la línea de dosificación para producir la concentración final, asegurando una solución homogénea en el punto de dosificación mediante la utilización del mezclador estático.

□ **Polímero líquido.-** Para una fácil conversión de polímero en polvo a líquido, hay un conmutador en el frontal del cuadro de control. La mezcla tiene lugar en el sistema de hidratación para obtener una solución lo más clara posible de polímero. El equipo consiste en una bomba dosificadora y una válvula antirretorno con su manguera de conexión.

□ **Ejecuciones en acero inoxidable.-** Todas las unidades, pueden ser suministradas con soporte, tuberías y válvulas en acero inoxidable AISI 304 ó 316

PolyRex – Estándares y normas

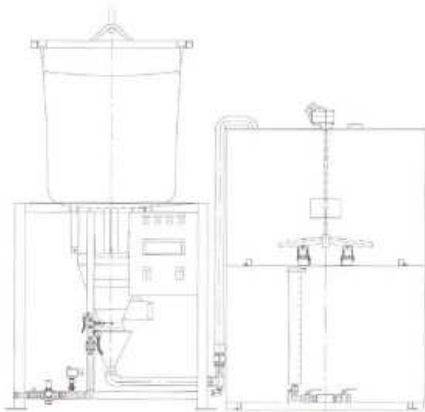
- ☐ TOMAL AB, es una compañía con la certificación SS ISO 9001
- ☐ Requisitos de calidad para soldaduras, de acuerdo con SS – EN 729 – 3
- ☐ Pruebas de homologación de soldadores según SS – EN 287 – 1
- ☐ “Grosser Eignungsnachweis” DIN 18 800 – 7 , Abs 6.2, DIN 18 801
- ☐ Guía sobre niveles de calidad para imperfecciones SS – EN 5817 – D
- ☐ Contratos de calidad implementados con todos los principales suministradores

PolyRex – Sistemas de descarga de *big bag*

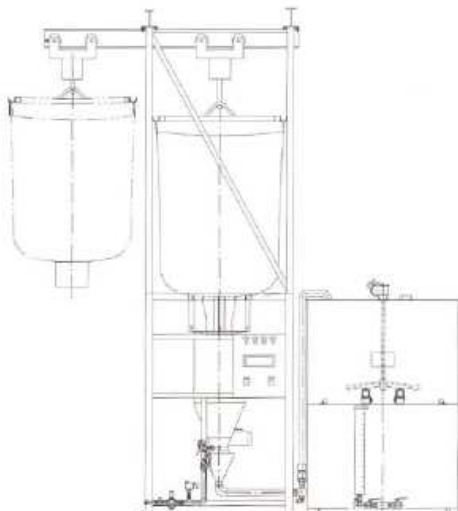
Opcionalmente los sistemas PolyRex pueden ser equipados con varios tipos de dispositivos para la manipulación de big bag.

Su uso adecuado permite obtener un ambiente totalmente libre de polvo.

Type 0,5% solution 0,25% solution



**Unidad Polyrex 3.0 equipada con soporte para big bag retornable.
Soporte disponible en acero al carbono o inoxidable.**



Unidad PoliRex “llave en mano”, con sistema para big bag con grúa para fácil manipulación.

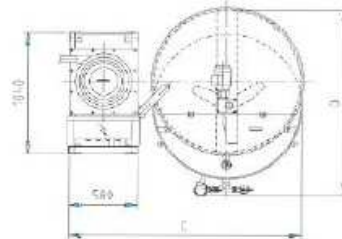
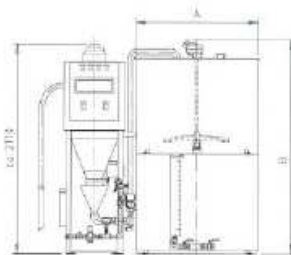
TOMAL®

METERING SYSTEMS

PolyRex Datos Técnicos

Modelo	Tanques	0,5% sol. Kgs/h sólido	0,25% sol. Kgs/h sólido	Plano nº
Polyrex 0.6	2x300 l	1-1,2	0,5-0,6	007891
Polyrex 1.0	2x500 l	1,8 - 2,3	0,9 - 1,1	007892
Polyrex 2.0	2x1000 l	3,8 - 4,7	1,9 - 2,3	007893
Polyrex 3.0	2x1500 l	5,1 - 6,4	2,5 - 3,2	007894
Polyrex 4.0	2x2000 l	7,7 - 9,5	3,8 - 4,7	007895A
Polyrex 5.4	2x2700 l	9,8 - 12	4,9 - 6	007896A
Polyrex 6.6	2x3300 l	12,9 -16	6,8 - 8,6	007897A
Polyrex 8.4	2x4200 l	15,6 - 19,1	8,3 - 10,4	007899A
Polyrex Maxi 11	2x5500 l	20,7 - 25,5	11,1 - 14	
PolyRex Maxi 16	2x 8000 l	27,4 - 33,0	15,1 - 18,6	008617A
PolyRex Maxi 23	2x11500 l	38,4 - 41	19,7 - 23,8	008617-A

Dimensiones (mm)



Modelo	Tanques	A	B	C	D
Polyrex 0.6	2x300 l	800	1470	1530	1140
Polyrex 1.0	2x500 l	960	1720	1670	1350
Polyrex 2.0	2x1000 l	1250	2230	1960	1610
Polyrex 3.0	2x1500 l	1430	2230	2140	1800
Polyrex 4.0	2x2000 l	1610	2780	2330	2100
Polyrex 5.4	2x2700 l	1860	2780	2560	2350
Polyrex 6.6	2x3300 l	1860	3280	2560	2350
Polyrex 8.4	2x4200 l	2000	3680	2700	2500

TOMAL AB, S-310 58 Vessigebro
Phone +46 (0)346-71 31 00, Fax +46 (0)346-71 31 39
Email : info@tomal.se, Internet : <http://www.tomal.se>



TECNIDOS Sistemas y Procesos SL * C/ Ruiseñor nº 10 * 28529 Rivas Vaciamadrid * Madrid *
Tel. 91 6700229 * Fax 91 6704963 * Internet : www.tecnidos.com * Email : info@tecnidos.com

1.4. Tolva

Referencia.: TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE LODOS
Serie.: TAF
E.M.39


www.estrugua.com



Un problema habitual en la estaciones depuradoras de aguas es la acumulación y gestión de los lodos generados en la misma.

Como solución ESTRUAGUA ofrece su tolva de almacenamiento de lodos, modelo TAF, capacidades comprendidas entre 5m³ hasta 100 m³.

Este tipo de depositos de acumulación de lodos son fabricados en forma cilíndrica con caracter estandar, bajo demanda pueden ser contruistrs en forma trapezoidal.

El material de construcción estandar es en acero al carbono calidad A/42-b, no obstante bajo demanda se puede construir en cualquier otro material.

Descripción.:

Patas soporte.:

Fabricadas normalmente en perfiles laminados en caliente IPE o UPN dependiendo de la capacidad de carga de la tolva, cada equipo posee cuatro patas las cuales estan soldadas eléctricamente bien a unas placas de union o al propio cuerpo de la tolva.

Cuerpo.:

De ejecución cilíndrica en su parte superior y conica en la parte inferior, su espesor oscila entre 4.00 mm y 6.00 mm dependiendo del volumen del mismo, refuerzos exteriores en perfiles normalizados, bien angulares o perfiles UPN.


Reservado el derecho a modificar características, dimensiones o diseños



Referencia.: TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE LODOS
Serie.: TAF
E.M.39



www.estrugua.com

En la parte superior del deposito localizamos la boca de carga de lodos, el deposito es totalmente cerrado con lo que evitamos olores indeseados y posee una barandilla de seguridad en toda la periferia del mismo.

Escalera de acceso.:

Las tolvas ""TAF"" poseen dos tipos de escaleras, la primera que llega hasta la boca de descarga y la segunda que nos lleva de la boca de descarga hasta la parte superior del deposito o zona de carga.

Boca de descarga.:

De ejecución eléctrica mediante actuador o hidráulica por mediación de piston hidráulico, ambos de ejecución Todo/Nada.

Proteccion superficial.:

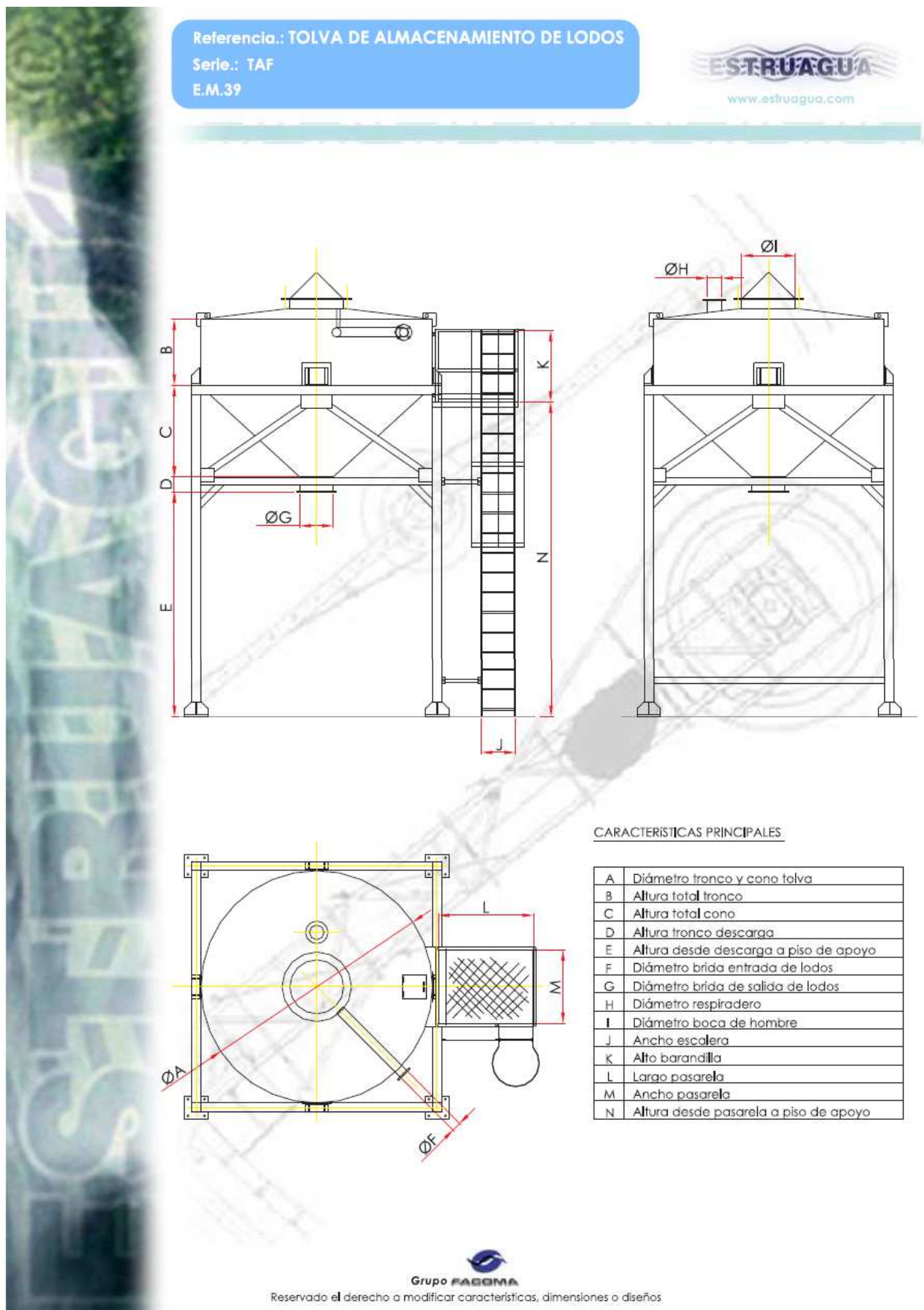
Todas las tolvas de almacenamiento ""TAF"" fabricadas en acero al carbono calidad A/-42.b, son sometidas al siguiente proceso de terminacion y proteccion anticorrosivo,

- Interior
 - Chorreado al grado de arena
 - 4 capas de imprimacion alquitran Epoxy (50 micras cada una)
- Exterior
 - Chorreado al grado de arena
 - 4 capas de imprimacion alquitran Epoxy (50 micras cada una)
 - 2 Capas de acabado HEMPEL dos componentes (50 micras cada una)



Grupo FAGOMA

Reservado el derecho a modificar características, dimensiones o diseños





Referencia.: TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE LODOS

Serie.: TAF

E.M.39

ESTRUAGUA
www.estrugua.com

MODELO	CAPACIDAD (m ³)	Ø TRONCO Y CONO (mm)	ALTURA TRONCO (mm)	ALTURA CONO (mm)	DISTANCIA A PISO DE APOYO (mm)	ALTURA TOTAL (mm)	DIMENSIONES HUECO SALIDA (mm)
Taf-010	10	2000	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-020	20	2800	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-030	30	3500	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-040	40	4000	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-050	50	4500	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-060	60	5000	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-070	70	5300	3000	1800	4000	9600	500x500



Grupo FAGOMA

Reservado el derecho a modificar características, dimensiones o diseños

2. ALGORITMOS DE CÁLCULO

2.1. Parámetros en el resultado del cálculo

11	Caudal de fango a filtrar por hora laborable (m3/h)	6,98
12	Caudal de fango alimentado por centrífuga (m3/h laborable)	3,49
13	Sólidos alimentados por centrífuga (Kg/h laborable)	112,8
14	Caudal másico de fangos alimentado por centrífuga (Tm/h laborable)	3,51
15	Densidad del fango alimentado por centrífuga (Kg/l)	1,01
16	Densidad del fango deshidratado (Kg/l)	1,04
17	Volumen del fango deshidratado por hora laborable (m3/h)	1,03
18	Volumen del fango deshidratado semanal (m3/semana)	98,45
19	Diámetro del rotor (bowl) (m)	0,24
20	Longitud del rotor (bowl) (m)	0,8
21	Potencia unitaria aproximada del motor (CV)	4,6
22	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/h laborable)	0,56
23	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/semana)	54,15
11	$(L1*7) / (L2*L3)$	
12	$L11 / L4$	
13	$L12 * L5$	
14	$(L13/1000 + (L12 - (L13/L7)/1000))*1$	
15	$L14 / L12$	
16	$(L6/1000) + 1 - ((L6/1000)/L7)$	
17	$(L13/L6) * L4$	
18	$L17 * L3 * L2$	
19	$((L1/24) / (L8*L4)) / (L9*0,682)) ^ (1/3)$	
20	$L19 * L9$	
21	$0,15 * ((L1/24) / (L8*L4)) * 1000$	
22	$(L13 / 1000) * L10$	
23	$(L22 * L3 * L2)$	

2.2. Cálculos para máxima capacidad

Para el cálculo de la máxima capacidad se ha tenido que proceder a realizar una serie de comprobaciones numéricas para obtener el caudal máximo de la estación centrifugadora para así saber si el resto de elementos se encontraban dentro de los límites. Para hacer más fácil la formulación, a partir de ahora para hacer referencia a algún parámetro se va a nombrar mediante el uso de la letra 'L', seguida del número que ocupa en la fila, ejemplo:

21	Potencia unitaria aproximada del motor (CV)
22	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/h laborable)
23	Consumo de polielectrolito por centrífuga (Kg/semana)

Consumo de polielectrolito por centrífuga = L22

Tras esta aclaración, los cálculos comienzan con el establecimiento del valor que ha sido llevado a su límite para realizar los cálculos.

Consumo de polielectrolito total máximo = 1.2

A partir de este valor se realizan los cálculos.

Cálculo de consumo de polielectrolito por centrífuga.

$$L22 = 0.6$$

A partir de ese valor, se calcula los sólidos alimentados por centrífuga.

$$L22 = \frac{L13}{1000} \cdot L10 \Rightarrow L13 = \frac{1000 \cdot 0.6}{5} \Rightarrow L13 = 120$$

Tras este se pasa a la obtención del caudal de fango alimentado por cada centrífuga.

$$L13 = L12 \cdot L5 \Rightarrow L12 = \frac{120}{32.31} \Rightarrow L12 = 3.71$$

Para después obtener el total.

$$L12 = \frac{L11}{L4} \Rightarrow L11 = 3.71 \cdot 2 \Rightarrow L11 = 7.42$$

Por último se calcula el caudal máximo de fangos a filtrar.

$$L11 = \frac{L1 \cdot 7}{L2 \cdot L3} \Rightarrow L1 = \frac{7.42 \cdot 6 \cdot 16}{7} \Rightarrow 101.76$$



El volumen de recirculación no se encuentra en la tabla, pero es necesario calcularlo para la comprobación de la bomba de recirculación.

$$\text{Volumen_recirculacion} = L11 - L17 \Rightarrow \text{Vol.}_\text{rec.} = 7.42 - 1.09 \Rightarrow \text{Vol.}_\text{rec.} = 6.33$$