UCA Universidad de Cádiz

Universidad de Cádiz

Proyectos de fin de carrera de Ingeniería Química

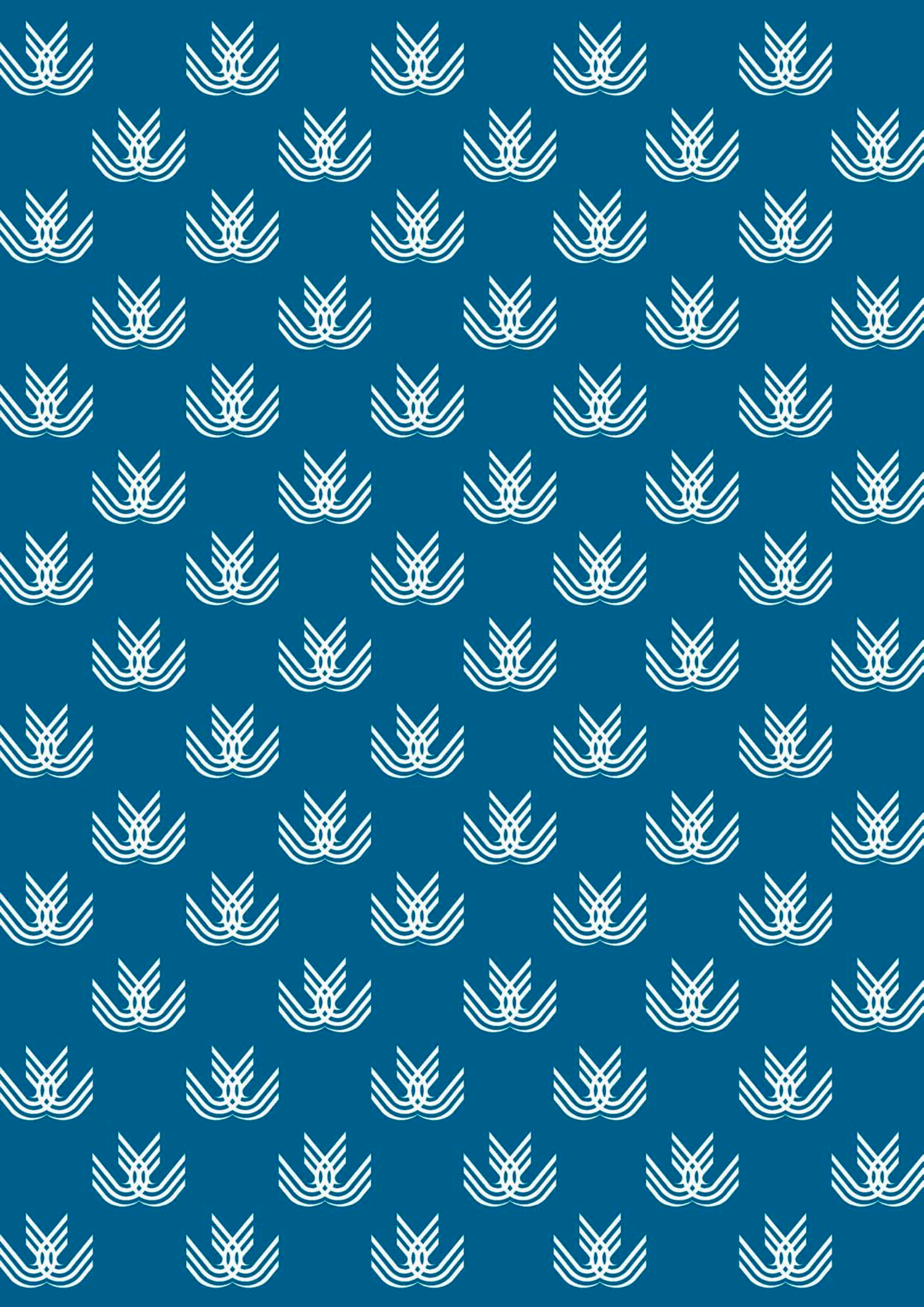
Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: ELIMINACIÓN DEL FÓSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CÁDIZ-SAN FERNANDO

Autor: David FERNÁNDEZ ROMERO

Fecha: Septiembre 2007



INDICE GENERAL

1 MEMORIA.....pag 1

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....pag 1

1.1.1 Resumen.....pag 1

1.1.2 Introducción.....pag 5

Depuración de las aguas residuales

Nutrientes en el agua residual

Estruvita

Objeto del proyecto

Descripción de la estación depuradora de aguas residuales de Cádiz - San Fernando

1.1.3 Hipótesis de partida.....pag 39

1.1.4 Eliminación y recuperación de fósforo.....pag 40

Procesos de eliminación del fósforo

Recuperación de fósforo

Viabilidad de la recuperación de fósforo

1.1.5 Criterios de selección y solución adoptada.....pag 54

1.1.6 Descripción de la instalación.....pag 57

Zona 1: Almacenamiento y dosificación del agua a tratar

Zona 2: Almacenamiento y dosificación de cloruro de magnesio

Zona 3: Almacenamiento y dosificación de Hidróxido de sodio

Zona 4: Reactor químico

Zona 5: Recogida de producto

1.1.7 Modo de operación.....pag 84

1.1.8 Resumen del presupuesto.....pag 85

1.1.9 Bibliografía.....pag 86

1.2 CALCULOS JUSTIFICATIVOS.....pag 91

1.2.1 Diagrama de flujo.....pag 91

Cálculo de caudales y cantidad de fósforo en la línea de fango

Cálculo de caudales y cantidad de fósforo en la línea de agua

1.2.2. Esquema del proceso.....pag 98

1.2.3. Ubicación de los equipos en planta.....pag 100

1.2.4. Tanque de almacenamiento de la alimentación.....pag 106

1.2.5. Tanque de cloruro de magnesio.....pag 125

1.2.6. Tanque de NaOH.....pag 135

1.2.7. Reactor.....pag 142

1.2.8. Tuberías.....pag 163

1.2.9. Bombas.....pag 169

Calculo de la altura manométrica necesaria para cada bomba

Selección de bombas

1.2.10. Válvulas.....pag 182

Válvula de control

Categorías de válvulas

Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio)

Selección de válvulas

1.3 ANEXOS

1.3.1 Anexo 1: Bombas

1.3.2 Anexo 2: Válvulas

1.3.3 Anexo 3: Instrumentación

1.3.4 Anexo 4: Equipos

1.3.5 Anexo 5: Reactivos

1.3.6 Anexo 6: Hojas de cálculo

2 PLANOS

2.1 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA INSTALACIÓN DENTRO DE LA EDAR

2.2 ISOMÉTRICA DE LA INSTALACIÓN

2.2.1 Planta de la instalación

2.2.2 Planta de la instalación acotada

2.2.3 Alzado de la instalación

2.2.4 Alzado de la instalación acotado

2.3 DEPÓSITO DE ALIMENTACIÓN

2.4 DEPÓSITO DE CLORURO DE MAGNESIO

2.5 REACTOR QUÍMICO

3 PLIEGO DE CONDICIONES.....pag 1

3.1 CAPITULO 1: OBJETO.....pag 1

3.1.1.- Objeto del pliego de condiciones generales.....pag 1

3.2 CAPÍTULO 2: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES DE LA OBRA.....pag 2

3.2.1.- Condiciones de índole facultativo.....pag 6

Equipo y maquinaria

Ocupación de terrenos

Materiales

Obras defectuosas o mal ejecutadas

Modificación del contrato

Abono de la obra ejecutada

Resolución del contrato

Suspensión de las obras

Conclusión del contrato

Acciones previas a la ejecución de la obra

Comprobación del replanteo

Cond. Legales, códigos, normas, leyes y reglamentos de referencia

Dirección técnica. Atribuciones

Dirección facultativa. Atribuciones

Personalidad del constructor

Libro de órdenes

Ejecución de la obra

3.2.2.- Condiciones de índole económica.....pag 28

Principio general

Fianza. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza y devolución de la misma

Precios

Obras por administración

De la valoración y abono de los trabajos

Las indemnizaciones mutuas

Varios

Obras no previstas

Liquidaciones

Garantía

Acta de Recepción Provisional y Certificación de Liquidación Provisional

Acta de Recepción Definitiva y Liquidación Final

Honorarios

Coste de adquisición de materiales

Revisiones de precios

Unidades de obra

Pruebas y análisis

Proveedores, marcas y firmas especializadas

Estimación de precios a priori

3.2.3.- Condiciones de índole legal.....pag 47

Modificaciones de obra

Derecho de rescisión

Rescisión por incumplimiento del contrato

Liquidación en caso de rescisión

Traspaso de contrato

Muerte o quiebra del contratista

Cuestiones no previstas o reclamaciones

Fábricas y trabajos no previstos en este pliego

4 PRESUPUESTO.....pag 1

4.1 PRESUPUESTOS PARCIALES.....pag 1

4.1.1 Equipos e instrumentos.....pag 1

4.1.2 Sistemas de bombeo.....pag 2

4.1.3 Válvulas.....pag 3

4.1.4 Tuberías.....pag 3

4.1.5 Accesorios.....pag 4

4.2 PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL.....pag 5

4.3 PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCION POR CONTRATA.....pag 5

4.4 ESTUDIO DE BENEFICIOS.....pag 6

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas:

Tabla 1.1 Valores típicos de sólidos en las aguas residuales domésticos……pag 7
Tabla 1.2 Eliminación del nitrógeno y del fosfato de las aguas residuales……...pag 18
Tabla 1.3 Ventajas e inconvenientes de las tecnologías de recuperación del fósforo…….pag 55
Tabla 1.4 Dispositivos zona 1……..pag 58
Tabla 1.5 Características de los distintos pozos de bombeo…….pag 60
Tabla 1.6 Características de las bombas de los pozos de bombeo…….pag 60
Tabla 1.7 Resumen del diseño del depósito de alimentación……pag 62
Tabla 1.8 Tuberías zona 1…….pag 64
Tabla 1.9 Dispositivos zona 2……..pag 65
Tabla 1.10 Resumen del diseño del depósito de cloruro de magnesio……pag 66
Tabla 1.11 Características de la bomba dosificadora Milroyal……pag 67
Tabla 1.12 Tuberías zona 2……pag 68
Tabla 1.13 Dispositivos zona 3……..pag 69
Tabla 1.14 Características del depósito del hidróxido sódico……..pag 69
Tabla 1.15 Materiales de construcción de la bomba dosificadora Max Roy D105……pag 70
Tabla 1.16 Tuberías zona 3…….pag 71
Tabla 1.17 dispositivo zona 4……pag 72
Tabla 1.18 Resumen del diseño del reactor……..pag 73
Tabla 1.19 Tuberías zona 4……pag 74
Tabla 1.20 Dispositivos zona 5……...pag 77
Tabla 1.21 Distancias recomendadas entre unidades para plantas químicas y petroleros según Industrial Risk Insures (IRI)……..pag 103
Tabla 1.22 Requerimientos de distintos estándares……pag 106
Tabla 1.23 Grupos de materiales……pag 107
Tabla 1.24 Materiales más comunes y esfuerzos permisibles (kg/cm^2)……pag 111
Tabla 1.25 Volumen de cabezas elipsoidales 2:1 en función del diámetro……...pag 118
Tabla 1.26 Espesor del cuello, tapa plana y brida de la entrada de hombre……...pag 120
Tabla 1.27 Dimensiones de la entrada de hombre de 508 mm (mm)……pag 121
Tabla 1.28 Dimensiones para sumideros……pag 123

Tabla 1.29 Clasificación de reactivos según SAF-T-DATA……pag 126
Tabla 1.30 Cálculo del caudal de NaOH…….. pag 136
Tabla 1.31 Resultado del cálculo del caudal NaOH…… pag 137
Tabla 1.32 Caudal NaOH en función de la concentración de NaOH…… pag 138
Tabla 1.33 Material del depósito en función de la sustancia…… pag 140
Tabla 1.34 Resultados del dimensionamiento del reactor químico…… pag 153
Tabla 1.35 Valores del parámetro A en función del factor X……pag 157
Tabla 1.36 Especificaciones del agitador HELISEM serie VRG tipo 30615……..pag 162
Tabla 1.37 Diámetro de cálculo de las tuberías……pag 166
Tabla 1.38 Dimensiones de los tubos según ANSI B 36.10……...pag 167
Tabla 1.39 Espesores nominales de tuberías……pag 167
Tabla 1.40 Pérdidas de cargas en tuberías……pag 171

Figuras:

Figura 1.1 Tratamiento primario y tratamiento secundario en una EDAR…… pag 13
Figura 1.2 Cristales de estruvitas……pag 19
Figura 1.3 Incrustación de estruvitas en una conducción……..pag 20
Figura 1.4 DHV Crystalactor……pag 48
Figura 1.5 Proceso Phonix……pag 50
Figura 1.6 Proceso Rem-NUT……..pag 51
Figura 1.7 Pozo de bombeo……..pag 60
Figura 1.8 Filtro SDF……...pag 75
Figura 1.9 Esquema de un decantador centrifugo……pag 78
Figura 1.10 Decantador centrifugo ALDEC 10……..pag 79
Figura 1.11 Bomba de cavidades progresivas Fligt ANBP……...pag 82
Figura 1.12 Tolva de almacenamiento TAF……...pag 83
Figura 1.13 Diagrama de flujo EDAR……...pag 97
Figura 1.14 Esquema del proceso……pag 99
Figura 1.15 Gráfica para determinar el tamaño optimo del recipiente……pag 109
Figura 1.16 Fórmula del espesor del casco cilíndrico……pag 113
Figura 1.17 Tipo de juntas soldadas……..pag 114
Figura 1.18 Espesor cabeza elipsoidal 2:1……..pag 115

Figura 1.19 Extrapolación de los datos de la tabla 1.25……..pag 119
Figura 1.20 Venteo……...pag 122
Figura 1.21 Representación de los datos de la tabla 1.25……..pag 132
Figura 1.22 Representación esquemática del reactor en planta piloto…..……..pag 143
Figura 1.23 Volumen del tronco de cono de altura h……pag 147
Figura 1.24 Fórmula del espesor en la virola troncocónica……pag 156
Figura 1.25 Modelo de flujo con un adaptador de hélice……pag 161
Figura 1.26 Dimensiones del agitador HELISEM serie VRG tipo 30615……pag 162
Figura 1.27 Configuración de bombas……...pag 169
Figura 1.28 Altura manométrica de una instalación en carga……pag 170
Figura 1.29 Alzado de la instalación acotada……..pag 172
Figura 1.30 Planta de la instalación acotada……...pag 172

Nota: Todas las tablas y figuras nombradas se encuentran dentro de la memoria

CAPÍTULO 1

MEMORIA

INDICE MEMORIA

1 MEMORIA.....pag 1

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....pag 1

1.1.1 Resumen.....pag 1

1.1.2 Introducción.....pag 5

Depuración de las aguas residuales

Nutrientes en el agua residual

Estruvita

Objeto del proyecto

Descripción de la estación depuradora de aguas residuales de Cádiz - San Fernando

1.1.3 Hipótesis de partida.....pag 39

1.1.4 Eliminación y recuperación de fósforo.....pag 40

Procesos de eliminación del fósforo

Recuperación de fósforo

Viabilidad de la recuperación de fósforo

1.1.5 Criterios de selección y solución adoptada.....pag 54

1.1.6 Descripción de la instalación.....pag 57

Zona 1: Almacenamiento y dosificación del agua a tratar

Zona 2: Almacenamiento y dosificación de cloruro de magnesio

Zona 3: Almacenamiento y dosificación de Hidróxido de sodio

Zona 4: Reactor químico

Zona 5: Recogida de producto

1.1.7 Modo de operación.....pag 84

1.1.8 Resumen del presupuesto.....pag 85

1.1.9 Bibliografía.....pag 86

1.2 CALCULOS JUSTIFICATIVOS.....pag 91

1.2.1 Diagrama de flujo.....pag 91

Cálculo de caudales y cantidad de fósforo en la línea de fango

Cálculo de caudales y cantidad de fósforo en la línea de agua

1.2.2. Esquema del proceso.....pag 98

1.2.3. Ubicación de los equipos en planta.....pag 100

1.2.4. Tanque de almacenamiento de la alimentación.....pag 106

1.2.5. Tanque de cloruro de magnesio.....pag 125

1.2.6. Tanque de NaOH.....pag 135

1.2.7. Reactor.....pag 142

1.2.8. Tuberías.....pag 163

1.2.9. Bombas.....pag 169

Calculo de la altura manométrica necesaria para cada bomba

Selección de bombas

1.2.10. Válvulas.....pag 182

Válvula de control

Categorías de válvulas

Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio)

Selección de válvulas

1.3 ANEXOS

1.3.1 Anexo 1: Bombas

1.3.2 Anexo 2: Válvulas

1.3.3 Anexo 3: Instrumentación

1.3.4 Anexo 4: Equipos

1.3.5 Anexo 5: Reactivos

1.3.6 Anexo 6: Hojas de cálculo

1 MEMORIA

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.1 Resumen

El proyecto que se presenta propone una alternativa para minimizar la acumulación de fósforo que se produce en el tratamiento de las aguas residuales en la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Cádiz-San Fernando.

Esta acumulación de fósforo se produce fundamentalmente en la línea de lodos ya que, bajo las condiciones que se dan tras la digestión de fangos se produce la reacción de precipitación de un mineral llamado “estruvita”.

$$Mg^{2+} + NH_4^+ + PO_4^{3-} + 6H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$$

La deposición de este mineral provoca obstrucciones y atascos en tuberías y equipos, con el consiguiente gasto económico en mantenimiento, bombeo, y reposición de partes inutilizadas.

El problema de precipitación de estruvita en las estaciones depuradoras de aguas residuales, se produce en la mayoría de las EDAR que tienen tratamiento de digestión anaerobia. Sin embargo, aunque existen algunas prácticas que se aplican en determinadas instalaciones, la solución a este problema aún esta en fase de investigación y en la mayor parte de las ocasiones solo se procede a desmontar las conducciones para su limpieza, lo cuál no siempre es posible.

El problema existente en la planta depuradora de Cádiz-San Fernando se debe, por tanto, a que el fosfato contenido en el agua residual pasa al fango a través de los procesos biológicos y luego se libera al medio en la digestión, produciéndose la deposición de estruvita en conducciones y equipos que están instalados después de la digestión.

Dado que los sobrenadantes que se generan en las distintas unidades de separación existentes en la línea de lodos están muy cargados en fosfatos y que éstos se recirculan a cabecera de planta se establece un círculo vicioso y se produce una acumulación continuada de fósforo en la planta.

Considerando las distintas corrientes de sobrenadantes que se recirculan, el mayor aporte de fosfato procede que se produce de la deshidratación de fangos, ya que se trata de una corriente que está altamente concentrada en fósforo. Además, esta corriente es la que tiene un menor caudal de todos los sobrenadantes, por lo que se convierte en la corriente idónea para realizarle un tratamiento de eliminación de fosfato.

Por todo lo anterior, y tras realizar un exhausto análisis de la información científico-técnica disponible sobre las posibles opciones para abordar el problema de la eliminación del fosfato en la EDAR Cádiz-San Fernando, se seleccionó un tratamiento de precipitación controlada de estruvita en un reactor, tratando la corriente de sobrenadante procedente de la deshidratación.

En el proyecto presentado se ha considerado las nuevas unidades que son necesarias para la eliminación del fósforo, considerando el espacio disponible actualmente para ubicarlas y tomando como premisa de partida no modificar las instalaciones existentes, es decir, que nuestro proceso sea independiente de las instalaciones existentes. Al igual que ocurre en la actualidad la corriente tratada se recirculará a cabecera de planta.

El proceso de eliminación de fósforo seleccionado consiste en promover la reacción de precipitación de estruvita manteniendo las condiciones óptimas para la precipitación (pH =9), y añadiendo una fuente de magnesio, ya que el efluente de agua a tratar es rico en fosfato y amonio, que son los otros reactivos necesarios.

Desde el punto de vista del contenido del Proyecto que se presenta ha sido necesario, en primer lugar, cerrar el diagrama de flujo de materia referido al fósforo con ayuda de los datos suministrados por la EDAR Cádiz-San Fernando, para seleccionar la corriente idónea a tratar (como se ha comentado previamente) y disponer de los datos básicos de partida para iniciar el diseño y dimensionamiento de las unidades necesarias.

Así, se han seleccionado y dimensionado los diferentes depósitos necesarios para el almacenamiento y dosificación de los reactivos (cloruro de magnesio y sosa) y para regular el caudal de la corriente de sobrenadante de las centrifugas de deshidratación que se alimenta en continuo al reactor.

El diseño del reactor químico constituye el corazón del proceso de eliminación de fósforo y se ha realizado utilizando los datos cinéticos recopilados de la bibliografía con el objetivo de alcanzar una elevada conversión con el mínimo volumen del equipo. Además la configuración del reactor se selecciona de tal forma que en el mismo se produzca, no solo la formación de la estruvita sino también su sedimentación y la separación de la corriente líquida. Por ello, dado que se trata de una operación con flujo continuo del diseño debe considerar que las partículas formadas alcancen un tamaño suficiente en el interior del mismo para que no salgan con la corriente de efluente.

El procedimiento seguido para la selección de las dimensiones óptimas del reactor ha requerido la realización de múltiples cálculos en los que se modificaban las dimensiones del mismo y se comprobaba cómo se afectaban todas las variables relacionada con la reacción de precipitación y con la separación de las partículas (la conversión de eliminación de fosfato, el tamaño de las partículas, el número de Reynolds, la velocidad lineal del fluido, etc…)

Lógicamente también ha sido necesario realizar el diseño del sistema de transporte de fluidos. Así, se han calculado y seleccionado los equipos de bombeo, válvulas, red de tuberías, etc…

Finalmente, También se han dimensionado los equipos necesarios para acondicionar la estruvita formada: una tolva de almacenamiento, un decantador centrífugo para retirar el agua de los cristales de estruvita formados, un filtro para eliminar los cristales del efluente, etc…

Una vez diseñados y seleccionados todos los equipos necesarios para conseguir la eliminación del fósforo acumulado en la EDAR Cádiz-San Fernando se procedió a su ubicación dentro de la misma intentando que las nuevas instalaciones provoquen el mínimo impacto en las instalaciones existentes.

El Proyecto presentado incorpora todos los documentos típicos de un Proyecto de Ingeniería: Memoria Descriptiva, con sus correspondientes anexos de cálculo, Pliego de Condiciones, Planos y Presupuesto.

1.1.2 Introducción

Depuración de las aguas residuales

Podemos definir la depuración de aguas, como los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de viviendas e industrias. La depuración cobró importancia progresivamente desde principios de la década de 1970 como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación humana del medio ambiente, desde el aire a los ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas, por los desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas.

Los métodos de depuración de residuos se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos todavía funcionan en nuestros días. Hacia finales de la edad media empezaron a usarse en Europa, primero, excavaciones subterráneas privadas y, más tarde, letrinas.

Unos siglos después se recuperó la costumbre de construir desagües, en su mayor parte en forma de canales al aire o zanjas en la calle. Al principio estuvo prohibido arrojar desperdicios en ellos, pero en el siglo XIX se aceptó que la salud pública podía salir beneficiada si se eliminaban los desechos humanos a través de los desagües para conseguir su rápida desaparición. A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Para el tratamiento en instalaciones públicas se adoptó primero la técnica del filtro de goteo. Durante la segunda década del siglo, el proceso del lodo activado, desarrollado en Gran Bretaña, supuso una mejora significativa por lo que empezó a emplearse en muchas localidades de ese país y de todo el mundo. Desde la década de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más significativo del tratamiento químico.

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías, generalmente clasificadas según el tipo de agua residual que circule por ellas. Los sistemas que transportan tanto agua de lluvia como

aguas residuales domésticas se llaman combinados. Generalmente funcionan en las zonas viejas de las áreas urbanas. Al ir creciendo las ciudades e imponerse el tratamiento de las aguas residuales, las de origen doméstico fueron separadas de las de los desagües de lluvia por medio de una red separada de tuberías. Esto resulta más eficaz porque excluye el gran volumen de líquido que representa el agua de escorrentía. Permite mayor flexibilidad en el trabajo de la planta depuradora y evita la contaminación originada por escape o desbordamiento que se produce cuando el conducto no es lo bastante grande para transportar el flujo combinado. Para reducir costes, algunas ciudades, por ejemplo Chicago, han hallado otra solución al problema del desbordamiento: en lugar de construir una red separada, se han construido, sobre todo bajo tierra, grandes depósitos para almacenar el exceso de flujo, después se bombea el agua al sistema cuando deja de estar saturado.

Las instalaciones domésticas suelen conectarse mediante tuberías de arcilla, hierro fundido o PVC de entre 8 y 10 cm de diámetro. El tendido de alcantarillado, con tuberías maestras de mayor diámetro, puede estar situado a lo largo de la calle a unos 1,8 m o más de profundidad. Los tubos más pequeños suelen ser de arcilla, hormigón o cemento, y los mayores, de cemento reforzado con o sin revestimiento. A diferencia de lo que ocurre en el tendido de suministro de agua, las aguas residuales circulan por el alcantarillado más por efecto de la gravedad que por el de la presión. Es necesario que la tubería esté inclinada para permitir un flujo de una velocidad de al menos 0,46 m/s, ya que a velocidades más bajas la materia sólida tiende a depositarse. Los desagües principales para el agua de lluvia son similares a los del alcantarillado, salvo que su diámetro es mucho mayor. En algunos casos, como en el de los sifones y las tuberías de las estaciones de bombeo, el agua circula a presión.

Las canalizaciones urbanas acostumbran a desaguar en interceptadores, que pueden unirse para formar una línea de enlace que termina en la planta depuradora de aguas residuales. Los interceptadores y los tendidos de enlace, construidos por lo general de ladrillo o cemento reforzado, miden en ocasiones hasta 6 m de anchura.

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual.

Las aguas residuales tienen un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, y estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales.

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO) y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO_5 y DQO. La DBO_5 es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. De modo similar, la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO_5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO_5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales. Los valores típicos para los residuos sólidos presentes en el agua y la DBO_5 del agua residual doméstica aparecen en la tabla adjunta. El contenido típico en materia orgánica de estas aguas es un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas y un 10% de grasas; y el pH puede variar entre 6,5 y 8,0.

	Sólidos (mg/l)			DBO_5	DQO
Tipos de sólidos	Fijos	Volátiles	Total	mg/l	mg/l
Suspendidos	70	175	245	110	108
Precipitables	45	100	145	50	42
No precipitables	25	75	100	60	66
Disueltos	210	210	420	30	42
Total	280	385	665	140	150

Tabla 1.1 Valores típicos de sólidos en las aguas residuales domesticas.

No es fácil caracterizar la composición de los residuos industriales con arreglo a un rango típico de valores dado según el proceso de fabricación. La concentración de un residuo industrial se pone de manifiesto enunciando el número de personas, o equivalente de población (PE), necesario para producir la misma cantidad de residuos. Este valor acostumbra a expresarse en términos de DBO_5. Para la determinación del PE se emplea un valor medio de 0,077 kg/día de DBO_5 a 20 °C por persona. El equivalente de población de un matadero, por ejemplo, oscilará entre 5 y 25 PE por animal.

La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos traza, petróleo y productos químicos orgánicos.

La mayoría de los vertidos de aguas residuales que se hacen en el mundo no son tratados. Simplemente se descargan en el río, mar o lago más cercano y se deja que los sistemas naturales, con mayor o menor eficacia y riesgo, degraden los desechos de forma natural. En los países desarrollados una proporción, cada vez mayor, de los vertidos es tratada antes de que lleguen a los ríos o mares en EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales).

El objetivo de estos tratamientos es, en general, reducir la carga de contaminantes del vertido y convertirlo en inocuo para el medio ambiente. Para cumplir estos fines se usan distintos tipos de tratamiento dependiendo de los contaminantes que arrastre el agua y de otros factores más generales, como localización de la planta depuradora, clima, ecosistemas afectados, etc. (Rigola Lapeña, M;1989).

Tipos de tratamiento

Hay distintos tipos de tratamiento de las aguas residuales para lograr retirar contaminantes. Se pueden usar desde sencillos procesos físicos como la sedimentación, en la que se deja que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta complicados procesos químicos, biológicos o térmicos. Entre ellos, los más usuales son:

a) Físicos

-Sedimentación.

-Flotación.- Natural o provocada con aire.

-Filtración.- Con arena, carbón, cerámicas, etc.

-Evaporación.

-Adsorción.- Con carbón activo, zeolitas, etc.

-Desorción (Stripping). Se transfiere el contaminante al aire (ej. amoniaco).
-Extracción.- Con líquido disolvente que no se mezcla con el agua.

b) Químicos
-Coagulación-floculación.- Agregación de pequeñas partículas usando coagulantes y floculantes (sales de hierro, aluminio, polielectrolitos, etc.)
-Precipitación química.- Eliminación de metales pesados y otros elementos como el fosforo haciéndolos insolubles con la adición de lechada de cal, hidróxido sódico u otros que suben el pH.
-Oxidación-reducción.- Con oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, cloro, permanganato potásico o reductores como el sulfito sódico.
-Reducción electrolítica.- Provocando la deposición en el electrodo del contaminante. Se usa para recuperar elementos valiosos.
-Intercambio iónico.- Con resinas que intercambian iones. Se usa para quitar dureza al agua.
-Osmosis inversa.- Haciendo pasar al agua a través de membranas semipermeables que retienen los contaminantes disueltos.
c) Biológicos. Usan microorganismos que se nutren con diversos compuestos de los que contaminan las aguas. Los flóculos que se forman por agregación de microorganismos son separados en forma de lodos.
-Lodos activos.- Se añade agua con microorganismos a las aguas residuales en condiciones aerobias (burbujeo de aire o agitación de las aguas) La reducción de la DBO_5 fluctúa entre el 60 y el 85 por ciento.
-Filtros bacterianos.- Los microorganismos están fijos en un soporte sobre el que fluyen las aguas a depurar. Se introduce oxígeno suficiente para asegurar que el proceso es aerobio.
-Biodiscos.- Intermedio entre los dos anteriores. Grandes discos dentro de una mezcla de agua residual con microorganismos facilitan la fijación y el desarrollo de los microorganismos.
-Lagunas aireadas.- Se realiza el proceso biológico en lagunas de grandes extensiones.
-Degradación anaerobia.- Procesos con microorganismos que no necesitan oxígeno para su metabolismo.

Niveles de tratamiento

Las aguas residuales se pueden someter a diferentes niveles de tratamiento, dependiendo del grado de purificación que se quiera. Es tradicional hablar de tratamiento primario, secundario, etc, aunque muchas veces la separación entre ellos no es totalmente clara. Así se pueden distinguir:

a) Pretratamiento.- Es un proceso en el que usando rejillas y cribas se separan restos voluminosos como palos, telas, plásticos, etc.

b) Tratamiento primario.- Hace sedimentar los materiales suspendidos usando tratamientos físicos o fisico-químicos. En algunos casos dejando, simplemente, las aguas residuales un tiempo en grandes tanques o, en el caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua contenida en estos grandes tanques, sustancias químicas quelantes que hacen más rápida y eficaz la sedimentación. También se incluyen en estos tratamientos la neutralización del pH y la eliminación de contaminantes volátiles como el amoniaco (desorción).

-Cámara de arena.- En el pasado, se usaban tanques de deposición, largos y estrechos, en forma de canales, para eliminar materia inorgánica o mineral como arena, sedimentos y grava. Estas cámaras estaban diseñadas de modo que permitieran que las partículas inorgánicas de 0,2 mm o más se depositaran en el fondo, mientras que las partículas más pequeñas y la mayoría de los sólidos orgánicos que permanecen en suspensión continuaban su recorrido. Hoy en día las más usadas son las cámaras aireadas de flujo en espiral con fondo en tolva, o clarificadores, provistos de brazos mecánicos encargados de raspar. Se elimina el residuo mineral y se vierte en vertederos controlados. La acumulación de estos residuos puede ir de los 0,08 a los 0,23 m^3 por cada 3,8 millones de litros de aguas residuales.

-Sedimentación.- Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO_5 y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación. La coagulación es un proceso que consiste en añadir productos químicos como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico o polielectrolitos a las aguas residuales; esto altera las características superficiales de los sólidos en suspensión de modo que se

adhieren los unos a los otros y precipitan. La floculación provoca la aglutinación de los sólidos en suspensión. Ambos procesos eliminan más del 80% de los sólidos en suspensión.

-Flotación.- Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, es la flotación, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas, a presiones de entre 1,75 y 3,5 kg/cm^2. El agua residual, supersaturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto. En él, la ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retirados. La flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos en suspensión.

-Digestión.- La digestión es un proceso microbiológico que convierte el lodo, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus. Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y son anaerobias, esto es, se producen en ausencia de oxígeno. La conversión se produce mediante una serie de reacciones. En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas. La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, que la reducen a ácidos orgánicos sencillos, como el ácido acético. Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. Se añade lodo espesado y calentado al digestor tan frecuentemente como sea posible, donde permanece entre 10 y 30 días hasta que se descompone. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45 y un 60 por ciento.

-Desecación.- El lodo digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación. El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena. El lodo desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene un 2% de nitrógeno y un 1% de fósforo.

c) Tratamiento secundario.- Elimina las partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El proceso secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias* digieran la materia orgánica que llevan las aguas. Este proceso se suele hacer llevando el efluente que sale del tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos (microorganismos). Estos tanques tienen sistemas de burbujeo o agitación que

garantizan condiciones aerobias para el crecimiento de los microorganismos. Posteriormente se conduce este líquido a tanques cilíndricos, con sección en forma de tronco de cono, en los que se realiza la decantación de los lodos. Separados los lodos, el agua que sale contiene muchas menos impurezas.

Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario, incluyendo el filtro de goteo, el lodo activado y las lagunas.

-Filtro de goteo.- En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua. El proceso de goteo, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir cerca de un 85% la DBO_5.

-Fango activado.- Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floculo*,* están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El floculo absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO_5 fluctúa entre el 60 y el 85 por ciento.

Un importante acompañante en toda planta que use lodo activado o un filtro de goteo es el clarificador secundario, que elimina las bacterias del agua antes de su descarga.

-Estanque de estabilización o laguna.- Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las lagunas opcionales, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m y una extensión superior a una hectárea. En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la DBO_5 de un 75 a un 85 por ciento.

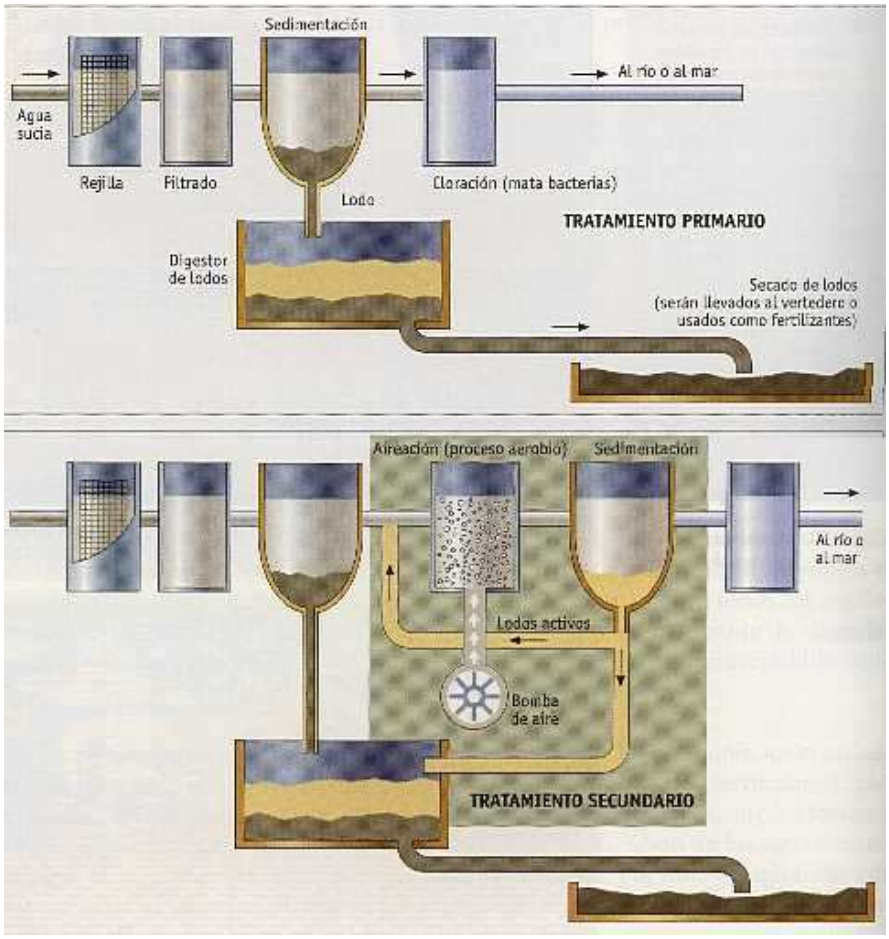


Figura 1.1 Tratamiento primario y tratamiento secundario en una EDAR

d) Tratamientos más avanzados.- Si el agua que ha de recibir el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el efluente va a reutilizarse, es necesario un tratamiento avanzado de las aguas residuales. A menudo se usa el término tratamiento *terciario* como sinónimo de tratamiento avanzado, pero no son exactamente lo mismo. El tratamiento terciario, o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente eliminando los contaminantes recalcitrantes. Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO_5 en similar medida. Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electro diálisis. La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes. Si se pretende la reutilización del agua residual, la desinfección por tratamiento con ozono es considerada el método más fiable, excepción hecha de la cloración extrema. Es probable que en el futuro se generalice el uso de estos y otros

métodos de tratamiento de los residuos a la vista de los esfuerzos que se están haciendo para conservar el agua mediante su reutilización.

Líneas de tratamiento en las EDAR

En el funcionamiento de una EDAR (estación depuradora de agua) se suelen distinguir dos grandes líneas:

a) Línea de agua.- Es el conjunto de los procesos (primarios, secundarios, etc.) que depuran el agua propiamente dicha. Comenzaría con el agua que entra a la depuradora y terminaría en el agua vertida al río o al mar.

b) Línea de fangos.- Está formada por el conjunto de procesos a los que se somete a los fangos (lodos) que se han producido en la línea de agua. Estos lodos son degradados en un digestor anaeróbico, para ser después incinerados, usados como abono, o depositados en un vertedero.

En una planta depuradora también se generan, además de los lodos, otros residuos (arenas, grasas, objetos diversos separados en el pretratamiento y en el tratamiento primario) que deben ser eliminados adecuadamente. Se suelen llevar a vertederos o similares.

Tratamientos especiales: eliminación de N y P

En los casos en los que las aguas que salen de la EDAR se vierten a ecosistemas en peligro de eutrofización es importante eliminar los nutrientes (P y N) que estas aguas pueden llevar, para no aumentar la intensidad de ese proceso.

Para eliminar fósforo se suelen pasar las aguas por un reactor "anaerobio" que facilita una mayor asimilación de ese elemento por las bacterias. Así se llega a eliminar el 60 - 70% del fósforo. Si esto no es suficiente se complementa con una precipitación química forzada por la adición de sulfato de alúmina o cloruro férrico.

La eliminación de nitrógeno se hace en varias fases. En primer lugar, durante el tratamiento biológico habitual, la mayor parte de los compuestos orgánicos de nitrógeno se convierten en amoniaco (amonificación). A continuación hay que conseguir que el amoniaco se convierta a nitratos (nitrificación) por la acción de bacterias nitrificantes (Nitrosomonas y Nitrobacter) que son aerobias. Este proceso de nitrificación necesita de reactores de mucho mayor volumen (unas cinco o seis veces mayor) que los necesarios

para eliminar carbono orgánico. Las temperaturas bajas también dificultan el proceso (a 12ºC el volumen debe ser el doble que a 18ºC). A continuación se procura la eliminación de los nitratos en el proceso llamado desnitrificación. Para esto se usan bacterias en condiciones anaerobias que hacen reaccionar el nitrato con parte del carbono que contiene el agua que está siendo tratada. Como resultado de la reacción se forma CO_2 y N_2 que se desprenden a la atmósfera. Para llevar a cabo estos procesos hacen falta reactores de gran volumen, aireación de grandes masas de agua y recirculación de fangos que complican y encarecen todo el proceso de depuración.

Otros sistemas de depuración

Para lograr una depuración suficiente de las aguas residuales de pequeñas comunidades no es necesario acudir a la instalación de EDAR capaces de realizar complejos tratamientos. Otros métodos pueden ser suficientemente eficaces y mucho más rentables.

-Fosa séptica.- Cámaras cerradas en la que los contaminantes sedimentan y fermentan.

-Lecho bacteriano, zanjas o pozos filtrantes o filtros de arena.- Todos ellos facilitan la formación de películas de bacterias sobre los cantos o partículas filtrantes que realizan la descontaminación.

-Lagunaje.- anaerobio (elimina hasta el 50% el DBO) o aerobio (con posible proceso anaerobio después).

-Filtro verde: plantación forestal en la que se riega con aguas residuales.

-Contactores biológicos rotativos.- Sistemas mecánicos que facilitan la actuación de las bacterias descontaminantes.

(Echarri, L;1998)

Nutrientes en el agua residual

El nitrógeno y el fósforo son los nutrientes de mayor importancia que pueden contener las aguas residuales a tratar en las estaciones depuradoras, éstos son componentes esenciales para todos los seres vivos.

El nitrógeno es componente esencial de los aminoácidos y los ácidos nucleicos, vitales para la vida. Las plantas son capaces de absorber el nitrógeno, siendo éste transformado en amoníaco y luego en nitrato por bacterias que viven en simbiosis con la planta en sus raíces. El nitrato es posteriormente utilizado por la planta para formar el grupo amino de los aminoácidos de las proteínas que finalmente se incorporan a la cadena trófica.

Los compuestos de fósforo intervienen en funciones vitales para los seres vivos, por lo que está considerado como un elemento químico esencial. El fósforo, por ejemplo, como molécula de Pi («fosfato inorgánico»), forma parte de las moléculas de ADN y ARN, las células lo utilizan para almacenar y transportar la energía mediante el adenosín trifosfato, y además es un elemento importante en el protoplasma celular y el tejido nervioso.

Los vertidos que contienen fósforo y nitrógeno pueden acelerar la eutrofización en lagos y embalses, y estimular el crecimiento de algas y plantas acuáticas arraigadas en cursos de agua poco profundos.
Cuando un río, un lago o un embalse sufren eutrofización sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fácilmente los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad.
El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido. (Echarri,L;1998)

Es por este motivo que la legislación cada vez está imponiendo límites mas rigurosos en los vertidos de nutrientes, EC Urban Waste Water Treatment Directive, (UWWTD) 97/271/EC (el 21 de mayo de 1991).
En nuestro caso el problema que tenemos no es en el vertido, ya que la planta esta dotada de un sistema de nitrificación/desnitrificación que elimina los nitratos de agua residual, así como también actúa sobre el los fosfatos eliminándolos del agua por medio de microorganismos y llevándolos al fango, obteniendo un agua tratada con unos niveles de fosfatos y nitratos muy bajos, y todo esto sin tener en cuenta que no hay restricciones legales en cuanto al contenido en nutrientes del agua de vertido, ya que éste se realiza en alta mar.

Nuestro objetivo será buscarle una salida al fósforo que entra con el agua a tratar y se queda en la planta, provocando obstrucciones en ciertas conducciones y equipos de la planta. Para ello diseñaremos una unidad capaz de recuperar el fósforo acumulado, de manera que podamos obtener un producto aprovechable industrialmente como fertilizante.

Estruvita

Desde la implantación del EC Urban Waste Water Treatment Directive, (UWWTD) 97/271/EC (el 21 de mayo de 1991) ocurrieron cambios fundamentales en el tratamiento de aguas residuales. Dos de los cambios afectan directamente sobre las instalaciones de tratamiento de agua residual y del lodo producido por éstas.

1. Prohibición de descargar el lodo procedente de aguas residuales al mar.
2. Los límites del nitrógeno y del fósforo que se han impuesto para reducir la posible eutrofización de las aguas interiores y costeras sensibles (tabla 1.2).

Parámetro	Equivalente de Población (P. e)	Concentración (mg/l)	Reducción mínima (%)
Fósforo total	10 000 - 100 000 >100 000	2 1	80 80
Nitrógeno total	10 000 - 100 000 >100 000	15 10	70-80 70-80

Tabla 1.2 Eliminación del nitrógeno y del fósforo de las aguas residuales según lo estipulado por el anexo 1.2b del UWWTD.

Con los rigurosos estándares impuestos con respecto a la eliminación de nutrientes, se han desarrollado multitud de procesos para cumplir la normativa. El resultado de eliminar una mayor concentración de fósforo de las aguas residuales es que el lodo generado esta enriquecido en fósforo, en nitrógeno y en magnesio.

La combinación de estos iones presentes en los lodos producidos, puede dar lugar a la formación de un mineral llamado estruvita.

Las Depuradoras de Aguas Residuales que poseen digestión anaerobia de los fangos favorecen la formación de estruvita ya que la digestión de lodos libera los iones amonio, magnesio y fosfato por encima de los niveles de saturación.

La estruvita es un cristal blanco con estructura ortorrómbica (Figura 1.2), compuesto por magnesio, amonio y fosfato en concentraciones equimolares. La reacción de formación viene dada por:

$$Mg^{2+} + NH_4^+ + PO_4^{3-} + 6H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$$

Sin embargo esta ecuación es una simplificación de la química implicada en la precipitación de la estruvita.

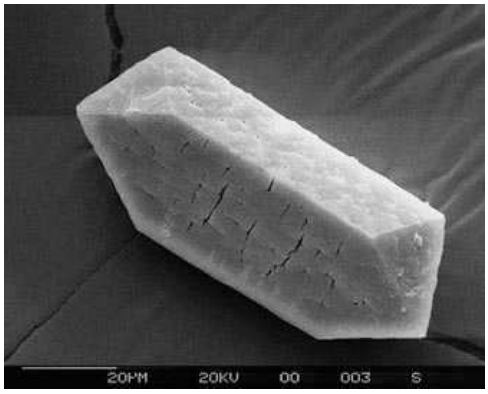


Figura 1.2 Cristales de estruvita

La precipitación de la estruvita se puede separar en dos etapas: nucleación y crecimiento. La nucleación ocurre cuando los iones constitutivos se combinan para formar los embriones cristalinos. El crecimiento cristalino continúa hasta que se alcanza el equilibrio. En los sistemas donde tenemos un aporte continuo de los constituyentes de la estruvita, las plantas de tratamiento de aguas residuales por ejemplo, el crecimiento cristalino puede continuar indefinidamente.

La precipitación de estruvita esta controlada por el pH, sobresaturación, temperatura e impurezas como calcio y ocurre cuando la concentración de los iones magnesio, amonio y fosfato exceden el producto de solubilidad Ksp.

Para la estruvita el Ksp se define como:

$$Ksp = \left[Mg^{2+}\right]\left[NH_4^+\right]\left[PO_4^{3-}\right]$$

$pKs = 13.26$ (Ohlinger y Colaboradores; 1998)

La relación entre el Ksp y el pH indica que la solubilidad de la estruvita, en mg/l, disminuye cuando aumenta el pH.

En aguas residuales la estruvita es altamente soluble a pH ácidos y altamente insoluble a pH básicos. Así, existe un pH óptimo para la precipitación de estruvita, que se sitúa entre 7 y 11. El mínimo de solubilidad de la estruvita en aguas residuales está alrededor de pH 9.

Los efectos negativos que se producen a causa de la estruvita son varios, pero fundamentalmente son:

- Incrustaciones en las superficies de los elementos de la digestión anaerobia.
- Incrustaciones en los equipos posteriores a la digestión como: Conducciones, válvulas, equipos de bombeo, etc.
- Efectos muy negativos en los equipos de deshidratación: Decantadores Centrífugos.
- Obtención de un lodo deshidratado con una humedad muy elevada.

La formación se asocia a menudo a procesos anaerobios y de postdigestión. La figura 1.3 demuestra la severidad del problema ya que puede observarse un caso en el que el diámetro de una conducción se redujo de 150 milímetros a 60 milímetros en 12 semanas.

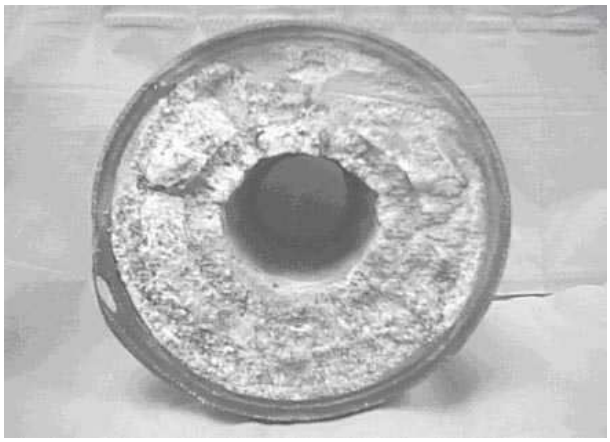


Figura 1.3 Incrustación de estruvita en una conducción.

La obstrucción de las tuberías también lleva consigo un aumento de los costes de bombeo, ya que necesitamos mas energía para bombear el lodo a través de la conducción, también el tiempo para bombear el lodo de un punto a otro de la conducción aumenta, reduciendo así la capacidad de la planta.
Los costes en relación a la formación de estruvita en una planta de tratamiento de tamaño mediano pueden exceder fácilmente los US $100 000.

La estruvita se puede prevenir por métodos químicos y biológicos. Los métodos de control se engloban en tres categorías principales: los que afectan a la solubilidad, los que alteran los mecanismos del crecimiento de los cristales y los que actúan como dispersores. La mayoría de los tratamientos se basan en la formación de otras sales con fosfato o la reducción del pH a uno donde no se produzca la formación de la estruvita. La

dosificación con las sales del hierro (III) para quitar el fósforo es el proceso más comúnmente utilizado aunque éste produce cantidades grandes de lodo y produce una eliminación de fosfato de entre 0.38 y 0.48 por cada mol de hierro añadido.

La estruvita, dado que su composición es rica en fósforo y nitrógeno puede usarse como fertilizante, su valor es superior que el de la roca fosfórica, debido a su mayor pureza y a que es posible usarse directamente sin ningún acondicionamiento previo.
(Doyle, J. y C; 2002).

Objeto del proyecto

Título: “Eliminación del fósforo acumulado en la EDAR Cádiz-San Fernando”.

Descripción: Este proyecto fin de carrera tiene como objetivo eliminar la acumulación de fósforo en la Estación Depuradora de Aguas Residuales Cádiz – San Fernando.
La acumulación de fósforo en la mencionada planta se produjo durante la fase de arranque de la misma y en la actualidad se produce la formación de depósitos de estruvita en las conducciones de la línea de tratamiento de lodos.
El proyecto contempla la selección de la tecnología más adecuada para realizar la eliminación del fósforo, la selección de la ubicación de los equipos en la EDAR y el dimensionamiento de las correspondientes unidades.

Requisitos: La EDAR Cádiz–San Fernando está diseñada para tratar un caudal de 75.000 m^3/día aunque, en la actualidad, la planta está tratando un caudal medio de 35.000 m^3/día, por lo que los equipos e instalaciones se diseñaran y dimensionaran para este caudal. Para el diseño y operación de las unidades diseñadas se tendrá en cuenta la legislación tanto nacional como de la UE que sea de aplicación en este caso.

Descripción de la estación depuradora de aguas residuales de Cádiz-San Fernando

La información que se expone en este apartado ha sido extractada de la "Memoria EDAR Cádiz-San Fernando".

- Introducción

La E.D.A.R. dispone de un tratamiento convencional de fangos activados precedido de decantación primaria y pretratamiento. Los fangos son espesados previamente a su digestión anaerobia y posteriormente secado con centrífugas.

El agua tratada, se envía al mar mediante un emisario. La alimentación al emisario, se realiza con un bombeo situado en la propia E.D.A.R., aunque a determinados caudales el emisario funciona por gravedad.

Se disponen 3 líneas de tratamiento y se ha previsto espacio para una cuarta línea en el futuro.

- Distribución en planta de las instalaciones

El diseño de la distribución en planta de la E.D.A.R., se ha realizado de manera que las zonas "sucias" estén concentradas y tratando de minimizar en los posible grandes longitudes de conducciones. Así mismo se ha intentado que el edificio de control se encuentre lo más alejado posible de las zonas "sucias" sin perder, sin embargo, las ventajas de una ubicación centrada.

En particular, en la esquina superior izquierda (NO) de la parcela se ubica el tratamiento de fangos y el pretratamiento.

Los edificios de pretratamiento y de secado, se encuentran muy próximos, únicamente separados por un vial, permitiendo de esta manera una desodorización común, a la vez que el tráfico de camiones de retirada de fangos y de productos (arenas, grasas y detritus). Se concentra en una sola zona de la E.D.A.R.

La zona de digestión se sitúa en la zona norte de la parcela a continuación del secado en el punto más alejado de la carretera de Cádiz-San Fernando.

El eje de la línea de agua es sensiblemente paralelo a la alineación Sur de la parcela. De este modo se reduce el impacto visual de la Depuradora y se minimizan las longitudes de las conducciones. El edificio de control se sitúa en la esquina superior derecha (NE) frente a los decantadores secundarios.

Se ha previsto espacio suficiente para realizar una ampliación de la decantación primaria, reactor biológico y decantación secundaria. Los espacios disponibles para estas ampliaciones se han dispuesto en la zona sur, permitiendo por un lado, una mayor zona ajardinada en esta fase y por otro lado que cuando se realicen estas obras afecten lo menos posible al funcionamiento de la E.D.A.R.

- Consideraciones generales

La línea de tratamiento consiste básicamente en un tratamiento biológico con fangos activados a media carga precedido por una decantación primaria y un pretratamiento formado por desbaste y desarenado-desengrase.

El tratamiento biológico está diseñado para garantizar los parámetros de calidad del agua tratada en términos de DBO5 y Sólidos en Suspensión Totales.

Con respecto a la línea de fangos, se han construido las instalaciones de espesamiento, digestión y secado de fangos.

- Relación de elementos: Línea de agua

-Llegada de agua bruta por medio de 2 conducciones a presión de 800 mm y 1000 mm procedentes de los bombeos de San Fernando y Cádiz. Arqueta de rotura de carga y conexión con by-pass general.

-Alivio del bombeo y by-pass general. Consta de vertedero de emergencia y compuerta.

-Desbaste grueso de 30 mm de paso con rejas automáticas y fino con tamices de 5 mm de paso de 1,20 m de ancho. Nº de líneas en funcionamiento: 3. Inclusión de una cuarta línea de by-pass en canal de 1,50 m de ancho equipado con reja manual de gruesos.

-Desarenado-desengrase en 3 líneas (4x22).

-Aportación de aire en desarenado con (3+1) soplantes de 704 Nm3/h.

-Bombeo de arenas con 3 bombas de 105 m3/h.

-Clasificador de arenas (1 ud.) y separador de grasas (1 ud.)

-Medida de caudal en canal de agua pretratada.

-Obra de reparto a decantadores primarios.

-3 Decantadores primarios de 36,00 m de diámetro y espacio para un cuarto.

-By-pass del tratamiento biológico. Coincide por rebosadero con el alivio del anterior bombeo.

-3 Líneas de reactor biológico con cámara anoxia en cabeza del 20% del volumen total. Con un volumen total de 17495 m^3. Se prevé espacio para una cuarta línea. La zona anoxia a su vez, se puede dividir en una zona anóxica (selector) y una zona facultativa.

-Recirculación de fangos externa con 4 (3+1) Bombas sumergibles de 1050 m^3/h.

-Recirculación interna de fangos con (3+1) Bombas sumergibles de 1.050 m^3/h.

-3 Decantadores secundarios de succión de 42,00 m de diámetro y espacio para un cuarto.

-Sistema de aireación con 8.400 difusores de membrana de 9'' distribuidos en 6 parrillas por línea y (3+1) turbocompresores con motor eléctrico de 250 kW de 11.500 Nm3/h c/u. Además existen 1155 difusores en zona facultativa distribuidos en 1 parrilla por línea.

-Medida de caudal de agua tratada en tubería de ø1300 mm.

-Arqueta de rotura de carga y conexión con by-pass del biológico.

-Bombeo de agua tratada al emisario.

-Salida agua tratada y vertido al Mar, por medio de emisario terrestre-submarino.

- Relación de elementos: Línea de fangos

-Bombeo con bombas sumergibles de los fangos del primario (2+1) bombas de 79 m^3/h. Envío a espesamiento.

-Bombeo de los fangos del secundario en exceso (2+1) bombas de 104 m^3/h. Envío a flotación.

-Espesamiento por gravedad de los fangos primarios en dos (2 ud) espesadores de 11 m de diámetro.

-Flotación de los fangos en exceso en dos flotadores de 9,00 m de diámetro.

-Mezcla fangos y bombeo a digestión (2+1) bombas de 22 m^3/h.

-Digestión anaerobia de fangos. Dos digestores de 23,00 m de diámetro y con un volumen unitario de 5.004 m^3.

-Agitación digestores por lanzas de gas mediante (2+1) compresores de gas de 990 Nm^3/h.

-Depósito tampón de fangos digeridos. Un depósito de 16 m de diámetro, con un volumen de 1112 m3. Dotado de mecanismo de espesamiento.

-Secado fangos con centrífugas. Dos unidades de 30 m^3/h. funcionando 8 h/día, y 5 días a la semana con sequedad del 22%.

-Almacenamiento de fangos secos en tolvas. Dos tolvas de 104 m^3.

-Almacenamiento de gas en 2 gasómetros de membrana.

-Antorcha de quemado de gas de 610 Nm^3/h.

- Relación de elementos: Sistemas auxiliares

Dentro de los Sistemas Auxiliares se incluyen:

-Instalación Eléctrica
-Instalación Agua Servicios
-Instalación Aire Servicios.

Instalación Eléctrica

-Acometida general de media tensión. Entronque con poste aéreo.

-Conducción subterránea desde entronque a centro de transformación.

-Centro de transformación formado por celdas y 3 trafos de 1.000 KVA

-CCM1 (Centro de Control de Motores 1) para pretratamiento, decantación primaria y bombeo a emisario.

-CCM2 para tratamiento biológico, decantación secundaria y servicios.

-CCM3 para línea de fangos (Espesado, Digestión y Secado) y línea de gas.

Instalación de agua de Servicios

-Grupo de Bombeo de aguas de servicio alimentado con agua tratada de la E.D.A.R.; 2 Bombas de 24 m^3/h a 46 m.c.a.

-Sistema filtración agua tratada. 2 Filtros de arena de 0,91 m de diámetro.

-Red de agua de servicios

-Red de riego con agua tratada

Instalación de aire de servicios

-Compresor de aire de servicios

-Equipo refrigeración y desecados

-Red de aire de servicios.

- Descripción funcional de las instalaciones

Llegada agua bruta. By-pass general

El agua bruta llega a la E.D.A.R. por medio de 2 conducciones de 1000 y 800 mm de diámetro procedentes de Cádiz y San Fernando respectivamente. La rotura de carga se produce a la cota +4,00 m en una arqueta comunicada con los canales de desbaste.

Se ha dispuesto un aliviadero a la cota 4,05 que vierte al pozo de bombeo al emisario.

Pretratamiento

El desbaste se realiza en tres canales de 1,20 m de ancho. En ellos se ubican tamices para desbaste fino de limpieza automática de 5 mm de paso, precedidos por rejas rectas automáticas de desbaste grueso de 30 mm de paso.

Además se instala un cuarto canal de by-pass de 1,50 m de ancho dotado de reja manual de gruesos.

Los detritus recogidos en la zona de desbaste se conducen mediante cintas transportadoras a un contenedor de 5.000 l de capacidad. Se incorpora una prensa de residuos sólidos, previamente al contenedor.

El agua a la salida de la zona de desbaste se conduce a un canal de acceso a los desarenadores.

Toda la zona de desbaste y el bombeo al emisario, se encuentra cubierta y desodorizada.

Se dispone de tres líneas de desarenado-desengrase con una anchura unitaria de 4 m y una longitud de 22 m.

La aportación de aire a estos desarenadores-desengrasadores se realiza por medio de cuatro soplantes que suministran cada una de ellas un caudal de 704 m^3/h.

Los desarenadores-desengrasadores están dotados de un puente que discurre longitudinalmente a lo largo de todo el canal, a bordo del cual se sitúa la bomba de extracción de arenas. Esta bomba aspira la arena del fondo del desarenador y la impulsa hacia unos canales centrales que conducen la mezcla agua-arena hacia un clasificador de arenas, el cual evacua las arenas en un contenedor de 5000 litros. Tanto el clasificador como el contenedor, se encuentran, asimismo, en un espacio cubierto y desodorizado.

La recogida de grasas se efectúa mediante un sistema de rasquetas de superficie, que empujan las grasas, almacenadas en la parte lateral de los desarenadores-

desengrasadores, hacia un canal de recogida situado en la parte posterior del mismo. Para garantizar esta recogida de grasas, el puente del desarenador-desengrasador va dotado de un motorreductor para el accionamiento de las rasquetas de recogida de grasas, de manera que las rasquetas van sobre la superficie en el camino de ida del desarenador, levantándose al llegar al final de carrera situado en la parte posterior, y realizar el viaje de vuelta levantadas al objeto de no arrastrar las grasas hacia la parte anterior del desarenador.

Las grasas y flotantes se conducen desde el canal de grasas hacia el separador de grasas y flotantes, ubicado junto al desarenador-desengrasador, siendo común para ambas líneas. Asimismo, a este separador de grasas llegan los flotantes procedentes de la decantación primaria, depositándose todos estos residuos en un contenedor de 5.000 l, cubierto por una tapa para evitar derramamiento de grasas en el transporte.

Aguas abajo de los vertederos de los canales de desarenado-desengrase, el agua se conduce por un canal hasta la conexión con los decantadores primarios. En este canal, se instala un medidor de caudal por ultrasonidos.

Decantación primaria

El reparto a los tres decantadores se realiza por compuerta sumergida.

Los decantadores primarios son del tipo de rasquetas de 36 m de diámetro. Disponen de un sistema de recogida superficial de espumas y flotantes, que desembocan en un pozo de recogida y bombeo (uno para los tres decantadores), desde donde se conducen hasta el separador de grasas, el cual los evacuará a un contenedor.

La extracción de fangos de los decantadores se realiza mediante una tubería de 200 mm de diámetro, que comunica con el de bombeo fangos a espesamiento.

Teniendo en cuenta que el rendimiento esperado en eliminación de sólidos será el 65% en esta etapa del tratamiento, la cantidad de fangos a extraer será de 14.625 kg/día. Con esta cantidad de fangos y a concentraciones medias esperadas en torno a 10 g/l, el volumen diario de fangos primarios será de 1462 m^3.

La salida del agua decantada se realiza mediante vertedero perimetral en cada decantador y es conducida a la obra de reparto mediante una tubería de 800 mm de diámetro.

Se ha dispuesto un aliviadero que trabaja como by-pass del biológico.

Reactor biológico

De acuerdo a las exigencias del Pliego de Bases la calidad del agua tratada será:

-DBO5: 25 mg/l.
-Sólidos en suspensión totales:35 mg/l.

La DBO_5 de entrada en el reactor es de 195 mg/l, por lo que se hace necesario un rendimiento del 87,18 %, lo cual supone para un caudal de 75.000 m^3/día, una DBO_5 eliminada de 12.750 kg DBO_5/día.

El volumen real adoptado es de 17495 m^3 con tres líneas de funcionamiento y una altura de lámina de agua de 5,20 m por línea, los reactores biológicos tienen unas dimensiones de:

Longitud = 52,90 m.
Anchura = 21,20 m.

El agua bruta después se reparte hacia cada línea simétricamente por medio de canales que conectan con cada cuba de aireación.

La salida del agua se realiza en el lado opuesto a la entrada, mediante un vertedero de 21,20 m de longitud que conecta con la obra de reparto a secundarios por medio de una tubería de 1600 mm de diámetro.

La distribución de aire por toda la cuba se realiza por medio de parrillas de difusores de membrana.

El sistema de aeración está compuesto por (3+1) turbocompresores.

Decantación secundaria

El agua se transporta por gravedad, desde la chimenea de salida de las cubas de aeración hasta la obra de reparto a decantación secundaria mediante una tubería de 1.600 mm de hormigón armado con camisa de chapa. El reparto se realiza por compuerta sumergida con acometida a cada decantador con una tubería de 900 mm de diámetro.

Se disponen 3 decantadores secundarios.

Los decantadores secundarios son de succión y tendrán un diámetro útil unitario de 42 m.

La salida del agua decantada se realiza mediante un canal vertedero, que conduce a un canal de agua decantada para cada decantador. De este canal, el agua tratada pasa a la obra de reparto y salida de agua decantada a arqueta rotura carga donde se une con el alivio del bombeo intermedio, y desde aquí al bombeo al emisario.

Previamente se ubica un medidor de caudal electromagnético en tubería de 1200 mm para medir el caudal de agua tratada.

La extracción de fangos se realiza mediante una tubería de 600 mm de diámetro de fundición, que arranca desde la columna de cada decantador hacia la zona perimetral del mismo situada bajo la solera del decantador, terminando en la arqueta de reparto. Estos fangos se bombean mediante una tubería de 200 mm a flotación.

Espesamiento de fangos primarios

Los fangos procedentes de la decantación primaria, se envían a dos espesadores de fangos de 11 m de diámetro. Antes de la entrada a espesadores se ubica un tamiz de 120 m^3/h de capacidad y luz de 3 mm para desbaste de los fangos primarios.

El espesador consiste básicamente en una cuba cilíndrica de hormigón, dotada de un equipo de espesamiento mecánico de accionamiento central.

Los fangos espesados se extraen desde la tolva del fondo del espesador por medio de una tubería de 150 mm de diámetro que conecta con el depósito de mezcla de fangos.

Los sobrenadantes obtenidos por rebose en el espesador se conducen a la red de drenaje que por gravedad son recirculados al pozo de llegada de agua bruta.

La concentración de los fangos espesados es de 70 g/l.

Espesadores de fangos biológicos por flotación

La concentración del fango biológico en exceso se realiza mediante espesamiento por flotación de tipo convencional.

Se proyectan dos unidades de flotación de 9,0 m de diámetro, con 3 m de altura útil, donde se separan los fangos mediante adición de aire.

La aportación de agua de recirculación para su presurización se realiza mediante tres grupos motobombas (1 de reserva) de 148 m³/h. de caudal unitario.

Los fangos espesados con una concentración de 40 kg./m³ son retirados en continuo de la superficie, recogiéndose en una tolva, de donde son enviadas al pozo de bombeo.
El sobrenadante de este proceso se reincorpora a Cabecera de Planta.

Edificio de espesamiento y cámara de mezcla

Situado entre los Espesadores de Gravedad y de Flotación, se sitúa un edificio que alberga todas las instalaciones complementarias y necesarias para el espesamiento por gravedad, flotación y mezcla de fangos. Este edificio tiene incorporada la Cámara de Mezcla en la que se reciben los fangos espesados primarios y la salida de fangos flotados. En la cámara de mezcla se ha instalado un agitador para homogeneizar el conjunto.

Los fangos espesados y flotados se bombean a digestión mediante tres bombas.

Digestión anaerobia

La digestión se realiza en una sola etapa, en digestores cilíndricos, con sistema de operación de alta carga, con un período de retención de 20 días y calentamiento exterior.

Se proyectan dos digestores de 23,00 m de diámetro y 11,30 m de altura cilíndrica útil, siendo el volumen total por digestor de 5.004 m³.

Para que la digestión primaria sea efectiva hay que garantizar una buena mezcla. La agitación del digestor se realiza por medio de recirculación de gas e inyección del mismo por lanzas. Se han dispuesto (2+1) compresores de gas de 990 Nm^3/h. de capacidad unitaria. El sistema de inyección, está compuesto por 16 lanzas.

Para mantener la temperatura óptima de digestión, 35º C, es necesario suministrar calor al fango para llevarlo y mantenerlo a esta temperatura, compensando las pérdidas del sistema.

El método empleado es recircular el fango al exterior del digestor, lo que también favorece la mezcla, para intercambiar calor con un fluido, agua, previamente calentado a través de una caldera.

La instalación de calefacción se ha proyectado para mantener la temperatura de digestión en 35º C, integrado por los siguientes equipos:

- Dos calderas con quemador de potencia equivalente a 1000000 kcal/h cada una de ellas.

- Dos intercambiadores de calor con capacidad unitaria para 450000 kcal/h.

- Tres conjuntos de bombas de recirculación de agua caliente

- Tres conjuntos de bombas de recirculación de fangos

- Tres bombas aceleradoras en línea de agua.

- Instalación auxiliar de gas-oil, con 1 depósito de 35.000 l y subgrupo de presión.

- Instalación de ajuste de pH en digestión a base de dosificación de Cal.

Depósito tampón. Almacén de fangos digeridos

Con objeto de regular la producción de lodos con el funcionamiento discontinuo de la deshidratación se ha proyectado un depósito de 16 m de diámetro. La altura cilíndrica útil es de 5,00 m.

El sobrenadante producido se envía a Cabecera de Planta.

Este depósito está equipado de un sistema de espesamiento adecuado para favorecer la mezcla de los fangos a deshidratar actuando como postespesador.

El depósito tampón va cubierto para proceder a la desodorización del aire.

Línea de gas

El biogás producido en la digestión del fango es almacenado para su utilización en el proceso de calefacción y recuperación de energía de los fangos, habiéndose previsto igualmente un circuito de by-pass para quemar el gas en exceso.

Todas las tuberías, válvulas, pasamuros, etc. de esta línea se han fabricado en acero inoxidable, así como con el equipamiento de seguridad contra presión y vacío, apagallamas, cajas de humedad, etc.

Todo el sistema eléctrico en la zona de seguridad definida alrededor del proceso de digestión se ha montado en calidad antideflagrante.

El almacenamiento de biogás a media presión se realiza en 2 gasómetros de membrana de 1.206 m^3 de capacidad.

Asimismo, se ha previsto una instalación de quemado del gas en exceso provisto de llama piloto y dispositivo antirretorno de llamas, equipado con válvula antiexplosión, dentro de una arqueta situada, en uno de los extremos de la planta.

Deshidratación de fangos

La instalación de deshidratación de fangos está basada en centrífugas, y se ha dimensionado para el funcionamiento durante 5 días a la semana con una duración diaria de 8 horas. La carga diaria por día de secado es de 25.075 kg.

Se instalan dos centrífugas, para una capacidad unitaria de 30 m^3/h (capacidad máxima) en el edificio donde se ubican también las bombas que aspiran los fangos procedentes del depósito almacén de fangos digeridos.

Las centrífugas están dotadas de motores de 55 kW de potencia.

El fango deshidratado es conducido mediante bomba de tornillo, situadas bajo las centrífugas, hacia la tolva de almacenamiento enviándose los filtrados a la arqueta de sobrenadante.

Para acondicionamiento químico a la deshidratación se emplea polielectrolito. La sequedad prevista es superior al 22%.

Los dos silos de almacenaje de fango tienen una capacidad unitaria de 105 m³.

Desodorización

Se han construido las instalaciones suficientes para la eliminación de olores mediante los sistemas que se consideran más adecuados al foco de producción de olores.

El sistema proyectado es por vía húmeda en dos etapas y se ha instalado un equipo único en el edificio de pretratamiento para la eliminación de olores del pretratamiento, deshidratación, espesamiento y depósito tampón. El ventilador tiene una capacidad de 47920 Nm^3/h, lo cual supone entre 7 y 8 renovaciones por hora.

Vaciado de elementos

Todos los aparatos incluidos en la planta están provistos de vaciado en sus puntos más bajos, enlazando todos ellos con una red de colectores de fibrocemento, que desemboca en cabecera de tratamiento.

Agua potable e industrial

Se ha previsto una red de agua industrial que puede utilizar agua potable o agua tratada, según las necesidades.

La alimentación se realiza mediante grupos de bombeo que aspiran de la arqueta de salida de agua depurada y la impulsan a la instalación de filtración de funcionamiento automático.

La red de agua industrial se realiza en polietileno rígido y se ha dispuesto fundamentalmente para el riego de jardines y viales y para la limpieza de las zonas de operaciones más significativas.

Automatización de las instalaciones

Se ha diseñado el sistema de automatización que consiste en un circuito de maniobra y protección clásico, a base de elementos electromagnéticos en los centros de control de motores, todo ello equipado para la conexión del conjunto a una red de autómatas, conectada con un ordenador programado por un sistema universal, especialmente adaptado y desarrollado para estaciones depuradoras de aguas residuales.

El sistema de automatización se ha incluido en concepto de control distribuido, concentrando los automatismos de un mismo Centro de Control de Motores en su P.L.C. asociado, coordinando las acciones de todos ellos a través de un “BUS” de comunicaciones, conectando con el ordenador central.

Este sistema presenta la ventaja de ser fácilmente operado por el usuario sin preparación informática, pudiendo efectuar cambios, tanto en la preselección de temporizadores como en la de contadores y modos de funcionamiento, sin recurrir a programadores ni personal de la Empresa que ha desarrollado el sistema, una vez que el mismo haya sido depurado y puesto en servicio.

1.1.3 Hipótesis de partida

Debido a la creciente acumulación de fósforo en el lodo de la estación depuradora de Cádiz-San Fernando se hace necesario un tratamiento que regule esta anomalía y los diversos problemas que ocasiona, como incrustaciones en las conducciones, bombas y demás dispositivos que intervienen en la Línea de fangos.

Para dar solución a este problema se ha recurrido a los distintos sistemas de recuperación de fósforo que se emplean en la industria actualmente (proceso Phosnix, DHV Cristalactor), estas tecnologías se encuentran actualmente en fase de desarrollo por lo que se plantea como solución el diseño de un reactor en el cual se produzca una reacción de precipitación de estruvita, mineral constituido por fosfato, magnesio y amonio en proporciones equimolares, que puede ser utilizado como fertilizante.

Para el diseño del reactor se utilizaran artículos de estudios realizados en planta piloto, que deberan ser llevados a escala industrial con nuestras condiciones especificas de operación para la EDAR Cádiz-San Fernando.

Para los cálculos del diseño se admitirá que las concentraciones de los distintos reactivos son constantes en la corriente del rechazo de la centrifuga y que los caudales no varían sino que se mantienen constantes a lo largo del tiempo.

1.1.4 Eliminación y recuperación de fósforo

Procesos de eliminación del Fósforo

La eliminación de fósforo del agua residual se puede realizar por 2 vías:
-vía biológica
-vía química

Eliminación biológica del fósforo

Los fosfatos pueden ser eliminados de las aguas residuales por una bacteria aeróbica (oxígeno-dependiente), llamada Acinetobacter. Esta bacteria acumula polifosfatos en los tejidos celulares.
Acinetobacter puede absorber una mayor cantidad de fosfatos de la que necesita para su síntesis celular. La cantidad extra de fosfatos es almacenada en las células en forma de polifosfatos.
El almacenamiento de polifosfatos hace que las Acinetobacter sean capaces de sobrevivir temporalmente en circunstancias anaeróbicas. Cuando las Acinetobacter residen en una zona anaeróbica en las aguas residuales, absorbe ácidos grasos y los almacena como sustancias de reserva. Durante este proceso, los polifosfatos se descomponen para obtención de energía, haciendo que se liberen fosfatos en la zona aeróbica. Cuando las Acinetobacter entran en la zona aeróbica absorben fosfatos en una cantidad mayor de la que liberaron en las condiciones anaeróbicas y los almacenan en forma de polifosfatos en los tejidos celulares. Esto hace que el contenido en fosfatos del agua residual disminuya. (Enciclopedia Encarta)

El fango que contiene el exceso de fósforo se purga o se conduce a un proceso lateral complementario donde se procede a la eliminación del exceso de fósforo.

Existen varios procesos de eliminación biológica del fósforo:
-proceso A/O para la eliminación del fósforo en la línea principal.
-proceso Phostrip para la eliminación del fósforo en la línea auxiliar.

-reactor discontinuo secuencial (RDS) que se emplea para pequeños caudales de agua residual.
(Metcalf y Eddy ;1995):

Precipitación química

La adición de determinados productos al agua residual, y su combinación con el fosfato presente, da lugar a la formación de sales insolubles o de baja solubilidad, que sedimentan separando el fósforo del agua a tratar.
Los principales productos químicos empleados con esta finalidad son:
-Alúmina
-Cloruro férrico
-Cal

Cloruro férrico: Se usa en dosis de 10 mg/l y es el agente de precipitación más comúnmente empleado, conduciendo a rendimientos de aproximadamente el 90 %.

Alumina: Se alcanzan rendimientos del 95% a dosis de 200-250mg/l, pero es la menos empleado debido a su elevado coste. Se alcanzan separaciones del 50-60% de los compuestos orgánicos (carbonosos y nitrogenados) simultáneamente con la del fósforo.

Cal: Se utiliza en dosis de 500-700 mg/l dando lugar a rendimientos de cómo mucho un 50 % a valores del pH de 10,5 -11.Otro inconveniente en la utilización de la cal reside en los grandes volúmenes de fango producido que causan problemas de evacuación. La recuperación de la cal mediante calcinación puede ser la solución a dicho problema. Debido a la presencia de productos orgánicos, el lodo debe ser capaz de soportar su propia combustión. La cal es el más barato de los agentes de precipitación.
La eliminación del fósforo empleando cal esta quedando en desuso debido a:
-El notable aumento de la masa de fango a tratar en comparación con las sales metálicas.
-Los problemas de explotación y mantenimiento asociados con el manejo, almacenamiento, y dosificación de la cal.

Cuando se utiliza cal, las principales variables que controlan la dosificación son el grado de eliminación deseado y la alcalinidad del agua residual. Normalmente, la dosificación óptima de funcionamiento se debe determinar mediante ensayos << in situ >>. La cal se ha usado habitualmente, bien como precipitante en los tanques de decantación primaria, o a continuación de la decantación del tratamiento secundario.
A pesar de que la recalcinación reduce los costes de los productos químicos solo constituye una alternativa viable en plantas de grandes dimensiones. En los casos en los que la economía de explotación hace necesario un sistema de recuperación de cal, el sistema incorpora una instalación de regeneración térmica que convierte el carbonato cálcico del fango en cal mediante el calentamiento a 980 ºC. El dióxido de carbono u otro gas residual que se libera en este proceso se suele usar como fuente de recarbonatacion para ajustar el pH del agua residual.

Combinaciones de Fe^{3+} y cal: las combinaciones de cloruro férrico y cal en proporciones respectivas de 100-150mg/l y 2-5mg/l conducen a rendimientos en la eliminación de fósforo de aproximadamente el 95%.

La precipitación puede producirse en distintos puntos de la línea de tratamiento.

Alternativa 1: Precipitación en el clarificador primario. El agente de precipitación, normalmente una combinación de cloruro férrico y cal en dosis de 100-150 mg/l y
2-5 mg/l respectivamente, se añade al agua residual cruda, precipitándose los fosfatos y separándose en el clarificador primario. La eliminación del fósforo es del 90-95% y se obtiene una cantidad considerable de lodo. La adición de cal aumenta el pH del efluente del clarificador primario a cerca de 10, pero esto no es un obstáculo para el adecuado funcionamiento del reactor biológico que requiere un pH casi neutro, ya que la capacidad natural de tampón del proceso de lodos activos es suficiente para proporcionar la neutralidad necesaria debido a la producción de dióxido de carbono.

-Usando sales metálicas: Al añadir sales de aluminio o de hierro al agua residual reaccionan con el ortofosfato soluble para producir un precipitado. El fósforo orgánico y el polifósfato se eliminan mediante reacciones mas complejas y por absorción sobre partículas floculadas. En

la decantación primaria se elimina el fósforo no soluble, así como cantidades considerables de DBO y sólidos en suspensión, en forma de fango primario. Para conseguir estos objetivos, es preciso disponer de un sistema de mezcla y floculación adecuados, necesariamente, aguas arriba de los decantadores primarios. Para favorecer la sedimentación, puede ser necesario añadir polímeros. En aguas de baja alcalinidad, en algunos casos es necesario añadir una base para mantener el pH dentro del intervalo comprendido entre 5 y 7. El cloruro de aluminio y el cloruro férrico se suelen emplear en proporciones molares que oscilan entre 1 y 3 iones metálicos por cada ión de fósforo. La proporción exacta se determina mediante ensayos <<in situ>> y varía en función de las características del agua residual y del nivel de eliminación de fósforo deseado.

-Usando cal: Para precipitar una parte del fósforo (65-80%), se pueden emplear tratamientos de alta o baja dosis de cal. En el uso de la cal, tanto el Calcio como el hidróxido reaccionan con el ortofosfato para formar hidroxiapatita insoluble. Si se incorpora un proceso de filtración al efluente de las instalaciones en las que se ha realizado la adición de reactivos se pueden conseguir niveles residuales de fósforo de 1 mg/l. En los sistemas de alta dosis de cal, se añade cal en dosis suficientes para elevar el pH hasta valores cercanos a 11. Después de la precipitación, el efluente se debe decarbonatar antes de proceder al tratamiento biológico. En sistemas de fangos activados, el pH del efluente primario no debe superar 9,5 o 10; valores del pH por encima de éstos pueden causar problemas en los proceso biológicos. En los procesos de filtros percoladores, el dióxido de carbono generado durante el tratamiento suele ser suficiente para bajar el pH sin necesidad de recarbonatación. Para el tratamiento con dosis bajas de cal, las dosis suelen variar entre 75-250 mg/l como hidróxido de calcio a pH comprendido entre 8,5-9,5. Sin embargo con estos sistemas las condiciones necesarias para la precipitación son mas especificas; la relación molar de Ca^{2+} / Mg^{2+} ha de ser inferior a 5:1.

La eliminación adicional de DBO y de sólidos en suspensión provocadas por la adición de productos químicos a los decantadores primarios pueden solucionar los problemas de sobrecarga de los sistemas biológicos situados a continuación, y también pueden permitir la nitrificación estacional o permanente dependiendo del sistema biológico incorporado. A pH del orden de 9,5, la eliminación de DBO en la decantación primaria se sitúa entre el 50-60%. La producción de fango también aumentará notablemente.

Alternativa 2: Precipitación simultánea. El agente de precipitación se añade directamente al tanque de aireación. El precipitado decanta en el decantador secundario junto con el lodo activo. Parece ser que los reactivos producen daño a largo plazo a las células biológicas, y que su rendimiento en la separación de productos orgánicos queda disminuido en alguna extensión. Por otra parte la adición de los reactivos químicos mejora la decantación y compactación del lodo activo en activo en el clarificador secundario.

-Usando sales metálicas: En algunos casos, tales como el uso de filtros percoladores y los procesos de fangos activados de aireación prolongada los sólidos pueden no flocular y sedimentar correctamente en los decantadores secundarios. Este problema de sedimentabilidad se puede agravar en plantas sobrecargadas. La adición de sales de aluminio o de hierro dará lugar a la precipitación de hidróxidos metálicos o fosfatos, o de ambos. Las sales de aluminio o de hierro, junto con ciertos polímetros orgánicos, también se pueden emplear para coagular partículas coloidales y para mejorar los rendimientos de eliminación de los filtros. Los precipitados y coloides coagulados resultantes sedimentarán fácilmente en los decantadores secundarios, reduciendo los sólidos suspendidos del efluente y mejorando la eficacia de la eliminación del fósforo. Si la cantidad de fósforo residual en el efluente secundario es mayor que 0,5 mg/l, las dosis de aluminio y de hierro suelen variar entre relaciones molares de 1 y 3 iones metálicos por cada ión de fósforo. Para conseguir concentraciones de fósforo inferiores a 0.5 mg/l se hacen necesarias dosis de sales metálicas notablemente superiores y la incorporación de la filtración.
Los polímetros se pueden añadir:
-En la zona de mezclado de un decantador intensamente mezclado o con recirculación interna.
-Antes de un mezclador estático o dinámico.
-En un canal aireado.
A pesar de que con polímetros se han empleado tiempos de mezcla entre 10 y 30 segundos es preferible emplear tiempos de mezcla más cortos. Los polímetros no se deben someter a un mezclado insuficiente ni excesivo, pues ello reduce la eficacia del proceso, lo cuál da lugar a deficientes características de sedimentación y espesamiento.

Alternativa 3: Precipitación sucesiva. Los reactivos químicos para la precipitación se añaden al efluente del clarificador secundario. Se requiere un clarificador adicional para separar los fosfatos precipitados con lo cual se aumentan los costes del inmovilizado. Por otra parte, los rendimientos obtenidos en la eliminación del fósforo son algo superiores a los de las 2 alternativas anteriores.

-Usando cal: Para reducir los niveles de fósforo y de sólidos en suspensión se puede añadir cal después del tratamiento secundario. Este proceso puede realizarse en 1 o 2 etapas (2 decantadores para la precipitación).
(Ramalho, R.S.; 1993)

Recuperación del Fósforo Eliminado

La mayoría de las tecnologías de recuperación de fósforo están actualmente en la etapa de investigación y desarrollo, y pocas se han implantado a escala industrial. Entre las tecnologías potenciales de recuperación se encuentran las siguientes:

Precipitación de fosfato cálcico:

Un proceso existente es el DHV Crystalactor, que consiste en un reactor de lecho fluidizado. Esta tecnología ha sido implantada a escala industrial (como corriente lateral en una planta de eliminación biológica reforzada) en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de Geestmerambacht, en Holanda y esta funcionando desde 1994.

La recuperación del fosfato se alcanza con una combinación de procesos biológicos y fisicoquímicos. Sometiendo a las aguas residuales a una secuencia de condiciones anaerobias y aerobias, el fosfato que acumulan las bacterias (PAO) va enriqueciendo al fango activado.

El reactor usado en el proceso para la recuperación del fosfato fue desarrollado y patentado bajo el nombre de Crystalactor.

En la deshidratación de este fango enriquecido se obtiene una corriente de agua rica en fosfato que se lleva al Crystalactor.

Para prevenir la formación de carbonatos de calcio dentro del crystalactor se le eliminan los carbonatos al sobrenadante que se recoge en tanques de almacenamiento intermediario antes de entrar en el crystalactor.

El reactor en sí mismo consiste en un recipiente cilíndrico vertical, llenado parcialmente con un estrato fluidificado de material de semilla, tal como arena del filtro.

El sobrenadante una vez limpio de carbonatos se introduce por la base en sentido ascendente y mantiene fluidizado el lecho. La altura de estrato fluidificado es controlada entre 4 y 4.5 metros. La altura es ajustada extrayendo granos cerca del fondo y posteriormente agregando nueva arena sembradora.

Se agrega un reactivo a través de inyectores separados en el fondo del reactor, generalmente una solución de $Ca(OH)_2$, que eleva el nivel de pH y aumenta la concentración del ión Calcio. Se ha encontrado que la dosificación con la sosa cáustica (iones del OH^-) es a

menudo más eficaz que dosificando con la cal (iones del Ca^{2+}), puesto que aumenta la fuerza impulsora para la conversión del fosfato al fosfato tricálcico. La dosificación del hidróxido de calcio es controlada por un pHmetro (pH cerca de 8).

A velocidades verticales de cerca de 40 m/h se establece un flujo altamente turbulento asegurando una buena mezcla del sobrenadante y de la solución de calcio. La cristalización del fosfato de calcio ocurre sobre todo en el material de siembra (la arena), por el cual los granos crecen.

En el proceso de la cristalización los granos de fosfato de calcio aumentan de tamaño y de peso y los granos más grandes se mueven hacia el fondo del reactor. En intervalos regulares y sin la interrupción del proceso de la cristalización, los granos fluidificados más grandes se retiran del reactor y se agrega material fresco de semilla.

Detalles más técnicos se pueden encontrar en la patente US4389317 y patentes relacionadas.

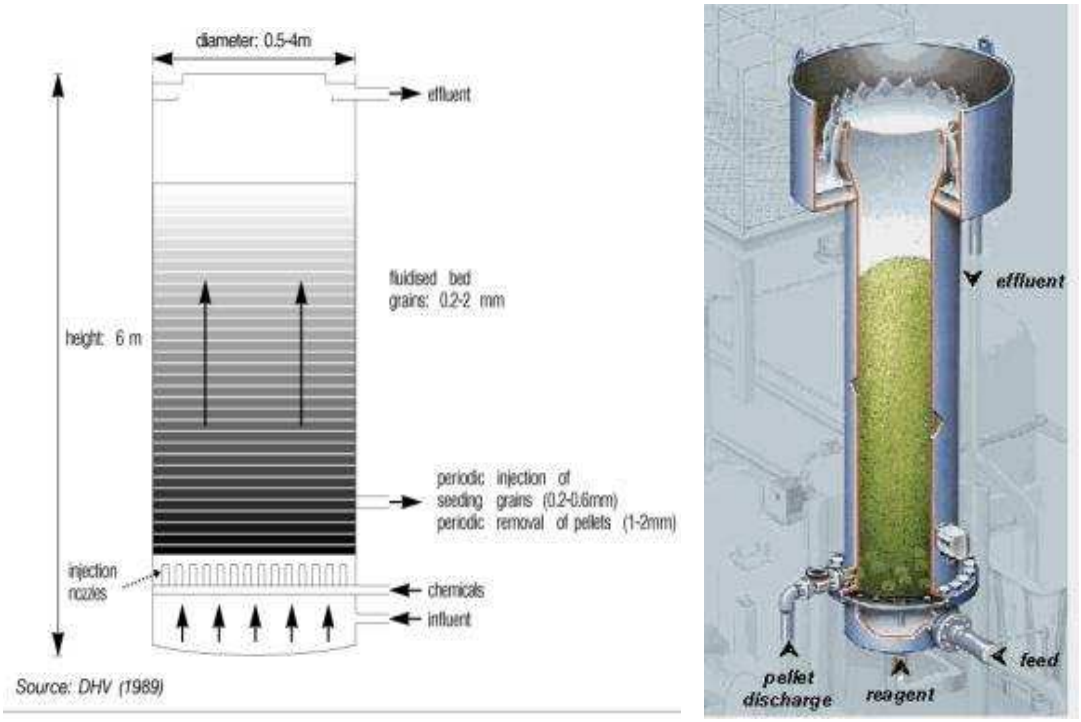


Figura 1.4 DHV Crystalactor

(Andreas Giesen, DHV Water BV)

Precipitación de estruvita:

Un ejemplo de esta tecnología es el proceso Phosnix, consistente en un reactor de columna de aire agitado.

El proceso consiste en eliminar el alto contenido en fósforo que tienen la corriente de agua rechazada en la centrifuga, la cual es retornada a cabecera de planta.
Para ello se utiliza un reactor de columna agitado por aire con una zona de reacción y una zona de sedimentación, en el cual se dosifican los reactivos y se mantiene el pH entre 8.5 y 9 para asegurar la nucleación y crecimiento de los granos de estruvita.

Se tienen 2 parámetros fundamentales para controlar el proceso:
-La proporción de magnesio, amonio y fosfato en el reactor (en la mayoría de los casos, el magnesio tiene que ser añadido para quitar todo el fósforo).
-El valor del pH en el reactor (alcalinidad).

La reacción de formación es la siguiente:

$$Mg^{2+} + NH_4^+ + PO_4^{3-} + 6H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$$

Los cristales formados crecen de tamaño hasta que se hunden en la base de la torre de donde son retirados de manera discontinua.

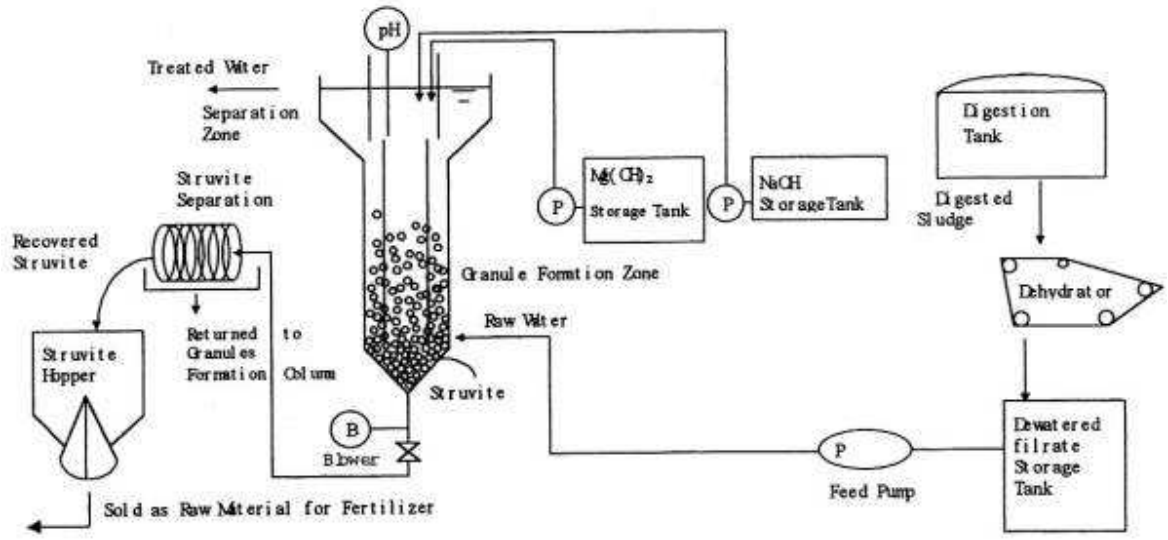


Figura 1.5 Proceso Phosnix

(Nanette Woods y Colaboradores; 2007) (Elisabeth V. y Colaboradores; 2000)

Tecnologías de membrana o intercambio iónico seguidas de precipitación:

Un ejemplo de esta tecnología es el proceso REM-NUT, que utiliza el intercambio iónico seguido de precipitación de estruvita.

La limitación principal del proceso, es que no tiene un intercambiador iónico selectivo solo de nutrientes.

Inconvenientes del método:

- Poca selectividad por el fosfato respecto a los aniones que compiten con él, como el $(SO4)^{2-}$, Cl^- ,$H(CO3)^-$,… y como consecuencia la baja retención del fósforo respecto de estos aniones.
- Regeneración ineficaz.
- Perdida progresiva de capacidad de la resina debido a fenómenos de ensuciamiento, absorción irreversible de compuestos orgánicos y a la deposición física de sólidos en suspensión que llevan las aguas.

En esta situación, el proceso REM-NUT elimina fosfatos, amonio y magnesio de las aguas de manera simultánea, seguidas de su recuperación en un cristalizador como estruvita, material que puede ser utilizado como fertilizante.

El proceso no se ha llevado a escala industrial debido a poca selectividad de las resinas, y que existen otros procesos económicamente mas viables.

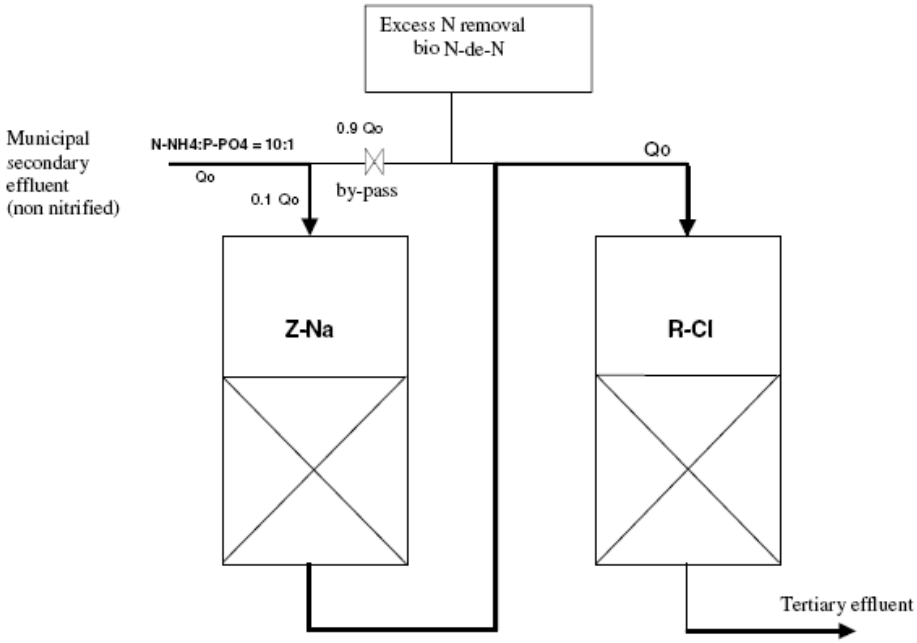


Figura 1.6 Proceso REM-NUT

(D. Petruzzelli y Colaboradores; 2001)

Viabilidad de la recuperación de fósforo

Una demanda cada vez mayor de recursos sostenibles, unos límites de vertido de nutrientes mas estrictos y cada vez mas restricciones en la disposición de lodos, han orientado a la industria de tratamiento de aguas residuales a explorar alternativas a las tecnologías convencionales de eliminación de nutrientes. Esta tendencia se ha observado en países tales como Holanda, Reino Unido, Japón, Italia y Sudáfrica.

Como resultado, en éstos y otros países, la investigación y desarrollo está avanzando para explorar la viabilidad técnica y económica de tecnología que recupere el fósforo como fosfato en formas que la industria pueda reciclar.
Fosfato de fuentes diversas (materia orgánica, alimentos, de procedencia industrial, detergentes, etc…) pueden recuperarse conjuntamente a partir de las agua residuales.

El fosfato recuperado puede entonces reciclarse para las industrias de fosfato, de fertilizantes y otras que utilizan productos fosforados. La recuperación del fósforo para su reutilización y aplicaciones agrícolas e industriales es técnicamente factible, y se está investigando en instalaciones a escala piloto para optimizar las técnicas de recuperación actualmente disponibles. Sin embargo, que la recuperación y reutilización del fósforo se implanten de forma significativa en instalaciones de tratamiento de aguas residuales, depende principalmente de la viabilidad económica.

La mayoría de las tecnologías de recuperación de fósforo están actualmente en la etapa de investigación y desarrollo, y pocas se han implantado a escala industrial.

El fosfato cálcico precipitado es el mismo compuesto químico que el que forma el mineral de fósforo, por lo que puede reciclarse sin más a las industrias de fosfatos.
No esta claro si es preferible la recuperación como fosfato cálcico o como estruvita. Esta ultima puede ser preferible porque el proceso de recuperación es simple y elimina amonio, y porque la estruvita puede emplearse localmente en fertilizantes con mas facilidad, evitando así los costes de transporte.

La recuperación de fósforo es más viable en los casos de altas concentraciones de fósforo, bajas concentraciones de DBO y elevados costes de disposición del lodo.
Los costes unitarios de manipulación del lodo tienen un impacto significativo sobre la viabilidad económica de la recuperación del fósforo, mientras que las variaciones de los costes químicos tienen impactos mínimos.

Dependiendo de las condiciones de operación de las plantas de tratamiento, la masa de lodo puede reducirse de un 8 a un 31% como resultado de la implantación de la recuperación de fósforo.
(Nanette Woods y Colaboradores; 2000)

1.1.5 Criterios de selección y solución adoptada

La selección de la alternativa más adecuada posible la haremos teniendo en cuenta los siguientes de criterios:

Que el proceso sea viable económicamente.
Que el proceso sea viable tecnológicamente.
Que la inversión, tanto en inmovilizado como en reactivos sea lo menor posible.

Las posibles vías de eliminación de fósforo son:

Eliminación biológica.
Precipitación química.
Tecnologías de recuperación de fósforo.

Las alternativas de eliminación biológica se descartan, ya que esta alternativa es inviable económicamente al tener que modificar o reemplazar el reactor biológico, además de obtener lodos cargados de fosfatos, y aumentar así las incrustaciones de estruvita no deseadas.

Las alternativas de precipitación química las descartamos porque de adoptarse nos generaría un aumento en la producción de lodos, los cuales estarían cargados de fosfatos, produciendo precipitación de estruvita en las instalaciones, además del aumento de costes en la disposición de lodos.

Solo nos quedan las tecnologías de recuperación de fósforo, por lo que analizaremos los ventajas e inconvenientes de cada una de ellas para seleccionar la más adecuada.

En la tabla 1.3 se recogen una lista de las ventajas e inconvenientes de cada una de las alternativas.

Recuperación del Fósforo	Ventajas	Inconvenientes
Precipitación de estruvita (Proceso Phosnix)	-Eliminación de amonio simultáneamente con el fósforo. -Posibilidad de vender el producto a la industria. -Rendimientos de eliminación del 95%. -Eliminaríamos una de las mayores aportaciones de fósforo a cabecera de planta. -Inmovilizado de pequeño tamaño. -A priori no parece una solución demasiada complicada tecnológicamente y se tienen datos de estudios en planta-piloto.	-Se necesita añadir reactivos al proceso. -Operación discontinua, lo que implica atención por parte del personal al proceso. -Necesidad de tratar el efluente para que la estruvita no precipite en otras partes de la instalación.
Intercambio Iónico (Proceso REM-NUT)	-Producto recuperado como estruvita, con sus ventajas comerciales.	-Se dispone de poca información ya que aun esta en fase de desarrollo. -Las corrientes tratadas en los datos no se ajustan a las corrientes disponibes a tratar en la EDAR Cadiz-San Fernando. -Poca selectividad de la resina lo que se traduce en bajo rendimiento de eliminación. -Regeneración ineficaz, va perdiendo capacidad con el tiempo.
Precipitación de fosfato de calcio (DHV Crystalactor)	-El material de semilla utilizado es barato ya que es un desecho de la industria de la construcción.	-Se necesita añadir reactivos al proceso. -Requiere un pretratamiento de la corriente a tratar. -Proceso complicado tecnológicamente del que se tienen pocos datos.

Tabla 1.3 Ventajas e inconvenientes de las tecnologías de recuperación de fósforo.

De las alternativas de resuperación de fósforo, seleccionamos la eliminación de fósforo a partir de la precipitación de estruvita, por las siguientes razones:

- Obtenemos un producto de interés, al que podremos darle una salida en la industria de los fertilizantes.
- Es el proceso tecnológicamente más sencillo.
- Se dispone de datos para el diseño gracias a los estudios realizados en planta-piloto por diversos autores.
- En la EDAR existe de una corriente de sobrenadante ideal para aplicarle el tratamiento.
- Equipos de pequeño tamaño ya que la corriente a tratar es de pequeño caudal.

De todas las alternativas posibles, la eliminación de fósforo a partir de la precipitación de estruvita, es la que mejor se ajusta a los criterios de selección.

1.1.6 Descripción de la instalación

El proceso consiste en la eliminación de la concentración de fósforo del sobrenadante procedente de las centrífugas mediante la formación de un compuesto químico llamado estruvita aprovechable comercialmente como fertilizante.

A continuación se realizará una breve descripción del proceso así como una lista de todos los equipos necesarios para su puesta en funcionamiento.

El agua residual a tratar será el agua que extraen las centrífugas en el secado de fangos, ya que es el agua con mas concentración de fósforo de toda la estación depuradora, además el caudal a tratar es insignificante comparado con los caudales de agua que se tratan en otros dispositivos como sedimentación, desarenado, etc.. lo que permitirá dimensionar equipos que no sean demasiado voluminosos con el consiguiente ahorro económico en los costes de inversión, operación y mantenimiento.

En líneas generales el proceso será el siguiente, el agua del rechazo de las centrífugas se llevará a un pozo de bombeo que impulsará el fluido a un tanque de almacenamiento, desde donde se alimentara un reactor diseñado especialmente para llevar a cabo la reacción de precipitación de estruvita.

Para llevar a cabo la reacción en el reactor se necesita adicionar un reactivo, cloruro de magnesio, por lo que se dotará al proceso de un depósito donde se almacenara este reactivo y se irá dosificando continuamente en el reactor.

Por otro lado también se añadirá sosa para mantener el pH en 9 dentro del reactor, por lo que se dotará al proceso de otro tanque para almacenar y dosificar la sosa en el reactor.

El reactor estará provisto de un sistema de recogida de producto en su parte mas baja, que estará conectado con una centrífuga discontinua, que retirará la mayor parte del agua a los cristales de estruvita y la recirculará al reactor, dejando el producto listo para su almacenamiento.

A la salida del reactor se introducirá un filtro para tratar el efluente con la finalidad de retener algún cristal de estruvita que pudiera contener está corriente y devolverá está agua tratada a cabecera de planta con lo que se reducirá paulatinamente el contenido de fósforo del agua que se trata en la depuradora y por otro lado se obtendrá un producto de interés a la industria de los fertilizantes.

La instalación está compuesta por un pozo de bombeo, tres tanques de almacenamiento y dosificación, un reactor químico, una tolva de almacenamiento, un filtro, una centrífuga

discontinua, un pHmetro, un controlador universal, 6 bombas, 8 líneas de tuberías y sus correspondientes válvulas y accesorios.

Para la descripción de cada uno de los dispositivos se divide la instalación en 5 zonas:

1. Almacenamiento y dosificación de agua a tratar.
2. Almacenamiento y dosificación de cloruro de magnesio.
3. Almacenamiento y dosificación de hidróxido sódico.
4. Reactor químico.
5. Recogida de producto.

Zona 1: Almacenamiento y dosificación del agua a tratar

En está zona se distinguen las siguientes partes:

Dispositivo	Función
Pozo de Bombeo	Impulsar el fluido hasta el tanque de alimentación.
Depósito	Almacenar efluente proveniente de las centrífugas para dosificación de manera continua al reactor.
Líneas de tuberías	Interconexión entre centrífuga-depósito y entre depósito reactor
Válvulas	Iniciar, detener o regular la circulación (paso) del fluido a través de las tuberías.
Accesorios	Unir los diferentes elementos que se entrelazan en la red de tuberías.
Sistema de bombeo	Impulsión del fluido desde el depósito al reactor.

Tabla 1.4 Dispositivos zona 1.

Pozo de Bombeo

Una arqueta es un pequeño depósito utilizado para recibir el agua y distribuirla; suelen estar enterradas y tienen una tapa superior para evitar accidentes y poder limpiar su interior de impurezas.

Se construyen de ladrillo, revocadas y fratasadas con mortero de cemento interiormente; también pueden ser de hormigón, o prefabricadas en materiales plásticos.

Se dispondrá de una arqueta de bombeo prefabricada para la distribución del agua proveniente de las centrífugas a un depósito para su almacenamiento y dosificación de manera continua al reactor.

Su presencia se justifica por no existir la suficiente diferencia de cotas para el trasiego del fluido por gravedad.

La parada y puesta en marcha de las bombas se realiza de forma automática en función de la altura del agua en el pozo. Para ello se utiliza un sistema eléctrico de mando con regulación de puesta en marcha y parada por diferencia del nivel del agua en el pozo.

Para seleccionar el pozo de bombeo adecuado se consideran las características del sistema:

Caudal de entrada en el pozo: 5,83 m^3/h
Altura manométrica total a superar por la bomba: 15 m

Un distribuidor de pozos de bombeo que cumple con estas exigencias es “Salher”, el cual dispone de un catálogo de pozos de bombeo para pequeños caudales.

El modelo base de la gama media (REF: CVC-PB-A) consta de carcasa de PRFV con 2 bombas con funcionamiento alternativo, 4 interruptores de nivel, válvulas antirretorno, válvulas de cierre, acoplamiento automático de las bombas, para su izado a depósito lleno y cuadro eléctrico. Opcionalmente se podrá suministrar cualquier accesorio.

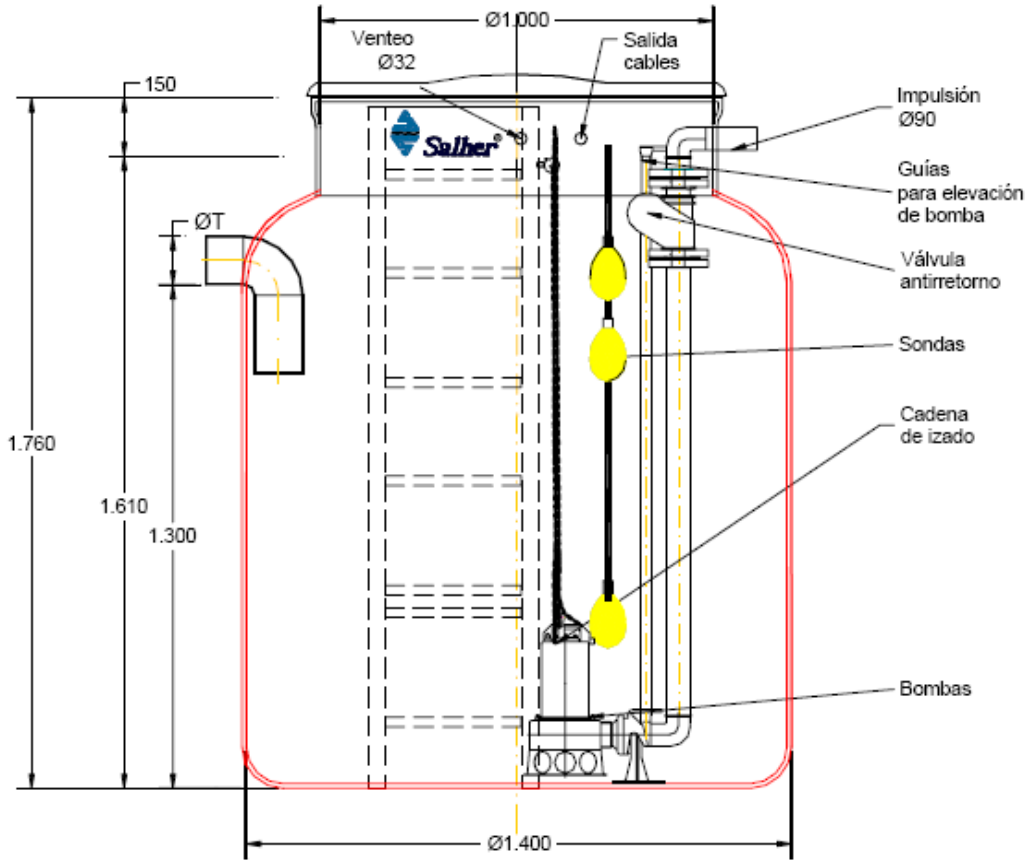


Figura 1.7 Pozo de bombeo.

REFERENCIA	Vol.Total [litros]	Vol. Útil [litros]	REF. BOMBA	Bombas Uds/Kw/tensión	Ø [mm]	Altura [mm]
CVC-PB-A-4	2.500	2.000	4	2x 1,2 Kw III	1.400	1.760
CVC-PB-A-5	2.500	2.000	5	2x 1,3 Kw III	1.400	1.760
CVC-PB-A-6	2.500	2.000	6	2x 3,2 Kw III	1.400	1.760

Tabla 1.5 Características de los distintos pozos de bombeo.

CARACTERÍSTICAS BOMBAS: RODETE IMPULSOR VORTEX

Bomba	Potencia Nominal (Kw)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Caudal													Ø Paso sólidos
				L/min	0	50	100	150	200	250	300	400	500	550	600	650	700	
				M3/h	0	3	6	9	12	15	18	24	30	33	36	39	42	
4	1.2	400V T	2.7	m.c.a.	12,5	11,8	10,8	9,8	8,5	7	5,5	2						40
5	1.3	400V T	3		13,2	12,8	12,2	11,3	10,3	9,3	8	5,5	3	1,8				50
6	3.2	400V T	5.5		18,2	17,3	16,5	15,6	14,7	13,6	12.7	10.5	8	7	5.5	4	3	50

Tabla 1.6 Características de las bombas de los pozos de bombeo.

Considerando las necesidades de operación del proceso se selecciona el pozo de bombeo con referencia **CVC-PB-A-6**, ya que este es el único que tiene una bomba capaz de superar los 15 m de altura.
(www.salher.com)

Deposito de almacenamiento

Como las centrífugas funcionan de manera discontinua, se necesita un tanque de almacenamiento previo para poder asegurar el flujo continuo de alimentación en el reactor.
A continuación se expone una tabla resumen de los resultados de su diseño.

Casco	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	7
	Diámetro (m)	4,12
	Volumen (m^3)	93,24
	Presión (psi)	30
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	5,33
Cabezal superior	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	1,03
	Diámetro (m)	4,12
	Volumen (m^3)	7.92
	Presión (psi)	30
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	5,23
Cabezal inferior	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	1,03
	Diámetro (m)	4,12
	Volumen (m^3)	7,92
	Presión (psi)	30,5
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	5,28
Altura total (m)		9,06
Volumen total (m^3)		109
Espesor de todas las placas del tanque por especificación (mm)		6,36

Tabla 1.7 Resumen del diseño del depósito de alimentación.

Boquillas:

- 1 Entrada de producto.
- 1 Salida de producto.
- 1 Drene.

- 1 Venteo.
- 1 Entrada de hombre.
- 1 Conexiones para indicador y/o control de nivel.

Indicador de nivel:

Indicador de nivel bridado modelo L300: Permite una lectura en forma clara y rápida para comprobar la cantidad de producto almacenado en un recipiente.
Su total hermeticidad y los materiales empleados en la construcción, lo hacen especialmente apto para utilizarlo en el control de todo producto líquido almacenado a presión o no.

Materiales:
- Cuerpo: Latón (p/ Cupla Roscada)
- Soporte y partes de enlace: Aleación de aluminio.
- Flotante y conjunto de transmisión: Nylon
- Cápsula indicadora: Totalmente hermética, con visor plástico de alta resistencia a los golpes y a las inclemencias del tiempo, reemplazable sin necesidad de retirar el indicador de nivel de líquido.
(http://www.famil.com.ar/i_n_b.htm)

Sistema de bombeo

En la línea de tubería T2 se incluye una bomba dosificadora para la impulsión del fluido desde el tanque de almacenamiento hacia el reactor. La bomba seleccionada es:

Bomba dosificadora PRIMEROYAL® L, dosificador metálico con membrana HPD (“H”).

Características:

Diámetro de pistón: 80 mm
Cilindrada: 251.34 cm^3
Diámetro de membrana: 266 mm
Velocidad de motor: 1500 rpm

Cadencia máxima: 149 gpm
Caudal máximo (10 bar): 2134 l/h
Presión máxima: 17 bar
Conexiones: 1"$^{1/2}$
(www.miltonroy-europe.com)

Tuberías

Las tuberías serán por donde circulen los fluidos. En está zona tenemos 2 líneas (T1 y T2), una que lleva el rechazo de la centrífuga hacia el tanque de almacenamiento de la alimentación, y otra que lleva desde el depósito hasta el reactor químico para su tratamiento.
En el siguiente cuadro resumen se observan las principales características de cada línea así como los accesorios necesarios para interconectar las líneas y poder trasvasar el fluido de un punto a otro de la instalación.

	T1-Centrífuga a Tanque alimentación	T2-Tanque alimentación a reactor
Diámetro nominal (in)	1,25	1,25
Espesor nominal (in)	0,191 Sh 80	0,191 Sh 80
Material	A 53 B	A 53 B
Accesorios	2 Codos 90º	2 reductores de 1"$^{1/2}$ a 1"$^{1/4}$ 2 codos 90º

Tabla 1.8 Tuberías zona 1.

Válvulas

Las válvulas se usan para iniciar, detener o regular la circulación (paso) del fluido a través de las tuberías.
Para la apertura o cierre total se usaran válvulas de bola. Se colocarán al principio y al final de cada línea de tubería (T1 y T2) permitiéndo una apertura o cierre rápidos.
En la T2, además se colocara una válvula de retención justo después de la bomba dosificadora, para evitar el retorno de fluido hacia la bomba.
Las válvulas seleccionadas serán:

4 válvulas de bola 1"$^{1/4}$ NIBCO S580-70

1 válvula de retención Clase 150 NIBCO S433-Y

(www.nibco.com)

Zona 2: Almacenamiento y dosificación de cloruro de magnesio

En está zona se distinguen las siguientes partes:

Dispositivo	Función
1 Depósito	Almacenar cloruro de magnesio para dosificación de manera continua al reactor.
Líneas de tuberías	Interconexión entre depósito-reactor
Válvulas	Iniciar, detener o regular la circulación (paso) del fluido a través de la tubería.
Accesorios	Unir los diferentes elementos que se entrelazan en la red de tuberías.
Sistema de bombeo	Impulsión del fluido desde el depósito al reactor.

Tabla 1.9 Dispositivos zona 2.

Deposito de almacenamiento

Para almacenar y dosificar el Cloruro de magnesio al reactor se proyectará un depósito con capacidad para 56 días de alimentación.

En la tabla 1.10 se observa un resumen del diseño del depósito de cloruro de magnesio.

Casco	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	3,6
	Diámetro (m)	1,2
	Volumen (m^3)	4,11
	Presión (psi)	30
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	2,67
Cabezales	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	0,2
	Diámetro (m)	1,2
	Volumen (m^3)	0,23
	Presión (psi)	30
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	2,67
Altura total (m)		4
Volumen total (m^3)		4,5
Espesor de todas las placas del tanque por especificación (mm)		6,36

Tabla 1.10 Resumen del diseño del depósito de cloruro de magnesio.

Boquillas:

- 1 Entrada de producto.
- 1 Salida de producto.
- 1 Drene.
- 1 Venteo.
- 1 Entrada de hombre.
- 1 Conexiones para indicador y/o control de nivel.

Indicador de nivel:

Indicador de nivel bridado modelo L300: Permite una lectura en forma clara y rápida para comprobar la cantidad de producto almacenado en un recipiente.

Su total hermeticidad y los materiales empleados en la construcción, lo hacen especialmente apto para utilizarlo en el control de todo producto líquido almacenado a presión o no.

Materiales:

- Cuerpo: Latón (p/ Cupla Roscada)
- Soporte y partes de enlace: Aleación de aluminio.
- Flotante y conjunto de transmisión: Nylon
- Cápsula indicadora: Totalmente hermética, con visor plástico de alta resistencia a los golpes y a las inclemencias del tiempo, reemplazable sin necesidad de retirar el indicador de nivel de líquido.

((http://www.famil.com.ar/i_n_b.htm)

Sistema de bombeo

Para impulsar el cloruro de magnesio hacia el reactor se usara una bomba dosificadora ubicada en la línea de tubería T3.La bomba seleccionada es:

Bomba dosificadora milroyal® D con dosificador de membrana y diámetro de pistón de 6 mm.

DOSIFICADOR DE PISTÓN				DOSIFICADOR DE MEMBRANA (1)			
ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)	ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)
3.2	23 140	0.28 1.74	300	3	23 140	0.23 1.40	480
6	140	6.06	300	4	140	2.48	480
8	140	10.1	200	6	140	5.80	390
11.1	140	19.9	70	8	140	10.3	200
15.9	140	40	45	10	140	15.9	127
22.2	140	79	10	20	140	62	35
-	-	-	-	25	140	98	22
-	-	-	-	32	140	164	10
-	-	-	-	40	140	254	8
-	-	-	-	45	140	345	7

Tabla 1.11 Características bomba dosificadora milroyal® D

(www.miltonroy-europe.com)

Tuberías

Hay una sola línea de tubería que interconecta el tanque de almacenamiento de cloruro de magnesio con el reactor, la T3.

	T3-Tanque $MgCl_2$ a Reactor
Diámetro nominal (in)	½"
Espesor nominal (in)	0,187 Sh 160
Material	A 53 B
Accesorios	2 codos de 90º

Tabla 1.12 Tubería zona 2.

Válvulas

Para la apertura y cierre total se usaran 2 válvulas de bola. Irán ubicadas una a la salida del tanque de almacenamiento, y otra antes de la entrada en el reactor.

Para impedir el retorno del fluido se colocara una válvula de retención entre la bomba y el reactor.

Las válvulas seleccionadas así como sus principales características se muestran a continuación:

2 válvulas de bola ½" NIBCO S580-70

1 válvula de retención ½" Clase 150 NIBCO S433-Y

(www.nibco.com)

Zona 3: Almacenamiento y dosificación de Hidróxido de sodio

Se distinguen las siguientes partes:

Dispositivo	**Función**
Depósito	Almacenar hidróxido sódico para su dosificación de manera continua al reactor.
Líneas de tuberías	Interconexión entre depósito-reactor
Válvulas	Iniciar, detener o regular la circulación (paso) del fluido a través de las tuberías.
Accesorios	Unir los diferentes elementos que se entrelazan en la red de tuberías.
Sistema de bombeo	Impulsión del fluido desde el depósito al reactor.

Tabla 1.13 Dispositivos zona 3.

Deposito de almacenamiento

Para el almacenamiento y dosificación del la sosa, se ha optado por seleccionar un tanque de un catalogo comercial, ya que no era posible usar un tanque metálico por la naturaleza corrosiva del fluido.

Distribuidor	Diverse plastic group Inc
Material	Polietileno de alta densidad
Altura total (m)	0,61
Diámetro (m)	0,48
Volumen (m^3)	0,057
Peso (Kg)	12,25
Entrada de hombre (in)	12
Diámetro conexión de salida (in)	2

Tabla 1.14 Características depósito de hidróxido sódico.

Boquillas:

- 1 Entrada de producto.
- 1 Salida de producto.
- 1 Drene.
- 1 Venteo.
- 1 Entrada de hombre.

Sistema de bombeo

Para la impulsión del fluido hacia el reactor se coloca una bomba dosificadora en la línea T4. Como el fluido a trasvasar es corrosivo se usará la bomba seleccionada que está fabricada en plástico.

Bomba dosificadora MAXROY® D105 fabricada en plástico.

CONSTRUCCIÓN / COMPONENTES	PVC [1]	316L [2]
Cuerpo dosificador	PVC	316L
Caja válvulas	PVC	316L
Asientos	PE [3]	316L
Bolas	Vidrio [3]	316L
Placa contorno	PVC	316L
Membrana	PTFE	PTFE
Muelle bola descarga	Hastelloy C	316L
Juntas	Viton [4]	PTFE

[1] La presión está limitada hasta 10 bar y 20 °C (si aumenta la temperatura 5 °C, presión máxima disminuye 1.1 bar). Temperatura máxima de servicio: 50 °C
[2] Milton Roy Europe dispone de tabla de intercambiabilidad de acuerdo con estándares nacionales e internacionales (AFNOR, DIN, ASTM, BS, etc.)
[3] MAXROY® B145: PVC
[4] Otras materias bajo petición

Tabla 1.15 Materiales de construcción de la bomba dosificadora MAXROY® D105

Características:

Diámetro de pistón: 22 mm
Cilindrada: 7,2 cm^3
Diámetro de membrana: 105 mm
Velocidad de motor: 1000 rpm

Cadencia máxima: 58 gpm
Caudal máximo (10 bar): 18 l/h
Presión máxima: 28 bar
Conexiones: ½" o ¾"
(www.miltonroy-europe.com)

Tuberías

Se dispone de una línea de tubería T4, que conecta el tanque de sosa con el reactor.
Por la naturaleza corrosiva del fluido el material de la línea de tubería es PVC.

	T4-Tanque NaOH a Reactor
Diámetro nominal (mm)	20
Espesor nominal (mm)	1,3
Material	PVC
Accesorios	3 Codos de 90º

Tabla 1.16 Tubería zona 3.

Válvulas

Las válvulas usadas serán de PVC. Para apertura y cierre se usarán 2 válvulas de bola, ubicadas una en cada extremo de la línea. Para evitar la inversión del flujo del fluido se usará una válvula de retención ubicada después de la bomba dosificadora.
Las válvulas seleccionadas así como sus principales características se muestran a continuación:

2 válvulas de bola ½" PVC Nibco 4770
(www.nibco.com)
1 válvula de retención de bola ½" PVC CEPEX
(www.cepex.com/worldwide/espana/)

Zona 4: Reactor químico

En está zona se distingue:

Dispositivo	Función
Reactor químico	Recipiente donde se produce la reacción de precipitación de estruvita
Líneas de tuberías	Conducir el agua tratada a cabecera de planta, recoger el producto obtenido en la reacción y devolver el agua extraída al reactor.
Válvulas	Iniciar, detener o regular la circulación (paso) del fluido a través de las tuberías.
Accesorios	Unir los diferentes elementos que se entrelazan en la red de tuberías.
Filtro	Eliminar las partículas de estruvita contenidas en la corriente de salida
pHmetro	Medición continúa a la salida del reactor.
Controlador	Regular la bomba de alimentación de NaOH en función del pH

Tabla 1.17 Dispositivos zona 4.

Reactor químico

La reacción se llevara a cabo en un recipiente diseñado especialmente para ello. El diseño del reactor se basa en la información bibliográfica disponible y especialmente en el articulo de Sylvia Regy and C, “Phosphate recovery by struvite precipitation in a stirred reactor”, Centro Europeo de Estudios de Polifosfatos, 1-65, 2001.
Las principales características del reactor se exponen en la siguiente tabla.

Zona de reacción	Volumen [m^3]	4,18
	Diámetro [m]	1,69
	Altura [m]	1,86
	Espesor [mm]	3,1
Sección troncocónica	Volumen [m^3]	1,50
	Angulo [grados]	45
	Altura [m]	0,42
	Espesor [mm]	4,75
Zona de sedimentación	Volumen [m^3]	5,13
	Diámetro [m]	2,54
	Altura [m]	1,02
	Espesor [mm]	3,84
Zona de Recogida	Volumen [m^3]	0,63
	Diámetro [m]	1,69
	Altura [m]	0,85
	Espesor [mm]	3,7
Total	Volumen [m^3]	11,45
	Altura [m]	4,14
	Espesor de todas las placas del reactor por especificación [mm]	6,36
	Material	A-283 GRADO C

Tabla 1.18 Resumen del diseño del reactor.

Boquillas:

- 4 Entradas de producto.
- 2 Salidas de producto.
- 1 Drene (con o sin sumidero).
- 1 Venteo.
- 1 Entrada de hombre.
- 1 Conexiones para agitador.

Agitador

Para proporcionar la agitación necesaria para mezclar las corrientes y que se produzca la reacción se selecciona un agitador de hélice HELISEM serie VRG Tipo 3061S con diámetro de impulsor de 600 mm.

Características generales

• Agitadores dotados de un reductor de velocidad.

• Eje inferior provisto de una turbina de palas inclinadas Sabre® de alto rendimiento hidráulico.

• Potencia desde 0,37 hasta 7,5 Kw.

Volumen útil

• Desde 0,5 hasta 200 m^3.

Condiciones de operación

• Presión atmosférica.

• Temperatura hasta 90°C

(www.miltonroy-europe.com)

Tuberías

Tendremos una línea de tubería, T5 que llevara el efluente del reactor hacia cabecera de planta.

	T5-Reactor a cabecera de planta
Diámetro nominal (in)	1,25
Espesor nominal (in)	0,191 Sh 80
Material	A 53 B
Accesorios	4 codos 90º

Tabla 1.19 Tubería zona 4.

Válvulas

En la línea T5, para apertura o cierre se disponen de 2 válvulas de bola, uno en cada extremo de la tubería.
2 válvulas de bola 1"$^{1/4}$ NIBCO S580-70
(www.nibco.com)

Filtro

La corriente de agua de salida del reactor podría contener partículas de estruvita que no hubieran alcanzado el tamaño crítico para sedimentar dentro del reactor, por lo que se hace necesario realizar un tratamiento a está corriente para evitar que las partículas sigan creciendo y provoquen obstrucciones en la línea.
El tamaño teórico que deberían tener las partículas al llegar a la salida es de unas 24.5 micras, por lo que se coloca un filtro que retenga las partículas de más de 5 micras para retener las partículas que no hayan crecido lo suficiente.
Un filtro que satisface estas necesidades sería el que se describe a continuación, suministrado por la empresa "tratamiento natural del agua".

Filtros SDF de 2" capaces de filtrar partículas de tamaño desde 50 micras hasta 5 micras. No hay necesidad de abrir el cuerpo del filtro para su limpieza. Una operación tan simple y rápida como girar el filtro varias veces, bastará para limpiarlo.
Estos filtros de discos patentados previenen los reventones y mantienen un nivel de filtración constante, soportando hasta 20 kilos de presión

Figura 1.8 Filtro SDF

Características:
Autolimpieza semiautomática.
No hay piezas de recambio.
Filtración opcional hasta las 3.000 mallas (ultra fina - 5 micras).
(http://www.arrakis.es/~aguanatural/f_gira.htm)

pHmetro

Irá colocado en la línea de tubería T5, dará una lectura del pH a la salida del reactor mandando una señal al controlador.

Transmisor de pH/Redox ABB AUTOMATION serie 4600
(www.abb.es)

Controlador

Ubicado en la pared del reactor químico recibirá una señal del sensor de pH, y mandara una señal a la bomba de dosificación de NaOH MAXROY® D105 para regular su caudal en función de la lectura recibida.

Controlador universal de procesos ABB instrumentation Comander 351
(www.abb.es)

Zona 5: Recogida de producto

Se distinguen las siguientes partes:

Dispositivo	Función
Centrífuga discontinua	Secar el producto para prepararlo para su almacenaje
Líneas de tuberías	Interconexión entre centrífuga-reactor, y centrífuga-tolva de almacenamiento.
Tolva de almacenamiento	Almacenar el producto hasta su recogida.
Accesorios	Unir los diferentes elementos que se entrelazan en la red de tuberías.
Sistema de bombeo	Impulsión del fluido desde el reactor a la centrífuga.

Tabla 1.20 Dispositivos zona 5.

Centrífuga discontinua

La producción de estruvita estimada será de unos 80.5 kg/día, los cuales se irán descargando para su deshidratación y posterior almacenamiento.
La deshidratación se realizara en un decantador centrífugo por sus ventajas frente a otros centrifugadores.
El centrifugado se volverá a introducir en el reactor.

La centrifugación es un proceso de separación que utiliza la acción de la fuerza centrífuga para promover la aceleración de partículas en una mezcla de sólido-líquido. Dos fases claramente distintas se forman en el recipiente durante la centrifugación:
El sedimento.
El centrifugado o el concentrado que es el líquido flotante.

La aplicación más común es la separación de sustancias sólidas a partir de suspensiones altamente concentrados. Si se usa de está manera para el tratamiento de las aguas residuales se consigue la deshidratación y creación de sedimento más o menos consistente dependiendo de la naturaleza del lodo tratado.

El decantador centrífugo es el único decantador que ha sido preparado para el manejo de una concentración de sólidos significativa en la suspensión de alimentación. Al mismo tiempo alcanza altos niveles de clarificación del concentrado líquido. Aunque es una maquina de diseño complicado está basado en un principio básico. Consiste en una cámara cilíndrica horizontal (1) que rota a alta velocidad, con un tornillo helicoidal de extracción (2) situado co-axialmente. El tornillo se ajusta perfectamente al contorno de la cámara, de manera que solo permite agua clara entre la cámara y el rotador. La velocidad diferencial entre el tornillo y el rotador es lo que provoca un movimiento de arrastre para la recogida de los sólidos, que se acumulan en las paredes de la cámara.
El producto a ser tratado (3) se introduce axialmente en la unidad mediante un distribuidor apropiado (4). Es propulsado en el espacio anillo (5) que se forma en la superficie interna de la cámara y el cuerpo del rotador. El proceso de rotación tiene lugar dentro de la sección cilíndrica de la cámara. La velocidad relativa del rotador empuja los productos sedimentados (6) a lo largo de la cámara. El arrastre de los sólidos en la longitud del cono permite los sedimentos pasar fuera de la fase liquida clarificada. Mientras la entrada de agua sea continua se establece un nivel líquido (7) en la unidad siguiendo la superficie cilíndrica que constituye la superficie externa del anillo líquido. Una vez han pasado los sólidos fuera del anillo líquido la sección restante del cono produce el drenaje final hasta el eyector o expulsor: está sección se conoce como zona de secado (8). El liquido clarificado (9) se colecta al otro extremo de la cámara mediante un flujo dentro de un limite ajustable (10), que limite el anillo de liquido de la unidad. Una tapa permite la colección del líquido clarificado y los sedimentos y protege el rotor.

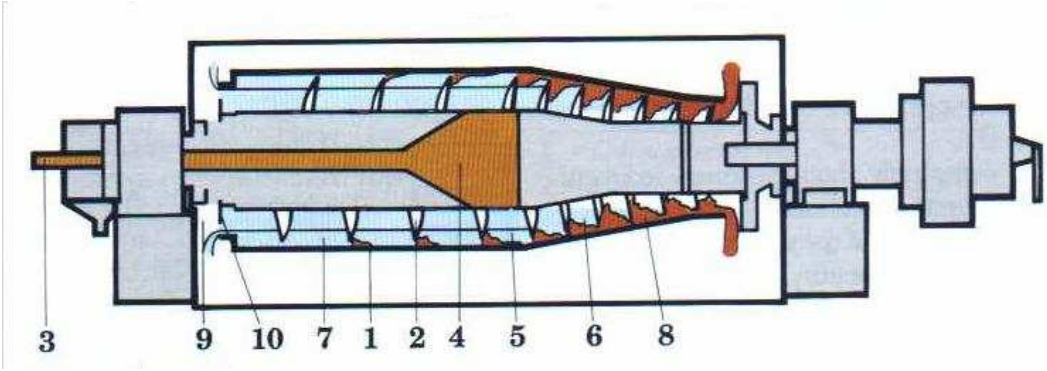


Figura 1.9 Esquema de un decantador centrífugo.

1. Cono cilindro cónico
2. Tornillo Extracción helicoidal (rotador)
3. Alimentación
4. Distribuidor

5. Espacio entre anillos
6. Producto de sedimentación
7. Nivel liquido
8. Zona de secado
9. Liquido clarificado
10. Limite ajustamiento

(Records, A; 2001)

Alfa Laval, multinacional especializada en tecnología para la industria, ha lanzado al mercado el nuevo decantador Aldec 10, el más pequeño de su gama. El nuevo decantador centrífugo está diseñado para adaptarse a las necesidades de las plantas de tratamiento de aguas residuales, potables y de la pequeña y mediana industria, reduciendo de manera significativa los costes de transporte de lodos.

Con el lanzamiento de este decantador de menor tamaño, Alfa Laval pone a disposición de sus clientes la gama más completa de decantadores, que cubren capacidades desde 1 a 250 m^3/h (4-1000 gpm).

Figura 1.10 Decantador centrífugo ALDEC 10

Para la deshidratación de la corriente de producto se usara el decantador centrífugo “ALDEC 10”.

(www.alfalaval.com)

Líneas de tuberías

	T6-Reactor a centrífuga	T7-Centrífuga a tolva de almacenamiento	T8-Centrífuga a reactor
Diámetro nominal (in)	1”	1”	1”
Espesor nominal (in)	0,050”	0,050”	0,050”
Material	Cobre flexible	Cobre flexible	Cobre flexible

Tabla 1.21 Tuberías zona 5

Válvulas

Para la apertura o cierre total se usaran válvulas de bola. Se colocaran al principio y al final de cada línea de tubería (T6, T7 y T8) permitiéndonos una apertura o cierre rápidos. Además se colocara una válvula de retención justo después de cada bomba, para evitar el retorno de fluido hacia la bomba.
Las válvulas seleccionadas así como sus principales características serán:

6 válvulas de bola 1” NIBCO S580-70
3 válvulas de retención Clase 150 NIBCO S433-Y
(www.nibco.com)

Sistema de bombeo

Se dispondrán 3 bombas, una en la T6, para llevar el producto a la centrífuga, una en la T7, para llevar la estruvita tratada a la tolva de almacenamiento, y otra en la T8, para llevar el sobrenadante de vuelta al reactor.

Bomba en la T6 y T7

Bomba YAMADA modelo NDP20-BXT

Especificaciones técnicas:
Caudal ajustable: desde 0 hasta 100 lpm
Aspiración: ¾" BSP
Impulsión: ¾" BSP
Entrada de aire: 3/8" BSPT/incluye válvula reguladora
Presión máxima: 0,5 MPa
Sólidos admitidos: <3mm
Máxima succión en seco: 1,2 Mts (Teflón)/2,9 Mts (Otros)
Máxima succión inundada: 8,3 Mts(Teflón)/9,1 Mts(Otros)
Máxima viscosidad: 5000 Cp (Succión negativa)
Máxima viscosidad: 10000 Cp (succión positiva)
Peso: 13 Kg

Materiales de fabricación
Cuerpo: PVC
Membranas: Teflón
Válvulas: bolas/teflón
Asiento: PVC
Tóricas: Teflón
Motor de aire: aluminio
(www.acm-tools.com)

Bomba en la T8

Bomba de cavidades progresivas Flygt ANBP

Ideal para bombear líquidos con alto contenido en sólidos, o dosificar cualquier líquido desde neutral a agresivo y alta o baja viscosidad.

El diseño y el material de la bomba se pueden seleccionar para satisfacer su uso, y las bombas pueden ser instaladas horizontalmente o verticalmente.

Flygt usa rotores huecos, que aumentan mucho la vida de la bomba y reduce el mantenimiento. Los rotores huecos también reducen ruido de funcionamiento, y permiten la operación a altas velocidades rotatorias sin aumentar el desgaste.

Flygt ANBP	
Pressure	12 bar
Flow	42 l/min
Viscosity	20,000 mPas
Lobe type	1/2

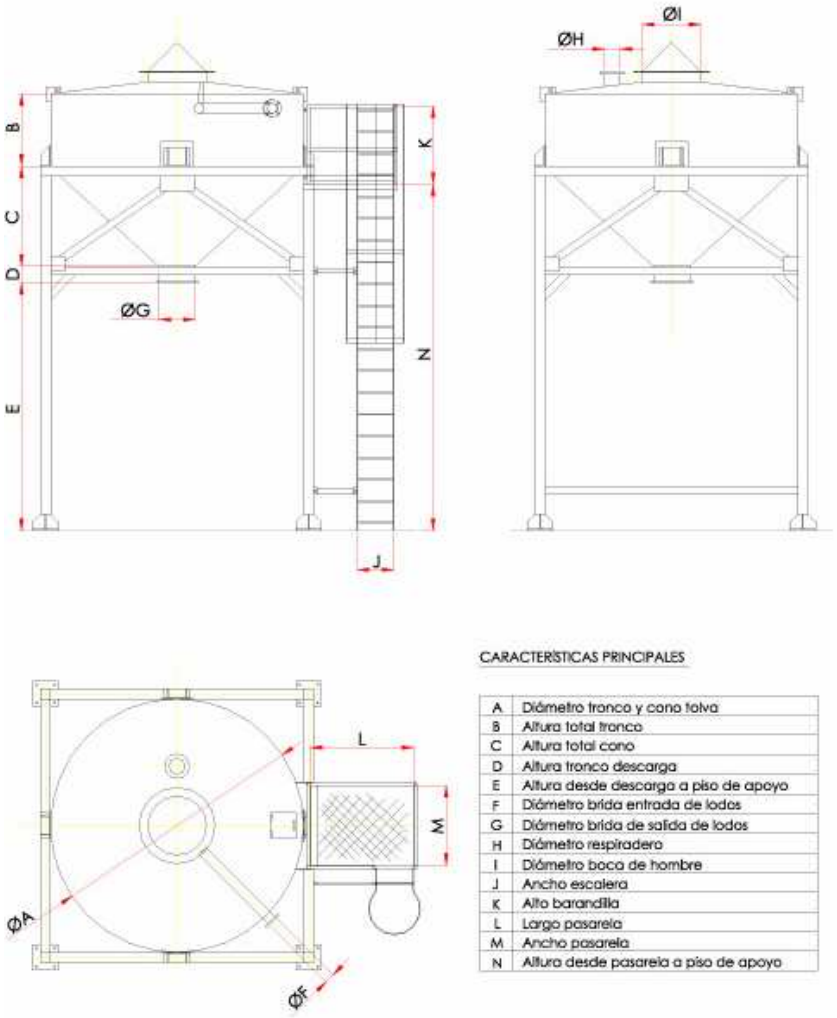
Figura 1.11 Bomba de cavidades progresivas Flygt ANBP
(www.flygt.com)

Tolva de almacenamiento

Para almacenar el producto hasta su recogida en camiones se usará una tolva de almacenamiento.
ESTRUAGUA provee tolvas de almacenamiento, modelo TAF, capacidades comprendidas entre 5 m^3 hasta 100 m^3.

Este tipo de depósitos son fabricados en forma cilíndrica con carácter estándar, bajo demanda pueden ser construidos en forma trapezoidal.

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



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

A	Diámetro tronco y cono tolva
B	Altura total tronco
C	Altura total cono
D	Altura tronco descarga
E	Altura desde descarga a piso de apoyo
F	Diámetro brida entrada de lodos
G	Diámetro brida de salida de lodos
H	Diámetro respiradero
I	Diámetro boca de hombre
J	Ancho escalera
K	Alto barandilla
L	Largo pasarela
M	Ancho pasarela
N	Altura desde pasarela a piso de apoyo

MODELO	CAPACIDAD (m³)	Ø TRONCO Y CONO (mm)	ALTURA TRONCO (mm)	ALTURA CONO (mm)	DISTÁNCIA 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

Figura 1.12 Características tolva almacenamiento TAF

(www.estruagua.com)

1.1.7 Modo de operación

Se describe brevemente la forma de operar de los distintos equipos involucrados en el proceso.
El proceso será semicontinuo, es decir, se parará para proceder a la descarga del producto cada cierto tiempo.
La producción de estruvita estimada será de unos 75 kg/día, los cuales se irán descargando para su deshidratación y posterior almacenamiento.

La densidad de la estruvita es de 1964,94 kg/m^3.

$$75\frac{kg}{día}\times\frac{1}{1964{,}94}\frac{m^3}{kg}=0{,}038\frac{m^3}{día}$$

Se procederá a la descarga del reactor cuando se llene la zona de descarga, que tiene una capacidad de 0,633 m^3.

$$0{,}038\frac{m^3}{día}\times X\ días=0{,}633 m^3 \Rightarrow X=16{,}58\ días$$

La zona de descarga se llenara cada 16 días aproximadamente, por lo que parece razonable descargar el reactor cada 15 días para evitar que se llene completamente.

Esta operación durara un par de horas aproximadamente.
Durante la 1ª hora se pararan los equipos y se dejara que se asienten los cristales de estruvita en el reactor.
Durante la 2ª hora se pondrá en marcha todo el conjunto de equipos involucrados en la deshidratación y almacenaje de la estruvita.
El caudal que se extraerá del reactor será a razón de 0,63 m^3/h.

1.1.8 Resumen del presupuesto

El presente presupuesto general de ejecución por contrata asciende a la cantidad de **TRESCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS NUEVE EUROS CON SESENTA Y SIETE CENTIMOS.**

1.1.9 Bibliografía

Índice de autores:

- Alan Records, “Decanter centrifuge Handbook”, Ed. Elsevier, ebook (2001).
- Costa Novella, E. y col. “Ingeniería química”, Volumen 3, flujo de fluidos, Ed. Alhambra (1985).
- Coulson and Richardson's, “Coulson & Richardson's chemical engineering”, 2ª edición, Ed Oxford (1993).
- Echarri, L. “Ciencias de la tierra y del medio ambiente”, Ed. Teide (1998).
- Hernández, A. “Abastecimiento y distribucuión de agua”,Ed Paraninfo (1990).
- Jesús Santamaría, “Ingeniería de reactores”, Ed. Síntesis (1999).
- Mc Cabe And Smith, “Operaciones Unitarias En Ingeniería Química”, Ed. McGraw-Hill (1991).
- Megyesy, E.F. “Manual de recipientes a presión. Diseño y calculo”, Ed. Limusa (2001).
- Metcalf y Eddy, “Ingenieria de las aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización”, Ed McGraw-Hill (1995).
- Perry y col. “Manual del ingeniero químico”, Ed Advisory borrad (1997).
- Ramalho, R.S. “Tratamiento de aguas residuales”, Ed Reverté (1993).
- Rigola Lapeña, M. “Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales”, Ed. Marcombo (1989).

- Robert C. Rosales, “Manual de mantenimiento industrial”, Tomo III. Ed McGraw-Hill (1993).

Artículos:

- Andreas Giesen, “Crystallization Process Enables Environmental Friendly Phosphate Removal at Low Costs”, Environmental Technology 20, 769-775, 1999.

- Doyle, J. y C, “Struvite formation, control and Recovery”, Water research 36, 3925-3940, 2002.

- D. Petruzzelli y C; “A phosphate-selective sorbent for the REM NUT process: field experience at Massafra Wastewater Treatment Plant”, Reactive and Functional Polimers, 195-202, 2004.

- Elisabeth V. y C,“Controlled struvite crystallisation for removing phosphorus from anaerobic digester sidestreams”, Water research 35,151-159, 2001.

- Ohlinger y Colaboradores, “Predicting struvite formation in digestion”, Water research 32, 3607-3614, 1998.

- Quintana, M, “Kinetics of phosphorus removal and struvite formation by the utilization of by-product of magnesium oxide production”,Chemical Engineering Journal 111, 45-52, 2005.

- Nanette Woods y C; “Recuperación del fósforo de las aguas residuales urbanas”, CH2M Hill, 117-128, 2000.

- Sylvia Regy and C, “Phosphate recovery by struvite precipitation in a stirred reactor”, Centro Europeo de Estudios de Polifosfatos, 1-65, 2001.

Direcciones electrónicas:

- www.alfalaval.com
- http://www.arrakis.es/~aguanatural/f_gira.htm
- http://es.wikipedia.org
- http://www.acm-tools.com
- http://www.arrakis.es
- http://www.carm.es
- http://www.cranfield.ac.uk
- http://www.emuasa.es
- http://www.famil.com.ar
- www.flygt.com
- http://www.goodwill.es
- http://www.lawebdefisica.com
- http://www.lenntech.com
- www.miltonroy-europe.com
- http://www.pieralisi.com.br
- http://www.plastictanks.ca

- www.salher.com
- http://www.sc.ehu.es
- http://www.tecnun.es

Otros:

- "Apuntes diseño de elementos en la industria química"
- "Apuntes operaciones básicas de flujo de fluidos"
- "Apuntes operaciones básicas de la ingeniería química"
- "Diseño y cálculo de tanques de almacenamiento", INGLESA; www.inglesa.com.mx/books/DYCTA.pdf
- "Distancias recomendadas entre unidades para plantas químicas y petroleras según Industrial Risk Insurers (IRI)"
- "Enciclopedia Encarta de Microsoft"
- "Memoria del proyecto de construcción de la EDAR Cádiz-San Fernando"
- www.aquabazar.com/pub/guia_seleccion_bombas_espa.pdf
- "ITC MIE-APQ-6: «Almacenamiento de líquidos corrosivos»"
- "Selección y guía de especificaciones de válvulas (FOLLETO C-VSG-I-0103SP)"; www.nibco.com/assets/VlvSlctSp.pdf

1.2 CALCULOS JUSTIFICATIVOS

1.2.1 Diagrama de Flujo.

1.2.2. Esquema del proceso.

1.2.3. Ubicación de los equipos en planta.

1.2.4. Tanque de almacenamiento de la alimentación.

1.2.5. Tanque de cloruro de magnesio.

1.2.6. Tanque de NaOH.

1.2.7. Reactor.

1.2.8. Tuberías.

1.2.9. Bombas.

1.2.10. Válvulas.

1.2.1 Diagrama de Flujo.

Para realizar el diagrama de flujo se necesita conocer los caudales y composición de Fosfato de las corrientes involucradas en el proceso.
En la depuradora se distinguen 2 tratamientos, el de la línea de agua y el de la línea de fangos, y es la transferencia de fosfato entre estas corrientes la que se debe esclarecer para poder tener todos los datos del diagrama de flujo.

Cálculo de caudales y cantidad de fósforo en la línea de fango

Aunque la línea de fango no se va a tratar, resulta necesario conocer los caudales de los distintos dispositivos, ya que a partir de éstos se estimara los caudales de sobrenadante necesarios para cerrar el balance de materia al fósforo y para decidir a que corriente conviene efectuar el tratamiento de eliminación de fosfato.

Se parte del caudal que se lleva a deshidratación de fangos desde el depósito tampón 211,88 m^3/día (dato suministrado por la depuradora).

Considerando que cada digestor aporta la misma cantidad de fango digerido, tenemos que de cada digestor entra y sale:

$$211{,}88\frac{m^3}{día} \div 2 = 105{,}94\frac{m^3}{día}$$

Así, se conoce la salida del depósito de fangos mixtos 211,88 m^3/día, este depósito tiene dos entradas, una proveniente de los espesadores por gravedad y otra proveniente de los espesadores por flotación.
La corriente de los espesadores por gravedad puede calcularse, y una vez obtenida ésta se calculará la proveniente de los espesadores de flotación por diferencia con las corrientes calculadas.

Espesadores por gravedad

- Entrada:

Para un caudal máximo de 75000 m^3/día, con un rendimiento de eliminación de sólidos del 65%, los decantadores primarios mandan una cantidad de 14625 kg/día de fango. Con estos datos se deduce que para un caudal de 35000m^3, producirán una cantidad de fango de 6825 kg/día. Como se conoce que la concentración de sólidos es de 30 g/l se puede calcular el volumen de fangos:

$$6825\frac{kg}{día}\times\frac{1l}{30g}\times\frac{1000g}{1kg}\times\frac{1m^3}{1000l}=227{,}5\frac{m^3}{día}$$

- Salida:

La concentración de los fangos de salida es de 65,96 g/l, por lo que conociendo los datos de entrada, la salida dará un caudal de:

$Q_{entrada}$ * [entrada] = Q_{salida} * [salida]

$$227500l\times\frac{30g}{1l}=6825000\ g$$

$$\frac{6825000g}{X\ l}=65{,}96\frac{g}{l}\Rightarrow X=103471\,l=103{,}47\ m^3$$

Espesadores por flotación

- Salida:

Tiene una concentración de sólidos de 40 g/l y el caudal se calcula por diferencia de las corrientes conocidas:

Q = 211,88 m^3/día – 103,46 m^3/día = 108,42 m^3/día

- Entrada:

La concentración de sólidos es de 10 g/l y teniendo los datos de la salida se obtiene un caudal de:

$Q_{entrada}$ * [entrada] = Q_{salida} * [salida]

$$108420l \times \frac{40g}{1l} = 4336800\ g$$

$$\frac{4336800g}{X\ l} = 10\frac{g}{l} \Rightarrow X = 433680l = 433{,}68\ m^3$$

Cálculo de caudales y cantidad de fósforo en la línea de agua

Entrada agua bruta

La EDAR Cádiz–San Fernando está diseñada para tratar un caudal de 75000 m^3/día aunque, en la actualidad, la planta está tratando un caudal medio de 35000 m^3/día, por lo que se dimensionarán las unidades para un caudal de entrada de 35000 m^3/día.
El agua bruta tiene una concentración de fosfatos de 31 mg/l por lo que entrara una cantidad de fosfato de 1085 k/día.

$$35000\frac{m^3}{dia} \times 31\frac{mg}{l} \times \frac{1000l}{1m^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times \frac{1g}{1000mg} = 1085\frac{kg}{día}$$

Salida agua tratada

El agua tratada tendrá un caudal de 35000 m^3/día con una concentración media de fosfatos de 20,16 mg/l, por lo que la cantidad de fosfato en el agua será de 705,6 k/día.

$$35000\frac{m^3}{dia} \times 20{,}16\frac{mg}{l} \times \frac{1000l}{1m^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times \frac{1g}{1000mg} = 705{,}6\frac{kg}{día}$$

Deshidratación de fangos

Se tienen que tratar 211,88 m^3/día de fango procedentes del depósito tampón. La sequedad prevista de estos fangos después de pasar por las centrífugas es de al menos el 22%, por lo que el caudal de agua retirado será de 46,62 m^3 con una concentración de fosfatos media de 650 mg/l. Así el aporte de fosfato de esta corriente será de 30,3 kg/día.

$$211{,}88\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{día}}\times 0{,}22 = 46{,}62\frac{\mathrm{m}^3}{día}$$

$$46{,}62\frac{m^3}{dia}\times 650\frac{mg}{l}\times\frac{1000l}{1m^3}\times\frac{1kg}{1000g}\times\frac{1g}{1000mg} = 30{,}3\frac{kg}{día}$$

Espesador por gravedad

Al espesador llegan 227,5 m^3/día de fangos con una concentración de 30g/l.
Los fangos de salida tienen una concentración de 65,96 gr/l, por lo que generarán un sobrenadante de 124 m^3/día con una concentración de fosfatos de 68,5 mg/l, por lo que el aporte de fosfato de esta corriente es de 8.5 kg/día.

$$227500\,l\times\frac{30g}{1\,l} = 6825000g$$

$$\frac{6825000g}{X\,l} = 65{,}96\frac{g}{l}\Rightarrow X = 103471\,l = 103{,}47m^3$$

$$227{,}5\,m^3 - 103{,}47\,m^3 = 124\,m^3$$

$$124\frac{m^3}{dia}\times 68{,}5\frac{mg}{l}\times\frac{1000l}{1m^3}\times\frac{1kg}{1000g}\times\frac{1g}{1000mg} = 8{,}5\frac{kg}{día}$$

Espesador por flotación

Al espesador llegan 433,68 m^3/día de fangos con una concentración de 10 g/l.
Los fangos de salida tienen una concentración de 40 g/l, por lo que generan un sobrenadante de 325,26 m^3/día con una concentración de fosfatos de 68,5 mg/l, por lo que el aporte de fosfato de esta corriente es de 22,3 kg/día.

$$433680\,l \times \frac{10g}{1\,l} = 4336800g$$

$$\frac{4336800g}{X\,l} = 40\frac{g}{l} \Rightarrow X = 108420\,l = 108{,}42m^3$$

$$433{,}68m^3 - 108{,}42m^3 = 325{,}26m^3$$

$$325{,}26\frac{m^3}{dia} \times 68{,}5\frac{mg}{l} \times \frac{1000l}{1m^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times \frac{1g}{1000mg} = 22{,}3\frac{kg}{día}$$

Vaciados y drenaje

Aquí es donde confluyen los distintos sobrenadantes provenientes de los distintos dispositivos, se tendrá en consideración solo los provenientes de el espesador por gravedad, el espesador por flotación y el rechazo de las centrifugas, ya que estos tres son los que mas caudal aportan y de los que se tiene datos de concentración de fosfato.

- Entrada

Espesador por gravedad

$$124\frac{m^3}{dia} \times 68{,}5\frac{mg}{l} \times \frac{1000\,l}{1m^3} \times \frac{1kg}{1000g} \times \frac{1g}{1000mg} = 8{,}5\frac{kg}{día}$$

Espesador por flotación

$$325{,}26\frac{m^3}{dia}\times 68{,}5\frac{mg}{l}\times\frac{1000\,l}{1m^3}\times\frac{1kg}{1000g}\times\frac{1g}{1000mg}=22{,}3\frac{kg}{día}$$

Rechazo de las centrífugas

$$46{,}62\frac{m^3}{dia}\times 650\frac{mg}{l}\times\frac{1000l}{1m^3}\times\frac{1kg}{1000g}\times\frac{1g}{1000mg}=30{,}3\frac{kg}{día}$$

- Salida

$$124\frac{m^3}{día}+325{,}26\frac{m^3}{día}+46{,}62\frac{m^3}{día}=495{,}88\frac{m^3}{día}$$

$$8{,}5\frac{kg}{día}+22{,}3\frac{kg}{día}+30{,}3\frac{kg}{día}=61{,}1\frac{kg}{día}$$

$$61{,}1\frac{kg}{día}\times\frac{1\,día}{495{,}88m^3}\times\frac{1m^3}{1000\,l}\times\frac{1000g}{1kg}\times\frac{1000mg}{1gr}=123{,}2\frac{mg}{l}$$

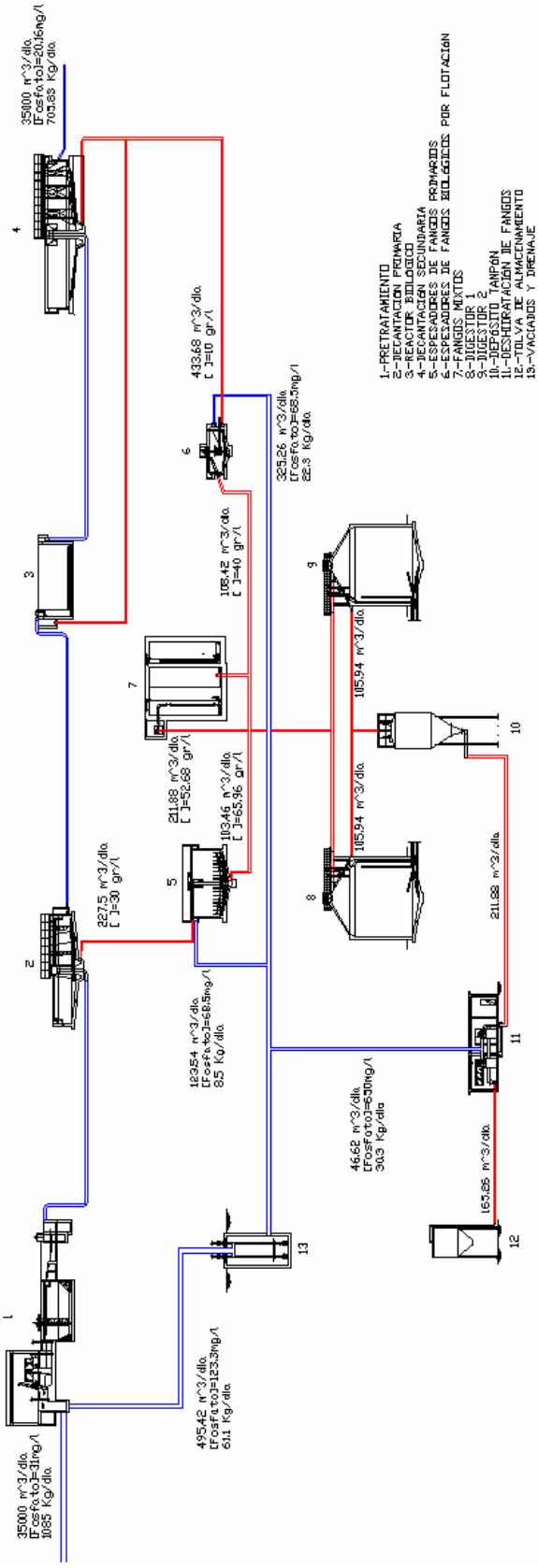


Figura 1.13 Diagrama de flujo EDAR

1.2.2. Esquema del proceso.

El proceso consiste en la eliminación de la concentración de fósforo del sobrenadante procedente de las centrífugas, mediante la formación de un compuesto químico llamado estruvita, el cual es aprovechable comercialmente como fertilizante.

El agua residual a tratar será el agua que extraen las centrifugas en el secado de fangos, ya que es el agua con mas concentración de fósforo de toda la estación depuradora. Así mismo el caudal a tratar es insignificante comparado con los caudales de agua que se tratan en otros dispositivos como sedimentación, desarenado, etc..

lo que permitirá dimensionar equipos que no sean demasiado voluminosos con el consiguiente ahorro económico en los costes de inversión, operación y mantenimiento.

En líneas generales el proceso será el siguiente, el agua del rechazo de las centrífugas se llevara a un tanque de almacenamiento, desde donde el cual, se alimentará un reactor diseñado especialmente para llevar a cabo la reacción de precipitación de estruvita.

Para llevar a cabo la reacción en el reactor es necesario adicionar un reactivo, cloruro de magnesio, por lo que se dotara al proceso de un tanque donde se almacenara este reactivo y se irá dosificando continuamente en el reactor.

Por otro lado también se añadirá sosa para mantener el pH en 9 dentro del reactor, por lo que se dotara al proceso de otro tanque para almacenar y dosificar la sosa en el reactor.

El reactor estará provisto de una zona de recogida de producto en su parte más baja, que estará conectado con una centrífuga discontinua, que retirara la mayor parte del agua de los cristales de estruvita y la recirculará al reactor, dejando el producto listo para su almacenamiento.

A la salida del reactor se dispone un filtro con la finalidad de retener los cristales de estruvita que pudiera contener esta corriente y devolviendo el agua tratada a cabecera de planta con lo que se irá reduciendo paulatinamente el contenido de fósforo del agua que se trata en la depuradora y por otro lado se obtendrá un producto de interés para la industria de los fertilizantes.

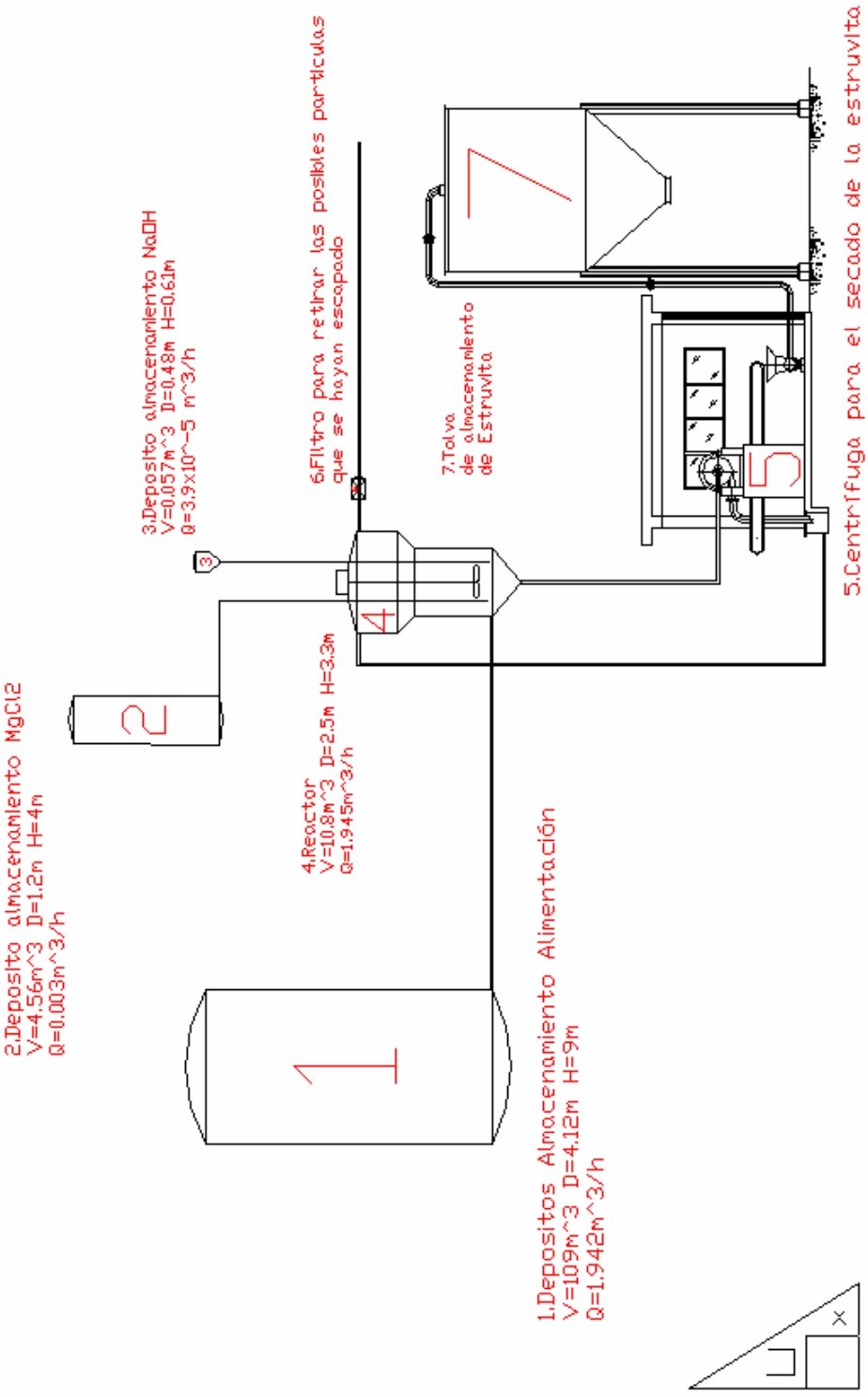


Figura 1.14 Esquema del proceso.

1.2.3. Ubicación de los equipos en planta.

La instalación de las líneas y equipos del tratamiento de eliminación de fósforo se regirá por los siguientes criterios:

- Buscar el menor coste posible.
- Evitar una excesiva complejidad en la línea de tratamiento.
- Procurar la máxima homogeneidad de las nuevas instalaciones con las instalaciones existentes.
- Ocupar el menor espacio posible.

Los recipientes que tendremos en el proceso, serán todos recipientes a presión atmosférica, todos contendrán sustancias no peligrosas, excepto el contenedor de NaOH, que es una sustancia corrosiva.

- Para el recipiente de NaOH se considerarán los distintos artículos que se detallan de la ***ITC MIE-APQ-6: «Almacenamiento de líquidos corrosivos»***.

SECCIÓN 2.a ALMACENAMIENTO EN RECIPIENTES FIJOS
CAPÍTULO II. Distancias entre instalaciones y entre recipientes
Artículo 12. Distancias entre instalaciones

No existen requerimientos especiales de distancias entre instalaciones de líquidos corrosivos entre sí, ni respecto a otras instalaciones de la planta o fábrica, excepto los siguientes:
La pared interior de los cubetos distará, como mínimo, 1,5 metros del vallado exterior de la planta. El resto de las instalaciones del almacenamiento distarán al menos 3 metros de dicho vallado.
Las instalaciones de líquidos corrosivos, especialmente los recipientes y tuberías, deberán protegerse de los efectos de siniestros procedentes de otras instalaciones que presenten riesgos de incendio o explosión, en particular recipientes de inflamables y combustibles, cuando dichos efectos puedan afectar gravemente a la estabilidad de los materiales de construcción o a la peligrosidad de los productos contenidos (emisión de vapores tóxicos al calentarse, etc.).

Artículo 13. Distancias entre recipientes.

a. La separación entre dos recipientes de líquidos corrosivos contiguos debe ser la suficiente para garantizar un buen acceso a los mismos, con un mínimo de 1 metro.

b. Los líquidos corrosivos que, además, sean inflamables o combustibles podrán almacenarse junto con otros líquidos inflamables o combustibles en las condiciones descritas en la ITC MIE-APQ 1.

c. Los líquidos corrosivos que no sean inflamables ni combustibles podrán almacenarse dentro de cubetos de líquidos inflamables y combustibles, siempre que los materiales, protecciones (excepto la protección con cámara de espuma), disposición y tipo de recipientes sean los exigidos en la ITC MIE-APQ 1 a la clase de productos para los que se diseñó el cubeto.

Si los líquidos corrosivos están en cubeto propio, deberán estar separados de los recipientes de líquidos inflamables y combustibles por una distancia igual o mayor que la que corresponde a los de la clase D en los cuadros II-5 y II-6 de la ITC MIE-APQ 1.

Artículo 15. Cubetos de retención.

1. Los recipientes fijos para almacenamiento de líquidos corrosivos exteriores o dentro de edificios deberán disponer de un cubeto de retención, que podrá ser común a varios recipientes.

2. No deberán estar en el mismo cubeto recipientes con productos que presenten reacciones peligrosas o que puedan reducir por debajo de los mínimos las exigencias mecánicas de diseño del resto de las instalaciones.

3. La distancia mínima horizontal entre la pared mojada del recipiente y el borde interior de la coronación del cubeto, será igual o superior a 1 m.

El fondo del cubeto tendrá una pendiente mínima del 1 por 100, de forma que todo el producto derramado escurra rápidamente hacia el punto de recogida y posterior tratamiento de efluentes.

4. Recipiente de doble pared.- Cuando un recipiente tenga doble pared, ésta podrá ser considerada como cubeto si se cumplen las siguientes condiciones:

a. Misma presión de diseño y material adecuado para el producto.

b. Sistema de detección de fugas con alarma.

c. Tubuladuras del recipiente interior sólo en la parte superior y con dispositivo automático de cierre.

d. Losa con bordillo, de 10 cm de altura mínima, para recogida de derrames de las tuberías, con pendiente hacia la red de drenajes.

5. Capacidad del cubeto.- La capacidad útil del cubeto será, como mínimo, igual a la capacidad del recipiente mayor.

Cuando un cubeto contiene un solo recipiente, su capacidad se mide considerando que tal recipiente no existe, es decir, será el volumen del líquido que pueda quedar retenido dentro del cubeto, incluyendo el del recipiente hasta el nivel del líquido en el cubeto.

Cuando el cubeto contiene dos o más recipientes, su capacidad se mide considerando que no existe el recipiente mayor, pero sí los demás, es decir, descontando del volumen total del cubeto vacío el volumen de la parte de cada recipiente que quedaría sumergido bajo el nivel del líquido, excepto el del mayor.

6. Cubetos alejados de los recipientes.- Si las disposiciones adoptadas permiten al cubeto cumplir complementariamente su misión de retención de productos en caso de fuga accidental sin que los recipientes estén en el interior del cubeto, estos cubetos podrán estar más o menos alejados de los recipientes, de manera que lleven los derrames a una zona que presente menos riesgos, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. La disposición y la pendiente del suelo alrededor del tanque deben ser tales que en caso de fuga los productos discurran únicamente hacia el cubeto de recogida de derrames.

b. El trayecto recorrido por los derrames accidentales entre los recipientes y el cubeto de retención no deben atravesar zonas de riesgo ni cortar vías de acceso a éstas.

7. Construcción y disposición de cubetos.

a. Las paredes y fondos de los cubetos deberán ser de un material que asegure la estanquidad de los productos almacenados durante el tiempo necesario previsto para su evacuación, con un tiempo mínimo de cuarenta y ocho horas, debiendo ser diseñadas para poder resistir la presión hidrostática debida a la altura total del líquido a cubeto lleno.

b. En los cubetos deberán existir accesos normales y de emergencia, señalizados, con un mínimo de dos en total y en número tal que no haya que recorrer una distancia superior a 25 metros hasta alcanzar un acceso desde cualquier punto del interior del cubeto. Se dispondrá de accesos directos a zonas de operación frecuente.

c. Como mínimo, la cuarta parte de la periferia del cubeto debe ser accesible por dos vías diferentes. Estas vías deberán tener una anchura de 2,5 m y una altura libre de 4 m como mínimo para permitir el acceso de vehículos de emergencia. Cuando el almacenamiento

tenga lugar dentro de edificios, la anterior condición se entenderá aplicable al menos a una de las fachadas del recinto que contenga el cubeto, debiendo ésta disponer, además, de accesos desde el exterior para el personal de los servicios de emergencia.

d. Las tuberías no deben atravesar más cubeto que el del recipiente o recipientes a los cuales estén conectadas.

El paso de las tuberías a través de las paredes de los cubetos deberá hacerse de forma que su estanquidad quede asegurada.

e. La pendiente del fondo del cubeto desde el tanque hasta el sumidero de drenaje será, como mínimo, del 1 por 100.

f. Se prohibe, en el interior de los cubetos, el empleo permanente de mangueras flexibles. Su utilización se limitará a operaciones de corta duración.

g. Los canales de evacuación tendrán una sección mínima de 400 centímetros cuadrados, con una pendiente, también mínima, del 1 por 100 hacia el punto de salida.

- Para los demás Recipientes se consideraran las ***Distancias recomendadas entre unidades para plantas químicas y petroleras según Industrial Risk Insurers (IRI) expuestas en las siguientes tablas.***

Edificios para servicios generales	1	/															
Centros para control de motores y subestaciones eléctricas	2	/	/														
Áreas para servicios de procesos	3	50	50	/													
Torres para enfriamiento	4	50	50	100	50												
Salas de control	5	/	/	100	100	/											
Salas de compresores	6	100	100	100	100	100	30										
Salas grandes de bombas	7	100	100	100	100	100	30	30									
Unidades de procesos con riesgo moderado	8	100	100	100	100	100	30	30	50								
Unidades de procesos con riesgo medio	9	200	100	100	100	200	50	50	100	100							
Unidades de procesos con riesgo alto	10	400	200	200	200	300	100	100	200	200	200						
Tanques para almacenamiento atmosférico	11	250	250	250	250	250	250	250	250	300	350	*					
Tanques de almacenamiento a presión	12	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350[1]	*	*				
Tanques para almacenamiento refrigerado	13	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	*	*	*			
Antorchas	14	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	400	400	/		
Marquesinas para carga y descarga	15	200	200	200	200	200	200	200	200	200	300	250	350	350	300	50	
Bombas para agua DCI	16	50	50	50	50	50	200	200	200	300	300	350	350	350	300	200	/
Estaciones para DCI	17	50	50	50	50	50	200	200	200	300	300	350	350	350	300	200	/
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Tabla 1.21 Distancias recomendadas entre unidades para plantas químicas y petroleras según Industrial Risk Insurers (IRI).

Distancias mínimas en pies: 1 pies = 0,305 m.

Observaciones: / = sin requisitos de separación y * = separación según tabla 1.22.

Tanques de techo flotante o fijo <477 m^3	1	0,5 . D*							
Tanques de techo flotante o fijo entre 477 y 1590 m^3	2	0,5 . D	0,5 . D						
Tanques de techo flotante entre 1590 y 47700 m^3	3	1 x D	1 x D	1 x D					
Tanques de techo flotante >47700 m^3	4	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D				
Tanques de techo fijo para productos de clases II y III entre 1590 y 47700 m^3	5	0,5 . D	0,5 . D	1 x D	1 x D	0,5 . D			
Tanques de techo fijo para productos de clases I**inertizados entre 1590 y 23850 m^3.	6	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D		
Recipientes para almacenamiento a presión (esferas y esferoides).	7	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	2 x D	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	
Recipientes para almacenamiento a presión (depósitos y puros)	8	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	2 x D	1,5 . D 100' MIN	1,5 . D 100' MIN	1 x D 100' MIN	1 x D
Tanques para almacenamiento refrigerado (con cúpula)	9	2 x D 100' MIN	2 x D 100' MIN	2 x D 100' MIN	2 x D	2 x D 100' MIN	2 x D 100' MIN	1 x D 100' MIN	1 x D 100' MIN	1 x D 100' MIN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabla 1.22 Distancias recomendadas entre tanques de almacenamiento en plantas químicas petroleras según IRI

D = diámetro del tanque mayor

Observaciones: * Para productos de clases II y III, 5 pies es aceptable.

El depósito de Sosa tendrá un cubeto de seguridad.

Entre la pared del cubeto de Sosa y los demás recipientes habrá una distancia mínima de un metro.

Las distancias entre recipientes serán de $0.5*D_{recipiente}$, en el caso de que esta distancia fuera inferior a 5 pies, se tomara esta ultima como separación mínima entre tanques.

- Configuración del proceso:

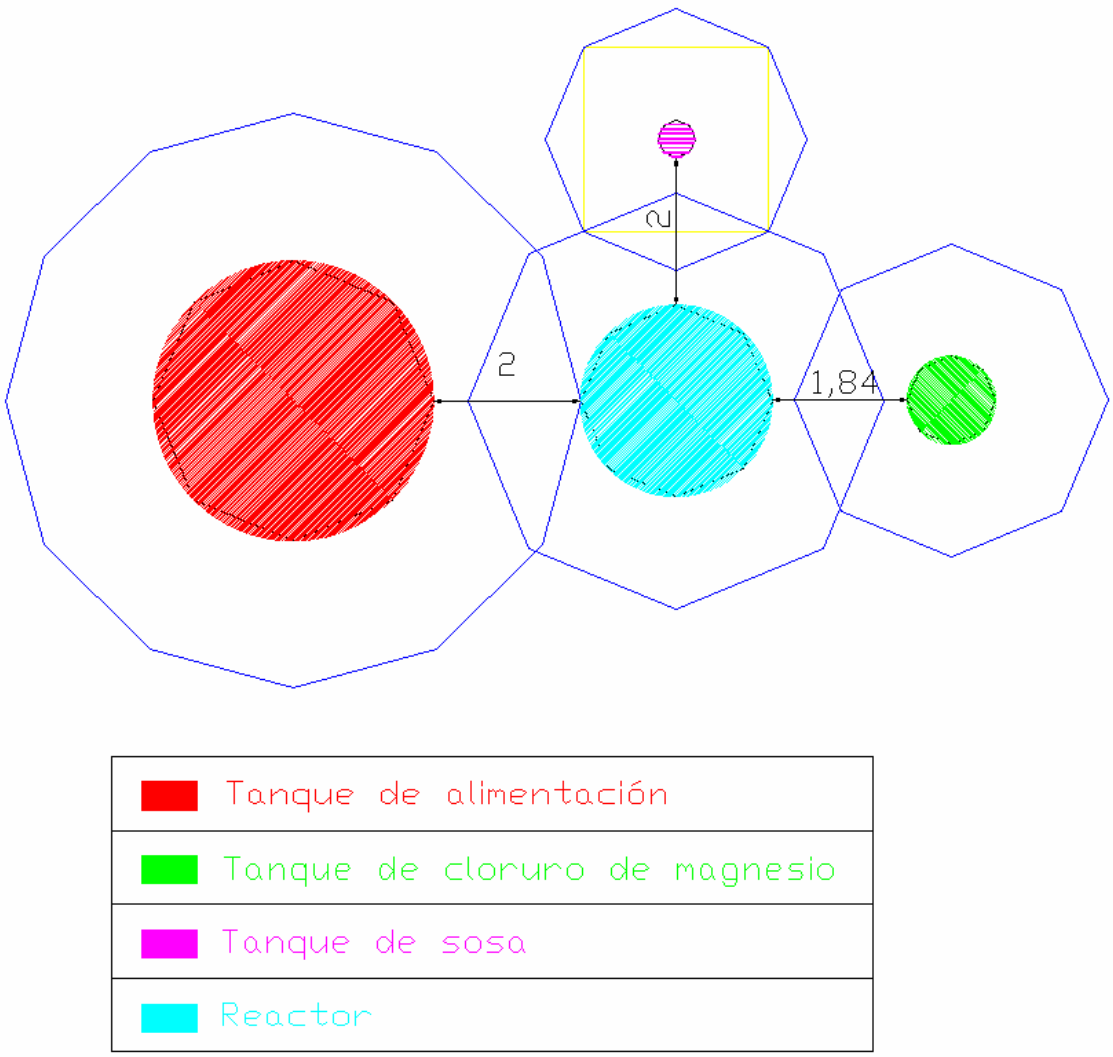


Figura 1.15 Ubicación de los depósitos en planta.

Los datos numéricos indican la distancia en metros.
Las líneas amarillas son las paredes del cubeto de retención, que distara como mínimo de 1 metro desde la pared a cualquier recipiente.
Las líneas azules son las distancias mínimas entre tanques, 1,5*D ó 5 pies (1,525 m), la que fuera mayor de las dos.

La tolva de almacenamiento se coloca junto a las 2 tolvas de almacenamiento de lodos existentes en la EDAR, para procurar la máxima homogeneidad de las nuevas instalaciones con las instalaciones existentes.

1.2.4. Tanque de almacenamiento de la alimentación.

Como las centrífugas funcionan de manera discontinua, se necesita un tanque de almacenamiento previo para poder asegurar el flujo continuo de alimentación en el reactor.

Su diseño se rige en la publicación que realiza el "Instituto Americano del Petróleo", que se designa como "STANDAR A.P.I. 650", para tanques de almacenamiento a presión atmosférica.

El estándar A.P.I. 650 sólo cubre aquellos tanques en los cuales se almacenan fluidos líquidos y están construidos de acero con el fondo uniformemente soportado por una cama de arena, grava, concreto, asfalto, etc, diseñados para soportar una presión de operación atmosférica o presiones internas que no excedan el peso del techo por unidad de área y una temperatura de operación no mayor de 93 °C (200 °F), y que no se usen para servicios de refrigeración. Este estándar cubre el diseño y cálculo de los elementos constitutivos del tanque.

	A.P.I. 650			A.P.I. 620			A.N.S.I.	AWWA
	Básico	Apéndice A	Apéndice F	Básico	Apéndice R	Apéndice Q	B96.1	
Presión Interna Máxima	Atm.	Atm.	0.17 Kg/cm2	1 Kg/cm2	1 Kg/cm2	1 Kg/cm2	Atm.	Atm.
Temperatura Mínima	NS	(-)28.8°C	NS	(-)45.5°C	(-)54.4°C	(-)167°C	(-)28.8°C	(-)48.3°C
Temperatura Máxima	93.3°C	93.3°C	93.3°C	93.3°C	(-)40°C	93.3°C	204°C	RT
Espesor Máximo del Cuerpo	44.4 cm.	12.7 cm.	44.4 mm.	NS	NS	NS	NS	50.8 mm.
Espesor Mínimo del Cuerpo								
D < 15.2 m.	4.76 mm.			4.76 mm.			4.76 mm.	
15.2 m. < D > 36.5 m.	6.35 mm.			6.35 mm.			6.36 mm.	
36.5 m. < D > 60.9 m.	7.93 mm.			7.93 mm.			7.93 mm.	
D > 60.9 m.	9.52 mm.			9.52 mm.				9.52 mm.
Espesor Mínmo del Techo	4.76 mm.			NS			4.76 mm.	4.76 mm.
Espesor Máximo del Techo	6.35 mm. + CA			NS			6.35 mm.	NS
Ángulo Mínimo de Coronamiento								
D < 10.6 m.	50.8 mm. x 50.8 mm. x 4.76 mm.			NS		63.5 mm. x 63.5 mm. x 6.35 mm.		NS
10.6 m. < D > 18.2 m.	50.8 mm. x 50.8 mm. x 6.35 mm.			NS		63.5 mm. x 63.5 mm. x 7.93 mm.		NS
D > 18.2 m.	76.2 mm.x 76.2 mm. x 9.52 mm.			NS		76.2 mm. x 76.2 mm.x 9.52 mm.		NS

NS = Sin Especificación CA = Corrosión Permisible RT = Temperatura Ambiente

a) La temperatura puede ser elevada hasta 260° C cuando se cumplen ciertas especificaciones del material y requerimientos de diseño adicionales.
b) Este espesor aplica para tanques con diámetros menores a 6.096 m.
c) Este espesor aplica para tanques con diámetros entre 6.096 m. y 36.57 m.
d) El espesor mínimo de cualquier placa es 4.76 mm. + corrosión.
e) Para espesores mayores de 50.8 mm. se deben cumplir algunos requerimientos especiales
f) Para techos cónicos, el espesor de placa puede ser calibre No. 7.

Tabla 1.22 Requerimientos de diversos estándares

(Diseño y calculo de tanques de almacenamiento, INGLESA)

Los tanques con disposición cilíndrica vertical y fondo relativamente plano ofrecen el coste mínimo (Perry y col., 1997). Por otro lado, para recipientes de diámetros pequeño y mediano, las cabezas elipsoidales son las mas usadas (Megyesy, E.F., 2001).

Por estas razones, la configuración de los depósitos de este proyecto será cilíndrica vertical de cabezas elipsoidales 2:1.

Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen en el mercado, por lo que a continuación listamos los materiales más usados con su aplicación.

Grupo 1 Rolado Semicalmado		Grupo 2 Rolado Calmado y Semicalmado		Grupo 3 Rolado y Calmado Grano Fino	
Material	Notas	Material	Notas	Material	Notas
A-283-C	2	A-31-B	7	A-573-58	
A-285-C	2	A-36	2 y 6	A-516-55	
A-131-A	2	A-422-55		A-516-60	
A-36	2 y 3	A-422-60		G40.21-260W	9
Fe-42-B	4	G40.21-260W		Fe-42-D	4 y 9
Gdo. 37	3 y 5	Fe-42-C	4	Gdo. 41	5 y 9
Gdo. 41	6	Gdo. 41	5 y 8		

Grupo 3A Normalizado, Calmado Grano Fino		Grupo 4 Rolado Calmado, Rolado Fino		Grupo 4A Rolado y Calmado Grano Fino	
Material	Notas	Material	Notas	Material	Notas
A-131-CS		A-573-65		A-662-C	
A-573-58	10	A-573-70		A-573-70	11
A-516-55	10	A-516-65		G40.21-300W	9, 11
A-516-60	10	A-516-70		G40.21-350W	9, 11
G40.20-260W	9 y 10	A-662-B			
Fe-42-D	4, 9 y 10	G40.21-300W	9		
Gdo. 41	5, 9 10	G40.21-350W	9		
		Fe-44-B,C,D	4 y 9		
		Fe-52-C,D	9		
		Gdo. 44	5 y 9		

Grupo 5 Normalizado, Calmado Gano Fino		Grupo 6 Normalizado, Reducido, Calmado por Temperatura Gano Fino y Reducción al Carbón	
Material	Notas	Material	Notas
A-573-70	10	A-131-EH,36	
A-516-65	10	A-633-C	
A-516-70	10	A-537-I	9
G40.21-300W	9 y 10	A-537-II	4 y 9
G40.21-350W	9 y 10	A-678-A	
		A-678-B	5 y 9
		A-737-B	

Tabla 1.23 Grupos de materiales

Notas:

1.- Todo lo especificado, nombrado y referido por A.S.T.M. excepto G40.21 que está especificado por el Estándar de la Asociación Canadiense, Re 42, Fe 44 y Fe 52 especificado y contenido en ISO 630 y los grados 37, 41 y 44 especificados por el Estándar Nacional Americano.

2.- Debe ser semimuerto y muerto.

3.- Espesor menor o igual a 12,7 mm (1/2 pulg.).

4.- Máximo contenido de manganeso de 1,5%.
5.- Espesor menor o igual a 19,5 mm (3/4 pulg), cuando el rolado es controlado.
6.- Contenido de manganeso de 0,8% a 1,2%, haciendo análisis de calor en todos los espesores.
7.- Espesores menores o iguales a 25,4 mm (1 pulg).
8.- Debe ser muerto.
9.- Debe ser semimuerto y grano fino.
10.- Debe ser normalizado.
11.- Debe ser tratado térmicamente, con un máximo de carbón de 0,02% y un máximo de manganeso de 1,6%.
(Diseño y calculo de tanques de almacenamiento, INGLESA)

A-283.- Placas de acero al carbón con medio y bajo esfuerzo a la tensión grado C.
Para espesores iguales o menores a 25 mm (1 pulg).Este material es el más utilizado, porque se puede emplear tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque.
(Diseño y calculo de tanques de almacenamiento, INGLESA)

Por estas razones elegiremos como material A-283-C el para el tanque, techo y fondo de todos los recipientes diseñados en este proyecto.

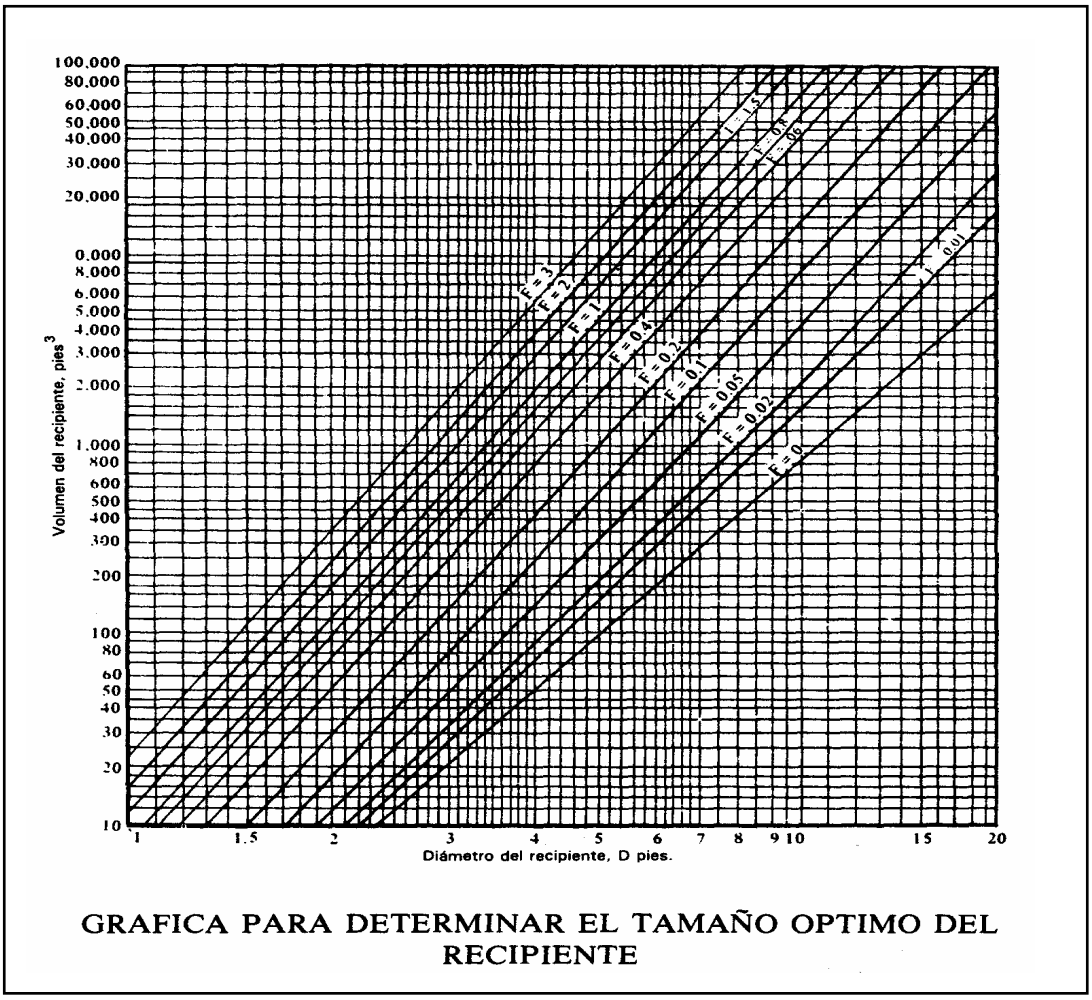
DIMENSIONES:

Dimensiones del casco

Las centrífugas proporcionaran un caudal de agua a tratar de 65,27 m^3/día y como solo operan 5 días a la semana, esto da un caudal semanal a tratar de 326,34 m^3/semana, el cual tendremos se dosificará para alimentar el reactor de manera continua toda la semana.
Con lo que se obtiene un caudal de agua a tratar de 46,62 m^3/día.
El tanque será de al menos 93.24 m^3, que será suficiente para proveer al reactor de alimentación los dos días que las centrifugas no están operando, así como de proveer un volumen de seguridad en caso de contratiempos en la operación, ya que en realidad al producirse el llenado y vaciado simultáneamente dispondremos de un volumen muerto que podría utilizarse, para realizar operaciones de mantenimiento y limpieza de equipos, etc...

Para el cálculo de las dimensiones óptimas de los tanques ha de recurrirse a un proceso de iteración, partiendo de la relación H/D = 1,5 muy común en los tanques de almacenamiento a presión atmosférica.

Partiendo de la relación H/D =1,5 y conociendo el volumen se necesita, obtenemos el D y H. Con esta H se calcula la presión de la columna de líquido, y con ésta se calcula la presión de diseño. Ahora se recurre a la siguiente gráfica. (Megyesy, E. F., 2001).



GRAFICA PARA DETERMINAR EL TAMAÑO OPTIMO DEL RECIPIENTE

Figura 1.15 Gráfica para determinar el tamaño optimo del recipiente.

Se calcula el valor de F, y se lleva a la grafica para sacar el D, con éste diámetro y nuestro Volumen se calcula H, y se comprueba si la relación H/D coincide con la supuesta. Si no coincide, se usa la nueva relación obtenida y se repite el proceso hasta que el valor H/D supuesto, coincida con el valor de H/D obtenido.

$\frac{H}{D} = 1{,}5$ V = 93,24 m^3

$$V = \pi R^2 H = \frac{\pi}{4}(D^2)(1{,}5D) = \frac{\pi}{4} \times 1{,}5(D^3)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{1{,}5\pi}} = 4{,}29m$$

$$H = 1{,}5D = 6{,}44m$$

Para el cálculo de F, se necesita conocer la presión de diseño.

La presión de diseño es la presión que se emplea para diseñar el recipiente. Se recomienda diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la de operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño de 30 lb/pulg^2 o 10% más que la presión de trabajo, la que sea mayor. También debe tomarse en consideración la presión del fluido y de cualquier otra sustancia contenida en el recipiente. (Megyesy, E. F., 2001).

$P_{operación} = P_{atmosférica} + P_{columna\ de\ líquido}$

$P_{atmosférica} = 101325$ Pa

$$P_{columnadelíquido} = \rho\ g\ H = 998{,}2 \times 9{,}8 \times 6{,}44 = 62998{,}4\ Pa$$

Donde:

ρ es la densidad del fluido.

g es la aceleración de la gravedad.

H es la altura de la columna de líquido (Se tomará la altura del tanque, caso mas desfavorable).

$P_{operación} = 164323{,}4$ Pa = 23,83 psi

$P_{diseño} = 1.1x\ P_{operación} = 26{,}21$ psi < 30 psi

La presión de diseño será 30 psi.

$$F = \frac{P}{CSE} = \frac{30}{0{,}063 \times 20050 \times 0{,}85} = 0{,}028$$

Donde:

P es la presión de diseño.

C es la corrosión admisible del material.

S es el esfuerzo máximo permitido.

E es la eficiencia de la junta (en este caso 0,85)

La corrosión admisible para el A-283-C, será de 0,063 pulgadas (Diseño y calculo de tanques de almacenamiento, INGLESA).

El esfuerzo máximo permitido del material a utilizar es de 20050 psi (1410 kg/cm^2), como se puede observar en la tabla 1.24.

ESPECIFICACION	GRADO	ESFUERZO EN PUNTO CEDENCIA	ESFUERZO A LA TENSION	ESFUERZO DE DISEÑO	ESFUERZO DE PRUEBA
ASTM					
A-283	C	2110	3870	1410	1580
A-285	C	2110	3870	1410	1580
A-131	A,B,CS	2390	4080	1600	1750
A-36		2530	4080	1630	1750
A-131	EH36	2580	4990	1200	2140
A-442	55	2110	3870	1410	1580
A-442	60	2250	4220	1500	1690
A-573	58	2250	4080	1500	1690
A-573	65	2460	4570	1640	1850
A-573	70	2950	4920	1970	2110
A-516	55	2110	3870	1410	1580
A-516	60	2250	4220	1500	1690
A-516	65	2460	4570	1640	1850
A-516	70	2670	4920	1780	2000
A-662	B	2810	4570	1830	1960
A-662	C	3020	4920	1970	2110
A-537	1	3510	4920	1970	2110
A-537	2	4220	5620	2250	2410
A-633	C,D	3510	4920	1970	2110
A-678	A	3510	4920	1970	2110
A-678	B	4220	5620	2250	2410
A-737	B	3510	4920	1970	2110

Tabla 1.24 Materiales más comunes y esfuerzos permisibles (kg/cm^2).

(Diseño y calculo de tanques de almacenamiento, INGLESA)

Las juntas seleccionadas para el casco serán de doble cordón y examinadas por zonas, ya que no tienes limites de aplicación en la construcción del deposito, teniendo una calidad intermedia. La eficiencia para este tipo de junta es E = 0,85.

Con los valores F = 0,028 y V = 3292,74 ft^3 hallamos el valor del diámetro usando la gráfica.

$$D \approx 10\,ft = 3m$$

$$V = \pi R^2 H = \frac{\pi}{4} D^2 H \Rightarrow H = \frac{4V}{\pi D^2} = 13{,}2m$$

$$\frac{H}{D} = 4{,}4 \neq \frac{H}{D}\text{sup}\,uesto$$

Se supone como valido el $\frac{H}{D} = 4.4$ y se vuelve a iterar. El resultado es un $\frac{H}{D} = 4.4 = \frac{H}{D}\text{sup}\,uesto$.

La conveniencia de disminuir la superficie, a fin de evitar gastos de construcción, se ve contrarestada por la necesidad de no llegar a alturas que determinen fugas u obliguen a soleras resistentes y, en caso de impulsión, a no someter a oscilaciones grandes las líneas de carga, y no perder altura en los depósitos.
Conjugados estos tres factores, dan como resultado el admitir como límite máximo de la altura la de 7 metros en los grandes depósitos, y como altura conveniente en los pequeños y medianos de de 3 a 5 metros (Hernández, A., 1990).

Las dimensiones obtenidas no son admisibles:

D = 3 m
H = 13,2 m
V = 93,24 m^3

Por lo que consideraremos H = 7 m como indica la bibliografía, obteniendo unos resultados de:

H = 7 m

$$D = \sqrt[2]{\frac{4V}{H\pi}} = 4.12m$$ =162.33in

V= 93,24 m^3

El volumen del tanque será mayor que 93,24 m^3, ya que este será el volumen del casco sin contar con el volumen de los cabezales. El volumen de los cabezales será, por tanto, un volumen de seguridad que se añade para evitar posibles contratiempos como reboses y derrames.

ESPESORES:

Espesor del casco:

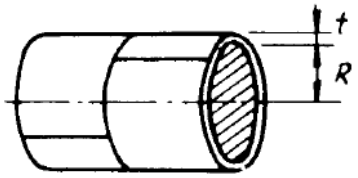
Para el calculo del espesor del casco cilíndricas usaremos la formulas basadas en presión interna, y dimensiones interiores, ya que el recipiente será de pequeño tamaño y no estará sometido a presiones externas de importancia.
La presión uniforme, interna o externa, induce en la costura longitudinal un esfuerzo unitario igual al doble del que obra en la costura circunferencial, por la geometría misma del cilindro. (Megyesy, E. F., 2001).

PRESION INTERNA

FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES

P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg²
S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg², página 159
E = Eficiencia de la junta, página 142
R = Radio interior, pulgadas
D = Diámetro interior, pulgadas
t = Espesor de pared, pulgadas
C.A. = Margen por corrosión, pulgadas

A



CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)[1]

$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SE\,t}{R + 0.6t}$

1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal. Ver página anterior.
2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o P exceda de 0.385 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice del Código, 1-2.

Figura 1.16 Formula espesor casco cilíndrico.

Las juntas seleccionadas para el casco serán de doble cordón y examinadas por zonas, ya que no tienes limites de aplicación en la construcción del depósito, teniendo una calidad intermedia. La eficiencia para este tipo de junta es E = 0,85 (Megyesy, E. F., 2001).

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS

TIPOS NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es: a. Radiografiada totalmente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	Juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.	1.00	0.85	0.70

Figura 1.17 Tipos de juntas soldadas

El esfuerzo máximo permitido del material a utilizar es de 20050 psi(1410 kg/cm^2), como se puede observar en la tabla 1.24.

$$t = \frac{PR}{SE - 0{,}6P} = \frac{30 \times (162{,}33/2)}{(20050 \times 0{,}85) - 0{,}6 \times 30} = 0{,}143\ in$$

El espesor obtenido(0,143 in) más la corrosión admisible (0,063 in) son 0,206 pulgadas (5,23 mm).

Espesor de las cabezas:

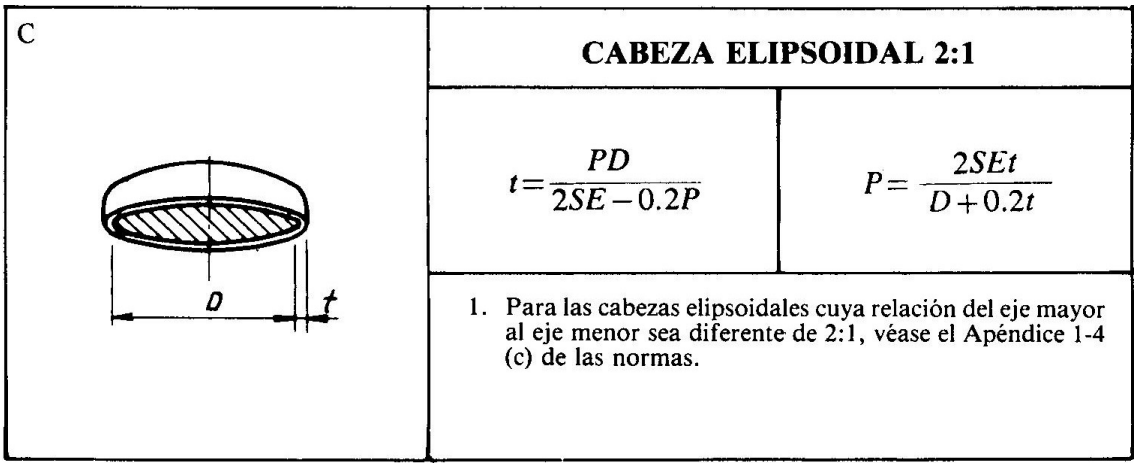


Figura 1.18 Espesor cabeza elipsoidal 2:1.

Para el cabezal superior la presión de diseño es de 30 psi al no soportar el peso del fluido, para el inferior al considerar la columna de líquido como la más desfavorable posible (tanque lleno) la presión de diseño será:

Presión de diseño cabezal inferior

$P_{operación} = P_{atmosférica} + P_{columna\ de\ líquido}$

$P_{atmosférica}$ = 101325 Pa

$$P_{columnadelíquido} = \rho\ g\ H = 998{,}2 \times 9{,}8 \times (7 + 2 \times 1{,}07) = 89459{,}7\ Pa$$

Donde:

ρ es la densidad del fluido.

g es la aceleración de la gravedad.

H es la altura de la columna de líquido (se considera la altura del tanque, mas la altura de los dos fondos, caso mas desfavorable).

$P_{operación}$ = 190785 Pa = 27.7 psi

$P_{diseño} = 1.1 * P_{operación}$ = 30.5 psi > 30 psi

La presión de diseño del cabezal inferior será de 30.5 psi.

Al ser el mismo material el valor del esfuerzo (S), el factor de junta (E) y la corrosión admisible (CA) es el mismo que para el casco.

S= 20050 psi
E= 0.85
CA=0,063 in

Sustituyendo en la formula y sumándole el espesor por corrosión obtenemos los siguientes espesores:

Cabeza superior:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0{,}2P} = \frac{30 \times 162{,}33}{2(20050 \times 0{,}85) - 0{,}2 \times 30} = 0{,}143\ in$$

El espesor obtenido mas la corrosión admisible son 0,206 pulgadas (5,23 mm).

Cabeza inferior:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0{,}2P} = \frac{30{,}5 \times 162{,}33}{2(20050 \times 0{,}85) - 0{,}2 \times 30{,}5} = 0{,}145\ in$$

El espesor obtenido más la corrosión admisible son 0,208pulgadas (5,28 mm).

Como se expuso en la tabla 1.22:

	A.P.I. 650			A.P.I. 620			A.N.S.I.	AWWA
	Básico	Apéndice A	Apéndice F	Básico	Apéndice R	Apéndice Q	B96.1	
Presión Interna Máxima	Atm.	Atm.	0.17 Kg/cm2	1 Kg/cm2	1 Kg/cm2	1 Kg/cm2	Atm.	Atm.
Temperatura Mínima	NS	(-)28.8°C	NS	(-)45.5°C	(-)54.4°C	(-)187°C	(-)28.8°C	(-)48.3°C
Temperatura Máxima	93.3°C	93.3°C	93.3°C	93.3°C	(-)40°C	93.3°C	204°C	RT
Espesor Máximo del Cuerpo	44.4 cm.	12.7 cm.	44.4 mm.	NS	NS	NS	NS	50.8 mm.
Espesor Mínimo del Cuerpo								
D < 15.2 m.	4.76 mm.			4.76 mm.			4.76 mm.	
15.2 m. < D > 36.5 m.	6.35 mm.			6.35 mm.			6.36 mm.	
36.5 m. < D > 60.9 m.	7.93 mm.			7.93 mm.			7.93 mm.	
D > 60.9 m.	9.52 mm.			9.52 mm.				9.52 mm.
Espesor Mínmo del Techo	4.76 mm.			NS			4.76 mm.	4.76 mm.
Espesor Máximo del Techo	6.35 mm. + CA			NS			6.35 mm.	NS
Ángulo Mínimo de Coronamiento								
D < 10.6 m.	50.8 mm. x 50.8 mm. x 4.76 mm.			NS		63.5 mm. x 63.5 mm. x 6.35 mm.		NS
10.6 m. < D > 18.2 m.	50.8 mm. x 50.8 mm. x 6.35 mm.			NS		63.5 mm. x 63.5 mm. x 7.93 mm.		NS
D > 18.2 m.	76.2 mm.x 76.2 mm. x 9.52 mm.			NS		76.2 mm. x 76.2 mm.x 9.52 mm.		NS

NS = Sin Especificación CA = Corrosión Permisible RT = Temperatura Ambiente

a) La temperatura puede ser elevada hasta 260° C cuando se cumplen ciertas especificaciones del material y requerimientos de diseño adicionales.
b) Este espesor aplica para tanques con diámetros menores a 6.096 m.
c) Este espesor aplica para tanques con diámetros entre 6.096 m. y 36.57 m.
d) El espesor mínimo de cualquier placa es 4.76 mm. + corrosión.
e) Para espesores mayores de 50.8 mm. se deben cumplir algunos requerimientos especiales
f) Para techos cónicos, el espesor de placa puede ser calibre No. 7.

Tabla 1.22 Requerimientos de diversos estándares

El espesor mínimo de cualquier placa es 4,76 mm más la corrosión admisible.

La corrosión admisible del material seleccionado es 0,063 in (1,6 mm) por lo que el espesor mínimo de cualquier placa del tanque debe ser:

4,76 + 1,6 = 6.36 mm

Al ser esta especificación mayor que todos los espesores de cálculo obtenidos, se adopta como espesor de todas las placas del tanque 6,36 mm.

VOLUMEN DE LAS CABEZAS

El volumen de un cabezal elipsoidal 2:1 está en función del diámetro interno, como puede observarse en la siguiente tabla. (Megyesy, E. F., 2001).

VOLUME OF SHELLS AND HEADS

I.D. of Vessel in.	ASME F & D. HEAD*				HEMIS. HEAD*			
	Cu.Ft.	Gal.	Bbl.	Wt. of Water lb.	Cu.Ft.	Gal.	Bbl.	Wt. of Water lb.
12	0.08	0.58	0.01	4.83	0.26	1.96	0.05	16.34
14	0.12	0.94	0.02	7.83	0.42	3.11	0.07	25.95
16	0.19	1.45	0.03	12.08	0.62	4.64	0.11	38.74
18	0.27	2.04	0.05	17.00	0.88	6.61	0.16	55.16
20	0.37	2.80	0.07	28.33	1.21	9.07	0.22	75.66
22	0.50	3.78	0.09	31.49	1.61	12.07	0.29	100.7
24	0.65	4.86	0.12	40.49	2.09	15.67	0.37	130.7
26	0.82	6.14	0.15	51.15	2.66	19.92	0.47	166.2
28	1.10	8.21	0.20	68.40	3.33	24.88	0.59	207.6
30	1.30	9.70	0.23	80.81	4.09	30.60	0.73	255.4
32	1.64	12.30	0.29	102.5	4.96	37.14	0.88	309.9
34	1.88	14.10	0.34	117.5	5.95	44.54	1.06	371.7
36	2.15	16.10	0.38	134.1	7.07	52.88	1.26	441.2
38	2.75	20.60	0.49	171.6	8.31	62.19	1.48	519.0
40	3.07	23.00	0.55	191.6	9.70	72.53	1.73	605.3
42	3.68	27.50	0.65	229.1	11.22	83.97	2.00	700.7
48	5.12	38.30	0.91	319.1	16.76	125.3	2.98	1046
54	7.30	54.60	1.30	454.9	23.86	178.5	4.25	1489
60	10.08	75.40	1.80	628.2	32.73	244.8	5.83	2043
66	13.54	101	2.41	843.9	43.56	325.8	7.76	2719
72	17.65	132	3.14	1100	56.55	423.0	10.07	3530
78	22.32	167	3.98	1391	71.90	537.8	12.80	4488
84	28.47	213	5.07	1775	89.80	671.7	16.00	5606
90	35.56	266	6.33	2216	110.4	826.2	19.67	6895
96	42.51	318	7.57	2649	134.0	1003	23.87	8368
102	52.14	390	9.29	3249	160.8	1203	28.63	10037
108	60.96	456	10.86	3799	190.9	1428	34.00	11914
114	73.66	551	13.12	4590	224.5	1679	39.98	14012
120	84.35	631	15.02	5257	261.8	1958	46.63	16343
126	97.32	728	17.33	6065	303.1	2267	53.98	18919
132	108.7	813	19.36	6773	348.5	2607	62.06	21752
138	127.0	950	22.62	7915	398.2	2978	70.91	24856
144	147.9	1106	26.33	9214	452.4	3384	80.57	28241

*Volume within the straight flange is not included

Tabla 1.25 Volumen de cabezas elipsoidales 2:1 en función del diámetro.

El diámetro interno de las cabezas es 162,33 in, pero en la tabla el valor máximo del diámetro es 144 in, por lo que el recipiente no entra dentro de los datos tabulados.
Se representaran los datos del diámetro interno (in) frente al volumen (ft^3), con el fin de extrapolar hasta conseguir un valor para el valor del diámetro requerido.

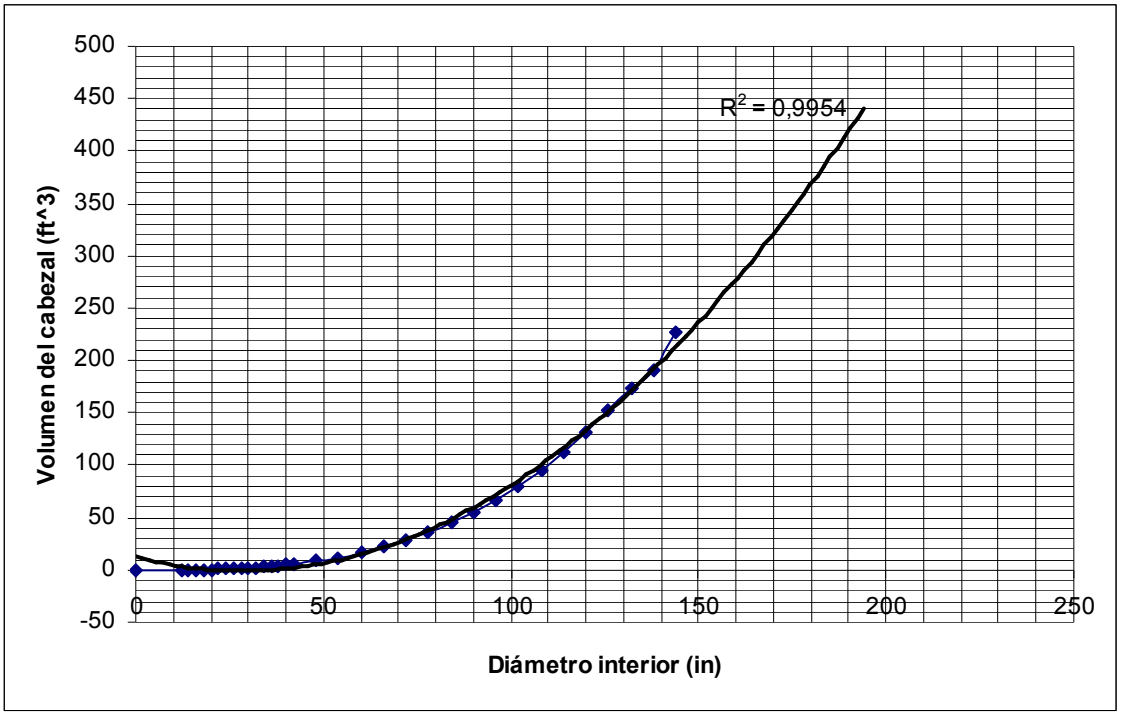


Figura 1.19 Extrapolación de los datos de la tabla 1.25.

D = 162.33 in corresponde aproximadamente a un volumen de 280 ft^3 (7.924 m^3).

BOQUILLAS

Una boquilla es un orificio practicado en un tanque para la entrada y/o salida de un fluido o la instalación de un instrumento de medición, generalmente son bridadas o roscadas.

Todos los tanques de almacenamiento deberán estar provistos de boquillas, las que a continuación se enlistan como las mínimas requeridas que deberán ser instaladas en los tanques de almacenamiento.

1.- Entrada (s) de producto (s).
2.- Salida (s) de producto (s).
3.- Drene (con o sin sumidero).
4.- Venteo (s).
5.- Entrada (s) de hombre.
6.- Conexiones para indicador y/o control de nivel.
(Diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, INGLESA).

- Entradas de hombre

Los tanques de almacenamiento contarán, por lo menos con una entrada hombre en el cuerpo o en el techo con la finalidad de poder realizar limpieza, revisiones o reparaciones en el interior del tanque. Los registros que se coloquen en la pared del tanque deberán estar acorde con las tablas expuestas a continuación.

Altura Máxima del Tanque	Presión Hidrostática (Kg/cm^2)	Espesor Mínimo de la Tapa Plana				Espesor mínimo del cuello y brida del registro			
		Registro de 508	Registro de 610	Registro de 762	Registro de 914	Registro de 508	Registro de 610	Registro de 762	Registro de 914
6400	0.64	7.93	9.52	11.11	12.7	6.35	6.35	7.93	9.52
8230	0.82	9.52	11.11	12.7	14.28	6.35	7.93	9.52	11.11
9754	0.97	9.52	11.11	14.28	15.87	6.35	7.93	11.11	12.7
12192	1.21	11.11	12.7	15.87	17.46	7.93	9.52	12.7	14.28
13716	1.37	12.7	14.28	15.87	19.05	9.52	11.11	12.7	15.87
16459	1.64	12.7	14.28	17.46	20.63	9.52	11.11	14.28	17.46
19812	1.98	14.28	15.87	19.05	22.22	11.11	12.7	15.87	19.05
22860	2.28	15.87	17.46	20.63	23.81	12.7	14.28	17.46	20.63

Tabla 1.26 Espesor del cuello, tapa plana y brida de la entrada de hombre (mm).

Nota: Presión hidrostática debida a la columna de agua.

Espesor Mínimo del Cuello del Registro y Placa de Refuerzo t y T	Radio Aproximado R	Placa de refuerzo		Diámetro Interior de Armado del Registro		Espesor Mínimo del Cuello Ensamblado
		Longitud Diámetro L =Do	Ancho W	Diámetro Constante del Anillo Hembra IDr	Diámetro Constante del Anillo Macho IDp	
4.76	4.76	1168	1397	575	508	4.76
6.35	6.35	1168	1397	571	508	6.35
7.93	7.93	1162	1391	568	508	6.35
9.52	9.52	1156	1378	565	508	6.35
11.11	11.11	1149	1365	562	508	6.35
12.7	12.7	1143	1359	559	508	6.35
14.28	14.28	1136	1346	556	508	6.35
15.87	15.87	1136	1346	552	508	6.35
17.46	17.46	1130	1333	549	508	6.35
19.05	19.05	1123	1327	546	508	6.35
20.63	20.63	1117	1314	542	508	6.35
22.22	22.22	1124	1314	539	508	9.52
23.81	22.22	1124	1321	536	508	11.11
25.4	25.4	1130	1327	533	508	11.11
26.98	25.4	1137	1333	530	508	11.11
28.57	25.4	1137	1333	527	508	12.7
30.16	25.47	1143	1340	524	508	14.28
31.75	25.4	1143	1340	521	508	15.87
33.33	25.4	1149	1346	517	508	15.87
34.92	25.4	1149	1346	514	508	17.46
36.51	25.4	1156	1352	511	508	17.46
38.11	25.4	1156	1352	508	508	19.05

Tabla 1.27 Dimensiones entrada de hombre de 508 mm (mm).

NOTAS:

El diámetro del círculo de barrenos es de 667mm. (26.25 pulg.), diámetro exterior de la cubierta 730mm. (28 3/4 pulg.).

a) Si la placa usada en el cuerpo es más gruesa que el espesor requerido para estar sometido éste a carga hidrostática del producto, el exceso de espesor en la placa, considerando las distancias verticales tanto arriba como abajo de la línea de centros de la abertura en la placa del tanque igual a la dimensión de la abertura en el cuerpo del tanque, puede ser considerada como un refuerzo y el espesor o de la placa de refuerzo del registro decrecerá en proporción. En ese caso, el refuerzo, como la soldadura de aseguramiento, deberá estar conforme a los límites para refuerzos de boquillas del cuerpo.

b) El refuerzo deberá ser agregado si el espesor del cuello es menor al que se muestra en la columna. El espesor mínimo del cuello deberá ser el espesor de la placa del cuerpo o el espesor permisible al terminado de la boquilla atornillable (ver tabla 1.26) el que sea más delgado, pero en ningún caso el espesor del cuello deberá ser menor al espesor indicado en la columna 7. Si el espesor del cuello del registro es mayor que el requerido, la placa del refuerzo podrá ser más delgada de acuerdo con los límites especificados.

(Diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, INGLESA).

Se selecciona la boca de hombre de 508 mm, colocada en la cubierta del tanque para todos los depósitos diseñados en este proyecto.

Los espesores y dimensiones se tomarán teniendo en cuenta que ninguno de los depósitos supera la altura de los 9,754 m, cogiendo estos datos como boca de hombre normalizada para todos los tanques diseñados en este proyecto.

- Venteos

Los tanques de almacenamiento contarán con una boquilla exclusiva para venteo, la que tendrá que ser diseñada y calculada, con la finalidad de que dentro del tanque no se genere presión interna al ser llenado o vaciado, el cual debe colocarse de ser posible, en la parte más alta del tanque.

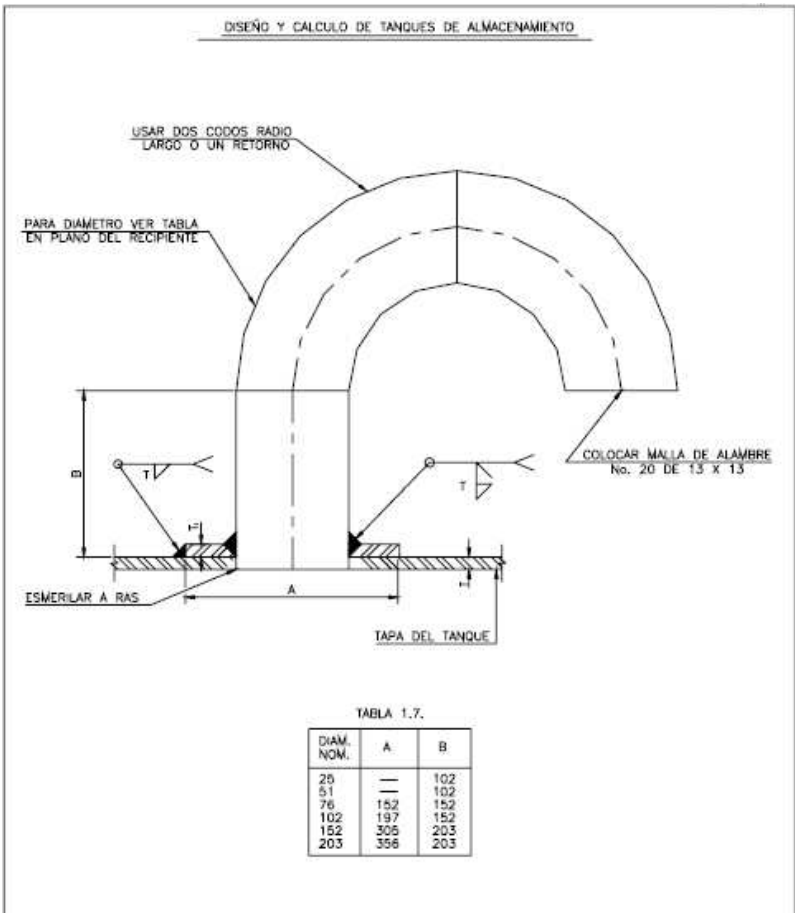


Figura 1.20 Venteo.

El venteo seleccionado para todos los depósitos de este proyecto tendrá un diámetro nominal de 25 mm.

- Drenes y sumideros

Los tanques de almacenamiento también deberán contar con una boquilla por lo menos para el drenado de lodos, la cual podrá estar al ras del fondo, dirigidas a un sumidero o por debajo del tanque.

Los sumideros y conexiones en el fondo tendrán particular atención para el relleno y compactación del suelo para prevenir asentamientos irregulares del tanque, así como para las conexiones y soportes, que tendrán que ser calculadas para confirmar la resistencia del arreglo contra las cargas estáticas y dinámicas, así como de flexión y esfuerzos permisibles.

Las conexiones y arreglos mostrados pueden variar para llevar a cabo la utilidad y servicio de los mismos, por lo que el usuario aprobará dichos arreglos que el fabricante proporcionará.

Diámetro Nominal del Tubo	Diámetro del Sumidero A	Profundidad del Sumidero B	Distancia del Centro del Tubo de la Pared del Tanque (mm) C	Espesor de las Placas del Sumidero t	Espesor Mínimo del Tubo	Espesor Mínimo de la Boquilla
152	1524	914	2590	11.11	6.35	10.97
102	1219	610	2057	9.52	6.35	8.56
76	914	457	1524	9.52	6.35	7.62
51	610	305	1067	7.93	5.54	5.54

Tabla 1.28 Dimensiones para sumideros (mm).

Se selecciona un diámetro nominal para la tubería de drene de 51 mm ubicada en el fondo del deposito, que se fijara como drene normalizado para todos los depósitos de este proyecto.

RESUMEN

Casco	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	7
	Diámetro (m)	4,12
	Volumen (m^3)	93,24
	Presión (psi)	30
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	5,33
Cabezal superior	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	1,03
	Diámetro (m)	4,12
	Volumen (m^3)	7.92
	Presión (psi)	30
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	5,23
Cabezal inferior	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	1,03
	Diámetro (m)	4,12
	Volumen (m^3)	7,92
	Presión (psi)	30,5
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	5,28
Altura total (m)		9,06
Volumen total (m^3)		109
Espesor de todas las placas del tanque por especificación (mm)		6,36

Tabla 1.7

1.2.5. Tanque de cloruro de magnesio

La reacción que se quiere generar en el reactor es:

$$Mg^{2+} + NH_4^+ + PO_4^{3-} + 6H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$$

El amonio, fosfato y agua entrarán con la corriente de alimentación proveniente de las centrífugas, por lo que se hace necesario añadir una fuente de magnesio al sistema para que la reacción pueda llevarse a cabo.
La fuente de magnesio utilizada en los experimentos similares consultados en bibliografía son el cloruro de magnesio o bien el hidróxido de magnesio.
Uno de los factores críticos de la reacción es el pH, ya que la velocidad de reacción y la solubilidad de la estruvita varían al variar el pH. El pH optimo que es pH = 9, y dada la importancia de mantener el pH fijo en este valor se optara por utilizar como fuente de magnesio el cloruro de magnesio, ya que éste permitirá controlar el pH con una corriente de hidróxido sódico de manera independiente a la corriente de cloruro de magnesio facilitándonos de este modo su control mediante la regulación de una sola corriente.
Otra razón por la que se elige el cloruro de magnesio en lugar de el hidróxido de magnesio, es que éste es prácticamente insoluble en agua, por lo que para aportar la cantidad de magnesio necesaria se tendría que inyectar un caudal mucho mayor que usando cloruro de magnesio que si es muy soluble, con el aumento de gastos que ello supondría.

Para almacenar y dosificar de manera continua el cloruro de magnesio se necesita un tanque, el cual se dimensiona y diseña a continuación.

Para concretar el depósito se tiene en cuenta el tipo de sustancia a almacenar.
A continuación se muestra una lista con los tipos de sustancias y el código de almacenamiento que se le otorga a cada una de ellas.

CLASIFICACIÓN DE REACTIVOS SEGÚN SAF-T-DATA			
CARACTERÍSTICA DEL REACTIVO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE ALMACENAMIENTO	
Inflamable	Área de almacenamiento de reactivos con riesgo de inflamación. Sustancias químicas presentan riesgo de incendio.	ROJO	
Oxidante (Reactivo)	Área de almacenaje de reactivos con riesgo de oxidación y reactividad. Sustancias químicas que pueden reaccionar violentamente con el aire, agua u otras condiciones o productos químicos. Posibilitan la ocurrencia de incendios y los promueven si están presentes.	AMARILLO	
Corrosivo	Sustancia que al contacto con un objeto produce deterioro o destrucción parcial o total, especialmente de su superficie. Para el caso del riesgo por contacto, se trata de la piel, ojos y mucosas corporales.	BLANCO	
Tóxico	Área de almacenamiento de reactivos y soluciones químicas con riesgo para la salud: Sustancias químicas tóxicas por inhalación, ingestión o absorción a través de la piel, sustancias irritantes	AZUL	
No peligroso	Área general de almacenamiento de. Sustancias químicas que no ofrecen un riesgo importante para ser clasificadas en alguno de los grupos anteriores.	VERDE	

Tabla 1.29 Clasificación de reactivos para su almacenaje.

Atendiendo a las propiedades del cloruro de magnesio se le otorga un Código de color del almacenaje verde (almacenaje general).

La reacción se produce mol a mol por lo que para asegurar que reaccione todo el fósforo posible se añadirá una proporción molar de 1,3 respecto a la cantidad de fosfato que se introduce en el reactor, ya que a pH = 9 la eliminación de fosfato no aumenta al aumentar la proporción de magnesio mas allá de 1,3. (Elisabeth V. y C; 2001)

Cálculo del Caudal necesario de magnesio

Entrada de fosfato en el reactor:

$$Q_{a\,\mathrm{lim}entación} \times \left[PO_4^{3-}\right]_{a\,\mathrm{lim}entación} = Caudal\ molar\ de\ fosfato\ en\ la\ a\,\mathrm{lim}entación$$

$$1942{,}5\frac{l}{h} \times 0{,}65\frac{g}{l} \times \frac{1\,mol}{95\,g} = 13{,}29\frac{mol}{h}$$

Cloruro de magnesio necesario:

$$1{,}3 \times 13{,}29\frac{mol}{h} = 17{,}28\frac{mol}{h}$$

La corriente de cloruro de magnesio estará preparada en su máxima concentración, de esta forma reduciremos el volumen necesario del tanque para almacenarlo y reduciremos los costes originados de bombear la corriente al reactor.

$$So\,\mathrm{lub}iladad = 54{,}3\frac{g\ MgCl_2}{100\ ml\ agua}$$

Peso Molecular = 95.22 gr/mol

$$X\frac{l}{h} \times \frac{54{,}3\ gr}{100\ ml} \times \frac{1000\ ml}{1\,l} \times \frac{1\ mol}{95{,}22\ gr} = 17{,}28\frac{mol}{h}$$

$$X = 3{,}03\frac{l}{h} = 0{,}003\frac{m^3}{h}$$

$$3{,}03\frac{l}{h} \times \frac{24\,h}{1\,dia} = 72{,}72\frac{l}{día} = 0{,}073\frac{m^3}{día}$$

El volumen del tanque estará en función de la periodicidad con la que se decida recargarlo.

El pH de la disolución Cloruro de magnesio es 7.

La recarga del tanque se efectúa cada 56 días aproximadamente:

$$72{,}72\frac{l}{dia}\times 56\ días = 4072{,}32\frac{l}{mes} = 4.1\frac{m3}{mes}$$

Se proyectará un tanque de 4.1m^3.

Para el diseño del tanque se usará el mismo procedimiento que el usado para el tanque de almacenamiento de la alimentación.

Al igual que para el tanque de almacenamiento de la alimentación y dada la naturaleza de la disolución de cloruro de magnesio (No peligroso-etiqueta verde) se usará el mismo material para el tanque y accesorios el A-283.- PLACAS DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN GRADO C.

DIMENSIONES

Para calcular las dimensiones óptimas se opera con el mismo proceso iterativo que el caso anterior:

$\frac{H}{D} = 1{,}5$ V = 4,11 m^3

$$V = \pi R^2 H = \frac{\pi}{4}D^2 \times 1{,}5D = \frac{\pi}{4}\times 1{,}5D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{1{,}5\pi}} = 1{,}51m$$

$$H = 1{,}5D = 2{,}27m$$

La presión de diseño será 30 psi.

El valor de F es el mismo que en el caso anterior:

$$F = \frac{P}{CSE} = \frac{30}{0{,}063 \times 20050 \times 0{,}85} = 0{,}028$$

Donde:
P es la presión de diseño.
C es la corrosión admisible del material.
S es el esfuerzo máximo permitido.
E es la eficiencia de la junta (en este caso 0,85)

La corrosión admisible para el A-283-C, será de 0.063 pulgadas.
El esfuerzo máximo permitido del material a utilizar es de 20050 psi. (Diseño y calculo de tanques de almacenamientos, INGLESA).
Las juntas seleccionadas para el casco serán de doble cordón y examinadas por zonas, ya que no tienes limites de aplicación en la construcción del deposito, teniendo una calidad intermedia. La eficiencia para este tipo de junta es E =0,85. (Megyesy, E. F., 2001)

Con los valores F =0,028 y V =145 ft^3 se halla el valor del diámetro usando la Figura 1.15 expuesta en el cálculo del depósito de la alimentación.

$$D \approx 4\,ft = 1{,}2m$$

$$V = \pi R^2 H = \frac{\pi}{4} D^2 H \Rightarrow H = \frac{4V}{\pi D^2} = 3{,}6m$$

$$\frac{H}{D} = \frac{3{,}6}{1{,}2} = 3 \neq \frac{H}{D}\text{sup}uesto$$

Se supone como valido el $\frac{H}{D} = 3$ y se vuelve a iterar. El resultado es un $\frac{H}{D} = 3 = \frac{H}{D}\text{sup}uesto$.

La conveniencia de disminuir la superficie, a fin de evitar gastos de construcción, se ve contrarestada por la necesidad de no llegar a alturas que determinen fugas u obliguen a soleras resistentes y, en caso de impulsión, a no someter a oscilaciones grandes las líneas de carga, y no perder altura en los depósitos.
Conjugados estos tres factores, dan como resultado el admitir como límite máximo de la altura la de 7 metros en los grandes depósitos, y como altura conveniente en los pequeños y medianos de de 3 a 5 metros (Hernández, A., 1990).

Las dimensiones obtenidas son admisibles:

D = 1,2 m = 47,28 in
H = 3,6 m = 141,84 in
V = 4,11 m^3

Para el cálculo de las dimensiones del casco se ha considerado que el volumen del depósito es el volumen del casco, pero en realidad habría que sumarle el volumen de las cabezas. El volumen de las cabezas dará un volumen extra que se añadirá para evitar posibles contratiempos.

VOLUMEN DE LOS CABEZALES

Al igual que en el caso anterior, para el cálculo de los volúmenes de los cabezales elipsoidales se recurre a la representación de los datos tabulados en la tabla 1.25 (Megyesy, E. F., 2001).

VOLUME OF SHELLS AND HEADS

I.D. of Vessel in.	ASME F & D. HEAD*				HEMIS. HEAD*			
	Cu.Ft.	Gal.	Bbl.	Wt. of Water lb.	Cu.Ft.	Gal.	Bbl.	Wt. of Water lb.
12	0.08	0.58	0.01	4.83	0.26	1.96	0.05	16.34
14	0.12	0.94	0.02	7.83	0.42	3.11	0.07	25.95
16	0.19	1.45	0.03	12.08	0.62	4.64	0.11	38.74
18	0.27	2.04	0.05	17.00	0.88	6.61	0.16	55.16
20	0.37	2.80	0.07	28.33	1.21	9.07	0.22	75.66
22	0.50	3.78	0.09	31.49	1.61	12.07	0.29	100.7
24	0.65	4.86	0.12	40.49	2.09	15.67	0.37	130.7
26	0.82	6.14	0.15	51.15	2.66	19.92	0.47	166.2
28	1.10	8.21	0.20	68.40	3.33	24.88	0.59	207.6
30	1.30	9.70	0.23	80.81	4.09	30.60	0.73	255.4
32	1.64	12.30	0.29	102.5	4.96	37.14	0.88	309.9
34	1.88	14.10	0.34	117.5	5.95	44.54	1.06	371.7
36	2.15	16.10	0.38	134.1	7.07	52.88	1.26	441.2
38	2.75	20.60	0.49	171.6	8.31	62.19	1.48	519.0
40	3.07	23.00	0.55	191.6	9.70	72.53	1.73	605.3
42	3.68	27.50	0.65	229.1	11.22	83.97	2.00	700.7
48	5.12	38.30	0.91	319.1	16.76	125.3	2.98	1046
54	7.30	54.60	1.30	454.9	23.86	178.5	4.25	1489
60	10.08	75.40	1.80	628.2	32.73	244.8	5.83	2043
66	13.54	101	2.41	843.9	43.56	325.8	7.76	2719
72	17.65	132	3.14	1100	56.55	423.0	10.07	3530
78	22.32	167	3.98	1391	71.90	537.8	12.80	4488
84	28.47	213	5.07	1775	89.80	671.7	16.00	5606
90	35.56	266	6.33	2216	110.4	826.2	19.67	6895
96	42.51	318	7.57	2649	134.0	1003	23.87	8368
102	52.14	390	9.29	3249	160.8	1203	28.63	10037
108	60.96	456	10.86	3799	190.9	1428	34.00	11914
114	73.66	551	13.12	4590	224.5	1679	39.98	14012
120	84.35	631	15.02	5257	261.8	1958	46.63	16343
126	97.32	728	17.33	6065	303.1	2267	53.98	18919
132	108.7	813	19.36	6773	348.5	2607	62.06	21752
138	127.0	950	22.62	7915	398.2	2978	70.91	24856
144	147.9	1106	26.33	9214	452.4	3384	80.57	28241

*Volume within the straight flange is not included

Tabla 1.25 Volumen de cabezas elipsoidales 2:1 en función del diámetro

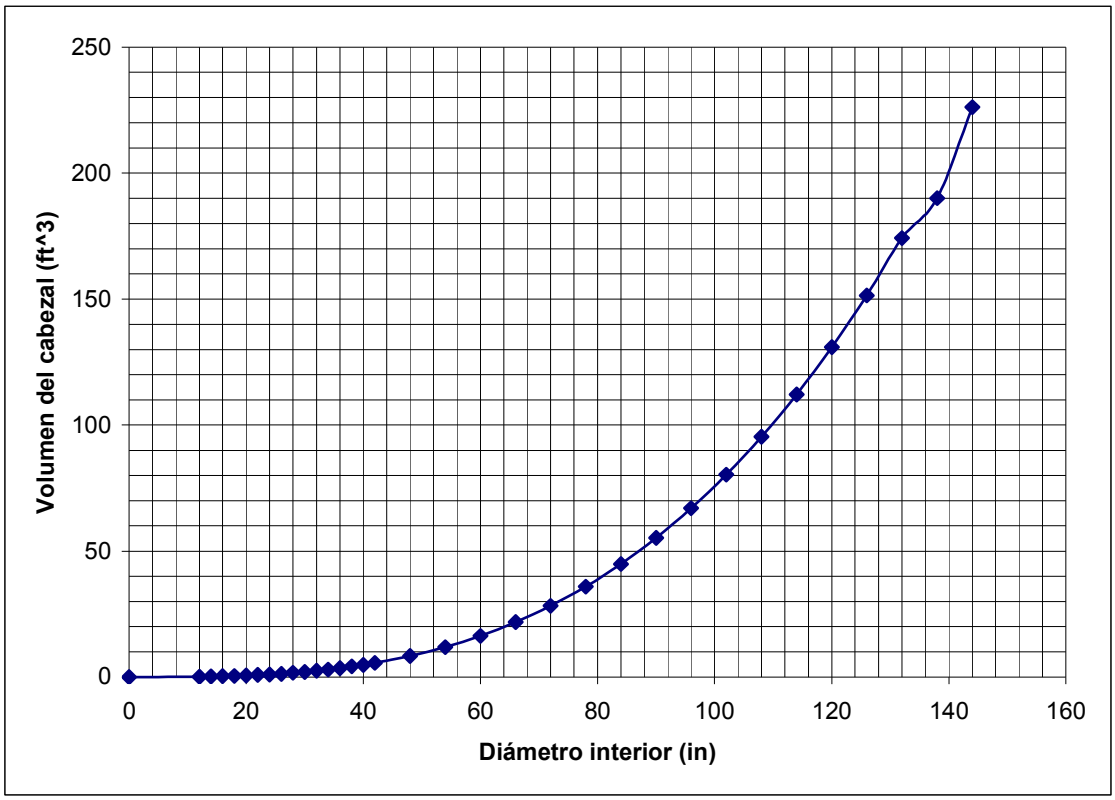


Figura 1.21 Representación de los datos de la tabla 1.25

Para un diámetro de 47,28 in, se obtiene un Volumen aproximado de 8 ft^3 (0,226 m^3).

ESPESORES

Al igual que en el caso anterior para el calculo del espesor del casco cilíndrico se usarán la formulas basadas en presión interna, y dimensiones interiores, ya que el recipiente será de pequeño tamaño y no estará sometido a presiones externas de importancia.

Casco:

$$t = \frac{PR}{SE - 0{,}6P} = \frac{30 \times (47{,}28/2)}{(20050 \times 0{,}85) - 0{,}6 \times 30} = 0{,}042in$$

Teniendo en cuenta que la corrosión admisible son 0,063 in, el espesor obtenido mas la corrosión admisible son 0,105 pulgadas (2,667 mm).

Cabezales:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0{,}2P} = \frac{30 \times 47{,}28}{2(20050 \times 0{,}85) - 0{,}2 \times 30} = 0{,}042in$$

Teniendo en cuenta que la corrosión admisible son 0,063 in, el espesor obtenido mas la corrosión admisible son 0,105 pulgadas (2,667 mm).

Según la norma "STANDAR A.P.I. 650" que estamos aplicando, el espesor mínimo para tanques de diámetro inferior a 15,2 m es de 4,76 mm más la corrosión admisible (1,6 mm), es decir, 6,36 mm. Al ser los espesores de cálculo inferiores a 6,36 mm, se considera 6,36 mm como espesor de cálculo para el tanque de cloruro de magnesio.

RESUMEN

Casco	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	3,6
	Diámetro (m)	1,2
	Volumen (m^3)	4,11
	Presión (psi)	30
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	2,67
Cabezales	Material	A-283 GRADO C
	Altura (m)	0,2
	Diámetro (m)	1,2
	Volumen (m^3)	0,23
	Presión (psi)	30
	Tensión admisible (psi)	20050
	Corrosión admisible (mm)	1,6
	Espesor de calculo (mm)	2,67
Altura total (m)		4
Volumen total (m^3)		4,5
Espesor de todas las placas del tanque por especificación (mm)		6,36

Tabla 1.10

1.2.6. Tanque de NaOH.

Uno de los factores críticos de la reacción es el pH, ya que la velocidad de reacción y la solubilidad de la estruvita varían al variar el pH. El pH optimo es pH = 9, y para mantenerlo fijo en este valor se añadirá una corriente de hidróxido sódico en el reactor.

Se dispondrá de un medidor de pH (Transmisor de pH/Redox ABB AUTOMATION serie 4600) que mandara una señal a un controlador (Controlador universal de procesos ABB instrumentation Comander 351) que actuara sobre la bomba electrónica(Bomba dosificadora MAXROY® D105 fabricada en plástico) ejerciendo un control proporcional derivativo para regular el caudal.

Cálculo del caudal de sosa necesario para alcanzar el pH 9

Cálculo del pH de la disolución de Sosa

pH + pOH =14

Peso molecular = 40 g/mol

Solubilidad = 111g/100ml Agua (20ºC)

$$\frac{111\,g}{100\,ml}\times\frac{1\,mol}{40\,g}\times\frac{1000\,ml}{1\,l}=27{,}75\frac{mol}{l}$$

pOH = - log (27,75) = -1.44

pH = 14 – (- 1,44) = 15,44

Cálculo del caudal de NaOH

	Caudal [m^3/h]	pH	[H^+] (mol/L)	pOH	[OH^-](mol/L)
Alimentación	1,9425	7,6	$10^{-7,6} = 2,512*10^{-8}$	6,4	$10^{-6,4} = 3,981*10^{-7}$
Cloruro de magnesio	0,0033	7	10^{-7}	7	10^{-7}
Sosa	X	15,44	$10^{-15,44} = 3,631*10^{-16}$	-1,44	$10^{1,44} = 27,54$
Salida	1,9425+0,0033+X	9	10^{-9}	5	10^{-5}

Tabla 1.30 Cálculo del caudal de NaOH.

Inicialmente los OH^- de la NaOH neutralizarían los H^+ presentes en el medio y, posteriormente, el exceso de OH^- liberados en la disociación del NaOH aumentaría el pH:

$Q_{molar}(OH^-)_{añadidos}$ =[NaOH] * caudal de disolución de NaOH = 27,54 (mol/L) * X (m^3/h) * 10^3 (L/m^3) = (27540 · X) mol OH^-/h

$Q_{molar}(H^+)_{iniciales}$ =[1,9425 (m^3/h) * 10^3 (L/m^3) * $2,512\cdot10^{-8}$ (mol H^+/L)] + [0,0033 (m^3/h) * 10^3 (L/m^3) * 10^{-7} (mol H^+/L)] = $4,88\cdot10^{-5} + 3,3\cdot10^{-7} = 4,913\cdot10^{-5}$ mol H^+/h

$Q_{molar}(OH^-)_{finales} = Q_{molar}(OH^-)_{añadidos} – Q_{molar}(H^+)_{iniciales}$ =(27540 X – $4.913\cdot10^{-5}$) mol OH^-/h

$Q_{molar}(OH^-)_{finales} = [OH^-]_{final}$ * caudal solución final = 10^{-5} (mol OH^-/L) * (1.9425+0.0033+X) (m^3/h) * 10^3 (L/m^3) = (0,019458 + 10^{-2} X) mol OH^-/h

Igualando las dos ultimas expresiones:

(27540 X – $4,913\cdot10^{-5}$) = (0,019458 + 10^{-2} X)

(27540 - 10^{-2}) X = (0,019458+ $4,913\cdot10^{-5}$) $\Rightarrow$

X = 0,01951 / 27539,99 = $7,083\cdot 10^{-7}$ (m^3/h)

X = 0,71 mL/h

	Caudal [m^3/h]	pH
Alimentación	1.9425	7.6
Cloruro de magnesio	0,0033	7
Sosa	$7{,}083 \cdot 10^{-7}$	15,44
Salida	1.946	9

Tabla 1.31 Resultados cálculo del caudal de NaOH

El resultado permite, lógicamente, utilizar una NaOH mucho más diluida.

Siguiendo este procedimiento de cálculo hemos elaborado una tabla donde hemos calculado el caudal necesario en función de la concentración de hidróxido sódico que se emplee:

[NaOH]mol/l	Q_{NaOH}[m^3/mes]
27,75	0,000473185
27	0,000486329
20	0,000656544
19,125	0,000686582
15	0,000875393
10	0,001313089
5	0,002626181
4	0,003282728
3	0,004376975
2	0,006565473
1	0,013131011
0,9	0,014590029
0,8	0,016413805
0,7	0,018758668
0,6	0,021885165
0,5	0,026262285
0,4	0,032828021

0,3	0,043771059
0,2	0,065657683
0,1	0,131321932
0,09	0,145914879
0,08	0,16415652
0,07	0,187610802
0,06	0,218884481
0,05	0,262670134
0,04	0,328354089
0,03	0,437841947
0,02	0,656872436
0,01	1,314402402

Tabla 1.32 Caudal NaOH en función de la concentración NaOH.

Se usará una disolución de una concentración 0.5 M, muy utilizada en los experimentos en planta piloto, para ajustar el pH dentro del reactor. (Sylvia Regy and Col; 2001)

Caudal necesario NaOH 0,5 M → 0,02626 m^3/mes

El distribuidor "Diverse plastic group Inc" ofrece multitud de productos, entre ellos tanques de polietileno de alta densidad para disoluciónes de NaOH al 50%, así como los accesorios para dicho tanque. Al ser nuestra disolución de menor concentración, estos tanques también son aptos para almacenarla.

Sustancia	Concentración	Resina	Material de accesorios	Material de juntas	Material de los pernos
Acetic Acid	60	HDLPE	PP	EPDM	Hastelloy
Acetic Acid	80	HDLPE	PP	EPDM	Hastelloy
Acrylic Emulsions	50	XLPE	PVC	EPDM	316SS
Aluminum Sulfate	26	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Ammonium	40	HDLPE	PVC	EPDM	Titanium

Sulfate					
Calcium Carbonate	Saturated	HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Calcium Chloride	40	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Deionized Water <5 Megohm		HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Deionized Water >5 Megohm		HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Ethyl Alcohol	100	HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Ethylene Glycol	100	HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Ferric Chloride	50	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Ferric Sulfate	60	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Ferrous Chloride	Saturated	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Ferrous Sulfate	20	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Hydrochloric Acid	37	HDLPE	PVC	Viton	Hastelloy
Hydrofluoric Acid	48	HDLPE	PP	Viton	Hastelloy
Hydrofluosilicic Acid	26	HDLPE	PP	Viton	Hastelloy
Hydrogen Peroxide	50	HDLPE	PVC	Viton	Hastelloy
Isopropyl Alcohol	100	HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Magnesium Chloride	30	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Methyl Alcohol	100	HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Motor Oil	100	HDLPE	316SS	Viton	316SS
Phosphoric Acid	85	HDLPE	PVC	Viton	316SS
Phosphoric Acid	50	HDLPE	PVC	Viton	316SS
Polymers (Deposition)		XLPE	PVC	EPDM	316SS
Potable Water		HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Potassium	50	HDLPE	PVC	EPDM	316SS

Carbonate					
Potassium Hydroxide	Saturated	HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Sodium Carbonate	30	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Sodium Carbonate	Saturated	HDLPE	PVC	EPDM	Hastelloy
Sodium Hydroxide	50	HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Sodium Hypochlorite-in(Non-UV)	<16.5	HDLPE	PVC	Viton	Titanium
Sodium Hypochlorite-out (UV)	<16.5	HDLPE #880059	PVC	Viton	Titanium
Sodium Hypochlorite-out (UV)	<16.5	HDLPE Insulated	PVC	Viton	Titanium
Sodium Thiosulfate	40	HDLPE	PVC	EPDM	316SS
Sulfuric Acid	98	HDLPE #880046	PVDF	Viton	Hastelloy
Sulfuric Acid	93	HDLPE #880046	CPVC	Viton	Hastelloy
Surfactants		XLPE	PVC	EPDM	316SS
Water w/ Ozone up to 10 PPM		HDLPE	PVC	EPDM	316SS

Tabla 1.33 Material del Depósito en función de la sustancia que alberga.

Hemos remarcado en amarillo la sustancia que nos interesa, y hemos buscado en el catálogo un tanque que nos sirva para almacenarla.

El tanque más pequeño de polietileno de alta densidad que suministra el proveedor “Diverse plastic group Inc” es de 56.85 l, y por tanto es capaz de almacenar reactivo para tardara 2 meses de trabajo.

Part No. IN0015-19
US Gallons (volumen) 15 = 56,85 l
Diameter (diametro) 19" = 0,4826 m
Height (altura) 24" = 0,6096 m
Manway (entrada de hombre) 12" = 0,3048 m
Outlet (salida) 2" = 0,0508 m
USD Price (precio) $ 136,93
Weight (peso) 27 lbs = 12,247 kg
El soporte de acero esta incluido en el precio.
Este modelo está construido de una resina de polietileno de alta densidad en una sola pieza (sin costura). Puede usarse tanto en exteriores como en interiores.
El tanque lleva un inhibidor de U.V. en la resina y esta diseñado para contener líquidos de hasta 1,7 de gravedad especifica.
Las paredes del tanque son translucidas para observar el líquido en el interior y están equipados con un indicador de nivel.

1.2.7. Reactor.

Los diferentes sistemas creados para recuperar fósforo en las plantas de tratamiento de aguas residuales están basados en reactores de lecho fluidizado o columnas de aire agitadas. Sin embargo el control de cada reactor es difícil. El caudal de flujo debe mantenerse constante durante la operación para mantener el lecho fluidizado. Una aproximación seria usar un reactor agitado por medio de un agitador mecánico.

En el 2001 un grupo de investigadores del centro europeo de estudio de los polifosfatos realizo un estudio de recuperación de fosfato de aguas residuales por medio de la precipitación de estruvita en un reactor de tanque agitado a escala de planta piloto. Dada la simplicidad de operación del reactor y los resultados obtenidos basaremos nuestro diseño del reactor en el utilizado en dicho estudio.

El reactor tendrá 2 partes bien diferenciadas, una zona de reacción y una zona de sedimentación que quedaran unidas mediante una sección troncocónica con un ángulo de 45º. (Sylvia Regy y colaboradores “Phosphate recovery by struvite precipitation in a stirred reactor”, 2001).

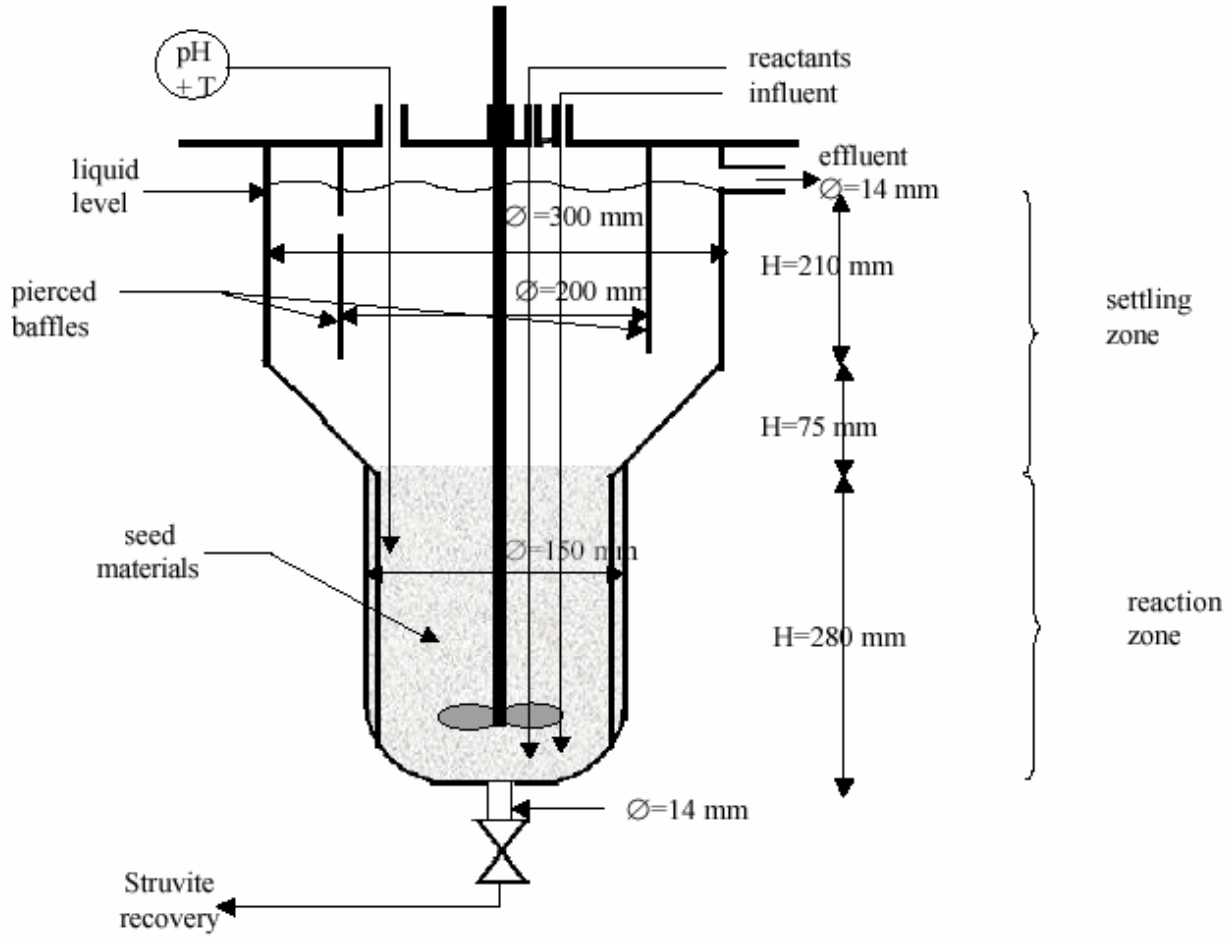


Figura 1.22 Representación esquemática del reactor químico en planta piloto.

DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR:

Para el dimensionamiento del reactor químico, se intenta dar el volumen más pequeño posible, para alcanzar la conversión más alta, y que las partículas formadas no salgan con el efluente, sino que precipitaran dentro del reactor.

Se realizo una hoja de cálculo en excel en función de los diámetros y alturas de las distintas zonas del reactor donde al variar las dimensiones, comprobábamos los cambios en lo que se refiere a volumen, tamaño de las partículas, numero de Reynold, velocidad del fluido, etc… Tras multitud de pruebas finalmente se establecieron las dimensiones del reactor, teniendo en cuenta que en la zona de reacción el tiempo de residencia tenia que estar entre 1 y 2 horas para alcanzar la máxima eliminación de fosfato.

ZONA DE REACCIÓN

En esta parte del reactor se llevará a cabo la mezcla de las distintas corrientes para que los reactivos entren en contacto íntimo y se lleve a cabo la reacción.
El sistema de agitación consiste en un agitador mecánico que se definirá más adelante, a efectos de cálculo se asume que se alcanza un régimen de mezcla perfecta por lo que se tendrá en cuenta las hipótesis que se aplican a este tipo de reactores.
Las hipótesis básicas en un reactor continuo de mezcla perfecta ideal son:
La mezcla reaccionante tiene las mismas propiedades en todos los puntos del reactor.
La corriente de salida tiene las mismas propiedades que la mezcla reaccionante del interior del reactor.
La corriente de alimentación alcanza instantáneamente las propiedades de la mezcla reaccionante. (Jesús Santamaría, 1999)

Teniendo en cuenta estas hipótesis y usando la ecuación de diseño de un reactor de mezcla perfecta se elabora una hoja de cálculo y considerando la zona de reacción del cilindro de diámetro = altura, ya que es la zona donde la mezcla será mas intensiva (Sylvia Regy, 1991) se estima el volumen mínimo necesario para la conversión mas alta posible que necesita para que las partículas de estruvita formadas no salgan por la corriente de salida y precipiten dentro del reactor.

Ecuación de diseño de un reactor de mezcla completa ideal:

$$\frac{V}{Q} = \frac{Ci - Cf}{k * Cf}$$

Donde:

Ci = Concentración inicial de fosfato.
Cf = Concentración de fosfato en el reactor.
k = Constante de velocidad de la reacción considerada de Pseudoprimer orden con respecto al fosfato.

V = Volumen del reactor.

Q = Caudal de entrada al reactor.

Cálculo de la concentración inicial de Fosfato:

-Concentración que lleva el rechazo de la centrífuga

$$Ci = 650\frac{mg}{l} \times \frac{1g}{1000mg} \times \frac{1mol}{95g} = 0{,}00684\frac{mol}{l}$$

$$Q_{centrífuga} \times Ci = 1942{,}5\frac{l}{h} \times 0{,}00684\frac{mol}{l} = 13{,}29\frac{mol}{h}$$

-Concentración inicial que entra en el reactor

$$\frac{1}{Q_{total}} \times Q_{molarPO_4^{3-}} = \frac{1\,h}{1945{,}5\,l} \times 13{,}29\frac{mol}{h} = 0{,}0068311\frac{mol}{l}$$

Cálculo de la concentración final de Fosfato:

La concentración final de fosfato en el reactor estará en función de la conversión que se alcanze, en la hoja de calculo se ha hecho el cálculo para todas las conversiones desde el 60% al 99%, intentando buscar el volumen mas pequeño que hiciera que se cumpliera que el crecimiento de la partícula en el reactor era mayor al que teóricamente tendría que tener a la salida según la ley de Stokes.

Se realiza un ejemplo de cálculo con un porcentaje de conversión del 92%.

$$C_f = C_i \times (1 - X_A) = 0{,}00683 \times (1 - 0{,}92) = 5{,}46 \times 10^{-4}\frac{mol}{l}$$

La reaccción química se considera de Pseudoprimer orden con respecto al fosfato.

El valor de la constante de velocidad es:

Ph = 9 $\rightarrow$ K= 12.3 h^{-1}

Ph = 8.7 $\rightarrow$ K= 7.9 h^{-1}

Ph = 8.4 $\rightarrow$ K= 3.7 h^{-1}

(M. Quintana y colaboradores, “Kinetics of phosphorus removal and struvite formation by the utilization of by-product of magnesium oxide production”, 2005)

Caudal total

El caudal total de entrada en el reactor será la suma del caudal proveniente del rechazo de la centrifuga ($Q_{alimentación}$) y del caudal de cloruro de magnesio (Q_{Mg}). A efectos de cálculo se desprecia el caudal de la corriente se Sosa por ser insignificante frente a los otros dos.

$$Q_{total} = Q_{a\,\mathrm{lim}\,entación} + Q_{Mg} = 1{,}9425 + 0{,}003 = 1{,}9455\frac{m^3}{h}$$

Volumen

Conocidos todos los datos de la ecuación de diseño de un reactor ideal mezcla completa, sustituimos y obtenemos el volumen de reacción, considerando la zona de reacción como la zona donde la mezcla será mas intensa, dándole las dimensiones típicas de un reactor de mezcla completa ideal donde H = D llegamos a los siguientes resultados.

$$\frac{V}{Q} = \frac{Ci - Cf}{k \times Cf} \rightarrow V = Q \times \frac{Ci - Cf}{k \times Cf} = 1{,}9455 \times \frac{0{,}0068311 - 0{,}000546}{12{,}3 \times 0{,}000546} = 1{,}819\ m^3$$

$$V = \pi R^2 H = \frac{\pi}{4} D^2 D = \frac{\Pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \times 1{,}819}{\pi}} = 1{,}323\ m$$

Las dimensiones obtenidas fueron:

D = H = 1,323 m

Volumen de reacción =1,819 m^3

Se alargara un 10% la altura de la zona de reacción con respecto al diámetro para asegurar que se alcanza la conversión que se desea, ya que la mezcla no será ideal y se dará este volumen extra no contemplado en los cálculos para corregir las posibles desviaciones de la idealidad.

Dimensiones zona de reacción

$D_{reacción}$ = 1,323 m

$H_{reacción}$ = 1,1 * $D_{reacción}$ = 1,1 * 1,323 = 1,4553 m

V = $\pi R^2 H = \frac{\pi}{4} D^2 H = \frac{\pi}{4} \times 1{,}323^2 \times 1{,}4553 = 2\ m^3$

SECCIÓN TRONCOCÓNICA

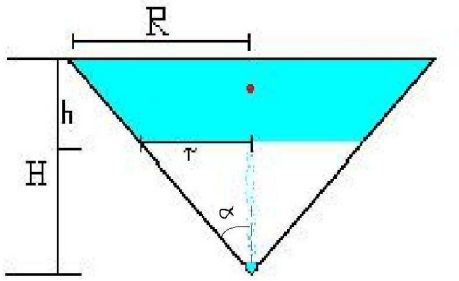


Figura 1.23 Volumen del tronco de cono de altura h

$V_{troncocónico} = \frac{\pi \times R^2}{H^2}(h \times H^2 - H \times h^2 + \frac{h^3}{3})$

r = $r_{reacción}$ = 0,6615 m

R = $R_{sedimentador}$ = 0,9923 m

Conociendo que $\tan\alpha = \frac{cateto\ opuesto}{cateto\ contiguo}$

H = $\frac{R}{\tan\alpha} = \frac{0{,}9923}{\tan 45}$ = 0,9923 m

h = $\frac{(R-r)}{\tan\alpha} = \frac{(0{,}9923 - 0{,}6615)}{\tan 45}$ =0,331 m

$$V_{troncocónico} = \frac{\pi \times 0{,}9923^2}{0{,}9923^2}(0{,}331 \times 0{,}9923^2 - 0{,}9923 \times 0{,}331^2 + \frac{0{,}331^3}{3}) = 0{,}72\, m^3$$

Se elige un ángulo de 45º, para hacer el cambio de sección de una manera intermedia, ya que si se aumenta el ángulo el cambio de sección seria muy brusco, y si se disminuye se necesitaría una altura "h" muy grande por ser el cambio de sección muy progresivo. (http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/arena2/arena2.htm)

ZONA DE SEDIMENTACIÓN

La zona de sedimentación será la zona con mayor diámetro, se admite que las partículas formadas son esferas y se aplica la "ley de Stokes" para calcular las velocidades de sedimentación de las partículas en función de su tamaño.

Se comprueba en la hoja de calculo que el volumen mínimo es el primer valor que hace que el diámetro estimado de la partícula sea mayor que el diámetro mínimo teórico de la partícula para que sedimente dentro del reactor.

La ley de Stokes se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar de bajos números de Reynolds. En general la ley de Stokes es válida en el movimiento de partículas esféricas pequeñas moviéndose a velocidades bajas. La ley de Stokes puede escribirse como:

$$F_R = 6\pi R \eta v$$

Donde R es el radio de la esfera, v su velocidad y η la viscosidad del fluido.

La condición de bajos números de Reynolds implica un flujo laminar lo cual puede traducirse por una velocidad relativa entre la esfera y el medio inferior a un cierto valor crítico. En estas condiciones la resistencia que ofrece el medio es debida casi exclusivamente a las fuerzas de rozamiento que se oponen al deslizamiento de unas capas de fluido sobre otras a partir de la capa límite adherida al cuerpo. La ley de Stokes se ha comprobado experimentalmente en multitud de fluidos y condiciones.

Si las partículas están cayendo verticalmente en un fluido viscoso debido a su propio peso puede calcularse su velocidad de caída o sedimentación igualando la fuerza de fricción con la fuerza de gravedad.

$$V_s = \frac{D_p^2 \times g \times (\rho_p - \rho_f)}{18\eta}$$

donde:

V_s es la velocidad de caída de las partículas (velocidad límite)

g es la aceleración de la gravedad,

ρ_p es la densidad de las partículas y

ρ_f es la densidad del fluido.

Recordemos que,

$$N_R = \frac{D_p \times \rho_{fluido} \times v}{\eta_{fluido}}$$

Si $N_R << 1$, → F ∞ v (Domina la viscosidad)

Si $N_R >> 1$, → F ∞ v^2 (Domina la turbulencia)

Si consideramos que las partículas formadas son esferas, y se cumple que el numero de Reynold para estas partículas es mucho menor que 1, podemos aplicar la Ley de Stokes. (www.lawebdefisica.com; www.wikipedia.es)

El diámetro en la zona de sedimentación debe ser mayor que el de la zona de reacción, para que se produzca una perdida de velocidad de una zona a otra y así la velocidad de sedimentación sea mayor que la velocidad de circulación del fluido y la partícula precipite en el reactor. Tras realizar pruebas en la hoja de cálculo variando las dimensiones de la zona de sedimentación, se concretan las siguientes dimensiones:

$D_{sedimentador}$ = 1,5 * $D_{reacción}$ = 1,5 * 1,323 = 1,9845 m

$H_{sedimentador}$ = 0,4 * $D_{sedimentador}$ = 0,4 * 1,9845 = 0,7938 m

$V_{sedimentador}$ = $\pi R^2 H = \frac{\pi}{4} D^2 H = \frac{\pi}{4} \times 1{,}9845^2 \times 0{,}795 = 2{,}455\ m^3$

Se calculá el Reynold para comprobar que podemos aplicar la ley de Stokes.

$$N_R = \frac{D_p \times \rho_{fluido} \times v}{\eta_{fluido}}$$

$$\rho_{fluido} = 998{,}2 \frac{kg}{m^3}$$

$$\eta_{fluido} = 0{,}0010026 \frac{kg}{m \times s}$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{5{,}4 \times 10^{-4}}{\pi \times 0{,}99225^2} = 1{,}747 \times 10^{-4} \ \frac{m}{s}$$

El diámetro de partícula se calcula a la salida del reactor, cuando la partícula ha alcanzado el tamaño máximo.

Se considera que la partícula se forma en la zona de reacción y su crecimiento empieza en la zona troncocónica hasta la salida del reactor.

$$V_{troncocónico} + V_{sedimentador} = 0{,}72 + 2{,}455 = 3{,}175 \ m^3$$

$$THR = \frac{V}{Q} = \frac{3{,}175}{1{,}9455} = 1{,}632 \ h \rightarrow Tiempo \ Hidraulico \ de \ Residencia$$

$$Crecimiento \ de \ particulas = 0{,}007208 \frac{mm}{h}$$

(Elisabhet V. y colaboradores ”Controlled Struvite crystallisation for removing phosphorus from anaerobic digester sidestreams”, 2000)

$$D_{particula} = 1{,}632 \times 0{,}007208 = 0{,}01176 \ mm = 1{,}176 \times 10^{-5} \ m$$

$$N_R = \frac{D_p \times \rho_{fluido} \times v}{\eta_{fluido}} = \frac{1{,}1765 \times 10^{-5} \times 998{,}2 \times 1{,}747 \times 10^{-4}}{0{,}0010026} = 0{,}00204$$

Al ser $N_R << 1$, la ley de Stokes es aplicable.

La velocidad del fluido, es la velocidad mínima de sedimentación que debe alcanzar la partícula para sedimentar dentro del reactor, así que se coloca esta velocidad en la ecuación de la Ley de Stokes, y se despeja cual es el diámetro mínimo de partícula para que sedimente la partícula en el reactor.

$$V_s = \frac{D_p \times g \times (\rho_p - \rho_f)}{18\eta}$$

$$\rho_p = 1964{,}94 \frac{Kg}{m^3}$$

$$D_{pmín} = \sqrt{\frac{v \times 18\eta}{g \times (\rho_p - \rho_f)}} = \sqrt{\frac{1{,}747 \times 10^{-4} \times 18 \times 0{,}0010026}{9{,}8 \times (1694{,}94 - 998{,}2)}} = 2{,}149 \times 10^{-5}\ m$$

Como se puede observar, el diámetro de partícula que alcanzaría la partícula no es suficiente para sedimentar dentro del reactor $D_p < D_{pmín}$.

Repitiendo este proceso de cálculo para todos los rendimientos, se calcula cual es el volumen mínimo con el rendimiento mas alto posible que hace que se cumpla que $D_p > D_{pmín}$.

Conversión	V [m^3]	H_{total} [m]	D_{peq} [m]	D_{grande} [m]	$D_{pmín}$ [m]	$D_{partícula}$ [m]	N_R
0,99	44,5626265	5,287598	2,711588	4,067383	1,048E-05	0,00010128	0,00419417
0,98	22,0562495	4,182591	2,144918	3,217377	1,325E-05	5,013E-05	0,00331767
0,97	14,5541238	3,641359	1,867363	2,801045	1,522E-05	3,30798E-05	0,00288836
0,96	10,803061	3,296986	1,690762	2,536143	1,68E-05	2,455E-05	0,0026152
0,95	8,55242328	3,049986	1,564095	2,346143	1,817E-05	1,943E-05	0,00241927
0,94	7,05199814	2,860041	1,466687	2,200031	1,938E-05	1,602E-05	0,00226861
0,93	5,9802659	2,707125	1,388269	2,082403	2,047E-05	1,3592E-05	0,00214731
0,92	5,1764684	2,579958	1,323055	1,984583	2,148E-05	1,1765E-05	0,00204644

0,91	4,55128958	2,471608	1,267491	1,901237	2,243E-05	1,0344E-05	0,00196050
0,9	4,05114787	2,377538	1,219250	1,828875	2,331E-05	9,2077E-06	0,00188588
0,89	3,64194101	2,294629	1,176732	1,765099	2,416E-05	8,2777E-06	0,00182012
0,88	3,3009353	2,220652	1,138795	1,708193	2,496E-05	7,5026E-06	0,00176144
0,87	3,012392	2,153965	1,104597	1,656896	2,573E-05	6,8468E-06	0,00170854
0,86	2,76506918	2,093326	1,073500	1,610250	2,648E-05	6,2846E-06	0,00166044
0,85	2,55072273	2,037774	1,045012	1,567518	2,720E-05	5,7974E-06	0,00161638
0,84	2,36316959	1,986551	1,018744	1,528116	2,790E-05	5,3712E-06	0,00157575
0,83	2,19768152	1,939053	0,994386	1,491579	2,859E-05	4,9950E-06	0,00153807
0,82	2,05058102	1,894787	0,971685	1,457528	2,925E-05	4,6607E-06	0,00150296
0,81	1,91896478	1,853349	0,950435	1,425652	2,991E-05	4,3615E-06	0,00147009
0,8	1,80051016	1,814401	0,930462	1,395693	3,055E-05	4,0923E-06	0,0014392
0,79	1,69333694	1,777662	0,911621	1,367432	3,118E-05	3,8487E-06	0,00141005
0,78	1,59590674	1,742893	0,893791	1,340686	3,180E-05	3,6273E-06	0,00138247
0,77	1,50694872	1,709888	0,876865	1,315298	3,242E-05	3,4251E-06	0,00135629
0,76	1,42540388	1,678472	0,860754	1,291132	3,302E-05	3,2397E-06	0,00133138
0,75	1,35038262	1,648493	0,845381	1,268071	3,363E-05	3,0692E-06	0,0013076
0,74	1,28113223	1,619818	0,830675	1,246013	3,422E-05	2,9118E-06	0,00128485
0,73	1,2170115	1,59233	0,816579	1,224869	3,481E-05	2,7661E-06	0,00126305
0,72	1,15747082	1,565927	0,803039	1,204559	3,540E-05	2,6307E-06	0,00124210
0,71	1,10203639	1,540518	0,790009	1,185013	3,598E-05	2,504E-06	0,00122195
0,7	1,0502976	1,516022	0,777447	1,166171	3,656E-05	2,387E-06	0,00120252
0,69	1,00189678	1,492368	0,765316	1,147975	3,714E-05	2,2771E-06	0,00118376
0,68	0,95652102	1,469489	0,753584	1,130376	3,772E-05	2,1740E-06	0,00116561
0,67	0,91389531	1,447328	0,742219	1,113329	3,830E-05	2,0771E-06	0,00114803
0,66	0,87377699	1,425832	0,731195	1,096793	3,888E-05	1,9859E-06	0,00113098
0,65	0,83595115	1,404953	0,720488	1,080733	3,945E-05	1,9000E-06	0,00111442
0,64	0,80022674	1,384647	0,710075	1,065113	4,003E-05	1,8188E-06	0,00109831

0,63	0,76643338	1,364875	0,699936	1,049904	4,061E-05	1,7420E-06	0,00108263
0,62	0,73441862	1,3456	0,690051	1,035077	4,120E-05	1,6692E-06	0,00106734
0,61	0,70404564	1,326789	0,680404	1,020606	4,178E-05	1,6002E-06	0,00105242
0,6	0,67519131	1,30841	0,670979	1,006469	4,237E-05	1,5346E-06	0,00103784

Tabla 1.34 Resultados del dimensionamiento del reactor químico

Como se observa en la tabla 1.34, el primer rendimiento que hace que se cumpla $D_p > D_{pmín}$, es el 95%, sin embargo el 96% da un margen más grande entre D_p y $D_{pmín,}$ no aumentando significativamente el volumen, por lo que se elige dimensionar el reactor para una conversión del 96%.

ZONA DE RECOGIDA

Será una zona cónica, con un ángulo de 45º donde tenderán a acumularse los cristales de estruvita.

Su diámetro será el mismo que el de la zona de reacción, 1.691 m, y la altura, del cono, será la misma que el radio, puesto que el ángulo del cono será de 45º.

$$V = \pi R^2 \frac{h}{3} = \pi 0.8455^2 \frac{0.8455}{3} = 0.633\ m^3$$

CALCULO DE LOS ESPESORES:

Para el calculo del espesor del casco cilíndrico usaremos la formulas basadas en presión interna, y dimensiones interiores, ya que el recipiente será de pequeño tamaño y no estará sometido a presiones externas de importancia.

La presión uniforme, interna o externa, induce en la costura longitudinal un esfuerzo unitario igual al doble del que obra en la costura circunferencial, por la geometría misma del cilindro. (Megyesy, E. F., 2001)

A efectos de cálculo, consideraremos que el fluido dentro del reactor es agua.

Se usara el material A 283-C para todo el reactor.

- Zona de sedimentación

La presión de diseño es la presión que se emplea para diseñar el recipiente. Se recomienda diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la de operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño de 30 lb/pulg^2 o 10% más que la presión de trabajo, la que sea mayor. También debe tomarse en consideración la presión del fluido y de cualquier otra sustancia contenida en el recipiente. (Megyesy, E. F., 2001)

$P_{operación} = P_{atmosférica} + P_{columna\ de\ líquido}$

$P_{atmosférica} = 101325$ Pa

$P_{columna\ de\ líquido} = \rho*g*H = 998,2*9,8*4,14 = 40533,2$ Pa

Donde:
ρ es la densidad del fluido.
g es la aceleración de la gravedad.
H es la altura de la columna de líquido (tomaremos la altura del tanque, caso mas desfavorable).

$P_{operación} = 141858,2$ Pa $= 20,6$ psi

$P_{diseño} = 1,1* P_{operación} = 22,6$ psi < 30 psi

La presión de diseño será 30 psi.

Las juntas seleccionadas para el casco serán de doble cordón y examinadas por zonas, ya que no tienes limites de aplicación en la construcción del deposito, teniendo una calidad intermedia. La eficiencia para este tipo de junta es E = 0.85. (Megyesy, E. F., 2001)

La corrosión permisible para este material es 0,063” (1,6 mm) (“Diseño y cálculo de tanques de almacenamiento”, INGLESA).

El esfuerzo máximo permitido del material a utilizar es de 20050 psi.

Al igual que en los depósitos de almacenamiento el espesor de cálculo se determina mediante la siguiente formula:

$$t = \frac{PR}{SE - 0{,}6P} = \frac{30 \times (50)}{(20050 \times 0{,}85) - 0{,}6 \times 30} = 0{,}088\ in$$

El espesor obtenido mas la corrosión admisible son 0,151 pulgadas (3,84 mm).

- Zona de reacción

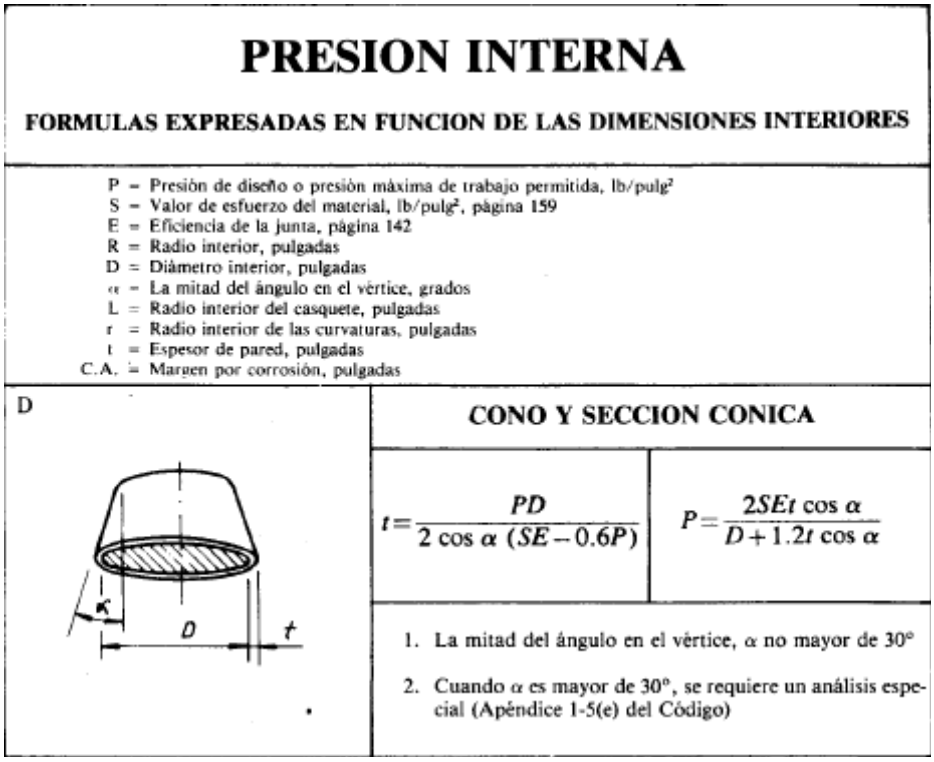
Siguiendo el mismo procedimiento, y sabiendo que todos los datos son los mismos excepto el radio:

$$t = \frac{PR}{SE - 0{,}6P} = \frac{30 \times (33{,}31)}{(20050 \times 0{,}85) - 0{,}6 \times 30} = 0{,}059\ in$$

El espesor obtenido mas la corrosión admisible son 0,122 pulgadas (3,1 mm).

- Calculo del espesor mínimo de la zona troncocónica:

Se calcula el espesor mínimo en la zona de mayor diámetro y en la zona de menor diámetro y se adopta como válido para toda la virola cónica el mayor de los dos.



PRESION INTERNA

FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES

P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg²
S = Valor de esfuerzo del material, lb/pulg², página 159
E = Eficiencia de la junta, página 142
R = Radio interior, pulgadas
D = Diámetro interior, pulgadas
α = La mitad del ángulo en el vértice, grados
L = Radio interior del casquete, pulgadas
r = Radio interior de las curvaturas, pulgadas
t = Espesor de pared, pulgadas
C.A. = Margen por corrosión, pulgadas

CONO Y SECCION CONICA

$$t = \frac{PD}{2\cos\alpha\,(SE - 0.6P)} \qquad P = \frac{2SEt\cos\alpha}{D + 1.2t\cos\alpha}$$

1. La mitad del ángulo en el vértice, α no mayor de 30°
2. Cuando α es mayor de 30°, se requiere un análisis especial (Apéndice 1-5(e) del Código)

Figura 1.24 Fórmula del espesor en la virola troncocónica.

Espesor en la zona de mayor diámetro

$$t = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0{,}6P)} = \frac{30 \times (100)}{2\cos 45^{\circ}(20050 \times 0{,}85 - 0{,}6 \times 30)} = 0{,}124\ in$$

Espesor en la zona de menor diámetro

$$t = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0{,}6P)} = \frac{30 \times (66{,}63)}{2\cos 45^{\circ}(20050 \times 0{,}85 - 0{,}6 \times 30)} = 0{,}083\ in$$

Se toma como espesor para toda la virola el espesor calculado para la zona de mayor diámetro mas la corrosión permisible obteniendo un resultado de 0,187" (4,75 mm).

Al ser el ángulo α>30º, es necesario rebordear las uniones para aportar rigidez a la estructura, se requiere un análisis mas detallado para verificar si las uniones necesitan refuerzo. (Apuntes Diseño y calculo en la industria química)

Se calcula el factor X en cada una de las uniones:

Unión cono cilindro diámetro mayor (E = 1)

$$X = \frac{P}{SE} = \frac{30}{20050 \times 1} = 0{,}0015$$

Unión cono cilindro diámetro menor (E = 0,85)

$$X = \frac{P}{SE} = \frac{30}{20050 \times 0{,}85} = 0{,}0018$$

Estos valores se llevan a las tablas que se muestran a continuación y se determina el valor del parámetro Δ, para cada una de las uniones, el cúal si es mayor de 30º, la unión necesitará refuerzo.

VALUES OF Δ FOR JUNCTIONS AT THE LARGE CYLINDER FOR $\alpha \leq 30$ deg.

P/SE	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005
Δ, deg.	11	15	18	21	23
P/SE	0.006	0.007	0.008	0.009[1]	...
Δ, deg.	25	27	28.5	30	...

NOTE:
(1) Δ = 30 deg. for greater values of P/SE.

VALUES OF Δ FOR JUNCTIONS AT THE SMALL CYLINDER FOR $\alpha \leq 30$ deg.

P/SE	0.002	0.005	0.010	0.02
Δ, deg.	4	6	9	12.5
P/SE	0.04	0.08	0.10	0.125[1]
Δ, deg.	17.5	24	27	30

NOTE:
(1) Δ = 30 deg. for greater values of P/SE.

Tabla 1.35 Valores del parámetro Δ en función del factor X.

Como se observa en la tabla en ambos casos el parámetro Δ<30º, por lo que las uniones no necesitarán refuerzo. (Apuntes Diseño y calculo en la industria química)

- Zona de recogida

La zona de recogida tendrá una forma cónica con un ángulo de 45º con la vertical del reactor.

Albergará un volumen de:

$$V = \pi\ R^2 \frac{h}{3} = 3{,}14 \times 0{,}8455^2 \times \frac{0{,}8455}{3} = 0{,}633\ m^3$$

Espesor:

$$t = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0{,}6P)} = \frac{30 \times (66{,}63)}{2\cos 45º (20050 \times 0{,}85 - 0{,}6 \times 30)} = 0{,}083\ in$$

El espesor obtenido mas la corrosión admisible son 0,146 pulgadas (3,7 mm).

El reactor se construirá con un espesor uniforme para todas las piezas por lo que adoptaremos como espesor de cálculo el espesor de mayor valor obtenido en los cálculos.
El mayor espesor de calculo es de 0,187” (4,75 mm), según la norma "STANDAR A.P.I. 650" que estamos aplicando el espesor mínimo para tanques de diámetro inferior a 15,2 m es de 4,76 mm más la corrosión admisible (1,6 mm), es decir, 6,36 mm. Al ser los espesores de cálculo inferiores a 6,36 mm, se considera 6,36 mm como espesor para todas las placas del reactor.

RESUMEN:

Zona de reacción	Volumen [m^3]	4,18
	Diámetro [m]	1,69
	Altura [m]	1,86
	Espesor [mm]	3,1
Sección troncocónica	Volumen [m^3]	1,50
	Angulo [grados]	45
	Altura [m]	0,42
	Espesor [mm]	4,75
Zona de sedimentación	Volumen [m^3]	5,13
	Diámetro [m]	2,54
	Altura [m]	1,02
	Espesor [mm]	3,84
Zona de Recogida	Volumen [m^3]	0,63
	Diámetro [m]	1,69
	Altura [m]	0,85
	Espesor [mm]	3,7
Total	Volumen [m^3]	11,45
	Altura [m]	4,14
	Espesor de todas las placas del reactor por especificación [mm]	6,36
	Material	A-283 GRADO C

Tabla 1.18

PRODUCCIÓN DE ESTRUVITA:

Rendimiento de la reacción: 96%

$$Caudal\ molar\ \ fosfato = 46{,}62\frac{m^3}{día} \times 0{,}0068311\frac{mol}{l} \times 1000\frac{l}{m^3} = 318{,}5\frac{mol}{día}$$

Como la reacción se produce mol a mol el 96% de estos moles se convertirán en moles de estruvita.

$$\text{Pr}oducción\ molar\ estruvita = 0{,}96 \times 318{,}5\frac{mol}{día} = 305{,}7\frac{mol}{día}$$

$$\text{Pr}oducción\ estruvita = 305{,}7\frac{mol}{día} \times 245{,}3\frac{g}{mol} = 74990{,}6\frac{g}{dia} = 75\frac{kg}{día}$$

Lo que supondría una producción anual de 27375 kg.

AGITACIÓN:

Los agitadores idóneos para la mezcla de de corrientes de fluido son los de hélice de impulsor grande, pero lento, que provoca mucha circulación y escasa turbulencia (Metcalf & Hedí, 1995).

Para evitar la formación de vórtices se instalaran 4 placas deflectoras, las cuales tendrán una anchura de una octava parte del diámetro del reactor:

$$Anchura_{pd} = \frac{D_{reactor}}{8} = \frac{1.691}{8} = 0.21\,m$$

(McCabe & Smith, 1991)

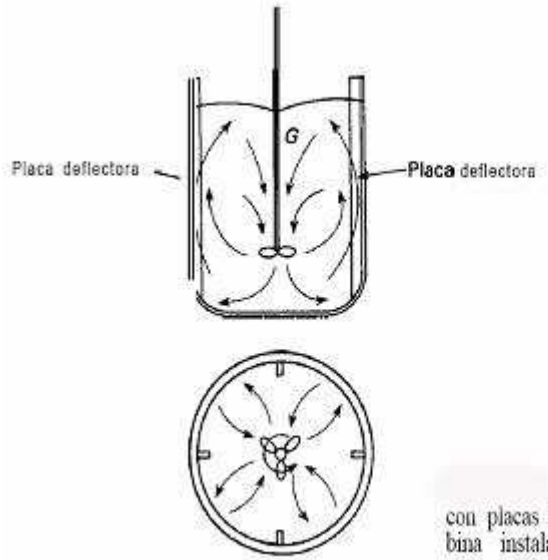
El diámetro del impulsor se calcula como sigue:

$D_{impulsor} = \frac{1}{3} D_{reactor}$

$D_{reactor}$ =1.691 m

$D_{impulsor}$ =0.564 m

Los agitadores de hélice generalmente dirigen el líquido hacia el fondo del tanque, donde la corriente se esparce radialmente en todas las direcciones hacia la pared, asciende a lo largo de la pared y retorna desde la parte superior hasta el punto de succión del rodete. Este modelo de flujo se representa en la Figura 1.25. Se utilizan agitadores de hélice cuando se desean fuertes corrientes verticales, por ejemplo, cuando han de mantenerse partículas sólidas en suspensión.



Modelo de flujo en un tanque con placas deflectoras y un agitador de turbina instalado centralmente.

Figura 1.25 Modelo de flujo con un agitador de hélice.
(McCabe & Smith, 1991)

Se selecciona el agitador suministrado por Milton Roy, HELISEM serie VRG Tipo 3061S con diámetro de impulsor de 600 mm.

ESPECIFICACIONES

Tipos	Potencia Motor (kW)	Velocidad Rotación (rpm)	Longitud Máxima (mm) H	Diametro Hélice (mm) D	Caudal Hélice (m³/h)	Peso (Kg)	Fuerza Axial (DaN)	Par (DaNm)
0021S	0.37	184	1500	200	95	26	1	1.9
1041S	0.55	158	1500	400	650	4	15	3.3
2031S	0.75	293	1500	300	509	40	16	2.4
3061S	1.1	99	2000	600	1379	49	29	10.6
5082S	2.2	95	2100	800	3135	95	81	22
5101S	2.2	69.3	1900	1000	4450	124	103	30.3
7121S	4	63.7	2300	1200	7065	198	176	60
8141S	5.5	53.3	2700	1400	9391	324	226	98.5
9161S	7.5	47.7	2700	1600	12549	465	306	150.2
9182S	7.5	39.7	3800	1800	14868	556	338	180.4

Tabla 1.36 Especificaciones agitador HELISEM serie VRG Tipo 3061S

DIMENSIONES (MM)

Tipos	A	B	C	E	F
0021S	370	130	11	200	165
1041S	387	180	13.5	250	215
2031S	398	130	11	200	165
3061S	417	180	13.5	250	215
5082S	516	180	13.5	250	215
5101S	546	230	13.5	300	265
7121S	599	250	17.5	350	300
8141S	701	250	17.5	350	300
9161S	91	350	17.5	450	400
9182S	91	350	17.5	450	400

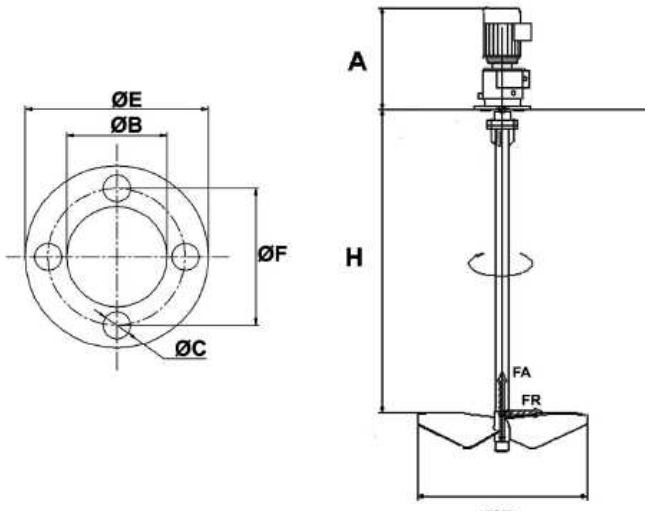


Figura 1.26 Dimensiones agitador HELISEM serie VRG Tipo 3061S
(www.miltonroy-europe.com)

Se comprueba que la densidad dentro del tanque no supera los 1200 kg/m^3, que el agitador tiene como limite de utilización.

La estruvita se evacua del reactor cada 15 días, por lo que la cantidad máxima de estruvita presente en el reactor será el volumen de la zona de recogida, 0,633 m^3.
Este volumen representa un 5,53% del volumen total del reactor, por lo que el 94,47% restante será agua.

La densidad dentro del reactor será de:

$$\rho_{disolución} = \rho_{sol} \times \% + \rho_{liq} \times \% = 1964{,}94 \times 0{,}0553 + 998{,}2 \times 0{,}9447 = 1052 \frac{kg}{m^3}$$

El resultado es menor que los 1200 kg/m^3 que tiene el agitador como límite, por lo que el modelo seleccionado es válido.

1.2.8. Tuberías.

Líneas de Tuberías

Una vez ubicados los equipos, éstos se conectan por tuberías con sus accesorios y válvulas.
Para el trazado de las tuberías se siguen las siguientes directrices:

-Tender hacia la menor longitud.
-Tender hacia largas alineaciones, evitando en todo lo posible los codos.
-Agrupar las tuberías para ocupar el menor espacio posible y facilitar el mantenimiento.
-A efectos de cargas exteriores y de variaciones térmicas, para tuberías enterradas, se considera como cifra normal un recubrimiento de tierras de un metro.
-Las tuberías que no vayan enterradas, irán soportadas por sleepers de 3 cm de altura.

El dimensionamiento de las tuberías consiste en el cálculo de:

-El diámetro estándar de la tubería más adecuada.
-El espesor estándar de la tubería más adecuada.

Para el cálculo del diámetro es necesario conocer el caudal y la velocidad del fluido que circulará por la conducción.

En conducciones forzadas y para caudal medio, se considera que las velocidades deben mantenerse entre 0,75 y 1,5 m/s. Se toma como velocidad de diseño un valor intermedio de 1 m/s, lo suficientemente alto para evitar sedimentaciones. Normalmente los límites máximos admisibles son de 0,5 y 3 m/s (Hernández, A., 1990).

Con estos datos se calcula el diámetro nominal. Luego con el espesor, se va a tablas de estándares de tuberías y se selecciona la más adecuada.

Para el cálculo del espesor de las conducciones es necesario conocer la presión del fluido que contendrán. En el trasiego de agua, las presiones que se suelen manejar se

encuentran en el rango de 2 a 7 Kg/cm^2. No es usual superar los 5 Kg/cm^2 (Costa Novella, E. y cols., 1985).

Se calcula el espesor recurriendo a la fórmula:

$$t = \frac{PR}{SE - 0{,}6P}$$

t = Espesor de la pared, pulg
P = Presión interna, lb/pulg^2
R = Radio interior, pulg
S = Tension maxima admissible, lb/pulg^2
E = Eficiencia de la junta

Para todas las tuberías se considera una presión interior de 100 lb/pulg^2 (7 kg/cm^2), para asegurar las peores condiciones posibles.

El espesor de la tubería se calcula sumando al espesor requerido de la pared, el margen por corrosión y la tolerancia de fabricación del 12,5 % (Megyesy, E. F., 2001).

El margen por corrosión de la tubería se calcula conociendo que el desgaste por corrosión anual es de 5 milésimas de pulg (Megyesy, E. F., 2001), y que las tuberías se diseñan para una vida útil de 30 años (Metcalf & Eddy, 1995), resultando 0,15 pulg.

Con este dato y el diámetro nominal de la tubería se selecciona la tubería más adecuada en las tablas de estándares de tuberías.

En este proyecto se utiliza para la selección de la tubería más adecuada la norma ANSI B.36.10 para tubos de acero al carbono y aceros aleados, y la norma ANSI B·&.19 para tubos de acero inoxidable.

Para el manejo del agua son aplicables muchos materiales que son estándares en la industria. El acero es el más común, barato y aplicable de los materiales que se emplean en la industria. Por esta razón, para las tuberías, se selecciona como material el acero.

Los tipos de aceros de uso mas común en las tuberías son el A 53 B y el A 156 B, con un valor de S = 15000 lb/pulg^2.

La eficiencia de la junta del tubo sin costura es E = 0,9.

Calculo del diámetro interno

$$Q = v \times S$$

$$S = \pi R^2$$

$$Q = v \times \pi R^2 \Rightarrow R = \sqrt{\frac{Q}{v\pi}}$$

$$D = 2R$$

$$v = 1\frac{m}{s}$$

Líneas de tuberías	Caudal [m^3/s]	Diámetro interno [In]
T1-Centrifuga a Tanque alimentación	7,5E-04	1,22
T2-Tanque alimentación a reactor	5,4E-04	1,03
T3-Tanque $MgCl_2$ a reactor	1,7E-06	0,06
T5-Reactor a filtro	5,4E-04	1,03

Tabla 1.37 Diámetro de calculo de las tuberías.

Espesor de cálculo

$$t = (\frac{PR}{SE - 0{,}6P} + CA) \times T_{fabricación}$$

Acudimos a las tablas de dimensiones de los tubos (Megyesy, E. F., 2001):

DIMENSIONES DE LOS TUBOS ANSI B 36.10

1. Todas las medidas están expresadas en pulgadas.
2. Los espesores nominales de pared que se indican están sujetos a una tolerancia de fabricación de 12.5%
3. No están incluidos en la Norma ANSI B 36.10

Tamaño nominal del tubo	Diámetro exterior	ESPESOR DE PARED NOMINAL													
		Cédula 10	Cédula 20	Cédula 30	Peso estándar	Cédula 40	Cédula 60	Extrarre-forzado	Cédula 80	Cédula 100	Cédula 120	Cédula 140	Cédula 160	(XX) Doblemente reforzado	Tamaño nominal del tubo
⅛	0.405	--	--	--	0.068	0.068	--	0.095	0.095	--	--	--	--	--	⅛
¼	0.540	--	--	--	0.088	0.088	--	0.119	0.119	--	--	--	--	--	¼
⅜	0.675	--	--	--	0.091	0.091	--	0.126	0.126	--	--	--	--	--	⅜
½	0.840	--	--	--	0.109	0.109	--	0.147	0.147	--	--	--	0.187	0.294	½
¾	1.050	--	--	--	0.113	0.113	--	0.154	0.154	--	--	--	0.218	0.308	¾
1	1.315	--	--	--	0.133	0.133	--	0.179	0.179	--	--	--	0.250	0.358	1
1¼	1.660	--	--	--	0.140	0.140	--	0.191	0.191	--	--	--	0.250	0.382	1¼
1½	1.900	--	--	--	0.145	0.145	--	0.200	0.200	--	--	--	0.281	0.400	1½
2	2.375	--	--	--	0.154	0.154	--	0.218	0.218	--	--	--	0.343	0.436	2
2½	2.875	--	--	--	0.203	0.203	--	0.276	0.276	--	--	--	0.375	0.552	2½
3	3.500	--	--	--	0.216	0.216	--	0.300	0.300	--	--	--	0.438	0.600	3
3½	4.000	--	--	--	0.226	0.226	--	0.318	0.318	--	--	--	--	0.636[3]	3½
4	4.500	--	--	--	0.237	0.237	--	0.337	0.337	--	0.438	--	0.531	0.674	4
5	5.563	--	--	--	0.258	0.258	--	0.375	0.375	--	0.500	--	0.625	0.750	5
6	6.625	--	--	--	0.280	0.280	--	0.432	0.432	--	0.562	--	0.718	0.864	6
8	8.625	--	0.250	0.277	0.322	0.322	0.406	0.500	0.500	0.593	0.718	0.812	0.906	0.875	8
10	10.750	--	0.250	0.307	0.365	0.365	0.500	0.500	0.593	0.718	0.843	1.000	1.125	--	10
12	12.750	--	0.250	0.330	0.375	0.406	0.562	0.500	0.687	0.843	1.000	1.125	1.312	--	12
14	14.000	0.250	0.312	0.375	0.375	0.438	0.593	0.500	0.750	0.937	1.093	1.250	1.406	--	14
16	16.000	0.250	0.312	0.375	0.375	0.500	0.656	0.500	0.843	1.031	1.218	1.438	1.593	--	16
18	18.000	0.250	0.312	0.438	0.375	0.562	0.750	0.500	0.937	1.156	1.375	1.562	1.781	--	18
20	20.000	0.250	0.375	0.500	0.375	0.593	0.812	0.500	1.031	1.281	1.500	1.750	1.968	--	20
24	24.000	0.250	0.375	0.562	0.375	0.687	0.968	0.500	1.218	1.531	1.812	2.062	2.343	--	24
30	30.000	0.312	0.500	0.625	0.375[3]	--	--	0.500[3]	--	--	--	--	--	--	30

Tabla 1.38 Dimensiones de los tubos según ANSI B 36.10

Líneas de tuberías	Espesor Calculo [In]	Espesor Nominal [in]	D_{int} nominal [In]
T1-Centrifuga a Tanque alimentación	0,174	0.191 Sh 80	1,25
T2-Tanque alimentación a reactor	0,173	0.191 Sh 80	1,25
T3-Tanque $MgCl_2$ a reactor	0,169	0.187 Sh 160	0,5
T5-Reactor a filtro	0,173	0.191 Sh 80	1,25

Tabla 1.39 Espesores nominales de tuberías.

La línea de tubería T4, al contener una sustancia corrosiva, será de PVC, por lo que el dimensionamiento se realizara en función de los diámetros comerciales disponibles para este material.

La presión de diseño para la tubería es de 100 psi, 0,6897 Mpa, los diámetros comerciales para esta presión de trabajo son desde 16 a 630 mm.

Como el diámetro de cálculo es de 0.127 mm, el diámetro nominal inmediatamente superior es 16 mm, pero se tomará la tubería de 20 mm, por tener las bombas y válvulas este diámetro nominal (Norma UNE 53.112.).

Las líneas T6, T7 y T8 son las que van conectadas con el decantador centrífugo “ALDEC 10”, todas deben ser tuberías flexibles por lo que se seleccionaran tuberías comerciales de 1” suministradas por tuberías Nacobre, S.A de C.V.

1.2.9. Bombas.

Se necesitan bombas que comuniquen al fluido la energía necesaria para que éste fluya por el interior de tuberías y equipos.

Para impulsar los fluidos al reactor se usarán distintas bombas dosificadoras en función de la sustancia y caudal que se requiera impulsar.

Las bombas se ubican en las siguientes líneas de tuberías:
T1-Pozo de bombeo a tanque de alimentación
T2-Tanque alimentación a reactor
T3-Tanque $MgCl_2$ a reactor
T4-Tanque NaOH a reactor
T6-Reactor a Decantador centrifugo
T7-Decantador centrifugo a reactor
T8-Decantador centrifugo a tolva de almacenamiento

El tipo de bomba depende del emplazamiento del líquido. Si el líquido procede de un pozo, deberá preverse una bomba sumergible cuyo diámetro dependerá del diámetro del pozo.
Si procede de un depósito, lago, río o acequia debe preverse una bomba de superficie.
Existen dos tipos de instalaciones con bombas de superficie: en aspiración, si la bomba se sitúa por encima del nivel del líquido a bombear y en carga, si la bomba se encuentra en el mismo nivel o inferior que el líquido a bombear.

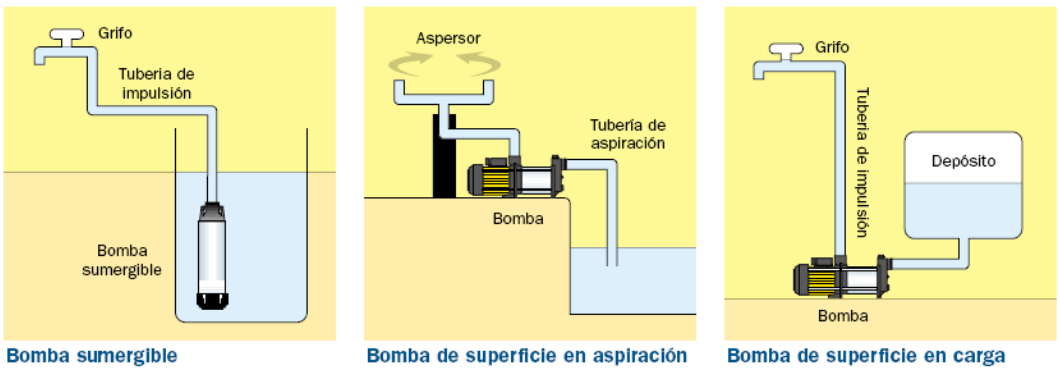


Figura 1.27 Configuración de bombas.

Dada la configuración de la instalación, todas las bombas serán bombas de superficie en carga excepto la ubicada en el pozo de bombeo, que será una bomba sumergible.

Ahora se procederá a calcular el rendimiento de cada una de las bombas de la instalación.
Se entiende por rendimiento el caudal nominal, la altura manométrica y la potencia absorbida que debe tener la bomba para optimizar la instalación.

Caudal nominal (Q): El caudal nominal es el volumen de líquido requerido en un tiempo determinado. Se expresa normalmente en litros/minuto o m^3/hora.

Altura manométrica total (Hm): La altura manométrica de la instalación es la altura total de elevación del líquido. La suma de la altura de aspiración (Ha) más la altura de impulsión (Hi) se denomina altura geométrica (Hg). Esta última sumada a las pérdidas de carga es la altura manométrica (Hm).

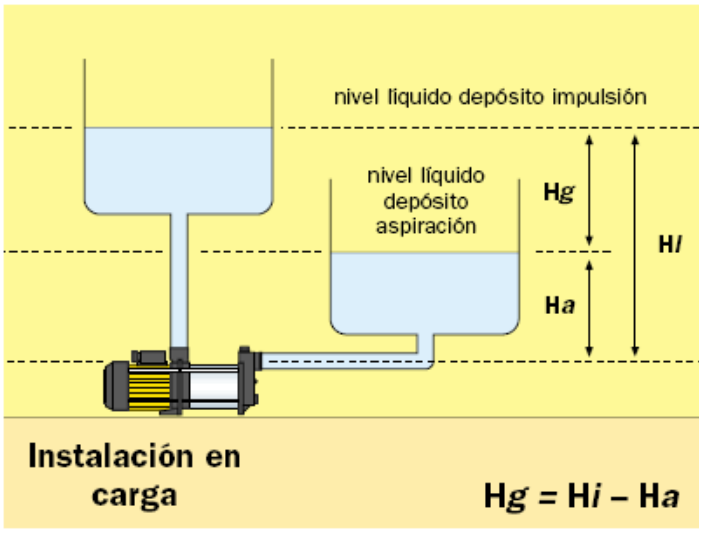


Figura 1.28 Altura manométrica de una instalación en carga.

Pérdidas de carga: Son las pérdidas de altura del líquido por el rozamiento con la tubería. Estas pérdidas aumentan con la rugosidad, longitud de la tubería y el caudal que pasa por ella, y se reducen si aumenta el diámetro de tubería. También contribuyen a aumentar las pérdidas de carga los obstáculos como reducciones, ampliaciones, válvulas o codos (pérdidas singulares).

Se establece que las pérdidas de carga debidas a codos de 90º equivalen a 5 metros lineales de tubería y las debidas a válvulas a 10 metros.
(www.aquabazar.com/pub/guia_seleccion_bombas_espa.pdf)

Tabla de pérdidas de carga en las tuberías de PVC/polietileno:

Litros por Hora	En diámetros interiores de tuberías en mm.											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
	Metros manométricos por cada 100 metros de recorrido horizontal recto											
500	8.9	2.1	0.6									
800	20.2	4.7	1.3	0.4								
1000	29.8	7	1.9	0.6								
1500		14.2	3.9	1.2	0.5							
2000		23.5	6.4	2	0.9							
2500			9.4	2.9	1.3	0.4						
3000			13	4	1.8	0.5	0.2					
3500			17	5.3	2.3	0.6	0.2					
4000			21.5	6.6	2.9	0.8	0.3	0.1				
4500				8.2	3.6	1.0	0.3	0.1				
5000				9.8	4.3	1.2	0.4	0.2				
5500				11.6	5.1	1.4	0.5	0.2				
6000				13.5	6	1.6	0.5	0.2				
6500				15.5	6.9	1.9	0.6	0.3				
7000				17.7	7.8	2.1	0.7	0.3				
8000				22.4	9.9	2.7	0.9	0.4	0.2			
9000					12.1	3.3	1.1	0.5	0.2			
10000					14.6	4	1.3	0.6	0.3	0.1		
12000					20.1	5.5	1.8	1.8	0.4	0.2		
15000					29.7	8.1	2.7	1.2	0.5	0.3		
18000						11.1	3.7	1.6	0.7	0.4	0.1	
20000						13.3	4.5	1.9	0.9	0.5	0.2	
25000						19.7	6.6	2.9	1.3	0.7	0.3	
30000							9	4	1.8	1	0.3	0.1
35000							11.8	5.2	2.3	1.3	0.5	0.2
40000							15	6.5	2.9	1.7	0.6	0.2
45000							18.4	8	3.6	2	0.7	0.3
50000								9.7	4.3	2.5	0.9	0.4

Nota : Para otras tuberías se recomienda multiplicar los valores de las Pérdidas de Carga obtenidos en la tabla por los siguientes coeficientes: Tuberías fibrocemento : 1.2
Tuberías hierro galvanizado : 1.5

Tabla 1.40 Pérdidas de carga en tuberías.
(www.aquabazar.com/pub/guia_seleccion_bombas_espa.pdf)

Cálculo de la altura manométrica necesaria para cada bomba

Las longitudes de las tuberías se sacan de las acotaciones de los planos, para tener una estimación de las alturas manométricas a superar por las bombas.

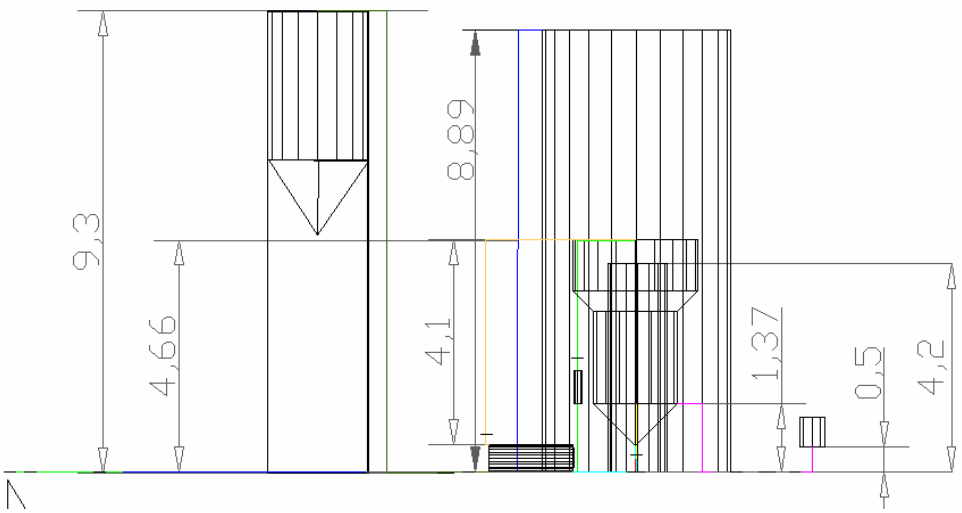


Figura 1.29.Alzado de la instalación acotada

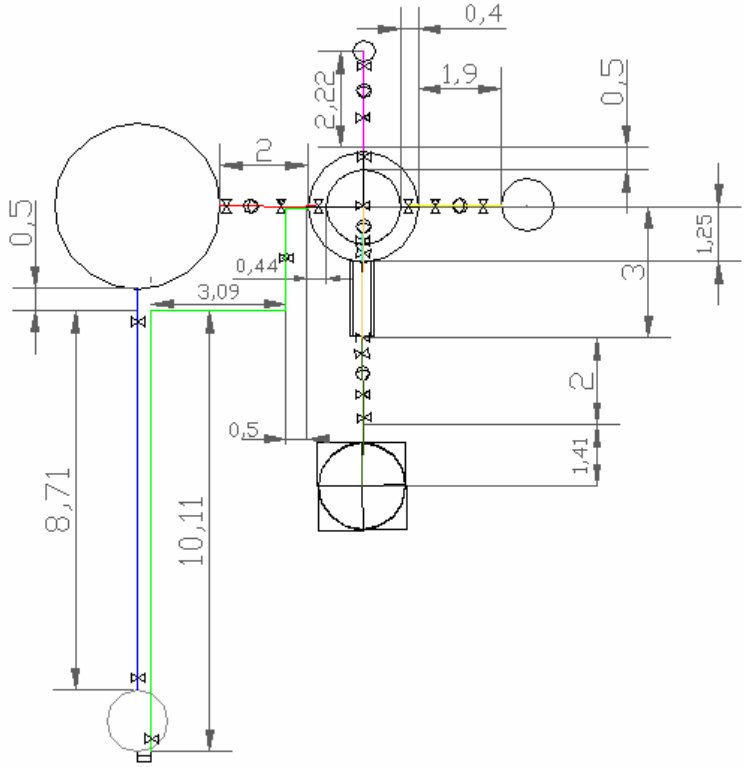


Figura 1.30 Planta de la instalación acotada.

- Bomba en la T1 (Pozo de bombeo)

	Altura (m)	Longitud de tubería (m)	Numero de válvulas	Numero de codos	Longitud equivalente (m)
Aspiración	0	0	0	0	0
Impulsión	9	18	3	2	67

Caudal nominal (l/h)= 6000 l/h
Diámetro interior tubería (mm)= 37,31

En la tabla 1.40 se obtiene un valor de 6 m, como la tubería no es de PVC, sino de acero, se multiplica por 1,5 dando como resultado un valor de 9. (Nota al pie de tabla 1.40)

Perdidas de carga:
Aspiración: (0 * 9)/100= 0 m
Impulsión: (67 * 9)/100= 6 m

Altura manométrica total (H_m)

H_m = 9+0+6= **15 m** es la altura que tiene que superar la bomba

- Bomba en la T2 (Alimentación al reactor)

	Altura (m)	Longitud de tubería (m)	Numero de válvulas	Numero de codos	Longitud equivalente (m)
Aspiración	0	0,5	1	0	10,5
Impulsión	4,68	3,88	2	2	33,88

Caudal nominal (l/h)= 1948
Diámetro interior tubería (mm)= 37,31

En la tabla 1.40 se obtiene un valor de 0,5 m que multiplicado por 1,5 al ser la tubería de acero nos da 0,75.

Perdidas de carga:
Aspiración: (10,5 * 0,75)/100= 0,08 m
Impulsión: (33,88 * 0,75)/100= 0,25 m

Altura manométrica total (H_m)

H_m = 4,68+0,08+0,25= **5 m** es la altura que tiene que superar la bomba.

- Bomba en la T3 (Cloruro de magnesio al reactor)

	Altura (m)	Longitud de tubería (m)	Numero de válvulas	Numero de codos	Longitud equivalente (m)
Aspiración	0	2	4	1	47
Impulsión	4,68	3,77	2	2	33,77

Caudal nominal (l/h)= 3,3
Diámetro interior tubería (mm)= 16,5

En la tabla 1.40 se obtiene un valor de 2,1 m que multiplicado por 1,5 al ser la tubería de acero nos da 3,15.

Perdidas de carga:
Aspiración: (47 * 3,15)/100= 1,5 m
Impulsión: (33,77 * 3,15)/100= 1 m

Altura manométrica total (H_m)

H_m = 4,68+1,5+1= **7,18 m** es la altura que tiene que superar la bomba.

- Bomba en la T4 (Sosa al reactor)

	Altura (m)	Longitud de tubería (m)	Numero de válvulas	Numero de codos	Longitud equivalente (m)
Aspiración	0,5	1	1	1	16
Impulsión	4,68	4,1	2	2	34,1

Caudal nominal (l/h)= 0,04
Diámetro interior tubería (mm)= 20

En la tabla 1.40 se obtiene un valor de 2,1 m.

Perdidas de carga:
Aspiración: (16 * 2,1)/100= 0,34 m
Impulsión: (34,1* 2,1)/100= 0,72m

Altura manométrica total (H_m)

H_m = 4,68-0,5+0,34+0,72= **5,2 m** es la altura que tiene que superar la bomba.

- Bomba en la T6 (Producto al decantador)

	Altura (m)	Longitud de tubería (m)	Numero de válvulas	Numero de codos	Longitud equivalente (m)
Aspiración	4,68	0,5	1	0	10,5
Impulsión	0	1,25	2	0	21,5

Caudal nominal (l/h)= 1000
Diámetro interior tubería (mm)= 25

En la tabla 1.40 se obtiene un valor de 1,9 m que multiplicado por 1,5 al ser la tubería de acero nos da 2,85.

Perdidas de carga:
Aspiración: (10,5 * 2,85)/100= 0,3 m
Impulsión: (21,5* 2,85)/100= 0,61 m

Altura manométrica total (H_m)

H_m = 4,68+0,3+0,61= **5,6 m** es la altura que tiene que superar la bomba.

- Bomba en la T8 (Estruvita a la tolva)

	Altura (m)	Longitud de tubería (m)	Numero de válvulas	Numero de codos	Longitud equivalente (m)
Aspiración	0	0.5	1	0	10.5
Impulsión	9.3	11.5	2	2	41.5

Caudal nominal (l/h)= 1000
Diámetro interior tubería (mm)= 25

En la tabla obtenemos un valor de 1,9 m que multiplicado por 1,5 al ser la tubería de acero nos da 2,85.

Perdidas de carga:
Aspiración: (10,5 * 2,85)/100= 0,3 m
Impulsión: (41,5* 2,85)/100= 1,2 m

Altura manométrica total (H_m)

H_m = 9.3+0.3+1.2= **10,8 m** es la altura que tiene que superar la bomba.

- Bomba en la T7 (Recirculación al reactor)

	Altura (m)	Longitud de tubería (m)	Numero de válvulas	Numero de codos	Longitud equivalente (m)
Aspiración	0	0,5	1	1	15,5
Impulsión	4,68	6,4	2	1	31,4

Caudal nominal (l/h)= 1000
Diámetro interior tubería (mm)= 25

En la tabla obtenemos un valor de 1,9 m que multiplicado por 1,5 al ser la tubería de acero nos da 2,85.
Perdidas de carga:
Aspiración: (15,5 * 2,85)/100= 0,44 m
Impulsión: (31,4* 2,85)/100= 0,9 m

Altura manométrica total (H_m)

H_m = 4,68+0,44+0,9= **6 m** es la altura que tiene que superar la bomba.

Resumen de resultados:

Línea de tubería	Altura a superar por la bomba [m]
T1-Pozo de bombeo a tanque de alimentación	15
T2-Tanque alimentación a reactor	5
T3-Tanque $MgCl_2$ a reactor	7,18
T4-Tanque NaOH a reactor	5,2
T6-Reactor a decantador centrífugo	5,6
T7-Decantador centrífugo al reactor	6
T8-Decantador centrifugo a tolva de almacenamiento	10,8

Tabla 1.41 Alturas manométricas a superar por las bombas.

Selección de bombas

Se procederá a seleccionar bombas comerciales que cumplan con los requisitos de caudal y altura necesarios en cada línea.

- T1-Pozo de bombeo a tanque alimentación

El pozo de bombeo viene con bomba incorporada que cumplirá con los requisitos de operación. (www.salher.com)

- T2-Tanque alimentación a reactor

Caudal a impulsar: 1,9425 m^3/h
Altura manométrica a superar: 5 m
Bomba seleccionada: Bomba dosificadora PRIMEROYAL® L, dosificador metálico con membrana HPD (“H”).

Dosificador metálico con membrana HPD ("H")

Ø Pistón (mm)	Cilindrada (cm^3)	Ø Membrana (mm)	Cadencia máx. (gpm) Velocidad motor 1500 rpm	Caudal máx. (l/h)		Presión máx. (bar)	Conexiones
				10 bar	P. máx.		
20	15.70	106	149	133	81	286	1/2" - VV1 m
25	24.54	106	149	208	157	183	1/2" - VV1 m
32	40.21	106	149	341	292	111	1/2" - VV1 m
40	62.83	166	149	533	487	71	1" - VV1 m
50	98.17	166	149	833	792	45	1" - VV1 m
63	155.86	166	149	1323	1289	28	1" - VV1 m
70	192.42	266	149	1634	1604	23	1" 1/2 - VV1 m
80	251.32	266	149	2134	2113	17	1" 1/2 - VV1 m
90	318.08	266	149	2701	2685	14	1" 1/2 - VV1 m
100	392.69	266	149	3335		11	1" 1/2 - VV1 m
115	519.34	266	149		4410	8	1" 1/2 - VV1 m

El diámetro nominal es de $1”^{1/4}$ y el caudal a impulsar es de aproximadamente 1950 l/h, por lo que la bomba con un caudal máximo inmediatamente superior es la de diámetro de pistón de 80 mm, con conexiones de $1”^{1/2}$. (www.miltonroy-europe.com)

- T3- Tanque $MgCl_2$ a reactor

Caudal a impulsar: 3,3 l/h
Altura manométrica a superar: 7,18 m
Bomba seleccionada: Bomba dosificadora milroyal® D

DOSIFICADOR DE PISTÓN				DOSIFICADOR DE MEMBRANA (1)			
ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)	ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)
3.2	23 140	0.28 1.74	300	3	23 140	0.23 1.40	480
6	140	6.06	300	4	140	2.48	480
8	140	10.1	200	6	140	5.80	390
11.1	140	19.9	70	8	140	10.3	200
15.9	140	40	45	10	140	15.9	127
22.2	140	79	10	20	140	62	35
-	-	-	-	25	140	98	22
-	-	-	-	32	140	164	10
-	-	-	-	40	140	254	8
-	-	-	-	45	140	345	7

El diámetro nominal es de 1"$^{1/4}$ y el caudal a impulsar es de aproximadamente 3,3 l/h, por lo que se selecciona la bomba de dosificador de membrana de diámetro de pistón de 6 mm. (www.miltonroy-europe.com)

- T4- Tanque NaOH a reactor

Caudal a impulsar: 0.0365 l/h

Altura manométrica a superar: 5,2 m

Bomba seleccionada: MAXROY® D105 fabricada en plástico

CONSTRUCCIÓN / COMPONENTES	PVC (1)	316L (2)
Cuerpo dosificador	PVC	316L
Caja válvulas	PVC	316L
Asientos	PE (3)	316L
Bolas	Vidrio (3)	316L
Placa contorno	PVC	316L
Membrana	PTFE	PTFE
Muelle bola descarga	Hastelloy C	316L
Juntas	Viton (4)	PTFE

(1) La presión está limitada hasta 10 bar y 20 °C (si aumenta la temperatura 5 °C, presión máxima disminuye 1.1 bar). Temperatura máxima de servicio: 50 °C
(2) Milton Roy Europe dispone de tabla de intercambiabilidad de acuerdo con estándares nacionales e internacionales (AFNOR, DIN, ASTM, BS, etc.)
(3) MAXROY® B145: PVC
(4) Otras materias bajo petición

Tipo	Dosificador plástico	Dosificador metálico		Cadencia (gpm) (1)	Reducción	Ø Pistón (mm)	Ø Membrana (mm)	Cilindrada (cm³) (3)
	Caudal a 10 bar (l/h)	Caudal a 10 bar (l/h)	Caudal a 28 bar (l/h)					
MAXROY® D105	18		16	58	1/25	22	105	7.2
	32		28	96	1/15	22	105	7.2
	47		42	144	1/10	22	105	7.2
	58		52	180 (2)	1/8	22	105	7.2

Se selecciona la más pequeña de la gama, ya que todas sobrepasan los requerimientos.

La bomba será con regulación automática del caudal: con servomotor electrónico.

(www.miltonroy-europe.com)

- T6-Reactor a decantador centrífugo y T7 Decantador centrifugo a Reactor

Caudal a impulsar: Aprox 1 m^3/h
Altura manométrica a superar: 5.6 m y 6 m respectivamente
Bomba seleccionada: Bomba YAMADA modelo NDP20-BXT
Especificaciones técnicas:
Caudal ajustable: desde 0 hasta 100 lpm
Aspiración: ¾" BSP
Impulsión: ¾" BSP
Entrada de aire: 3/8" BSPT/incluye válvula reguladora
Presión máxima: 0,5 MPa
Sólidos admitidos: <3mm
Máxima succión en seco: 1,2 Mts (Teflón)/2,9 Mts (Otros)
Máxima succión inundada: 8,3 Mts(Teflón)/9,1 Mts(Otros)
Máxima viscosidad: 5000 Cp (Succión negativa)
Máxima viscosidad: 10000 Cp (succión positiva)
Peso: 13 kg

Materiales de fabricación
Cuerpo: PVC
Membranas: Teflón
Válvulas: bolas/teflón
Asiento: PVC
Tóricas: Teflón
Motor de aire: aluminio

Se selecciona esta bomba en ambos casos, porque aparte de cumplir con los requisitos de caudal y de altura, admite un tamaño de sólidos no superior a 3 mm, suficiente como para poder impulsar los cristales de estruvita generados en el reactor.
(www.acm-tools.com)

- T8-Decantador centrifugo a tolva de almacenamiento

Caudal a impulsar: Aprox 1 m^3/h

Altura manométrica a superar: 10,8 m

Bomba seleccionada: Bombas de cavidades progresivas Flygt ANBP

	Flygt ANBP
Pressure	12 bar
Flow	42 l/min
Viscosity	20,000 mPas
Lobe type	1/2

Además de cumplir con los requisitos de caudal y altura, es ideal para bombear líquidos con alto contenido en sólidos. (www.flygt.com)

1.2.10. Válvulas.

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movible que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde una fracción de pulgada hasta 30 ft (9 m) o más de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vació hasta mas de 20000 lb/in² (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia

Resumen de tipos de válvulas y características:

Válvula	Servicios								
	Bloqueo	Regulación	Operaciones Frecuentes	Baja pérdida de carga	Fluidos	Accionamento	Pasaje	Prevención	Prevención
Compuerta	X	-	-	X	X	-	X	-	-
Compuerta Cierre Rápido									
Globo Recta	X	X	X	-	-	-	-	X[1)]	-
Globo Angular	X	X	X	-	-	-	-	X[1)]	-
Globo Oblicua	X	X	X	-	-	-	-	-	-
Globo Aguja	-	X	X	-	-	-	-	-	-
Llave de paso	X	-	-	X	X	X	X	-	-
Bola	X	-	X	X	X	X	X	-	-
Retención clapeta	-	-	X	X	-	X	X	X	-
Retención horizontal	-	-	X	-	-	X	-	X	-
Retención vertical	-	-	X	-	-	X	-	X	-
De pié	-	-	X	-	-	X	-	X	-
Alivio	-	-	-	-	-	X	-	-	X

(Robert C. Rosales y C.)

Selección de válvulas

La selección se basara en el siguiente documento suministrado por la casa comercial Nibco:

“Especificaciones recomendadas de válvulas para servicio de construcción”
(www.nibco.com/assets/VlvSlctSp.pdf)

Se extrae del documento las especificaciones para líneas menores $2^{1/2"}$, que son las que atañen a nuestra instalación.

- **Especificaciones de servicio domestico de agua caliente y fría**

VALVULAS DE CONTROL DE LINEA DE 65 mm / 2 ½" Y MENORES

VALVULAS DE BOLA: Las válvulas deberán ser clasificadas de 150 psi SWP y 600 psi sin golpe de ariete WOG y tendrán cuerpos de bronce moldeado de 2 piezas, asientos TFE, paso convencional, tuerca de empaque separada, con empaque ajustable para el vástago, vástago anti-explosión y bola de bronce/latón cromada. Cuando haya preocupación por la caída de presión, deben usarse válvulas de bola de paso completo. Los extremos de la válvula tendrán roscas ANSI de profundidad completa ó conexiones para soldar extendidas y serán fabricados en conformidad con la norma MSS-SP110.
Válvulas aceptables paso convencional:
NIBCO T580-70 (roscada);
S580-70 (soldable)
Válvulas aceptables paso total:
NIBCO T585-70 (roscada);
S585-70 (soldable)

VALVULAS DE COMPUERTA:
Vástago Ascendente: Las válvulas serán Clase 125 y 200 psi CWP, de vástago ascendente, bonete de unión, cuña sólida y fabricada en conformidad con la norma MSS-SP 80. El cuerpo, bonete y cuña deben ser de bronce ASTM B-62. Los vástagos deben ser de bronce silicio resistente a la descincificación ASTM B-371 ó aleación con bajo contenido de zinc B-99, empaque sin asbesto y volante de hierro ó hierro dúctil. Donde las presiones operativas mayores se acerquen a 150 psi, se usarán válvulas de bonete de unión Clase 150 de construcción similar. Los extremos de la válvula pueden ser roscados o soldables.
Válvulas aceptables:
Clase 125 NIBCO T124 (roscada);
Clase 150 NIBCO T134 (roscada);
S134 (soldables)

Vástago no ascendente: Las válvulas serán Clase 125 y 200 psi CWP, de vástago no ascendente, bonete atornillado, cuña sólida y fabricada en conformidad con la norma MSS-SP 80. El cuerpo, bonete, caja de relleno externa y cuña deben ser de bronce ASTM B-62. Los vástagos deben ser de bronce silicio resistente a la descincificación ASTM B-371 ó aleación con bajo contenido de zinc B-99, empaque sin asbesto y volante de hierro ó hierro dúctil. Donde las presiones operativas mayores se acerquen a 150 psi, se usarán válvulas de bonete de unión Clase 150 de construcción similar. Los extremos de la válvula pueden ser roscados o soldables.

Válvulas aceptables:
Clase 125 NIBCO T113 (roscada);
S113 (soldable);
Clase 150 NIBCO T136 (roscada);
S136 (soldable)

VALVULAS DE GLOBO/ANGULO: Las válvulas serán Clase 125 y fabricadas en conformidad con la norma MSS-SP 80. El cuerpo y bonete deben ser de bronce ASTM B-62. Los vástagos deben ser de bronce silicio resistente a la descincificación ASTM B-371 ó aleación con bajo contenido de zinc B-99, empaque sin asbesto, disco de asiento TFE y volante de hierro ó hierro dúctil. Donde las presiones operativas mayores se acerquen a 150 psi, se usarán válvulas bonete de unión Clase 150 de construcción similar. Los extremos de la válvula pueden ser roscados ó soldables.
Válvulas aceptables:
Clase 125 NIBCO globo/ángulo T211-Y/T311-Y (roscada).

VALVULAS CHECK: Las válvulas de 65 mm / 2 ½" y menores serán de tipo columpio en Y fabricadas en conformidad con la norma MSSSP80, Clase 125, cuerpo de bronce ASTM B-62 con asiento TFE. Donde las presiones operativas mayores se acerquen a 150 psi, se usarán válvulas Clase 150 de construcción similar. Los extremos de la válvula pueden ser roscados o soldables.
Válvulas aceptables:
Clase 125 NIBCO T413-Y (roscada)
S413-Y (soldable)
Clase 150 NIBCO T433-Y (roscada);

S433-Y (soldable)

Como todas las líneas de tuberías son menores a 2”, se seleccionan las válvulas recomendadas, usando válvulas de bola S580-70 para apertura y cierre, y válvulas de retención Clase 150 NIBCO S433-Y para impedir el retorno del fluido.
En el caso de la línea de hidróxido de sódico, al no tratarse de agua, no usaremos las válvulas recomendadas en la guía, sino que usaremos válvulas de bola y de retención fabricadas en PVC suministradas por otro fabricante.

ANEXO 1

BOMBAS

Milroyal
Maxroyal
Primeroyal

Máxima potencia

Bombas dosificadoras

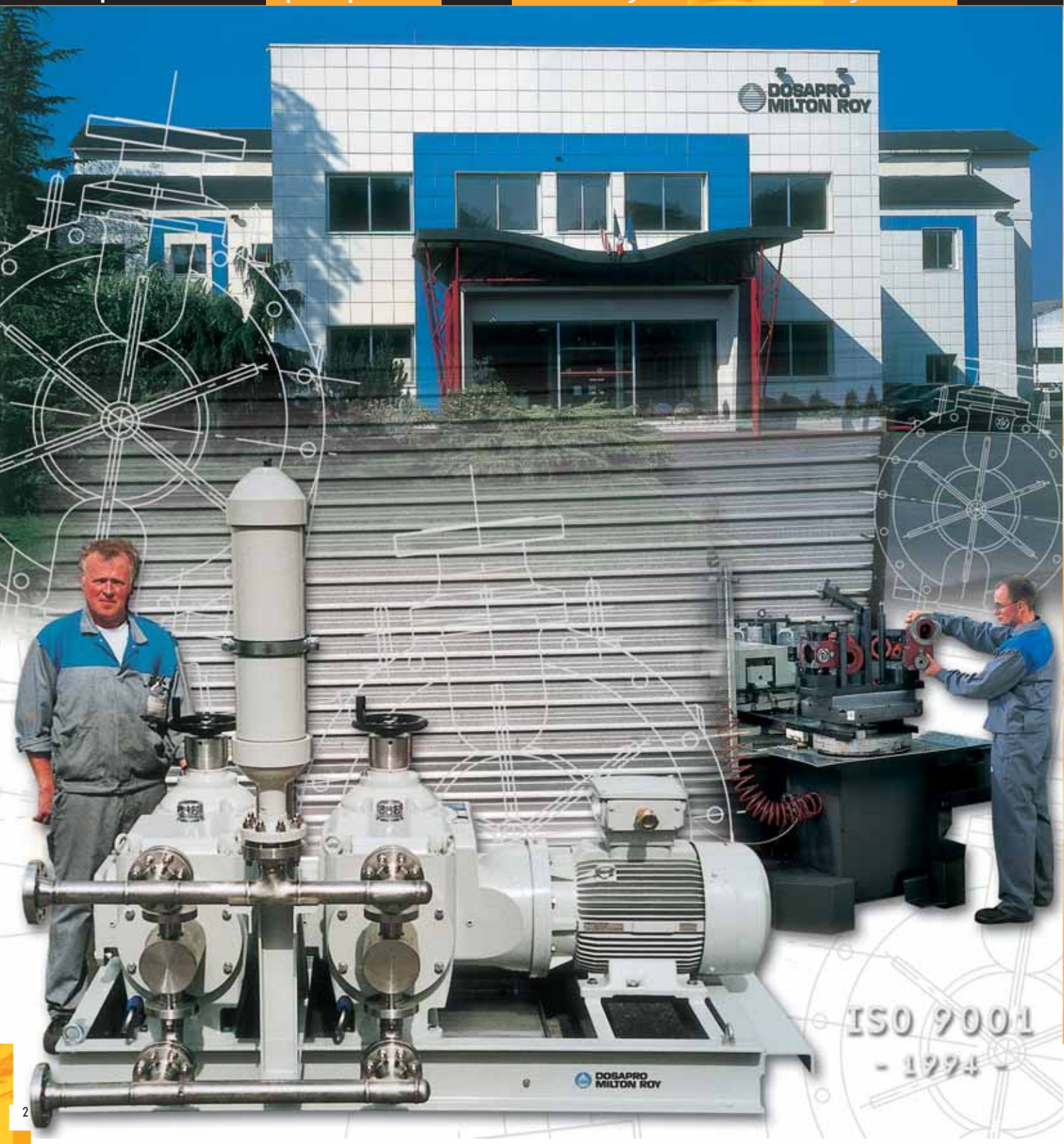
Grandes caudales y altas presiones

MILTON ROY EUROPE

Una gama diseñada

para múltiples aplicaciones

petróleo
agroalimentación
gas
mineral
química
petroquímica
metalurgia
agricultura



Milroyal
Maxroyal
Primeroyal

energía
nuclear

tratamiento del agua

farmacia

La gama
3 modelos básicos
páginas **4/5**

Los dosificadores
Innovaciones que funcionan
páginas **6/7**

Las soluciones
Adaptación a sus necesidades
páginas **8/9**

Las prestaciones
Una visión de la gama
páginas **10/11**

La gama

3 modelos básicos

5 tamaños de conjuntos mecánicos disponibles, potencias instaladas desde 0,25 kW a más de 55 kW.

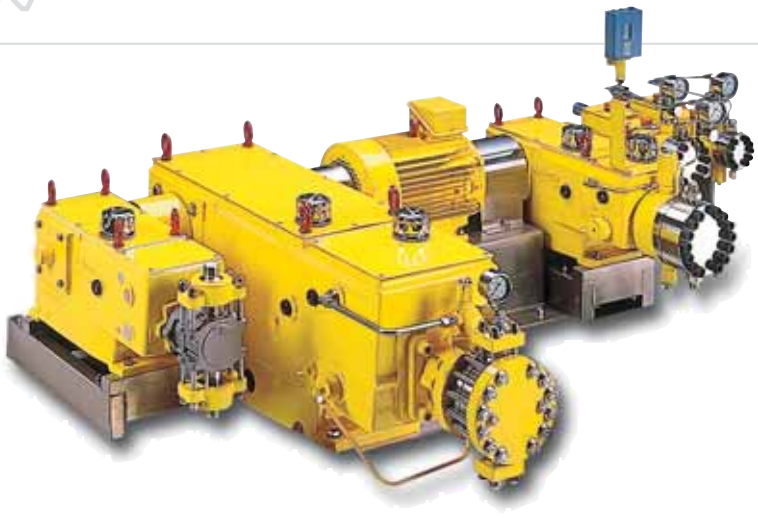
Las bombas dosificadoras MILROYAL, MAXROYAL y PRIMEROYAL se adaptan a la más amplia diversidad de procedimientos y están diseñadas para funcionar en condiciones extremas. Todas nuestras bombas dosificadoras están lubrificadas en baño de aceite en un cárter estanco y los reductores de velocidad están integrados en la mecánica.

La diversidad de los sistemas que se pueden obtener, tan sólo eligiendo en la gama un motor y un conjunto mecánico por un lado, y por otro lado una tecnología de dosificador, conexiones y servomecanismos, proporciona a las bombas dosificadoras DOSAPRO MILTON ROY una capacidad excepcional para adaptarse a las especificaciones que requieran sus procedimientos industriales.

La regulación del caudal de estas bombas se lleva a cabo en marcha o paradas, y puede ser manual o automatizada.

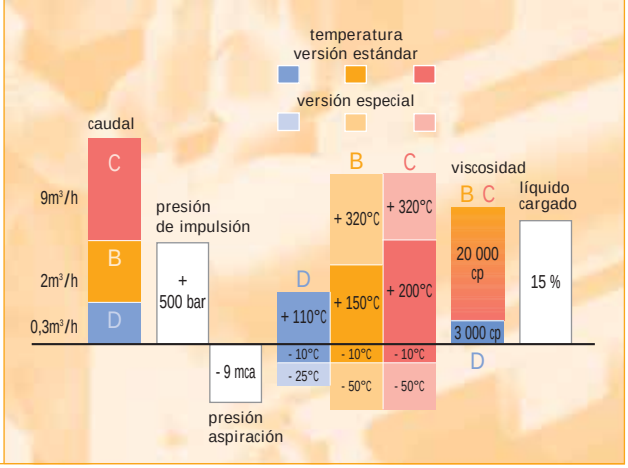
Existen 5 modelos de bombas dosificadoras: MILROYAL ® D, B, C, MAXROYAL ® y PRIMEROYAL ®. Su elección depende de los caudales y las presiones solicitadas. Los rendimientos de nuestras bombas son conformes al API 675.

Todas nuestras bombas están totalmente fabricadas en nuestros talleres que disponen de 14 máquinas de mecanizado por control numérico. Todas las bombas son probadas dentro de nuestros procedimientos de calidad ISO 9001.



Milroyal®

- gama con mecánica de disco inclinable.
  Los cojinetes están lubrificados a presión para mayor duración.



Petróleo

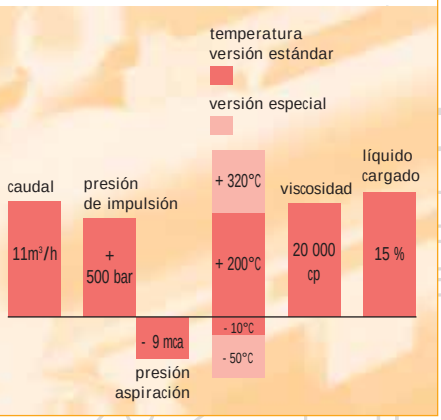
FRANCIA

APLICACIONES

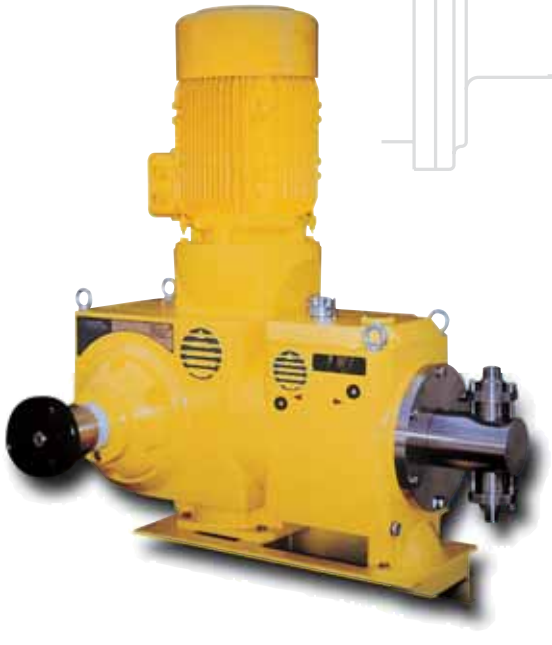
Toma de muestras en una columna de extracción al vacío empuje de 7 torr.

Maxroyal®

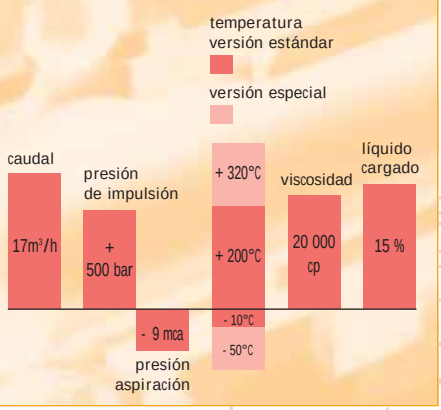
- regulación de la carrera mediante un sistema de balancines. Este diseño minimiza el espacio que ocupa la bomba



Primeroyal®



- bomba de doble excéntrica (patente en tramitación). La transmisión de la potencia se realiza de forma independiente al sistema de regulación del recorrido



Inicialmente, las bombas para toma de muestras de la columna de extracción al vacío eran bombas de pistón con estanqueidad por prensaestopas.
La naturaleza de los productos extraídos hizo que el comité de seguridad e higiene propusiera que se utilizaran bombas estancas de membrana.
Dosapro, Milton Roy, gracias a su dominio de las tecnologías de membrana hidráulica y membrana mecánica, ha podido poner a punto una bomba estanca capaz de aspirar a 7 torr (-0,91 bares).
Sin llegar a situaciones tan extremas, algunas aplicaciones requieren una aspiración en vacío relativo, como conseguir la dosificación de zumo de frutas sin gas ocluído en agroalimentación o el bombeo en aspiración de líquidos de muy alta densidad.

Los dosificadores

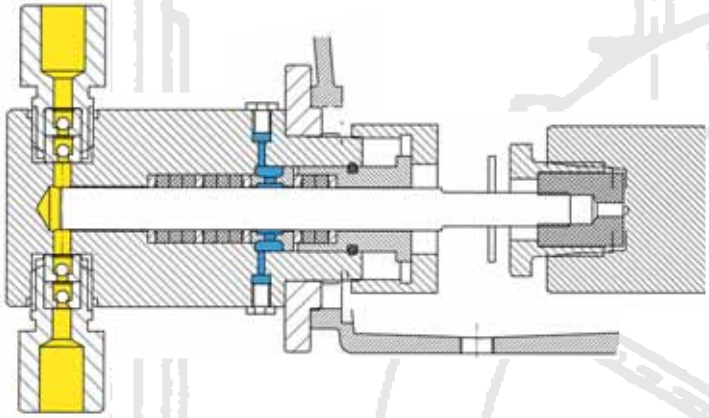
Innovaciones que funcionan

Mas de 130 patentes registradas desde 1980, más de 30 aún en aplicación y relativas a la tecno

El dominio del diseño de los distintos tipos de dosificadores permite abarcar una amplia gama de aplicaciones que incluye por ejemplo los productos radioactivos, los productos fuertemente cargados y los gases licuados.

Los dosificadores tradicionales de pistón son sinónimos de sencillez y solidez; los dosificadores de membrana, más modernos, garantizan una total estanqueidad.
En las válvulas, se proponen múltiples configuraciones: bola sencilla, bola doble, bola asistida, válvula plana asistida… que permiten trabajar con viscosidades de hasta 20.000 cp. La selección de los materiales de la válvula es muy importante y permite trabajar con partículas hasta 200 µm en estándar y puede adaptarse a la naturaleza abrasiva de ciertos fluidos cargados.

Dosificador de piston con doble empaquetadura



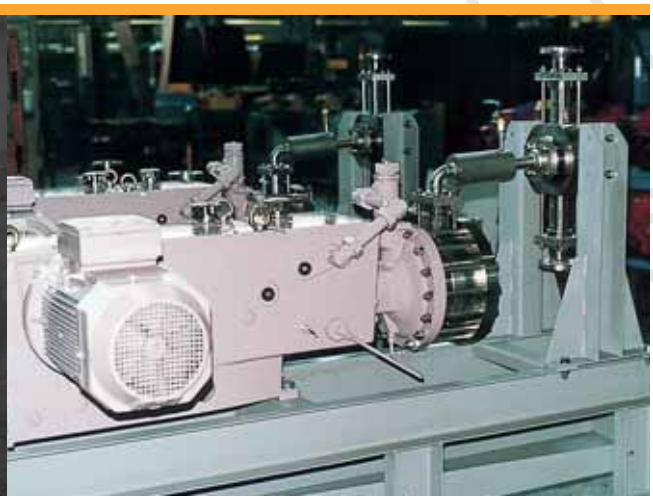
- *Sencillo, robusto y adaptado a las altas presiones y las altas temperaturas.*
- *Prensaestopas simple estándar, doble en opción, con anillos de aclarado.*
- *La sencillez del dosificador proporciona amplias posibilidades en lo que se refiere a los materiales de construcción, las dimensiones y los rendimientos.*

APLICACIONES

Petroquímica

QATAR

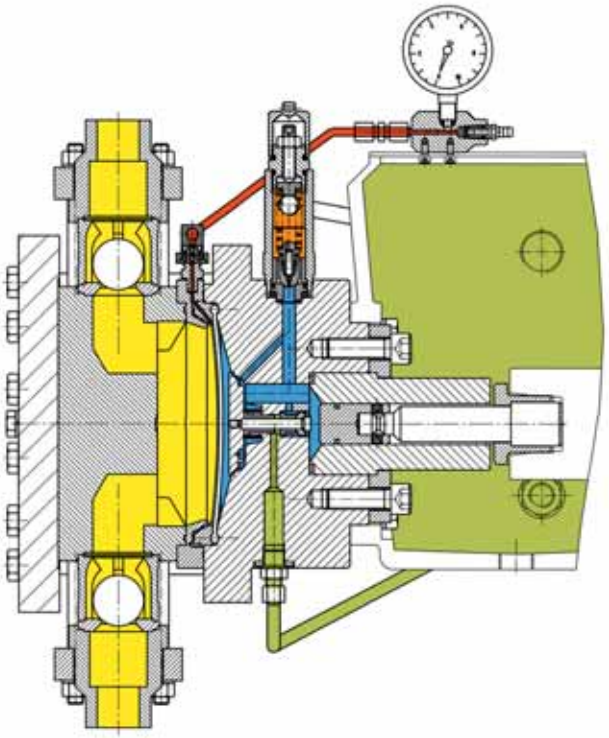
En la química y la petroquímica, los procesos de fabricación requieren en muchas ocasiones temperaturas elevadas. Por razones de seguridad evidentes y de protección del medio ambiente, el mercado opta ahora por la tecnología de membrana, y más exactamente de doble membrana. Las válvulas de aspiración y de impulsión están separadas de la bomba para conseguir una refrigeración mediante circulación de un fluido calorifugado en una doble envolvente. De este modo, el cuerpo de la bomba trabaja en unas condiciones que garantizan un tiempo de vida óptimo. Estas configuraciones permiten trabajar a temperaturas superiores a los 300º C. En otras configuraciones, es el conjunto de la cabeza de bombeo la que está separada del cuerpo de la bomba.



Dosificación de oxazolidona a 200º C

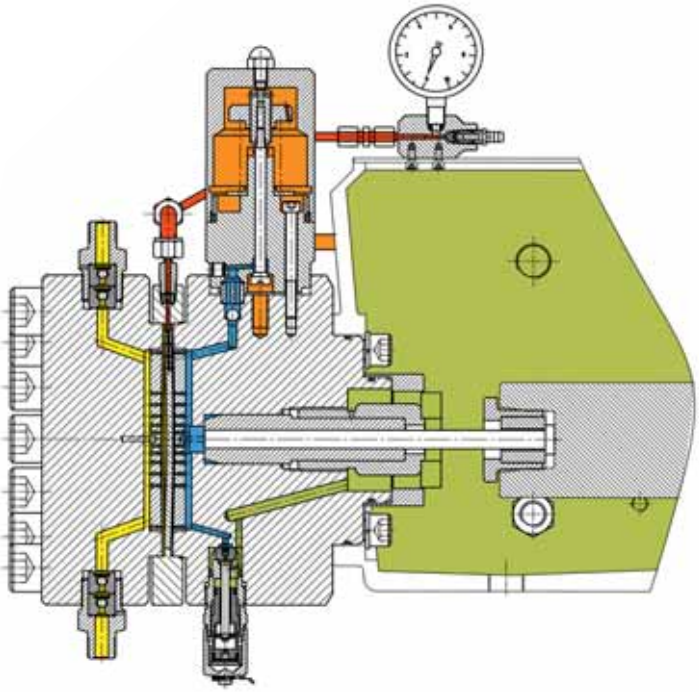
Dosificador HPD sencillo de doble membrana

- *Totalmente estanco*
- *Membrana moldeada preformada de compuesto de PTFE/elastómero*
- *Membrana reutilizable patentada. Vida superior a 20.000 horas*
- *Válvula de seguridad integrada con purga de aire patentada*
- *Tarado regulable de la válvula. En las aplicaciones para grandes caudales se utiliza una válvula asistida para mayor precisión (sistema patentado).*
- *Sistema de compensación de los fluidos hidráulicos MARS patentado*
- *Permite grandes capacidades de aspiración, hasta 9 metros columna de agua*



Dosificador con membrana metálica sencilla o doble

- *Totalmente estanco*
- *Adaptado a las grandes presiones, los líquidos radiactivos, los fluidos para los que otros materiales son permeables*
- *Todas las estanqueidades mediante contacto metal / metal (membranas, válvulas)*
- *Válvula de seguridad diferencial integrado y purgado con aire, patentada (ventajas: gran precisión de abertura y mínimas tensiones mecánicas.) Tarado regulable*
- *Conjunto diseñado para una vida de la membrana superior a 10.000 horas*
- *Válvula de compensación de aceite con tarado regulable*
- *Posibilidad de regular el tarado de esta válvula*



Las soluciones

Adaptación a sus necesidades

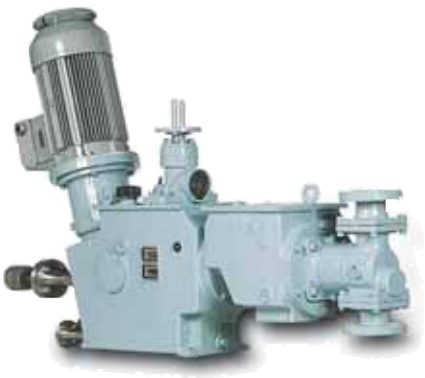
Un equipo de 14 personas a su disposición para dar respuesta con precisión y fiabilidad a las es

Además de sus producciones en serie, Dosapro Milton Roy diseña y realiza numerosos equipos a medida.

Un equipo de ingenieros de aplicaciones responde al pliego de condiciones específicas y diseñan los conjuntos de dosificación, en muchas ocasiones en colaboración con sociedades de ingeniería.

A modo ilustrativo, estas páginas presentan algunos ejemplos que pueden calificarse como muy especiales.

Tratamiento del gas, hasta -50º C



Diseño y adaptación para un entorno con temperaturas de -50º C

En Siberia, las bombas dosificadoras de tratamiento del gas se instalan generalmente interiores, es decir resguardadas de los grandes fríos del invierno.
Dosapro Milton Roy realiza bombas de odorización que se pueden colocar sobre el terreno, sin que tengan que estar resguardadas. Su diseño requiere materiales de alta resistencia, como el acero inoxidable y el acero estabilizado para las piezas de fundición, e integran un sistema de calentamiento del aceite mecánico en el arranque.
Las construcciones especiales de Dosapro Milton Roy permiten el funcionamiento hasta a -50º C.

Nuclear, cabeza a distancia

La dosificación de fluidos radioactivos o potencialmente radioactivos en las centrales nucleares o en las fábricas de enriquecimiento de uranio, es objeto de detallados pliegos de condiciones. No se admite ningún plástico, el diseño de la bomba y los materiales metálicos que se elijan deben presentar una importante resistencia a cualquier forma de corrosión o abrasión ya que no se tolera ninguna fuga. Aquí la cabeza de bombeo está situada en la zona de contención. Es de doble membrana, con alarma de ruptura de membrana; está totalmente

pecificaciones de su pliego de condiciones

realizada en aleación de tipo "Hastelloy" y su diseño hace que pueda ser desmontada por un robot teledirigido. El cuerpo de la bomba está situado fuera de la zona de confinamiento y separado de la cabeza de bombeo por una pared de más de 3 metros de grosor. Bombas similares, con cabeza de bombeo a distancia, se utilizan con frecuencia para dosificar e inyectar el catalizador en suspensiones muy cargadas, en procedimientos de polimerización del polietileno por ejemplo.

Dosificación de fases acuosas y orgánicas para el enriquecimiento del uranio

Química: seguridad activa y pasiva

El bombeo de fases líquidas con alta concentración de halógenos requiere bombas estancas de doble membrana. Para los caudales más pequeños, la tecnología de las membranas metálicas se adapta perfectamente, con una elevada vida de las membranas.

En los caudales mayores, la vida de las membranas metálicas es más incierta, y sus dimensiones complican el mantenimiento del material. Las bombas con membrana de PTFE se adaptan mal, debido a la porosidad del PTFE ante los halógenos como el H2, Cl2, Br, He. Dosapro Milton Roy ha puesto a punto y patentado un sistema sencillo y compatible con estas membranas. Todo gas que pase a través de la membrana lado proceso en PTFE se canaliza y recoge. Una ruptura de la membrana exterior provoca una entrada de líquido que es detectado por los sistemas usuales que registran una subida de presión. Algunos odorizantes en tratamientos de gas, o el hipoclorito de sodio con alta concentración en el tratamiento de aguas, presentan la misma característica ante las membranas de PTFE y la solución propuesta también les es aplicable.

Sistema combinado de desgasificación en continuo y de detección de rotura de membrana

APLICACIONES

Tratamiento de las aguas

UK

Bomba para mantenimiento de la presión en la alimentación de filtro-prensa

La constitución de la "torta" en un filtro-prensa va acompañada del aumento de la contrapresión del bombeo.
Por encima de un valor dado, el filtro prensa se debe desatascar y ya no se necesita la inyección de polímero. En funcionamiento autónomo, esta bomba no requiere ninguna protección particular. En cuanto se alcanza la presión deseada, la cilindrada de la bomba es absorbida por el volumen del amortiguador situado en la cámara intermedia del sistema de doble membrana. Es una solución más sencilla que la de las regulaciones habituales en las que una medida de la contrapresión dirige la parada de la bomba.

Las prestaciones

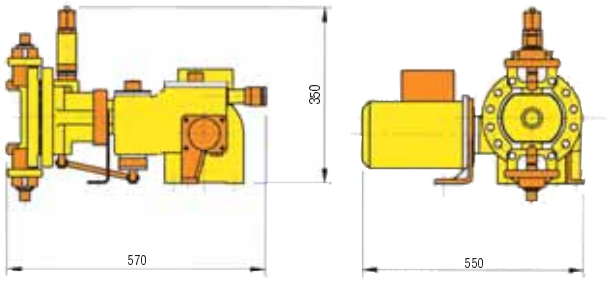
Una visión de la gama

Consúltenos si las prestaciones que necesita no entran en este cuadro resumen

	Milroyal D	Milroyal B	Milroyal C	Maxroyal	Primeroyal
Empuje máximo (daN)	110	460	1100	2000/2500	4610
Recorrido regulable (mm)	0 a 25,4	0 a 38,1	0 a 76,2	0 a 80	0 a 75
Cadencia mínima-máxima (g.p.m.)	23 a 173	36 a 173	39 a 173	36 a 173	36 a 192
Multiplexado árbol rápido	•	•	•		•
Multiplexado árbol lento				•	•
Carrera fija				•	•

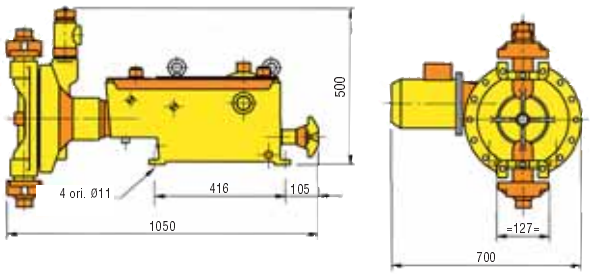
Las cotas de dimensiones generales se dan a título indicativo. Las cotas indicadas corresponden a las dimensiones máximas. Planos no contractuales

Milroyal D



DOSIFICADOR DE PISTÓN				DOSIFICADOR DE MEMBRANA (1)			
ø Pistón (mm)	*Cadencia (gpm)*	*Caudal (2) (l/h)*	*Presión máxima (bar)*	*ø Pistón (mm)*	*Cadencia (gpm)*	*Caudal (2) (l/h)*	*Presión máxima (bar)*
3.2	23 140	0.28 1.74	300	3	23 140	0.23 1.40	480
6	140	6.06	300	4	140	2.48	480
8	140	10.1	200	6	140	5.80	390
11.1	140	19.9	70	8	140	10.3	200
15.9	140	40	45	10	140	15.9	127
22.2	140	79	10	20	140	62	35
-	-	-	-	25	140	98	22
-	-	-	-	32	140	164	10
-	-	-	-	40	140	254	8
-	-	-	-	45	140	345	7

Milroyal B

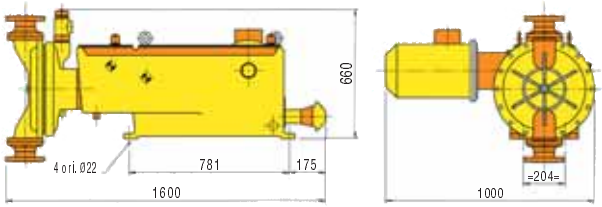


DOSIFICADOR DE PISTÓN				DOSIFICADOR DE MEMBRANA (1)			
ø Pistón (mm)	*Cadencia (gpm)*	*Caudal (2) (l/h)*	*Presión máxima (bar)*	*ø Pistón (mm)*	*Cadencia (gpm)*	*Caudal (2) (l/h)*	*Presión máxima (bar)*
8	140	15.5	450	8	140	14.5	480
12	140	34	392	10	140	22	480
16	140	61	217	12	140	34	400
20	140	96	137	14	140	46	300
25	140	150	86	16	140	60	230
32	140	247	52	18	140	76	180
40	140	387	32	20	140	96	145
50	140	605	20	22	140	113	120
55	140	732	16	25	140	150	93
63	140	962	11	32	140	247	57
90	140	1960	5	40	140	387	36
-	-	-	-	50	140	605	23
-	-	-	-	55	140	732	19
-	-	-	-	63	140	962	14
-	-	-	-	70	140	1180	11
-	-	-	-	90	140	1960	7
-	-	-	-	100	140	2412	5

(*) Rendimientos dados para las cadencias estándar máximas a 50 Hz
(1) Limitación de presión para dosificador de plástico
(2) Caudal a 10 bares (prueba con agua)

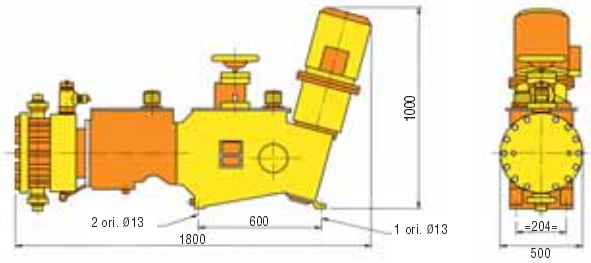
Milroyal
Maxroyal
Primeroyal

Milroyal C



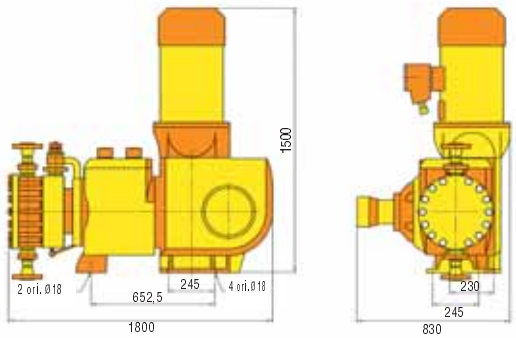
DOSIFICADOR DE PISTÓN				DOSIFICADOR DE MEMBRANA (1)			
ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)	ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)
20	140	193	341	12	140	67	500
25	140	300	217	14	140	91	500
32	140	494	131	18	140	151	430
40	140	774	83	20	140	186	350
50	140	1210	53	25	140	300	224
55	140	1460	41	32	140	494	136
63	140	1920	32	40	140	774	87
90	140	3920	15	50	140	1210	56
125	112	6060	7.5	55	140	1460	44
160	112	9930	4.5	63	140	1926	35
-	-	-	-	70	140	2370	27
-	-	-	-	90	112	3140	17
-	-	-	-	125	112	6060	8
-	-	-	-	145	112	8150	6

Maxroyal C



DOSIFICADOR DE PISTÓN				DOSIFICADOR DE MEMBRANA (1)			
ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)	ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)
20	140	201	450	25	140	313	300
25	140	314	400	32	140	513	248
32	140	518	243	40	140	801	159
40	140	812	155	50	140	1252	101
50	140	1270	98	55	140	1515	84
55	140	1537	81	63	140	1988	64
36	140	2022	61	70	140	2455	50
90	112	3299	29	90	140	4059	31
125	112	6361	14	125	112	6263	16
160	112	10430	9	145	112	8429	12
-	-	-	-	160	112	12234	10

Primeroyal



DOSIFICADOR DE PISTÓN				DOSIFICADOR DE MEMBRANA (1)			
ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)	ø Pistón (mm)	Cadencia (gpm)	Caudal (2) (l/h)	Presión máxima (bar)
32	192	660	565	32	192	660	300
40	192	1032	363	40	192	1032	300
50	192	1612	231	50	192	1612	236
55	192	1950	191	55	192	1950	195
63	168	2239	145	63	168	2239	148
70	168	2764	116	70	168	2764	121
80	168	3611	89	80	168	3611	92
90	144	3917	70	90	144	3917	72
100	144	4836	56	125	144	7556	18
125	144	7556	35	145	144	10167	18
145	144	10167	26	160	144	12379	18
170	144	13975	18	180	120	13056	18
200	120	16118	13	-	-	-	-

Desde el proyecto hasta el mantenimiento: El experto a nivel mundial Dosapro Milton Roy

Proyecto: una red comercial a su servicio

Tanto en Francia como en el resto del mundo, la red de ingenieros técnico-comerciales DOSAPRO MILTON ROY está a su disposición para:

- guiar su selección,
- estudiar cualquier proyecto de alta tecnología,
- realizar el seguimiento de la evolución de su proyecto

El rápido estudio de la configuración adaptada a un proceso y el seguimiento preciso de sus pedidos se organizan en torno a un sistema de información que permite a nuestros servicios comerciales responder a su petición con:

- la propuesta que mejor se adapte,
- el conocimiento de la disponibilidad del material,
- el seguimiento preciso de su pedido.

Mantenimiento: el núcleo de la posventae

2 equipos de posventa realizan un riguroso mantenimiento de sus instalaciones. Los servicios de Asistencia Técnica y Piezas de Recambio llevan a cabo:

- la asesoría sobre la elección, los precios y los plazos,
- la formación de su personal en el manejo de las bombas,
- el mantenimiento de sus instalaciones en nuestros talleres o in situ.

Tanto si se dirige a su distribuidor más cercano, como si se pone en contacto directamente con nuestros servicios, tendrá acceso a un grupo de hombres y mujeres competentes y perfectamente cualificados.

MILTON ROY EUROPE

Milton Roy Europe
Una red de más de 100 distribuidores y representantes.
Busque su contacto local en nuestro sitio web: **www.miltonroy-europe.com**

MILTON ROY EUROPE
10 Grande Rue
27360 PONT-SAINT-PIERRE
FRANCE
Tel: +33 (0)2 32 68 30 00
Fax: +33 (0)2 32 68 30 93
contact@miltonroy-europe.com
www.miltonroy-europe.com

Réf. 160 5602 140 N - 05/06 - Docemento no contractual - conception et réalisation **c** comme **c** (rouen) 02 35 73 15 15

Bomba dosificadora PRIMEROYAL® L

Dosificador de membrana hidráulica integrada • Dosificador de pistón
• Caudal hasta 4410 l/h • Presión hasta 500 bar

DOSAPRO

Principales características técnicas

- Bomba dosificadora alternativa con carrera variable
- Ajuste micrométrico de la carrera tanto en marcha como parada
- Posibilidad de multiplexado hasta 2x3 cabeza
- Carrera máxima: 50 mm
- Cadencias a 50 Hz - 1000 rpm: 64 y 80 gpm
  Cadencias a 50 Hz - 1500 rpm: 96, 120, 149 y 180 gpm
- Empuje máximo: 900 daN

Bomba dosificadora PRIMEROYAL® L Simplex equipada con un dosificador de membrana

Principales características hidráulicas

- Dosificador de pistón ("UT"):
  - Cuerpo del dosificador: inox 316L
  - Pistón: revestido de óxido de cromo
  - Anillo de lavado
- Dosificador de membrana ("M"):
  - Cuerpo del dosificador: inox 316L
  - Membrana: metálica sencilla o doble
  - Mando hidráulico
- Dosificador de membrana ("H") o ("P"):
  - Cuerpo del dosificador: inox 316L ("H") o plástico ("P")
  - Membrana: PTFE
  - Mando hidráulico
  - "HPD" patentado, vida superior a 20.000 horas

Principales características eléctricas

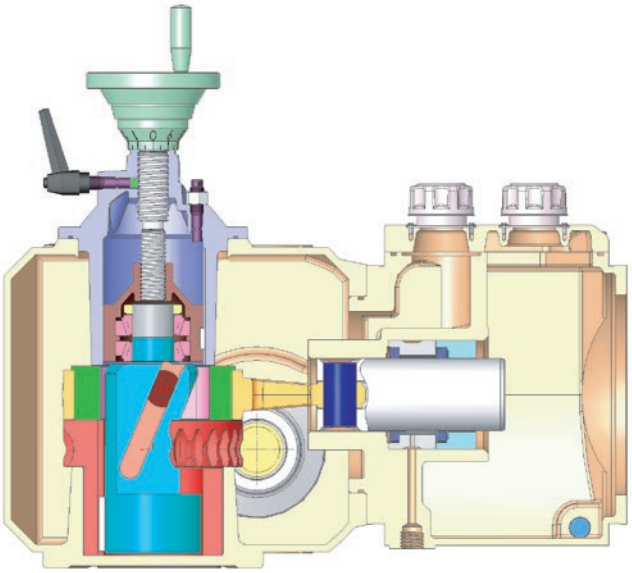
- Alimentación motor: 400 V - 50 Hz - trifásico, 415 V - 60 Hz - trifásico
- Equipo eléctrico con posibilidad para zona clasificada, numerosos tipos de protecciones y aislamientos
- Conformidad con las normas europeas, posibilidad de conformidad con las normas Nema

Opciones

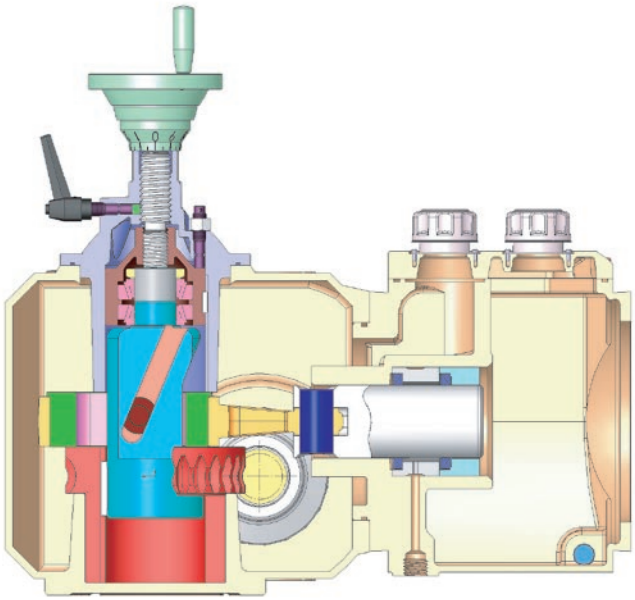
- Doble o triple membrana
- Detección de rotura de membrana
- Doble envolvente de enfriamiento / calentamiento
- Barrera térmica
- Materiales especiales
- Diseño alimentario
- Configuración para líquidos cargados
- Válvulas especiales
- Regulación automática del caudal: con servomotor electrónico (estanco o antideflagrante), servomotor neumático
- Dosificador remoto
- Contador de impulsos
- Baja temperatura
- Protección contra arena
- Posibilidad de diseño personalizado

MILTON ROY EUROPE

Funcionamiento



Bomba dosificadora regulada al 0 % de carrera



Bomba dosificadora regulada al 100 % de carrera

Prestaciones

- Conformidad con la norma API 675
- A petición, suministro conforme con ATEX CE EX II 2G/D c T3 o T4

Dosificador, en inox 316L, de pistón revestido de óxido de cromo ("UT")

Ø Pistón (mm)	Cilindrada (cm^3)	Cadencia máx. (gpm) Velocidad motor 1500 rpm	Caudal máx. (l/h)		Presión máx. (bar)	Conexiones
			10 bar	P. máx.		
12.7	6.33	180	65	52	500	1/2'' - VV1 m
15.9	9.90	180	102	84	446	1/2'' - VV1 m
19.1	14.25	180	147	130	309	1/2'' - VV1 m
25.4	25.34	180	262	245	172	1/2'' - VV1 m
31.8	39.59	180	410	394	109	1/2'' - VV1 m
38.1	57	180	591	576	75	1'' - VV1 m
44.5	77.59	180	804	790	55	1'' - VV1 m
50.8	101.34	180	1050	1037	41	1'' - VV1 m
57.2	128.26	180	1329	1317	32	1'' - VV1 m
63.5	158.35	180	1641	1631	26	2'' - VV1 m
69.9	191.60	180	1986	1978	21	2'' - VV1 m
79.4	247.42	180	2565	2560	16	2'' - VV1 m
88.9	310.36	180	3217	3217	13	2'' - VV1 m
101.6	405.37	149	3479	3480	9	2'' - VV1 m

Dosificador metálico con membrana metálica ("M")

	Ø Pistón (mm)	Cilindrada (cm^3)	Ø Membrana (mm)	Cadencia máx. (gpm) Velocidad motor 1500 rpm	Caudal máx. (l/h)		Presión máx. (bar)	Conexiones
					10 bar	P. máx.		
Membrana sencilla	10	3.92	112	180	39	27	500	1/2" - VV1 m
	12	5.65	132	180	56	39	500	1/2" - VV1 m
	14	7.69	132	180	76	53	500	1/2" - VV1 m
	16	10.05	162	180	99	73	447	1/2" - VV1 m
	18	12.72	162	180	126	100	353	1/2" - VV1 m
	20	15.70	182	180	156	130	286	1" - VV1 m
	22	19.00	212	180	188	162	236	1" - VV1 m
	25	24.5	212	180	242	220	183	1" - VV1 m
Membrana doble	10	3.92	112	180	39	25	350	1/2" - VV1 m
	12	5.65	132	180	56	36	350	1/2" - VV1 m
	14	7.69	132	180	76	50	350	1/2" - VV1 m
	16	10.05	162	180	99	65	350	1/2" - VV1 m
	18	12.72	162	180	126	83	350	1/2" - VV1 m
	20	15.70	182	180	156	112	286	1" - VV1 m
	22	19.00	212	180	188	145	236	1" - VV1 m
	25	24.5	212	180	242	203	183	1" - VV1 m

Dosificador metálico con membrana HPD ("H")

Ø Pistón (mm)	Cilindrada (cm^3)	Ø Membrana (mm)	Cadencia máx. (gpm) Velocidad motor 1500 rpm	Caudal máx. (l/h)		Presión máx. (bar)	Conexiones
				10 bar	P. máx.		
20	15.70	106	149	133	81	286	1/2" - VV1 m
25	24.54	106	149	208	157	183	1/2" - VV1 m
32	40.21	106	149	341	292	111	1/2" - VV1 m
40	62.83	166	149	533	487	71	1" - VV1 m
50	98.17	166	149	833	792	45	1" - VV1 m
63	155.86	166	149	1323	1289	28	1" - VV1 m
70	192.42	266	149	1634	1604	23	1" 1/2 - VV1 m
80	251.32	266	149	2134	2113	17	1" 1/2 - VV1 m
90	318.08	266	149	2701	2685	14	1" 1/2 - VV1 m
100	392.69	266	149	3335		11	1" 1/2 - VV1 m
115	519.34	266	149		4410	8	1" 1/2 - VV1 m

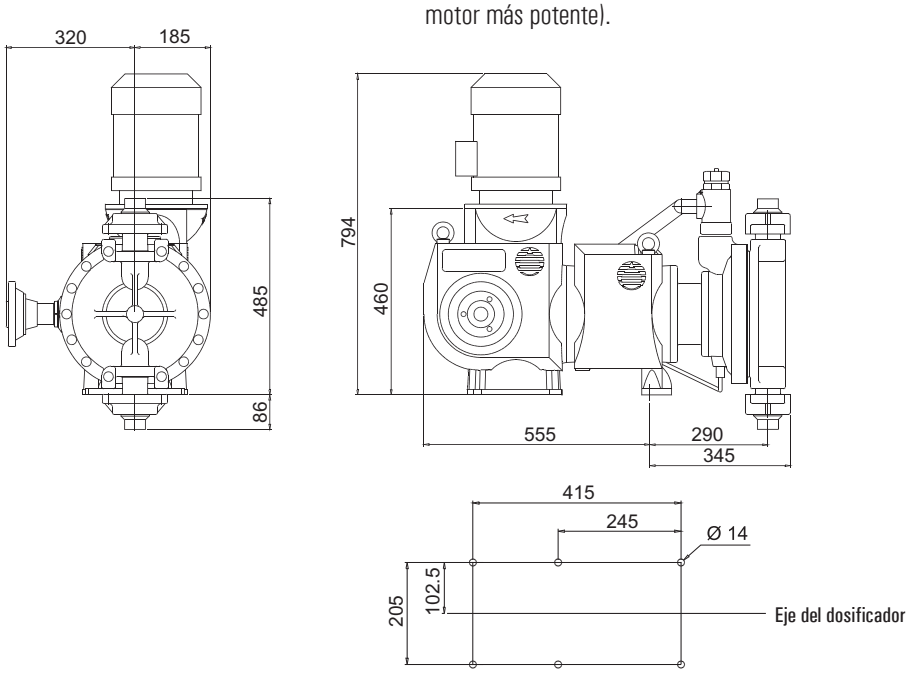
Dosificador plástico con membrana HPD ("P")

Ø Pistón (mm)	Cilindrada (cm^3)	Ø Membrana (mm)	Cadencia máx. (gpm) Velocidad motor 1500 rpm	Caudal máx. (l/h) P. máx.	Presión máx. (bar)	Conexiones
50	98.17	166	149	833	10	1" - VV1 h
63	155.86	166	149	1323	10	1" - VV1 h
70	192.42	266	149	1634	10	1" 1/2 - VV1 h
80	251.32	266	149	2134	10	1" 1/2 - VV1 h
90	318.08	266	120	2175	10	1" 1/2 - VV1 h
100	392.69	266	120	2686	10	1" 1/2 - VV1 h
115	519.34	266	120	3561	8	1" 1/2 - VV1 h

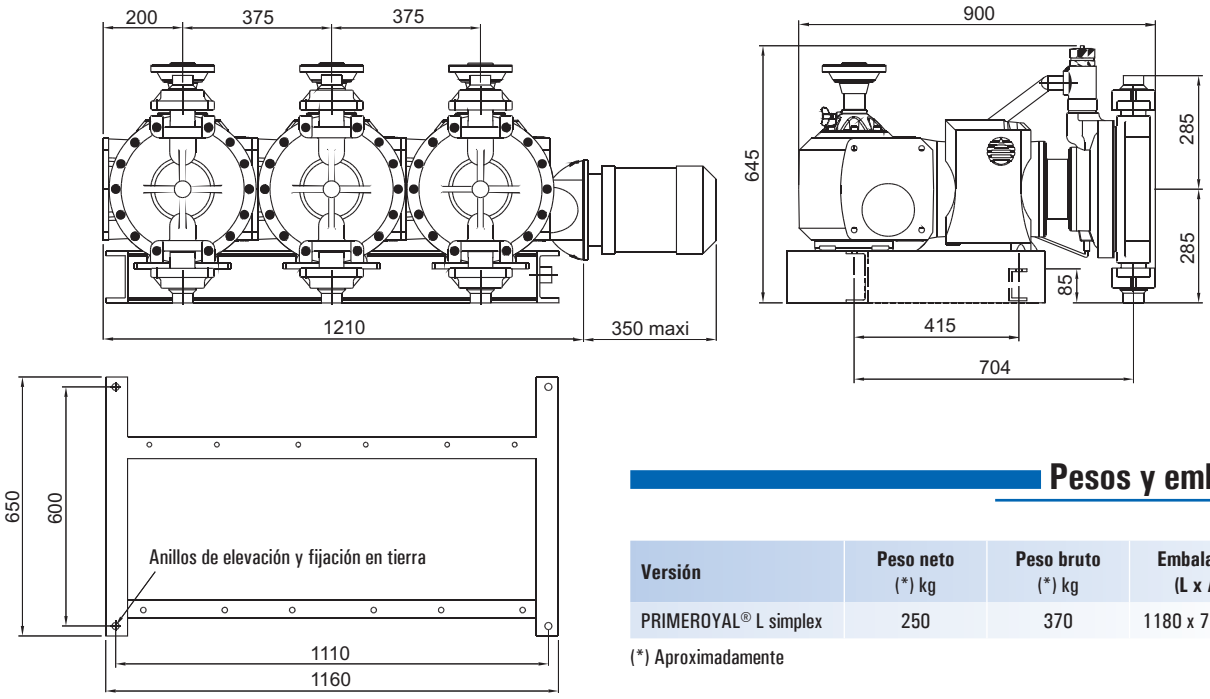
Dimensiones (en mm)

Solamente se indican las dimensiones generales.
Corresponden a las dimensiones máximas (dosificador más ancho, motor más potente).

- Configuración **dosificador de membrana simplex**



- Configuración **dosificador de membrana triplex**



Pesos y embalaje

Versión	Peso neto (*) kg	Peso bruto (*) kg	Embalaje (mm) (L x A x H)
PRIMEROYAL® L simplex	250	370	1180 x 780 x 1250

(*) Aproximadamente

MILTON ROY EUROPE

Una red comercial de más de 100 distribuidores con el soporte de nuestras oficinas de ventas y servicios. Para encontrar vuestro representante local, visite nuestra dirección en Internet :

www.miltonroy-europe.com

PRIMEROYAL® L - Ref. 160 5603 240N - 10/06 - Rev. B
Impreso en Francia. Especificaciones modificables sin aviso previo.

Bombas dosificadoras series MAXROY® A, B y D

Caudal hasta 1110 l/h • Presión hasta 28 bar • Dosificación por membrana hidráulica

DOSAPRO

Características técnicas

- Caudal hasta:
  - 64 l/h para las MAXROY® D105
  - 410 l/h para las MAXROY® A105
  - 420 l/h para las MAXROY® B105
  - 1100 l/h para las MAXROY® B145
- Presión hasta:
  - 10 bar para las MAXROY® A105 y B145
  - 28 bar para las MAXROY® B105 y D105
- Temperatura máxima del fluido a bombear:
  - +90 °C para dosificador metálico
  - +50 °C para dosificador plástico
- Regulación del caudal nominal del 0 al 100 %, tanto en marcha como parada
- Precisión del caudal regulado: ±1 %, dentro del campo de regulación del 10 al 100 %
- Válvula de seguridad integrada, tarada en versión normal
  Válvula regulable opcional
- Altura de aspiración máxima: 2 m CE excepto dosificador versión "Liquidos Viscosos"
- Condición de presión de aspiración máxima: 2 bar
- La duración de la membrana puede sobrepasar las 20.000 horas dependiendo del fluido bombeado y de las condiciones de trabajo e instalación
- Sencilla o doble membrana
- Posibilidad de multiplexaje
- Puede ser compatible con la norma API 675
- Versión motor antideflagrante conforme con ATEX CE EX II 2 G/D c T4 (dosificador plástico, consúltenos)

Características eléctricas de los motores

Características generales en estándar:

- Alimentación: 230/400 V - trifásico - 50 ó 260/460 V - trifásico - 60 Hz
- Montaje IM V1:
  - brida FF130, eje 14x30 mm para las MAXROY® A105 y D105
  - brida FF165, eje 19x40 ó 24x50 mm para las MAXROY® B105 y B145
- Protección: IP 55, tropicalizado (90 %)
- Aislamiento: clase F
- Temperatura ambiente: -16 °C hasta +40 °C
- Velocidad motor:
  - 1000 rpm para las MAXROY® A105, B145 y D105
  - 1000 ó 1500 rpm para la MAXROY® B105
- Los motores están homologados según estándares internacionales
- Motores especiales o según especificación, se suministran bajo pedido

Bomba dosificadora MAXROY® A - Dosificador plástico

Opciones

- Acoplamiento flexible (API 675)
- Doble membrana con detección de ruptura
- Regulación automática del caudal: con servomotor electrónico, servomotor antideflagrante, servomotor neumático o variación de frecuencia
- Conexiones por bridas
- Contador de impulsos

Construcción de los dosificadores

COMPONENTES \ CONSTRUCCIÓN	PVC [1]	316L [2]
Cuerpo dosificador	PVC	316L
Caja válvulas	PVC	316L
Asientos	PE [3]	316L
Bolas	Vidrio [3]	316L
Placa contorno	PVC	316L
Membrana	PTFE	PTFE
Muelle bola descarga	Hastelloy C	316L
Juntas	Viton [4]	PTFE

[1] La presión está limitada hasta 10 bar y 20 °C (si aumenta la temperatura 5 °C, presión máxima disminuye 1.1 bar). Temperatura máxima de servicio: 50 °C
[2] Milton Roy Europe dispone de tabla de intercambiabilidad de acuerdo con estándares nacionales e internacionales (AFNOR, DIN, ASTM, BS, etc.)
[3] MAXROY® B145: PVC
[4] Otras materias bajo petición

OTRAS CONSTRUCCIONES DEL DOSIFICADOR

- **Versión H_2SO_4 concentrado:** dosificador en 316L con guía bolas en 316L, asientos en 904L y bolas en Hastelloy C
- **Versión para líquidos viscosos:** dosificador en 316L con bolas en 316L y muelle en Hastelloy C
- **Versión para líquidos cargados:** dosificador en 316L con asientos y bolas en 440C
- **Versión para polielectrolitos:** dosificador en PVC con asientos y bolas en 316L y muelle en Hastelloy C
- **Otras versiones disponibles a petición**

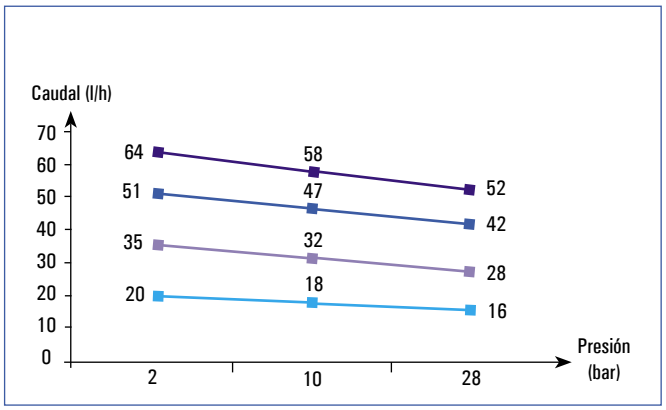
MILTON ROY EUROPE

Prestaciones

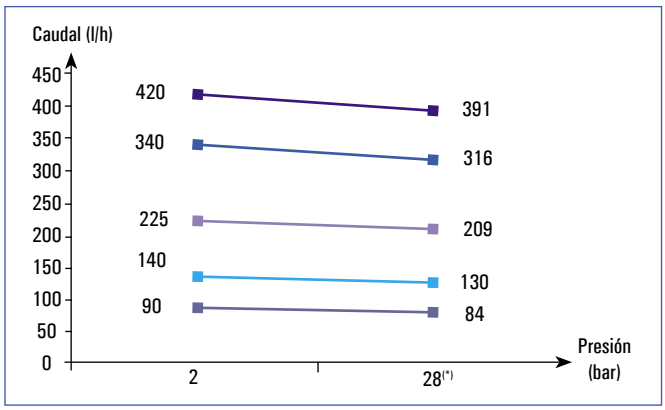
Tipo	Dosificador plástico	Dosificador metálico		Cadencia (gpm) [1]	Reducción	Ø Pistón (mm)	Ø Membrana (mm)	Cilindrada (cm^3) [3]
	Caudal a 10 bar (l/h)	Caudal a 10 bar (l/h)	Caudal a 28 bar (l/h)					
MAXROY® D105	18		16	58	1/25	22	105	7.2
	32		28	96	1/15	22	105	7.2
	47		42	144	1/10	22	105	7.2
	58		52	180 [2]	1/8	22	105	7.2
MAXROY® B105	84		84	36	1/25	41.1	105	38.8
	130		130	58	1/25	41.1	105	38.8
	209		209	96	1/15	41.1	105	38.8
	316		316	144	1/10	41.1	105	38.8
	391		391	180 [2]	1/8	41.1	105	38.8
MAXROY® A105	127	127		58	1/25	50	105	38.8
	210	210		96	1/15	50	105	38.8
	322	322		144	1/10	50	105	38.8
	400	400		180 [2]	1/8	50	105	38.8
MAXROY® B145	363	363		58	1/25	66.5	145	118.1
	621	621		96	1/15	66.5	145	118.1
	860	860		144	1/10	66.5	145	118.1
	1051	1051		180 [2]	1/8	66.5	145	118.1

[1] Las cadencias son dadas para una velocidad motor 1440 rpm. Los caudales y cadencias aumentan un 20 % con un motor a 60 Hz
[2] No utilizar con motor a 60 Hz
[3] Cilindrada teórica

MAXROY® D105

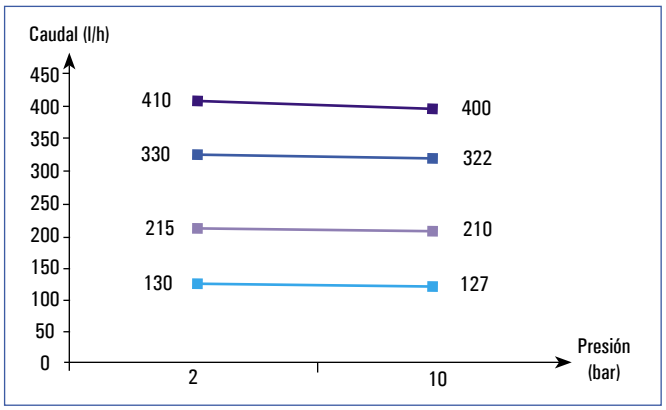


MAXROY® B105

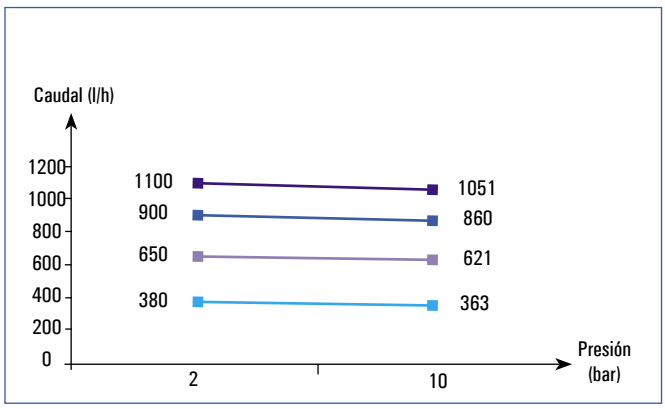


(*) Dosificador plástico: P máx. = 10 bar

MAXROY® A105

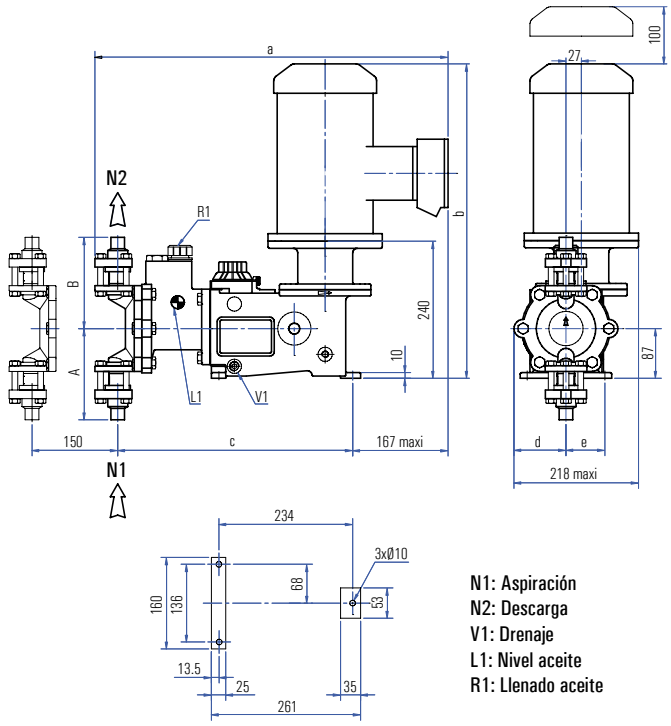


MAXROY® B145



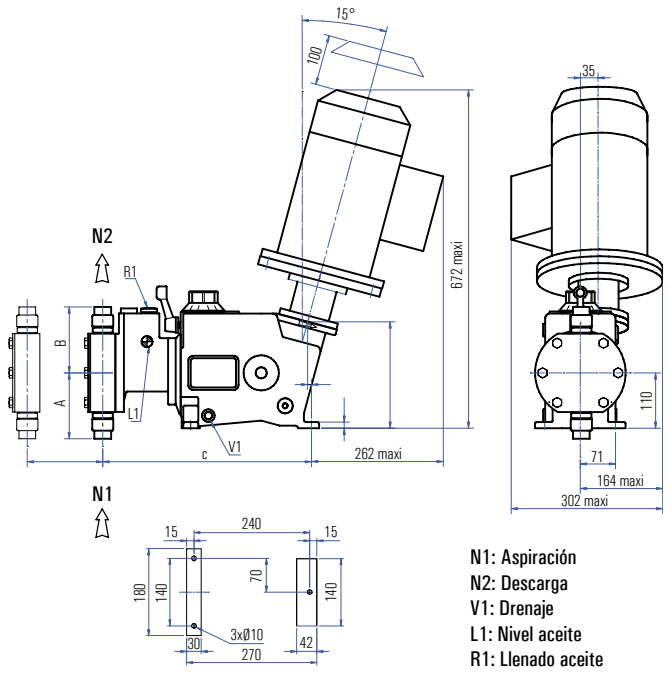
Dimensiones (en mm)

MAXROY® A105 y D105 - Dosificador metálico
Versión Simplex



N1: Aspiración
N2: Descarga
V1: Drenaje
L1: Nivel aceite
R1: Llenado aceite

MAXROY® B105 - Dosificador plástico
Versión Simplex



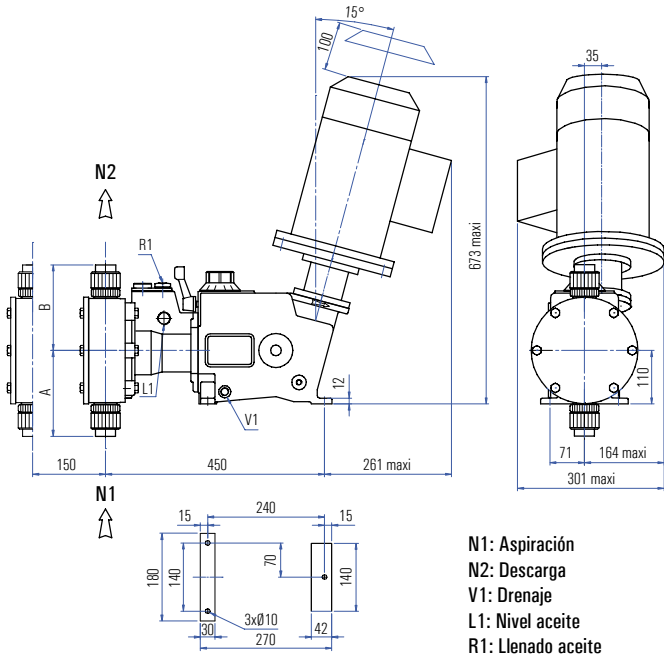
N1: Aspiración
N2: Descarga
V1: Drenaje
L1: Nivel aceite
R1: Llenado aceite

MAXROY® A105, D105 y B105

Modelos (gpm)		**Dimensiones** (mm)	**Conexiones**
Dosificador metálico			
Todos modelos (*)		a = 618 maxi b = 550 maxi c = 411 d = 91 e = 68	-
Para roscar	58 - 96 - 144	A = 160 B = 160	N1 = R 1/2"G ó 1/2"NPT N2 = R 1/2"G ó 1/2"NPT
	180	A = 186 B = 160	N1 = R 3/4"G ó 3/4"NPT N2 = R 1/2"G ó 1/2"NPT
Para soldar	58 - 96 - 144	A = 160 B = 160	N1 = 1/2" N2 = 1/2"
	180	A = 186 B = 160	N1 = 3/4" N2 = 1/2"
Con bridas	58 - 96 - 144	A = 208 B = 208 (**)	N1 = 1/2" ANSI 150 LBS N2 = 1/2" ANSI 150 LBS (**)
	180	A = 239 B = 208 (**)	N1 = 3/4" ANSI 150 LBS N2 = 1/2" ANSI 150 LBS (**)
"Alimenta-ción"	58 - 96 - 144 180	A = 160 B = 160	DIN 11851 Ø 28 ó SMS 1145 Ø 25
Dosificador plástico			
Todos modelos (*)		a = 597 maxi b = 539 maxi c = 394 d = 93 e = 66	-
Espárrago liso hembra	58 - 96 - 144	A = 131 B = 131	N1 = Ø 15x20 H N2 = Ø 15x20 H
	180	A = 160 B = 131	N1 = Ø 25x32 H N2 = Ø 15x20 H
Con bridas	58 - 96 - 144	A = 195 B = 195	N1 = PN 10 DN 15 N2 = PN 10 DN 15
	180	A = 196 B = 195	N1 = PN 10 DN 25 N2 = PN 10 DN 15

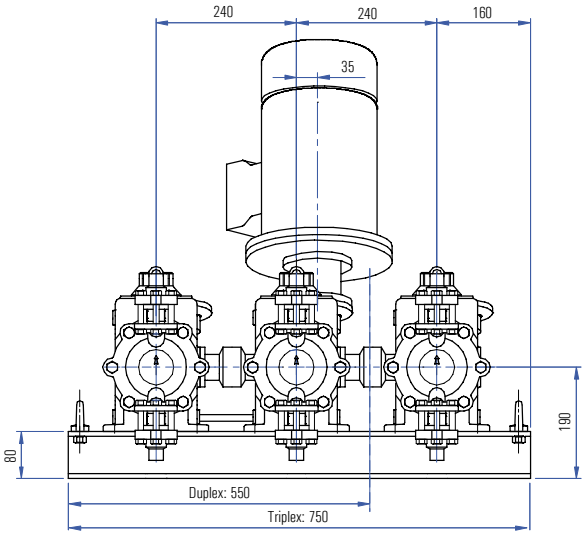
(*) MAXROY® B105: c = 432 para dosificador metálico y 415 para dosificador plástico
(**) MAXROY® B105: B = 213 y N2 = 1/2" ANSI 300 LBS

MAXROY® B145 - Dosificador plástico
Versión Simplex



N1: Aspiración
N2: Descarga
V1: Drenaje
L1: Nivel aceite
R1: Llenado aceite

MAXROY® B105 - Dosificador metálico
Versiones Duplex y Triplex



Modelos (gpm)		Dimensiones (mm)	Conexiones
Dosificador metálico			
Para roscar	58 - 96 - 144	A = 191 B = 191	N1 = R 1" ó 1"NPT N2 = R 1" ó 1"NPT
	180	A = 231 B = 191	N1 = R 1 1/2" ó 1 1/2"NPT N2 = R 1" ó 1"NPT
Para soldar	58 - 96 - 144	A = 191 B = 191	N1 = 1" N2 = 1"
	180	A = 231 B = 191	N1 = 1 1/2" N2 = 1"
Con bridas	58 - 96 - 144	A = 246 B = 246	N1 = 1" ANSI 150 LBS N2 = 1" ANSI 150 LBS
	180	A = 316 B = 246	N1 = 1 1/2" ANSI 150 LBS N2 = 1" ANSI 150 LBS
"Alimentación"	58 - 96 - 144 180	A = 208 B = 208	DIN 11851 Ø 40 ó SMS 1145 Ø 38
Dosificador plástico			
Espárrago liso hembra	58 - 96 - 144	A = 176 B = 176	N1 = Ø 25x32 H N2 = Ø 25x32 H
	180	A = 219 B = 176	N1 = Ø 32x40 H N2 = Ø 25x32 H
Con bridass	58 - 96 - 144	A = 217 B = 217	N1 = PN 10 DN 25 N2 = PN 10 DN 25
	180	A = 276 B = 217	N1 = PN 10 DN 25 N2 = PN 10 DN 25

Protección ambiental

- En acabado estándar, las bombas se suministran con una capa de pintura poliuretano AMERON de 100 micras, amarilla RAL 1018
- Para otras protecciones, consúltenos

Lubricación

- Temperatura ambiente entre -10 °C y +10 °C: Aceite ISO - equivalente a VG150
- Temperaturas > +10 °C: Aceite ISO - equivalente a VG220
- Cantidad:
  - 2,5 litros para las MAXROY® A105 y D105
  - 4 litros para las MAXROY® B105 y B145

Peso y embalaje

Versión simplex	Peso neto (kg) (con aceite) (1)	Peso bruto (kg) (con embalaje) (1)	Embalaje (2) (L x A x H - mm)
MAXROY® A105 y D105	33	40	515 x 465 x 720
MAXROY® B105	57	67	800 x 400 x 900
MAXROY® B145	63	70	790 x 390 x 740

(1) Aproximadamente - (2) Embalaje estándar en cartón

MILTON ROY EUROPE

Una red comercial de más de 100 distribuidores con el soporte de nuestras oficinas de ventas y servicios. Para encontrar vuestro representante local, visite nuestra dirección en Internet :

www.miltonroy-europe.com

Series MAXROY® - Ref. 160 5502 240N - 07/06 - Rev. A
Impreso en Francia. Especificaciones modificables sin aviso previo.

CATALOGO 2003

GRUPO BOMBAS INDUSTRIALES

Su socio industrial para

Bombas a doble diafragma accionadas por aire
Bombas de pistón neumáticas
Bombas a diafragma para bidones
Bombas a doble diafragma de alta pureza (PTFE)
Enrolladores de mangueras

ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

yamada

Industry flows through Yamada pumps.

Bombas no metálicas

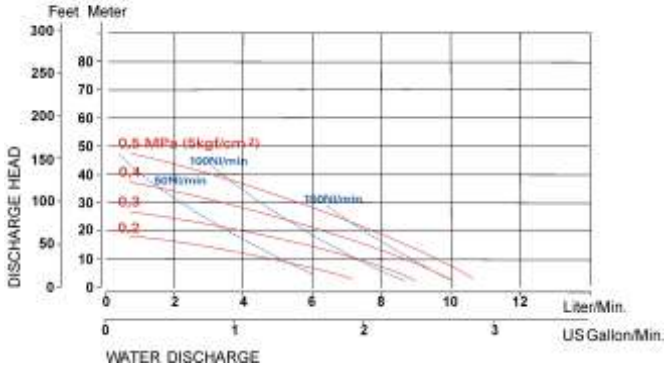
ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

Modelo NDP05-FP☐/FV☐/FX☐

Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 10 Lpm
Aspiración:	1/4" BSP
Impulsión:	1/4" BSP
Entrada de aire:	1/4" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 0,2 mm
Máxima succión en seco:	0,9 Mts (Teflón) / n/d (Otros)
Máxima succión Inundada:	1,3 Mts (Teflón) / n/d (Otros)
Máxima viscosidad:	500 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	500 Cp. (succión positiva)

■ NDP-05FPT·05FTT·05FVT·05FXT



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
NDP-05-FPT	Polipropileno	PTFE (Teflón)	Plana/PTFE	PPG	PTFE	1,4 Kg
NDP-05-FXT	PVC	PTFE (Teflón)	Plana/PTFE	PVC	PTFE	1,4 kg
NDP-05-FVT	PVDF	PTFE	Plana/PTFE	PVDF	PTFE	1,7 Kg

Motor aire: PPS (Ryton)

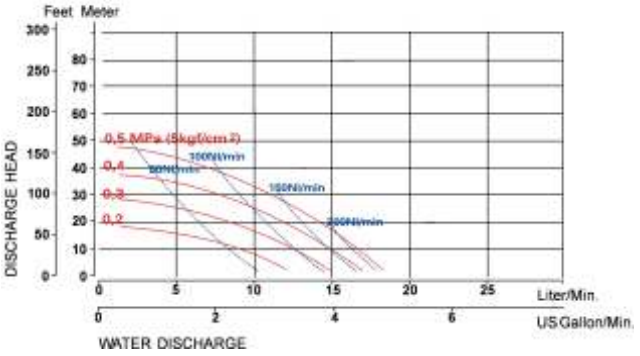
ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

Modelo DP10-BP☐/BX☐

Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 20 Lpm
Aspiración:	3/8" BSP
Impulsión:	3/8" BSP
Entrada de aire:	1/4" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 1 mm
Máxima succión en seco:	0,9 Mts (Teflón) / 0,9 Mts (Otros)
Máxima succión inundada:	6,3 Mts (Teflón) / 6,3 Mts (Otros)
Máxima viscosidad:	3.000 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	5.000 Cp. (succión positiva)

■ DP-10BP☐



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
DP-10-BPC	Polipropileno	CR (Neoprene)	Bolas/CR	CR	NBR	3,1 Kg
DP-10-BPE	Polipropileno	EPDM (Nordel)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	3,1 kg
DP-10-BPH	Polipropileno	TPEE (Hytrel)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	3,1 kg
DP-10-BPN	Polipropileno	NBR (Nitrilo)	Bolas/NBR	NBR	NBR	3,1 kg
DP-10-BPS	Polipropileno	TPO (Santoprene)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	3,1 kg
DP-10-BPT	Polipropileno	PTFE (Teflon)	Bolas/PTFE	PVC	PTFE	3,1 kg
DP-10-BXT	PVC	PTFE (Teflón)	Bolas (PTFE)	PVC	PTFE	4,6 Kg

Motor aire: Aluminio / **Opcional:** Motor de aire en polipropileno DP10-B☐☐-X

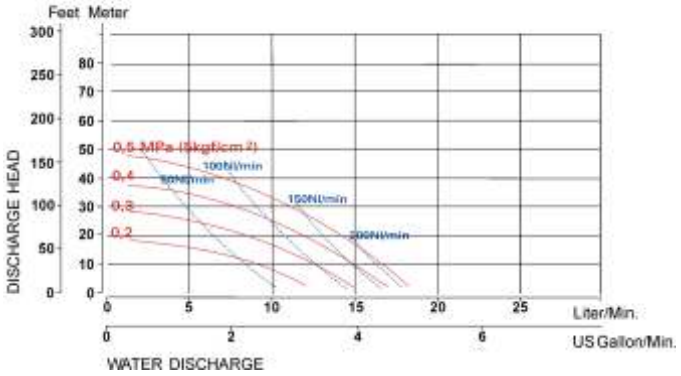
ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

Modelo NDP10-BP□/BX□

Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 20 Lpm
Aspiración:	3/8" BSP
Impulsión:	3/8" BSP
Entrada de aire:	1/4" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 1 mm
Máxima succión en seco:	0,9 Mts (Teflón) / 0,9 Mts (Otros)
Máxima succión inundada:	6,3 Mts (Teflón) / 6,3 Mts (Otros)
Máxima viscosidad:	3.000 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	5.000 Cp. (succión positiva)

■ NDP-10BPC/E/H/N/S/T



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
NDP-10-BPC	Polipropileno	CR (Neoprene)	Bolas/CR	CR	NBR	3,3 Kg
N**DP-10-BPE**	Polipropileno	EPDM (Nordel)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	3,3 kg
N**DP-10-BPH**	Polipropileno	TPEE (Hytrel)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	3,3 kg
N**DP-10-BPN**	Polipropileno	NBR (Nitrilo)	Bolas/NBR	NBR	NBR	3,3 kg
N**DP-10-BPS**	Polipropileno	TPO (Santoprene)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	3,3 kg
N**DP-10-BPT**	Polipropileno	PTFE (Teflon)	Bolas/PTFE	PVC	PTFE	3,3 kg
N**DP-10-BXT**	PVC	PTFE (Teflón)	Bolas (PTFE)	PVC	PTFE	4,6 Kg

Motor aire: PPS (Ryton)

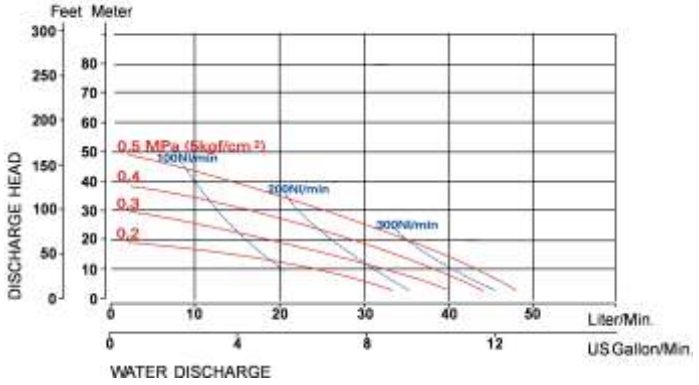
ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

Modelo NDP15-FP□ / FV□ / FX□

Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 45 Lpm
Aspiración:	1/2" BSP
Impulsión:	1/2" BSP
Entrada de aire:	1/4" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 1 mm
Máxima succión en seco:	0,9 Mts (Teflón) / 0,9 Mts (Otros)
Máxima succión inundada:	6,3 Mts (Teflón) / 6,3 Mts (Otros)
Máxima viscosidad:	3.000 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	5.000 Cp. (succión positiva)

■ NDP-15FP□·15FVT



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
NDP-15-FPC	Polipropileno	CR (Neoprene)	Planas/PTFE	PP	NBR	3,5 Kg
NDP-15-FPE	Polipropileno	EPDM (Nordel)	Planas/PTFE	PP	EPDM	3,5 kg
NDP-15-FPH	Polipropileno	TPEE (Hytrel)	Planas/PTFE	PP	PTFE	3,5 kg
NDP-15-FPN	Polipropileno	NBR (Nitrilo)	Planas/PTFE	PP	NBR	3,5 kg
NDP-15-FPS	Polipropileno	TPO (Santoprene)	Planas/PTFE	PP	EPDM	3,5 kg
NDP-15-FPT	Polipropileno	PTFE (Teflón)	Planas/PTFE	PP	PTFE	3,5 Kg
NDP-15-FXT	PVC	PTFE (Teflón)	Planas/PTFE	PVC	PTFE	6,0 kg
NDP-15-FVS	PVDF (Kynar)	TPO (Santoprene)	Planas/PTFE	PVDF	PTFE	4,3 kg
NDP-15-FVT	PVDF (Kynar)	PTFE (Teflón)	Planas/PTFE	PVDF	PTFE	4,3 kg

Motor aire: PPS (Ryton)

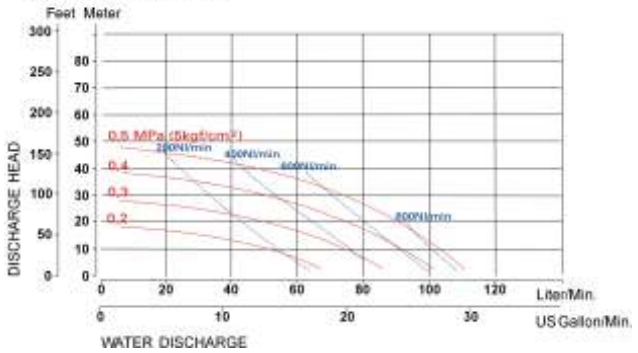
ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

Modelo NDP20-BP☐BX☐

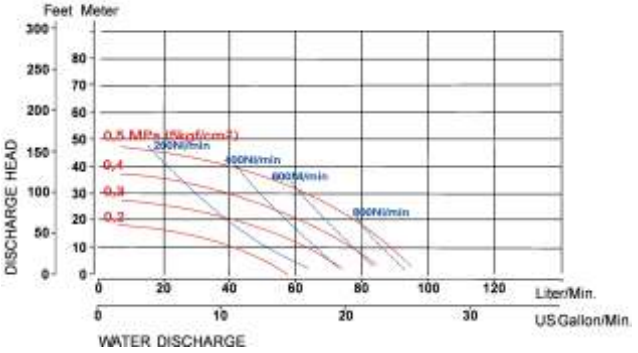
Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 100 Lpm
Aspiración:	3/4" BSP
Impulsión:	3/4" BSP
Entrada de aire:	3/8" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 3 mm
Máxima succión en seco:	1,2 Mts (Teflón) / 2,9 Mts (Otros)
Máxima succión inundada:	8,3 Mts (Teflón) / 9,1 Mts (Otros)
Máxima viscosidad:	5.000 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	10.000 Cp. (succión positiva)

■ **NDP-20BP☐**



■ **NDP-20BPT**



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

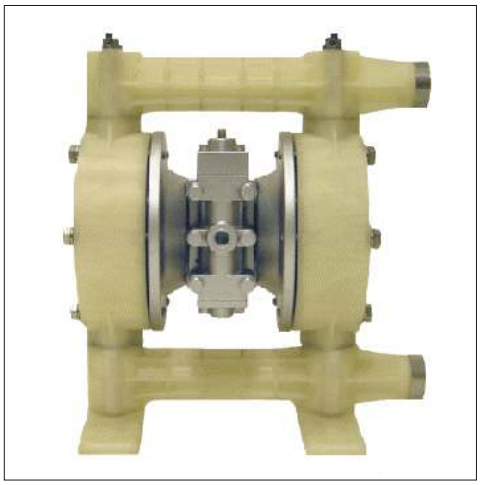
Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
NDP-20-BPC	Polipropileno	CR (Neoprene)	Bolas/CR	PP	NBR	8 kg
NDP-20-BPN	Polipropileno	NBR (Nitrilo)	Bolas/NBR	PP	NBR	8 kg
NDP-20-BAE	Polipropileno	EPDM (Nordel)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	8 kg
NDP-20-BPS	Polipropileno	TPO (Santoprene)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	8 kg
NDP-20-BPH	Polipropileno	TPEE (Hytrel)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	8 kg
NDP-20-BPV	Polipropileno	FPM (Viton)	Bolas/FPM	PP	FPM	8 kg
NDP-20-BPT	Polipropileno	PTFE(Teflón)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	8 kg
NDP-20-BXT	PVC	PTFE (Teflón)	Bolas/PTFE	PVC	PTFE	13 kg

Motor aire: Aluminio
Opcional: Motor de aire en polipropileno NDP20-B☐☐-X

ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

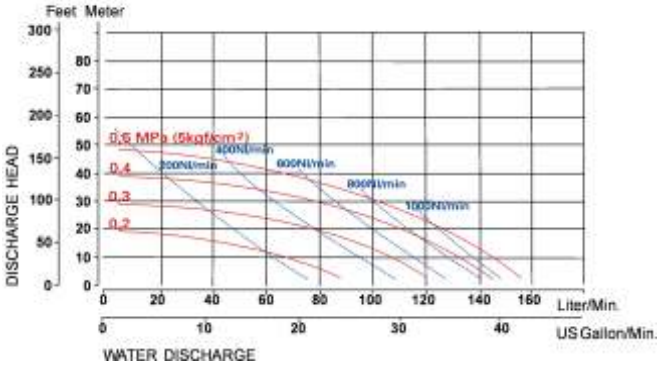
Modelo NDP25-BP☐ / BV☐ BX☐



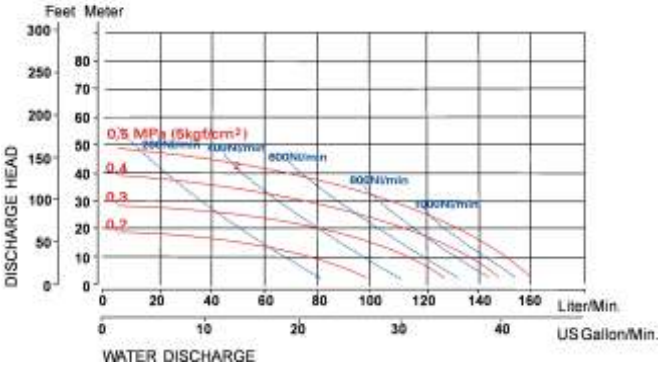
Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 160 Lpm
Aspiración:	1" BSP
Impulsión:	1" BSP
Entrada de aire:	3/8" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 3 mm
Máxima succión en seco:	1,9 Mts (Teflón) / 3,1 Mts (Otros)
Máxima succión inundada:	8,3 Mts (Teflón) / 9,1 Mts (Otros)
Máxima viscosidad:	5.000 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	10.000 Cp. (succión positiva)

■ **NDP-25BP☐·25BV☐**



■ **NDP-25BPT·25BVT**



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
NDP-25-BPC	Polipropileno	CR (Neoprene)	Bolas/CR	PP	NBR	11 Kg
NDP-25-BPN	Polipropileno	NBR (Nitrilo)	Bolas/NBR	PP	NBR	11 kg
NDP-25-BPE	Polipropileno	EPDM (Nordel)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	11 kg
NDP-25-BPS	Polipropileno	TPO (Santoprene)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	11 kg
NDP-25-BPH	Polipropileno	TPEE (Hytrel)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	11 kg
NDP-25-BPV	Polipropileno	FPM (Viton)	Bolas/FPM	PP	FPM	11 kg
NDP-25-BPT	Polipropileno	PTFE(Teflón)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	11 kg
NDP-25-BXT	PVC	PTFE (Teflón)	Bolas/PTFE	PVC	PTFE	17,3 kg
NDP-25-BVE	PVDF (Kynar)	EPDM (Nordel)	Bolas/EPDM	PVDF	EPDM	13,5 kg
NDP-25-BVS	PVDF (Kynar)	TPO (Santoprene)	Bolas/EPDM	PVDF	PTFE	13,5 kg
NDP-25-BVT	PVDF (Kynar)	PTFE (Teflón)	Bolas/PTFE	PVDF	PTFE	13,5 kg
NDP-25-BVV	PVDF (Kynar)	FPM (Vitón)	Bolas/FPM	PVDF	FPM	13,5 kg

Motor aire: Aluminio
Opcional: Motor de aire en polipropileno NDP25-B☐☐-X

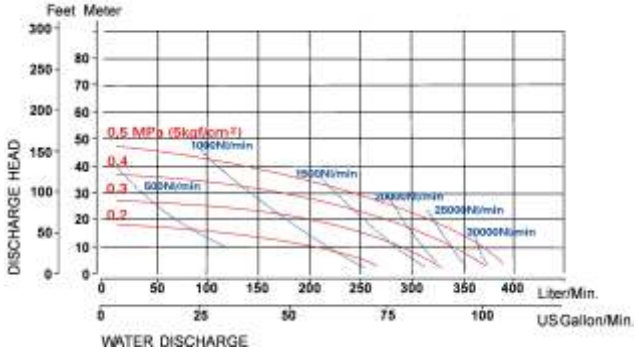
ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

Modelo NDP40-BP□

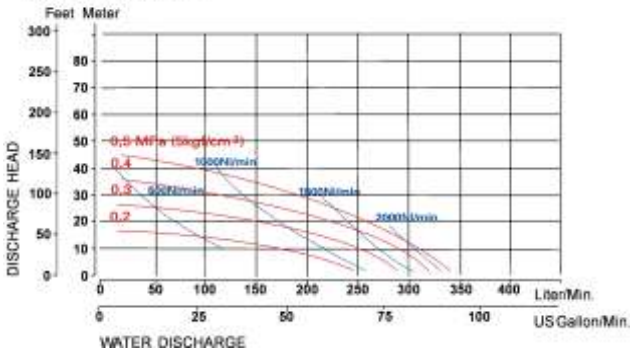
Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 450 Lpm
Aspiración:	1.1/2" Brida DIN
Impulsión:	1.1/2" Brida DIN
Entrada de aire:	½" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 7 mm
Máxima succión en seco:	3 Mts (Teflón) / 5,2 Mts (Otros)
Máxima succión inundada:	8,1 Mts (Teflón) / 9,2 Mts (Otros)
Máxima viscosidad:	10.000 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	30.000 Cp. (succión positiva)

■ **NDP-40BP□**



■ **NDP-40BPT**



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
NDP-40-BPC	Polipropileno	CR (Neoprene)	Bolas/CR	PP	NBR	Kg
NDP-40-BPN	Polipropileno	NBR (Nitrilo)	Bolas/NBR	PP	NBR	kg
NDP-40-BAE	Polipropileno	EPDM (Nordel)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	kg
NDP-40-BPS	Polipropileno	TPO (Santoprene)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	kg
NDP-40-BPH	Polipropileno	TPEE (Hytrel)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	kg
NDP-40-BPV	Polipropileno	FPM (Viton)	Bolas/FPM	PP	FPM	kg
NDP-40-BPT	Polipropileno	PTFE(Teflón)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	kg

Motor aire: Aluminio

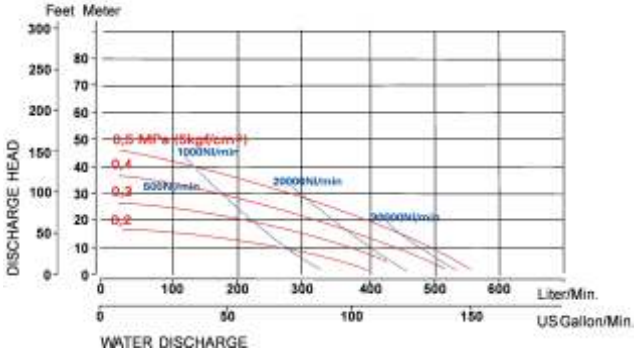
ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

Modelo NDP50-BP☐BV☐

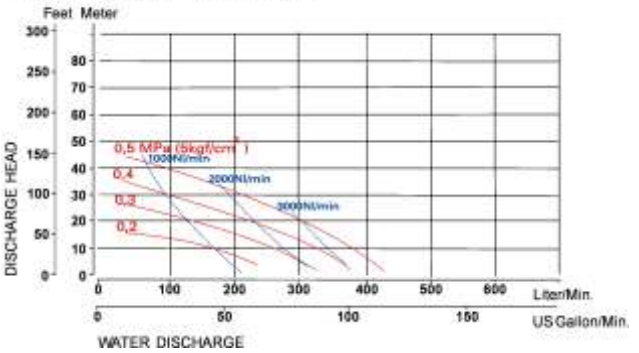
Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 650 Lpm
Aspiración:	2" Brida DIN
Impulsión:	2" Brida DIN
Entrada de aire:	3/4" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 8 mm
Máxima succión en seco:	3 Mts (Teflón) / 5,2 Mts (Otros)
Máxima succión inundada:	8,1 Mts (Teflón) / 9,2 Mts (Otros)
Máxima viscosidad:	10.000 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	30.000 Cp. (succión positiva)

■ NDP-50BP☐·50BV☐



■ NDP-50BPT·50BVT



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
NDP-50-BPC	Polipropileno	CR (Neoprene)	Bolas/CR	PP	NBR	35 Kg
NDP-50-BPN	Polipropileno	NBR (Nitrilo)	Bolas/NBR	PP	NBR	35 kg
NDP-50-BAE	Polipropileno	EPDM (Nordel)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	35 kg
NDP-50-BPS	Polipropileno	TPO (Santoprene)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	35 kg
NDP-50-BPH	Polipropileno	TPEE (Hytrel)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	35 kg
NDP-50-BPV	Polipropileno	FPM (Viton)	Bolas/FPM	PP	FPM	35 kg
NDP-50-BPT	Polipropileno	PTFE(Teflón)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	35 kg
NDP-50-BVS	PVDF (Kynar)	TPO (Santoprene)	Bolas/PTFE	PVDF	EPDM	41 kg
NDP-50-BVT	PVDF (Kynar)	PTFE(Teflón)	Bolas/PTFE	PVDF	PTFE	41 kg

Motor aire: Aluminio
Soporte: Acero Inoxidable

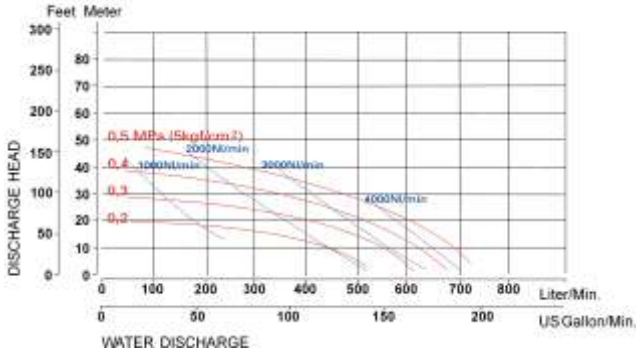
ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

Modelo NDP80-BP□

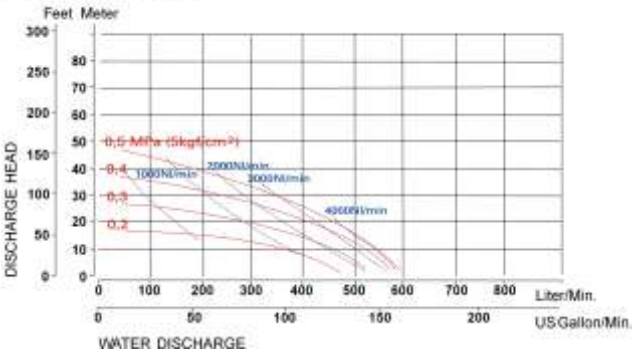
Especificaciones técnicas

Caudal ajustable:	Desde 0 hasta 800 Lpm
Aspiración:	3" Brida DIN
Impulsión:	3" Brida DIN
Entrada de aire:	3/4" BSPT / Incluye válvula reguladora
Presión máxima:	0,5 Mpa (5 Bar)
Sólidos admitidos:	< 10 mm
Máxima succión en seco:	3,0 Mts (Teflón) / 5,2 Mts (Otros)
Máxima succión inundada:	8,1 Mts (Teflón) / 9,2 Mts (Otros)
Máxima viscosidad:	10.000 Cp. (succión negativa)
Máxima viscosidad:	30.000 Cp. (succión positiva)

■ **NDP-80BP□**



■ **NDP-80BPT**



- Las curvas de rendimiento y otros datos mencionados están basados en agua a temperatura ambiente.
- El consumo de aire está expresado en litros por minuto normales.
- Planos dimensionales disponibles a solicitud.
- Todos los datos incluidos en este catálogo están sujetos a revisión.

Configuraciones disponibles

Modelo	Cuerpo	Membranas	Válvulas	Asientos	Tóricas	Peso
NDP-80-BPC	Polipropileno	CR (Neoprene)	Bolas/CR	PP	NBR	64 kg
NDP-80-BPN	Polipropileno	NBR (Nitrilo)	Bolas/NBR	PP	NBR	64 kg
NDP-80-BAE	Polipropileno	EPDM (Nordel)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	64 kg
NDP-80-BPS	Polipropileno	TPO (Santoprene)	Bolas/EPDM	PP	EPDM	64 kg
NDP-80-BPH	Polipropileno	TPEE (Hytrel)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	64 kg
NDP-80-BPV	Polipropileno	FPM (Viton)	Bolas/FPM	PP	FPM	64 kg
NDP-80-BPT	Polipropileno	PTFE(Teflón)	Bolas/PTFE	PP	PTFE	64 kg

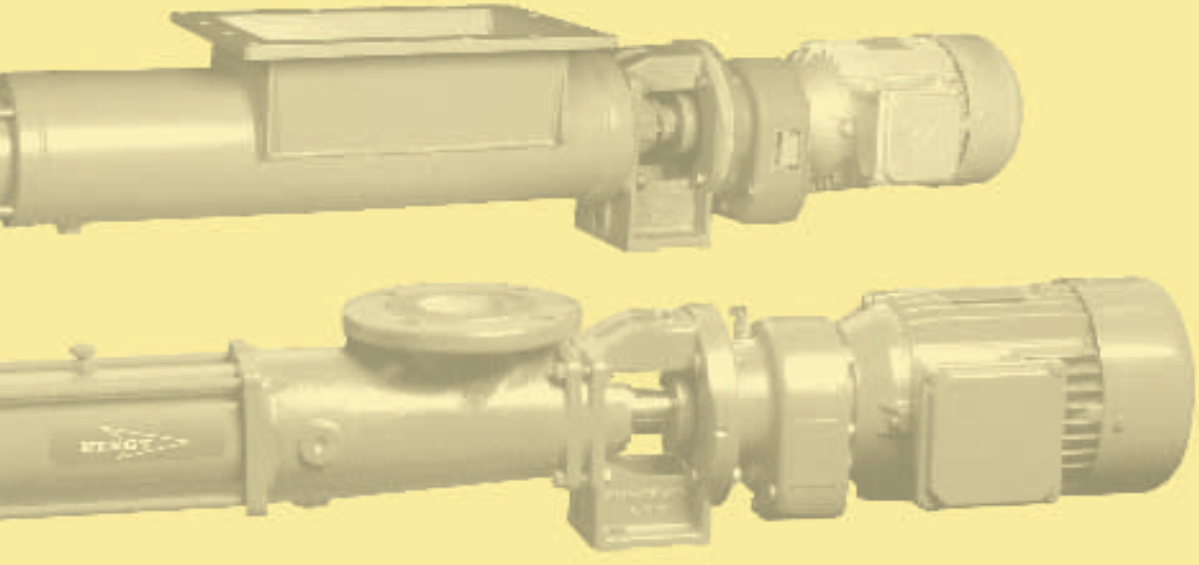
Motor aire: Aluminio
Soporte: Acero Inoxidable

ACM TOOLS SL ♦ Ronda Ponent 50 ♦ 08225 ♦ Terrassa (Barcelona) ♦ España
Tel: 93 789 4046 ♦ **Fax**: 93 789 4061 ♦ **E-mail**: bombas@acm-tools.com ♦ **Internet**: www.acm-tools.com

FLYGT

Progressive cavity pumps

For efficient pumping of viscous media



Flygt

ITT Industries

Engineered for life

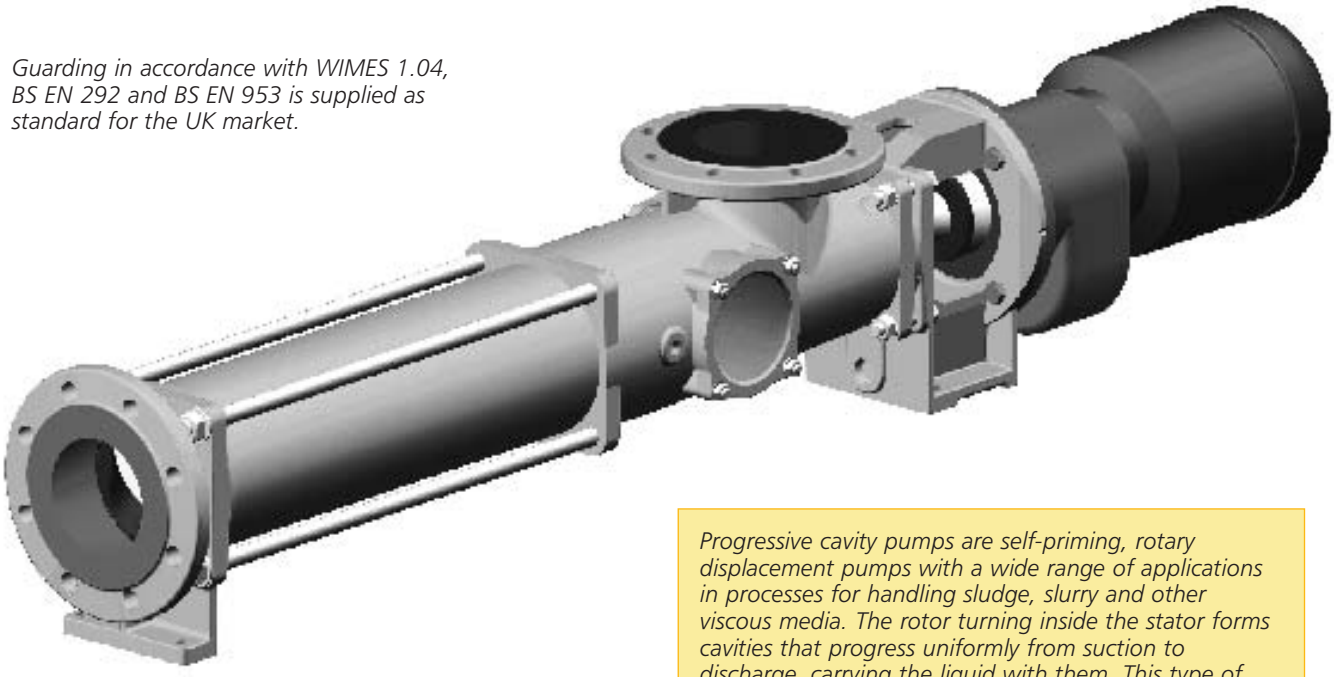
Efficient pumping solutions for viscous liquids

Whether you need to pump liquids with high solids content, or dose anything from neutral to aggressive liquids of high to low viscosity, Flygt can supply you with the total solution for your needs. Our extensive range of progressive cavity pumps is based on a modular system to cover virtually any such application. The pump design and material can be selected to suit your application, and the pumps can be installed horizontally or vertically.

Flygt's largest progressive cavity pumps use hollow rotors, which greatly increase the life of the pump and reduce maintenance. Hollow rotors also reduce operating noise, and permit operation at higher rotational speed without thereby increasing wear.

The unique hydraulic geometry of the 2/3 lobe pumping elements used in the TF pumps offers the same flow rate as pumps with 1/2 lobe geometry at half the rotational speed.This reduces wear, downtime and maintenance costs, and gives substantial reductions in operating costs.

Guarding in accordance with WIMES 1.04, BS EN 292 and BS EN 953 is supplied as standard for the UK market.



Progressive cavity pumps are self-priming, rotary displacement pumps with a wide range of applications in processes for handling sludge, slurry and other viscous media. The rotor turning inside the stator forms cavities that progress uniformly from suction to discharge, carrying the liquid with them. This type of pump has the added advantages of providing highly accurate dosing.

Performance range to suit every pumping application

Flygt can supply progressive cavity pumps with exactly the right performance range to suit your application.

Sludge pumps

	Flygt TF
Pressure	4 bar
Flow	2,700 l/min
Viscosity	200,000 mPas
Lobe type	2/3

	Flygt AEB1L -IE
Pressure	4 bar
Flow	2,700 l/min
Viscosity	200,000 mPas
Lobe type	2/3

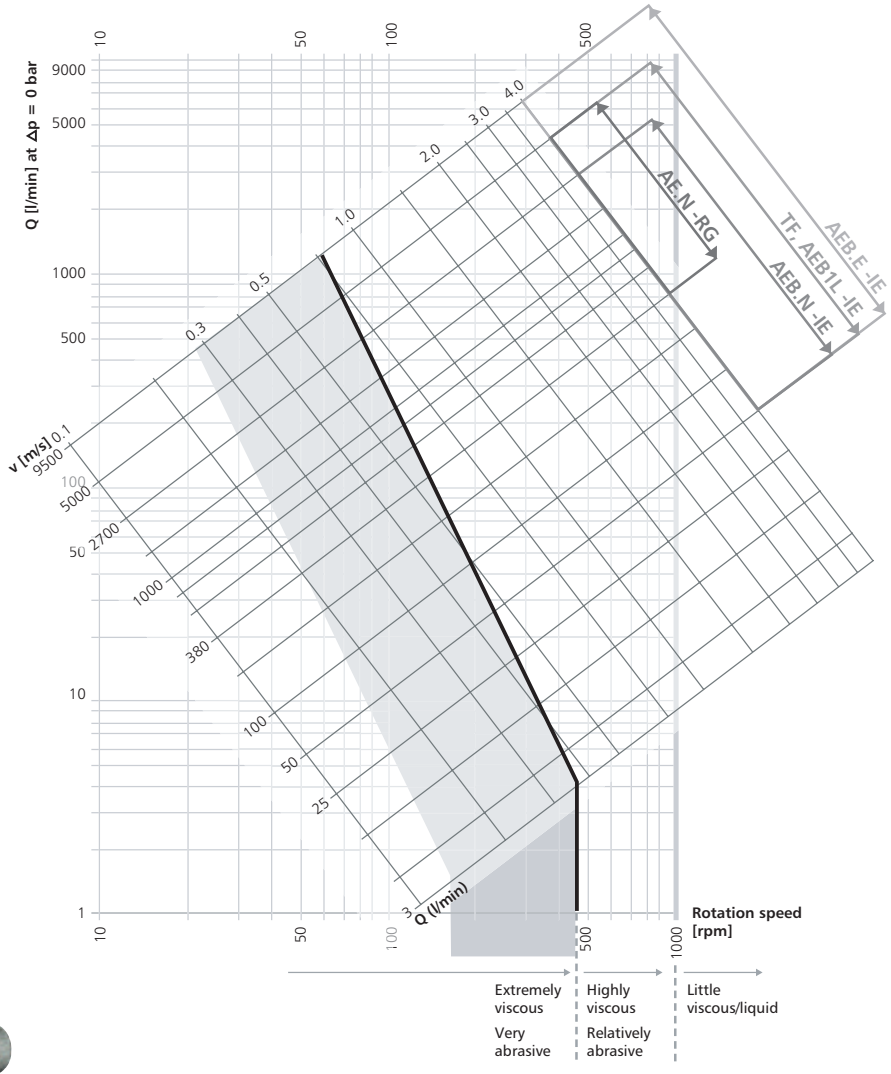
	Flygt AEB1E -IE
Pressure	6 bar
Flow	2,900 l/min
Viscosity	300,000 mPas
Lobe type	1/2

	Flygt AEB2N -IE
Pressure	12 bar
Flow	1,850 l/min
Viscosity	270,000 mPas
Lobe type	1/2

	Flygt AEB.N -ZE
Pressure	up to12 bar
Flow	750 l/min
Viscosity	1,000,000 mPas
Lobe type	1/2

	Flygt AE.N -RG
Pressure	up to 20 bar
Flow	500 l/min
Viscosity	1,000,000 mPas
Lobe type	1/2

Performance range diagram



Dosing pumps

	Flygt ADBP
Pressure	12 bar
Flow	10 l/min
Viscosity	20,000 mPas
Lobe type	1/2

	Flygt ANBP
Pressure	12 bar
Flow	42 l/min
Viscosity	20,000 mPas
Lobe type	1/2

Main advantages

Suction casing

- *Designed for minimum clogging risk.*
- *Staggered cleaning holes make it easy to clean the joints and remove obstructing objects.*
- *The suction casing can be rotated in increments of 90° for flexible installation.*

Low cost for installation and construction

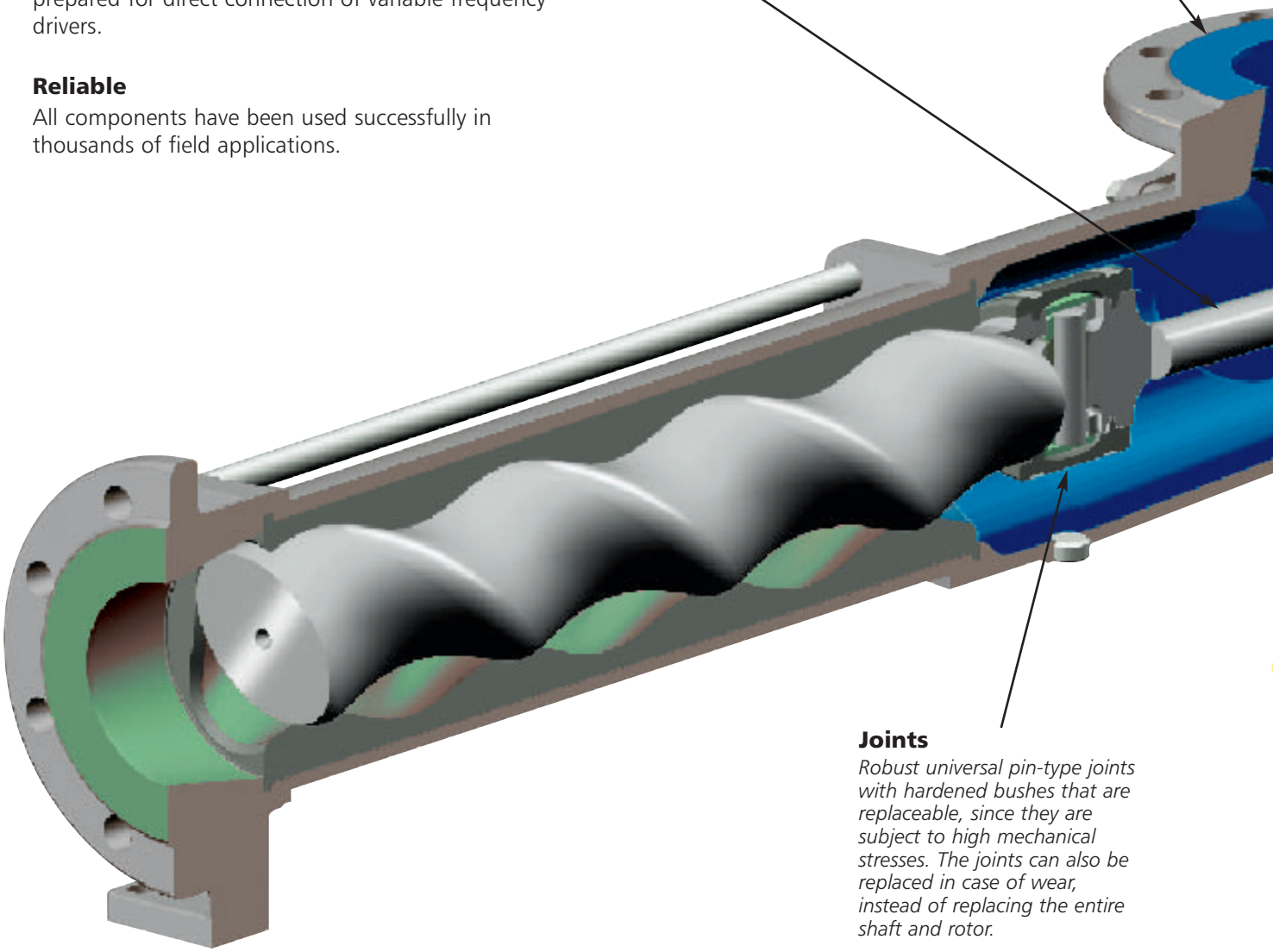
The block design, which has an integrated motor, makes the pumps fast and easy to install on any height of foundation or base plate. The motor is prepared for direct connection of variable frequency drivers.

Reliable

All components have been used successfully in thousands of field applications.

A coupling rod

A coupling rod with larger diameter sleeves is available to minimize rag build-up.



Joints

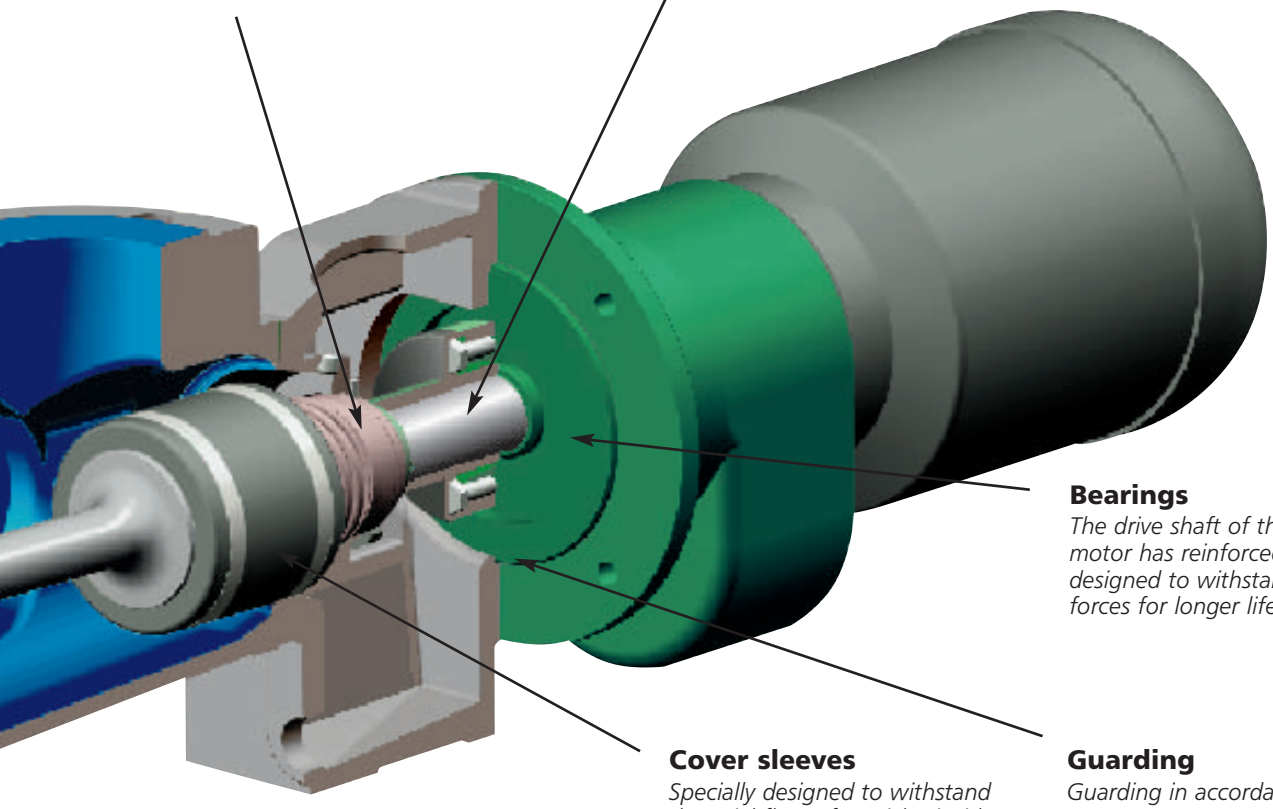
Robust universal pin-type joints with hardened bushes that are replaceable, since they are subject to high mechanical stresses. The joints can also be replaced in case of wear, instead of replacing the entire shaft and rotor.

Shaft seals

- *Pumps are equipped with application-specific shaft seals: gland packing or mechanical seal.*
- *Low sliding velocity and friction rate due to small shaft diameter.*
- *Shaft seal area is easy to access due to the small diameter of the drive flange.*
- *Gland packing/mechanical seal is easy to remove and replace.*
- *Spacious seal chamber permits highly effective flushing/cooling of mechanical seals.*

Shaft

Long life shaft with wear-resistant coating in the stuffing box.



Bearings

The drive shaft of the geared motor has reinforced bearings designed to withstand high axial forces for longer life

Cover sleeves

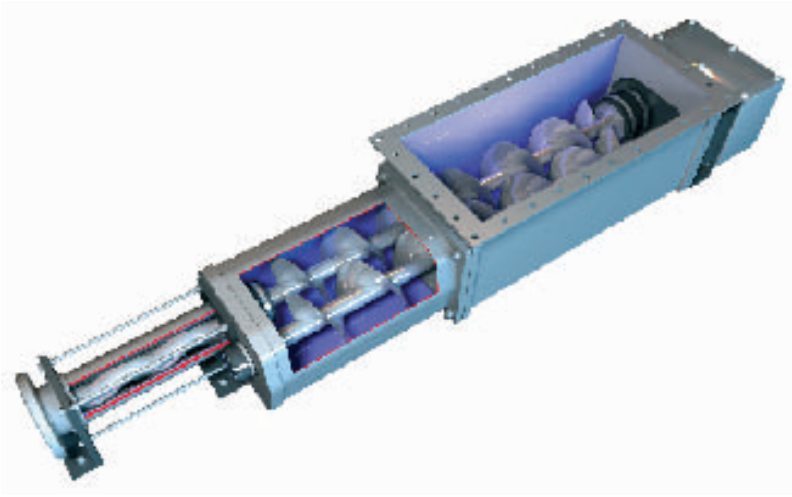
Specially designed to withstand the axial flow of particles inside the pump. This reduces wear on the joints and the risk of clogging.

Guarding

Guarding in accordance with WIMES 1.04, BS EN 292 and BS EN 953 is supplied as standard for the UK market.

RG pump

The unique design of the inlet for the AE.RG pump virtually eliminates 'bridge building' of sludge, which can result in the pump running dry. The inlet box contains two rotating screws that break up and crush the sludge into pumpable sized particles. The sludge is then fed to the pump by an Archimedes type screw.



Supplied to your specifications

Stators

Depending on your application, Flygt can supply progressive cavity pump stators with an elastomer wall of uniform or varying thickness.

Stators with varying elastomer wall thickness are the best solution for sludge applications and for slurries with high solids content, as the flexibility and variable thickness of the wall can accommodate large particles. This reduces wear, resulting in sustained performance and a longer life for the pump.

Stators with uniform wall thickness are the best choice for pumping liquids containing few if any abrasive solids, and where maintaining exact flow characteristics and high volume efficiency are essential.

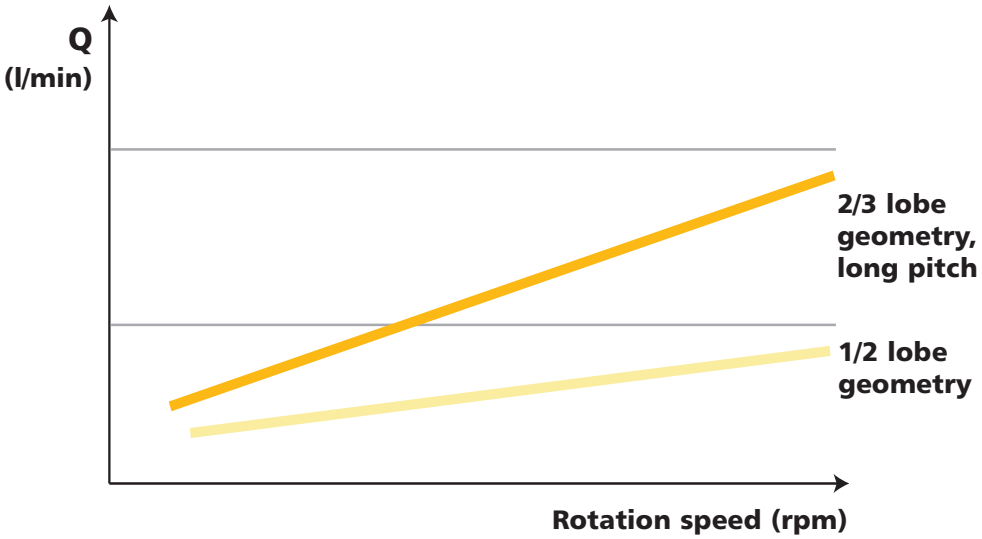
Rotors

Larger pumps can be supplied with hollow-cast, hollow-drilled or hollow-pressed rotors. Hollow rotors have a lower mass, which means a smaller centrifugal force transferred to the stator during rotation. This results in lower friction between the rotor and stator, reducing wear and prolonging the life of the pump.

Improved performance

In Flygt's TF pumps, the new 2/3 lobe pumping elements considerably improve performance, offering a 100% higher flow rate at a similar RPM compared to pumps using conventional 1/2 lobe pumping elements.

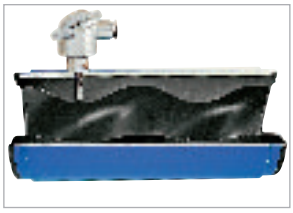
Performance curves



2/3-lobe pumping elements

1/2-lobe pumping elements

Accessories



Thermal dry running protection

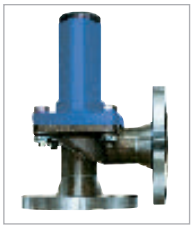
Probe measures the temperature of the stator elastomer. Suitable for all fluids.

Excess pressure/dry running protection

Mechanical pressure switches protect the pump against excess pressure and dry running. Suitable for all fluids.

Overflow valve

Corner type overflow valve for liquids without solids. For the protection of pumps, fittings and pipelines against excess pressure. The overflow valve is normally connected to an overflow line.



Base plate

Base plate installation

Worldwide service network

Flygt's philosophy has always been to supply equipment that maximizes lifecycle economy, which means designing for long service life and minimum downtime.

But that does not mean that once your pumping solution is installed, we forget about you. No two pumping solutions will be alike, so the level of maintenance and support that you require from your local authorized Flygt service centre will differ according to your situation. With Flygt, you can choose the type of support package that meets your needs.

From simply supplying pumps to your specifications, to system planning, design, commissioning, and operation and maintenance: Flygt's total service offering means you get the service you need on your terms.

10-year spare part availability

We guarantee the availability of spare parts for a minimum of 10 years after we stop production of a pump model. Just one example of Flygt's long-term commitment to its customers.

Everything you need for reliable process pumping solutions

As the world's leading manufacturer of wastewater pumps and provider of fluid handling technology, Flygt can provide you with complete pumping solutions. From planning and delivery, through installation and after sales service, Flygt's competence is at your service.

Through our products and services, engineers, planners and consultants have access to more than 100 years of experience, assuring the most reliable and cost-effective operation. Flygt service and sales facilities are found in more than 130 countries worldwide.

FLYGT

www.flygt.com

Progressive cavity pumps. 02.02.Eng. 2M. 09.04 895027 Trosa Tryckeri AB 50393

ANEXO 2

VÁLVULAS

Bronze Ball Valves

Dezincification Resistant

Two-Piece Body • Full Port ¼"-1" • Conventional Port 1¼"-3" • Bronze Trim • Blowout-Proof Stem

600 PSI/41.4 Bar Non-Shock Cold Working Pressure
150 PSI/10.3 Bar Saturated Steam◆

T-580-70
Threaded

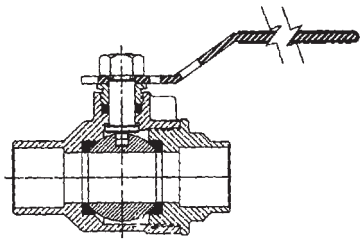
S-580-70
Solder

CONFORMS TO MSS SP-110

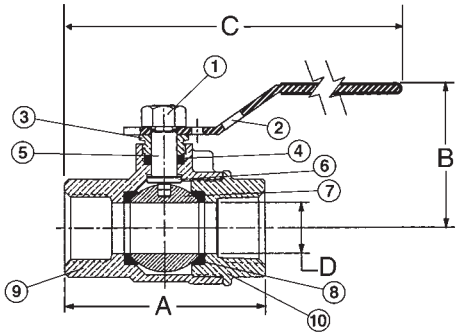
MATERIAL LIST

	PART	SPECIFICATION
1.	Handle Nut	Zinc Plated Steel
2.	Handle	Zinc Plated Steel Clear Chromate Plastisol Coated
3.	Threaded Pack Gland	Brass ASTM B 16 Alloy C36000
4.	Packing	TFE
5.	Stem	Silicon Bronze ASTM B 371 Alloy C69430 or ASTM B 99 Alloy C65100
6.	Thrust Washer	Reinforced TFE
7.	Ball	Brass ASTM B 124 Alloy C37700 or ASTM B16 Alloy C36000 with Hard Chrome Plate
8.	Seat Ring (2)	Reinforced TFE
9.	Body	Cast Red Bronze ASTM B 584 Alloy C84400
10.	Body End Piece	Cast Red Bronze ASTM B 584 Alloy C84400

¼" size only has a 304 stainless steel grounding washer.



S-580-70
C x C



T-580-70
NPT x NPT

DIMENSIONS—WEIGHTS—QUANTITIES

Size		Dimensions T-580-70 A		Dimensions S-580-70 A		Dimensions B		Dimensions T-580-70 C		Dimensions S-580-70 C		Dimensions D		T-580-70		S-580-70		Master
In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	Lbs.	Kg.	Lbs.	Kg.	Ctn. Qty.
† ¼	8	2.00	51	1.75	44	1.75	44	5.00	127	4.75	121	.38	10	.45	.21	.42	.19	100
† ⅜	10	2.00	51	1.84	47	1.75	44	5.00	127	4.81	122	.38	10	.45	.21	.42	.19	100
† ½	15	2.44	62	2.56	65	1.88	48	5.19	132	5.25	133	.50	13	.64	.29	.60	.27	100
† ¾	20	2.94	75	3.25	83	2.25	57	6.25	159	6.25	159	.75	19	1.33	.60	1.27	.58	50
†1	25	3.34	85	3.75	95	2.38	60	6.44	164	6.63	168	1.00	25	1.79	.81	1.72	.78	40
1 ¼	32	3.94	100	4.00	102	2.63	67	6.75	171	6.75	171	1.00	25	2.17	.98	1.78	.81	20
1 ½	40	4.31	109	4.44	113	3.00	76	8.88	226	9.00	229	1.25	32	3.27	1.48	2.87	1.30	20
2	50	4.63	118	5.50	140	3.16	80	9.06	230	9.50	241	1.50	38	5.09	2.31	4.60	2.08	10
2 ½	65	5.84	148	7.28	185	3.50	89	9.66	245	10.38	264	2.00	51	8.25	3.74	8.18	3.71	6
3	80	7.09	180	8.78	223	4.41	112	11.53	293	12.38	314	2.50	64	15.65	7.10	14.86	6.74	4

† NIBCO supplies Full Port T or S-585-70 on this size.

Note: Solder end is designed to be soft-soldered into lines using solders with the melting point not exceeding 500°F. Higher temperature solders will damage the seat material. See installation sheet packaged with valves.

◆ For detailed Operating Pressure, refer to Pressure Temperature Chart on page 48.

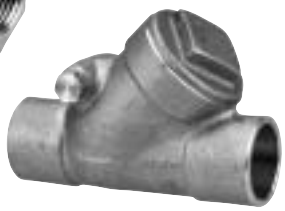
Class 150 Bronze Check Valves

Horizontal Swing • Regrinding Type • Y-Pattern • Renewable Seat and Disc

150 PSI/10.3 Bar Saturated Steam to 366º F/185º C
300 PSI/20.7 Bar Non-Shock Cold Working Pressure

Dezincification Resistant

T-433
Threaded



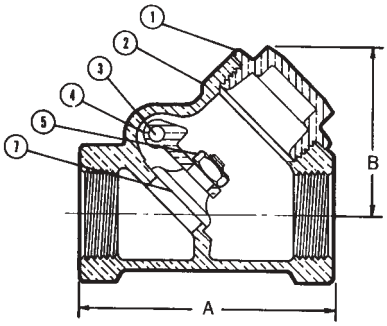
S-433
Solder

CONFORMS TO MSS SP-80

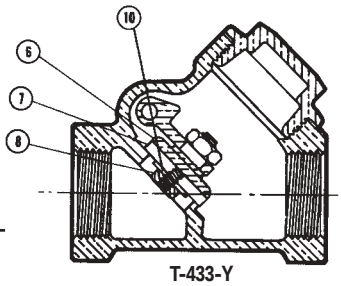
MATERIAL LIST

	PART	SPECIFICATION
1.	Bonnet	Bronze ASTM B 62
2.	Body	Bronze ASTM B 62
3.	Hinge Pin	Bronze ASTM B 140 Alloy C31400 or B 134 Alloy C23000
4.	Disc Hanger	Bronze ASTM B 62 or 304 Stainless Steel ¼" thru ¾" sizes
5.	Hanger Nut	Bronze ASTM B 16
6.	Disc Holder	Bronze ASTM B 62
7.	Seat Disc	Steam (TFE) (Y) Bronze ASTM B 62 (B)
8.	Seat Disc Nut	Bronze ASTM B 16 or B 62
9.	Hinge Pin Plug	Bronze ASTM B 140 Alloy C31600 (not shown)
*10.	Seat Disc Washer	ASTM B 98 Alloy C65500 or ASTM B 103

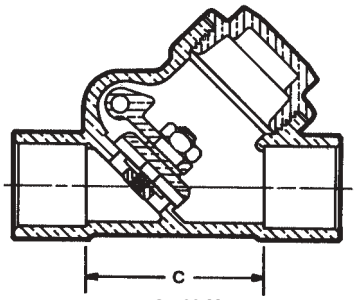
*** Sizes ¾", 1", 1¼", 1½" and 2" only.**



T-433-B
NPT x NPT



T-433-Y
NPT x NPT



S-433-Y
C x C

DIMENSIONS—WEIGHTS—QUANTITIES

Size		Dimensions A		B		C		D		T-433		S-433		Master
In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	Lbs.	Kg.	Lbs.	Kg.	Ctn. Qty.
¼	8	2.13	54	1.63	41	1.63	41	1.38	35	0.54	0.24	0.54	0.24	50
⅜	10	2.13	54	1.63	41	1.63	41	1.31	33	0.54	0.24	0.53	0.24	50
½	15	2.44	62	1.69	43	1.69	43	1.50	38	0.60	0.27	0.60	0.27	50
¾	20	2.94	75	1.88	48	1.88	48	1.88	48	0.98	0.44	0.99	0.45	50
1	25	3.56	90	2.31	59	2.31	59	2.25	57	1.58	0.72	1.57	0.71	30
1 ¼	32	4.19	106	2.69	68	2.69	68	2.75	70	2.39	1.08	2.34	1.06	20
1 ½	40	4.50	114	2.94	75	2.94	75	3.13	79	3.16	1.43	3.11	1.41	10
2	50	5.25	133	3.94	100	3.94	100	3.75	95	5.41	2.45	5.34	2.42	10
2 ½	65	8.00	203	5.06	129	5.06	129	5.31	135	11.48	5.21	11.20	5.08	5
3	80	9.25	235	6.25	159	6.25	159	6.25	159	17.53	7.95	16.91	7.67	4

Ordering: T-433 and S-433 normally furnished with Bronze Disc (T-433-B) or (S-433-B). Both available with TFE Steam Disc (T-433-Y), (S-433-Y).

NIBCO check valves may be installed in both horizontal and vertical lines with upward flow or in any intermediate position. They will operate satisfactorily in a declining plane (no more than 15º).

Warning – Do Not Use For Reciprocating Air Compressor Service.

◆ For detailed Operating Pressure, refer to Pressure Temperature Chart on page 109.

CPVC-CTS Ball Valve

One-Piece Molded CPVC Body • Socket Ends

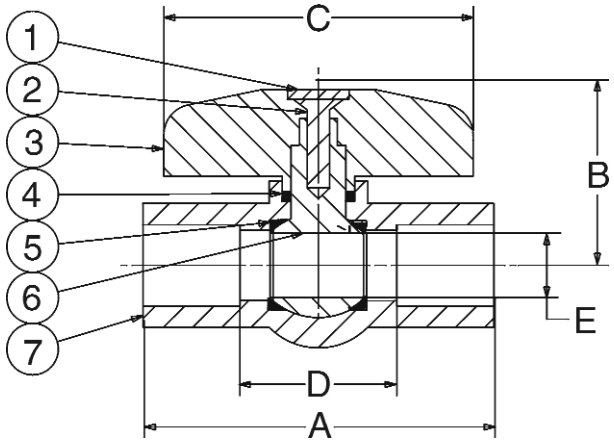
150 PSI/10.3 Bar Non-Shock Cold Working Pressure to 73° F/23° C
Compliant to NSF/ANSI 61

4770
Socket Weld

NSF STANDARD 14

MATERIAL LIST

PART	SPECIFICATION
1. Handle Cap	ABS
2. Screw	Zinc Plated Steel
3. Handle	ABS
4. O-Ring	EPDM
5. Seat (2)	PTFE
6. Ball	CPVC
7. Body	CPVC



4770
Socket x Socket

DIMENSIONS—WEIGHTS—QUANTITIES

Size		Dimensions A		B		C		D		E		Weight	
In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	Lbs.	Kg.
½	15	2.68	68	1.34	34	2.36	60	1.20	33	0.49	12	.19	.08
¾	20	3.27	83	1.76	45	2.76	70	1.87	47	0.72	18	.35	.16
1	25	3.74	95	2.10	53	3.46	88	1.94	49	0.93	24	.54	.24
1 ¼	32	4.17	106	2.56	65	3.94	100	1.95	38	0.98	25	.70	.32
1 ½	40	4.49	114	2.64	67	3.94	100	1.97	50	1.18	30	1.06	.48
2	50	5.69	144	3.07	78	4.29	109	2.31	59	1.42	36	1.73	.79

Socket ends per ASTM D 2846. NSF61 Approved

NIBCO INC. WORLD HEADQUARTERS • 1516 MIDDLEBURY ST. • ELKHART, IN 46516-4740 • USA • PH: 1.800.234.0227
TECH SERVICES PH: 1.888.446.4226 • FAX: 1.800.234.0557 • INTERNATIONAL SERVICE PH: +1.574.295.3221 • FAX: +1.574.295.3455
www.nibco.com

Check valves - Ball Series
Clapets à boisseau - Série Boule
Válvulas anti-retorno - Serie Bola
Válvulas de retenção - Série Esfera

FEATURES

- 100% factory tested.
- Easy installation and maintenance.
- May be used either vertically and horizontally.
- Available in PVC-U and Corzan® PVC-C.
- Resistance to many inorganic chemicals.
- Excellent flow characteristics.
- Sizes from D20 to D110 (½" - 4").
- Available standards: Metric, ASTM, British Standard.
- Threaded versions: BSP and NPT.
- O-Rings available in EPDM or Viton®.

- Minimum return pressure: 0,2 bar (3 psi).

CARACTERISTIQUES

- 100% des clapets testées en usine.
- Facilité d'installation et d'entretien.
- S'utilise indifféremment en position verticale ou horizontale.
- Disponibles en PVC-U et Corzan® PVC-C.
- Résistance à la majorité des produits chimiques inorganiques.
- Excellentes caractéristiques de conduction.
- Dimensions du D20 au D110 (½" - 4").
- Standards disponibles: Métrique, ASTM, British Standard.
- Versions à visser: BSP et NPT.
- Joints toriques disponibles en EPDM ou Viton®.

- Pression minimale de retour: 0,2 bar (3 psi).

CARACTERÍSTICAS

- Probadas al 100% en fábrica.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Se pueden usar indistintamente verticalmente o horizontalmente.
- Disponibles en PVC-U y Corzan® PVC-C.
- Resistencia a múltiples substancias químicas inorgánicas.
- Excelentes características de conducción.
- Medidas desde D20 hasta D110 (½" - 4").
- Standards disponibles: Métrico, ASTM, British Standard.
- Versiones roscadas: BSP y NPT.
- Anillos tóricos disponibles en EPDM o Viton®.

- Presión mínima de retorno: 0,2 bar (3 psi).

CARACTERÍSTICAS

- Testadas de fábrica a 100%.
- Fácil instalação e manutenção.
- Pode-se usar indistintamente vertical ou horizontalmente.
- Disponíveis em PVC-U e Corzan® PVC-C.
- Resistência à maioria das substâncias químicas inorgânicas.
- Excelente curva de caudal.
- Medidas desde D20 a D110 (½" - 4").
- Standards disponíveis: Métrico, ASTM, British Standard.
- Versões roscadas: BSP e NPT.
- Anéis tóricos disponíveis em EPDM ou Viton®.

- Pressão mínima de retorno: 0,2 bar (3 psi).

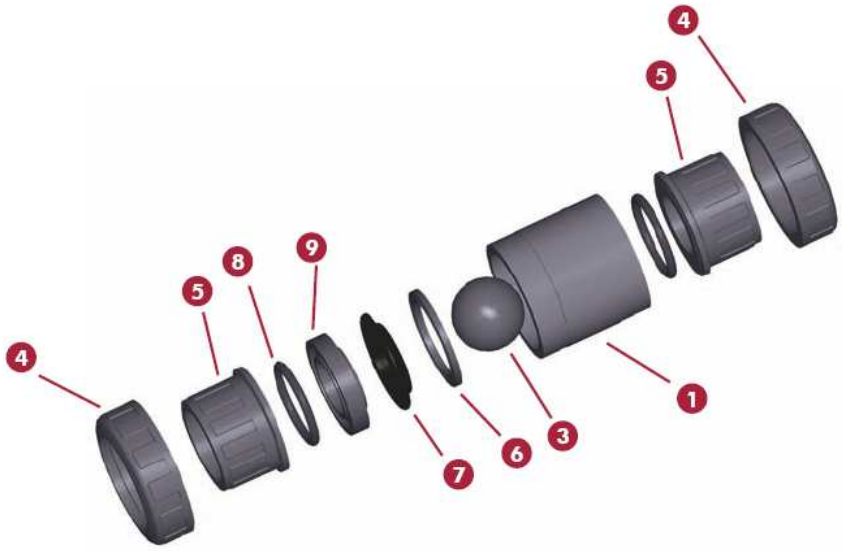


FIG.	Parts	Pièces	Despiece	Peças	Material
1	Body	Corps	Cuerpo	Corpo	PVC-U / PVC-C
3	Ball	Boisseau	Bola	Esfera	PVC-U / PVC-C
4	Union nut	Ecrou	Tuerca	Porca	PVC-U / PVC-C
5	End connector	Collet	Manguito enlace	União	PVC-U / PVC-C
6	Closing ring	Douille de poussée	Anillo de cierre	Anel do fechamento	PVC-U / PVC-C
7	Body o-ring	Joint du corps	Junta cuerpo	Junta corpo	EPDM / Viton®
8	End connector o-ring	Joint de collet	Junta manguito	Junta colarinho	EPDM / Viton®
9	Seal-carrier	Porte-joint	Portajuntas	Portajuntas	PVC-U / PVC-C

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Working pressure at 20°C (73°F) water temperature:
- D20 - D63 (½" - 2"): PN 16 (240 psi)
- D75 - D110 (2½" - 4"): PN 10 (150 psi)

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Pression de service à 20°C (73°F) température de l'eau:
- D20 - D63 (½" - 2"): PN 16 (240 psi)
- D75 - D110 (2½" - 4"): PN 10 (150 psi)

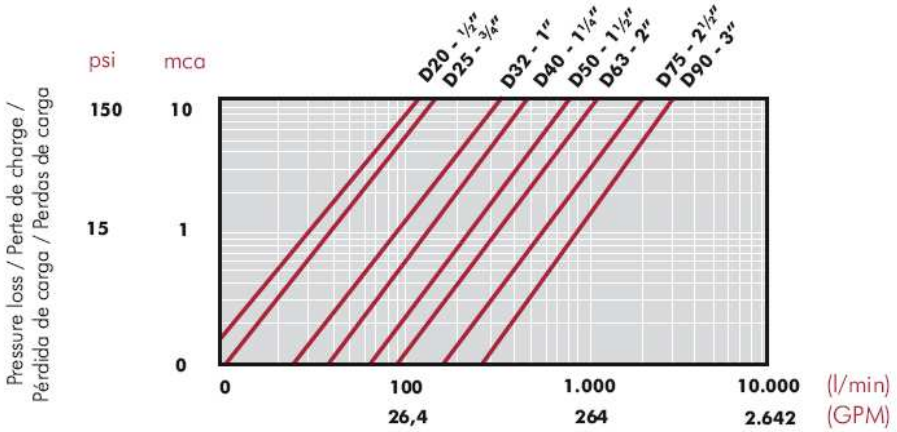
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Presión de servicio a 20°C (73°F) temperatura de agua:
- D20 - D63 (½" - 2"): PN 16 (240 psi)
- D75 - D110 (2½" - 4"): PN 10 (150 psi)

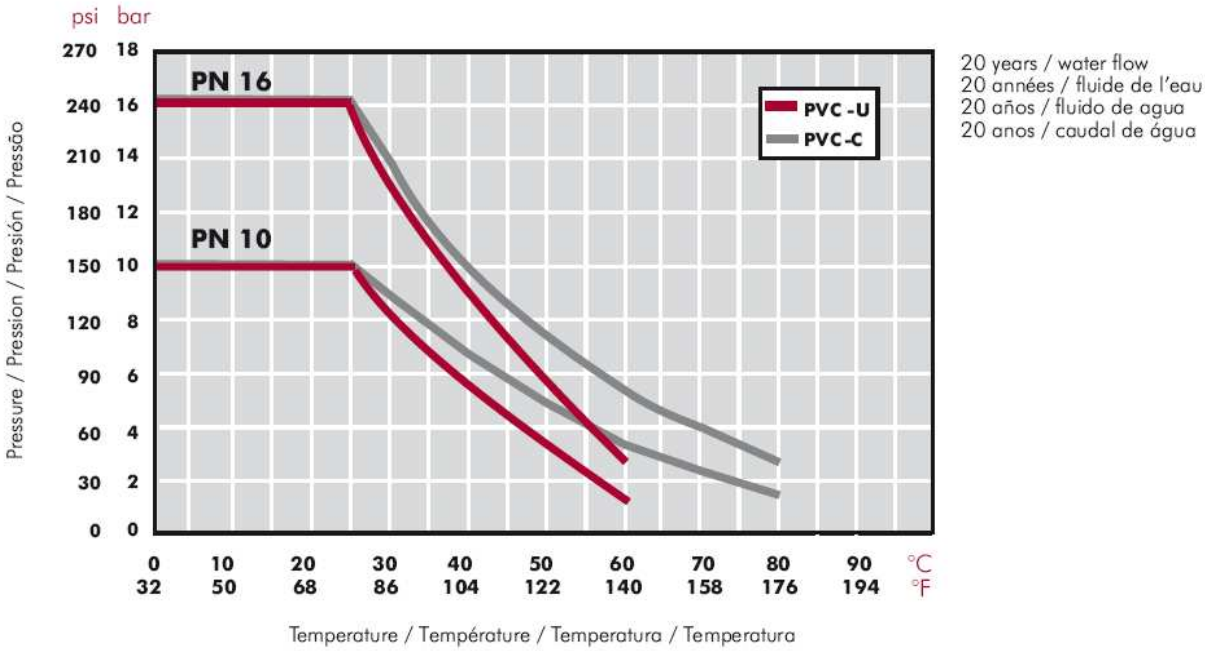
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Pressão de serviço a 20°C (73°F) temperatura de água:
- D20 - D63 (½" - 2"): PN 16 (240 psi)
- D75 - D110 (2½" - 4"): PN 10 (150 psi)

PRESSURE LOSS DIAGRAM / DIAGRAMME DE PERTE DE CHARGE / DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DE CARGA / DIAGRAMA DAS PERDAS DE CARGA



PRESSURE / TEMPERATURE GRAPH / DIAGRAMME PRESSION / TEMPÉRATURE / DIAGRAMA PRESIÓN / TEMPERATURA / DIAGRAMA DE PRESSÃO / TEMPERATURA



20 years / water flow
20 années / fluide de l'eau
20 años / fluido de agua
20 anos / caudal de água

Assembly instructions

Solvent socket or threaded unions

Loosen the valve union nuts (4) and separate these and the end connectors (5) from the valve body. Pass the pipe through the nuts and then place the bushes over the end of the pipe. The socket unions should be guied onto the pipe using a PVC-U or PVC-C adhesive and pressure should not be applied to the system until a drying period of at least 1 hour per bar of working pressure has elapsed. In the case of threaded unions, Teflon® tape should be applied to the male threads. The pipes can now be attached to the valve by hand tightening down the nuts.

Instructions de montage

Unions à coller ou à visser

Dévisser les écrous (4) du robinet et les séparer des collets (5).
Introduire les écrous dans les tubes et fixer ensuite les raccords sur les extrémités des tubes. Vous collerez les unions à l'aide d'une colle pour tube PVC-U ou PVC-C rigide. Vous devrez ensuite attendre pour mettre le tube sous pression (1 heure par bar) suivant la pression que vous utiliserez. Les unions à visser seront recouvertes de Teflon® sur le pas de vis mâle. Vous pourrez ensuite placer la vanne entre les raccords et visser à la main les écrous sur le robinet.

Instrucciones de montaje

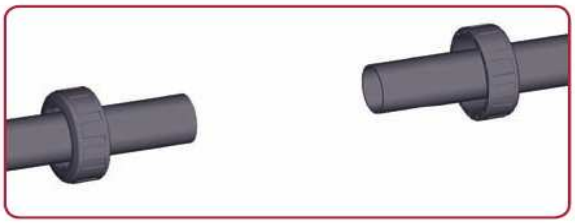
Uniones encoladas o roscadas

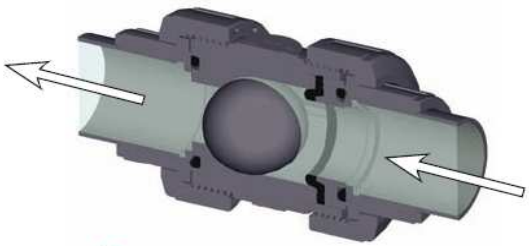
Afloje las tuercas (4) de la válvula y sepárelas de los manguitos (5). Introduzca las tuercas en los tubos y a continuación fije los manguitos en los extremos del tubo. Las uniones encoladas se realizarán con un adhesivo para tubos de PVC-U o PVC-C rígido y no se aplicará presión hasta transcurridas al menos 1 hora por bar. En las uniones roscadas se colocará cinta de Teflon® en las roscas macho. A continuación ya podrá colocarse la válvula entre los manguitos y apretar a mano las tuercas sobre la válvula.

Instruções para a montagem

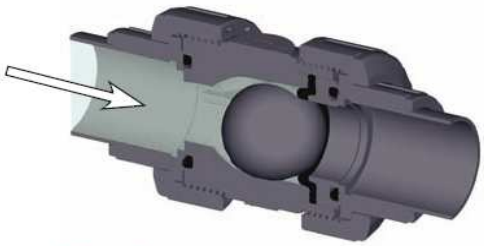
Uniões de colar e roscar

Desenroscar as porcas da válvula (4) separando-as junto com as uniãos (5). Introduza as porcas nos tubos e a seguir fixe os extremos do tubo. As uniões são coladas com cola especifica para tubos de PVC-U ou PVC-C rigido e não se excederá pressão até que passe pelo menos uma hora por bar. Nas uniões de roscar coloca-se fita Teflon® nas roscas macho. Posteriormente, poderá colocar a válvula entre os racords e apertar as porcas da válvula à mão.





Open
Ouvert
Abierto
Aberto



Closed
Fermé
Cerrado
Fecho

ANEXO 3

INSTRUMENTACIÓN

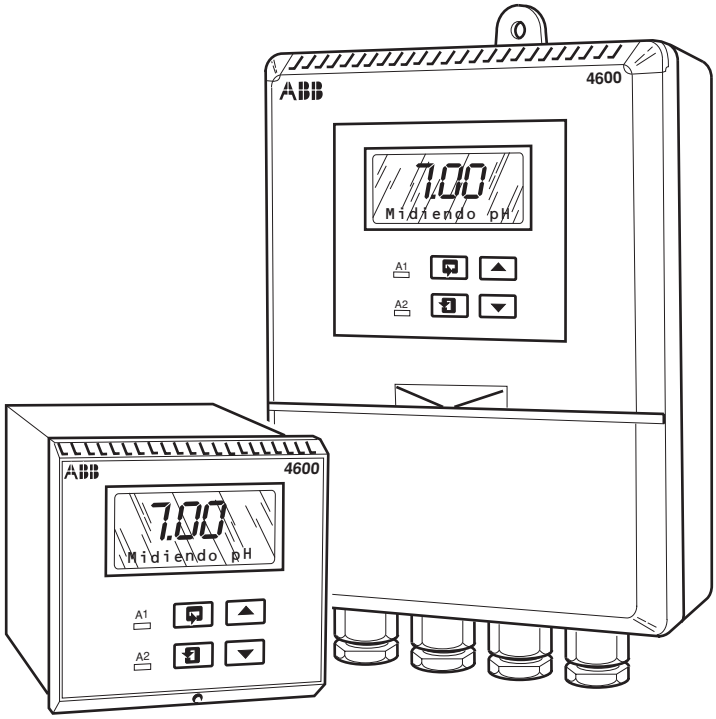
Serie 4600

Manual de operación

E

Modelos 4630 y 4635
Transmisores de pH/Redox

Incorporación de Versiones de limpieza con agua
(Modelos 4631 y 4636)



ABB

ABB AUTOMATION

La Empresa

BS EN ISO 9001

Cert. No. Q5907

EN 29001 (ISO 9001)

Lenno, Italia – Cert. No. 9/90A

Stonehouse, R.U.

0255

ABB Automation es una entidad mundial bien establecida en el campo de fabricación de instrumentos destinados al control de procesos industriales, medida de caudal, análisis de gases y líquidos, y aplicaciones medioambientales.

ABB Automation forma parte de ABB, un líder mundial en el campo de la tecnología de automatización, y ofrece a sus clientes su experiencia en aplicaciones, así como su servicio y apoyo mundiales.

Estamos comprometidos al trabajo en equipo, a la fabricación de gran calidad, a la tecnología punta y a un apoyo y servicio sin igual.

La calidad, la precisión y las características funcionales de los productos de la Empresa son el resultado de más de 100 años de experiencia, todo lo que se combina con un programa continuo de desarrollo y diseño innovadores destinado a incorporar la tecnología punta del momento.

El Laboratorio de Calibración NAMAS, Nº 0255 es simplemente una más de las 10 instalaciones gestionadas por la Empresa, dedicador a la calibración de caudal, lo que es un indicio de la dedicación de ABB Automation para con la calidad y la precisión.

Utilización de las instrucciones

Advertencia.
Una instrucción que llama la atención sobre los riesgos de daños y de accidentes mortales por parte de los operarios.

Nota.
Clarificación de una instrucción o bien una información complementaria.

Precaución.
Una instrucción que llama la atención sobre los riesgos de que los productos, procesos o entornos sufran desperfectos.

Información.
Referencias complementarias pura información más detallada o de aspectos técnicos.

Si bien las **Advertencias** son avisos sobre el peligro potencial de que el personal sufra heridas y las **Precauciones** corresponden a los desperfectos que pudieran sufrir los equipos o la propiedad, debe quedar bien patente que el funcionamiento de equipos dañados podría, bajo ciertas circunstancias, ocasionar una reducción progresiva de las características funcionales del sistema que podría llevar a que el personal pudiera sufrir heridas o accidentes mortales. Asi pues, es necesario observar plenamente todos los avisos de **Advertencia** y de **Precaución**.

La información que se expone en el presente manual está destinada solamente a servir de guía a los clientes sobre el eficiente manejo y funcionamiento de nuestros equipos. El empleo de este manual para cualquier otro fin queda terminantemente prohibido y su contenido no habrá de reproducirse parcial ni totalmente sin el previo consentimiento por escrito del Technical Communications Department de ABB Automation.

Reglamento sobre Seguridad e Higiene Laboral

Deben observarse los siguientes aspectos con el fin de asegurar que nuestros productos son seguros y no presentan riesgos para el ser humano:

1. Hay que leer detenidamente las secciones pertinentes de estas instrucciones antes de aduar.
2. Deben observarse las etiquetas de avisos colocadas en los recipientes y embalajes.
3. La instalación, manejo y mantenimiento sólo deben acometerlos personal debidamente capacitado al caso y ateniendose a la información dada.
4. Deben tomarse las medidas de precaución sobre seguridad que sean normales con el fin de evitar la posibilidad de que ocurran accidentes cuando se trabaje bajo condiciones de alta presión o temperatura, o de ambas.
5. Los productos químicos deben almacenarse lejos de las fuentes de calor e ir protegidos contra temperaturas extremas, debiendo mantenerse secos aquéllos que vayan en polvo. Deben aplicarze los procedimientos normales de manipulación de seguridad.
6. Habrá que asegurarse de no mezclar dos productos químicos en el proceso de su desecho.

Pueden obtenerse consejos de seguridad sobre el uso del equipo descrito en este manual o en cualquier hoja de datos relevante, pidiéndolos a la dirección de la Empresa (incluida en la última página), asi como asistencia técnica e información sobre repuestos.

CONTENIDO

Sección **Página**

1 INTRODUCCIÓN 2

2 PREPARACIÓN 2
2.1 Verificación del número de código 2
2.1.1 Instrumentos de montaje en pared/tubería 2
2.1.2 Instrumentos de montaje en panel 2

3 INSTALACIÓN MECÁNICA 3
3.1 Requerimientos de montaje 3
3.2 Montaje 4
3.2.1 Instrumentos de montaje en pared/tubería 4
3.2.2 Instrumentos de montaje en panel 5

4 CONEXIONES ELÉCTRICAS 6
4.1 Acceso a terminales 6
4.1.1 Instrumentos de montaje en pared/tubería 6
4.1.2 Instrumentos de montaje en panel 6
4.2 Conexiones, general 7
4.2.1 Protección de los contactos del relé y supresión de interferencias 7
4.3 Conexiones de los instrumentos montados en pared/tubería 9
4.4 Conexiones de los instrumentos de montaje en panel 10
4.5 Selección de tensión principal 11
4.5.1 Instrumentos de montaje en pared/tubería 11
4.5.2 Instrumentos de montaje en panel 11

5 CONTROLES Y PANTALLAS 12
5.1 Pantallas 12
5.2 Familiarización con los interruptores 12

Sección **Página**

6 OPERACIÓN 13
6.1 Arranque de los instrumentos 13
6.2 Operación – Modo de medición de pH 13
6.2.1 Página de operación 14
6.2.2 Calibración de pH de Punto Unico 16
6.2.3 Calibración de pH de dos puntos (Modo Automático) 17
6.2.4 Calibración de pH de dos puntos (Modo Manual) 19
6.3 Gráfico de Programación Global – Medición Redox (POR) 21
6.3.1 Página de operación 21

7 PROGRAMACION 22
7.1 Acceso a parámetros protegidos 24
7.2 Página de idiomas 24
7.3 Página de parámetros de instalación 24
7.4 Página Configurar Alarmas 26
7.5 Página Configurar Retransmisión 28

8 CALIBRACIÓN ELÉCTRICA 30
8.1 Equipo requerido 30
8.2 Preparación 30
8.3 Página Ajustes de Fábrica 31

9 BÚSQUEDA DE FALLAS SENCILLAS 33
9.1 Mensajes de error 33
9.2 Mensaje de falla de calibración o sin Respuesta a los Cambios de ph/Redox 33
9.3 Verificación de la Entrada de Temperatura 33

10 ESPECIFICACIÓN 34

1 INTRODUCCIÓN

Los transmisores de pH/redox 4630/31 y 4635/36 y los sistemas de electrodosasociados fueron diseñados para efectuar el monitoreo y el control del pH. El sistema de electrodos se puede estandarizar al instrumento usando el recurso de calibración incorporado y el recurso de regulación en un solo punto provee una fácil recalibración después de la estandarización inicial.

Los modelos 4630/31 son instrumentos de montaje en pared/ tubería mientras que los modelos 4635/36 son instrumentos de montaje en panel, de tamaño DIN. Todos los instrumentos cuentan con un solo canal de entrada de pH programable ycon un solo canal de entrada de temperatura. Cuando se efectúan las mediciones compensadas de temperatura, se mide la temperatura de muestra a ravés de una termorresistencia Pt100 que se puede montar en el sistema de electrodos.

Los modelos 4631 y 4636 incorporan un recurso de limpieza con agua para la limpieza del sistema. Durante el ciclo de lavado, se mantienen el estado de la alarma 1 y el valor de retransmisión en su condición previa al ciclo.

La operación y la programación del instrumento se realiza a través de cuatro interruptores de membrana de tácto ubicados en el panel frontal. Las funciones programadas se encuentran protegidas contra la modificación no autorizada a través de un código de seguridad de cinco dígitos.

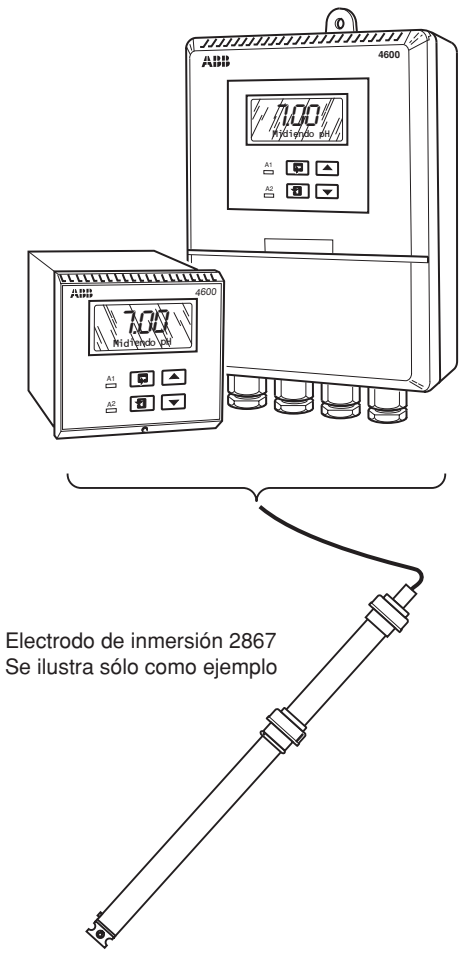


Figura 1.1 Diagrama del sistema

2 PREPARACIÓN

2.1 Verificación del número de código

2.1.1 Instrumentos de montaje en pared/tubería – Figura 2.1

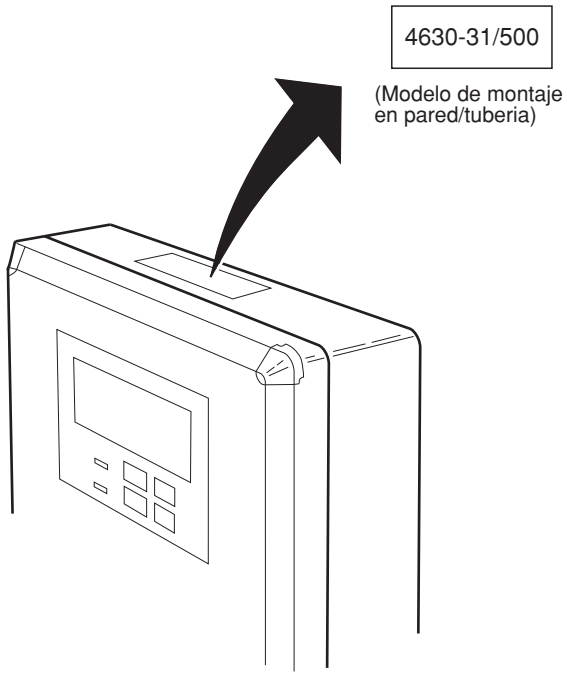


Figura 2.1 Verificación del número de código (Modelo 4630/31)

2.1.2 Instrumentos de montaje en panel – Figura 2.2

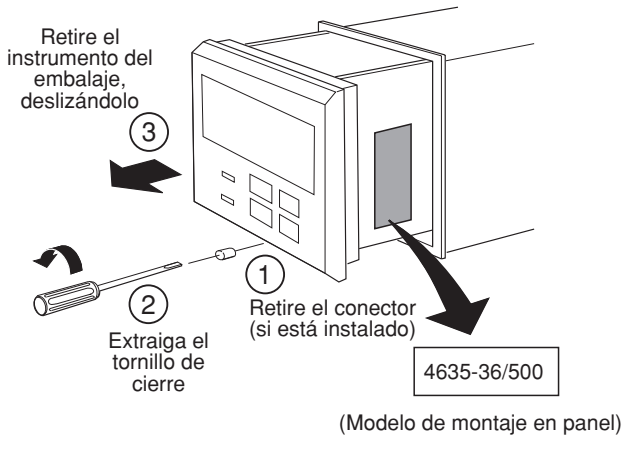


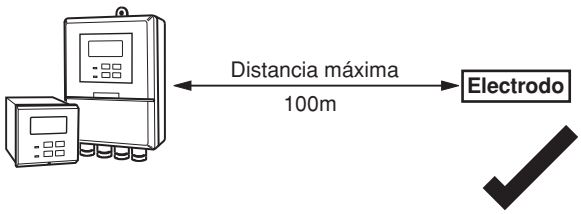
Figura 2.2 Verificación del número de código (Modelo 4635/36)

3 INSTALACIÓN MECÁNICA

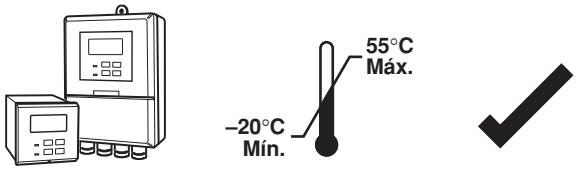
3.1 Requerimientos de montaje

Precaución.
- Montar en una ubicación donde no haya excesiva vibración.
- Montar lejos de vapores peligrosos y/o de fluidos que goteen.

Información. Se recomienda montar el instrumento a nivel de la vista, permitiendo una visión sin restricciones de las pantallas y de los controles.



A – Distancia máxima del instrumento al electrodo



B – Dentro de los límites de temperatura Electrodo

C – Dentro de los límites ambientales

Figura 3.1 Requerimientos de montaje

3.2 Montaje

3.2.1 Instrumentos de montaje en pared/tubería – Figuras 3.2 y 3.3

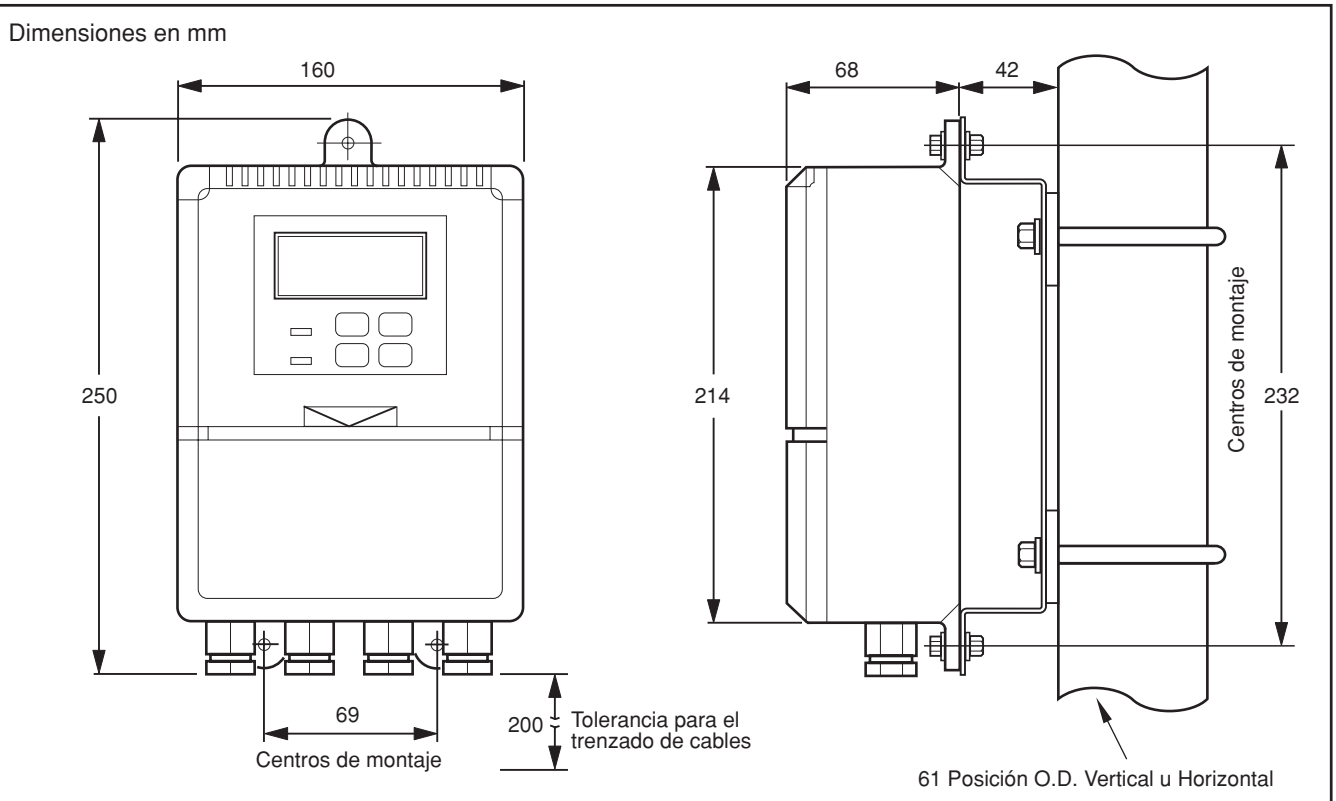
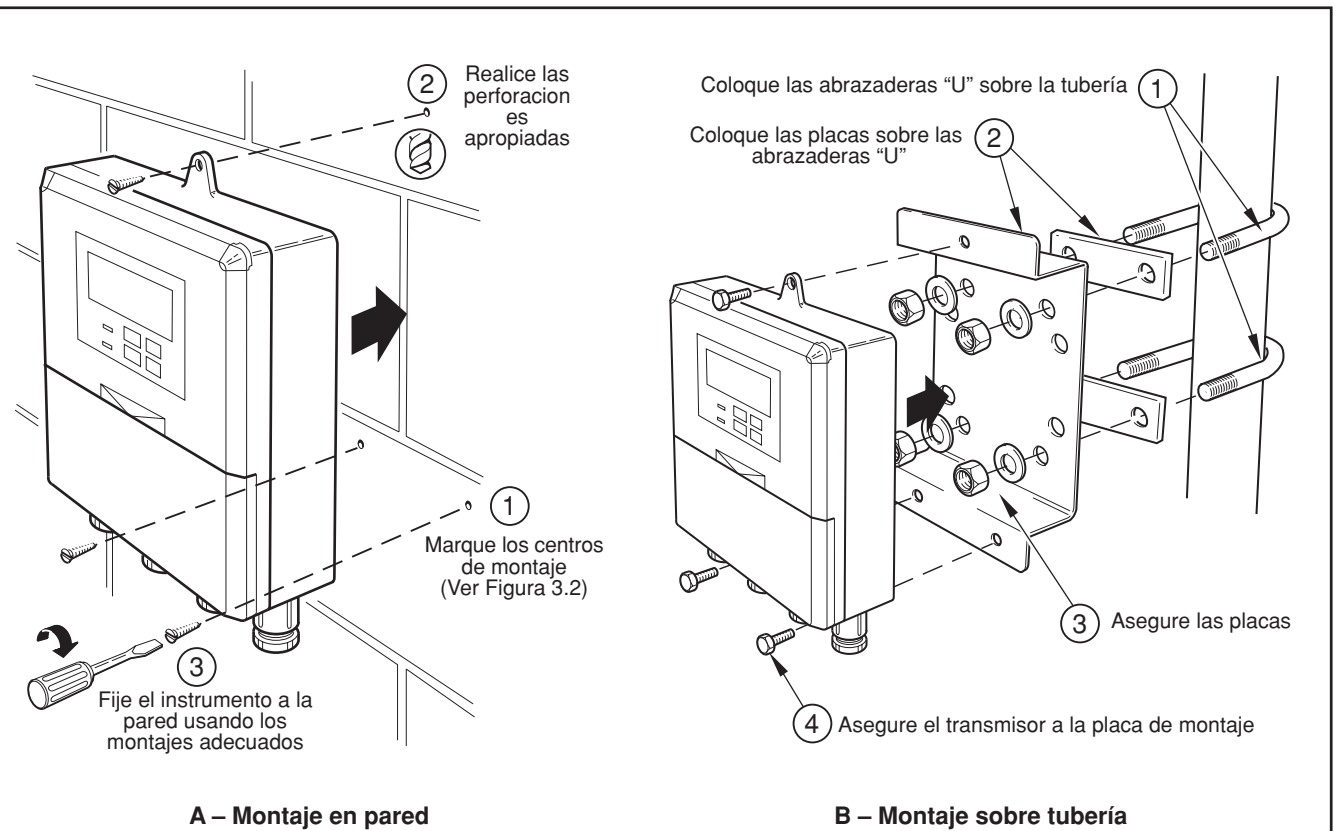


Figura 3.2 Dimensiones totales



A – Montaje en pared

B – Montaje sobre tubería

Figura 3.3 Montaje en pared/tubería

…3.2 Montaje

3.2.2 Instrumentos de montaje en panel – Figuras 3.4 y 3.5

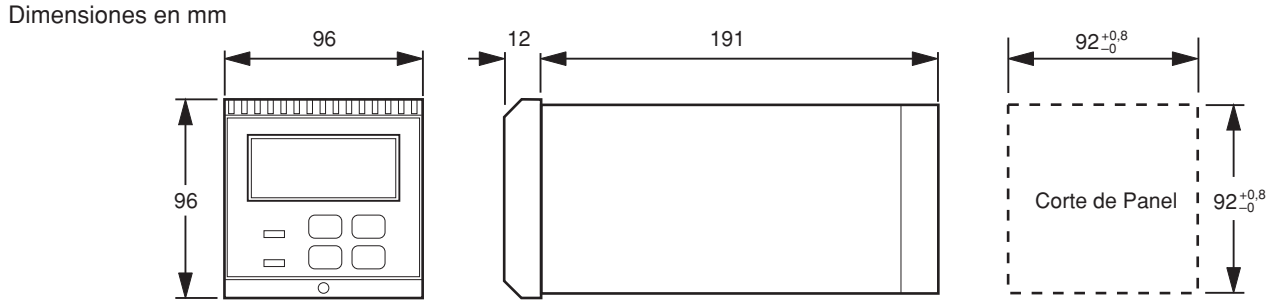
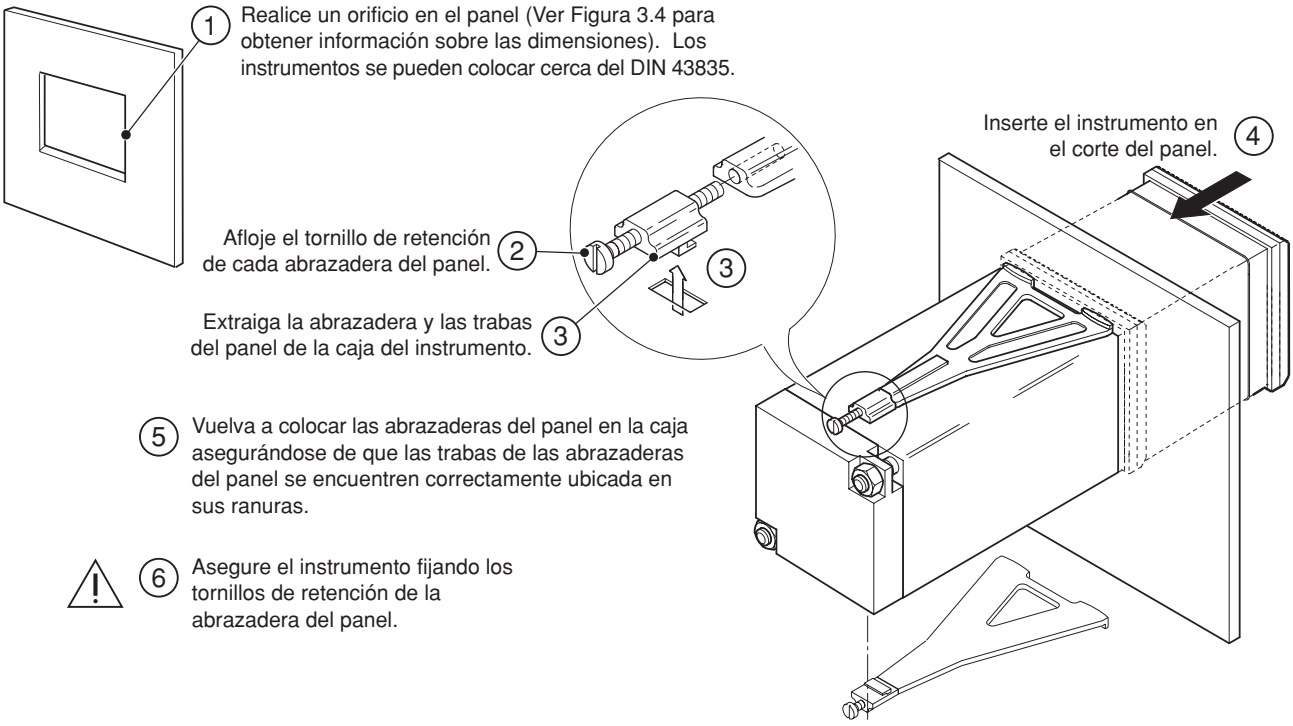


Figura 3.4 Dimensiones totales



Precaución. La abrazadera debe colocarse en forma plana en el alojamiento del instrumento. Si la abrazadera está arqueada, se sobretensa el tornillo de seguridad y se pueden producir problemas de sellado.

Figura 3.5 Montaje en panel

4 CONEXIONES ELÉCTRICAS

Advertencia. Antes de realizar cualquier conexión, asegúrese de que toda fuente de alimentación, todo circuito de control que funciona con alta tensión y las tensiones del modo común alto se encuentren desconectados.

4.1 Acceso a terminales

4.1.1 Instrumentos de montaje en pared/tubería – Figura 4.1

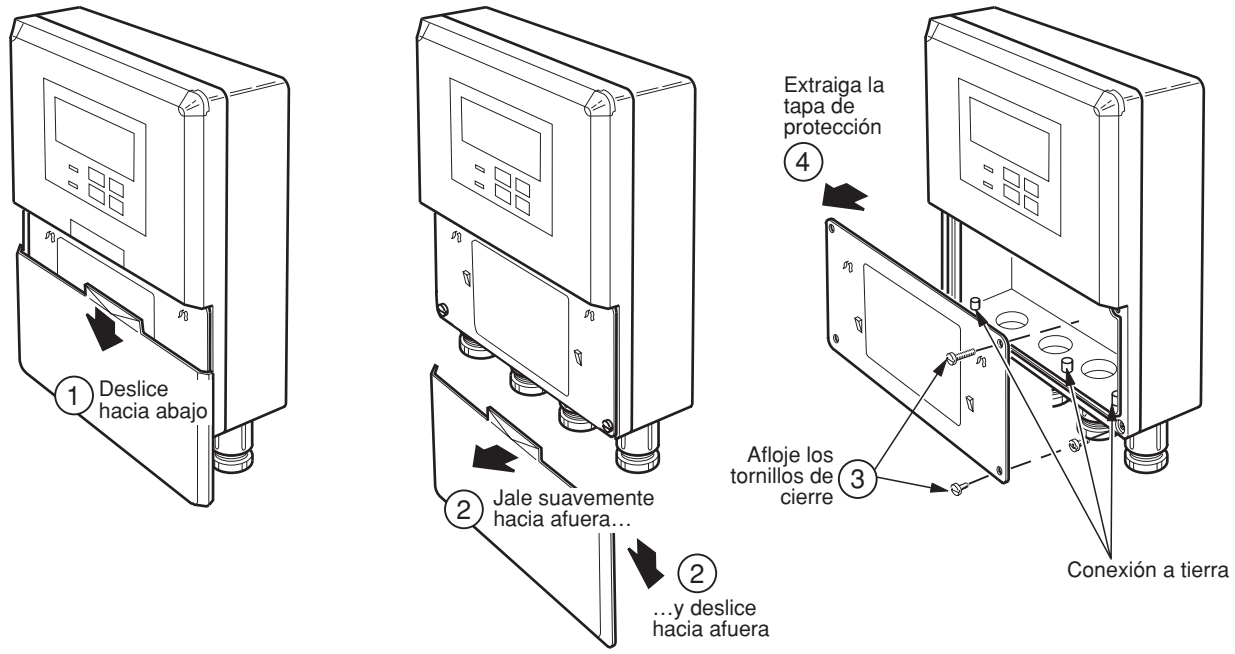


Figura 4.1 Acceso a terminales – Instrumentos de montaje en pared/ tubería

4.1.2 Instrumentos de montaje en panel – Figura 4.2

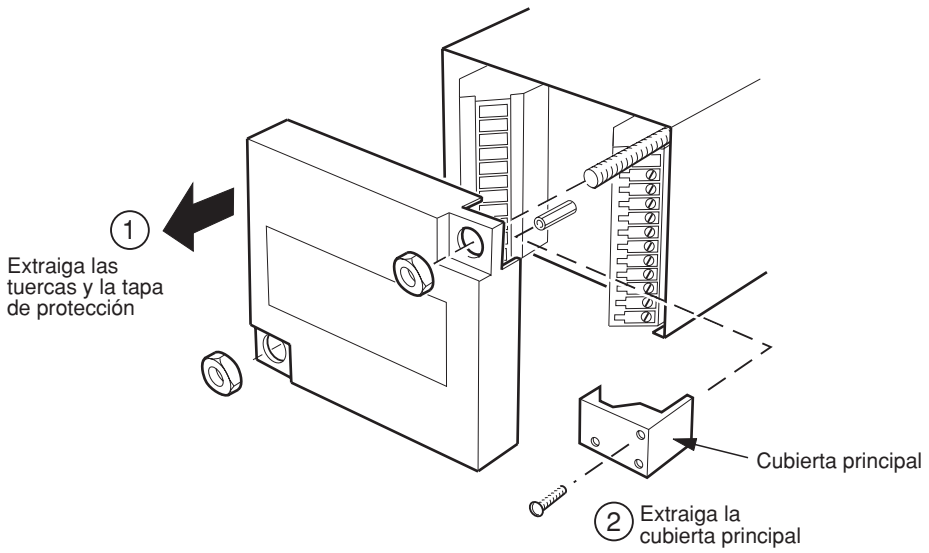


Figura 4.2 Acceso a terminales – Instrumentos de montaje en panel

4.2 Conexiones, general

Información.

- Las terminales de conexión a tierra se encuentran colocadas en la caja del transmisor para la conexión a tierra de la barra de transmisión – ver Figura 4.1 o Figura 4.5.

- **Recorrido de los cables** – Verifique siempre que el recorrido de los cables de salida de señal/electrodos de pH y el de circulación/relé principales sea diferente, preferentemente en conductos metálicos con conexión a tierra.

  Utilice cables de salida de par trenzado o cables con malla conectando la malla al terminal de tierra de la caja. Asegúrese de que los cables ingresen al transmisor a través de los casquillos cercanos a las terminales apropiadas y que sean cortos y directos. No coloque el exceso de cable en el compartimento del terminal.

- **Collarines de cables y tubos conductores** – asegúrese de usar material antihumedad cuando utilice collarines de cables, tubos conductores y conectores de extensión (orificios M20). Los collarines M16 equipados para instrumentos de montaje en pared aceptan cables de entre 4 y 7mm de diámetro.

- **Relés –** los contactos de relés son libres de tensión y deben conectarse correctamente en serie a la fuente de alimentación y al dispositivo de alarma/control con el cual actúan. Asegúrese de que no exceda el contacto nominal. Remítase también a la Sección 4.2.1 (más abajo) para obtener información acerca de la protección de los contactos del relé cuando se los debe usar para la operación de cargas.

- **Salida de retransmisión** – No exceda la especificación de carga máxima para el rango de retransmisión de corriente seleccionado – ver Sección 10, **ESPECIFICACION**.

  Debido a que la salida de retransmisión se encuentra aislada la terminal ve debe conectarse a tierra si se conecta a la entrada aislada de otro dispositivo.

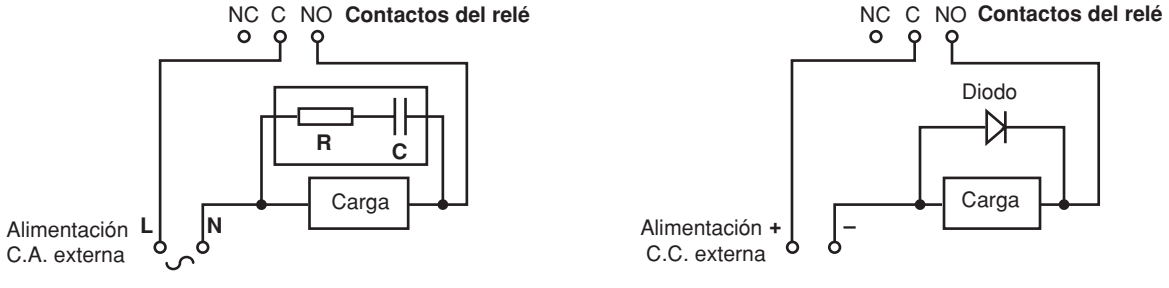
4.2.1 Protección de los contactos del relé y supresión de interferencias – Figura 4.3

Si se usan los relés para operar las cargas entre on y off (activar y desactivar), los contactos del relé se pueden erosionar debido a la formación de arco eléctrico. La formación de arco eléctrico también genera interferencia por radiofrecuencia (RFI) que puede provocar mal funcionamiento del instrumento y lecturas incorrectas. Para minimizar los efectos de RFI, se requieren componentes de supresión de arco; red de resistencias / condensadores para aplicaciones de c.a. o diodos para aplicaciones de c.c. Estos componentes se pueden conectar a través de la carga o directamente a través de los contactos del relé. En los instrumentos de la Serie 4600, los componentes RFI deben fijarse al bloque terminal del relé junto con los cables de alimentación y de carga – ver Figura 4.3

Para las **aplicaciones de c.a.** el valor de la red de resistencias / condensadores depende la carga de corriente e inductancia que se conmuta. En un principio, coloque una unidad de supresión RC 100R/0.022µF (no. de parte B9303) Si se produce una falla de funcionamiento del instrumento (lecturas incorrectas) o se restaura la conexión (la pantalla muestra *88888*) el valor de la red RC es muy bajo para la supresión, se deberá usar un valor alternativo. Si no se puede obtener el valor correcto, consulte al fabricante del dispositivo conmutado para obtener información sobre la unidad RC requerida.

Para las **aplicaciones de c.c.** coloque un diodo tal como se ilustra en la Figura 4.3B. Para las aplicaciones de uso general utilice un tipo IN5406 (tensión de pico inverso de 600V a 3A número de parte B7363) Nota. Para obtener una operación confiable, la tensión mínima debe ser mayor que 12V y la corriente mínima mayor que 100mA.

Nota. Para obtener una operación confiable, la tensión mínima debe ser mayor que 12V y la corriente mínima mayor que 100mA.



A – Aplicaciones de C.A. **B – Aplicaciones de C.C.**

Figura 4.3 Protección de los contactos del relé

...4 CONEXIONES ELÉCTRICAS

Tipo de instrumento	Número de terminal						
4630 (Montaje en pared)	1 y 3	2	4	5	6	7	Terminal de tierra de la caja
4635 (Montaje en panel)	10 y 12	11	9	8	7	6	Terminal de tierra de la caja
	Descripción						
	No se utiliza	Entrada de señal	Entrada de referencia	Entrada PT100	Entrada PT100 del tercer conductor	Entrada PT100	

Conexiones del sistema de electrodos pH

7651 a 7656	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Cable Fly negro (malla coaxial)	Cable blanco	Cable rojo	Cable rojo	Cable Fly amarillo (malla coaxial) más cable verde
7660 a 7665	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Cable Fly negro (malla coaxial)	Cable blanco	Cable rojo	Cable rojo	Cable Fly amarillo (malla coaxial) más cable verde
7670 a 7676	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Cable Fly negro (malla coaxial)	Cable blanco	Cable rojo	Cable rojo	No se utiliza
2867	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Malla (malla coaxial)	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza
2850, 2873 y 2877	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Cable negro	Cable verde	Cable rojo	Cable rojo	Malla coaxial
2891	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Malla (malla coaxial)	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza
7601 a 7605	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Cable negro	Cable verde	RCable rojo	Cable azul	Malla coaxial

Conexiones del Sistema de Electrodos Redox

7651 a 7656	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Cable Fly negro (malla coaxial)	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza
7660 a 7665	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Cable Fly negro (malla coaxial)	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza
7670 a 7676	No se utiliza	Vidrio (Coaxial núcleo interno)	Cable Fly negro (malla coaxial)	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza
2867	No se utiliza	✶ Malla (malla coaxial)	✶ Vidrio (Coaxial núcleo interno)	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza

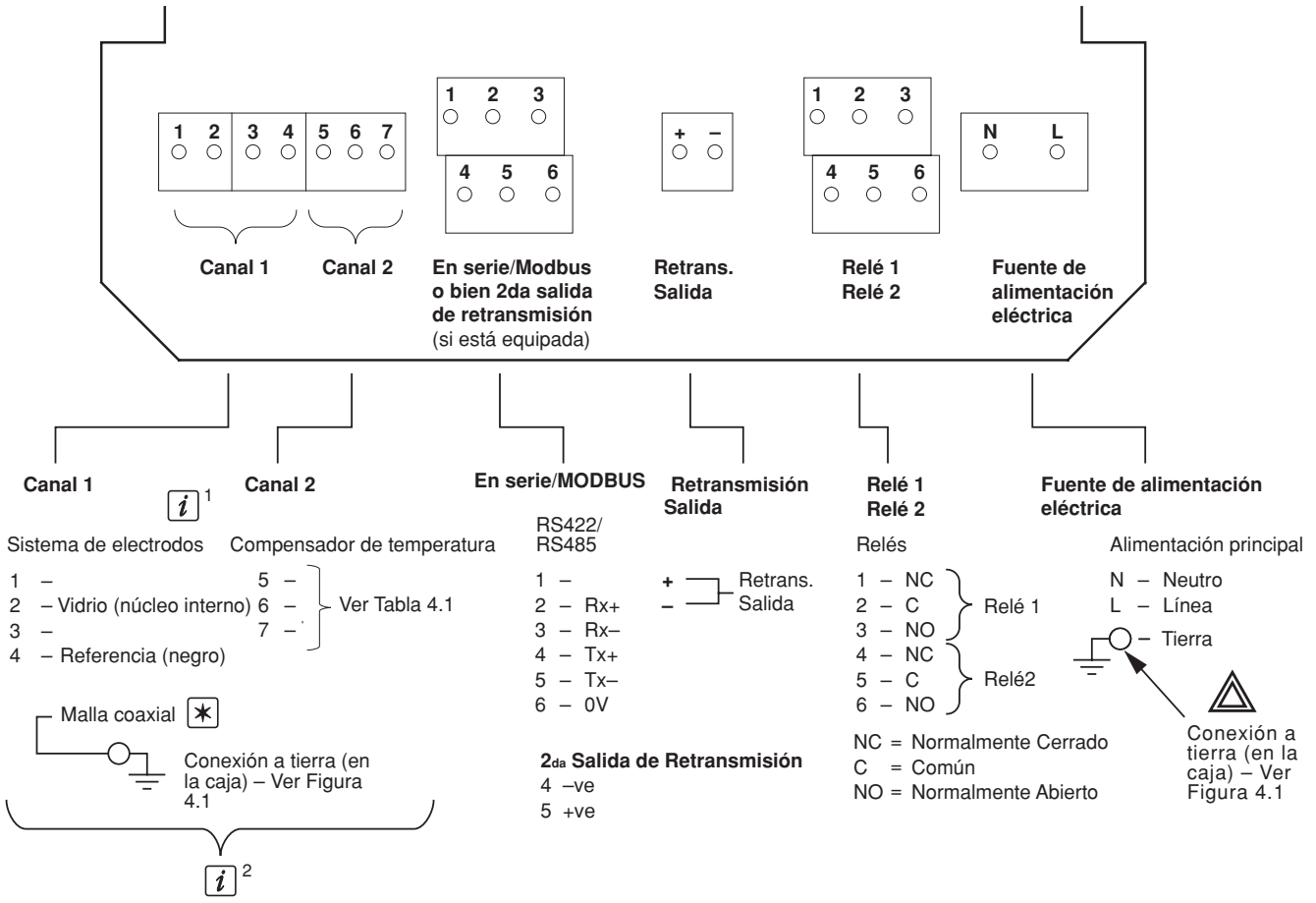
✶ **Nota:** Los electrodos han sido diseñados para entregar una lectura compatible con los instrumentos analógicos. Para obtener lecturas correctas con el sistema de electrodos 2867, los conductores del electrodo deberán invertirse de la manera indicada.

Tabla 4.1 Colores de los cables para los diferentes tipos de sistemas de electrodos de pH

4.3 Conexiones de los instrumentos montados en pared/tubería – Figura 4.4

Nota. Ver Figura 4.1 para obtener Acceso a los Terminales.

Precaución. Afloje los tornillos terminales totalmente antes de efectuar.



Advertencia. La conexión a tierra de la fuente de alimentación eléctrica debe estar conectada para asegurar la seguridad del personal, la reducción de los efectos de interferencia de RFI y la correcta operación del filtro de interferencias de la fuente de alimentación eléctrica.

Tipo de sistema de electrodos pH	Compensación automática de la temperatura	Compensación manual de la temperatura
Serie 7600	Nro. de parte 0312-642	Nro. de parte 9170-310
Sistemas de inmersión 2867	No se aplica	Nro. de parte 9170-300
Sistemas de flujo 7670	No se aplica	Nro. de parte 9170-300
Sistema de inmersión 2891	Nro. de parte 0312-642	Nro. de parte 9170-310

Ver también Tabla 4.1 para obtener información sobre la conexión en distintos tipos de electrodos.

Información. Los colores se refieren al cable de múltiples núcleos del sistema de electrodos. Ver Tabla 4.1.

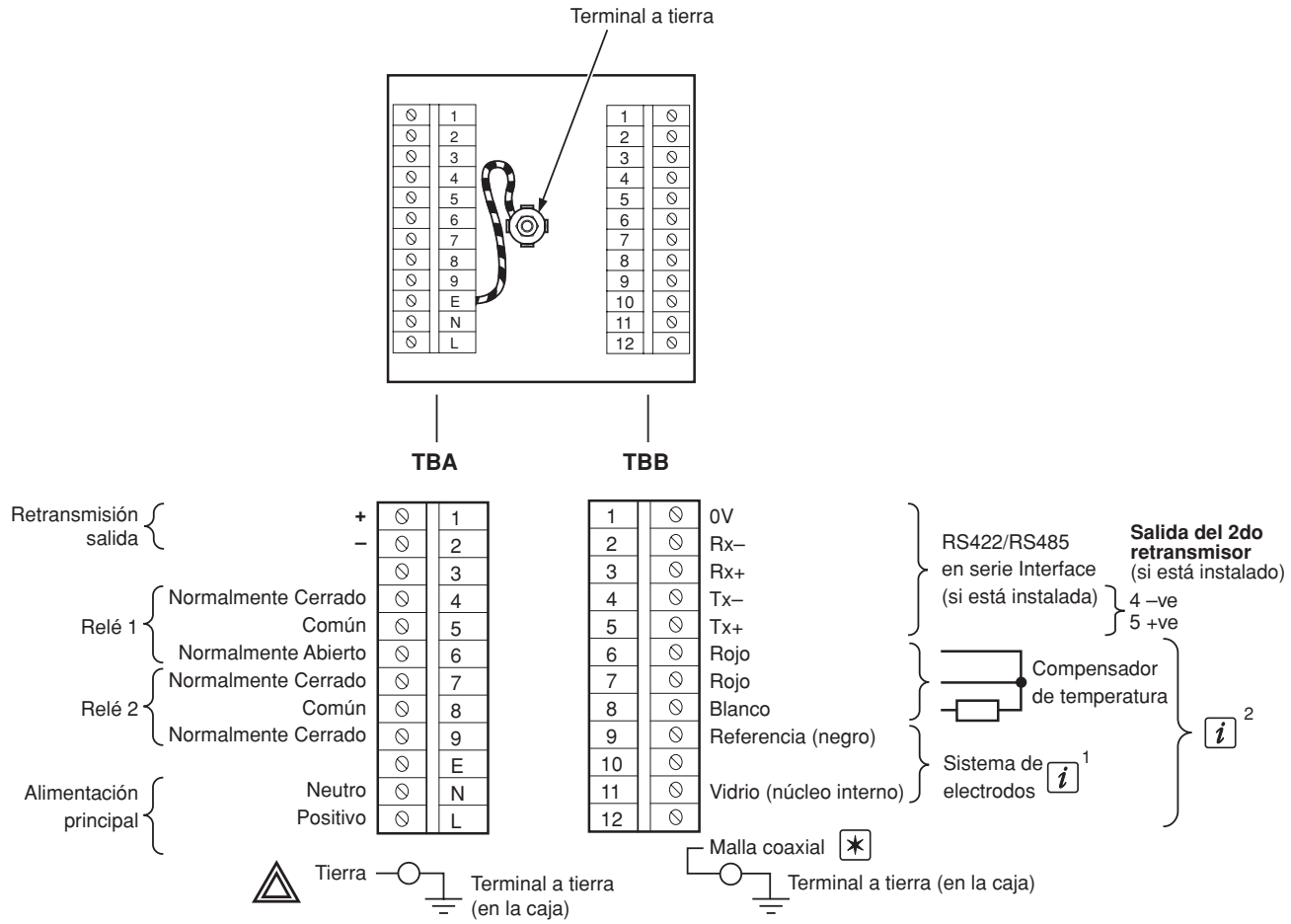
Nota. Cuando se utilizan los sistemas de inmersión 2867 o los sistemas de cartuchos Redox, la alla se conecta a la terminal 4.

Figura 4.4 Conexiones del instrumento de montaje en pared/tubería

4.4 Conexiones de los instrumentos de montaje en panel – Figura 4.5

Nota. Ver Figura 4.1 para obtener Acceso a los Terminales.

Precaución. Afloje totalmente los tornillos terminales antes de efectuar las conexiones.



Advertencia. La conexión a tierra de la fuente de alimentación debe estar conectada para garantizar la seguridad del personal, reducir los efectos de la interferencia de RFI y corregir la operación del filtro de interferencia de la fuente de alimentación. Conecte el cable de conexión a tierra directamente al contacto de tierra de la caja y no al terminal 'E'.

1

Tipo de sistema de electrodos pH	Compensación automática de la temperatura	Compensación manual de la temperatura
Serie 7600	Nro. de parte 0312-642	Nro. de parte 9170-310
Sistemas de inmersión 2867	No se aplica	Nro. de parte 9170-300
Sistemas de flujo 7670	No se aplica	Nro. de parte 9170-300
Sistema de inmersión 2891	Nro. de parte 0312-642	Nro. de parte 9170-310

Ver también Tabla 4.1 para obtener información sobre la conexión en distintos tipos de electrodos.

2

Información. Los colores se refieren al cable de múltiples núcleos del sistema de electrodos. Ver Tabla 4.1.

Nota. Cuando utiliza los sistemas de inmersión 2867 o los sistemas de cartuchos Redox, la malla se conecta al terminal 4.

Figura 4.5 Conexiones del instrumento de montaje en panel

4.5 Selección de tensión principal

4.5.1 Instrumentos de montaje en pared/tubería – Figura 4.6

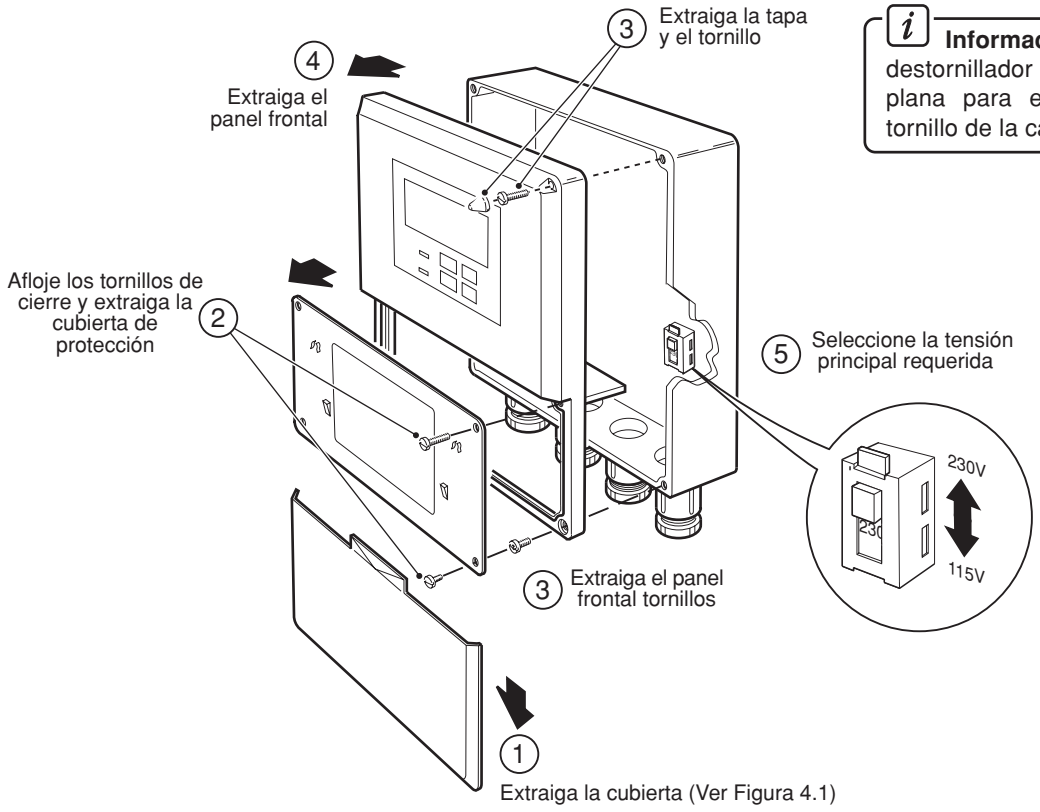


Figura 4.6 Selección de la tensión principal – Instrumentos de montaje en pared/tubería

4.5.2 Instrumentos de montaje en panel – Figura 4.7

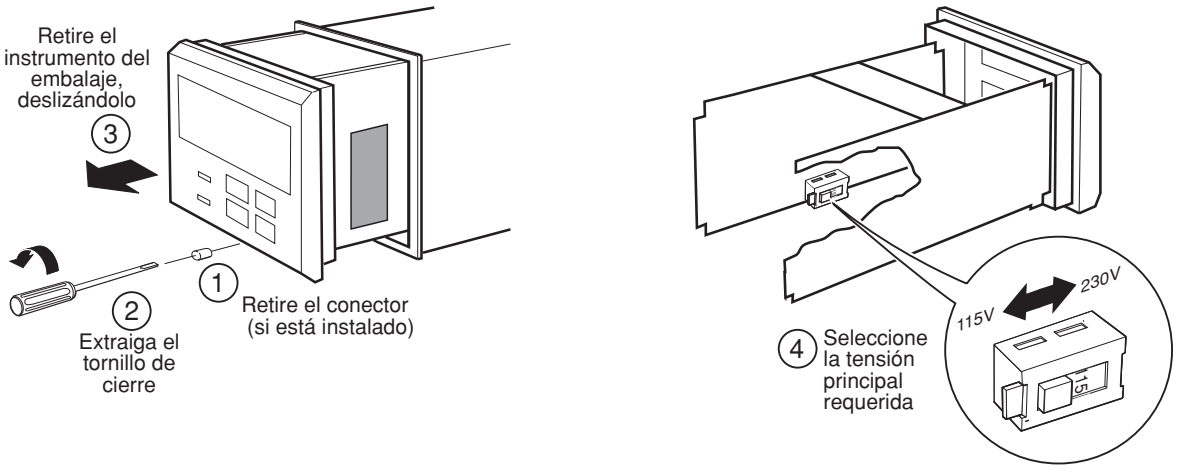


Figura 4.7 Selección de la tensión principal – Instrumentos de montaje en panel

5 CONTROLES Y PANTALLAS

5.1 Pantallas – Figura 5.1

Las pantallas comprenden una línea de visualización superior digital de 5 dígitos, 7 segmentos y una línea de visualización inferior de matriz de puntos de 16 caracteres. La línea de visualización superior muestra los valores de pH reales, la temperatura, los puntos de ajuste de la alarma o los parámetros programables. La línea de visualización inferior muestra las unidades asociadas o la información de programación.

5.2 Familiarización con los interruptores – Figuras 5.1 y 5.2

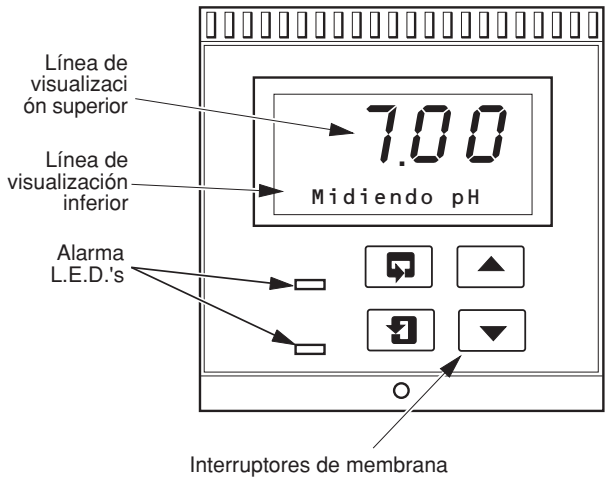
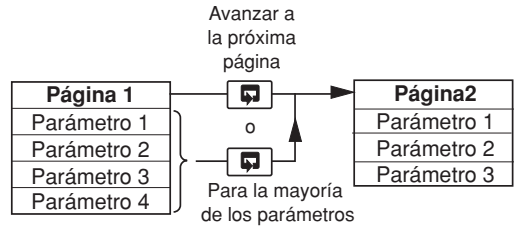
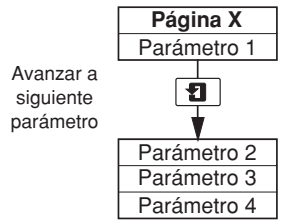


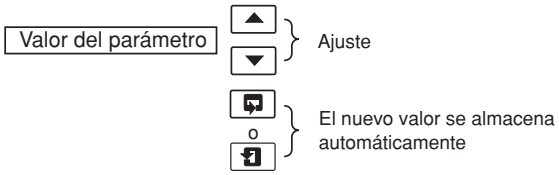
Figura 5.1 Ubicación de los controles y de las pantallas



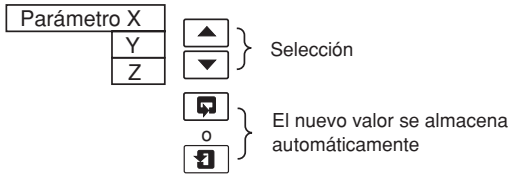
A – Avanzar a la próxima página



B – Desplazamiento entre parámetros



C – Ajuste y almacenamiento de un valor de parámetro



D – Selección y almacenamiento de una opción de parámetro

Figura 5.2 Funciones de los interruptores de membrana

6 OPERACIÓN

6.1 Arranque de los instrumentos

Asegúrese de que todas las conexiones eléctricas se hayan realizado correctamente y encienda la fuente de alimentación eléctrica. Si el instrumento se utiliza por primera vez, se deben programar sus parámetros, según lo detallado en el Sección 7, antes de realizar la calibración de pH.

6.2 Operación – Modo de medición de pH

La operación en el modo de medición de pH comprende una **Página para la Operación** y una **Página para la Calibración del pH**. La Página de Operación es de uso general y allí se pueden ver los parámetros (pero no se pueden modificar). Para modificar o programar un parámetro, lea las páginas de programación en la Sección 7.

Hay tres procedimientos de calibración: **Punto único, Dos puntos (Modo Manual)** y **Dos puntos (Modo Automático)**. Consulte la tabla 6.1 para ver las generalidades de cada procedimiento.

Se utiliza un código de calibración de 5 dígitos para evitar el acceso no autorizado a la página de calibración de pH. El valor predeterminado es 00000 para permitir el acceso durante la puesta en servicio, pero deberá cambiarse a un valor único, que sólo sea conocido por los operadores autorizados, en la **página de configuración de alarmas** – ver la Sección 7.4.

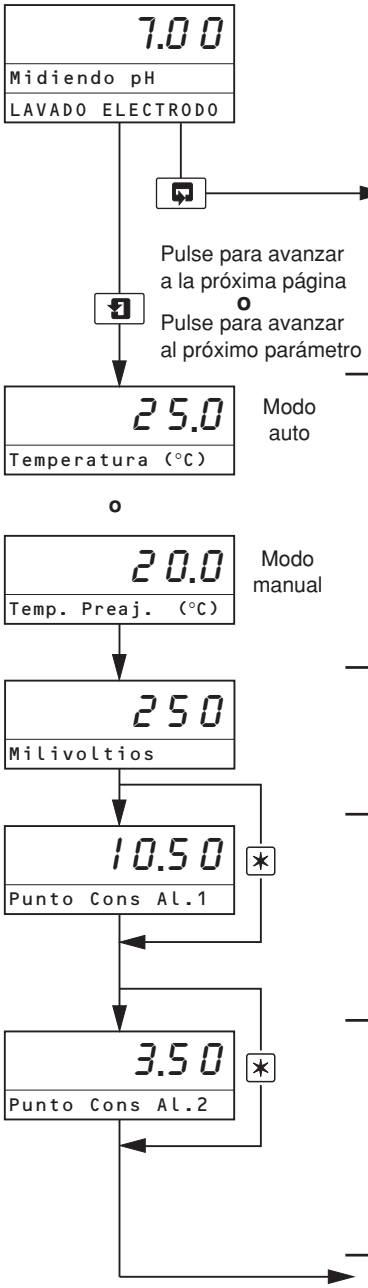
	Tipo de calibración		
	Punto único	**Dos puntos (Modo Manual)**	**Dos puntos (Modo Automático)**
Amortiguadores utilizados	Utilizado con alguna solución amortiguadora	Utilizado con cualquier solución amortiguadora no listada en la Tabla 6.2 de la página 17. Este modo requiere la entrada manual de los valores del amortiguador.	Utilizado con amortiguadores ABB o no pertenecientes a ABB – vea la Tabla 6.2 de la página 17. Este modo ofrece un reconocimiento automático de los 2 amortiguadores.
Compensación de temperatura	Requiere efectuar la medición de la temperatura de los amortiguadores e ingresar el valor correspondiente del amortiguador en el transmisor. (Consulte la ficha técnica que acompaña a la solución amortiguadora).	Requiere efectuar la medición de la temperatura de los amortiguadores e ingresar el valor correspondiente del amortiguador en el transmisor. (Consulte la ficha técnica que acompaña a la solución amortiguadora).	El instrumento ajusta automáticamente los valores del amortiguador para los cambios en la temperatura del amortiguador. (Compensación de temperatura ACTIVADA)
Proceso de calibración	Se permite un lapso de 3 minutos para que se estabilice la respuesta del electrodo en el amortiguador. Durante este tiempo se muestra la respuesta en mV. Si no se alcanza la estabilidad, aparecerá el mensaje `RESPUESTA LENTA` Si se logra la estabilidad dentro del lapso de 3 minutos y la calibración ha tenido éxito, aparecerá el mensaje `CALIBRACION REALIZADA.` Lea la explicación de todos los mensajes de calibración en la tabla 6.3 de la página 20.	Se permite un lapso de 3 minutos para que se estabilice la respuesta del electrodo en el amortiguador. Durante este tiempo se muestra la respuesta en mV. Si no se alcanza la estabilidad, aparecerá el mensaje `RESPUESTA LENTA` Si se logra la estabilidad dentro de los 3 minutos y la calibración ha tenido éxito, el procedimiento avanza automáticamente a la etapa siguiente. Lea la explicación de todos los mensajes de calibración en la tabla 6.3 de la página 20.	Se permite un lapso de 3 minutos para que se estabilice la respuesta del electrodo en el amortiguador. Durante este tiempo se muestra la respuesta en mV. Si no se alcanza la estabilidad, aparecerá el mensaje `RESPUESTA LENTA` Si se logra la estabilidad dentro de los 3 minutos y la calibración ha tenido éxito, el procedimiento avanza automáticamente a la etapa siguiente. Lea la explicación de todos los mensajes de calibración en la tabla 6.3 de la página 20.
Notas	La calibración de punto único compensa cualquier desviación en el sistema de electrodos. El **Valor de Verificación de pH** indica la cantidad desviada en unidades de pH. El **Valor % Pendiente** no es afectado y su valor sigue siendo el valor de la última calibración de dos puntos efectuada con éxito.	El Valor de **Pendiente Mínima de Calibración de pH** es programable – vea el parámetro Ajustar Pendiente Min % en la sección 7.3, página 25. El parámetro **Valor Pendiente %** advierte con anticipación que la respuesta del sistema de electrodos se está deteriorando. Si el **Valor % Pendiente** es 20% menor que el **Valor de Pendiente Mínima de Calibración de pH**, la calibración falla.	El **Valor de Pendiente Mínima de Calibración de pH** es programable – vea el parámetro Ajustar Pendiente Min % en la sección 7.3, página 25. El parámetro **Valor Pendiente %** advierte con anticipación que la respuesta del sistema de electrodos se está deteriorando. Si el **Valor % Pendiente** es 20% menor que el **Valor de Pendiente Mínima de Calibración de pH**, la calibración falla.

Tabla 6.1 Tipo de calibración

i **Información.**

- **Valor de Verificación de pH** – es una indicación del desplazamiento del sistema de electrodos y se expresa en unidades de pH. El valor óptimo para los sistemas de electrodos de vidrio es 7pH; para los sistemas Antimonios es 0pH La cantidad en que varía el valor de verificación luego de cada calibración refleja la cantidad de desviación eléctrica del sistema de electrodos.
- **% Valor de Pendiente** – es una indicación de la respuesta del sistema de electrodos con respecto a la respuesta teórica esperada. El valor debe encontrarse entre el % de valor de pendiente mínimo programado (vea **Valor de Pendiente Mínima de Calibración de pH** en la página de **Configuración de Parámetros** de la página 25) y 105% para una calibración exitosa.

6.2.1 Página de operación



pH medido
Si se selecciona el ciclo de Limpieza con Agua (modelos 4631 ó 4636 solamente), se visualiza un mensaje alternativo `LAVADO ELECTRODO`. El estado de la Alarma 1 y el valor de retransmisión se retienen en su condición previa al ciclo de lavado por la duración del ciclo de lavado.

Estos dos conmutadores se usan para avanzar a todos los parámetros y páginas posteriores.

Temperaturas de muestra:
se visualiza en °C o °F. Las unidades de pantalla son programables – ver Sección 7.3, **Página de parámetros de instalación**. Se selecciona la modalidad automática o manual en la **Página de Parámetros de instalación.**

Preconfigurar la temperatura:
el valor se visualiza en °C o °F. Las unidades de pantalla son programables ver Sección 7.3, **Página de parámetros de instalación**. El valor preconfigurado de la temperatura se define en la **Página de parámetros de instalación.**

mV medido
Se visualiza la salida del sensor en milivoltios.

Punto de ajuste de Alarma 1
El valor del punto de ajuste y la acción del relé/l.e.d. son programables – ver Sección 7.4, **Página Configurar Alarmas.**

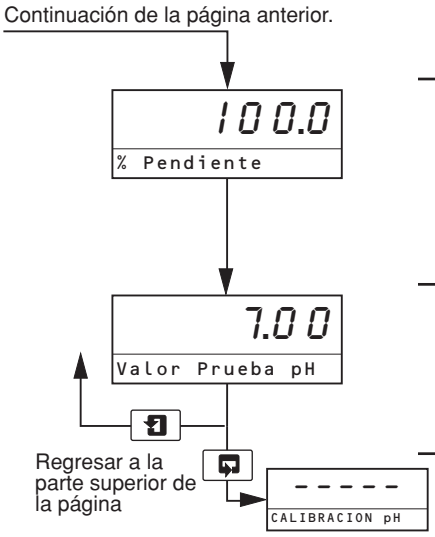
✳ **Nota.** Esta pantalla es pasada por alto si el Tipo de Alarma 1 ha sido puesto en `Fail o Desc.`. Vea la Sección 7.4, en la **Página Configurar Alarmas**.

Punto de ajuste de Alarma 2
El valor del punto de ajuste y la acción del relé/l.e.d. son programables – ver Sección 7.4, **Página Configurar Alarmas.**

✳ **Nota.** Esta pantalla es pasada por alto si se selecciona la secuencia de **Limpieza con Agua** o si el Tipo 2 de Alarma ha sido puesto en `Fail o Desc.` – ver Sección 7.4, **Página Configurar Alarmas**.

Continúa en la próxima página.

...6.2.1 Página de operación



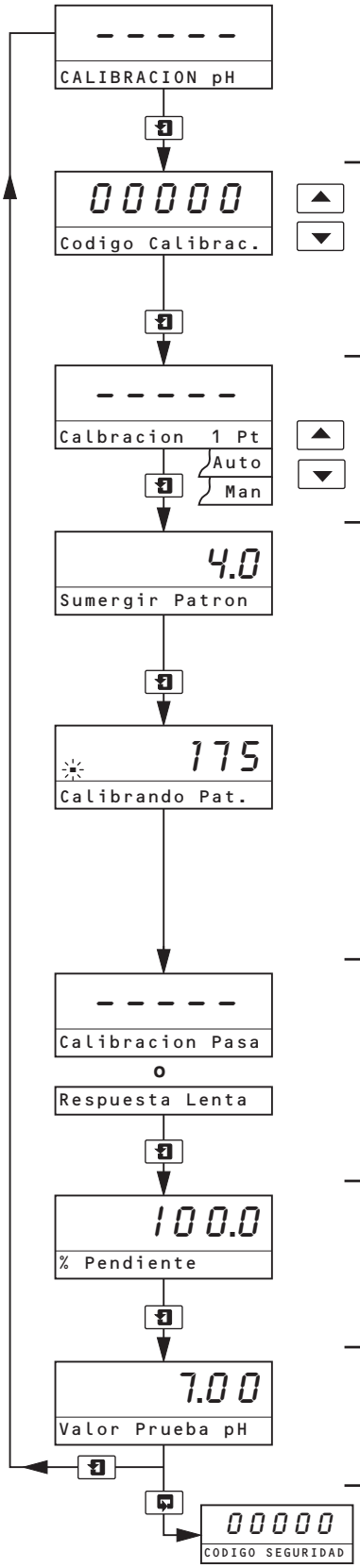
Valor de pendiente
Deberá mostrarse un valor que se encuentre entre el % de valor de pendiente mínimo programado (vea **Valor de Pendiente Mínima de Calibración de pH** en la **Página de parámetros de instalación** de la página 25) y 105%.
Si el valor se encuentra fuera de estos límites, se deberá comprobar el sistema de electrodos.

Valor de comprobación del pH:
se visualiza como indicación adicional de la condición del sistema de electrodos; 7pH es el valor óptimo para los electrodos de vidrio y 0pH para electrodos de Antimonio.

Avanzar al parte superior de la **Página de Calibración de pH**.

6.2.2 Calibración de pH de Punto Unico

En lugar de la calibración de dos puntos, se puede realizar preferentemente una calibración de punto único siempre que se haya efectuado una calibración de dos puntos luego de la instalación del instrumento. Este procedimiento supone un par de electrodos con respuesta de Nernstian perfecta, es decir, 59,16mV por cada cambio del pH a 25°C. Consulte la Tabla 6.1 en la Página 13 para ver las generalidades del procedimiento de calibración.



Nota. Si se presiona la tecla en cualquier momento durante la secuencia de calibración anteriormente al Valor de la `Verificacion de pH`, el parámetro abandona la calibración y regresa la visualización a la parte superior de la **Página de Operación**.

Avanzar al siguiente parámetro.

Acceso a la calibración

Ingrese el código de calibración requerido, entre 00000 y 19999. Si se ingresa un valor incorrecto, se evita el acceso a la calibración de pH y la pantalla regresa a la parte superior de la **Página de Calibración de pH**.

Avanzar al siguiente parámetro.

Tipo de Calibración de Amortiguación

Seleccionar amortiguación de punto único (`1 Pt`).

Avanzar al siguiente parámetro.

Calibración del amortiguador

Sumerja el electrodo en la solución amortiguadora. Coloque la línea de la pantalla superior a la temperatura-valor de pH corregido de la solución amortiguadora – consulte la ficha técnica que viene junto con la solución.

Avanzar para iniciar calibración. Un punto destellante indica que la calibración está en progreso.

La línea superior de la pantalla muestra la fuerza electromotriz del sensor.

- Cuando se detecta una f.e.m. estable, el instrumento avanza automáticamente al siguiente parámetro y aparece el mensaje de calibración correspondiente al resultado de la calibración.
- Si no se detecta una f.e.m. estable, aparece el mensaje de calibración `Respuesta Lenta`.

Mensaje de Calibración

Consulte la Tabla 6.3 de la página 20 para más explicaciones sobre el mensaje de calibración.

Avanzar al siguiente parámetro.

Valor de Pendiente

El valor de pendiente se mantiene fijo desde la última calibración de 2 puntos.

Avanzar al siguiente parámetro.

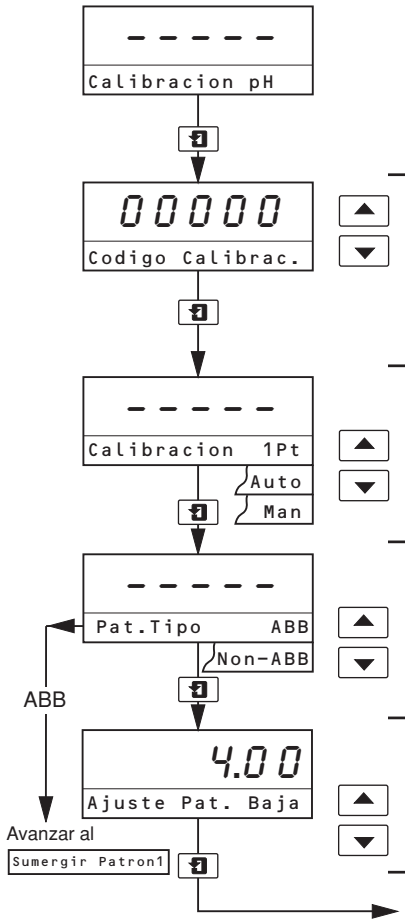
Valor de Verificación de pH:

se muestra como una indicación adicional del estado del sistema de electrodos; el valor óptimo es 7pH para los electrodos de vidrio y 0pH para los electrodos de Antimonio.

Avanzar al **Acceso a parámetros protegidos**.

6.2.3 Calibración de pH de dos puntos (Modo Automático)

La calibración de pH automática implica la normalización del instrumento y del sistema de electrodos utilizando las soluciones amortiguadoras provistas por ABB o soluciones no pertenecientes a ABB de 4, 7, 9 y 10pH. Antes de comenzar la calibración de pH, compruebe el valor `Comp. de Temp.` de la **Página de parámetros de instalación** – vea la Sección 7.3. Consulte la Tabla 6.1 en la Página 13 para ver las generalidades del procedimiento de calibración.



Nota. Si se presiona la tecla en cualquier momento durante la secuencia de calibración anteriormente al Valor de la `Verificacion de pH`, el parámetro abandona la calibración y regresa la visualización a la parte superior de la **Página de Operación**.

Avanzar al siguiente parámetro.

Acceso a la calibración
Ingrese el código de calibración requerido, entre 00000 y 19999. Si se ingresa un valor incorrecto, se evita el acceso a la calibración de pH y la pantalla regresa a la parte superior de la **Página de Calibración de pH**.

Avanzar al siguiente parámetro.

Tipo de Calibración de Amortiguación
Seleccionar amortiguación automática (`AUTO`).

Avanzar al siguiente parámetro.

Tipo de amortiguador
Seleccione ABB si se están utilizando soluciones amortiguadores de `ABB`, en caso contrario selecciona `Non-ABB`.
El instrumento es programado para aplicar la temperatura – valores de pH corregidos mostrados en la Tabla 6.2 al cálculo de la calibración.

Amortiguador 1
Seleccione la solución amortiguadora de pH 4, 7 ó 9.

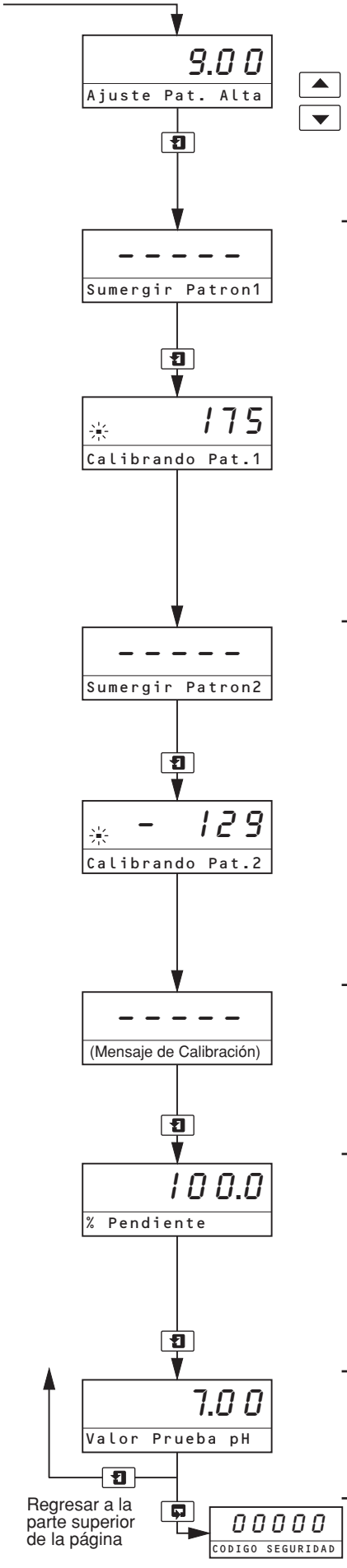
Continúa en la página siguiente.

	Soluciones amortiguadoras no pertenecientes a ABB				Soluciones Amortiguadoras de ABB	
Temp (°C)	**4pH**	**7pH**	**9pH**	**10pH**	**4pH**	**9pH**
0	4,05	7,13	9,24	10,26	4,00	9,475
5	4,04	7,07	9,16	10,17	–	–
10	4,02	7,05	9,11	10,11	3,997	9,347
15	4,01	7,02	9,05	10,05	–	–
20	4,00	7,00	9,00	10,00	4,00	9,233
25	4,01	6,98	8,95	9,94	4,005	9,182
30	4,01	6,98	8,91	9,89	4,011	9,134
35	4,01	6,96	8,88	9,84	4,022	9,074
40	4,01	6,95	8,85	9,82	4,027	9,051
50	4,00	6,95	8,79	9,74	4,050	8,983
60	4,00	6,96	8,73	9,67	4,080	8,932
70	4,00	6,96	8,70	9,62	4,116	8,898
80	4,00	6,97	8,66	9,55	4,159	8,88
90	4,00	7,00	8,64	9,49	4,208	8,84

Tabla 6.2 Valores de pH corregidos por temperatura de la solución amortiguadora de ABB y no perteneciente a ABB.

...6.2.3 Calibración de pH de dos puntos (Modo Automático)

Continuación de la página anterior.



Amortiguador 2
Seleccione la solución amortiguadora de pH 7, 9 ó 10.

Nota. La solución amortiguadora seleccionada para el Amortiguador 2 debe tener un pH al menos una unidad mayor que la solución seleccionada para el amortiguador 1, por ejemplo, si el amortiguador 1 se ajusta a 7 pH, el amortiguador 2 debe ajustarse a 9 ó a 10pH.

Calibración del amortiguador 1
Sumerja el compensador de temperatura y el electrodo en la solución amortiguadora 4pH de ABB o en la solución 1 amortiguadora seleccionada anteriormente, no perteneciente a ABB.

Avanzar para iniciar calibración. Un punto destellante indica que la calibración está en progreso.

La línea superior de la pantalla muestra la fuerza electromotriz del sensor.

- Cuando se detecta una f.e.m. estable y la calibración es exitosa, el instrumento avanza automáticamente al siguiente parámetro.
- Si no se detecta una f.e.m estable, el instrumento avanza automáticamente al parámetro del **Mensaje de Calibración** y aparece el mensaje `Respuesta Lenta`.
- Si la calibración no tiene éxito, el instrumento avanza automáticamente al parámetro del **Mensaje de Calibración** y aparece el mensaje correspondiente.

Calibración del amortiguador 2
Sumerja el compensador de temperatura y el electrodo en la solución amortiguadora 9pH de ABB o en la solución 2 amortiguadora seleccionada anteriormente, no perteneciente a ABB.

Avanzar para iniciar calibración. Un punto destellante indica que la calibración está en progreso.

La línea superior de la pantalla muestra la fuerza electromotriz del sensor.

- Cuando se detecta una f.e.m. estable, el instrumento avanza automáticamente al siguiente parámetro y aparece el mensaje de calibración correspondiente al resultado de la calibración.
- Si no se detecta una f.e.m. estable, aparece el mensaje de calibración `Respuesta Lenta`.

Mensaje de Calibración
Consulte la Tabla 6.3 de la página 20 para más explicaciones sobre el mensaje de calibración. Si la calibración falla, avance a los dos parámetros siguientes para la información diagnóstica.

Avance al siguiente parámetro.

Valor de Pendiente
Deberá mostrarse un valor que se encuentre entre el % de valor de pendiente mínimo programado (vea **Valor de Pendiente Mínima de Calibración de pH** en la **Página de parámetros de instalación** de la página 25) y 105%.
Si el valor se encuentra fuera de estos límites, se deberá comprobar el sistema de electrodos.

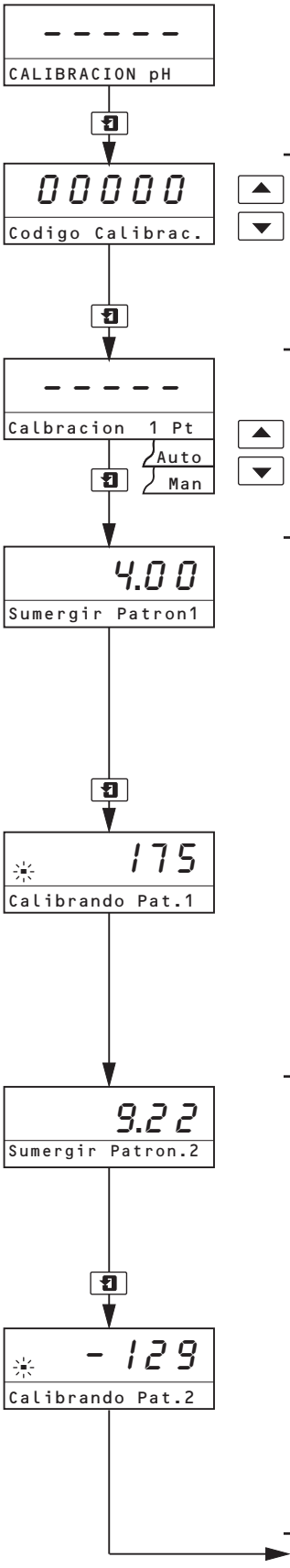
Avance al siguiente parámetro.

Valor de Verificación de pH:
se muestra como una indicación adicional del estado del sistema de electrodos; el valor óptimo es 7pH para los electrodos de vidrio y 0pH para los electrodos de Antimonio.

Avanzar al **Acceso a parámetros protegidos**.

6.2.4 Calibración de pH de dos puntos (Modo Manual)

La calibración manual de pH implica estandarizar el instrumento y el sistema de electrodos mediante dos soluciones amortiguadoras adecuadas que suministren un margen razonable y contengan la gama de medición anticipada. Antes de comenzar la calibración de pH, verifique el valor `Comp. De Temp` en la **página Configurar Parámetros** – vea la Sección 7.3. Vea en la Tabla 6.1 de la página 13 las generalidades del procedimiento de calibración.



Nota. Si se presiona la tecla ↩ en cualquier momento durante la secuencia de calibración, antes de alcanzar el Valor de Verificación de pH, el parámetro abandona la calibración y la visualización regresa a la parte superior de la **Página de Operación**.

Avanzar al siguiente parámetro.

Acceso a la calibración
Ingrese el número de código de calibración requerido, entre 00000 y 19999. Si se ingresa un valor incorrecto, se evita el acceso a la calibración de pH y la visualización regresa a la parte superior de la **Página de Calibración de pH**.

Avanzar al siguiente parámetro.

Tipo de calibración de Amortiguación
Seleccionar amortiguación manual (`Man`).

Avanzar al siguiente parámetro

Calibración 1 del amortiguador
Asegúrese de que el parámetro Temp. Predet. de la **Página de parámetros de instalación** esté ajustado de acuerdo con la temperatura de las soluciones amortiguadoras que serán utilizadas – vea la Sección 7.3.

Sumerja antes el electrodo en la solución amortiguadora. Coloque la línea superior de la pantalla en la temperatura-valor de pH corregido de la solución amortiguadora – consulte la ficha técnica que viene junto con la solución.

Avance para iniciar la calibración. Un punto destellante indica que la calibración está en progreso.

La línea superior de la pantalla muestra la FEM del sensor

- Cuando se detecta una f.e.m. estable y la calibración es exitosa, el instrumento avanza automáticamente al siguiente parámetro.
- Si no se detecta una f.e.m estable, el instrumento avanza automáticamente al parámetro del **Mensaje de Calibración** y aparece el mensaje `Respuesta Lenta`.
- Si la calibración no tiene éxito, el instrumento avanza automáticamente al parámetro del **Mensaje de Calibración** y aparece el mensaje correspondiente.

Calibración 2 del amortiguador
Sumerja antes el electrodo en la segunda solución amortiguadora. Coloque la línea superior de la pantalla en la temperatura – valor de pH corregido de la solución amortiguadora - consulte la ficha técnica
que viene junto con la solución.

Avance para iniciar la calibración. Un punto destellante indica que la calibración está en progreso.

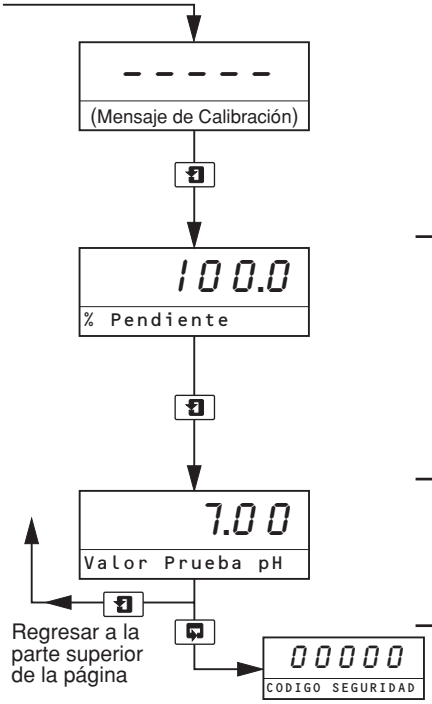
La línea superior de la pantalla muestra la FEM del sensor

- Cuando se detecta una f.e.m. estable, el instrumento avanza automáticamente al siguiente parámetro y aparece el mensaje de calibración correspondiente al resultado de la calibración.
- Si no se detecta una f.e.m. estable, aparece el mensaje de calibración `Respuesta Lenta`.

Continúa en la página siguiente.

...6.2.4 Calibración de pH de dos puntos (Modo Manual)

Continuación de la página anterior.



Mensaje de Calibración
Consulte la siguiente Tabla 6.3 para más explicaciones sobre los mensajes de calibración. Si la calibración falla, avance a los siguientes dos parámetros para la información diagnóstica.

Avanzar al siguiente parámetro

Valor de Pendiente
Se debería mostrar un valor situado entre el % de valor de pendiente mínimo programado (vea V**alor de Pendiente Mínima de Calibración de pH** en la **Página de parámetros de instalación** de la página 25) y 105%.
Si el valor se encuentra fuera de estos límites, se deberá comprobar el sistema de electrodos.

Avanzar al siguiente parámetro

Valor de Verificación de pH:
se muestra como una indicación adicional del estado del sistema de electrodos; 7pH es el valor óptimo para los electrodos de vidrio y 0 pH es el valor óptimo para los electrodos de Antimonio.

Avance para **Acceder a parámetros protegidos**.

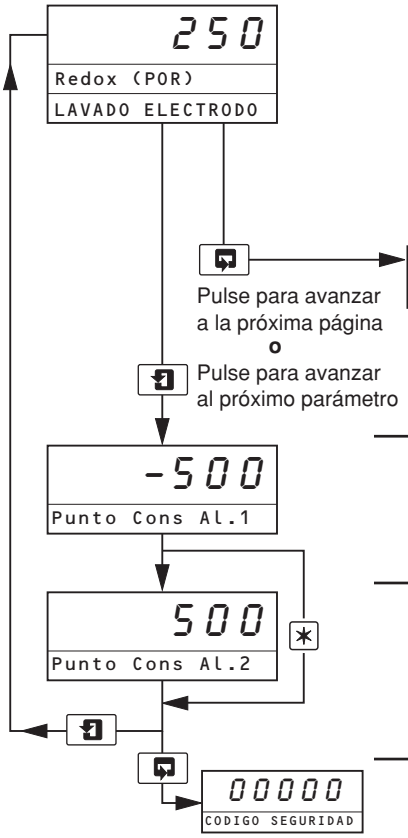
Mensaje de Calibración	Mín.	Máx.	Explicación	Acción
Paso de Calibracion	De 40 a 70%	105%	Se utilizan los nuevos coeficientes de calibración	Ninguna
Bajo % Pendiente	De 60 a 90%	De 60 a 90%	El par de electrodos se está fatigando – se recomienda reemplazarlos.	El par de electrodos se está fatigando – se recomienda reemplazarlos.
Respuesta Lenta	–	–	La respuesta de Nernstian del par de electrodos no se ha estabilizado durante la amortiguación del amortiguador 1 o del 2.	Reemplace el par de electrodos
Falla en Calibracion	0%	De 40 a 70%	Los nuevos coeficientes de calibración son ignorados y se utilizan los últimos coeficientes de calibración de eficacia comprobada.	Comprobar valores del amortiguador y repetir la amortiguación. Si la falla persiste, reemplace los electrodos

Tabla 6.3 Mensajes de Calibración de pH (para las secciones 6.2.3 y 6.2.4)

6.3 Gráfico de Programación Global – Medición Redox (POR)

La operación en modo de medición de redox comprende solo una página de operación. La **Página de operación** es una página de uso general en la que los parámetros sólo se visualizan y no se pueden modificar. Para modificar o programar un parámetro ver páginas de programación en la Sección 7.

6.3.1 Página de operación



mV medido
Se visualiza la f.e.m. de la sonda.

Si se selecciona el ciclo de Limpieza con Agua (modelos 4631 ó 4636 solamente), se visualiza un mensaje alternativo `LAVADO ELECTRODO`. El estado de la Alarma 1 y el valor de retransmisión se retienen en su condición previa al ciclo de lavado por la duración del ciclo de lavado.

Estos dos conmutadores se usan para avanzar a todos los parámetros y páginas posteriores.

Punto de ajuste de Alarma 1
El valor del punto de ajuste y la acción del relé/l.e.d. son programables – ver Sección 7.4, **Página Configurar Alarmas**.

Punto de ajuste de Alarma 2
El valor del punto de ajuste y la acción del relé/l.e.d. son programables – ver Sección 7.4, **Página Configurar Alarmas**.

Nota. Esta pantalla se anula si se selecciona el ciclo de limpieza con agua.

Avanzar a **Acceso a parámetros protegidos** en la página 24.

7 PROGRAMACION

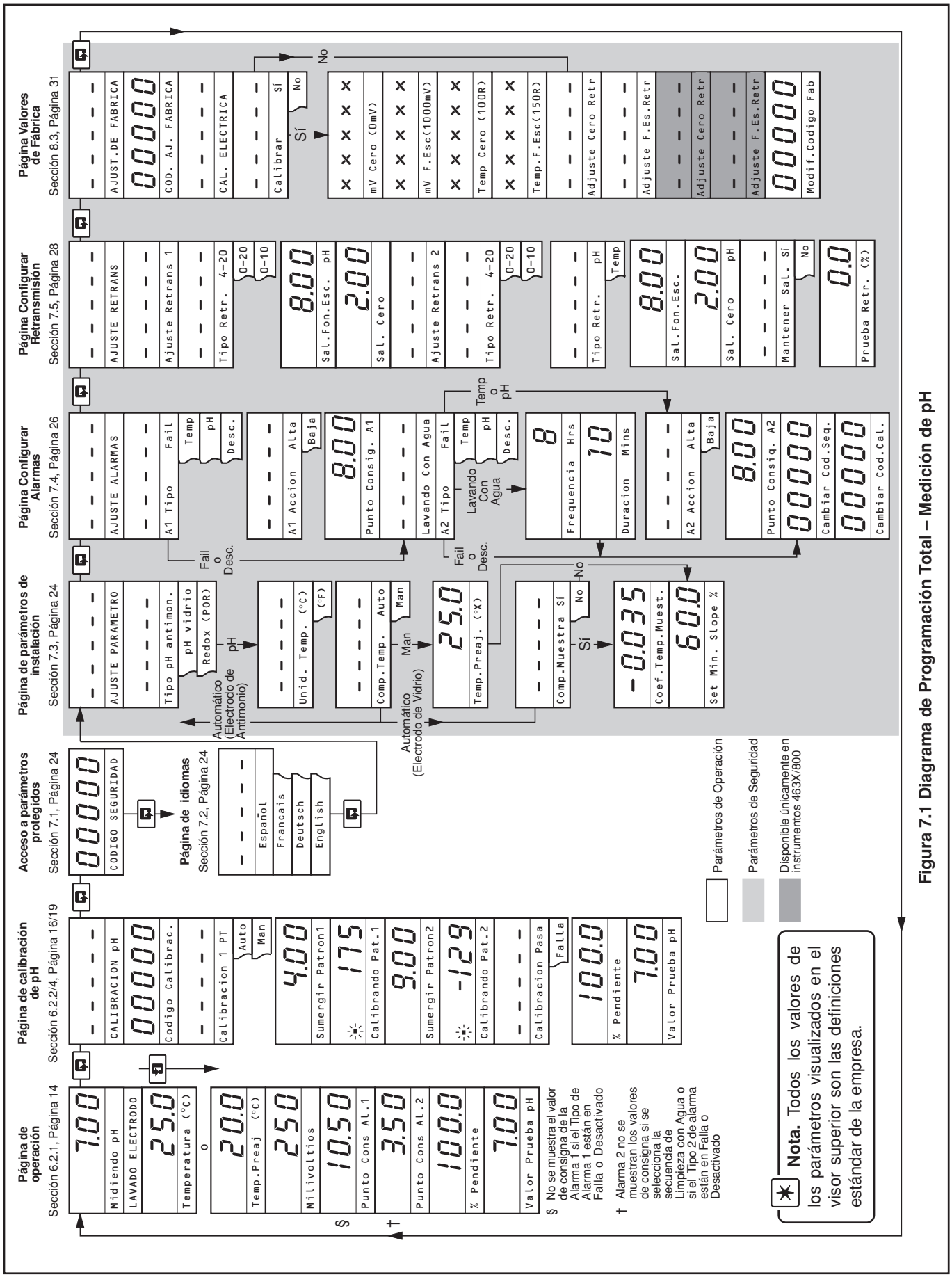


Figura 7.1 Diagrama de Programación Total – Medición de pH

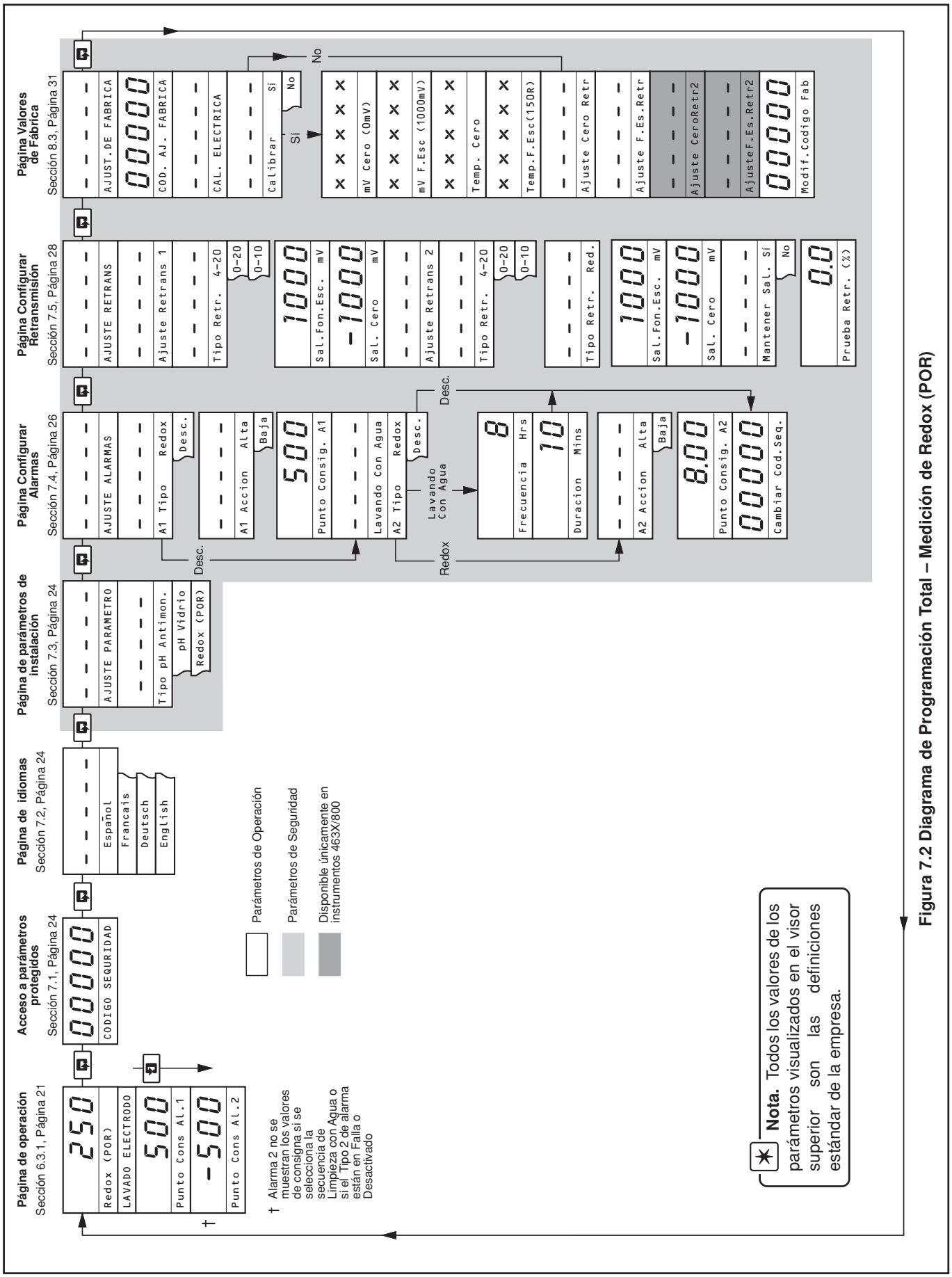
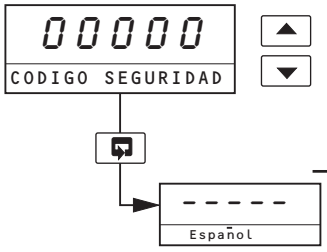


Figura 7.2 Diagrama de Programación Total – Medición de Redox (POR)

...7 PROGRAMACION

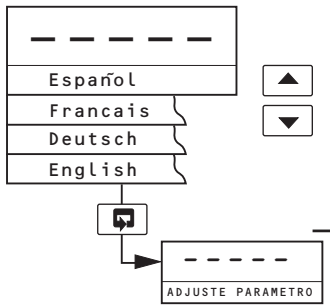
7.1 Acceso a parámetros protegidos



Código de seguridad
Ingrese el número de código requerido, entre 00000 y 19999, para obtener acceso a los parámetros protegidos. Si se ingresa un valor incorrecto, se imposibilita el acceso a las páginas de programación posteriores y la pantalla vuelve a la **Página de operación**.

Avanzar a la **Página de idiomas**.

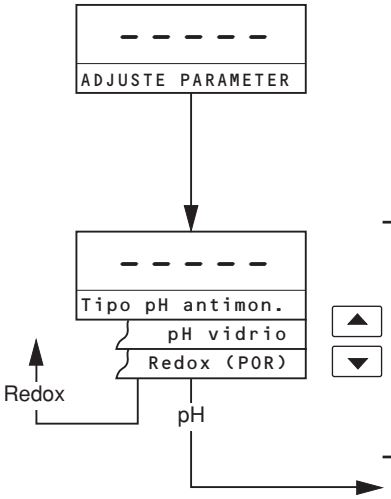
7.2 Página de idiomas



Página de idiomas
Seleccione el idioma que se visualizará en todas las pantallas posteriores.

Avanzar a la **Página de parámetros de instalación**.

7.3 Página de parámetros de instalación



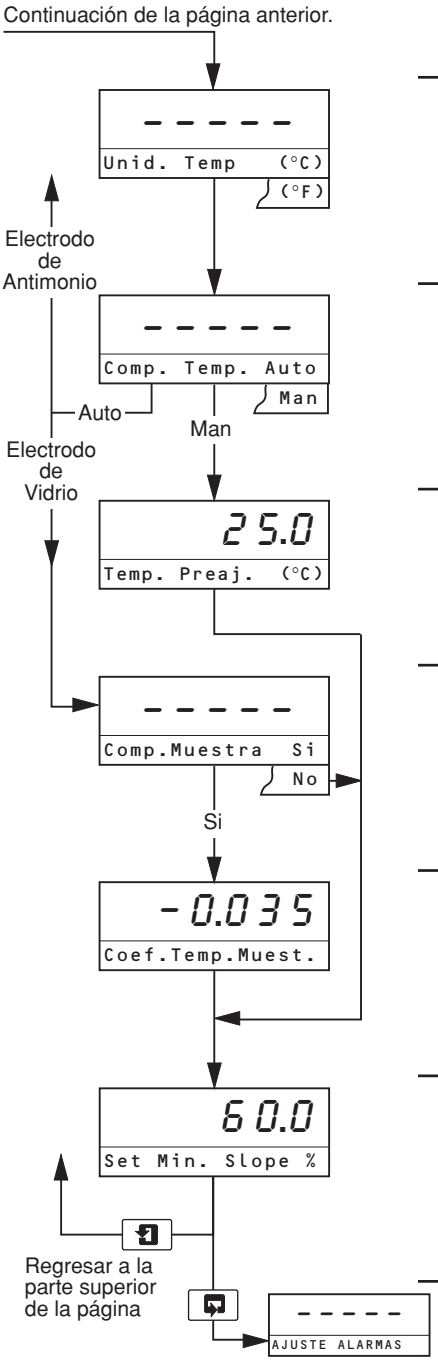
– pulse para avanzar al próximo parámetro.
o
– pulse para avanzar al próxima página.
Estos dos conmutadores se usan para avanzar a todos los parámetros y páginas posteriores. Si se modifica un parámetro, se lo almacena automáticamente cuando se opera cualquiera de los conmutadores.

Tipo de sonda
Seleccione `pH antimon.`/`pH vidrio` para visualizar el pH o `Redox (POR)` para visualización de milivoltios.

Seleccione el tipo de sonda requerido.

Continúa en la página siguiente.

...7.3 Página de parámetros de instalación



Unidades de temperatura:
se puede visualizar como grados Celsius o Fahrenheit.

Seleccione `(°C)` o `(°F)`.

Compensación de temperatura:
para las fluctuaciones de la temperatura de la muestra se puede definir como automático o manual.

Seleccione `AUTO` o `MAN`.

Temperatura Predeterminada
Si la Compensación de Temperatura está en Manual, ingrese la temperatura de la muestra.

Regresar a la parte superior de la página

Compensación de la muestra:
si se selecciona se activa la compensación del agua de la caldera.

Seleccione `Si` o `NO` según requiera.

Indice de la muestra
Defina el valor del índice de temperatura de la muestra requerido, en pH/°C dentro del rango 0,000 a –0,040 (en incrementos de – 0,001).

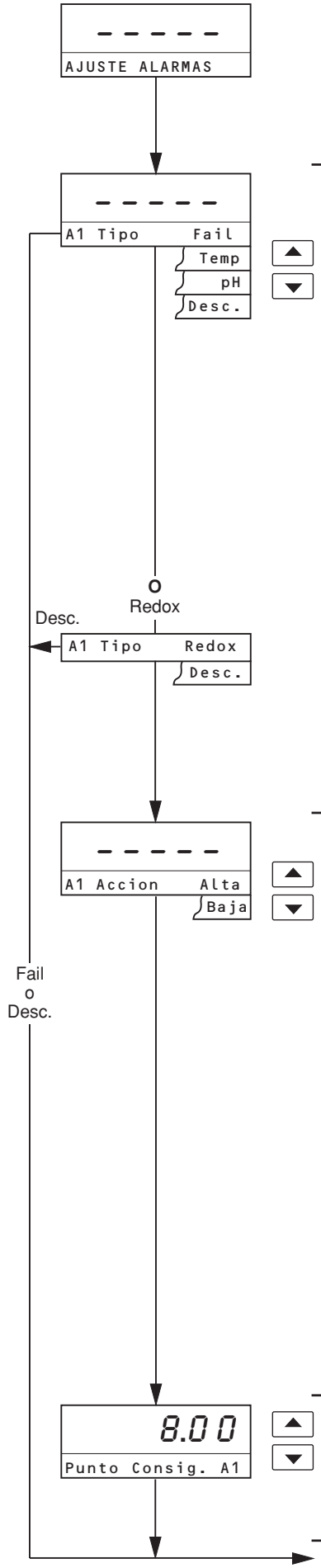
Nota. Para las aplicaciones de agua de caldera, defina – 0,035.

Valor de Pendiente Mínima de Calibración de pH
Ajuste el valor requerido de pendiente mínima de calibración de pH, en %, dentro de la gama de 60,0 a 90,0 (en incrementos de 0,1)

El límite de la falla se ajusta automáticamente al 20% por debajo del valor de la pendiente mínima – vea la Tabla 6.3 en la página 20.

Avanzar a la **Página Configurar Alarmas**.

7.4 Página Configurar Alarmas



[↵] – pulse para avanzar al próximo parámetro.
o
[↵] – pulse para avanzar a la próxima página.
Estos dos conmutadores se usan para avanzar a todos los parámetros y páginas posteriores. Si se modifica un parámetro, se lo almacena automáticamente cuando se opera cualquiera de los conmutadores.

Tipo Alarma 1
Seleccione el tipo de alarma requerido. Para los tipos de alarmas de `Fail`, `Temp` y `pH`, el LED de la alarma está apagado y el relé se excita durante las condiciones normales En una condición de falla, el LED está encendido y el relé se desexcita.

`Fail` – El instrumento alerta al operador sobre una falla en la alimentación o sobre alguna condición que origina cualquiera de los mensajes de error listados en la Tabla 9.1, página 33.
`Temp` – El instrumento alerta al operador si la temperatura del fluido del proceso supera o cae por debajo del valor establecido en el parámetro **Valor de Consigna de Alarma 1**, dependiendo del tipo de **Acción de Alarma** seleccionado a continuación.
`pH` – El instrumento alerta al operador si la conductividad del fluido del proceso supera o cae por debajo del valor establecido en el parámetro **Valor de Consigna de Alarma 1**, dependiendo del tipo de **Acción de Alarma** seleccionado a continuación.
`Desc.` – Si está seleccionado, no hay ningún ajuste de alarmas, el LED estará apagado y el relé estará desee citado en todo momento

[✶] **Nota.** Si el **Tipo de Sonda** ha sido puesto en `Redox (POR)` en la **Página de parámetros de instalación**, sólo estarán disponibles los tipos de alarma `Desc.` y `Redox`.

`Redox` – El instrumento alerta al operador si el Potencial de Oxidación Reducción (POR) del fluido del proceso supera o cae por debajo del valor establecido en el parámetro **Valor de Consigna de Alarma 1**, dependiendo del tipo de **Acción de Alarma** seleccionado a continuación.

Acción de Alarma 1
Para una operación a prueba de fallos de la alarma, el estado de alarma del relé deberá ser igual al estado de reducción de potencia, es decir, el relé se desexcita.

Para una operación de alarma `Alta`, el relé deberá ser excitado por debajo del valor de consigna de la alarma.

Para una operación de alarma `Baja`, el relé deberá ser excitado por encima del valor de consigna de la alarma.

Los LEDs de la alarma se iluminan en la condición de alarma.

Seleccione la acción de alarma 1 requerida de la tabla siguiente:

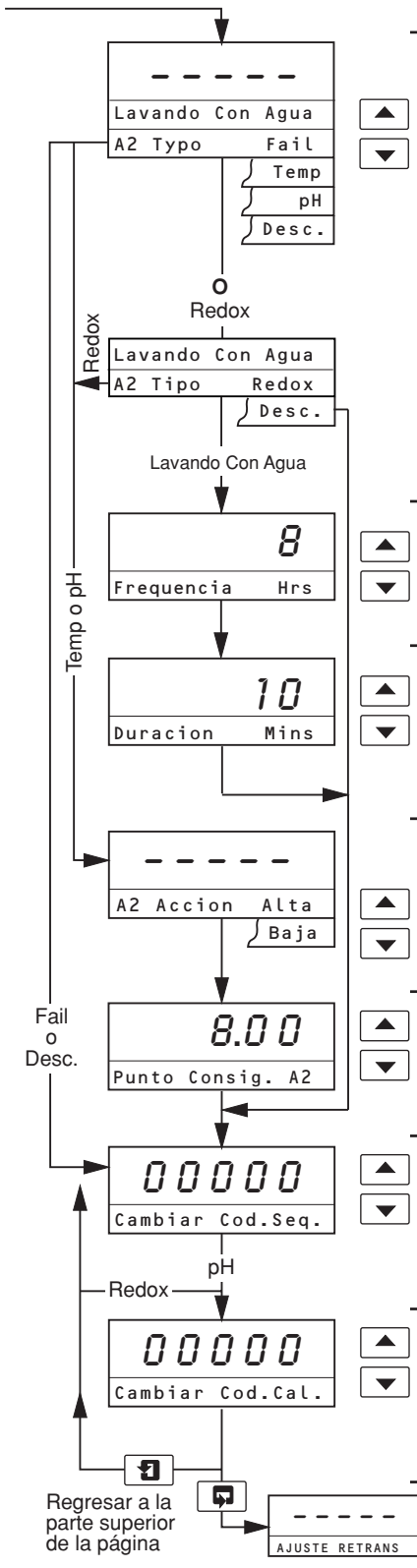
Acción de la Alarma	Condición del LED para Entrada por encima del Valor de Consigna	Condición del LED para Entrada por debajo del Valor de Consigna	Condición del Relé para Entrada por encima del Valor de Consigna	Condición del Relé para Entrada por debajo del Valor de Consigna
Alta	ACTIVADO	DESACTIVADO	Desee citado	Excitado
Baja	DESACTIVADO	ACTIVADO	Excitado	Desee citado

La banda de valores de consigna se define como el valor real del valor de consigna más o menos el valor de histéresis. El valor de histéresis es ±1% del Valor de Consigna de la Alarma 1. La acción de la alarma tiene lugar si el valor de entrada está por arriba o por debajo de la banda de valores de consigna. Si la entrada se mueve dentro de la banda de valores de consigna, se mantiene la última acción de la alarma.

Valor de Consigna de la Alarma 1
El valor de consigna de la alarma 1 puede ajustarse a cualquier valor dentro de la gama de entrada mostrada. El valor de consigna está sujeto a la histéresis, de la manera explicada anteriormente.
Ajuste el valor de consigna de la alarma al valor requerido.

Continúa en la página siguiente.

...7.4 Página Configurar Alarmas



Limpieza con Agua (4631/4636 únicamente) /Acción de Alarma 2
Para seleccionar el ciclo de Limpieza con Agua, presione la tecla ▲ hasta que se muestre la Limpieza con Agua.

Para seleccionar el Tipo 2 de Alarma, presione la tecla ▼ hasta que se muestre el `A2 Tipo`, luego repita el mismo procedimiento para el **Tipo de Alarma 1**, en la página anterior.

Frecuencia de Limpieza
La frecuencia para la limpieza con agua puede fijarse en incrementos de 15 minutos entre 15 y 60 minutos, luego en incrementos de 1 hora entre 1 y 24 horas.

Duración de la Limpieza
La duración de la limpieza con agua puede fijarse en incrementos de 15 segundos entre 15 y 60 segundos, luego en incrementos de 1 minuto entre 1 y 10 minutos.

Acción de Alarma 2
Repetir para Acción de Alarma 1

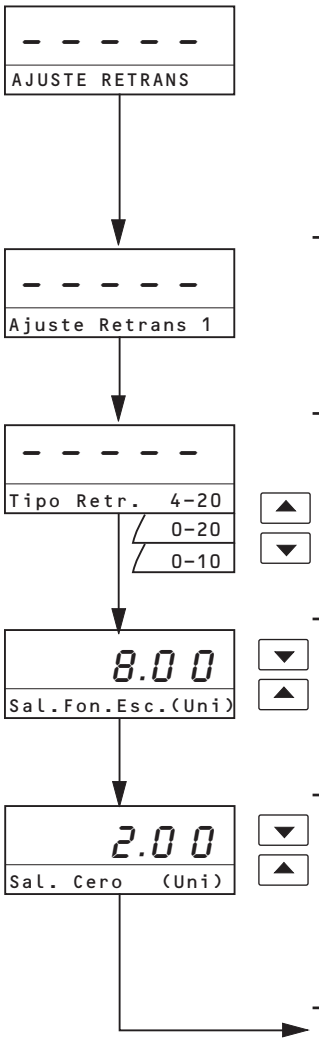
Valor de Consigna de la Alarma 2
Repetir para el Valor de Consigna de la Alarma 1

Modificar Código de Seguridad de los Parámetros de Seguridad
Ajustar el código de los parámetros de seguridad a un valor entre 00000 y 19999.

Modificar el Código de Seguridad de la Calibración de pH
Ajustar el código de seguridad de la calibración de pH a un valor entre 00000 y 19999.

Avanzar a la **Página Configurar Retransmisión**.

7.5 Página Configurar Retransmisión



[ ] – pulse para avanzar al próximo parámetro.
o
[ ] – pulse para avanzar a la próxima página.

Estos dos conmutadores se usan para avanzar a todos los parámetros y páginas posteriores. Si se modifica un parámetro, se lo almacena automáticamente cuando se opera cualquiera de los conmutadores.

Encabezado de Página Retransmisión 1

Rango de Corriente de salida de Retransmisión 1
La salida de retransmisión 1 puede seleccionarse de tres rangos de corriente en mA para asegurar la compatibilidad con el dispositivo periférico conectado.

Seleccione el rango de corriente requerido para la salida de retransmisión 1

Margen 1 de retransmisión
Ajuste la salida del margen de retransmisión 1 requerido. Esto se puede ajustar entre 2,00 y 14,00 (pH) ó –850 y 1000mV (Redox)

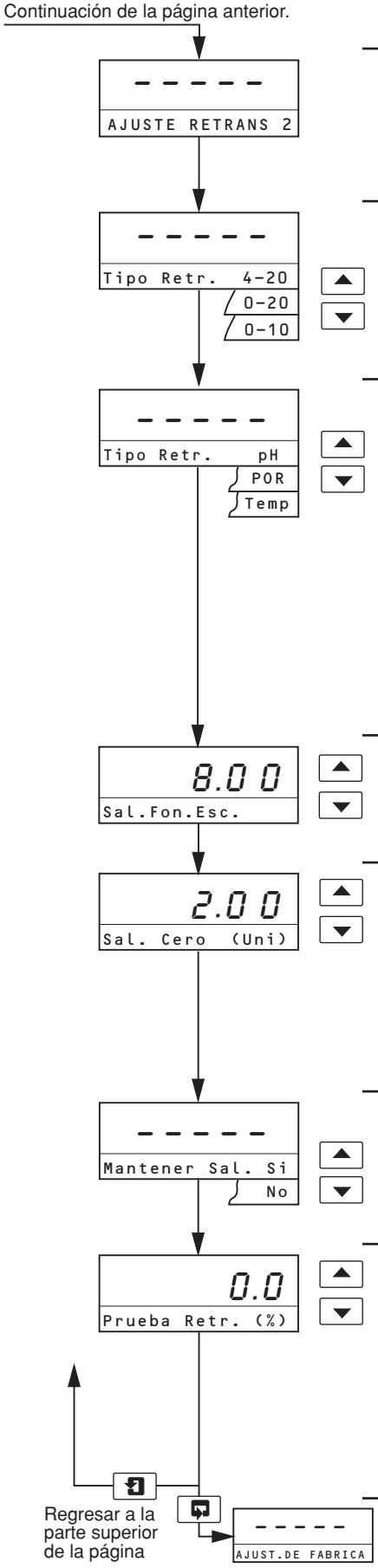
Cero Retransmisión 1
Ajuste la salida cero de retransmisión 1 requerida. Esto se puede ajustar entre 0,00 y 12,00 (pH) ó –1000 y 850mV (Redox)

[*] **Nota.** El rango mínimo es cualquier unidad 2pH dentro del rango de 0,00 a 14,00 (pH) ó 150mV dentro del rango –1000 a 1000mV (Redox).

Continúa en la página siguiente.

...7.5 Página Configurar Retransmisión

Continuación de la página anterior.



Encabezado de Página Retransmisión 2

Nota. La segunda salida de retransmisión sólo está disponible en los instrumentos 4630/800, 4631/800, 4635/800 y 4636/800.

Rango de Corriente de salida de Retransmisión 2

La salida de retransmisión 2 puede seleccionarse de tres rangos de corriente en mA para asegurar la compatibilidad con el dispositivo periférico conectado.

Seleccione el rango de corriente requerido para la salida de retransmisión 2

Asignación de Salida de Retransmisión 2

La salida de retransmisión 2 puede ser asignada para monitorear la temperatura y el pH ó el Redox, dependiendo del Tipo de Sonda seleccionado – vea la Sección 7.3, **Página de parámetros de instalación**.

Nota. Las opciones de `pH` y `Temp` no están disponibles cuando el **Tipo de Sonda** está en `Redox (POR)`.

Nota. La opción de `Temp` no está disponible cuando el **Tipo de Sonda** está puesto en `pH antimon.` o `pH vidrio` y se selecciona la compensación manual de temperatura – vea la Sección 7.3, **Página de parámetros de instalación**.

Seleccione la asignación de salida de retransmisión 2 requerida.

Margen 2 de retransmisión

Ajuste la salida del margen de retransmisión 2 requerido. Esto se puede ajustar entre 2,00 y 14,00 (pH), –850 y 1000mV (Redox) o ya sea 10,0 y 150,0ºC ó 50,0 y 302,0ºF (Temp).

Cero Retransmisión 2

Ajuste la salida cero de retransmisión 2 requerida. Esto se puede ajustar entre 0,00 y 14,00 (pH), –1000 y 850mV (Redox) o ya sea –10,0 y 130,0 °C ó 14,0 y 266,0 °F (Temp).

Nota. El rango mínimo es cualquier unidad 2pH dentro del rango de 0,00 a 14,00pH, 150mV dentro del rango de –1000 a 1000mV (Redox) ó 20 °C dentro del rango de –10,0 a 130,0 °C ó 36 °F dentro del rango de 14,0 a 266,0 °F (Temp).

Salidas de retención

Las salidas de alarmas y retransmisión pueden ser retenidas para evitar la operación negligente durante la calibración del pH. Seleccionar `Si` o `No`.

Probar Salida de Retransmisión

El instrumento transmite en forma automática una señal de prueba del 0, 25, 50, 75 ó 100% del rango de retransmisión seleccionado anteriormente. El % de señal de prueba seleccionado se muestra en la pantalla superior.

Ejemplo – para un rango seleccionado de 0 a 20mA y 50% de señal de prueba de retransmisión, se transmiten 10 mA.

Seleccione la señal de prueba requerida de retransmisión.

Avanzar a la **Página de Ajustes de Fábrica**.

8 CALIBRACIÓN ELÉCTRICA

✶ **Nota.** La compañía calibra el instrumento antes de despacharlo y sólo deberá efectuarse otra calibración eléctrica si se sospecha de su exactitud y si se dispone de un equipo de prueba calibrado adecuado.

8.1 Equipo requerido

a) Fuente de milivoltios (simulador de entrada de pH o Redox, si se requiere) –1000 a +1000mV.

b) Caja de resistencia de décadas (simulador de entrada de temperatura): 0 a 1kΩ (en incrementos de 0,01Ω).

c) Miliamperímetro digital (medición de salida de corriente): 0 a 20mA.

✶ **Nota.** Las cajas de resistencias cuentan con una resistencia residual inherente que puede variar entre unos pocos milliohms hasta 1 ohm. Este valor deberá considerarse cuando se simulen niveles de entrada, al igual que la tolerancia total de los resistores dentro de las cajas.

8.2 Preparación

a) Apague la fuente y desconecte el sistema de electrodos, el compensador de temperatura y la salida de corriente de los bloques de terminales del instrumento – ver Figura 4.4 (página 9) o a la Figura 4.5 (página 10).

b) Conecte la fuente de milivoltios y la caja de décadas a los terminales correspondientes – vea la Tabla 8.1. Conecte el miliamperímetro a los terminales de la salida de retransmisión – vea la Fig. 4.4 (página 9) o la Fig. 4.5 (página 10). Asegúrese de que la puesta a tierra de la fuente de milivoltios esté conectada al borne de tierra.

c) Encienda el suministro y espere diez minutos para que se estabilicen los circuitos.

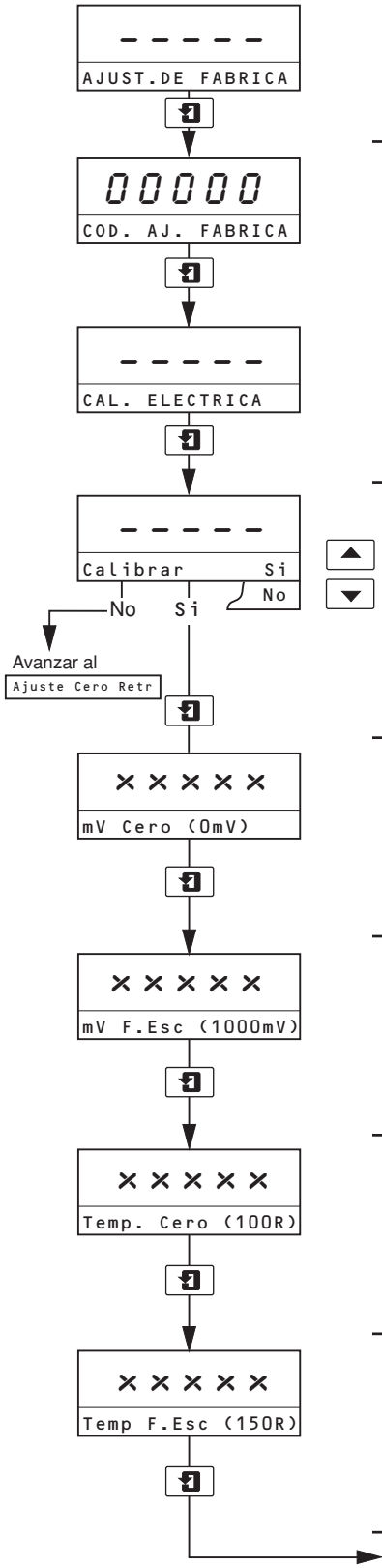
d) Seleccione la página `AJUSTES DE FABRICA` y proceda al igual que en la Sección 8.3, siguiente.

Tipo de instrumento	**Número de terminal**						
Montaje en pared	1	2	3	4	5	6	7
Montaje en panel	12	11	10	9	8	7	6
	–	Entrada +ve mV	–	Entrada –ve mV	Entrada PT100	Link to terminal 7 (6)	Entrada PT100

Tabla 8.1 Conexiones del Equipo de Prueba

8.3 Página Ajustes de Fábrica

Al efectuar el procedimiento de calibración eléctrica, los valores reales denotados con ✕✕✕✕✕ no son importantes y se utilizan únicamente para determinar la estabilidad de la lectura de la pantalla.



Código de Acceso a los Ajustes de Fábrica
Ingrese el número de código requerido, entre 00000 y 19999, para obtener acceso a los ajustes de fábrica. Si se ingresa un valor incorrecto, se evita el acceso a los parámetros subsiguientes y la pantalla vuelve a la parte superior de la **Página Ajustes de Fábrica**.

Calibración eléctrica
Seleccione `Si` para acceder a la secuencia de calibración eléctrica. Seleccione `NO` para avanzar a **Ajustar Retransmisión Cero** – ver reverso.

⚠ **Precaución.** No seleccione `Si` salvo que desee calibrar el instrumento.

Avanzar a siguiente parámetro.

Milivoltio cero
Fije la fuente de milivoltios en 0mV y espere a que se estabilice la pantalla del instrumento.

Avanzar a siguiente parámetro.

Span de milivoltios
Fije la fuente de milivoltios en +1000mV y espere a que se estabilice la pantalla del instrumento.

Avanzar a siguiente parámetro.

Calibrar la temperatura cero
Fije la caja de resistencias del simulador de temperatura en 100Ω y espere a que se estabilice el instrumento.

Avanzar a siguiente parámetro.

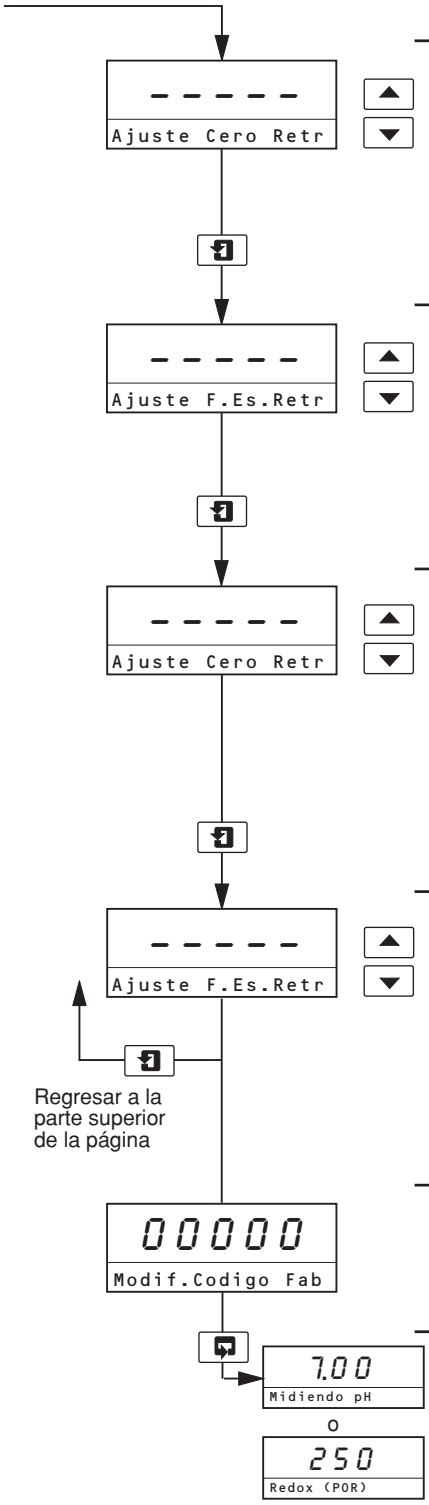
Calibrar span de temperatura
Fije la caja de resistencias del simulador de temperatura en 150Ω y espere a que se estabilice el instrumento.

Avanzar a siguiente parámetro.

Continúa en la página siguiente.

…8.3 Página Ajustes de Fábrica

Continuación de la página anterior.



Ajustar retransmisión cero
Fije la lectura del miliamperímetro en 4mA.

Nota. El rango de retransmisión seleccionado en la **Página Configurar Retransmisión** no afecta la lectura.

Avanzar a siguiente parámetro.

Ajustar el span de retransmisión
Fije la lectura del miliamperímetro en 20mA.

Nota. El rango de retransmisión seleccionado en la **Página Configurar Retransmisión** no afecta la lectura.

Avanzar a siguiente parámetro.

Ajuste el Cero 2 Retransmisión (disponible únicamente en los instrumentos 4630/800, 4631/800, 4635/800 y 4636/800).

Ajuste la lectura del miliamperímetro a 4mA.

Nota. El rango de retransmisión seleccionado en la **Página Configurar Retransmisión** no afecta la lectura.

Avanzar a siguiente parámetro.

Ajuste el Span 2 Retransmisión (disponible únicamente en los instrumentos 4630/800, 4631/800, 4635/800 y 4636/800).

Ajuste la lectura del miliamperímetro a 4mA.

Nota. El rango de retransmisión seleccionado en la **Página Configurar Retransmisión** no afecta la lectura.

Avanzar a siguiente parámetro.

Modificar el Código de Acceso a los Ajustes de Fábrica
Ajustar el código de acceso a los ajustes de fábrica a un valor entre 00000 y 19999.

Regresar a la **Página de Operación**.

9 BÚSQUEDA DE FALLAS SENCILLAS

9.1 Mensajes de error

Si se obtienen resultados erróneos o inesperados, la falla puede indicarse mediante un mensaje de error ver Tabla 9.1. Sin embargo, algunas fallas pueden provocar problemas con la calibración del instrumento cuando se usan soluciones reguladoras o aparecen discrepancias cuando se las compara con mediciones de laboratorios independientes.

Mensaje de error	Causa probable
AVERIA Pt100	El condensador de temperatura /las conexiones asociadas se encuentran abiertos o en corto circuito.
ENT.pH CIRC ABIE	La tensión del electrodo/electrodos de referencia del circuito abierto se encuentra fuera del rango de entrada de ±1000mV.
ULTIMA.CAL. FALLO	Este mensaje se visualiza sólo durante el encendido. Falló la última calibración de pH, realizada antes del apagado.*
ERROR MEM.NO VOL	No se leyó correctamente el contenido de la memoria no volátil durante el encendido.**

* Este mensaje se aplica a la última calibración de pH realizada antes del apagado y no es una indicación de calibración eléctrica incorrecta.

** Para rectificar la falla, apague, espere 10 segundos y vuelva a encender. Si persiste la falla, consulte a la Compañía.

Tabla 9.1 Mensajes de error

9.2 Mensaje de falla de calibración o sin Respuesta a los Cambios de ph/Redox

La mayoría de los problemas se encuentran asociados con los electrodos y el cableado. Reemplace los electrodos como verificación inicial – remítase al manual de instrucciones correspondiente. También es importante que se hayan definido correctamente los parámetros del programa y que no se hayan modificado inadvertidamente – ver Sección 7.

Si las verificaciones antes mencionadas no resuelven la falla:

a) Verifique que los instrumentos respondan a la entrada de milivoltios. Conecte un simulador de pH, tal como el modelo 2410, a la entrada del transmisor; +ve al vidrio y –ve a referencia – ver Sección 4.3 o a la Sección 4.4. Seleccione la **Página de parámetros de instalación** y defina el **Tipo de Sonda** en Redox (POR) – ver página 24. Verifique que el transmisor muestre los valores correctos tal como están definidos en el simulador.

> ✶ **Nota.** Una fuente de mV normal de laboratorio no resulta adecuada para ser utilizada como simulador de pH.

La falta de respuesta a la entrada indica una falla con el transmisor que debe enviarse a la Compañía para su reparación. La respuesta correcta, pero con lecturas incorrectas, indica generalmente un problema de calibración eléctrica. Vuelva a calibrar el transmisor tal como se ilustra en la Sección 8.

b) Utilice el simulador para realizar una verificación de impedancia en el transmisor, es decir, vidrio a referencia, vidrio a tierra y referencia a tierra – remítase al manual del simulador.

Si el transmisor no pasa esta prueba, verifique que no haya humedad dentro del transmisor y en particular en el compartimento de la terminal. Es vital que se elimine toda evidencia de humedad utilizando un secador de aire caliente.

c) Vuelva a conectar el cable del electrodo y conecte el simulador al extremo del cable del electrodo. Repita los procedimientos a) y b) anteriores. Si el transmisor no pasa la prueba b), verifique que no haya humedad alrededor de las conexiones y verifique que la aislación del conductor coaxial interno esté limpia y que se haya eliminado el recubrimiento de grafito.

9.3 Verificación de la Entrada de Temperatura

Compruebe que el instrumento responda a una entrada de temperatura. Desconecte los conductores PT100 y conecte una caja de resistencia adecuada directamente a las entradas del transmisor – vea la Sección 4.3 ó 4.4.
Verifique que el transmisor muestre los valores correctos establecidos en la caja de resistencia – vea la Tabla 9.2.

Las lecturas incorrectas indican usualmente un problema en la calibración eléctrica - vuelva a calibrar el instrumento como se detalla en la Sección 8.3.

Temperatura ºC	Resistencia de entrada (Ω)
0	100,00
10	103,90
20	107,79
25	109,73
30	111,67
40	115,54
50	119,40
60	123,24
70	127,07
80	130,89
90	134,70
100	138,50
130,5	150,00

Tabla 9.2 Lecturas de Temperatura para las Entradas de la Resistencia

10 ESPECIFICACIÓN

Pantalla

Valor medido:
LCD de 5 dígitos x 7 segmentos de iluminación para visión oculta.

Información:
LCD de 16 caracteres, línea simple, matriz de punto de iluminación para visión oculta.

Rangos:
Programable de 0 a 14pH ±1000mV.

Rango mínimo:
Unidades de 5pH o de 300mV.

Resolución:
0,01pH, 1mV.

Precisión:
±1% f.s.d.

Linealidad:
±0.2%f.s.d.

Compensación de temperatura:
–10° a 110°C manual o automática usando la termorresistencia Pt100.

Puntos de ajuste y Relés

Cantidad de puntos de ajuste:
Dos.

Ajuste del punto de ajuste:
Programable.

Histéresis del punto de ajuste:
±1% de f.s.d. (fijo)

Indicación del punto de ajuste local:
LED rojo.

Cantidad de relés:
Dos.

Contactos del relé:
Conmutador de polo simple.

Clasificación:	250V c.a. 3A c.a.	250V c.c. máx. 3A c.c. máx.
Carga:		
(no inductivos)	750VA	30W máx.
(inductivo)	75VA	3W máx.

Aislación, contactos a tierra:
2kV r.m.s.

Retransmisión

Cantidad de señales de retransmisión:
Una totalmente aislada.

Corriente de salida:
Programable de 0 a 10, 0 a 20 o 4 a 20mA.

Precisión:
FSD ±0,25% o lectura ±0,5%.

Resolución:
0,1% de f.s.d.

Resistencia de carga máxima:
750Ω (20mA máx.).

Comunicación serial:
RS422/RS485 (opcional).

Fuente de alimentación eléctrica

Requisitos de tensión:
100 a 130V ó
200V a 260V, 50/60Hz.

Consumo de energía:
< 6VA.

Error debido a variaciones de la fuente de alimentación eléctrica:
menos de ±2% para +6% –20% de variación de tensión de alimentación nominal.

Aislación, principal a tierra:
2kV r.m.s.

Información ambiental

Límites de temperatura de operación:
–20° a 55°C.

Límites de temperatura de almacenamiento:
–25° a 70°C.

Límites de la humedad de la operación:
hasta 95% HR sin condensación.

Información mecánica

Montaje:
Modelo 4630/31 de montaje en pared.

Modelo 4635/36 de montaje en panel.

Protección:
Modelo 4630/31 – IP66.

Modelo 4635/36 – IP66 frontal.

Dimensiones totales:
Modelo 4630/31 – 160mm x 214mm x 68mm – ver Figura 3.2.

Modelo 4635/36 – 96mm x 96mm x 191mm – ver Figura 3.4.

Corte de panel: $92\ ^{+0.8}_{-0.0}$ mm x $92\ ^{+0.8}_{-0.0}$ mm.

Peso:
Modelo 4630/31 – 2kg.

Modelo 4635/36 – 1,5kg.

NOTAS

PRODUCTOS Y SERVICIOS DE APOYO AL CLIENTE

Productos

Sistemas de automatización

- ***para las siguientes industrias:***
  - Química y farmacéutica
  - Alimenticia y de bebidas
  - Fabricación
  - Metalúrgica y minera
  - Petrolera, de gas y petroquímica
  - Pulpa y papel

Mecanismos de accionamiento y motores

- ***Accionamiento con CA y CC, máquinas con CA y CC, motores con CA a 1kV***
- ***Sistemas de accionamiento***
- ***Medición de fuerza***
- ***Servomecanismos***

Controladores y registradores

- ***Controladores de lazo simple o múltiple***
- ***Registradores de gráficos circulares, de gráficos de banda y registradores sin papel***
- ***Registradores sin papel***
- ***Indicadores de proceso***

Automatización flexible

- ***Robots industriales y sistemas robotizados***

Medición de caudal

- ***Flujómetros electromagnéticos magnéticos***
- ***Medidores de caudal másico***
- ***Flujómetros para turbinas***
- ***Elementos de caudal de cuñas***

Sistemas marítimos y turbocargadores

- ***Sistemas eléctricos***
- ***Equipos marítimos***
- ***Reemplazo mar adentro***

Análisis de procesos

- ***Análisis de gas de procesos***
- ***Integración de sistemas***

Transmisores

- ***Presión***
- ***Temperatura***
- ***Nivel***
- ***Módulos de interface***

Válvulas, accionadores y posicionadores

- ***Válvulas de control***
- ***Accionadores***
- ***Posicionadores***

Instrumentos para análisis industrial, de agua y de gas

- ***Transmisores y sensores de pH, conductividad, y de oxígeno disuelto***
- ***analizadores de amoníaco, nitrato, fosfato, sílice, sodio, cloruro, fluoruro, oxígeno disuelto e hidrazina.***
- ***Analizadores de oxígeno en circona, catarómetros, monitores de pureza de hidrógeno y de gas de purga, conductividad térmica.***

Apoyo al cliente

ABB Automation proporciona un servicio completo posventa mediante una organización mundial de servicio. Póngase en comunicación con una de las siguientes oficinas si desea una mayor información sobre su centro de reparaciones y mantenimiento más cercano.

España

ABB Sistemas Industriales S.A.
División Instrumentación
Tel: +34 (9)1 581 99 37
Fax: +34 (9)1 581 05 28

Reino Unido

ABB Automation Ltd.
Tel: +44 (0)1480 475321
Fax: +44 (0)1480 470787

Italia

ABB Instrumentation spa
Tel: +39 02 339281
Fax: +39 02 33928467

EE.UU.

ABB Automation Inc.
Tel: +1 775-883-4366
Fax: +1 775-883-4373

Garantía del cliente

El equipo mencionado en el presente manual deberá almacenarse en un entorno limpio, seco y de atmósfera controlada, con arreglo a la especificación publicada por la Empresa, antes de pasar a ser instalado. Deberán realizarse verificaciones periódicas de las condiciones en las que se encuentra el equipo.

De producirse un fallo durante el periódo de garantía habrá de suministrarse como prueba los documentos que siguen:

1. Un listado poniendo de manifiesto la marcha del proceso y los registros cronológicos de alarmas en el momento del fallo.
2. Copías de los registros de funcionamiento y mantenimiento relativos a la unidad supuestamente defectuosa.

IM/4600PH–EL Edición 11

La política de la empresa es la mejora continua de sus productos y se reserva el derecho a modificar la información contenida en este documento sin aviso previo.

© ABB 2001 Impreso en la CE (09.01)

ABB Sistemas Industriales S.A.
Division Instrumentation
Street: Albarracin, 35
28035 Madrid
España
Tel: +34 (9)1 581 99 37
Fax: +34 (9)1 581 05 28

ABB S.A.
Av. Don Diego Cisneros
Edif. ABB, Los Ruices
Caracas
Venezuela
Tel: +58 (0) 2 238 2411
Fax: +58 (0) 2 239 6383

ABB dispone de un servicio profesional de Ventas y Atención al Cliente en más de 100 paises en todo el mundo

www.abb.com

COMMANDER 351

Controlador Universal de Procesos

Archivo de datos de specificación

- **Controlador PID con estrategias de control múltiples**
  - bucle simple, calor/frío, válvula motorizada, automático/manual, soporte o indicador analógico
- **Tres pantallas LED grandes con gráfico de barras de desviación**
  - pantalla clara y fácil de visualizar con teclas de función de colores predeterminadas
- **Amplias capacidades de entrada/salida**
  - tres entradas analógicas, dos salidas analógicas, hasta cuatro relés y cuatro entradas digitales más Modbus RS485 para una flexibilidad total
- **Seguridad del proceso y seguridad de planta**
  - alarma de interrupción del bucle, controlador del proceso, protección por contraseña y recuperación de alimentación inteligente
- **Software de configuración para facilitar la instalación**
  - acceso a características avanzadas y parámetros estándar para reducir el tiempo de configuración
- **Funciones avanzadas de ahorro de costos**
  - bloques matemáticos, ecuaciones lógicas, alarmas en tiempo real, linealizadores adaptados y conexión por software
- **Monitor de eficacia de control (CEM) exclusivo**
  - dos algoritmos de autoajuste más ajuste fino manual utilizando CEM para lograr un rendimiento óptimo
- **Protección del panel frontal IP66/NEMA4X**
  - confiabilidad en los entornos más adversos

COMMANDER 351 – Controlador $^{1}/_{4}$ DIN de compartimento pequeño con funcionalidad y funciones adicionales incorporadas como estándar

ABB Instrumentation

COMMANDER 351

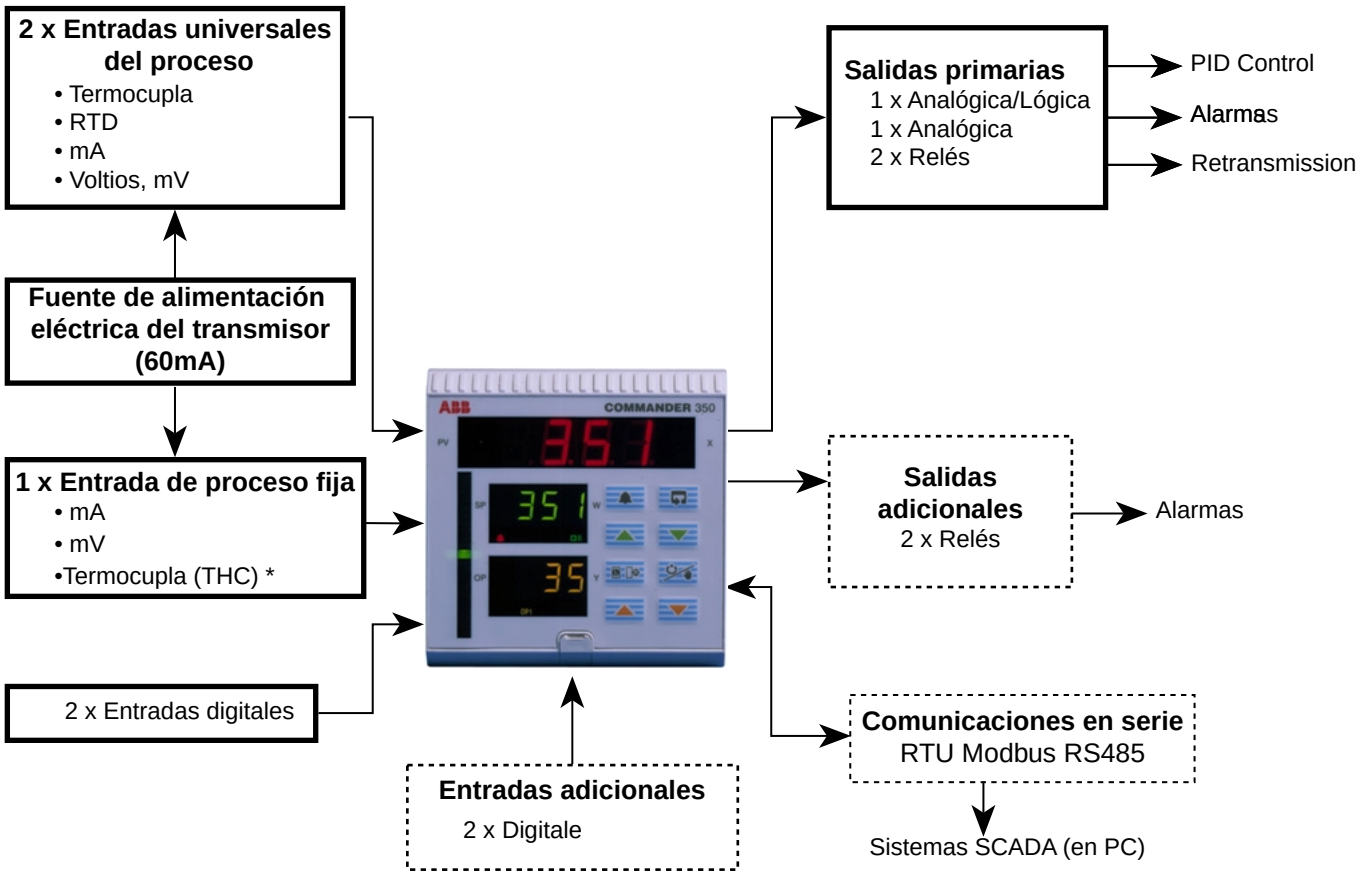
El Controlador Universal de Procesos **COMMANDER 351** es un **controlador de bucle simple** versátil, con características de control múltiples incorporadas como estándar, por ejemplo planificación de ganancia, calor/frío, alarma lógica, funciones matemáticas y linealizadores.

Con la habilidad de configurar diferentes aplicaciones, utilizando la biblioteca incorporada de **plantillas de aplicaciones**, más la facilidad avanzada de autoajuste, el C351 está listo para operar en minutos. Las configuraciones también se pueden editar y almacenar fuera de línea utilizando nuestro **software de configuración basado en Windows™**.

Las salidas de control lógicas, de relé y analógicas están equipadas como estándar más tres entradas analógicas, con una **fuente de alimentación incorporada del transmisor de 2-hilos**. Con la opción de agregar entradas/salidas adicionales, para aplicaciones más complejas, y comunicaciones en serie de **Modbus** para integrarlas a sistemas de automatización existentes en planta.

La protección del panel frontal **IP66 (NEMA4X)** hace del COMMANDER 351 un controlador extremadamente robusto, adecuado para utilizarlo en una amplia variedad de entornos industriales.

Conexiones de proceso



CLAVE: Estándar | Opción

* Sólo si la entrada universal estándar es termocupla

Cómo Proteger el Proceso

Para mantener su proceso estable y seguro, el COMMANDER 351 tiene diagnósticos inteligentes y respuestas que pueden ser utilizadas por la seguridad del proceso para iniciar una acción o indicar una falla. El controlador monitorea el procesador en forma continua; una alarma de interrupción de bucle detecta las fallas de la salida analógica; asimismo, cuenta con un detector de bucle abierto en la entrada. A través del uso de estas señales, se pueden implementar estrategias de cierre de seguridad.

Características avanzadas de control, entre las que se incluyen el punto de ajuste de rampa, el arranque del proceso y la velocidad de respuesta de salida, se han diseñado para brindar un controlador flexible con protección de proceso incorporada como característica estándar.

Para fines de seguridad de los datos de configuración, existen tres niveles de protección por contraseña más bloqueo de las teclas de función del panel frontal, que garantizan la seguridad total del proceso.

Visibilidad del Proceso y Operación

Tres pantallas digitales a color de alta visibilidad muestran en forma simultánea la Variable del Proceso, el Punto de Ajuste y la Salida del Controlador. Un gráfico de barras de desviación de 21segmentos muestra a simple vista cuán cerca está el controlador del punto de ajuste. Para mayor claridad, las teclas de función están codificadas por color para coincidir con las pantallas correspondientes.

Ocho teclas individuales sensibles al tacto en el panel frontal hacen que el controlador sea muy fácil de operar, brindándole acceso de un solo toque al ajuste del punto de ajuste local/remoto, reconocimiento de alarma, ajuste automático/manual y de salida.

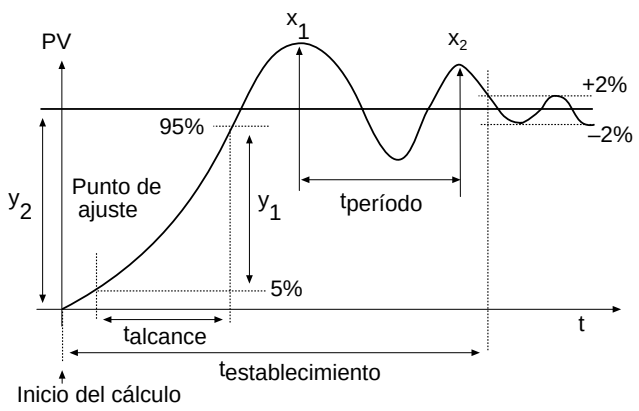
Los indicadores LED de visión oculta hasta que iluminan muestran en pantalla los modos del controlador y el estado de alarma, además de proporcionar diagnósticos amplios del controlador y de la planta.

Funciones Matemáticas y Conexión por Software

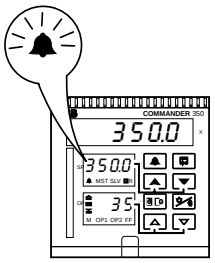
Cuatro bloques matemáticos individuales, cada uno de los cuales cuenta con hasta siete operadores y operandos, proveen funciones tales como cálculos de promedio, máximo y mínimo. También se incluyen raíz cuadrada, humedad relativa y funciones aritméticas como estándar. Las entradas pueden seleccionarse e incluirse o eliminarse de los cálculos a través de señales digitales. Esto permite procesar los cálculos simples y avanzados que pueden conectarse por software para controlar funciones.

CEM (Monitor de Eficacia de Control)

Las mediciones deL CEM están diseñadas para ayudarle a realizar manualmente el ajuste fino del proceso. Se miden y muestran seis parámetros de rendimiento clave, lo que le permite modificar los parámetros de PID para que concuerden con las necesidades del proceso y medir los resultados de la inversión.



Alarmas de Proceso



El COMMANDER 351 posee ocho alarmas de proceso internas. Estas pueden conectarse por software a estrategias de control, a ecuaciones lógicas y a relés de salida.

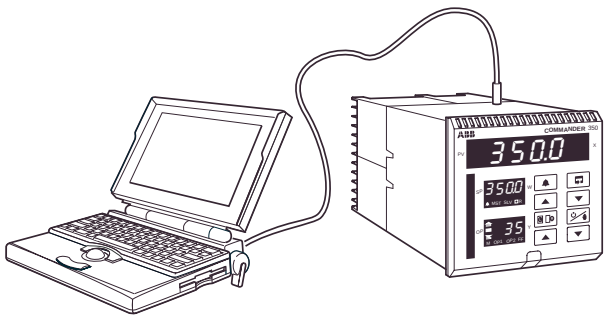
Cada alarma puede tener valores de histéresis separados programables en unidades de ingeniería o tiempo. Las alarmas también pueden activarse o desactivarse mediante entradas digitales y pueden configurarse como anunciadores, de esta forma la alarma puede desactivarse luego de su reconocimiento.

Facilidad de Configuración y Puesta en Marcha

El COMMANDER 351 fue diseñado para minimizar el tiempo de configuración y de puesta en servicio, ya que sólo se deben ingresar los valores relacionados con el proceso. Las plantillas de aplicación que ofrecen estrategias de control adaptadas y preconfiguradas, permiten una instalación rápida del controlador. Las plantillas se seleccionan a través del software de configuración de PC o de las teclas del panel frontal. En forma alternativa, la unidad puede proveerse preconfigurada. Una vez seleccionada una plantilla sólo se requieren tres parámetros clave y el controlador está listo para operar.

Se pueden crear, editar y almacenar fuera de línea configuraciones completas, utilizando el software de configuración COMMANDER. Un cable dedicado conecta la PC a un toma ubicado en la parte superior del controlador para comunicación rápida de las configuraciones, tanto hacia o desde la PC. Las copias de las configuraciones se pueden guardar e imprimirse.

El autoajuste inteligente de modo dual, no requiere conocimiento previo de los parámetros de PID y ofrece opciones de estrategias de respuesta más rápida o mínimo “overshoot”.



Linealizador Personalizado

El COMMANDER 351 tiene dos linealizadores separados de 15 puntos de corte que pueden programarse a través del software de configuración y aplicarse a las entradas o salidas. Estos pueden utilizarse para termocuplas no estándares, niveles de tanque no lineales o cualquier entrada no lineal. El linealizador de salida acomoda cualquier elemento de control no lineal.

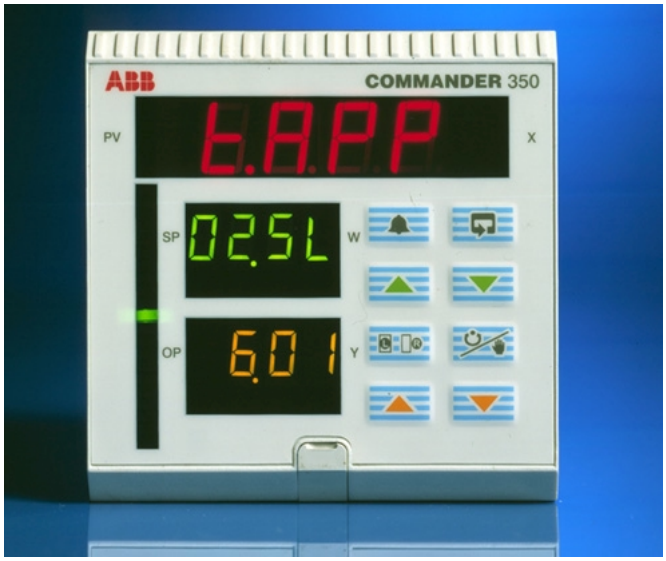
Plantillas de Aplicación Personalizadas

Las plantillas se suministran para que la configuración básica para una determinada aplicación sea lo más sencilla posible. Cuando se selecciona una plantilla, el COMMANDER 351 asume la forma preestablecida para dicha plantilla (ver más adelante). Las entradas y los bloques de funciones se conectan por software automáticamente para desempeñar la función seleccionada.

El tiempo de configuración se reduce considerablemente ya que el 90% de las opciones que usted normalmente debería seleccionar en productos similares ya se encuentran preconfiguradas.

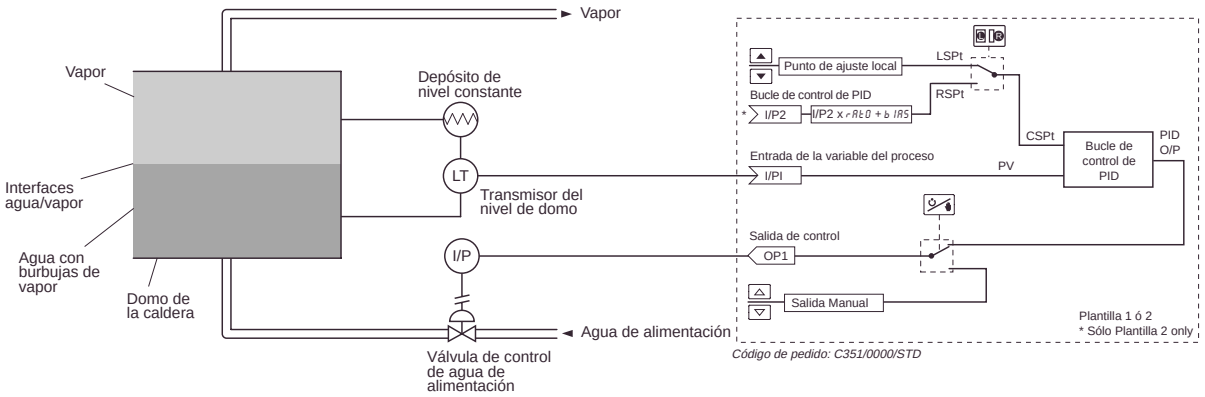
El COMMANDER 351 ofrece las siguientes plantillas:

1 Controlador de bucle simple con punto de ajuste local
2 Controlador de bucle simple con punto de ajuste remoto
3 Estación automática/manual (detección de señal baja)
4 Estación automática/manual (selección de señal digital)
5 Estación de soporte analógico (detección de señal baja)
6 Estación de soporte analógico (selección de señal digital)
7 Estación de carga indicador simple/manual
8 Estación de carga indicador dual/manual



Plantilla de Control de Bucle Simple – Ejemplo

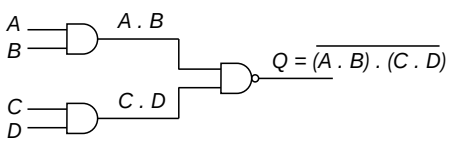
En aplicaciones de calderas industriales donde la demanda de vapor cambia lentamente y/o en calderas a combustible con contenido de BTU constante se utiliza un elemento simple de nivel del domo.



Código de pedido: C351/0000/STD

Control Secuencial y Lógico

El COMMANDER 351 ofrece un control secuencial completo para complementar las características de control analógicas de avanzada con seis ecuaciones lógicas y hasta quince elementos por ecuación. Estas ecuaciones lógicas, cuando se combinan con temporizadores de retardo, alarmas en tiempo real y E/S extensivas, hacen del COMMANDER 351 un poderoso controlador de interbloqueo.



Recuperación de Alimentación Ajustable Inteligente

Se dispone de dos formas de recuperación por falla de alimentación de planta programables entre 0 y 9999 para el tiempo de recuperación:

Reinicio en 'CALIENTE' – si la alimentación se restaura dentro del tiempo de recuperación, el COMMANDER 351 asume por omisión el modo Automático, permitiendo que el proceso se active y ejecute sin demora.

Reinicio en 'FRIO' – si la alimentación no se restaura dentro del tiempo de recuperación, el controlador asume por defecto el modo Manual, o un nivel de salida de control predeterminado. Esto asegura que luego de la falla de alimentación el controlador no comience a controlar el proceso sin reconocimiento por parte del operador.

Diseño Industrial Robusto

El frente ha sido diseñado para cumplir la clasificación de IP66/ NEMA4X con una caja moldeada y panel sellado únicos en su tipo. El panel frontal de poliéster r esistente a sustancias químicas, constituye una inversión segura para cualquier entorno.

Especificaciones

Resumen

- 8 plantillas de aplicación: Bucle simple, Automático/Manual, Soporte analógico, Indicador
- Dos opciones de autoajuste
- Monitor de Eficacia de Control (CEM)
- Software de configuración
- Panel frontal IP66/NEMA4X

Operación

Pantalla

1 x 4 dígitos, 14mm l.e.d. (rojo) – variable del proceso
1 x 4 dígitos, 8mm l.e.d. (verde) – punto de ajuste
1 x 3 dígitos, 8mm l.e.d. (amarillo) – salida
1 x gráfico de barras de desviación de 21 segmentos

Configuración

Configuración básica mediante teclas del panel frontal o PC
Software de configuración de características de avanzada por PC

Seguridad

Menús protegidos por contraseñas

Funciones Estándar

Estrategias de control

Bucle simple, Estación Automática/manual, Soporte Analógico, Indicador/Carga Manual

Tipos de salida

Corriente proporcional, Tiempo proporcional, Válvula motorizada Encendido/Apagado (con y sin realimentación), Calor/frío

Parámetros de control

Cuatro juegos de configuraciones PI, seleccionables mediante señales digitales

Puntos de ajuste

Local, remoto y cuatro puntos de ajuste fijos locales, seleccionables a través de señales digitales

Salidas configuradas

Tres valores de salida prefijados, seleccionables mediante señales digitales

Autoajuste

A pedido para $^{1}/_{4}$ de onda o mínimo “overshoot”

Alarmas de proceso

Cantidad	8
Tipo	Proceso alto/bajo, Salida alta/baja, Desviación alta/baja
Histéresis	Nivel y tiempo *
Habilitar/inhabilitar alarma	Habilitar/inhabilitar alarmas mediante señal digital

Alarmas de tiempo real *

Cantidad	2
Programable	Hora/día y duración

* Se accede a través del software de configuración

Entradas analógicas

Entradas de proceso universal

Cantidad

2 Estándar

Tipo

Configurables universalmente para brindar:
Termocupla (THC)
Termoresistencia (RTD)
mV
Voltios
mA
Resistencia

Entrada de proceso no universal

Cantidad

1 Estándar

Tipo

mV solamente (termocupla sólo si I/P 1 también es termocupla)
mA

Entradas Analógicas – Comunes

Funciones de linealización

THC tipos B, E, J, K, L, N, R, S, T, PT100, √, 3/2, 5/2

Impedancia de entrada

mA	100Ω
mV, V	10MΩ

Protección de sensor abierto

Programable para operar escala hacia arriba o hacia abajo

Intervalo de la muestra

125ms (1 entrada)

Filtro digital

Programable

Compensación por junta fría

CJC automática incorporada como estándar
Cambio de estabilidad de 0,05°C/°C (0,05°F/°F) en la temperatura ambiente

Protección de entrada

Rechazo en modo común	>120dB a 50/60Hz con 300Ω de resistencia de desequilibrio
Rechazo en modo serie	> 60dB a 50/60Hz

Fuente de alimentación del transmisor

Tensión:	24Vc.c. nominal
Unidad:	Hasta 60mA, (3 bucles)

EMC

Emisiones

Satisface los requerimientos de EN50081-2

Inmunidad

Satisface los requerimientos de EN50082-2

Características Físicas

Salidas

Salidas de control/retransmisión

Cantidad	2 standard
Tipo	1 x programable como salida analógica o lógica (digital) 1 x sólo analógica
Aislamiento	Con aislamiento galvánico del resto del bucle
Rango analógico	0 y 20 mA (programable), Maximo 750Ω Precisión: 0,25%
Tensión digital	17V a 20mA

Salidas de relé

Cantidad	2 estándar, 2 opcionales
Tipo	SPST, con un valor de 5A a 115/230V c.a.

Entradas Digitales

Cantidad	2 estándar, 2 opcionales
Tipo	Libre de tensión
Pulsos mínimos	200ms

Características Avanzadas

Bloques matemáticos *

Cantidad	4
Operadores	+, –, x, ÷, Promedio, Máximo, Mínimo, Selección Alta, Selección Baja, √, Selección Media, Humedad relativa

Multiplexor de entrada (seleccionado en forma digital)

Temporizadores de retardo *

Cantidad	2

Retardo y duración programables en segundos

Ecuaciones lógicas *

Cantidad	6
Elementos	15 por ecuación
Operadores	OR, AND, NOR, NAND, NOT, EXOR

Linealizadores adaptados *

Cantidad	2
Puntos de corte	15 por linealizador

* Se accede a través del software de configuración

Opciones

Salidas de relé

Cantidad	2
Tipo	SPST, con un valor de 5A a 115/230V c.a.

Entradas digitales

Cantidad	2
Tipo	Libre de tensión
Pulso mínimo	200ms

Comunicación en serie

Conexiones	RS485, 2 ó 4 hilos
Protocolo	RTU Modbus
Aislamiento	Con aislamiento galvánico del resto del bucle

Rangos de Entrada Analógica Estándar

Termocupla	Rango máximo °C	Rango máximo°F	Precisión (% de lectura)
B	–18 a 1800	0 a 3270	0,1% o ±1°C (1,8°F) [superior a 200°C (392°F)]
E	–100 a 900	–140 a 1650	0,1% o ±0,5°C (0,9°F)
J	–100 a 900	–140 a 1650	0,1% o ±0,5°C (0,9°F)
K	–100a 1300	–140 a 2350	0,1% o ±0,5°C (0,9°F)
L	–100 a 900	–140a 1650	0,1% o ±1,5°C (2,7°F)
N	–200 a 1300	–325 a 2350	0,1% o ±0,5°C (0,9°F)
R	–18 a 1700	0 a 3000	0,1% o ±0,5°C (0,9°F) [superior a 300°C (540°F)]
S	–18 a 1700	0 a 3000	0,1% o ±0,5°C (0,9°F) [superior a 200°C (392°F)]
T	–250 a 300	–400 a 550	0,1% o ±0,5°C (0,9°F)

RTD	Rango máximo °C	Rango máximo °F	Precisión (% de lectura)
PT100	–200 a 600	–325 a 1100	0,1% o ±0,5°C (0,9°F)

Entradas lineales	Rango	Precisión (% de lectura)
Milivoltios	0 a 500 mV	0,1% o ±10µA
Miliampers	0 a 50 mA	0,2% o ±2µA
Voltios	0 a 5V	0,2% o ±2mV
Resistencia	0 a 5000Ω	0,2% o ±0,08Ω

Nota.

No se garantiza la precisión del rendimiento en el extremo más bajo de la termocupla y en rangos de raíz cuadrada.
Termoresistencia, platino de 3 hilos, 100Ω por DIN 43760 estándar (IEC751), con rango de 0 a 400Ω.

Distancia mínima debajo de cero	Tipo T 70°C/126°F Tipo N 105°C/189°F
Termocupla estándar	DIN 43710 IEC 584
Termoresistencia estándar	DIN 43760 IEC 751

Características Físicas

Tamaño

96 x 96 x 122,5mm

Peso

680g

Características Eléctricas

Tensión

85 a 265V c.a. 50/60Hz
24V c.c.

Consumo de energía

<10VA

Protección de interrupción de alimentación

Hasta 60ms

Seguridad

Seguridad general EN 61010-1

Aislamiento

Todas las entradas/salidas conectadas a tierra:
500V c.c.
Salida analógica/digital 1 al resto del bucle:
500V c.c. durante 1 minuto
Salida analógica 2 al resto del bucle:
500V c.c. durante 1 minuto
Comunicación serie al resto del bucle:
500V c.c. durante 1 minuto

Características ambientales

Límites operativos

0 a 55°C (32° a 130°F).
5 a 95%HR (no condensada)

Estabilidad de la temperatura

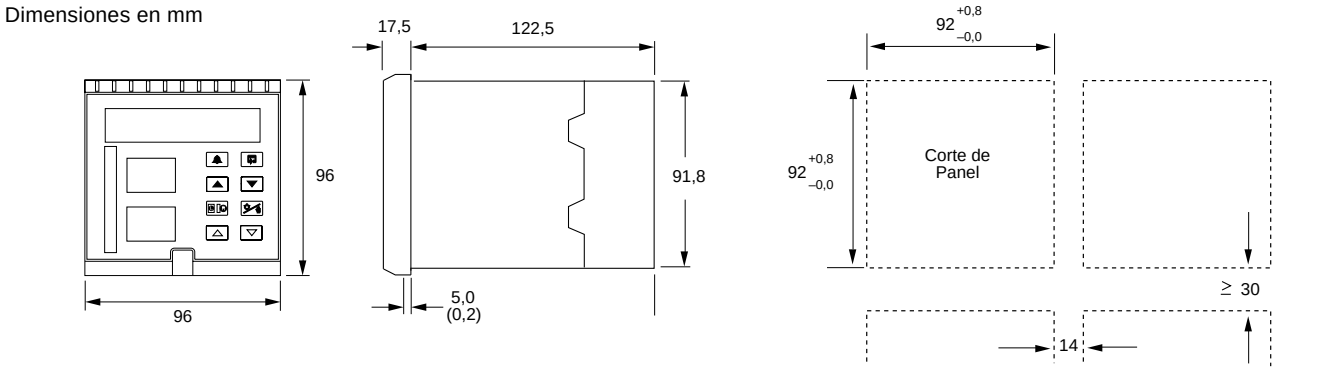
<0,02%/°C o 2µV/°C (<0,011%/°F o 1,11µV/°F)
Desviación a largo plazo <0,02% de lectura o 20µV anualmente

Panel frontal

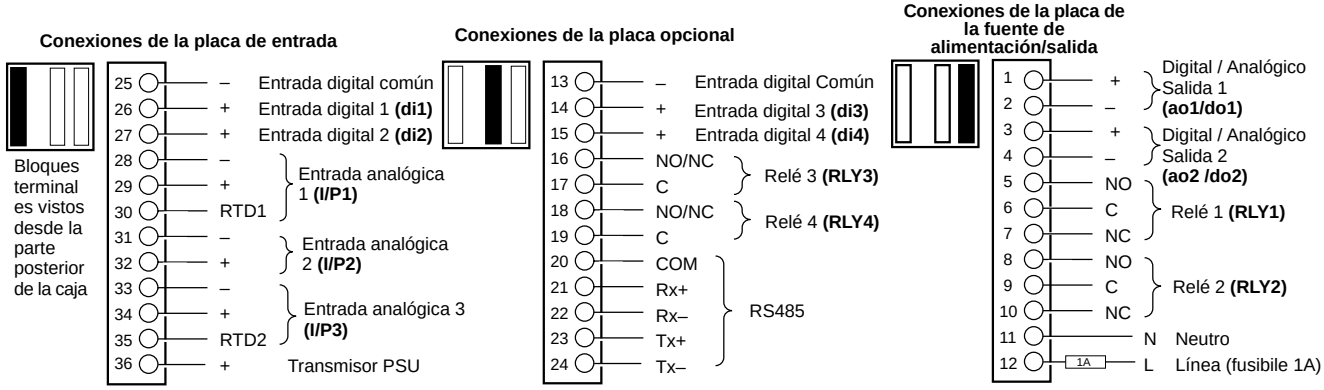
NEMA4X (IP66)

Dimensiones Totales

Dimensiones en mm



Conexiones Eléctricas



Guía de Solicitud de Pedidos

Controlador de Proceso Universal COMMANDER 351	**C351 /**	**X**	**X**	**X**	**X /**	**X**	**X**	**X**	**X**
Placa opcional										
Ninguna		0	0							
Dos entradas digitales + Dos relés		0	1							
Dos entradas digitales + Dos relés + MODBUS RS485		0	2							
Fuente de alimentación										
85 a 265V c.a.				0						
24V c.c.				1						
Fabricación										
Estándar ABB					0					
Aprobación CSA (pendiente)					1					
Aprobación UL (pendiente)					2					
Características especiales / de programación										
Configurado según estándar de fábrica						S	T	D		
Configurado según especificaciones del cliente						C	U	S		
Características especiales acordadas						S	P	X	X

Ejemplo de codificación del instrumento

C351 / 0 2 1 0 / STD

- Controlador de Proceso Universal COMMANDER 351
- Opción de comunicaciones Modbus / RS485
- Fuente de alimentación de 24v c.c.
- Fabricación estándar
- Configurado según estándar de fábrica

Accesorios

Juego de software de configuración (incluyendo software y cable)
Parte No.C100/0700

Licencia, Marcas Registradas y Copyright

MS Windows es una marca comercial registrada de Microsoft Corporation

Modbus es una marca comercial registrada de Modicon Inc.

La política de la empresa es la mejora continua de sus productos y se reserva el derecho a modificar la información contenida en este documento sin aviso previo.

© ABB 2000

Impreso en la CE (04.00)

SS/C351–EL Edición 2

ABB S.A.
Av. Don Diego Cisneros
Edif. ABB, Los Ruices
Caracas
Venezuela
Tel: +58 (0) 2 238 2411
Fax: +58 (0) 2 239 6383

ASEA Brown Boveri S.A.
Jose I. Rucci 1051
(1822) Valentin Alsina
Pcia. de Buenos Aires
Boulogne, Argentina
Tel: +54 (0) 1 229 5500
Fax: +54 (0) 1 229 5555

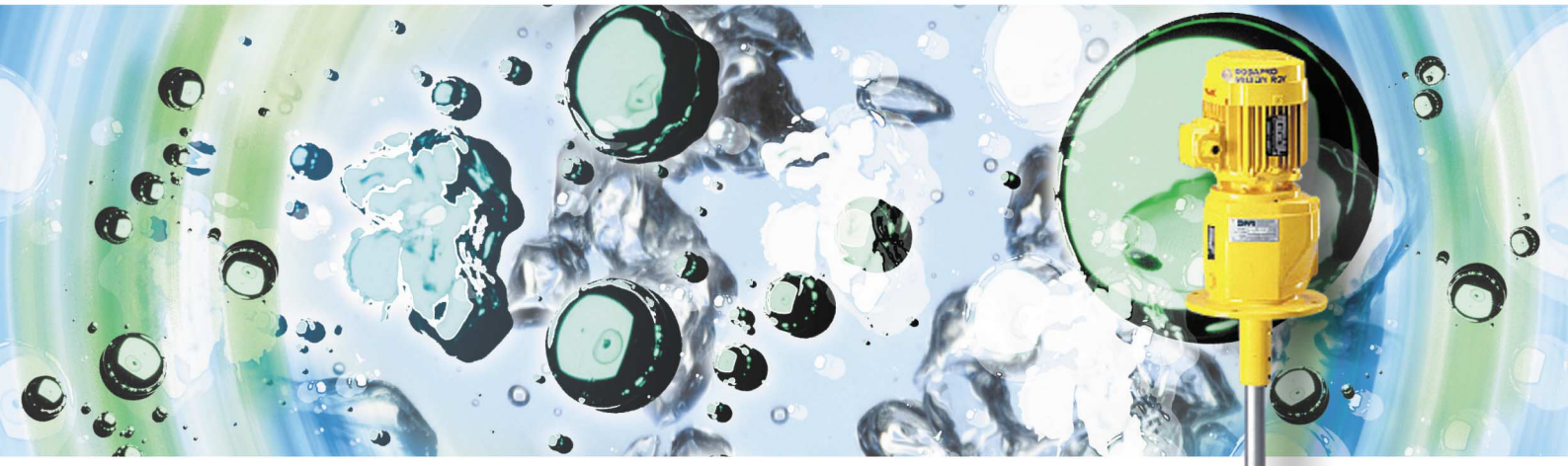
ASEA Brown Boveri S.A.
Avenida Argentina 3120
PO Box 3846
Lima 100
Perú
Tel: +51 (0) 1 561 0404
Fax: +51 (0) 1 561 3040

ABB Sistemas Industriales S.A.
Division Instrumentation
Street: Albarracin, 35
28035 Madrid
España
Tel: +34 1 581 93 93
Fax: +34 1 581 05 28

GAMA HELISEM®

AGITADORES SERIE VR

Depósitos abiertos desde 0,5 hasta 200 m³ – Presión atmosférica – Temperatura hasta 90°C



TIPO VRG

Características generales

- Agitadores dotados de un reductor de velocidad
- Eje inferior provisto de una turbina de palas inclinadas Sabre® de alto rendimiento hidraulico
- Potencia desde 0,37 hasta 7,5 kW

Volumen útil

- Desde 0,5 hasta 200 m³

Condiciones de operación

- Presión atmosférica
- Temperatura hasta 90°C

Aplicaciones principales

Tratamiento de aguas :

- Homogeneización
- Preparación de aditivos
- Suspensión
- Mezcla rápida

Otras industrías :

- Disolución
- Transferencia térmica
- Almacenamiento

Materiales de construcción

- Acero inoxidable 316L
- Pintura PU : RAL 1018 para el grupo de accionamiento
  (otros materiales, contactenos)

Características eléctricas

- 230/400 voltios trifásico
- 50 Hz
- IP 55
  (otras tensiones y frecuencias, consultenos)

Opciones (según referencia)

- Motores especificos
- Motores ADF, ATEX
- Variador de velocidad
- Segundo móvil

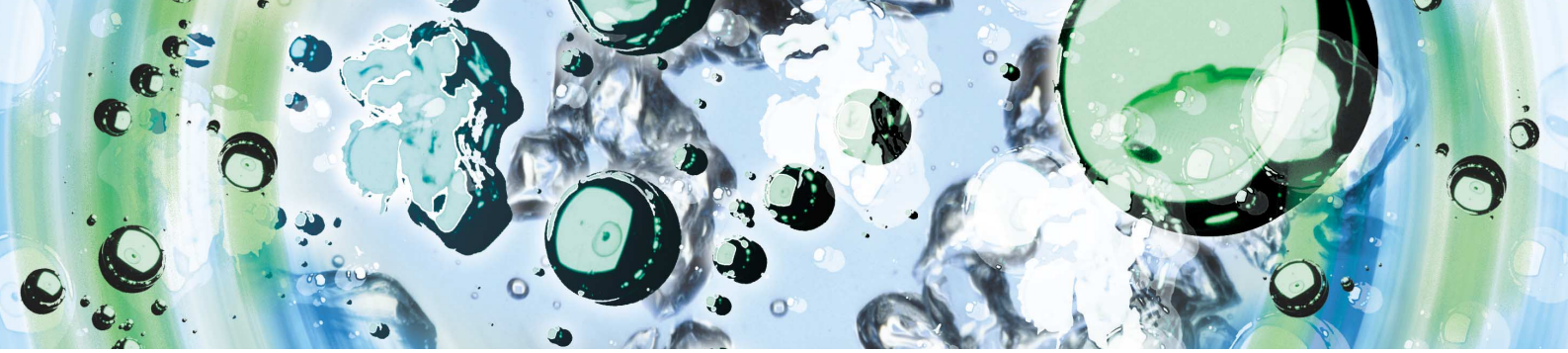
Una construcción robusta

- Mínimo mantenimento
- Posible el funcionamiento durante el vaciado del depósito

Límites de utilización

- Viscosidad < 100 mPas
- Densidad < 1,2
- Desaconsejado en medio gas-líquido
  (viscosidad o densidad superior, consultenos)

MILTON ROY
Mixing

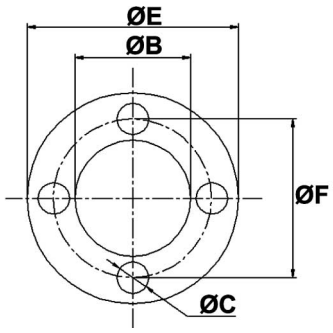


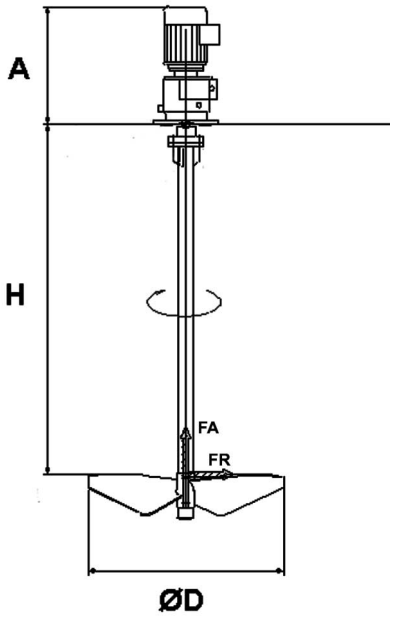
ESPECIFICACIONES

Tipos	Potencia Motor (kW)	Velocidad Rotación (rpm)	Longitud Máxima (mm) H	Diametro Hélice (mm) D	Caudal Hélice (m^3/h)	Peso (Kg)	Fuerza Axial (DaN)	Par (DaNm)
0021S	0.37	184	1500	200	95	26	1	1.9
1041S	0.55	158	1500	400	650	4	15	3.3
2031S	0.75	293	1500	300	509	40	16	2.4
3061S	1.1	99	2000	600	1379	49	29	10.6
5082S	2.2	95	2100	800	3135	95	81	22
5101S	2.2	69.3	1900	1000	4450	124	103	30.3
7121S	4	63.7	2300	1200	7065	198	176	60
8141S	5.5	53.3	2700	1400	9391	324	226	98.5
9161S	7.5	47.7	2700	1600	12549	465	306	150.2
9182S	7.5	39.7	3800	1800	14868	556	338	180.4

DIMENSIONES (MM)

Tipos	A	B	C	E	F
0021S	370	130	11	200	165
1041S	387	180	13.5	250	215
2031S	398	130	11	200	165
3061S	417	180	13.5	250	215
5082S	516	180	13.5	250	215
5101S	546	230	13.5	300	265
7121S	599	250	17.5	350	300
8141S	701	250	17.5	350	300
9161S	91	350	17.5	450	400
9182S	91	350	17.5	450	400





Extracto de la gama, no dude en consultarnos para más información.

DOSAPRO MILTON ROY

DOSAPRO MILTON ROY
10, Grande Rue
27360 PONT SAINT PIERRE
FRANCE
Tel : +33 (0) 2.32.68.30.00
Fax : +33 (0) 2.32.68.30.93
www.dosapro.com

MILTON ROY Mixing

MILTON ROY MIXING
10, rue du bois Gasseau BP N°94
77212 AVON Cedex
FRANCE
Tel : +33 (0) 1.60.74.95.20
Fax : +33 (0) 1.60.74.95.29
www.miltonroymixing.com

UNITED KINGDOM – MILTON ROY UK, LTD
Oaklands Business Centre, Oaklands Park,
Wokingham Berkshire RG 41 2FD
Tel : +44 118 977 1066 Fax : +44 118 977 1198
www.miltonroypumps.co.uk

ESPAÑA - DOSAPRO MILTON ROY IBERICA
C/ Embajadores, 100 – 28012 Madrid
Tel : +34 (91) 517 80 00 Fax : +34 (91) 517 52 38
www.dosapro.es

ITALIA – MILTON ROY ITALIA
Centro Direzionale Colleoni, palazzo andromeda ingresso 1,
via paracelso 16, 20041Agrate Brianza (MI)
Tel : +39 039 605 68 91 Fax : +39 039 605 69 06
www.miltonroy.it

Ref : MRM822232440-07/04-Rev02- Todos los derechos reservados de modificación de características sin aviso anticipado

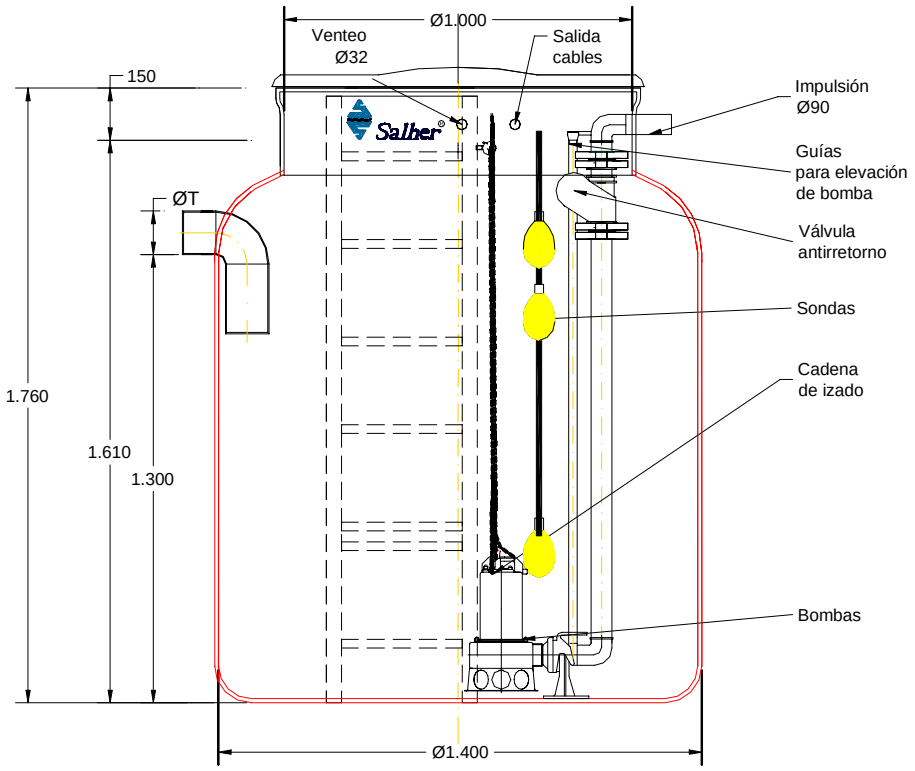
ANEXO 4

EQUIPOS

GAMA MEDIA
REF: CVC-PB-A

Pozos de bombeo para pequeños caudales.

El modelo base consta de carcasa de PRFV con 2 bombas con funcionamiento alternativo, 4 interruptores de nivel, válvulas antirretorno, válvulas de cierre, Acoplamiento automático de las bombas, para su izado a depósito lleno y Cuadro eléctrico. Opcionalmente se podrá suministrar cualquier accesorio.



REFERENCIA	Vol.Total [litros]	Vol. Útil [litros]	REF. BOMBA	Bombas Uds/Kw/tensión	Ø [mm]	Altura [mm]
CVC-PB-A-4	2.500	2.000	4	2x 1,2 Kw III	1.400	1.760
CVC-PB-A-5	2.500	2.000	5	2x 1,3 Kw III	1.400	1.760
CVC-PB-A-6	2.500	2.000	6	2x 3,2 Kw III	1.400	1.760

CARACTERÍSTICAS BOMBAS: RODETE IMPULSOR VORTEX

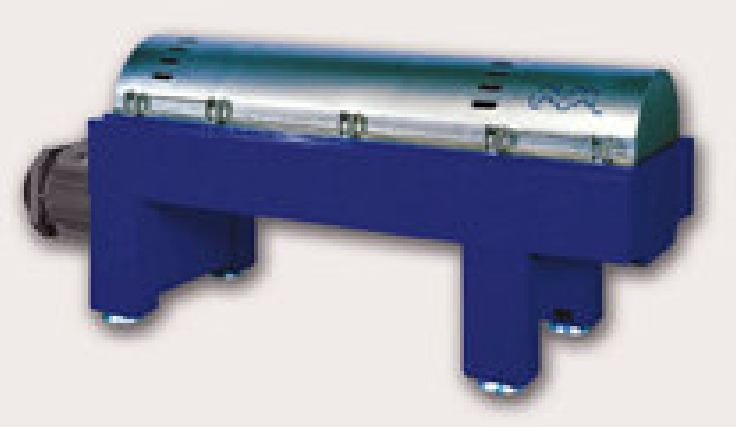
Bomba	Potencia Nominal (Kw)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Caudal														Ø Paso sólidos
				L/min	0	50	100	150	200	250	300	400	500	550	600	650	700	
				M3/h	0	3	6	9	12	15	18	24	30	33	36	39	42	
4	1.2	400V T	2.7	m.c.a.	12,5	11,8	10,8	9,8	8,5	7	5,5	2						40
5	1.3	400V T	3		13,2	12,8	12,2	11,3	10,3	9,3	8	5,5	3	1,8				50
6	3.2	400V T	5.5		18,2	17,3	16,5	15,6	14,7	13,6	12.7	10.5	8	7	5.5	4	3	50

Depuradora de Aguas Residuales 31/07/07

OFERTA Nº ESMAJPO

DECANTADOR CENTRIFUGO

ALDEC 10*(10CT)*



INDICE

1. ***CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS***
2. ***DATOS DE DISEÑO Y PRESTACIONES***
3. ***ALCANCE DE SUMINISTRO***
4. ***ESPECIFICACIÓN TÉCNICA***
5. ***CONDICIONES COMERCIALES***
6. ***EXCLUSIONES***
7. ***INSTALACIÓN***
8. ***SERVICIO POSTVENTA***
9. ***REFERENCIAS***
10. ***ANEXOS:****Plano dimensional*

1. CARACTERÍSTICAS TECNICAS

DESCRIPCION TÉCNICA

- *El decantador centrífugo **ALDEC 10** de Alfa Laval de eje horizontal, está especialmente diseñado para plantas pequeñas de depuración de aguas, tanto municipales como industriales. Es muy efectivo tanto con bajo contenido de sólidos (menos de 1% de M.S.), como con altos contenidos.*

- *El conjunto rotante, la carcasa así como todas las partes en contacto con el liquido están construidos en **acero inoxidable AISI 316** que lo hace especialmente resistente, no solo en la deshidratación de fangos de aguas residuales urbanas, sino que también en las plantas de depuración de aguas industriales de industrias alimentarías, ácidos, caucho ,colorantes, farmacéuticas, fotográficas, lecheras, papeleras, pasta de sulfito ,industria química, textil, ,maquinaria para elaborar pulpas, industrias de fibras sintéticas, etc...*

- *Está integrado por un rotor tubular cilindrocónico de una sola pieza soportado entre rodamientos, equipado con un transportador interior para la extracción de sólidos, y de flujo a contracorriente. Para la construcción del rotor se utiliza la **fundición centrífuga Centrispun Casting** que lo dota de mayor resistencia mecánica, segrega menos impurezas densas en la matriz del material y se consigue un material de la más alta calidad que lo hace excepcionalmente limpio y exento de porosidades. Esto permite trabajar a elevadas revoluciones, y conseguir un elevado valor G*

- *El rotor es accionado por un motor eléctrico accionado mediante un sistema de arranque directo.*
- *La velocidad diferencial del tornillo transportador se obtiene mediante un **sistema de poleas y correas** a través de la caja reductora. Las poleas son intercambiables con la máquina parada. El sistema trabaja sin regulación, e incorpora un interruptor de par como protección contra sobrecargas.. Se incluyen varios juegos de poleas para diferentes velocidades diferenciales*

- *El fango a deshidratar, junto con el polielectrolito añadido, se introduce en el rotor a través de un eje hueco. Una vez en el interior, y tras mezclarse y producirse la floculación, por el efecto de la fuerza centrífuga, los sólidos y el líquido se separan en dos capas concéntricas, los sólidos pegados a la pared, y el líquido clarificado sobrenadante.*

VENTAJAS ESPECIFICAS DEL "ALDEC 10"

El decantador centrífugo ***ALDEC 10*** *aporta las siguientes ventajas:*

- *Todas las piezas en contacto con el fluido están construidas* ***en acero inoxidable AISI 316****,* ***incluida la carcasa exterior.***

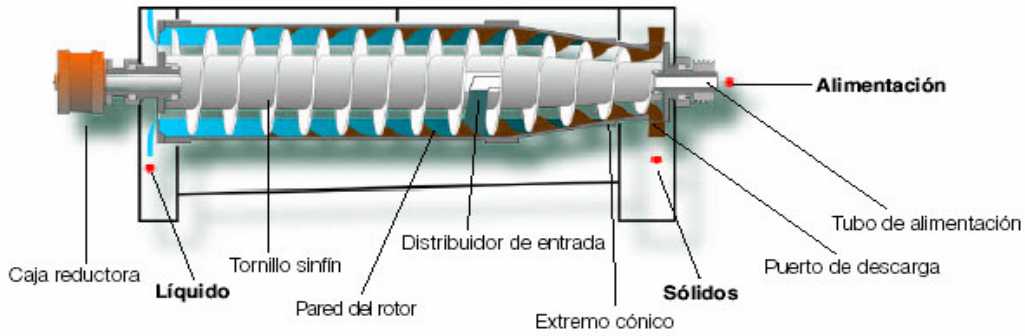
- *Es compacto y eficiente, sencillo de manejar y de instalar, y permite operar periodos largos con bajos costes de mantenimiento.*

- *Toda la tecnología Alfa Laval se ha puesto a disposición del usuario de este decantador centrífugo, de manejo sencillo, destacando entre otros:*

  - *Diseño compacto*
  - *Piezas criticas fabricadas en material resistente al desgaste.*
  - *Alto rendimiento y bajo consumo de energía*

- *Diseñado para tratar lodos difíciles de deshidratar tanto urbanos como industriales*

- ***Unidad Plug & Play con accionamiento y método de arranque directo (DOL)***



2. DATOS DE DISEÑO Y PRESTACIONES

DATOS DE DISEÑO

Tipo de fangos:	*Aireación prolongada*	
Concentración:	*3*	*% m.s.*
Nº Unidades:	*1*	
Caudal Unitario de diseño:	*2*	*m3/h*
Sequedad requerida:	*-*	*% m.s.*

PRESTACIONES

Caudal máximo de fangos	*2*	*m3/h*
Carga másica máxima:	*60*	*Kg m.s./h*
Sequedad:	*22-25 % m.s. si materia volátil <50%* *20-22 % m.s. si materia volátil 50-70%* *18-20 % m.s. si materia volátil >70%*	

(1) Sequedad de torta obtenible a caudal y carga de diseño, según tipo y composición del fango, y dosis de reactivos empleada.

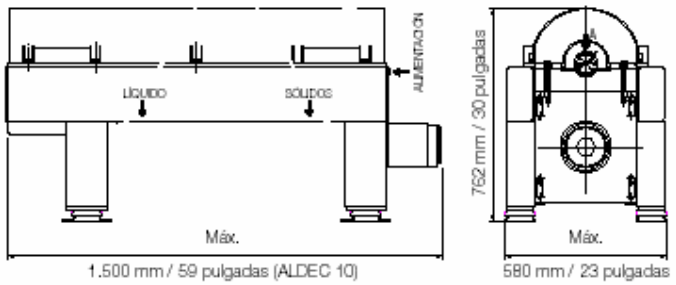
3. ALCANCE DE SUMINISTRO

UDS	*DESCRIPCION*
1	*DECANTADOR CENTRÍFUGO* *Decantador centrífugo Alfa Laval, modelo* ***ALDEC 10,*** *según especificación técnica adjunta nº: 8820.04900-0, que incluye:* • *Todas las partes en contacto con el fango construidas* ***en acero inoxidable AISI 316.*** • *Caja reductora planetaria de dos etapas.* • *Motor eléctrico de 4 Kw para arranque directo.* • ***Sistema de poleas y correas*** *a través de la caja reductora. Las poleas son intercambiables con la máquina parada. El sistema trabaja sin regulación, e incorpora un interruptor de par como protección contra sobrecargas..* • *4 Amortiguadores de vibración.* • *Juego de herramientas especiales para el decantador centrífugo.* • *Un juego de repuestos de puesta en marcha compuesto por:* *- Kit intermedio de rodamientos del sinfín.* *- Lubricantes.* *- 2 Juegos de poleas para cambiar la velocidad diferencial* *- Herramientas.* *- Comprobador de tensión de correas* • *Manuales en castellano de instalación, operación, y catálogo de piezas de repuesto.* • *Un juego de certificados de calidad compuesto por:* *- Certificado de materiales.* *- Certificado de pruebas del motor.* *- Certificado de pruebas en fábrica.* • *Embalaje mediante cubierta protectora de plástico,* • *Transporte hasta destino. (No incluye grúa de descarga)* ***PRECIO UNITARIO: 28.450,-€***
1	*SUPERVISIÓN Y PUESTA EN MARCHA* *Dado que el equipo es sencillo de instalar y de operar, no consideramos imprescindible la presencia de un técnico de Alfa Laval, para la puesta en marcha.* *No obstante, si lo solicitan, Alfa Laval pondrá a su disposición un técnico para la realización de la misma.* ***PRECIO UNITARIO: 1.500,- €***

4. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

APLICACIÓN			***MODELO***	***ALDEC 10***	
Proceso	*Deshidratación de fangos*		*Especificación nº:*	*8820.04900-0*	
Diseño	*904*		*Plano nº:*	*6123.9937*	
ROTOR			***MATERIALES DE CONSTRUCCION***		
Flujo fangos	*Contracorriente*		*Rotor*	*Acero Inox. AISI 316. Fundición centrífuga Centrispun*	
Flujo líquido	*Cuasiaxial*		*Tornillo*	*Acero Inoxidable AISI 316*	
Hermeticidad carcasa	*Abierta*		*Tapa*	*Acero Inoxidable AISI 316*	
Diámetro	*200*	*mm*	*Carcasa*	*Acero Inoxidable AISI 316*	
Longitud total	*709*	*mm*	*Retenes*	*Nitrilo*	
Angulo del cono	*10*	*º*	*Bancada*	*Laminado de acero al carbono*	
Velocidad máxima	*5300*	*rpm*			
PROTECCIONES ANTIDESGASTE			***MOTOR DE ACCIONAMIENTO***		
Superficie interior rotor	*Varillas longitudinales*		*Potencia*	*4*	*kW*
Tornillo Transportador	*Aportación TM 40*		*Tensión*	*380*	*v*
Anillo salida de sólidos	*Acero inox. 316*		*Fases*	*III*	
Descarga de sólidos	*6 Casquillos Stellite*		*Frecuencia*	*50*	*Hz*
			Velocidad	*2850*	*r.p.m.*
CAJA REDUCTORA			*Protección*	*IP 55*	
			Arranque	*Directo*	
Tipo	*Planetario*				
Etapas	*2*				
Relación	*1:45,6*				
Rango vel. diferencial	*4,2-40,5*	*r.p.m.*			
Velocidad diferencial	*14*	*r.p.m.*			
Máximo par de torsión	*0,4*	*kNm*			

Dimensiones



5. CONDICIONES COMERCIALES

PLAZO DE ENTREGA

El plazo de entrega en obra es habitualmente de dieciseis (16) semanas laborables, y de un máximo de veinte (20), una vez confirmados por escrito, los términos tanto técnicos como comerciales del suministro.

PERÍODO DE GARANTÍA

El período de garantía de los equipos es de doce meses desde la puesta en marcha, o dieciocho desde la fecha de entrega, cualquiera de ambos que sea el más corto.

Esta garantía cubre la sustitución de piezas o componentes defectuosos, en nuestros talleres, según lo indicado en las Condiciones Generales de Venta adjuntas.

La garantía excluye explícitamente la reparación de los daños causados por falta de engrase, mantenimiento, vigilancia, desgastes por abrasión, y/o por corrosión, y los causados por mala utilización de los equipos.

ENTREGA DE EQUIPOS

Prioritariamente los equpos se transportarán directamente desde nuestras fábricas al lugar de entrega. Si esto no fuera posible porque una vez llegada la fecha de entrega comprometida, el cliente no estuviera en condiciones de recepcionarlos, Alfa Laval, previa comunicación escrita, procederá a la facturación de los mismos al cliente, y adicionalmente se contratará su almacenaje externo durante un período de tiempo limitado. Una vez entregados los mismos, los gastos de almacenaje generados serán repercutidos al cliente mediante facturación según las tarifas correspondientes.

FORMA DE PAGO

25 % con el pedido.
75 % a la entrega de los equipos en obra. A 90 días f.f.
Los precios se han calculado considerando un pago aplazado a 90 días f.f., con un interés financiero del 0,75 % mensual. Cualquier variación en la forma de pago podrá incidir, al alza o la baja, sobre los precios.
No se admitirán penalizaciones, bajo ningún concepto, superiores al 5 % del importe total del pedido.

VALIDEZ DE LA OFERTA

El período de validez de la presente Oferta es de tres (3) meses a partir de la fecha de emisión de la misma.

Resto de condiciones según "Orgalime"

6. EXCLUSIONES

Cualquier equipo, o servicio que no esté explícitamente cotizado en la oferta, no se considerará incluido en el precio, aunque pueden ser valorados separadamente en caso de interés por su parte.

LOS SIGUIENTES ÍTEMS, SALVO INDICACIÓN EN CONTRA, ESTÁN EXPRESAMENTE EXCLUIDOS DE NUESTRA OFERTA:

- *Impuesto sobre el valor añadido (IVA)*
- *Documentación de calidad, o inspecciones distintas de las descritas.*
- *Grúa para descarga*
- *Reactivos (polielectrólito) para la puesta en marcha.*
- *Tuberías y válvulas.*
- *Cables eléctricos en campo.*
- *Polipasto.*
- *Bancada.*
- *Tolvas.*
- *Válvulas de tajadera.*
- *Plataforma de inspección.*
- *Trabajos de obra civil*
- *Trabajos de instalación, mecánicos y/o eléctricos.*

7. INSTALACIÓN

Para el correcto funcionamiento de los decantadores centrífugos ALDEC de Alfa Laval, hay que instalar el equipo sobre una bancada (tacos de hormigón, bancada metálica, etc.) de altura suficiente para instalar, en la parte inferior, el sistema de transporte, o recogida de torta.

Asimismo hay que prever las siguientes conexiones, mediante acoplamientos flexibles:

- *Linea de fangos.*
- *Linea de polielectrolito.*
- *Linea de centrado.*
- *Tolva de descarga de sólidos.*
- *Línea de agua de lavado. Caudal y presión similares a los de tratamiento. Solo es necesario lavar la máquina cuando se va a parar, o cuando hay una parada por sobrecarga..*

NOTA

Para posteriores trabajos de mantenimiento, se recuerda qué, en cumplimiento de la normativa de Prevención de Riesgos Laborales, es obligatorio disponer de un sistema de elevación (polipasto, etc.) adecuado para las cargas a manejar (motor, rotor, etc.).

8. SERVICIO POSTVENTA

Alfa Laval Iberia, S.A. dispone de un Servicio Postventa que cuenta con un amplio equipo de técnicos especializados, y un almacén de repuestos centralizado con rápidas entregas.

El Servicio Postventa está disposición de nuestros clientes para ofrecerles los siguientes servicios:

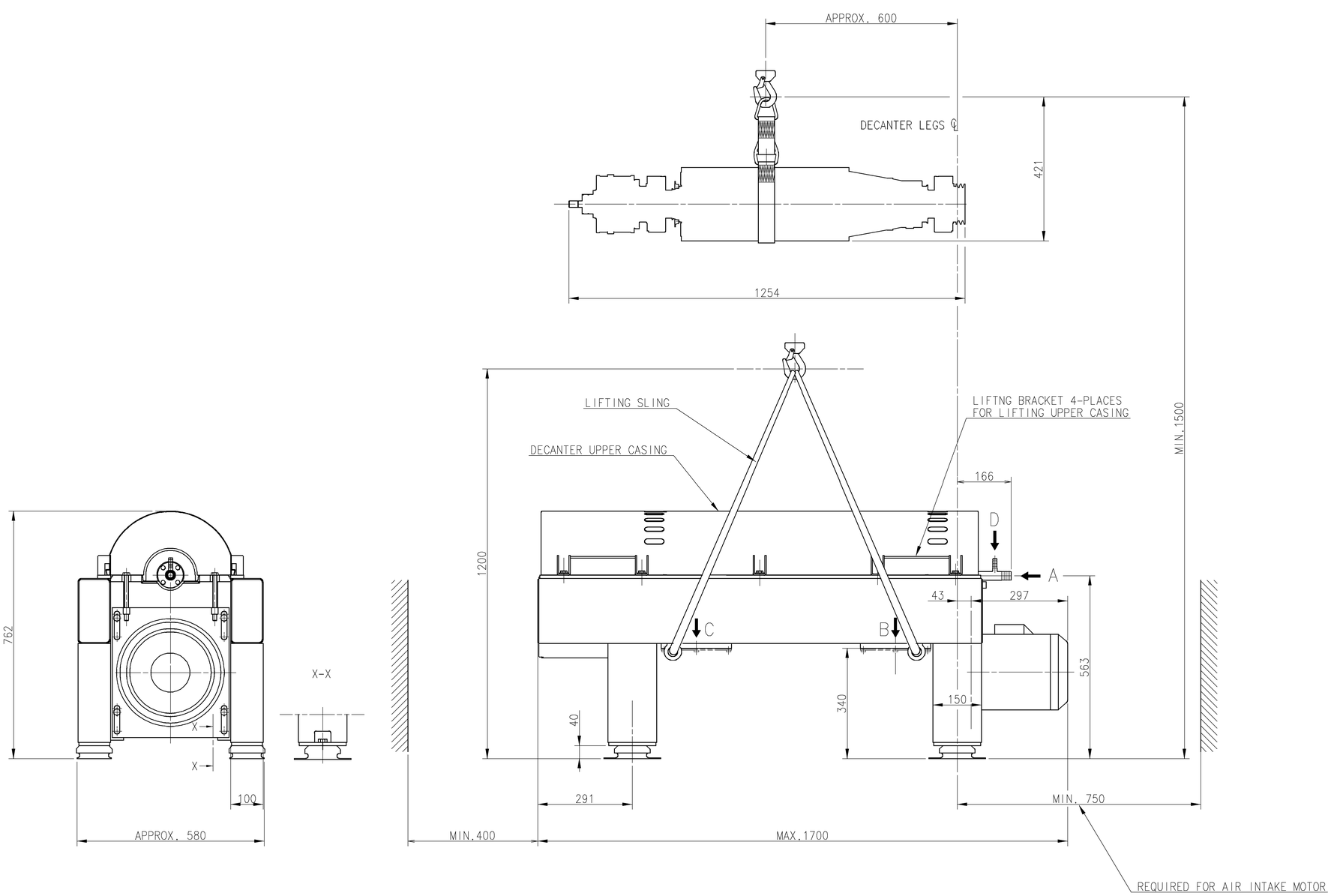
- *Supervisión de los trabajos de montaje.*
- *Puestas en marcha en vacío.*
- *Puestas en marcha con fangos, y cumplimiento de las garantías.*
- *Optimización de procesos.*
- *Adiestramiento del personal de explotación de las plantas.*
- *Suministro de repuestos con un corto plazo de entrega.*
- *Intervenciones de mantenimiento preventivo.*
- *Intervenciones de mantenimiento correctivo.*
- *Reacondicionamiento de máquinas.*
- *Taller de reparaciones. Recarga, y equilibrado de componentes.*
- *Accesorios para mejora de equipos.*
- *Cursos de formación para usuarios.*

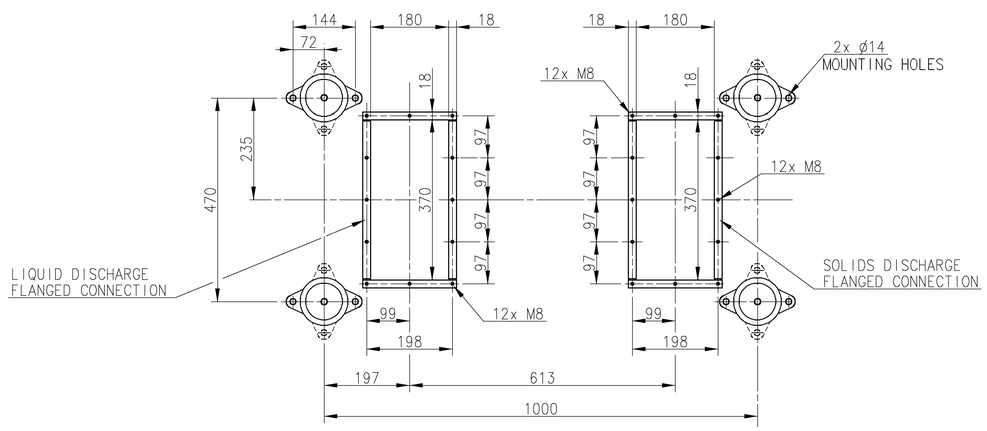
9. REFERENCIAS

Alfa Laval es el fabricante de decantadores centrífugos para deshidratación de fangos con el mayor número de equipos instalados en el mundo.

Estamos a su disposición para proporcionarles la lista completa de nuestras referencias, o una lista especifica por comunidades autónomas, o por tipo de fangos.

Nuestra amplia experiencia nos avala, y nos convierte en la primera opción para los instaladores, y/o usuarios de decantadores centrífugos para la deshidratación de fangos.





APPROXIMATE WEIGHTS:

TOTAL WEIGHT OF EMPTY DECANTER	~350 kg / 780lbs
ROTATING ASSY INCL. PILLOW BLOCKS	~130 kg / 290lbs
COMPLETE FRAME ASSY EXCL. MAIN MOTOR AND ROT. ASSY	150 kg / 330lbs
MAIN MOTOR	73 kg / 160lbs
UPPER CASING	24 kg / 53lbs
GEAR BOX	~20 kg / 44lbs

MIN. CRANE CAPACITY FOR LIFTING OF ROTATING ASSEMBLY: H. 150 kg

LOADING DATA:

1. MAX. STATIC LOAD
   - A-VERTICAL: 3500 N
   - B-HORIZONTAL: 0 N
2. MAX.DYNAMIC LOAD AT RUN DOWN (ADD TO STATIC LOAD)
   - A-VERTICAL: ±2600 N
   - B-HORIZONTAL: ±1300 N
3. MAX.DYNAMIC LOAD AT OPERATING SPEED
   - A-VERTICAL: 150 N
   - B-HORIZONTAL: 150 N

ALL LOADS ARE EVENLY DISTRIBUTED ON THE VIBRATION ISOLATORS

CONNECTIONS:

	DIMENSION/TYPE
A FEED	HOSE CONNECTION 1" (Ø25)
B SOLIDS OUTLET	RECTANGULAR FLANGE
C LIQUID OUTLET	RECTANGULAR FLANGE
D POLYMER/WATER	HOSE CONNECTION 1/2" (Ø13)

NOTES:
1. ALL CONNECTIONS MUST BE FLEXIBLE.
2. FOR PROPER VENTING OF DISCHARGE HOPPERS REFER TO THE INSTSLLATION DRAWING. IMPROPER VENTING CAN LEAD TO LEAKAGE PROBLEMS.
3. CUSTOMER IS RESPONSIBLE FOR ANCHORING.
4. FOR FURTHER INFORMATION, SEE INSTALLATION DATA MANUAL AND INSTALLATION DRAWING.

This document and its contents are the exclusive property of Alfa Laval Copenhagen A/S and may not be copied, transmitted or communicated to a third party, nor used for any purpose other than that for which it is supplied.

This document may constitute a controlled document which is the property of Alfa Laval Copenhagen A/S only to the extent expressly agreed upon.

Rev. No.	Date	Modified By	Appr.
3	050107	MGN	EG

ADDED: MIN. 400
MIN. 750 REPLACES MIN. 500.

Item	Article No.	Name/Designation	Material

Title: DIMENSIONED DRAWING

0.4 kNm

Alfa Laval
Alfa Laval Copenhagen A/S
SØBORG DENMARK

First angle projection	Surface roughness	Scale	Dept.	Date	Design Code
	$R_A\mu m$	1:5	GKU	030221	NX904
		Format	Drawn	Appr.	Model
		A0	XWG	LAS	N

Document No. 61239937

Filtros Autolimpiables

Filtro-tamiz protector autolimpiable, se instala después del contador de agua, para evitar la entrada de partículas y lodos a las instalaciones.

Impide la entrada de **arenilla, óxido, pequeñas piedras, tierra, etc.**, causantes de la coloración del agua, turbidez, atascos, daños en griferías, calentadores, duchas, etc .

- Homologado por DVGW.TUV-G. Control de Calidad según las normas DIN europeas

Datos técnicos

MODELOS	SPY 1"	SPY 1¼"	SPY 1½"	SPY 2"
Conexiones	1"	1¼"	1½"	2"
Caudal de agua m3/h	4,5	5,5	13	17
Ancho de Malla en mm	0,1	0,1	0,1	0,1
Presión nominal PN	16	16	16	16
Pérdida de presión, bar	0,2	0,2	0,2	0,2
Altura del filtro en mm (A)	341	341	371	388
Largo de montaje (B)	75	75	75	75

MANUALES Y AUTOMÁTICOS

Solucionan problemas tanto de ámbito doméstico como industrial.

VENTAJAS MÁS IMPORTANTES

- Larga vida útil.
- Económico.
- Sin gastos de mantenimiento.
- Sin cambio de cartuchos.
- Tejido filtrante de acero inoxidable
- Suministro de agua ininterrumpido durante el filtrado.
- Canal de aspiración patentado con escobillas de limpieza para un filtrado óptimo.
- Grado de suciedad del filtro reconocible desde fuera a través de una mirilla de alta transparencia.
- Equipos con reguladores cronométricos, volumétricos, y con tomas para conexión a ordenadores y centrales de control.
- Materiales robustos con tratamientos anticorrosión.

ESTRUAGUA
TECHNOLOGY FOR LIFE

Grupo FACOMA

Fabricacion de equipos para tratamientos de aguas residuales, industriales y urbanas

Su referencia u obra.:	**No Facilitado**
Cliente.:	**David Fernandez Romero**
Persona de contacto.:	**Sr. David Fernandez**
E-mail:	**ıandezromero@alum.uca.es**
Oferta número.:	**07/0001**
Fecha.:	**30/08/2007**

Confección.:	**Sr. Enrique Sorribes**
Zona comercial.:	**España**
Tel.:	**34,938466631 / 34,938465475**
Fax.:	**34938490821**
E.mail.:	**estruagua@estruagua.com**

Tolva almacenamiento de lodos Taf.:

Caracteristicas principales.:

Marca	**ESTRUAGUA**	
Modelo	Taf-010	
O.O.T.	1,1	
Capacidad	10	m3
Diámetro tronco y cono	2000	mm
Altura tronco	3000	mm
Altura cono	1500	mm
Altura libre de cono a piso de apoyo	4000	mm
Altura total incluyendo barandilla	9300	mm
Dimensiones hueco salida lodos	500x500	mm
Descarga	Por gravedad	válvula de tajadera
Accionamiento	Actuador	eléctrico
Refuerzos tronco	En forma	""U"" cilindrados
Ancho escalera de gato a plataforma intermedia	800	mm
Plataforma intermedia ancho	800	mm
Barandilla tipo	Tubular 1" y 1 1/4"	y pasamano vertical
Altura barandilla plataforma intermedia	900	mm
Ancho escalera de gato a zona superior tolva	800	mm
Altura barandilla zona superior tolva	900	mm
Piso superior en tronco tolva	Chapa	estriada
Boca de carga embridada	DN-125	DIN 2576 PN-10
Espesor cuerpo (Tronco y cono)	Mínimo	3,00 mm
Sombrerete	Si	
Boca de hombre en tapa superior	Si	
Plataforma intermedia	En perfiles	""U"" laminados
Patas soporte	Perfiles	estructurales
Fijación a obra	Atornillada	(Tacos)

Materiales de construcción.:

Construcción tronco	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Cosntrucción cono	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Construcción patas soporte	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Placas de unión	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Escalera de gato a pasarela intermedia	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Pasarela intermedia	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Piso de apoyo pasarela intermedia	Acero carbono S275JR	galvanizado
Escalera de gato a zona superior	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Barandillas y rodapie	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Construcción tajadera	Inox.Aisi-	304 / 1,4301 - EN10088
Marco tajadera	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Piso estriada zona superior	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)
Refuerzos cono y tronco	Acero carbono S275JR	EN10025 (A/42-b)

Accionamiento motor.: (Actuador tajadera)

Motor eléctrico	Siemens	o similar
Potencia	0,37	Kw
Velocidad de entrada	1420	Rpm
Tension y frecuencía	220/380-400 V	50/60 Hz
Proteccion y aislamiento	IP-55	clase F
Montaje	B-5	
Sentido unico de giro	No	

Accionamiento reductor.: (Tajadera)

Reductor mecánico	ACMA	o similar
Tipo	RMV	ascendentes
Velocidad de salida	90	Rpm
Factor servicio	1,5	
Ejecución	Eje	trapezoidal
Función	Todo/	nada
Caja, tapas y bridas	GG-15	UNE 36-111-73/DIN 1691
Tornillo sinfín, ejes y engranajes	Acero de cementación	UNE 36-013-79/DIN 17210
Corona	Bronce	centrifugado DIN 1705
Retenes	Nitrilo-butadineo	DIN 3760
Acoplamiento válvula	Estructural	acero

Opcionales.:

Cuadro de control	No incluido
Limitador de par eléctrico o mecánico	No incluido
Elementos de elevación	No incluido
Instalaciones electricas	No incluido
Embalajes	No incluido
Cableado interno equipo a caja de conexiones	No incluido
Tacos de anclaje a obra civil	No incluido
Conexionado de tuberías	No incluido
Plan de seguridad o salud en montaje (P.S.S.)	No incluido

Acabados.:

Chorreado con arena de calidad SUECA SA Grado 2 1/2 SVENSK ESTÁNDAR + Tres capas de pintura de imprimación ALQUITRAN EPOXY, color negro, curada con poliamida de 2 componentes, total micras 375 (interior) + una capa acabado HEMPEL dos componentes 50 micras, color negro. (exterior)

Varios.:

El equipo presupuestado responde a una fabricación standard, según las especificaciones que se adjuntan, las cuales pueden diferir en algunos puntos con las remitidas por ustedes.

Albañilería, rellenos, sellados, etc...	No incluido
Limpieza de recintos antes del montaje	No incluido
Reposición de material por robo	No incluido
Vigilancía de material en obra	No incluido

Precios y condiciones particulares.:

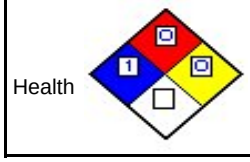
Importe economico unitario	**26900 €**
Transporte (Un solo transporte para la maquinaria)	Ex Works
Importe por montaje (Un solo desplazamiento de personal)	No incluido
Importe por desplazamiento extra en montaje	A convenir
Puesta en marcha	No incluido
Impuestos, retenciones y avales	No incluido
Plazo de suministro	A convenir
Validez de la oferta	3 meses
Garantía equipo	12 meses fecha suministro

ANEXO 5

REACTIVOS

MATERIAL SAFETY DATA SHEET
MAGNESIUM CHLORIDE

NFPA Classification



SECTION I - MATERIAL IDENTIFICATION AND USE

Supplier: NSC MINERALS INC. 2241 Speers Avenue Saskatoon, Saskatchewan Canada S7L 5X6	**Emergency Telephone Numbers:** (306) 934-6477 (888) 668-7258
Chemical Name: $MgCl_2$ Magnesium Chloride	**Chemical Family:** Not Available
Product Use: Deicing, Dust Control, General Industrial	**Trade Name:** $MgCl_2$ Magnesium Chloride

SECTION II - HAZARDOUS INGREDIENTS

Magnesium Chloride (Anhydrous)	CAS # 7786-30-3
Magnesium Chloride (Hexahydrate)	CAS # 7791-18-6

SECTION III - PHYSICAL DATA

Physical State Solid	**Appearance and Odour** White Crystalline Solid, Odourless	**Odour Threshold** Not Available
Boiling Point 1412°C	**Solubility In Water** 167g/100ml water at 20°C	**Specific Gravity** 1.569 (Water = 1)

SECTION IV - FIRE AND EXPLOSION HAZARDS

Flammability Non Flammable	**Means of Extinction** Non Combustible

SECTION V - REACTIVITY DATA

Chemical Stability	**Incompatible Materials**
Stable	Oxidizing Agents, Acids, Metals in presence of moisture

SECTION VI - TOXICOLOGICAL PROPERTIES

Route of Entry - Eye, skin contact, inhalation, ingestion

Acute Health Effects:

Eye - May cause irritation
Skin - May cause irritation
Inhalation (of dust) - May cause respiratory tract irritation
Ingestion - May cause upset stomach

Irritancy	**Respiratory Tract Sensitization**	**Mutagenicity**
May Cause Irritation	No Data Available	No Data Available
Teratogenicity	**Carcinogenicity**	**Reproductive Effects**
No Data Available	Not Classified	No Data Available

SECTION VII - PREVENTIVE MEASURES

Personal Protective Equipment:

Gloves -	Recommended	**Footwear -**	Normal
Respiratory -	Wear NIOSH/MSHA approved respiratory protection	**Clothing -**	Normal long sleeved work clothes
Eyes -	Safety goggles recommended		

Leak and Spill Procedures	Use broom or dry vacuum to collect material for reuse or proper disposal.Avoid creating dust. Rinse area with water. Prevent large spills from entering sewers and waterways.
Waste Disposal	Dispose of in accordance with all applicable Federal, Provincial, State and local Environment Regulations.
Storage Requirements	Store in dry area. Keep away from incompatible materials such as strong acids and interhalogens.

SECTION VIII - FIRST AID MEASURES

Skin	Wash with soap and water.
Eyes	Flush with large amounts of water.
Inhalation	If symptoms develop, move victim to fresh air. If symptoms persist, obtain medical attention.
Ingestion	Drink large quantities of water. Bring to the attention of a physician.

SECTION IX - PREPARATION OF MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Prepared By: NSC MINERALS INC. **Phone Number of Preparer:** (306) 934-6477	**Date Prepared:** April 1, 2007

DISCLAIMER

The data contained herein is believed to be accurate and reliable, but no expressed or implied warranty is made with regard to the accuracy of such data or its suitability for a given situation. Such data relates only to the specific product described and not to such product in combination with any other product. We disclaim all liability for any actions taken or forgone on reliance upon such data. Users should make their own investigation to determine the suitability of the information for their particular purposes.

General Struvite Information

Chemical Formula: (NH4)MgPO4·6(H2O)

Composition: Molecular Weight = 245.41 gm

Magnesium 9.90 % Mg 16.42 % MgO

Phosphorus 12.62 % P 28.92 % P_2O_5

Hydrogen 1.64 % H - % Calc as $(NH_4)_2O$

Hydrogen 4.93 % H 44.05 % H_2O

Nitrogen 5.71 % N 10.61 % $(NH_4)_2O$

Oxygen 65.20 % O

Empirical Formula: $(NH_4)Mg(PO_4)·6(H_2O)$

IMA Status: Valid Species (Pre-IMA) 1845

Locality: Link to MinDat.org Location Data.

Name Origin: Named after the Russian diplomat, H. G. von Struve (1772-1851).

Synonym: ICSD 14269
PDF 47-1744

Struvite Crystallography

Axial Ratios: a:b:c =0.6196:1:0.5474

Cell Dimensions: a = 6.945, b = 11.208, c = 6.1355, Z = 2; V = 477.58 Den(Calc)=1.71

Crystal System: Orthorhombic-Pyramidal H-M Symbol (mm2) Space Group: P $mn2_1$

X Ray Diffraction: By Intensity(I/I_o): 4.257(1), 5.601(0.6), 2.919(0.55),

Physical Properties of Struvite

Cleavage: [100] Perfect

Color: White, Yellowish white, Brownish white.

Density: 1.7

Diaphaniety: Transparent to Translucent

Fracture: Uneven - Flat surfaces (not cleavage) fractured in an uneven pattern.

Habit: Euhedral Crystals - Occurs as well-formed crystals showing good external form.

Habit: Platy - Sheet forms (e.g. micas).

Hardness: 1.5-2 - Talc-Gypsum

Luster: Vitreous - Dull

Streak: white

Optical Properties of Struvite

Gladstone-Dale:
CI meas= -0.245 (Poor) - where the CI = (1-KPDmeas/KC)
CI calc= -0.237 (Poor) - where the CI = (1-KPDcalc/KC)
KPDcalc= 0.2914,KPDmeas= 0.2931,KC= 0.2355

Optical Data:
Biaxial (+), a=1.495, b=1.496, g=1.504, bire=0.0090, 2V(Calc)=40, 2V(Meas)=37.367.

Calculated Properties of Struvite

Electron Density: $\rho_{electron}$=1.81 gm/cc
note: $\rho_{Struvite}$ =1.71 gm/cc.

Fermion Index : Fermion Index = 0.06709
Boson Index = 0.93291

Photoelectric: $PE_{Struvite}$ = 0.96 barns/electron
$U=PE_{Struvite} \times \square_{electron}$= 1.74 barns/cc.

Radioactivity: GRapi = 0 (Gamma Ray American Petroleum Institute Units)
Struvite is Not Radioactive

Struvite Classification

Dana Class:

40.1.1.1 (40)Hydrated Phosphates, etc
(40.1)where A++ B++ (XO4) · x(H2O)
(40.1.1)Dana Group

40.1.1.1 Struvite (NH4)MgPO4·6(H2O) P $mn2_1$ mm2

40.1.1.2 Struvite-K! KMg(PO4)·6(H2O) P $mn2_1$ mm2

Strunz Class:

VII/C.23-10 VII - Phosphates, Arsenates and Vanadates
VII/C - Water-bearing phosphates without unfamiliar anions, cations of medium and big size: Fe, Mn, Zn, Mg and Ca, (NH4)1+
VII/C.23 - Struvite - Mundrabillaite series

VII/C.23-10 Struvite (NH4)MgPO4·6(H2O) P $mn2_1$ mm2

VII/C.23-20 Dittmarite (NH4)Mg(PO4)·(H2O) P $mn2_1$ mm2

VII/C.23-30 Niahite (NH4)(Mn,Mg,Ca)PO4·(H2O) P $mn2_1$ mm2

VII/C.23-40 Hannayite (NH4)2Mg3H4(PO4)4·8(H2O) P1 1

VII/C.23-50 Schertelite (NH4)2MgH2(PO4)2·4(H2O) P bca 2/m 2/m 2/m

VII/C.23-60 Stercorite H(NH4)Na(PO4)·4(H2O) P1 1

VII/C.23-65 Swaknoite (NH4)2Ca(HPO4)2·(H2O) Unk Ortho

VII/C.23-70 Mundrabillaite (NH4)2Ca(HPO4)2·(H2O) Pm,P 2,P 2/m Mono

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDROXIDO DE SODIO

ICSC: 0360

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

Nº CAS 1310-73-2
Nº RTECS WB4900000
Nº ICSC 0360
Nº NU 1823
Nº CE 011-002-00-6

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar el suficiente calor para producir la ignicion de sustancias combustibles.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• **INHALACION**	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• **PIEL**	Corrosivo. Enrojecimiento, graves quemaduras cutáneas, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar

			asistencia médica.
• **OJOS**	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• **INGESTION**	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, vómitos, colapso.	No comer, ni beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	**ALMACENAMIENTO**	**ENVASADO Y ETIQUETADO**
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente adecuado, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de repiración).	Separado de ácidos fuertes, metales, alimentos y piensos, materiales combustibles. Mantener en lugar seco y bien cerrado (véanse Notas).	No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0360 Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Eurpoeas © CCE, IPCS, 1994

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDROXIDO DE SODIO

ICSC: 0360

D A T O S I M P O R

ESTADO FISICO; ASPECTO
Sólido blanco, deliquescente en diversas formas e inodoro.

PELIGROS FISICOS

PELIGROS QUIMICOS
La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como cinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (combustible y explosivo). Ataca a algunas formas de plástico, de caucho y de recubrimientos. Absorbe rápidamente dióxido de carbono y agua del aire. Puede generar calor en contacto con la humedad o el agua.

VIAS DE EXPOSICION
La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.

RIESGO DE INHALACION
La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.

EFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION
Corrosivo. La sustancia es muy corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas).

EFECTOS DE EXPOSICION

T A N T E S	**LIMITES DE EXPOSICION** TLV: 2 mg/m^3 (valor techo) (ACGIH 1992-1993). PDK no establecido. MAK: clase G	**PROLONGADA O REPETIDA** El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 1390°C Punto de fusión: 318°C Densidad relativa (agua = 1): 2.1	Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 Presión de vapor, kPa a 739°C: 0.13
DATOS AMBIENTALES	Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.	

N O T A S

El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Almacenar en una área que disponga de un suelo de hormigón, resistente a la corrosión.

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-121
Código NFPA: H 3; F 0; R 1;

INFORMACION ADICIONAL

FISQ: 3-134 HIDROXIDO DE SODIO	

ICSC: 0360 **HIDROXIDO DE SODIO**

© CCE, IPCS, 1994

NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

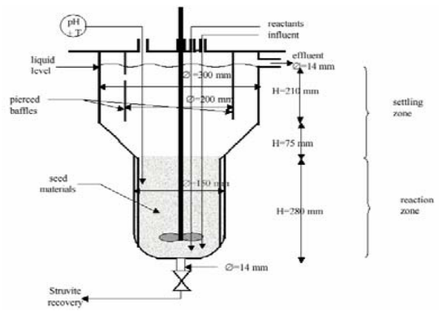
ANEXO 6

HOJAS DE CÁLCULO

Qalim[l/h]	[H+]alim mol/l	Qmgcl2[l/h]	[H+]mgcl2 mol/l	[NaOH]mol/l	pOH (-log[ ])	pH (14-pOH)	[H+]NaOH mol/l	[OH-]NaOH mol/l	QNaOH[m^3/h]	QNaOH[m^3/dia]	QNaOH[m^3/semana]	QNaOH[m^3/mes]
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	27,75	-1,443262987	15,44326299	3,6036E-16	27,75	7,00937E-07	1,68225E-05	0,000117757	0,00047103
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	27	-1,431363764	15,43136376	3,7037E-16	27	7,20408E-07	1,72898E-05	0,000121028	0,000484114
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	20	-1,301029996	15,30103	5E-16	20	9,7255E-07	2,33412E-05	0,000163388	0,000653554
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	19,125	-1,281601444	15,28160144	5,22876E-16	19,125	1,01705E-06	2,44091E-05	0,000170864	0,000683455
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	15	-1,176091259	15,17609126	6,66667E-16	15	1,29673E-06	3,11216E-05	0,000217851	0,000871405
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	10	-1	15	1E-15	10	1,9451E-06	4,66824E-05	0,000326777	0,001307109
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	5	-0,698970004	14,69897	2E-15	5	3,89021E-06	9,3365E-05	0,000653555	0,00261422
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	4	-0,602059991	14,60205999	2,5E-15	4	4,86276E-06	0,000116706	0,000816944	0,003267776
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	3	-0,477121255	14,47712125	3,33333E-15	3	6,48369E-06	0,000155609	0,00108926	0,004357039
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	2	-0,301029996	14,30103	5E-15	2	9,72555E-06	0,000233413	0,001633892	0,006535569
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	1	0	14	1E-14	1	1,94512E-05	0,000466829	0,003267801	0,013071203
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,95	0,022276395	13,97772361	1,05263E-14	0,95	2,0475E-05	0,000491399	0,003439792	0,013759168
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,9	0,045757491	13,95424251	1,11111E-14	0,9	2,16125E-05	0,000518699	0,003630894	0,014523575
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,85	0,070581074	13,92941893	1,17647E-14	0,85	2,28838E-05	0,000549211	0,003844478	0,015377913
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,8	0,096910013	13,90308999	1,25E-14	0,8	2,43141E-05	0,000583537	0,004084761	0,016339044
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,75	0,124938737	13,87506126	1,33333E-14	0,75	2,5935E-05	0,00062244	0,004357082	0,017428328
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,7	0,15490196	13,84509804	1,42857E-14	0,7	2,77875E-05	0,000666901	0,004668307	0,018673227
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,65	0,187086643	13,81291336	1,53846E-14	0,65	2,99251E-05	0,000718202	0,005027413	0,020109651
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,6	0,22184875	13,77815125	1,66667E-14	0,6	3,24189E-05	0,000778053	0,005446371	0,021785483
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,58	0,236572006	13,76342799	1,72414E-14	0,58	3,35368E-05	0,000804883	0,00563418	0,02253672
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,56	0,251811973	13,74818803	1,78571E-14	0,56	3,47345E-05	0,000833629	0,005835404	0,023341617
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,55	0,259637311	13,74036269	1,81818E-14	0,55	3,53661E-05	0,000848786	0,005941504	0,023766018
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,54	0,26760624	13,73239376	1,85185E-14	0,54	3,6021E-05	0,000864505	0,006051534	0,024206137
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,53	0,27572413	13,72427587	1,88679E-14	0,53	3,67007E-05	0,000880817	0,006165716	0,024662865
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,52	0,283996656	13,71600334	1,92308E-14	0,52	3,74065E-05	0,000897756	0,00628429	0,02513716
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,51	0,292429824	13,70757018	1,96078E-14	0,51	3,814E-05	0,000915359	0,006407514	0,025630055
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,5	0,301029996	13,69897	2E-14	0,5	3,89028E-05	0,000933667	0,006535667	0,026142667
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,49	0,30980392	13,69019608	2,04082E-14	0,49	3,96967E-05	0,000952721	0,00666905	0,026676202
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,48	0,318758763	13,68124124	2,08333E-14	0,48	4,05238E-05	0,00097257	0,006807992	0,027231967
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,47	0,327902142	13,67209786	2,12766E-14	0,47	4,1386E-05	0,000993264	0,006952846	0,027811383
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,46	0,337242168	13,66275783	2,17391E-14	0,46	4,22857E-05	0,001014857	0,007103998	0,028415992
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,45	0,346787486	13,65321251	2,22222E-14	0,45	4,32254E-05	0,00103741	0,007261868	0,029047472
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,44	0,356547324	13,64345268	2,27273E-14	0,44	4,42078E-05	0,001060988	0,007426914	0,029707657
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,43	0,366531544	13,63346846	2,32558E-14	0,43	4,52359E-05	0,001085662	0,007599637	0,030398549
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,42	0,37675071	13,62324929	2,38095E-14	0,42	4,6313E-05	0,001111512	0,007780585	0,031122341
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,41	0,387216143	13,61278386	2,43902E-14	0,41	4,74426E-05	0,001138623	0,00797036	0,031881441
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,4	0,397940009	13,60205999	2,5E-14	0,4	4,86287E-05	0,001167089	0,008169624	0,032678497
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,39	0,408935393	13,59106461	2,5641E-14	0,39	4,98756E-05	0,001197015	0,008379107	0,033516429
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,38	0,420216403	13,5797836	2,63158E-14	0,38	5,11882E-05	0,001228517	0,008599616	0,034398463
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,37	0,431798276	13,56820172	2,7027E-14	0,37	5,25717E-05	0,001261721	0,008832044	0,035328176
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,36	0,443697499	13,5563025	2,77778E-14	0,36	5,40321E-05	0,001296769	0,009077385	0,036309542
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,35	0,455931956	13,54406804	2,85714E-14	0,35	5,55759E-05	0,001333821	0,009336747	0,037346987
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,34	0,468521083	13,53147892	2,94118E-14	0,34	5,72105E-05	0,001373052	0,009611365	0,03844546
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,33	0,48148606	13,51851394	3,0303E-14	0,33	5,89442E-05	0,001414661	0,009902627	0,039610509
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,32	0,494850022	13,50514998	3,125E-14	0,32	6,07863E-05	0,001458871	0,010212094	0,040848377
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,31	0,508638306	13,49136169	3,22581E-14	0,31	6,27472E-05	0,001505932	0,010541527	0,042166109
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,3	0,522878745	13,47712125	3,33333E-14	0,3	6,48388E-05	0,001556132	0,010892923	0,043571692
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,29	0,537602002	13,462398	3,44828E-14	0,29	6,70747E-05	0,001609793	0,011268554	0,045074216
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,28	0,552841969	13,44715803	3,57143E-14	0,28	6,94703E-05	0,001667288	0,011671017	0,046684067
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,27	0,568636236	13,43136376	3,7037E-14	0,27	7,20434E-05	0,001729042	0,012103293	0,048413171
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,26	0,585026652	13,41497335	3,84615E-14	0,26	7,48144E-05	0,001795546	0,012568822	0,050275288
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,25	0,602059991	13,39794001	4E-14	0,25	7,78071E-05	0,001867371	0,013071595	0,052286379

1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,24	0,619788758	13,38021124	4,16667E-14	0,24	8,10492E-05	0,001945181	0,013616267	0,054465069
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,23	0,638272164	13,36172784	4,34783E-14	0,23	8,45732E-05	0,002029758	0,014208305	0,056833219
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,22	0,657577319	13,34242268	4,54545E-14	0,22	8,84177E-05	0,002122024	0,014854166	0,059416664
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,21	0,677780705	13,32221929	4,7619E-14	0,21	9,26282E-05	0,002223077	0,015561541	0,062246164
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,2	0,698970004	13,30103	5E-14	0,2	9,72599E-05	0,002334237	0,016339657	0,065358628
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,19	0,721246399	13,2787536	5,26316E-14	0,19	0,000102379	0,002457098	0,017199684	0,068798737
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,18	0,744727495	13,25527251	5,55556E-14	0,18	0,000108067	0,002593611	0,018155275	0,072621101
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,17	0,769551079	13,23044892	5,88235E-14	0,17	0,000114424	0,002746185	0,019223295	0,076893182
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,16	0,795880017	13,20411998	6,25E-14	0,16	0,000121576	0,002917832	0,020424827	0,081699306
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,15	0,823908741	13,17609126	6,66667E-14	0,15	0,000129682	0,003112367	0,021786572	0,08714629
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,14	0,853871964	13,14612804	7,14286E-14	0,14	0,000138946	0,003334695	0,023342867	0,093371469
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,13	0,886056648	13,11394335	7,69231E-14	0,13	0,000149635	0,00359123	0,025138611	0,100554443
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,12	0,920818754	13,07918125	8,33333E-14	0,12	0,000162105	0,003890524	0,027233669	0,108934678
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,11	0,958607315	13,04139269	9,09091E-14	0,11	0,000176843	0,00424424	0,029709683	0,118838731
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,1	1	13	1E-13	0,1	0,000194529	0,004668707	0,032680948	0,130723792
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,09	1,045757491	12,95424251	1,11111E-13	0,09	0,000216146	0,00518751	0,036312568	0,145250272
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,08	1,096910013	12,90308999	1,25E-13	0,08	0,000243168	0,00583603	0,040852207	0,163408826
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,07	1,15490196	12,84509804	1,42857E-13	0,07	0,000277911	0,006669867	0,04668907	0,186756279
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,06	1,22184875	12,77815125	1,66667E-13	0,06	0,000324237	0,007781697	0,054471879	0,217887515
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,05	1,301029996	12,69897	2E-13	0,05	0,000389098	0,009338348	0,065368434	0,261473735
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,04	1,397940009	12,60205999	2,5E-13	0,04	0,000486397	0,011673518	0,081714629	0,326858515
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,03	1,522878745	12,47712125	3,33333E-13	0,03	0,000648583	0,015565989	0,108961921	0,435847683
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,02	1,698970004	12,30103	5E-13	0,02	0,000973037	0,023352876	0,163470135	0,65388054
1942,5	2,51E-08	3,3	1,00E-07	0,01	2	12	1E-12	0,01	0,001947047	0,046729129	0,327103904	1,308415616

Pi	Caudal total Q[m^3/h]	Constante de velocidad a pH=9 K[1/h]	Conversion	Pinicial[mol/l]	Pfinal[mol/l]	Vreaccion[m^3]	radio r[m]	diametro d[m]	altura h[m]	Vol.cilindro pequeño [m^3]	Diametro D[m]	Altura H[m]	Vol.sediment [m^3]	TAN Angulo 45º	TAN Angulo 40º	TAN Angulo 35º	TAN Angulo 30º	R[m]	H[m] 45º	H[m]40º	H[m]35º	H[m]30º	h[m] 45º	h[m]40º	h[m]35º	h[m]30º
3,1416	1,9455	12,3	0,99	0,0068311	6,8311E-05	15,65890244	1,355794	2,711588682	2,9827475	17,22479268	4,067383022	1,6269532	21,13951829	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	2,033691511	2,033691515	2,423659169	2,904412482	3,522457029	0,677897172	0,80788639	0,968137494	1,174152343
3,1416	1,9455	12,3	0,98	0,0068311	0,00013662	7,750365854	1,072459	2,144918397	2,3594102	8,525402439	3,217377596	1,286951	10,4629939	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	1,608688798	1,608688801	1,917160658	2,297445704	2,786330736	0,5362296	0,639053553	0,765815235	0,928776912
3,1416	1,9455	12,3	0,97	0,0068311	0,00020493	5,114186992	0,933682	1,86736368	2,0541	5,625605691	2,801045519	1,1204182	6,904152439	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	1,40052276	1,400522762	1,669078033	2,000153791	2,42577658	0,466840921	0,556359344	0,66671793	0,808592193
3,1416	1,9455	12,3	0,96	0,0068311	0,00027324	3,796097561	0,845381	1,690762064	1,8598383	4,175707317	2,536143096	1,0144572	5,124731708	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	1,268071548	1,26807155	1,511228825	1,810993856	2,196364352	0,422690517	0,503742942	0,603664619	0,732121451
3,1416	1,9455	12,3	0,95	0,0068311	0,00034156	3,005243902	0,782048	1,564095553	1,7205051	3,305768293	2,34614333	0,9384573	4,057079269	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	1,173071667	1,17307166	1,398012373	1,675319962	2,031819727	0,391023889	0,466004124	0,558439987	0,677273242
3,1416	1,9455	12,3	0,94	0,0068311	0,00040987	2,47800813	0,733344	1,466687583	1,6133563	2,725808943	2,200031375	0,8800126	3,345310976	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	1,100015688	1,100015689	1,31094765	1,570985214	1,905283063	0,366671896	0,43698255	0,523661738	0,635094354
3,1416	1,9455	12,3	0,93	0,0068311	0,00047818	2,10141115	0,694135	1,388269291	1,5270962	2,311552265	2,082403937	0,8329616	2,836905053	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	1,041201969	1,04120197	1,240856189	1,486990518	1,803414713	0,347067323	0,41361873	0,495663506	0,601138238
3,1416	1,9455	12,3	0,92	0,0068311	0,00054649	1,818963415	0,661528	1,323055394	1,4553609	2,000859756	1,984583091	0,7938332	2,45560061	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,992291546	0,992291547	1,182567016	1,417139195	1,718699375	0,330763849	0,394189005	0,472379732	0,572899792
3,1416	1,9455	12,3	0,91	0,0068311	0,0006148	1,599281843	0,633746	1,26749146	1,3942406	1,759210027	1,90123719	0,7604949	2,159030488	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,950618595	0,950618597	1,132903128	1,357624054	1,646519708	0,316872866	0,377634376	0,452541351	0,548839903
3,1416	1,9455	12,3	0,9	0,0068311	0,00068311	1,423536585	0,609625	1,21925043	1,3411755	1,565890244	1,828875645	0,7315503	1,921774391	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,914437823	0,914437824	1,089784562	1,305952555	1,583852771	0,304812608	0,363261521	0,435317518	0,527950924
3,1416	1,9455	12,3	0,89	0,0068311	0,00075142	1,279745011	0,588366	1,176732788	1,2944061	1,407719512	1,765099183	0,7060397	1,727655765	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,882549591	0,882549593	1,051781648	1,260411442	1,528620735	0,294183198	0,350593883	0,420137147	0,509540245
3,1416	1,9455	12,3	0,88	0,0068311	0,00081973	1,159918699	0,569398	1,138795886	1,2526755	1,275910569	1,708193829	0,6832775	1,565890244	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,854096915	0,854096916	1,017873068	1,219776808	1,479339253	0,284698972	0,339291023	0,406592269	0,493113084
3,1416	1,9455	12,3	0,87	0,0068311	0,00088804	1,058527205	0,552299	1,104597479	1,2150572	1,164379925	1,656896219	0,6627585	1,429011726	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,828448109	0,828448111	0,987306012	1,183146518	1,434914219	0,27614937	0,329102004	0,394382173	0,47830474
3,1416	1,9455	12,3	0,86	0,0068311	0,00095635	0,971620209	0,53675	1,073500422	1,1808505	1,06878223	1,610250633	0,6441003	1,311687282	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,805125316	0,805125318	0,95951099	1,149838118	1,394517957	0,268375106	0,319836997	0,383279373	0,464839319
3,1416	1,9455	12,3	0,85	0,0068311	0,00102467	0,896300813	0,522506	1,045012062	1,1495133	0,985930895	1,567518093	0,6270072	1,210006098	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,783759046	0,783759048	0,934047661	1,119323921	1,357510491	0,261253016	0,31134922	0,373107974	0,452503497
3,1416	1,9455	12,3	0,84	0,0068311	0,00109298	0,830396341	0,509372	1,018744277	1,1206187	0,913435976	1,528116416	0,6112466	1,121035061	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,764058208	0,764058209	0,910569116	1,091188208	1,323387638	0,25468607	0,303523039	0,363729403	0,441129213
3,1416	1,9455	12,3	0,83	0,0068311	0,00116129	0,772245337	0,497193	0,994386313	1,0938249	0,84946987	1,49157947	0,5966318	1,042531205	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,745789735	0,745789736	0,888797597	1,065098125	1,291745714	0,248596579	0,296265866	0,355032708	0,430581905
3,1416	1,9455	12,3	0,82	0,0068311	0,0012296	0,720555556	0,485843	0,971685816	1,0688544	0,792611111	1,457528725	0,5830115	0,97275	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,728764362	0,728764364	0,868507548	1,040783373	1,262256904	0,242921455	0,289502516	0,34692791	0,420752301
3,1416	1,9455	12,3	0,81	0,0068311	0,00129791	0,674306804	0,475218	0,95043529	1,0454788	0,741737484	1,425652936	0,5702612	0,910314185	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,712826468	0,712826469	0,849513505	1,018021701	1,234651661	0,237608823	0,283171168	0,339340567	0,411550554
3,1416	1,9455	12,3	0,8	0,0068311	0,00136622	0,632682927	0,465231	0,930462222	1,0235084	0,69595122	1,395693333	0,5582773	0,854121951	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,697846668	0,697846668	0,831661273	0,996628327	1,208705884	0,232615556	0,277220424	0,332209442	0,402901961
3,1416	1,9455	12,3	0,79	0,0068311	0,00143453	0,595023229	0,455811	0,911621753	1,0027839	0,654525552	1,36743263	0,5469731	0,803281359	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,683716315	0,683716316	0,814821376	0,976448094	1,184231397	0,227905439	0,271607125	0,325482698	0,394743799
3,1416	1,9455	12,3	0,78	0,0068311	0,00150284	0,56078714	0,4468896	0,893791116	0,9831703	0,616865854	1,34068674	0,5362747	0,757062639	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,67034337	0,670343371	0,798884121	0,957349549	1,161068777	0,22344779	0,266294707	0,319116516	0,387022926
3,1416	1,9455	12,3	0,77	0,0068311	0,00157115	0,529528102	0,438433	0,876865623	0,9645522	0,582480912	1,315298434	0,5261194	0,714862938	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,657649217	0,657649218	0,783755818	0,93922042	1,139081859	0,219216406	0,261251939	0,313073473	0,379693953
3,1416	1,9455	12,3	0,76	0,0068311	0,00163946	0,500873984	0,430377	0,860754954	0,9468304	0,550961382	1,291132432	0,516453	0,676179878	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,645566216	0,645566217	0,769355858	0,921964106	1,118153487	0,215188739	0,256451953	0,307321369	0,372717829
3,1416	1,9455	12,3	0,75	0,0068311	0,00170778	0,474512195	0,422691	0,845381032	0,9299191	0,521963415	1,268071548	0,5072286	0,640591464	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,634035774	0,634035775	0,755614413	0,905496928	1,098182176	0,211345258	0,251871471	0,301832309	0,366060725
3,1416	1,9455	12,3	0,74	0,0068311	0,00177609	0,450178236	0,415338	0,830675761	0,9137433	0,49519606	1,246013642	0,4984055	0,607740619	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,623006821	0,623006822	0,742470618	0,889745951	1,079079469	0,207668941	0,247490206	0,296581984	0,359693156
3,1416	1,9455	12,3	0,73	0,0068311	0,0018444	0,427646793	0,40829	0,81657945	0,8982374	0,470411473	1,224869175	0,4899477	0,577323171	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,612434588	0,612434589	0,729871121	0,874647237	1,060767823	0,204144863	0,243290374	0,291549079	0,353589274
3,1416	1,9455	12,3	0,72	0,0068311	0,00191271	0,406724739	0,40152	0,80303949	0,8833434	0,447397213	1,204559235	0,4818237	0,549078397	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,602279618	0,602279619	0,717768899	0,860144437	1,0431789	0,200759873	0,2392563	0,286714812	0,3477263
3,1416	1,9455	12,3	0,71	0,0068311	0,00198102	0,387245585	0,395005	0,790009289	0,8690102	0,425970143	1,185013934	0,4740056	0,522781539	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,592506967	0,592506968	0,706122308	0,846187645	1,026252172	0,197502323	0,235374103	0,282062548	0,342084057
3,1416	1,9455	12,3	0,7	0,0068311	0,00204933	0,369065041	0,3887274	0,777447389	0,8551921	0,405971545	1,166171084	0,4664684	0,498237805	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,583085542	0,583085543	0,69489429	0,832732456	1,009933785	0,194061848	0,2316314	0,277577485	0,336644595
3,1416	1,9455	12,3	0,69	0,0068311	0,00211764	0,352057435	0,382658	0,765316741	0,8418484	0,387263179	1,147975111	0,45919	0,475277538	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,573987556	0,573987557	0,684051733	0,819739185	0,9941756	0,191329186	0,228017244	0,273246395	0,33139187
3,1416	1,9455	12,3	0,68	0,0068311	0,00218595	0,336112805	0,376792	0,753584099	0,8289425	0,369724085	1,130376148	0,4521505	0,453752287	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,565188074	0,565188075	0,673564919	0,807172222	0,978934461	0,188396025	0,22452164	0,269057407	0,326311487
3,1416	1,9455	12,3	0,67	0,0068311	0,00225426	0,321134516	0,37111	0,742219514	0,8164415	0,353247968	1,113329272	0,4453317	0,433531597	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,556664636	0,556664637	0,663407081	0,794999491	0,964171433	0,185554879	0,221135694	0,26499983	0,321390478
3,1416	1,9455	12,3	0,66	0,0068311	0,00232257	0,307037303	0,365598	0,731195911	0,8043155	0,337741033	1,096793866	0,4387175	0,414500359	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,548396933	0,548396934	0,653554016	0,783191988	0,949851352	0,182798978	0,217851339	0,261063996	0,316617117
3,1416	1,9455	12,3	0,65	0,0068311	0,00239089	0,293745645	0,360244	0,720488719	0,7925376	0,323120209	1,080733078	0,4322932	0,39655662	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,540366539	0,54036654	0,643983765	0,771723397	0,935942302	0,18012218	0,214661255	0,257241132	0,311980767
3,1416	1,9455	12,3	0,64	0,0068311	0,0024592	0,281192412	0,355038	0,710075572	0,7810831	0,309311653	1,065113357	0,4260453	0,379609756	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,532556679	0,53255668	0,634676336	0,76056976	0,922415227	0,177518893	0,211558779	0,253523253	0,307471742
3,1416	1,9455	12,3	0,63	0,0068311	0,00252751	0,269317732	0,349968	0,69993604	0,7699296	0,296249506	1,04990406	0,4199616	0,363578939	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,52495203	0,524952031	0,625613469	0,749709196	0,909243589	0,17498401	0,208537823	0,249903065	0,303081196
3,1416	1,9455	12,3	0,62	0,0068311	0,00259582	0,258068036	0,345026	0,690051406	0,7590565	0,28387484	1,035077109	0,4140308	0,348391849	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,517538555	0,517538556	0,616778433	0,739121656	0,896403073	0,172512852	0,205592811	0,246373885	0,298801024
3,1416	1,9455	12,3	0,61	0,0068311	0,00266413	0,247395247	0,340202	0,680404468	0,7484449	0,272134772	1,020606702	0,4082427	0,333983584	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,510303351	0,510303352	0,608155853	0,728788715	0,883871333	0,170101117	0,202718618	0,242929572	0,294623778
3,1416	1,9455	12,3	0,6	0,0068311	0,00273244	0,237256098	0,33549	0,67097937	0,7380773	0,260981707	1,006469055	0,4025876	0,320295732	0,999999998	0,83909963	0,700207537	0,577350268	0,503234527	0,503234528	0,599731557	0,718693388	0,871627771	0,167744843	0,199910519	0,239564463	0,29054259



Volumen T	Volumen	Volumen Troncoconico	Volumen Troncoconico 30º [m^3]	Volumen tot	Volumen total[	Volumen tot	Volumen total[m	THResidenT	THR mezcla cr	THQ Cilindr	Crecimiento particulas [mm/	diametro particu	densidad pa	densidad fluido [Kg/	Viscosidad fluido [Kg/	gravedad [m/s^2]	Velocidad fluido cilir	Reynold	diametro particula r	V(troncoconico+sed	THR(Tron+sed)[h]	Diametro particula(tr	Nre(tron+sed)	Dpart min(Vtron+Vs	Vtotal[m^3]	H total [m]
6,198316	7,3869	8,852112008	10,73579747	44,562627	45,75117581	47,216423	49,10010844	22,90549	8,048780488	8,8536585	0,007208	0,000165103	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	4,15919E-05	0,0068368	1,04847E-05	27,33783385	14,05182927	0,000101286	0,004194172	1,04847E-05	44,56262653	5,28759793
3,067853	3,6561	4,381348368	5,313677534	22,056249	22,64452136	23,3697447	24,30207387	11,33706	3,983739837	4,3821138	0,007208	8,17175E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	6,64714E-05	0,00540804	1,32547E-05	13,53084706	6,954945802	5,01312E-05	0,00331767	1,32547E-05	22,0562495	4,182590876
2,024366	2,4125	2,891093821	3,506304223	14,554124	14,94230321	15,420852	16,03606235	7,480917	2,628726287	2,8915989	0,007208	5,39224E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	8,76998E-05	0,004708234	1,52248E-05	8,928518127	4,589317978	3,30798E-05	0,00288836	1,52248E-05	14,55412382	3,641359176
1,502622	1,7908	2,145966548	2,602617568	10,803061	11,09119414	11,4464056	11,90305659	5,552846	1,951219512	2,1463415	0,007208	4,00249E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000106977	0,004262963	1,6815E-05	6,627353662	3,406504067	2,45541E-05	0,0026152	1,6815E-05	10,80306098	3,296986025
1,189576	1,4177	1,698890184	2,060405575	8,5524233	8,780528692	9,06173775	9,423253136	4,396003	1,544715447	1,699187	0,007208	3,16864E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000125006	0,003943596	1,81768E-05	5,246654982	2,696815719	1,94386E-05	0,002419278	1,81768E-05	8,552423275	3,049986329
0,980878	1,169	1,400839274	1,698930912	7,0519981	7,240085062	7,47195919	7,770050832	3,624774	1,273712737	1,401084	0,007208	2,61274E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000142161	0,003697998	1,93839E-05	4,326189196	2,223690155	1,60284E-05	0,002268611	1,93839E-05	7,051998139	2,860040788
0,831809	0,9913	1,187945768	1,440734725	5,9802659	6,139768183	6,33640309	6,589192043	3,073897	1,080139373	1,1881533	0,007208	2,21566E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000158675	0,00350028	2,04789E-05	3,668713634	1,885743323	1,35924E-05	0,002147317	2,04789E-05	5,980265899	2,707125119
0,720008	0,8581	1,028275638	1,247087585	5,1764684	5,314530524	5,484736	5,703547951	2,660739	0,93495935	1,0284553	0,007208	1,91786E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000174703	0,003335856	2,14883E-05	3,175608548	1,632284065	1,17655E-05	0,002946448	2,14883E-05	5,176468404	2,579958019
0,633049	0,7544	0,904087759	1,096473142	4,5512896	4,672679012	4,82232827	5,014713658	2,339393	0,822041554	0,9042457	0,007208	1,68623E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000190356	0,00319576	2,24303E-05	2,792079552	1,435147547	1,03445E-05	0,001960503	2,24303E-05	4,551289579	2,471608348
0,563483	0,6715	0,804737456	0,975981588	4,0511479	4,159197802	4,2924020	4,463646223	2,082317	0,731707317	0,804878	0,007208	1,50093E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000205717	0,003074128	2,33178E-05	2,485257623	1,277439025	9,20778E-06	0,001885886	2,33178E-05	4,051147867	2,377538339
0,506566	0,6037	0,723450844	0,877397589	3,641941	3,739076812	3,85882612	4,012772867	1,871982	0,657797487	0,7235772	0,007208	1,34932E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000220852	0,002966928	2,41603E-05	2,2342215	1,14804078	8,2777E-06	0,001820121	2,41603E-05	3,641941012	2,294628938
0,459134	0,5473	0,655712001	0,795244257	3,3009353	3,388975987	3,49751281	3,63704507	1,696703	0,596205962	0,6558266	0,007208	1,22298E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000235811	0,002871276	2,49651E-05	2,02502473	1,040876243	7,50264E-06	0,001761442	2,49651E-05	3,300935299	2,220651979
0,419	0,4993	0,598394518	0,725729899	3,012392	3,092736827	3,19178617	3,31912155	1,54839	0,544090056	0,5984991	0,007208	1,11608E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000250639	0,002785051	2,57381E-05	1,848012079	0,949890557	6,84681E-06	0,001708545	2,57381E-05	3,012392004	2,153965085
0,3846	0,4583	0,549265247	0,666146163	2,7650692	2,838817547	2,92973476	3,046615676	1,421264	0,49941928	0,5493612	0,007208	1,02445E-05	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,00026537	0,002706645	2,64836E-05	1,696286949	0,871902827	6,28468E-06	0,001660445	2,64836E-05	2,765069179	2,093325823
0,354786	0,4228	0,506686546	0,614506926	2,5507227	2,618754172	2,70262354	2,810443918	1,311089	0,460704607	0,5067751	0,007208	9,45033E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000280036	0,002634817	2,72056E-05	1,564791837	0,80431346	5,79749E-06	0,001616381	2,72056E-05	2,550722731	2,037773521
0,328699	0,3917	0,469430182	0,569322593	2,3631696	2,426198718	2,50390122	2,60379363	1,214685	0,426829268	0,4695122	0,007208	8,75545E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000294663	0,002568587	2,79071E-05	1,449733614	0,745172765	5,37121E-06	0,001575751	2,79071E-05	2,363169589	1,986551341
0,30568	0,3643	0,43655692	0,529454064	2,1976815	2,256296847	2,328558	2,421455141	1,129623	0,396939264	0,4366332	0,007208	8,14232E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000309276	0,002507173	2,85907E-05	1,348211652	0,692989798	4,99507E-06	0,001538075	2,85907E-05	2,197681523	1,939053311
0,28522	0,3399	0,407336243	0,494015372	2,050581	2,105272961	2,17269735	2,259376483	1,054012	0,37037037	0,4074074	0,007208	7,59732E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000323895	0,002449937	2,92586E-05	1,257969908	0,646604939	4,66073E-06	0,001502963	2,92586E-05	2,050581019	1,894787342
0,266913	0,3181	0,381191426	0,462307068	1,9189648	1,970146327	2,0332431	2,114358737	0,986361	0,346598203	0,381258	0,007208	7,10969E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000338541	0,002396358	2,99128E-05	1,177227295	0,605102696	4,36158E-06	0,001470094	2,99128E-05	1,918964779	1,853348817
0,250437	0,2985	0,357661091	0,433769595	1,8005102	1,848532356	1,90773426	1,983842766	0,925474	0,325203252	0,3577236	0,007208	6,67082E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000353231	0,002345999	3,05549E-05	1,104558944	0,567750678	4,09235E-06	0,0014392	3,05549E-05	1,800510163	1,814401333
0,23553	0,2807	0,336371741	0,407949976	1,6933369	1,738500669	1,79417865	1,865756887	0,870387	0,305845916	0,3364305	0,007208	6,27375E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000367982	0,002298496	3,11864E-05	1,038811388	0,533955995	3,84875E-06	0,001410058	3,11864E-05	1,693336939	1,777662419
0,221978	0,2645	0,317017786	0,384477595	1,5959067	1,638471861	1,69094628	1,758406088	0,820307	0,288248337	0,3170732	0,007208	5,91277E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000382811	0,002253539	3,18085E-05	0,979040882	0,503233555	3,62731E-06	0,001382479	3,18085E-05	1,595906736	1,742892762
0,209605	0,2498	0,299346783	0,363046291	1,5069487	1,547141211	1,59669063	1,660390141	0,774582	0,272180983	0,2993991	0,007208	5,58318E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000397732	0,002210865	3,24225E-05	0,924467812	0,475182633	3,42512E-06	0,001356299	3,24225E-05	1,506948724	1,709887965
0,198263	0,2363	0,283148364	0,343400929	1,4254039	1,463421449	1,51028962	1,57054219	0,732667	0,257452575	0,2831978	0,007208	5,28106E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,00041276	0,002170244	3,30294E-05	0,874442497	0,449469287	3,23977E-06	0,00133138	3,30294E-05	1,425403879	1,678472162
0,187828	0,2238	0,268245819	0,325327196	1,3503826	1,386399267	1,4308007	1,487882074	0,694106	0,243902439	0,2682927	0,007208	5,00311E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000427909	0,002131482	3,363E-05	0,828419208	0,425813008	3,06926E-06	0,0013076	3,363E-05	1,350382623	1,648493013
0,178196	0,2124	0,254489623	0,30864375	1,2811322	1,3153031869	1,3574263	1,41158043	0,658511	0,231394622	0,2545341	0,007208	4,74654E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000443193	0,002094405	3,42254E-05	0,785936172	0,403976444	2,91186E-06	0,001284854	3,42254E-05	1,281132232	1,619817735
0,169277	0,2017	0,241752404	0,293196115	1,2170115	1,249470945	1,28948705	1,340930758	0,625552	0,219813009	0,2417946	0,007208	4,50898E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000458627	0,002058863	3,48162E-05	0,746600027	0,383757403	2,76612E-06	0,001263051	3,48162E-05	1,217011499	1,592329928
0,160995	0,1919	0,229924987	0,278851882	1,1574708	1,188342229	1,2264006	1,275327492	0,594948	0,209059233	0,2299652	0,007208	4,28838E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000474223	0,002024725	3,54032E-05	0,710073607	0,364982579	2,63079E-06	0,001242108	3,54032E-05	1,157470819	1,565927006
0,153286	0,1827	0,218913254	0,265499021	1,1020384	1,131429287	1,16765494	1,214248589	0,566454	0,199046818	0,2189515	0,007208	4,08383E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000489895	0,001991871	3,59872E-05	0,676066825	0,34750257	2,5048E-06	0,001221953	3,59872E-05	1,102036393	1,540918114
0,146088	0,1741	0,208635637	0,253032264	1,0502976	1,078310541	1,11284499	1,157241613	0,53986	0,189701897	0,2086721	0,007208	3,89131E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000505958	0,001960199	3,65686E-05	0,644326051	0,331187895	2,3872E-06	0,001202523	3,65686E-05	1,050297595	1,516022409
0,139356	0,1661	0,199021091	0,241371791	1,0018968	1,028618811	1,06156181	1,103912507	0,514982	0,180959874	0,1990559	0,007208	3,71199E-06	1694,94	998,2	0,0010026	9,8	0,000522124	0,001929613	3,71483E-05	0,614633606	0,31592578	2,27719E-06	0,00118376	3,71483E-05	1,001896785	1,492367645
0,133045	0,1586

CAPÍTULO 2

PLANOS

INDICE PLANOS

2 PLANOS

2.1 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA INSTALACIÓN DENTRO DE LA EDAR

2.2 ISOMÉTRICA DE LA INSTALACIÓN

2.2.1 Planta de la instalación

2.2.2 Planta de la instalación acotada

2.2.3 Alzado de la instalación

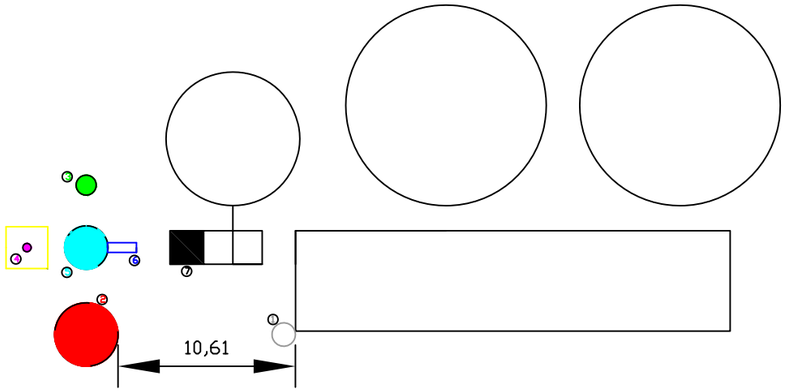
2.2.4 Alzado de la instalación acotado

2.3 DEPÓSITO DE ALIMENTACIÓN

2.4 DEPÓSITO DE CLORURO DE MAGNESIO

2.5 REACTOR QUÍMICO

Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado



①Pozo de bombeo
②Deposito alimentación
③Depositos cloruro de magnesio
④Deposito hidróxido sódico
⑤Reactor químico
⑥Decantador centrífugo
⑦Tolva de almacenamiento

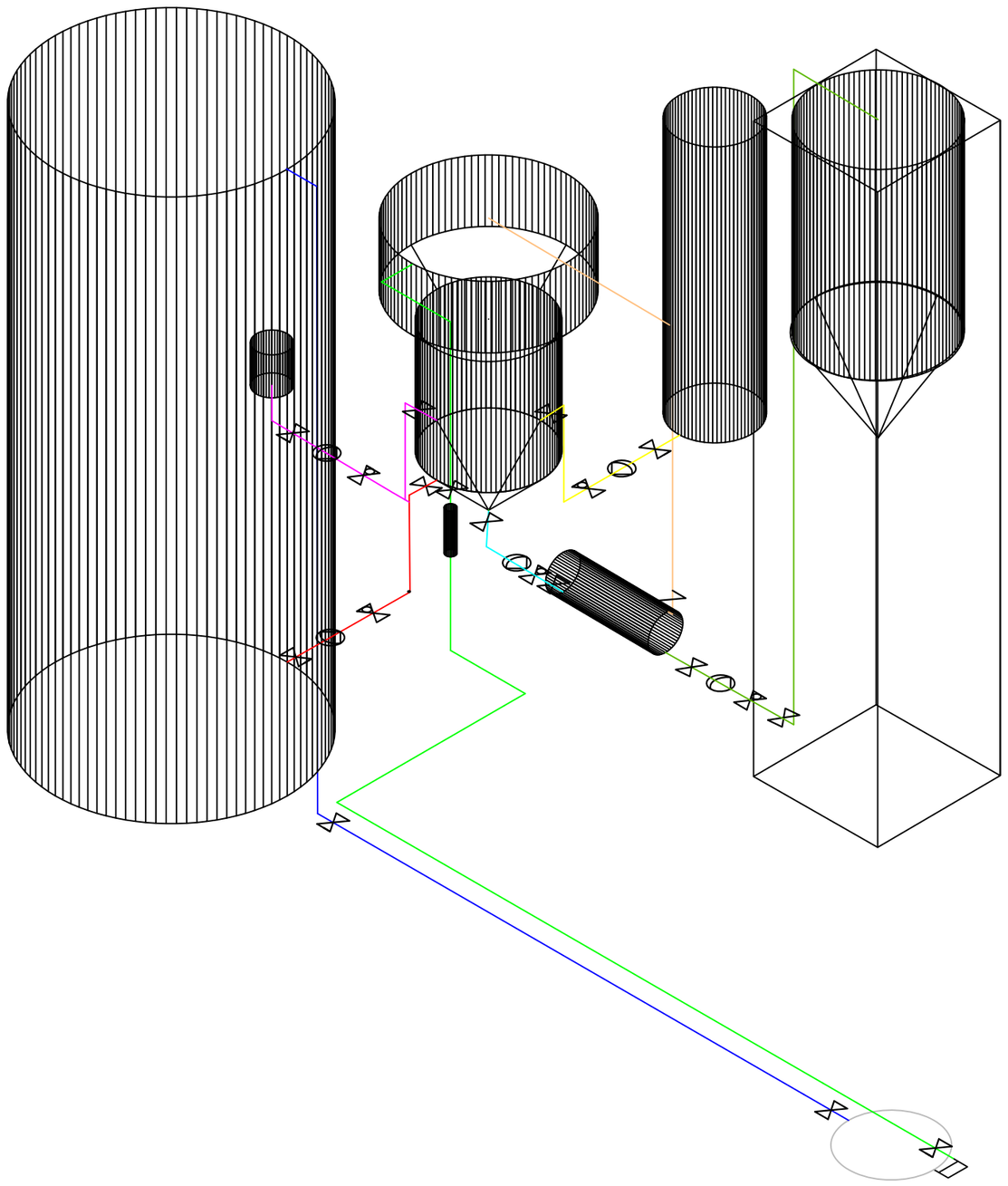
ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS		INGENIERO QUÍMICO
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en - fecha 20/09/07	Archivo REIDE	Fecha 14/09/07

ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO

REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA INSTALACION DENTRO DE LA EDAR

P 1	Edición 1	Lámina 1/1

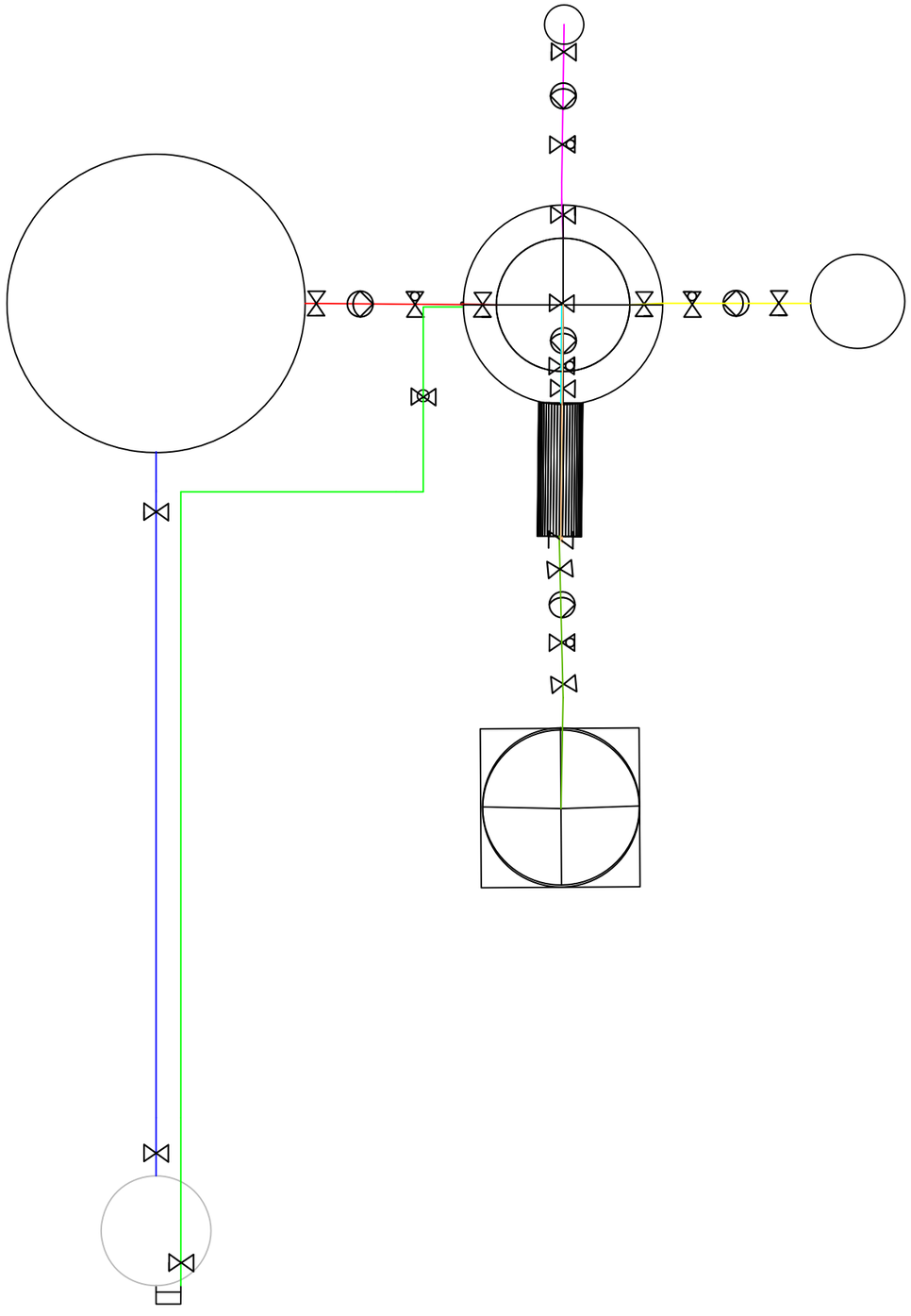
Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado



ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS		INGENIERO QUÍMICO	
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en - fecha 20/09/07	Archivo II	Fecha	14/09/07

ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO	ISOMETRICA DE LA INSTALACION		
	P 2.5	Edición 1	Lámina 5/5

Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado



LEYENDA DE SIMBOLOS	
	Válvula de retencion
	Bomba dosificadora
	Válvula de bola

LEYENDA DE TUBERIAS	
	T1-Pozo de bombeo a depósito de alimentación
	T2-Depósito alimentación a reactor
	T3-Depósito cloruro de magnesio a reactor
	T4-Depósito hidróxido sódico a reactor
	T5-Reactor a cabezera de planta
	T6-Reactor a decantador centrífugo
	T7-Decantador centrífugo a reactor
	T8-Decantador centrífugo a tolva de almacenamiento

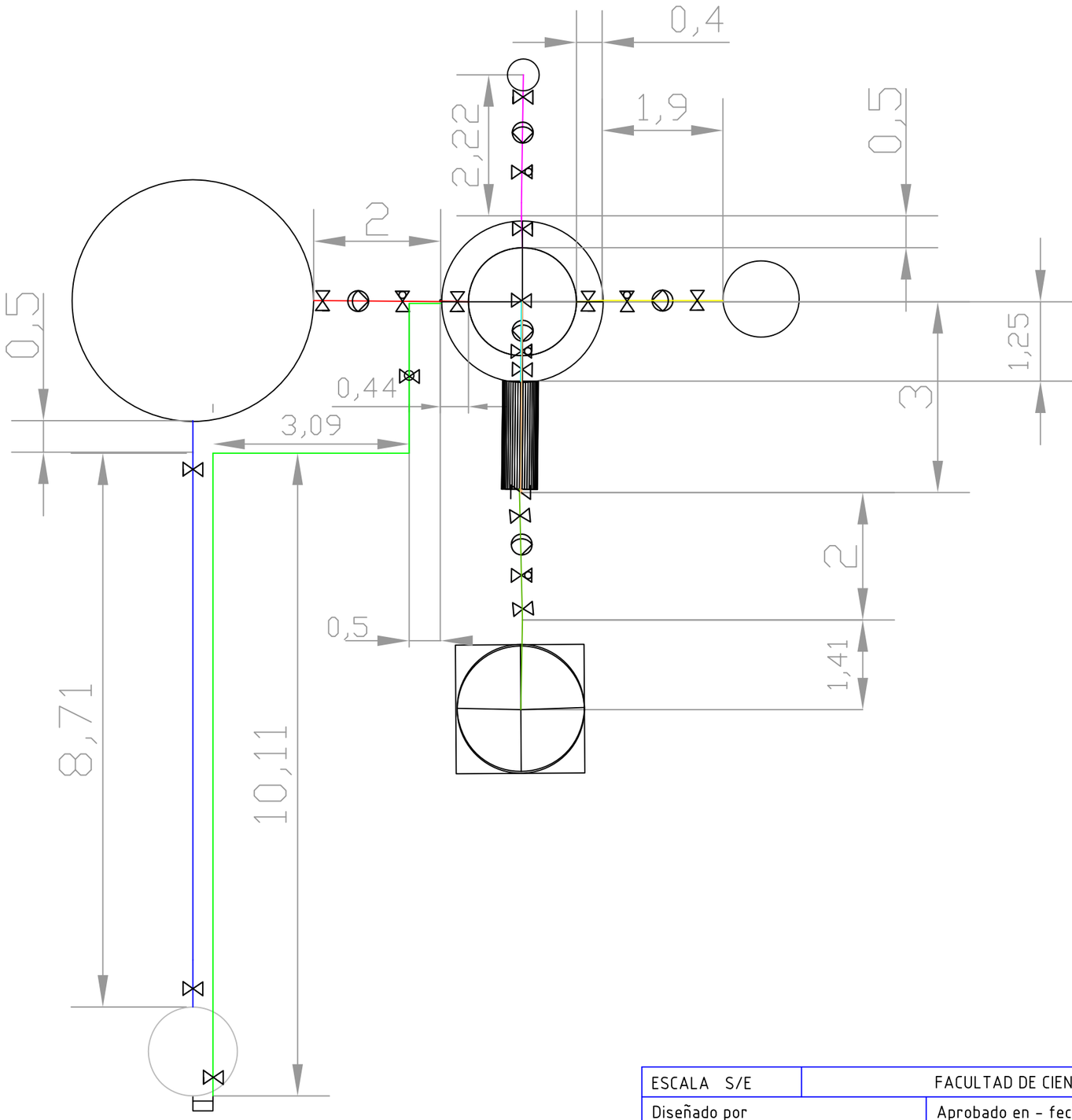
ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS		INGENIERO QUÍMICO
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en - fecha 20/09/07	Archivo PI	Fecha 14/09/07

ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO

PLANTA DE LA INSTALACIÓN

P 2.1	Edición 1	Lámina 1/5

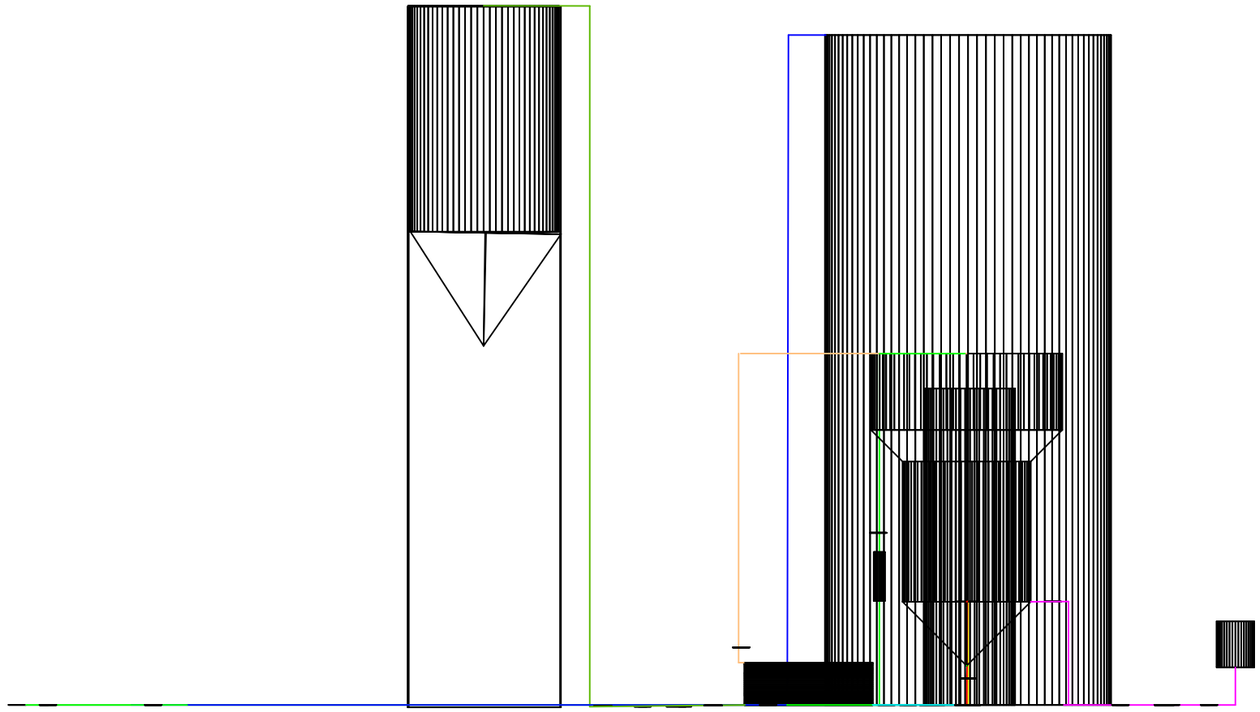
Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado



ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS		INGENIERO QUÍMICO
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en - fecha 20/09/07	Archivo PIA	Fecha 14/09/07

ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO	PLANTA DE LA INSTALACION ACOTADA		
	P 2.2	Edición 1	Lámina 2/5

Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado

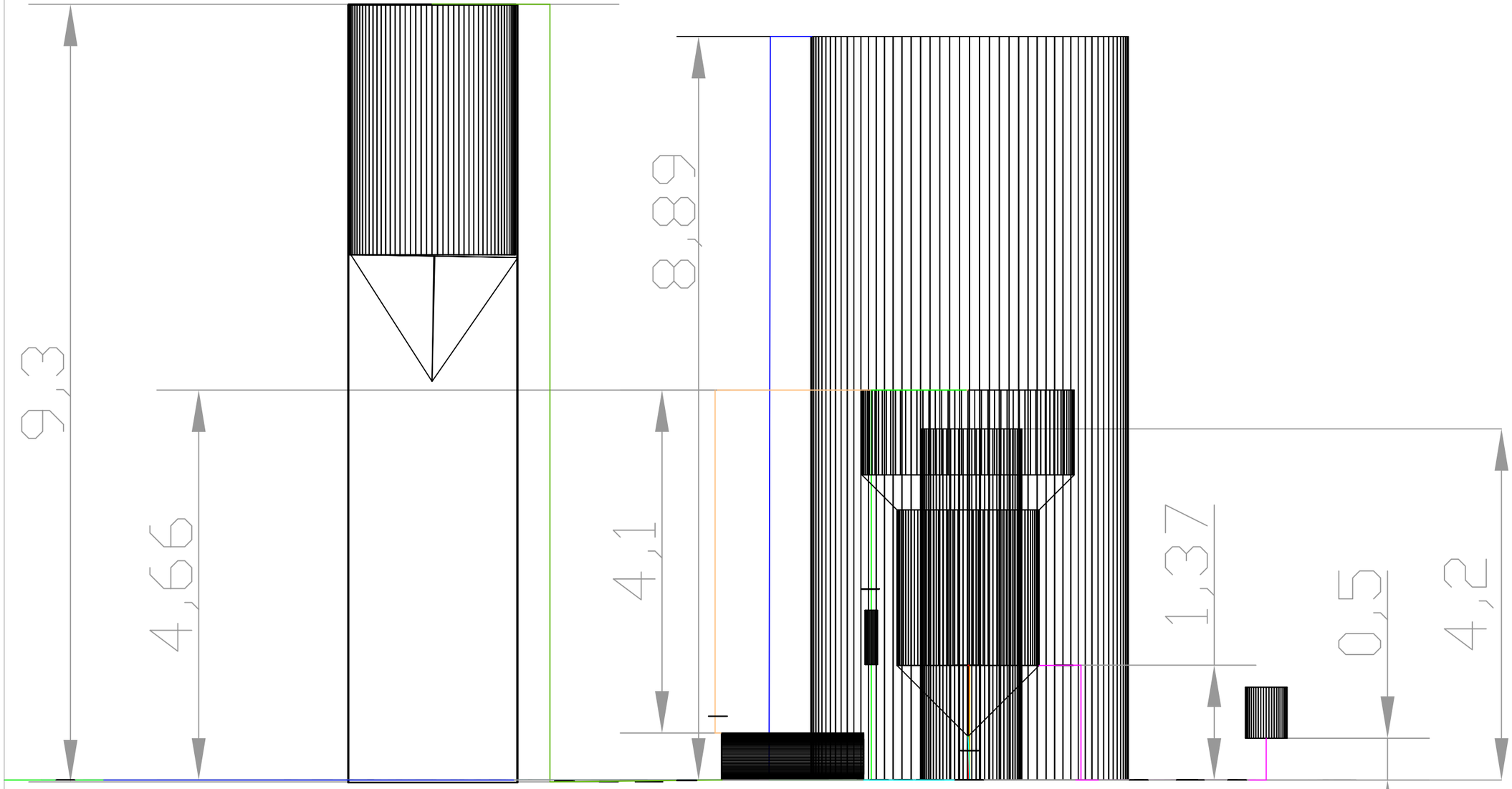


LEYENDA DE SIMBOLOS	
	Válvula de retencion
	Bomba dosificadora
	Válvula de bola

LEYENDA DE TUBERIAS	
	T1-Pozo de bombeo a depósito de alimentación
	T2-Depósito alimentación a reactor
	T3-Depósito cloruro de magnesio a reactor
	T4-Depósito hidróxido sódico a reactor
	T5-Reactor a cabezera de planta
	T6-Reactor a decantador centrífugo
	T7-Decantador centrífugo a reactor
	T8-Decantador centrífugo a tolva de almacenamiento

ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS		INGENIERO QUÍMICO	
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en - fecha 20/09/07	Archivo AI	Fecha	14/09/07
ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO	ALZADO INSTALACION			
	P 2.3		Edición 1	Lámina 3/5

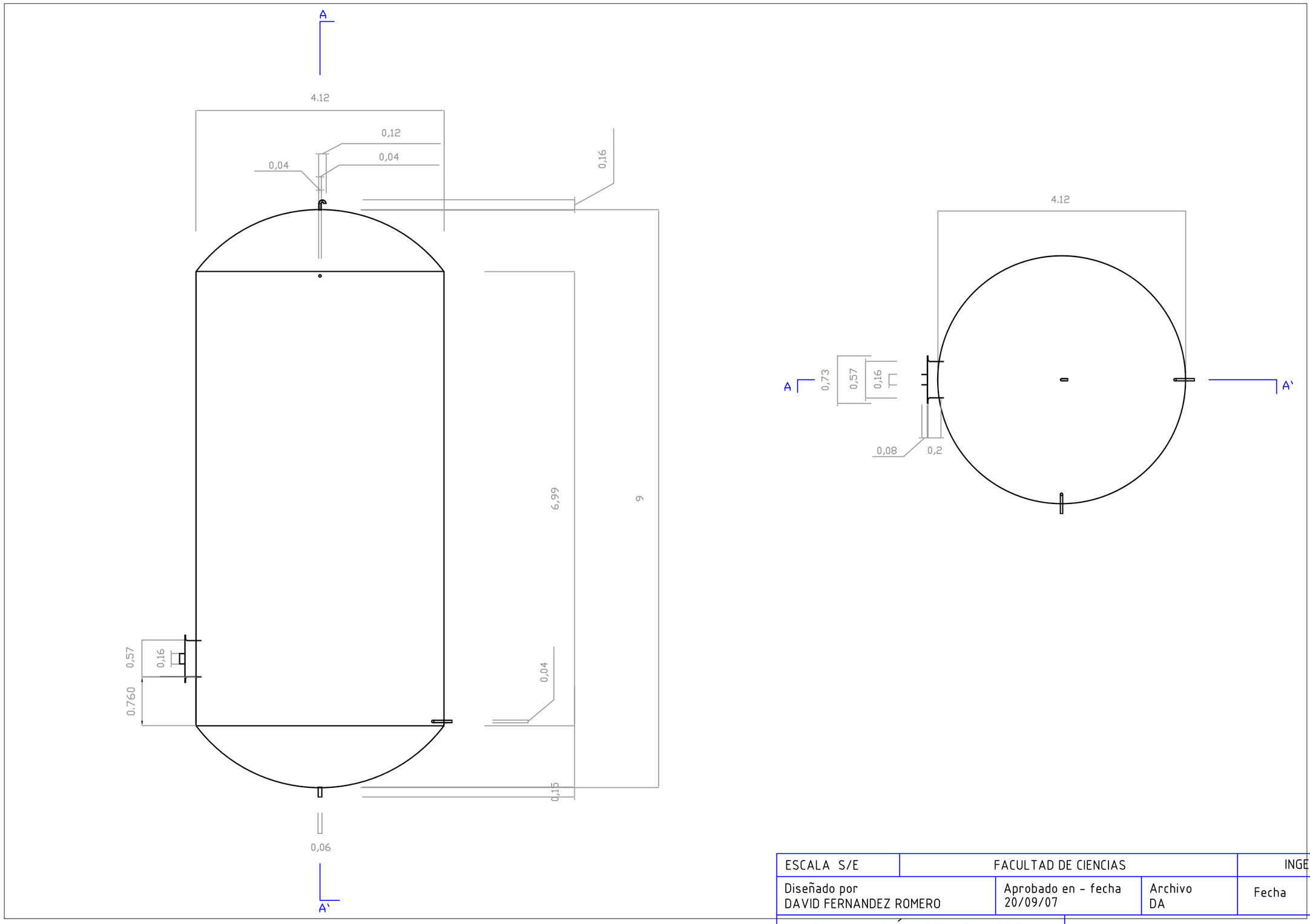
Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado



ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS		INGENIERO QUÍMICO	
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en - fecha 20/09/07	Archivo AIA	Fecha	14/09/07

ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO	ALZADO DE LA INSTALACION ACOTADA		
	P 2.4	Edición 1	Lámina 4/5

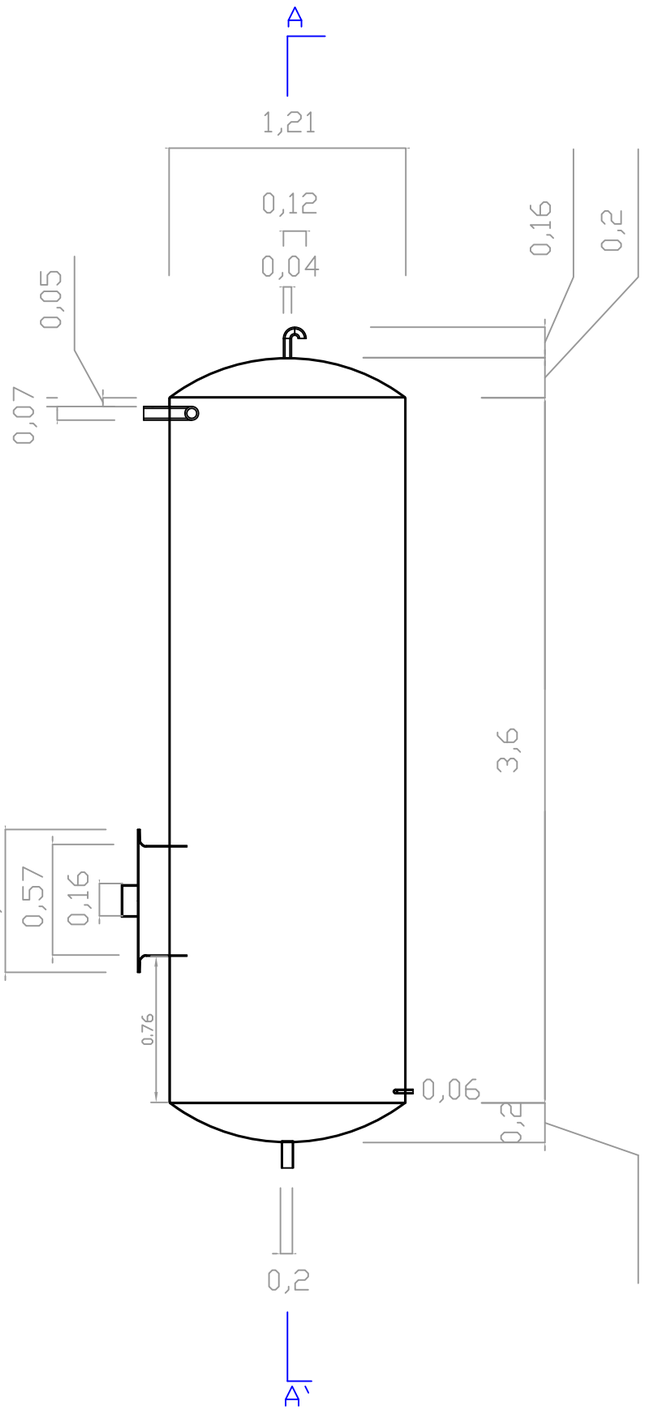
Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado

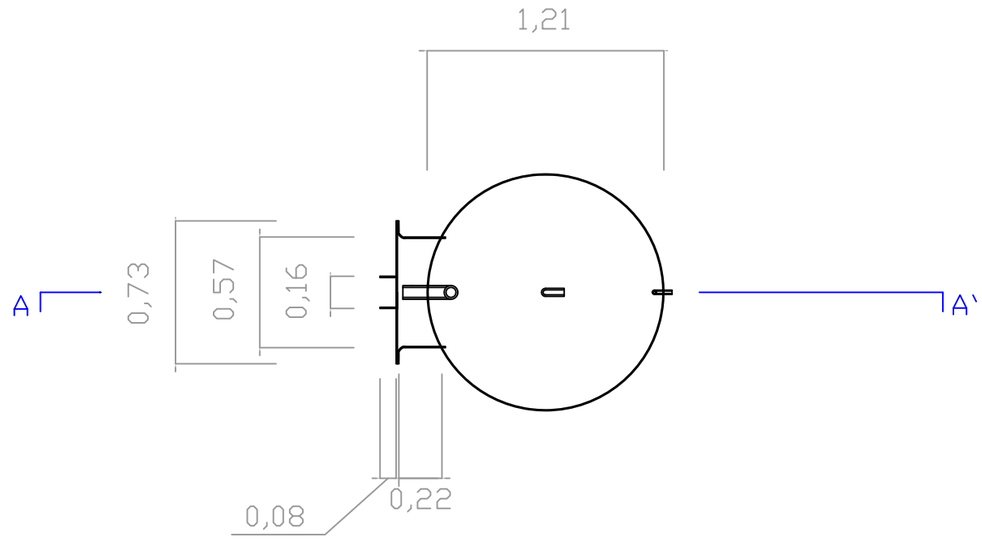


ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS		INGENIERO QUÍMICO	
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en - fecha 20/09/07	Archivo DA	Fecha	14/09/07

ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO	DEPOSITO DE LA ALIMENTACION		
	P 3	Edición 1	Lámina 1/1

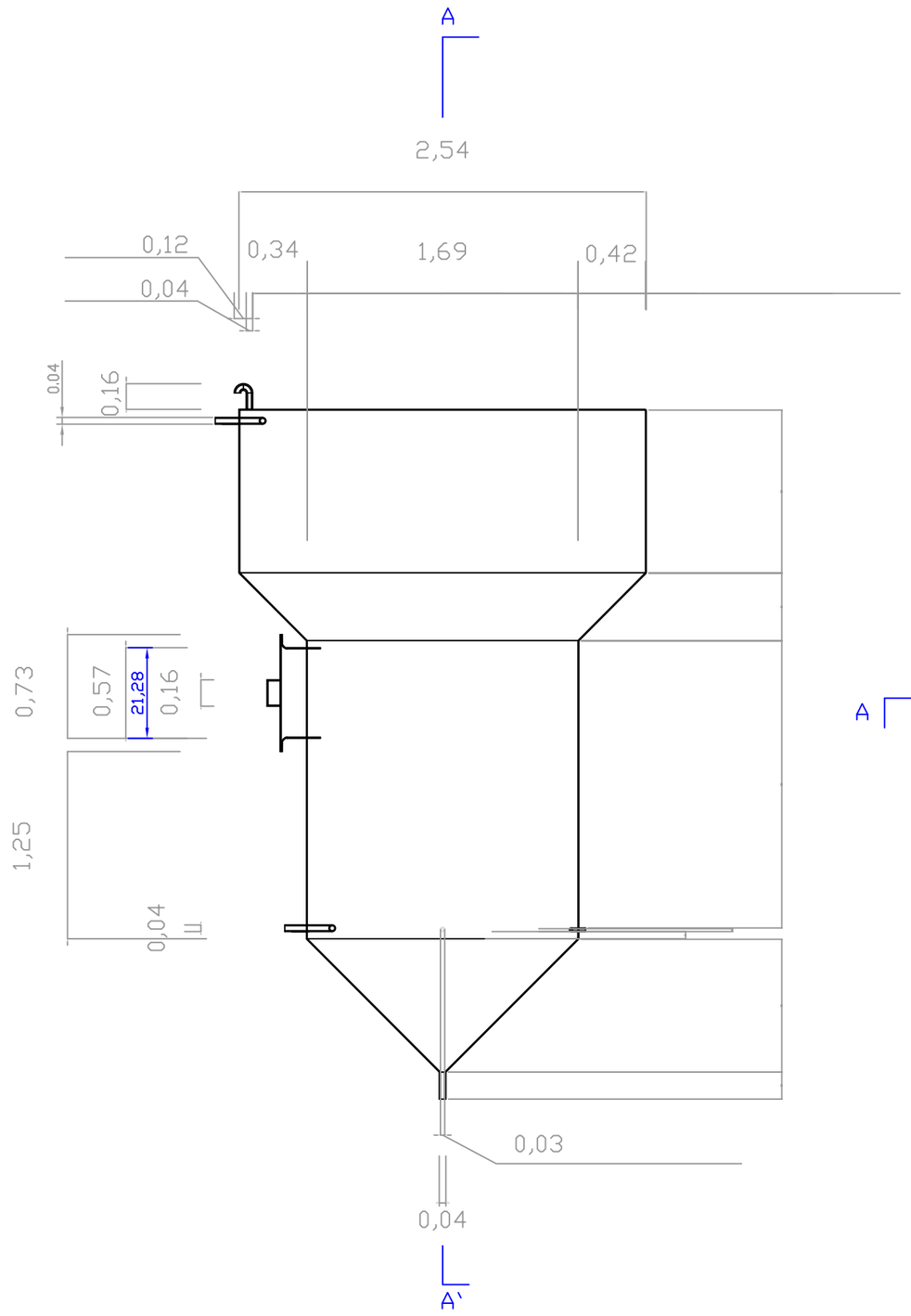
Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado

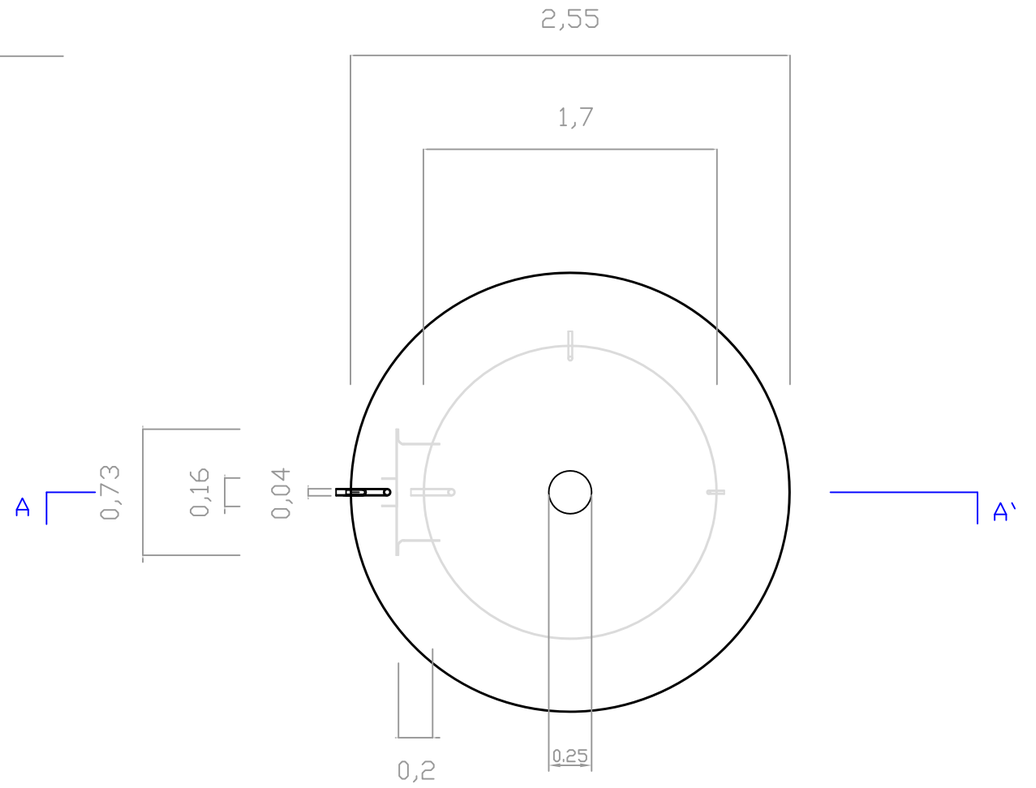




ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS		INGENIERO QUÍMICO	
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en - fecha 20/09/07	Archivo DCM	Fecha	14/09/07
ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO	DEPOSITO CLORURO DE MAGNESIO			
	P 4		Edición 1	Lámina 1/1

Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado





ESCALA S/E	FACULTAD DE CIENCIAS			INGENIERO QUÍMICO
Diseñado por DAVID FERNANDEZ ROMERO	Aprobado en – fecha 20/09/07	Archivo RQ	Fecha	14/09/07

ELIMINACIÓN DEL FOSFORO ACUMULADO EN LA EDAR CADIZ-SAN FERNANDO	REACTOR QUIMICO		
	P 5	Edición 1	Lámina 1/1

CAPÍTULO 3

PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE PLIEGO DE CONDICIONES

3 PLIEGO DE CONDICIONES.....pag 1

3.1 CAPITULO 1: OBJETO.....pag 1

3.1.1.- Objeto del pliego de condiciones generales.....pag 1

3.2 CAPÍTULO 2: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES DE LA OBRA.....pag 2

3.2.1.- Condiciones de índole facultativo.....pag 6

Equipo y maquinaria

Ocupación de terrenos

Materiales

Obras defectuosas o mal ejecutadas

Modificación del contrato

Abono de la obra ejecutada

Resolución del contrato

Suspensión de las obras

Conclusión del contrato

Acciones previas a la ejecución de la obra

Comprobación del replanteo

Cond. Legales, códigos, normas, leyes y reglamentos de referencia

Dirección técnica. Atribuciones

Dirección facultativa. Atribuciones

Personalidad del constructor

Libro de órdenes

Ejecución de la obra

3.2.2.- Condiciones de índole económica.....pag 28

Principio general

Fianza. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza y devolución de la misma

Precios

Obras por administración

De la valoración y abono de los trabajos

Las indemnizaciones mutuas

Varios

Obras no previstas

Liquidaciones

Garantía

Acta de Recepción Provisional y Certificación de Liquidación Provisional

Acta de Recepción Definitiva y Liquidación Final

Honorarios

Coste de adquisición de materiales

Revisiones de precios

Unidades de obra

Pruebas y análisis

Proveedores, marcas y firmas especializadas

Estimación de precios a priori

3.2.3.- Condiciones de índole legal……..pag 47

Modificaciones de obra

Derecho de rescisión

Rescisión por incumplimiento del contrato

Liquidación en caso de rescisión

Traspaso de contrato

Muerte o quiebra del contratista

Cuestiones no previstas o reclamaciones

Fábricas y trabajos no previstos en este pliego

3 PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 CAPITULO 1: OBJETO

3.1.1.- Objeto del Pliego de condiciones generales

El objeto del presente Pliego de Condiciones consiste en definir las condiciones que regirán en el suministro y ejecución de la obra que conlleva el proyecto:

“Eliminación del fósforo acumulado en la EDAR Cádiz-San Fernando”.

El alcance de esta especificación incluye, pero no limita, el suministro o prestación de todos los materiales, equipo, mano de obra, derechos de patente y servicios necesarios para la realización de una obra de estas características.

3.2 CAPÍTULO 2: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES DE LA OBRA.

ÍNDICE:

3.2.1.- Condiciones de índole facultativo

Cond. Legales, códigos, normas, leyes y reglamentos de referencia

Dirección técnica. Atribuciones

Dirección facultativa. Atribuciones

Personalidad del constructor

Libro de órdenes

Ejecución de la obra

- Inspección de la obra
- Conservación de la obra
- Señalización de la obra
- Seguros
- Incumplimientos de los plazos
- Comunicación de los retrasos de la obra

Comprobación del replanteo

- Acta de comprobación de replanteo
- Gastos de comprobación del replanteo
- Modificaciones acordadas

Acciones previas a la ejecución de la obra

- Verificación y conformidad del proyecto
- Acta de autorización de inicio de obra
- Oficina para servicio de la dirección
- Conservación de líneas de referencia
- Presentación del programa de trabajo
- Definición de obra por órdenes
- Responsabilidad sobre la finalización de las obras

Equipo y maquinaria

- Aportación de equipo y maquinaria
- Insuficiencia de equipo

Ocupación de terrenos

- Ocupación temporal de terrenos a favor del Contratista
- Uso temporal de bienes de la Propiedad
- Vigilancia de terrenos y bienes

Materiales

- Procedencia de los materiales
- Aprovechamiento de los materiales
- Materiales procedentes de las excavaciones
- Ensayos y análisis de los materiales y unidades de obra
- Almacenes
- Recepción y recusación de materiales
- Retirada de materiales no empleados en la obra

Obras defectuosas o mal ejecutadas

Abono de la obra ejecutada

- Medición y Valoración
- Abono de las obras

Modificación del contrato

- Modificación en la obra
- Variaciones en los plazos de ejecución
- Modificaciones no autorizadas

Suspensión de las obras

Resolución del contrato

- Sanciones al Contratista por causas imputables al mismo
- Errores de proyecto
- Incumplimientos por parte del Contratista
- Causas de resolución del contrato

Conclusión del contrato

- Recepción provisional de la obra
- Medición general y liquidación Provisional
- Recepción y liquidación definitivas

3.2.2.- Condiciones de índole económica

Principio general

Fianza. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza y devolución de la misma

- Fianza
- Fianza provisional
- Ejecución de trabajos con cargo a la fianza
- De su devolución en general
- Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Precios

- Composición de los precios unitarios
- Precios de contrata e importe de contrata
- Precios contradictorios
- Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas
- Formas tradicionales de medir o aplicar los precios
- De la revisión de los precios contratados
- Acopio de materiales

Obras por administración

- Administración
- Obras por Administración Directa
- Obras por Administración delegada o indirecta
- Liquidación de obras por Administración
- Abono al Contratista de cuentas de administración delegada
- Normas para la adquisición de los materiales y aparatos
- Responsabilidad del Contratista en el bajo rendimiento de los obreros
- Responsabilidades del Contratista

De la valoración y abono de los trabajos

- Formas varias de abono de las obras
- Relaciones valoradas y Certificaciones
- Mejoras de obras libremente ejecutadas
- Abono de los trabajos presupuestados con partida alzada
- Abono de agotamientos y trabajos esp. no contratados
- Pagos
- Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Las indemnizaciones mutuas

- Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras
- Demora de los pagos

Varios

- Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios
- Unidades de obra defectuosas pero aceptables
- Seguro de las obras
- Conservación de la obra
- Uso por el Contratista de bienes pertenecientes al Propietario

Obras no previstas

Liquidaciones

Garantía

Acta de Recepción Provisional y Certificación de Liquidación Provisional

Acta de Recepción Definitiva y Liquidación Final

Honorarios

Coste de adquisición de materiales

Revisiones de precios

Unidades de obra

Pruebas y análisis

Proveedores, marcas y firmas especializadas

Estimación de precios a priori

3.2.3.- Condiciones de índole legal

Modificaciones de obra

Derecho de rescisión

Rescisión por incumplimiento del contrato

Liquidación en caso de rescisión

Traspaso de contrato

Muerte o quiebra del contratista

Cuestiones no previstas o reclamaciones

Fábricas y trabajos no previstos en este pliego

3.2.1.- Condiciones de índole facultativo

Condiciones Legales, Códigos, Normas, Leyes y Reglamentos de referencia.

El contratista se compromete a cumplir toda la legislación y reglamentos vigentes referentes a Seguridad y Medicina del Trabajo.

Todas las instalaciones que se efectúen en el desarrollo del presente Proyecto deberán dar cumplimiento al Decreto 462/1971 de 11 de marzo, del Ministerio de la Vivienda, a fin de garantizar al máximo, tanto la seguridad de los trabajadores como la solidez de la construcción, así como lo establecido en:

- Reglamento de actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (B.O.E. de 7 y 30 de diciembre de 1961 y de 2 y 7 de mayo de 1962).
- Atribuciones complementarias para la Aplicación del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas. Orden del Ministerio de la Gobernación de 15 de marzo de 1963 (B.O.E. de 2 de abril de 1963).
- Protección del Ambiente Atmosférico. Ley 38/1972 de la Jefatura de Estado de 21 de diciembre de 1972.
- Normas Básicas de la Edificación. Acciones en la Edificación. NBE-EA-88.
- Real Decreto 2543/1994 de 29 de diciembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente
- Desarrollo de la Ley de Protección al Medio Ambiente Atmosférico. Decreto 833/1975 del Ministerio de Planificación de Desarrollo del 6 de febrero de 1975.
- Real Decreto 14/1996 de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de la calidad de las aguas litorales. (B.O.J.A. de 13 de septiembre de 1997)
- Orden de 14 de febrero de 1997, por la que se clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas afectadas directamente por los vertidos, en desarrollo del Decreto 14/1996. (B.O.J.A. de 4 de marzo de 1997)
- Reglamento de prestación del servicio de saneamiento. Ayuntamiento de San Fernando (Cádiz). (B.O.J.A. de 10 de septiembre de 1991)
- Orden de 10 de agosto de 1976 sobre normas técnicas de análisis y valoración de contaminantes de naturaleza química. (B.O.E de 10 de noviembre de 1976)

- Normas del Ministerio de Trabajo sobre Seguridad e Higiene (B.O.E. de 12 y 16 de marzo de 1971).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (B.O.E. de 9 de octubre de 1973 y 27, 28, 29 y 31 de diciembre de 1973).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua. Orden del ministerio de Obras Públicas del 28 de julio de 1974; (B.O.E. de 2 y 3 de octubre de 1974).
- Normas básicas para instalaciones interiores de suministro de agua. Orden del Ministerio de Obras Públicas de 9 de diciembre de 1979 (B.O.E. de 13 de enero de 1976).
- Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos de Presión.
- Código ASME, Boiler and Pressure Vessel Code, 1986, sección VIII.
- Normativa específica de Seguridad e Higiene en el Trabajo:
    - Lugares de trabajo
        - Directiva del Consejo 89/391/CEE, de 12 de junio de 1989; relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
        - Directiva del Consejo 89/654/CEE, de 30 de noviembre de 1989; relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo (primera directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE).
    - Ventilación y climatización
        - Orden de 9.3.71 (Ministerio de Trabajo). Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo. Art. 30: Ventilación, temperatura y humedad.
        - Orden de 16.7.81 (Ministerio de Presidencia). Instrucciones Técnicas Complementarias de Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria. IT.IC.02: Exigencias ambientales y de confortabilidad.

- Ruido
  - Real Decreto 1316 de 1989, “Sobre la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo”.
- Vibraciones
  - Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Artículo 31: Ruidos, vibraciones y Atribuciones. (Orden del Ministerio de Trabajo de 9/3/71).
  - Norma ISO 2631
  - Norma ISO 5349
- Iluminación
  - Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OGSHT.) (O.M T.9 de marzo 1971).
  - Norma internaciones ISO 8995. (Primera edición 1989-10-01).
- Calor y frío
  - Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Orden de 9 de marzo de 1971.
  - Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos. Norma española UNE-EN 27726, marzo de 1995.
  - Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico. Norma española UNE-EN 28996, marzo 1995.
  - Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT. Norma española UNE-EN-27243, enero 1995.
  - Norma ISO 7933, julio 1989.
  - Norma europea CEN 27730, julio 1993.

El contratista está obligado a la observación y cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente y de las demás disposiciones legales que regulen las relaciones entre Patronos y Obreros y todas aquellas de carácter social vigentes o que se dicten el tiempo de realización de la obra.

Nada que aparezca en esta especificación se interpretará como que el suministrador queda relegado de su responsabilidad de cumplir con todos los Códigos, Normas y Reglamentos aplicables.

Dirección técnica. Atribuciones.

Es atribución exclusiva del Ingeniero la Dirección Facultativa de la obra, así como la coordinación de todo el equipo técnico que en ella pudiera intervenir. En tal sentido le corresponde realizar la interpretación técnica, económica y estética del Proyecto, así como señalar las medidas necesarias para llevar a cabo el desarrollo de la obra estableciendo las adaptaciones, los detalles complementarios y modificaciones precisas para la realización correcta de la obra.

La autoridad del Ingeniero es plena, pudiendo recabar la inalterabilidad del Proyecto, salvo que expresamente renuncie a dicho derecho o fuera rescindido del convenio de prestación de servicios suscrito con el Promotor, en los términos y condiciones legalmente establecidos.

El Ingeniero Técnico deberá entregar a su debido tiempo todos los documentos que integran el Proyecto desarrollando las soluciones de detalle y de obra que sean necesarias a lo largo de la misma.

Son obligaciones específicas del Ingeniero Técnico dar la solución a las instalaciones, establecer soluciones constructivas y adoptar soluciones oportunas en los casos imprevisibles que pudieran surgir, fijar los precios contradictorios, redactar las certificaciones económicas de la obra ejecutada, redactar las actas o certificaciones de comienzo y final de las mismas.

Estará obligado a prestar la asistencia necesaria, inspeccionando su ejecución, realizando personalmente las visitas necesarias y comprobando durante su transcurso que se cumplen las hipótesis del Proyecto, introduciendo en caso contrario las modificaciones que crea oportunas.

Dirección Facultativa. Atribuciones

Estará especializado fundamentalmente en el control, organización y ejecución de las obras, vigilando la estricta observancia del Proyecto y de las órdenes e instrucciones del Ingeniero Técnico Director.

Vigilará el cumplimiento de las Normas y Reglamentos vigentes, ordenará la elaboración y puesta en obra de cada una de las unidades y de los sistemas constructivos. Verificará la calidad de los materiales, dosificaciones y mezclas; comprobará las dimensiones, formas y disposición de los elementos resistentes y que su colocación y características correspondan a las que se fijan en el Proyecto.

Organizará la ejecución y utilización de las instalaciones provisionales y medios auxiliares y andamiajes a efecto de la seguridad, vigilará los encofrados, apeos, apuntalamientos y demás elementos resistentes auxiliares, incluido su desmontaje.

Llevará la medición de las unidades de obra construidas, así como la confección del calendario de obra, vigilando los plazos en él. Resolverá los problemas imprevisibles que puedan aparecer durante la ejecución dentro de la esfera de su competencia.

Personalidad del constructor

El constructor adjudicatario actuara de patrono legal adjudicatario aceptando todas las responsabilidades correspondientes, y quedando obligado al pago de los jornales que legalmente se establezcan, y en general, a todo cuanto se legisle al particular antes o durante la ejecución de la obra, sin perjuicio de reclamar los sobreprecios o indemnizaciones a que haya lugar, según esta norma.

Libro de órdenes

El Contratista tendrá en la obra el Libro de órdenes y asistencias para que los Técnicos Directores de la obra consignen cuantas órdenes crean oportunas y las observaciones sobre las que deban quedar constancia.

El Contratista, firmado su enterado, se obliga al cumplimiento de lo allí ordenado si no reclama por escrito dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes al Director de la obra.

Ejecución de la obra

Las obras serán ejecutadas por una empresa especializada conforme al presente proyecto, redactado por el Ingeniero Químico David Fernández Romero, quien nombrará a un Director Facultativo de las obras.

Se entregarán los plenos precios, que constan además de los documentos de Memoria, Presupuestos y Planos. Con la documentación entregada, se compromete a cumplir el plazo estipulado en el presente Documento.

- Inspección de la obra.

Incumbe a la Propiedad ejercer de una manera continua y directa, la inspección de la obra durante su ejecución a través de la Dirección Técnica. El Contratista o Su Delegado deberá acompañar en sus visitas inspectoras al Ingeniero Director.

- Conservación de la obra.

El Contratista está obligado no sólo a la ejecución de la obra, sino también a su conservación hasta su recepción definitiva. La responsabilidad del Contratista, por faltas que en la obra puedan advertirse, se extiende al supuesto que tales faltas se deban exclusivamente a una indebida o defectuosa conservación de las unidades de obra, aunque éstas hayan sido examinadas y encontradas conformes por la Dirección, inmediatamente después de su construcción o en cualquier otro momento, dentro del periodo de vigencia del contrato.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por la buena terminación de la obra, como en el caso de rescisión del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio, en caso de no hacerlo así le será fijado un plazo no inferior a diez días por el Ingeniero Director, pasado el cual, la Propiedad dispondrá de cuantos materiales, herramientas, muebles, etc, que queden en la obra y procederá a la limpieza del edificio, todo ello por cuenta del Contratista.

- Señalización de la obra.

El Contratista está obligado a instalar señales precisas para indicar el acceso a la obra, la circulación en la zona que ocupan los trabajos y los puntos posibles de peligro debido a la marcha de aquellos, tanto en dicha zona como en sus lindes inmediatas.

- Seguros.

El Instalador se compromete a asegurar con una compañía de seguros de ámbito y garantía nacional, el resarcimiento de los daños que se produzcan en las obras de este Pliego, por vicios de materiales y construcción general, todas aquellas responsabilidades que pueden derivarse de la misma en aplicación de lo dispuesto en la sección segunda, capítulo III del Código Civil y artículos 1902, 1903 y 1909 del mismo cuerpo legal, y por los plazos de garantía y prescripción que les corresponde.

Para el comienzo de ejecución de las obras, el instalador deberá mostrar al Director de las obras los documentos justificativos de haber cumplido la anterior condición. El Director de las obras no autorizará el comienzo de las mismas si a su juicio no están lo suficientemente aseguradas y garantizadas las responsabilidades de las obras en sí.

- Incumplimiento de los plazos

En caso de no quedar finalizadas las obras objeto de este contrato en el plazo fijado en el mismo por causas imputables a la empresa instaladora, se le impondrá una multa de 900 € en concepto de indemnización que le será deducida de la liquidación de la obra.

Bien entendido quede que no podrá librarse de su obligación de construir mediante el pago de esta prestación que se estima como cláusula penal. No podrá aceptarse como justificación de morosidad en la terminación de las obras el suministro de materiales o cualquier otra causa que no sea de fuerza mayor, la cual será apreciada por la Dirección Facultativa.

No se consideran causa de fuerza mayor: nevadas, hielos y otros fenómenos de naturaleza análoga, extremos que deberán ser acreditados por el Adjudicatario en tiempo y modo oportuno.

- Comunicación de los retrasos en las obras

Los retrasos que puedan surgir en las obras por causas ajenas a la voluntad del Contratista deberán ser comunicados y debidamente justificados mediante comunicación escrita al Director de Obras y a la Propiedad en el plazo máximo establecido a tal efecto, desde la fecha en que se hayan producido.

Caso de que no se efectúe la comunicación en dicho plazo, o no se apruebe por el Director de la obra los citados retrasos, no serán reconocidos a efectos de los plazos y especificaciones anteriores.

Comprobación del replanteo

- Acta de comprobación del replanteo

Dentro del plazo de quince días desde la fecha de formalización del contrato, salvo casos justificados, se procederá, en presencia de la Propiedad o personas en quien delegue, del Contratista o de su representante debidamente autorizado, a efectuar la comprobación del replanteo hecho previamente por el Contratista, extendiéndose acta de éste, que será firmada por los presentes como partes interesadas, recibiendo cada una de ellas un ejemplar de la misma.

El acta de comprobación del replanteo reflejará la conformidad o disconformidad del mismo, respecto de los documentos contractuales del proyecto, con especial referencia a las características geométricas de las obras, a la autorización para la ocupación de los terrenos necesarios y a cualquier otro punto que pueda afectar al cumplimiento del contrato.

Cuando del resultado de la comprobación del replanteo se deduzca la viabilidad del proyecto, a juicio del Ingeniero Director de la obra y sin reserva por parte del Contratista, se dará a aquel la autorización para iniciarla, haciéndose constar este extremo explícitamente en el acta extendida, de cuya autorización quedará notificado el Contratista por el hecho de suscribirla y emplazándose a contar el plazo de ejecución de las obras desde el día siguiente al de la firma del acta.

- Gastos de comprobación del replanteo

Serán de cuenta del Contratista los gastos de los materiales, los de su propio personal y los de los peritos que estime necesarios para la realización de la comprobación del replanteo.

- Modificaciones acordadas

Si como consecuencia de la comprobación del replanteo, se deduce la necesidad de introducir modificaciones en el proyecto, el Ingeniero Director redactará en el plazo de quince días y sin perjuicio de la remisión inmediata del acta, una estimación razonada del importe de dicha modificación.

Si la Propiedad decide la modificación del proyecto, se procederá a redactar las modificaciones precisas para su viabilidad, acordando la suspensión temporal total o parcial de la obra, y ordenando en éste último caso la inicialización de los trabajos en aquellas partes no afectadas por las modificaciones previstas en el proyecto.

Acciones previas a la ejecución de la obra

- Verificación y conformidad del proyecto

El Contratista tiene la obligación de verificar todos los documentos del proyecto. En el caso de que el Contratista no indique a la Dirección Técnica, antes de la firma del acta de autorización, los posibles errores existentes, se hace responsable de los mismos.

- Acta de autorización de inicio de la obra

El Contratista asistirá al replanteo del solar y fijación de rasantes, siendo los gastos que se produzcan tomados a su cuenta.

Previamente al inicio de las obras, deberá realizarse un acta de autorización de inicialización de las mismas, entre la Dirección Técnica y el Contratista. Este acta contendrá el Acta del replanteo, los plazos de ejecución, contratos, precios descompuestos, licencia de obra, nombramiento del personal necesarios y aceptación del Contratista de lo expuesto en los documentos del proyecto.

- Oficina para servicio de la dirección

El Contratista habilitará una oficina por su cuenta para servicio de la Dirección Técnica, siendo aprobado su diseño y emplazamiento previamente por ésta. La oficina constará de los elementos que juzgue necesarios la Dirección Técnica y el Libro de Ordenes o fotocopia del mismo, así como copia de la documentación técnica usada en la obra.

- Conservación de líneas de referencia

La Dirección Técnica con la colaboración del Contratista procederá a replantear sobre el terreno las líneas de referencia fundamentales y los puntos de nivel necesarios para el replanteo general.

- Presentación del programa de trabajo

El Contratista está obligado a presentar en el plazo de un mes, salvo causas justificadas, desde la firma del contrato, un programa de trabajo. La Propiedad resolverá sobre él dentro de los treinta días siguientes a su presentación.

La resolución puede imponer modificaciones, por el cumplimiento de determinadas prescripciones, al programa de trabajo presentado, siempre que no contravenga las cláusulas del contrato.

En el programa de trabajo, a presentar en su caso por el Contratista, se deberán incluir los siguientes datos:

- Ordenación en parte o clase de obras, de las unidades que integran el proyecto con expresión del volumen de éstas.
- Determinación de los medios necesarios, tales como personal, instalaciones, equipo y materiales, con expresión de su rendimiento medio.
- Valoración en días de calendario de los plazos de ejecución de las diversas obras y operaciones preparatorias, equipo e instalaciones, y los de ejecución de las diversas partes de la obra.
- Valoración mensual y acumulada de la obra programada.
- Gráficos de las diversas actividades o trabajos.

- Definición de obra por órdenes

Se concederá como definición de obra a realizar todas las órdenes que se dicten a lo largo de la ejecución de la obra por la Dirección Técnica o sus ayudantes delegados. Cuando las órdenes dictadas sean modificaciones de unidades definidas en el proyecto, se podrá exigir por el Contratista que la Propiedad las autorice previamente, siempre y cuando estas exigencias se realicen ante la Dirección Técnica y en un plazo que no exceda de dos días después del recibo de dichas órdenes.

- Responsabilidad sobre la finalización de las obras

El Contratista es el único responsable de la ejecución de las obras contratadas, y del cumplimiento del plazo de finalización de las mismas, no teniendo derecho a indemnización por los errores que cometiera durante su construcción.

Equipo y maquinaria

- Aportación de equipo y maquinaria

El Contratista queda obligado a aportar a las obras el equipo de maquinaria y medios auxiliares que sean precisos para la buena ejecución de aquella en los plazos parciales y totales convenidos por el contrato.

En caso de que para la ejecución del contrato hubiera sido condición necesaria la aportación por el Contratista de un equipo de maquinaria y medios auxiliares concretos y detallados, el Ingeniero Director exigirá aquella aportación en los mismos términos y detalles que se fijaron en tal ocasión.

Cada elemento de los que constituyen el equipo será reconocido por la Dirección, anotándose sus altas y bajas de puesta en obra con el inventario del equipo. Podrá también rechazar cualquier elemento que considere inadecuado para el trabajo de la obra, con derecho del Contratista a reclamar frente a tal resolución a la Propiedad en el plazo de diez días contados a partir de la notificación que le haga por escrito el Ingeniero Director.

- Insuficiencia de equipo

El Contratista no podrá efectuar reclamación alguna fundada en la insuficiencia de la dotación o del equipo que la Propiedad hubiera podido prever para la ejecución de la obra, aun cuando éste estuviese detallado en alguno de los documentos del proyecto.

Ocupación de terrenos

- Ocupación temporal de terrenos a favor del contratista

Son de cargo del Contratista la gestión de los permisos relativos a la ocupación de bienes durante la obra y el pago de las tasas correspondientes de los mismos.

- Uso temporal de bienes de la propiedad

Cuando el Contratista ocupe temporalmente edificios y otros bienes inmuebles de la Propiedad, tendrá la obligación de conservarlos y repararlos en caso de deterioro.

- Vigilancia de terrenos y bienes

Será la Dirección Técnica la que dictamine el momento en que el Contratista podrá ocupar los terrenos afectados por la obra. El Contratista será el responsable de la vigilancia de la vigilancia de los terrenos y bienes que haya en los mismos.

Materiales

- Procedencia de los materiales

El Contratista tiene libertad para obtener los materiales que las obras precisen, siempre que los mismos reúnan las condiciones exigidas en el Pliego de prescripciones técnicas del presente proyecto.

Si durante la ejecución del contrato la Propiedad resolviera introducir en el proyecto modificaciones que produzcan aumentos o reducciones e incluso supresión de las unidades de obra definidas, serán obligatorias para el Contratista estas disposiciones, sin que tengan derecho alguno a reclamar ninguna indemnización.

- Aprovechamiento de los materiales

El Contratista puede contratar con destino a la obra contratada, las sustancias minerales que se encuentran en los terrenos de la Propiedad, así como abrir y explorar canteras en ellos, con sujeción a las normas y establecidas por ente titular de aquellas, con obligación de darle aviso anticipado de sus actividades previstas y respetando o reponiendo las servidumbres existentes, así como adoptando las medidas oportunas para no perturbar el libre y seguro uso de dichos terrenos.

- Materiales procedentes de las excavaciones

Los materiales o productos resultantes de las excavaciones en la obra y que puedan aprovecharse por la Propiedad serán acopiadas por la misma en los puntos o formas que ordene la Dirección, siéndole de abono los gastos suplementarios de transporte, vigilancia y almacenamiento.

- Ensayos y análisis de los materiales y unidades de obra

La Dirección puede ordenar que se verifiquen los ensayos y análisis de los materiales y unidades de obra que en cada caso resulten pertinentes y los gastos que se originen serán por cuenta del Contratista, hasta un importe máximo del 1% del presupuesto de la obra.

La misma Dirección fijará el número, forma y dimensiones y demás características que deben reunir las muestras y probetas para ensayos y análisis, caso de que no exista disposición general al efecto ni establezca tales datos el Pliego de prescripciones Técnicas Particulares.

Si el Ingeniero Director tuviese la necesidad de realizar ensayos y pruebas una vez rebajado el 1 % del presupuesto de ejecución material, el Contratista tiene la obligación de realizarlos, siendo su abono a cuenta de la Propiedad, salvo en el caso de que los resultados fuesen desfavorables a juicio del Ingeniero Director, en tal caso se harán a cuenta del Contratista. Este y a sus expensas, podrá solicitar un nuevo ensayo realizado por el laboratorio elegido de común acuerdo con la Dirección y cuyo resultado servirá de base para la resolución pertinente a ésta.

- Almacenes

El Contratista debe instalar en la obra, o por su cuenta, los almacenes precisos para asegurar la conservación de los materiales, evitando su destrucción o deterioro y siguiendo en su caso las instrucciones que a tal efecto reciba de la Dirección.

- Recepción y recusación de materiales

El Contratista sólo puede emplear los materiales en la obra previo examen y aceptación de la Dirección Técnica en los términos y forma que ésta señale para el correspondiente cumplimiento de las condiciones convenidas.

Si la Dirección no aceptase los materiales sometidos a su examen, deberá comunicarlo por escrito al Contratista, señalando las causas que motivan tal decisión. En todo caso la recepción de los materiales por la Dirección no exime al Contratista de sus responsabilidades de cumplimiento de las características exigidas para los mismos en el correspondiente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

- Retirada de materiales no empleados en la obra

Los materiales recusados serán retirados fuera de la obra en el menor plazo posible, pudiendo entre tanto el Ingeniero Director no certificar la ejecución de la parte afectada por dichos materiales.

Obras defectuosas o mal ejecutadas

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista responderá de la ejecución de la obra contratada y de las faltas que en ella hubiera. El Contratista quedará exento de responsabilidad cuando la obra sea defectuosa o mal ejecutada como consecuencia inmediata de una orden de la Propiedad o de vicio del proyecto, salvo que éste haya sido modificado por el Contratista en la obra.

Si se advierten vicios o defectos en la construcción o se tienen razones fundadas para creer que existen ocultos en la obra ejecutada, la Dirección ordenará, durante el curso de la ejecución de las unidades de obra y siempre antes de la recepción definitiva, la demolición o reconstrucción de las unidades de obra en que se den aquellas

circunstancias o las acciones precisas para comprobar la existencia de tales defectos ocultos.

Si la Dirección ordena la demolición y reconstrucción por advertir vicios y defectos en la construcción, los gastos de estas operaciones serán por cuenta del Contratista, con derecho de éste a reclamar ante la Propiedad contratante en el plazo de diez días contados a partir de la notificación escrita de la Dirección.

Si la Dirección estima que las unidades de obra defectuosas y que no cumplen las condiciones del contrato son sin embargo admisibles, puede proponer a la Propiedad la aceptación de las mismas, con la consiguiente rebaja de los precios. Los precios de las unidades de obra de trabajos que no figuren en el Contrato se fijarán de forma contradictoria entre la Dirección Técnica y el Contratista o su representante.

El Contratista presentará los precios en forma descompuesta, siendo necesaria su aprobación antes de ejecutar las unidades de obra correspondientes. Para recoger el acuerdo sobre estos precios se levantarán actas, que deben ser firmadas por la Dirección Técnica, la Propiedad y el Contratista o sus representantes autorizados.

Se prevé también los casos de revisión por alza o baja de éstos. Para revisiones en alza, el Contratista puede solicitar a la Propiedad la revisión, siempre que haya cumplido lo dispuesto anteriormente, se comprometerá además a informar por escrito a la Propiedad de cualquier alteración de los precios contratados. El nuevo precio y la fecha de aplicación se acordará por ambas partes.

Si la Propiedad o la Dirección Técnica no estuvieran de acuerdo con los nuevos precios, esta última podrá proponer al Contratista unos nuevos precios, teniendo éste la obligación de aceptarlos.

<u>Abono de la obra ejecutada</u>

- Medición y valoración

Mediciones

La Dirección realizará mensualmente y en la forma que establece el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, la medición de las unidades de obra ejecutadas

durante el periodo de tiempo anterior. El Contratista o su delegado podrán presenciar la ejecución de tales mediciones.

Para las obras o parte de ellas cuyas dimensiones y características hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el Contratista está obligado a avisar a la Dirección con la suficiente antelación a fin de que esta pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que la definen, cuya conformidad suscribirá el Contratista o su delegado.

Relaciones valoradas

El Director tomando como base las mediciones de las unidades de obra ejecutadas, a que se refiere el artículo anterior y los precios contratados, redactará la correspondiente relación valorada.

No podrá omitirse la redacción de dicha relación valorada mensual por el hecho de que, en algún mes, la obra realizada haya sido de pequeño volumen o incluso nulo, a menos que la Propiedad hubiese acordado la suspensión de la obra.

En la misma fecha en que la Dirección tramita la relación valorada, remitirá al contratista una copia de la misma, a los efectos de conformidad o reparo, que el Contratista podrá formular a partir de los quince días contados desde la recepción de los documentos. En su defecto, y pasado este plazo, el documento se considerará aceptado por el Contratista, como si él hubiera suscrito en ello su conformidad.

Certificaciones

Las certificaciones se expedirán por el Ingeniero Director tomando como base la relación valorada y se tramitará en los siguientes diez días del periodo que corresponda.

De su importe deducirá el Ingeniero Director el tanto por ciento que para la constitución de fianza se haya establecido en el contrato y de no especificarse será del diez por ciento de la contrata.

- Abono de las obras

Requisitos para el abono

El Contratista tiene derecho al abono, con arreglo a los precios convenidos de la obra que realmente ejecute con relación al proyecto que sirvió de base para la licitación, a sus modificaciones aprobadas y a las órdenes dadas por escrito a la Propiedad.

Mejoras propuestas por el contratista

El Contratista podrá proponer, siempre por escrito a la Dirección, la sustitución de unidades de obra por otras que reúnan mejores condiciones, el empleo de materiales de mas esmeradas preparaciones o calidades que loas contratados, la ejecución con mayores dimensiones de cualquier parte de la obra, o en general cualquier otra mejor o de análoga naturaleza que juzgue beneficiosa para ella.

Precios

Todos los trabajos, medios auxiliares y materiales que sean necesarios para la correcta ejecución y acabado de cualquier unidad de obra se considerarán incluidos en el precio de la misma aunque no figuren todos ellos especificados en la descomposición o descripción de los precios.

Partidas alzadas

Las partidas alzadas se abonarán conforme se indique en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En su defecto, se considerarán a los efectos de su abono:

- Como “Partidas alzadas a justificar”, las susceptibles de ser medidas en todas sus partes como unidades de obra, con precios unitarios.
- Como “partidas alzadas de abono íntegro”, aquellas que se refieren a los trabajos cuya especificación figure en los documentos contractuales del proyecto, y no sean susceptibles de medición según Pliego.

Las partidas alzadas a justificar se abonarán a los precios de la contrata con arreglo a las mismas y el resultado de las mediciones correspondientes. Para que la introducción

de nuevos precios así determinados, se considere modificación del proyecto, habrán de cumplirse conjuntamente las condiciones siguientes:

Que la propiedad contratante haya aprobado además de los nuevos precios, la justificación y descomposición de la partida alzada.

Que el importe total de dicha partida alzada, teniendo en cuenta su valoración, tanto los precios incluidos en los cuadros de precios como los nuevos precios de amplificación, no excedan del importe de la misma figurado en el proyecto.

Las partidas alzadas de abono íntegro se abonarán al Contratista en su totalidad, una vez terminados los trabajos u obras a que se refieran, de acuerdo con las condiciones del contrato sin perjuicio de las que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares pueda establecer respecto de su abono fraccionado en caso justificado.

Modificación del contrato

- Modificación en la obra

Cuando sea necesario introducir modificaciones en el proyecto de las obras que rigen el contrato, el Ingeniero Director redactará la oportuna propuesta, integrada por los documentos de justificación por la Propiedad, y requerirá la previa audiencia del Contratista. Una vez se produzca dicha aprobación, la Propiedad entregará al Contratista copias de los documentos del proyecto que hayan sido objeto de nueva redacción, motivada por la variación en el número de unidades nuevas.

- Variaciones en los plazos de ejecución

En cuanto a la variación en mayor o menor medida de los plazos que se deriven de las obras aprobadas, el Contratista expondrá por escrito dirigido a la Propiedad la repercusión a considerar en la marcha de los trabajos y el retraso que pueda originarse en los plazos acordados.

- Modificaciones no autorizadas

Ni el Contratista ni el Ingeniero Director podrán introducir o ejecutar modificaciones en la obra objeto del contrato, sin la debida aprobación de aquellas, ni del presupuesto correspondiente por parte de la Propiedad.

Exceptuándose aquellas modificaciones que, durante la correcta ejecución de la obra, se producen únicamente por variación en el número de unidades realmente ejecutadas sobre las previstas en las indicaciones del proyecto.

Las modificaciones en las obras que no estén debidamente autorizadas por la Propiedad originarán responsabilidad en el Contratista, sin perjuicio de las que pudieran alcanzar al Director de la obra.

Suspensión de las obras

Siempre que la Propiedad acuerde una suspensión temporal, parcial o total de la obra, o una suspensión definitiva, se deberá levantar la correspondiente acta de suspensión, que deberá ir firmada por el Ingeniero Director y el Contratista, y en la que se hará constar el acuerdo de la Propiedad que originó la suspensión, definiéndose concretamente la parte, partes o totalidad de la obra afectada por aquella.

El acta debe acompañar, como anexo, y en relación con la parte o partes suspendidas, la medición tanto de la obra ejecutada en dicha o dichas partes, como en los materiales acopiados a pie de obra, utilizables exclusivamente en las mismas.

Resolución del contrato

- Sanciones al contratista por causas imputables al mismo

En caso de resolución del contrato, por causas imputables al Contratista, la fijación y valoración de los daños y perjuicios causados se verificará por el Ingeniero Director, y resolverá la Propiedad previa audiencia del Contratista.

- Errores de proyecto

Los errores materiales que puede contener el proyecto o presupuesto elaborado por la Propiedad, no anularán el Contrato.

- Incumplimientos por parte del contratista

El incumplimiento por parte del Contratista de cualquier cláusula contenida en el contrato, autoriza a la Propiedad a exigir su extracto cumplimiento, o bien acordar la resolución del mismo. Si ha habido fraude por parte del Contratista, se acordará siempre la resolución del contrato.

- Causas de resolución del contrato

Son causas de resolución del contrato de obra:

- El incumplimiento de las cláusulas contenidas en el mismo.
- Las modificaciones del proyecto, aunque fueran necesarias, que impliquen, aislada o conjuntamente, alteraciones del precio del contrato en cuantía superior a más o menos del 20 % del importe de aquel.
- La suspensión definitiva de las obras acordadas por la Propiedad, así como la suspensión temporal de las mismas por un plazo superior a un año, también acordada por ella.
- La muerte del Contratista individual.
- La extinción de la sociedad jurídica de la sociedad contratista.
- La quiebra del Contratista.
- Aquella que se establezca expresamente en el contrato.

<u>Conclusión del contrato</u>

- Recepción provisional de la obra

Aviso de terminación de la obra:

El Contratista o su delegado, con una antelación de cuarenta y cinco días hábiles, comunicará por escrito a la Dirección la fecha prevista para la terminación de la obra.

El Ingeniero Director, en caso de conformidad con la citada comunicación del Contratista, la llevará con su informe con una antelación de un mes respecto a la fecha de terminación de la obra, a la Propiedad, a los efectos de que éste presente en el acto de la recepción provisional o proceda al nombramiento de un representante autorizado.

Acta de recepción provisional:

La Propiedad o el representante a que se refiere la cláusula anterior fijará la fecha de la recepción provisional y a dicho objeto, citará por escrito al Ingeniero Director y al Contratista o su representante.

De la recepción provisional se levantará por triplicado, ejemplar que firmará el representante de la Propiedad, el Ingeniero Director y el Contratista, o su representante autorizado, siempre que hayan asistido al acto de recepción, retirando un ejemplar de dicha acta cada uno de los firmantes. Si el Contratista o su delegado no han asistido a la recepción provisional, el representante de la Propiedad le remitirá con acuse de recibo un ejemplar del acta.

En el acta se hará constar el estado de terminación conforme al proyecto, así como todas las diferencias u omisiones que se observen, y se emplazará al Contratista para que subsane las diferencias, que por no ser substanciales, se fijará un plazo breve para corregirlas.

Prórroga de finalización de la obra:

Si por causas de fuerza mayor e independientemente de la voluntad del Contratista y siempre que esta sea distinta de la rescisión, no le fuese posible terminar la obra en los plazos prefijados, la Propiedad puede otorgar una prórroga proporcionada para el cumplimiento de lo pactado, previo informe favorable del Ingeniero Director. Para ello, el Contratista expondrá por escrito a la Propiedad, a través del Ingeniero Director la causa que le impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello originaria en los plazos acordados, razonando la prórroga que por dichas causas necesita.

Conservación de la obra durante el plazo de garantía:

El Contratista responderá de los daños o deterioros que puedan producirse en la obra durante el plazo de garantía, a no ser que prueben que los mismos hayan sido

ocasionados por el mal uso que ellas hubiesen hecho los usuarios o la entidad encargada de la explotación, y al cumplimiento de sus obligaciones, vigilancia y policía de la obra. En dicho supuesto tendrán derecho a que se reembolse el importe de los trabajos que deban realizarse para establecer en la obra las condiciones debidas, pero no quedará exonerado de la obligación de llevar a cabo los citados trabajos.

- Medición general y liquidación provisional

Medición general

El Ingeniero Director de la obra citará, con acuse de recibo, al Contratista o su delegado, y fijará la fecha en la que, en función del plazo establecido por la liquidación provisional de la obra ejecutada, ha de procederse a su medición general.

El Contratista, bien personalmente, o bien mediante delegación autorizada, tiene la obligación de asistir a la toma de datos y realización de la medición general que efectuará la Dirección Técnica. Si por causas que le sean imputables no cumple tal obligación, no podrá ejercitar reclamaciones en orden al resultado.

Para realizar la medición general se utilizarán como datos complementarios la comprobación del replanteo, los replanteos parciales y los datos de las mediciones efectuadas durante la ejecución de la obra, el Libro de Incidencias, y cuantos otros estimen necesarios el Ingeniero Director y el Contratista.

Liquidación provisional

El Ingeniero Director formulará en el plazo máximo de tres meses desde la fecha de recepción provisional, la liquidación provisional, aplicando al resultado de la medición general, los precios y condiciones económicas del contrato. Los reparos que estime oportunos hacer el Contratista, a la vista de la liquidación provisional, los dirigirá por escrito a la Administración en la forma establecida en el último párrafo de la cláusula anterior y dentro de un mes, pasado el cual se entenderá que se encuentra conforme con el resultado y detalles de la liquidación.

- Recepción y liquidación definitivas

Acta de recepción definitiva

El Ingeniero Director comunicará a la Propiedad con una antelación mínima de un mes, la fecha de terminación del plazo de garantía, a los efectos de que aquella proceda de por sí o mediante la designación de un representante para la recepción definitiva a fija la fecha de celebración de la misma, con antelación mínima de diez días, citando por escrito al Ingeniero Director y al Contratista o su delegado.

La asistencia del Contratista a la recepción definitiva se regirá por idénticos principios, reglas y trámites que los expresados para la recepción provisional.

Si del examen de la obra resulta que no se encuentra en las condiciones debidas para ser recibida con carácter definitivo, se hará constar así en el acta, y se incluirán en esta las oportunas instrucciones al Contratista para la debida reparación de lo construido, señalándose un nuevo y último plazo para el cumplimiento de sus obligaciones, transcurrido el cual, se volverá a examinar la obra con los mismos tramites y requisitos señalados a fin de proceder a su recepción definitiva.

3.2.2.- Condiciones de índole económica

Principio general.

En este capítulo se trata de normalizar las relaciones económicas entre la propiedad y la contrata, y marca el papel del Ingeniero Director de la obra en estos temas, estableciendo como principio que el contratista debe percibir el importe de todos los trabajos efectuados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y Particulares que rijan la construcción del edificio y obras anejas contratadas.

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La Propiedad, el Contratista, y en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

Fianza ejecución de trabajos con cargo a la fianza y devolución de la misma

- Fianza

El Contratista presentará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 3% y 10% del precio total de contrata.

Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

- Fianza provisional

En caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el pliego de condiciones vigente en la obra, de un tres por ciento como mínimo del total presupuestado de contrata.

El Contratista a quien se haya adjuntado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será del 10% de la cantidad por la se haga la adjudicación de la obra, fianza que puede constituirse en cualquiera de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el apartado anterior, no excederá de 30 días a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el deposito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

- Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, Dirección Facultativa, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastare para cubrir el importe de os gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

- De su devolución en general

La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de 30 días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

- Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si la Propiedad, con la conformidad de la Dirección Facultativa, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

<u>Precios</u>

El Contratista de las obras presentará dentro de los veinte días siguientes a la firma del presente documento precios unitarios de materiales, mano de obra y precios descompuestos de todas las partidas en proyecto.

- Composición de los precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se consideran costes directos:

- Mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de las unidades de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se consideran costes indirectos:

- Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de Administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos.
- Beneficio industrial: El Beneficio industrial del Contratista se establece en el 11 % sobre la suma de las anteriores partidas.
- Precio de ejecución material: Se denominará precio de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del beneficio industrial.
- Precio de contrata: El precio de contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el beneficio Industrial.
- El IVA gira sobre esta suma pero no se integra en el precio.

- Precios de contrata e importe de contrata

En el caso de que los trabajos a realizar en cualquier obra aneja se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución material, mas el tanto por ciento sobre este último precio en concepto de beneficio industrial del Contratista. El beneficio se estima normalmente en 11%, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

- Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio de la Dirección facultativa decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que se determine al efecto. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

- Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas

Si el Contratista antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

- Formas tradicionales de medir o aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se extenderá a lo previsto en primer lugar a este pliego de condiciones.

- De la revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al 3% del importe total del presupuesto del Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el presente Pliego, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3%.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

- Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario son de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

Obras por administración

- Administración

Se denominan “Obras por Administración” aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí o por un representante suyo o bien por mediación de un Contratista. Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

- Obras por Administración directa.
- Obras por Administración delegada o indirecta.

- Obras por Administración Directa.

Se denominan así las obras en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser la propia Dirección Facultativa, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a obra y en suma, interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en éstas obras el Contratista, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como

empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quien reúne en sí, por tanto, la doble personalidad de Propietario y Contratista.

- Obras por administración delegada o indirecta

Se entienden por tales obras, las que convienen un Propietario y el Contratista para que éste, por cuenta de aquel y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan. Son por tanto, características peculiares de este tipo de obras las siguientes:

Por parte del Propietario, la obligación de abonar directamente o por mediación del Contratista todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos, reservándose el Propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí o por medio de la Dirección facultativa, en su representación, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea precisos para regular la realización de los trabajos convenidos.

Por parte del Contratista, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y en suma, todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo por ello el Propietario un tanto por ciento prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el Contratista.

- Liquidación de obras por administración.

Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines establezcan las condiciones particulares de índole económica vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el Contratista al Propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresan los documentos siguientes todos ellos conformados por el representante técnico de la Dirección Facultativa:

- Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.

- Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada equipo, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.
- Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o retirada de escombros.
- Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el Contratista, ya que su abono es siempre de cuenta del Propietario.

A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión haya intervenido el Contratista se le aplicará, a falta de convenio especial, un 17%, entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los gastos generales que al Contratista originen los trabajos por administración que realiza y el beneficio industrial del mismo

- Abono al contratista de las cuentas de administración delegada

Salvo pacto distinto, los abonos al Contratista de las cuentas de administración delegada los realizará el propietario mensualmente según los partes de trabajo realizados aprobados por el propietario o por sus representantes.

Independientemente, el representante técnico de la Dirección Facultativa redactará, con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al Contratista salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

- Normas para la adquisición de los materiales y aparatos

No obstante las facultades que en estos trabajos por Administración delegada se reserve el propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al Contratista se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar al propietario, o en su

representación a la Dirección Facultativa, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa autorización antes de adquirirlos.

- Responsabilidad del contratista en el bajo rendimiento de los obreros

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Contratista a la Dirección Facultativa, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en alguna de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Contratista, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por la Dirección Facultativa.

Si hecha esta notificación al Contratista, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del 17% que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Contratista en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

- Responsabilidades del contratista

En los trabajos de " Obras por administración delegada", el Contratista sólo será responsable de los efectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutadas y también de los accidentes y perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. En cambio, y salvo lo expresado en artículos precedentes, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales y aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el Contratista está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

De la valoración y abono de los trabajos

- Formas varias de abono de las obras

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras, el abono de los trabajos se efectuará así:

- 1º Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- 2º Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas. Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.
- 3º Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes de la Dirección Facultativa. Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.
- 4º Por listas de jornales y recibos de materiales autorizados en la forma que el presente pliego determina.
- 5º Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el Contrato.

- Relaciones valoradas y certificaciones

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los pliegos de condiciones que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el aparejador.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando el resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para

cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el pliego de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material y las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se facilitarán por el aparejador los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de 10 días, a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, la Dirección Facultativa aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución de la Dirección Facultativa en la forma prevenida en los Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá la Dirección Facultativa la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al periodo a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el Arquitecto-Director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

- Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con la autorización de la Dirección Facultativa, emplease materiales de mas esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado

en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

- Abono de los trabajos presupuestados con partida alzada

Salvo lo preceptuado en los apartados de índole económica del pliego, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.

Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.

Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo en el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, la Dirección Facultativa indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado, ó, en su defecto, a los que con anterioridad a su ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el presente pliego en concepto de gastos generales y beneficio industrial del Contratista.

- Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones u otra clase de trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del

Contratista, y no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de contratarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionasen, los cuales le serán abonados por el propietario por separado de la contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por ciento del importe total, que, en su caso, se especifique en éste pliego.

- Pagos

Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por la Dirección Facultativa, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

- Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- 1º Si los trabajos que se realicen estuviesen especificados en el proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y la Dirección Facultativa exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos correspondientes, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- 2º Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el propietario, se valorarán y abonarán a los precios del da, previamente acordados.
- 3º Si se han ejecutados trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

Las indemnizaciones mutuas.

- Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras.

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retrasos, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

- Demora de los pagos.

Si el propietario no efectuase el pago de las obras efectuadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir un abono de un cuatro y medio por ciento anual, en concepto de interés de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obra ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante lo anterior expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha intervenido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuestos correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

Varios

- Mejoras y aumentos de obra. casos contrarios.

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso de que la Dirección Facultativa haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de

error en las mediciones del proyecto, a menos que la Dirección Facultativa ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales y los aumentos que todas estas mejoras supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirá el mismo criterio y procedimiento, cuando la Dirección Facultativa introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

- Unidades de obra defectuosas pero aceptables

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obras defectuosas, pero aceptables a juicio de la Dirección Facultativa, esta determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo en el caso de que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

- Seguro de las obras

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la entidad aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción.

En ningún caso salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el Contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le

hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la compañía aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro que serán tasados a estos efectos por la Dirección Facultativa.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de este su previa conformidad o reparos.

- Conservación de la obra

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que la edificación no haya sido ocupada por el propietario antes de la recepción definitiva, el Arquitecto-Director, en representación del propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista la obra, tanto por buena terminación de las mismas, como en el caso de resolución del contrato esta obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que la Dirección Facultativa fije.

Después que la recepción provisional corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., Que los imprescindibles para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar. En todo caso, ocupada o no la obra, está obligado el Contratista a revisar y repara la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente pliego de condiciones económicas.

- Uso por el contratista de bienes pertenecientes al propietario

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la

terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios o propiedades que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

Obras no previstas

Cuando hayan de ejecutarse obras o unidades no previstas cuya necesidad se presente durante la ejecución de las obras que sean objeto de la creación de precios nuevos contradictorios, quedan obligados antes de comenzar la ejecución de estas unidades no previstas a advertir a la Dirección Facultativa y a la Propiedad la operación, así como de su repercusión económica sobre la totalidad de las obras, no pudiendo realizarlas sin el consentimiento de ambas.

Estos precios serán redactados por la Contrata y aprobados por la Dirección Facultativa y la Propiedad siendo afectada del alza objeto de concurso (si es que hubiera), que esté aprobado para el resto de la obra.

Si estas unidades de obra las ejecutara el Contratista antes de formalizarse el correspondiente precio, quedará éste sujeto al determinado por la Dirección Técnica.

Liquidaciones

Las obras se liquidarán mediante certificaciones o relaciones valoradas, aprobadas por el Director de Obras. Estas certificaciones tendrán carácter de abono a buena cuenta. Una vez redactadas las certificaciones se remitirán a la empresa adjudicataria.

Garantía

De las certificaciones se retendrá un 5% de su importe por parte de la Propiedad, en concepto de garantía, y será devuelta una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva, incluyéndola en la valoración final de las obras.

Acta de Recepción Provisional y Certificación de Liquidación Provisional

Terminadas las obras, se procederá a levantar la correspondiente Acta de Recepción Provisional, en la que se recoja en su caso las correcciones que hayan de efectuarse por parte de la Contrata, así mismo, se efectuará en el plazo máximo de dos meses a partir del Acta de Recepción Provisional de las obras, la Certificación de Liquidación Provisional.

Acta de Recepción Definitiva y Liquidación Final

Pasados cuatro meses de la firma del Acta de Recepción Provisional, se procederá a la firma del Acta de Recepción Definitiva, siempre que en dicho plazo se hayan efectuado las correcciones previstas en el apartado anterior. Una vez firmada el Acta, se procederá a la redacción de la valoración de la Liquidación final de las obras.

Honorarios

Las certificaciones mensuales de las obras, además de los incrementos previstos por el Presente Pliego de Condiciones, se incrementarán con el importe correspondiente a honorarios por Dirección de Obras.

Coste de adquisición de materiales

En las certificaciones se podrán incluir, previa autorización del Director de las Obras, además de las obras ejecutadas, el 65% del coste de adquisición de materiales apropiados para las obras, de los cuales no podrá disponer el Instalador para otros fines y será responsable de su custodia y conservación mientras no se empleen en las obras y sigan figurando en las relaciones valoradas.

En ningún caso podrá certificarse como materiales acopiados, como máximo los materiales necesarios para un mes, a no ser que previamente la Propiedad y el Director de las Obras lo autoricen.

Revisión de precios

En lo que respecta a revisiones de precios, se conviene que los mismos se ajustarán a lo establecido por el Decreto-Ley 2/1964 del 4 de Febrero de 1964 (B.O.E. 24-3-71),

basándose para su aplicación en las fórmulas polinómicas fijadas por el Decreto 3650/1970 del 19 de Diciembre de 1970 (B.O.E. 24-12-1970; fórmulas 1 a 39), y el Real Decreto 2167/1981 (B.O.E. 24-9-1981; fórmulas 40 a 48).

Cada una de estas fórmulas son válidas para un tipo de obra bien determinado y especificado. Las revisiones de las obras se realizarán según la fórmula polinómica nº 470 establecida según el citado Decreto 3650/1981.

En caso de producirse revisiones de precios con el sistema establecido, sus importes sólo se incluirán en la valoración y liquidación provisional de las obras.

Unidades de obra

Para cualquier interpretación en cuanto a unidades de obra se aplicará el criterio de precios descompuestos.

Pruebas y análisis

Con la frecuencia que se estime oportuna, la Dirección Técnica ordenará pruebas y análisis de materiales, mezclas, dosificaciones, etc., cuyos gastos serán a cuenta de la empresa adjudicataria, la cual estará obligada a dar toda clase de facilidades, para la más rápida y mejor realización de las mismas.

Proveedores, marcas y firmas especializadas

Para la contratación de determinadas partidas (albañilería, instalaciones especiales, etc.) la Propiedad al instalador las firmas especializadas a las que se desee se les pidan precios, para que en igual o mejores condiciones técnico-económicas respecto a una libre elección, pueden ser designados por él como proveedores de los efectos e instalaciones necesarias.

Estimación de precios a priori

Si la complicación de las obras impidiera la estimación de un precio a priori, las obras se realizarán por el sistema de Administración, pero previamente la Contrata remitirá la relación de precios de materiales y costes de mano de obra para su aprobación.

De no cumplirse los anteriores requisitos, la Dirección Facultativa de las obras fijará el precio que considere razonable. Hay que dejar constancia que las condiciones que se exigen en este Pliego son las mismas aceptables.

3.2.3.- Pliego de condiciones de índole legal

Modificaciones de obra

La obra podrá ser cambiada, disminuida, aumentada o suspendida total o parcialmente por el adjudicador. En el caso en el que el adjudicatario se vea perjudicado en sus intereses, solicitará la indemnización a que se considere acreedor, y cuya estimación someterán las partes al laudo de la comisión arbitral. En los casos de suspensión no correrá plazo.

Derecho de rescisión

El constructor podrá rescindir el contrato en los siguientes casos:

- Cuando las variaciones introducidas en la obra aumenten o disminuyan el importe total de ésta en más de un 20%.
- Cuando por razones ajenas al constructor se pase más de un año sin poder trabajar en la obra, en una escala equivalente a la mitad de la prevista, con arreglo al plazo establecido.
- Cuando se retrase más de seis meses el pago de alguna relación valorada.
- En caso de rescisión sin cumplimiento de contrato por parte del constructor, éste tendrá derecho al cobro de los gastos no resarcibles efectuados hasta la fecha de la notificación y valorados contradictoriamente, más de un 3% de la obra que reste por ejecutar.

Rescisión por incumplimiento del contrato

En el caso de retraso injustificado sobre los plazos fijados se impondrá al constructor una multa del 1,5% del presupuesto por cada 1% de retraso respecto al plazo.

Los retrasos superiores al 25% así como los incumplimientos de contrato, serán motivo suficiente para su rescisión con pérdida de la fianza, aparte de las responsabilidades que quepan al constructor con arreglo al Código Civil.

Liquidación en caso de rescisión

En caso de rescisión se hará una liquidación única que será la definitiva con arreglo a lo estipulado en este pliego. El constructor además es responsable de todos sus bienes con arreglo al código.

Traspaso de contrato

Será facultativo del adjudicador autorizar la petición del constructor de traspasar el contrato a otro constructor siempre que éste cumpla las condiciones señaladas en el apartado correspondiente.

Muerte o quiebra del contratista

En caso de muerte o quiebra del constructor podrán sus herederos traspasar a otro Contratista previa aprobación del adjudicador.

Cuestiones no previstas o reclamaciones

Todas las cuestiones que pudieran surgir sobre interpretación, perfeccionamiento y cumplimiento de las condiciones del contrato entre el adjudicador y el constructor serán resueltas por la comisión arbitral.

La comisión arbitral deberá dictar resolución después de oídas las partes dentro de los quince días siguientes al planteamiento del asunto ante la misma, Durante este plazo el constructor deberá acatar las órdenes del Director de Obra sin perjuicio de reclamar las indemnizaciones correspondientes si la resolución le fuese favorable.

Entre las resoluciones dictadas por la comisión arbitral figurará en todo caso la proposición de que cada una de las partes deberá participar en el abono de los honorarios de las personas que forman la comisión y de los peritos cuyo informe haya sido solicitado por ella.

Fábricas y trabajos no previstos en este pliego

En la ejecución de las obras, fábricas y trabajos que entren en la construcción de las obras para las cuales no existan prescripciones en este Pliego, el Contratista se atendrá en primer lugar a lo que resulte de la inspección de los planos, cuadros de precios y presupuestos; en segundo lugar a las reglas que dicte la dirección de la obra y en tercero a las buenas prácticas seguidas en fábricas y trabajos análogos por los mejores constructores.

Todos los planos e instrucciones estarán de acuerdo con los documentos del contrato, estas obras se considerarán adicionales a los mismos y tendrán la misma fuerza ejecutiva que aquellos. El Contratista no efectuará ningún cambio en el trabajo, salvo cuando le sea requerido por escrito por la Dirección de la obra o cuando resulte de las revisiones de planos o la emisión de nuevos planos que le sean oficialmente entregados.

El Contratista se compromete a realizar cuantas obras suplementarias o cambios, tanto en aumento o disminución, en el trabajo, que le sean solicitados por la Dirección y ejecutará este trabajo extra autorizado en los términos y bajo las condiciones del contrato, siempre que el aumento quede comprendido dentro del objeto y alcance del trabajo, indicado en las condiciones del contrato.

Las obras no previstas o sin autorización de cambio serán a cargo del contratista, a menos que la Dirección de la obra decida lo contrario.

Se entregará una copia del documento de "Autorización de cambio" al Contratista, quien la adjuntará a la certificación mensual.

El Contratista no emprenderá ningún trabajo adicional que no esté comprendido dentro del objeto o alcance del trabajo, salvo que, antes de comenzar este trabajo adicional, se le haya cursado una cláusula adicional al contrato, autorizando explícitamente dicho trabajo.

Los materiales suplementarios suministrados por el contratista, no relacionados en los planos o especificaciones que forman parte del contrato original, se abonarán a precio de coste incrementado en un 10%. Este precio incluye todos los gastos generales, incluyendo el transporte a la obra. No se adquirirá ningún material suplementario sin la

autorización previa por escrito de la Dirección de la obra. El importe de las obras suplementarias o de la autorización de cambio, se determinará por el procedimiento que determine la Dirección de la obra.

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO

INDICE PRESUPUESTO

4 PRESUPUESTO.....pag 1

4.1 PRESUPUESTOS PARCIALES.....pag 1

4.1.1 Equipos e instrumentos.....pag 1

4.1.2 Sistemas de bombeo.....pag 2

4.1.3 Válvulas.....pag 3

4.1.4 Tuberías.....pag 3

4.1.5 Accesorios.....pag 4

4.2 PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL.....pag 5

4.3 PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCION POR CONTRATA.....pag 5

4.4 ESTUDIO DE BENEFICIOS.....pag 6

4 PRESUPUESTO

El objetivo de este capítulo es mostrar lo más simplificadamente posible la partida del presupuesto que tendrán que ir destinada al presupuesto de ejecución material y al presupuesto de ejecución por contrata.

4.1 PRESUPUESTOS PARCIALES

4.1.1 Equipos e instrumentos

Equipo	Nº unidades	Precio unitario €/Ud	Total €
Pozo de bombeo	1	8421.01	8421,01
Deposito de alimentación	1	35000	35000
Deposito de Cloruro de Magnesio	1	3200	3200
Deposito de Hidróxido Sódico	1	110	110
Reactor Químico	1	157000	157000
Tolva Almacenamiento	1	26900	26900
Decantador centrífugo	1	28450	28450
Filtro rotatorio	1	498	498
Controlador universal	1	1250	1250
pHmetro	1	463,5	463,5
			261292,51

4.1.2 Sistemas de bombeo

Bomba	Nº Unidades	Precio unitario €/Ud	Total €
Bomba dosificadora PRIMEROYAL® L	1	8720	8720
Bomba dosificadora milroyal® D (Dp 8 mm)	1	2240	2240
MAXROY® D105 fabricada en plástico	1	2800	2800
Bomba YAMADA modelo NDP20-BXT	2	1960	3920
Bombas de cavidades progresivas Flygt ADBP	1	3440	3440
			21120

4.1.3 Válvulas

Válvula	Tamaño (in)	Numero	Precio unitario €/Ud	Total €
NIBCO S580-70	$1^{1/4"}$ ½" 1"	6 4 6	46,4 13,44 27,52	278 53,76 165,12
Clase 150 NIBCO S433-Y	$1^{1/4"}$ ½" 1"	1 1 3	143,2 66,4 98,4	143,2 66,4 295,2
PVC Nibco 4770	½"	1	2,72	2,72
Válvula de retención de bola ½" PVC CEPEX	½"	1	61,6	61,6
				1066

4.1.4 Tuberías

Material	Tamaño (in)	Longitud (m)	Precio unitario €/m	Total €
ASTM A53 B	1,25 0,5	40 6	5,85 4,05	234 24,3
PVC	3/4	4		16,61
Tubería Flexible	1	21	4,65	97,65
				372,56

4.1.5 Accesorios

Accesorio	Material	Tamaño (in)	Numero	Precio unitario €/ud	Total €
Codo 90º	ASTM A53 B PVC	1,25 0,5 3/4	7 2 3	7 5,43 2	49 10,86 6
Reductores	ASTM A53 B Tubería Flexible	1,25 a 1,5	2 1	10 5,50	20 5,50
					91,36

4.2 PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL

Resumen:

Concepto	**Importe**
Equipos e instrumentos	261292,51€
Sistema de bombeo	21150 €
Válvulas	1066 €
Tuberías	372,56 €
Accesorios	91,36 €
Total	284272,43€

El presente Presupuesto General de Ejecución Material asciende a la cantidad de **DOSCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS CON CUARENTA Y TRES CENTIMOS.**

4.3 PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCION POR CONTRATA

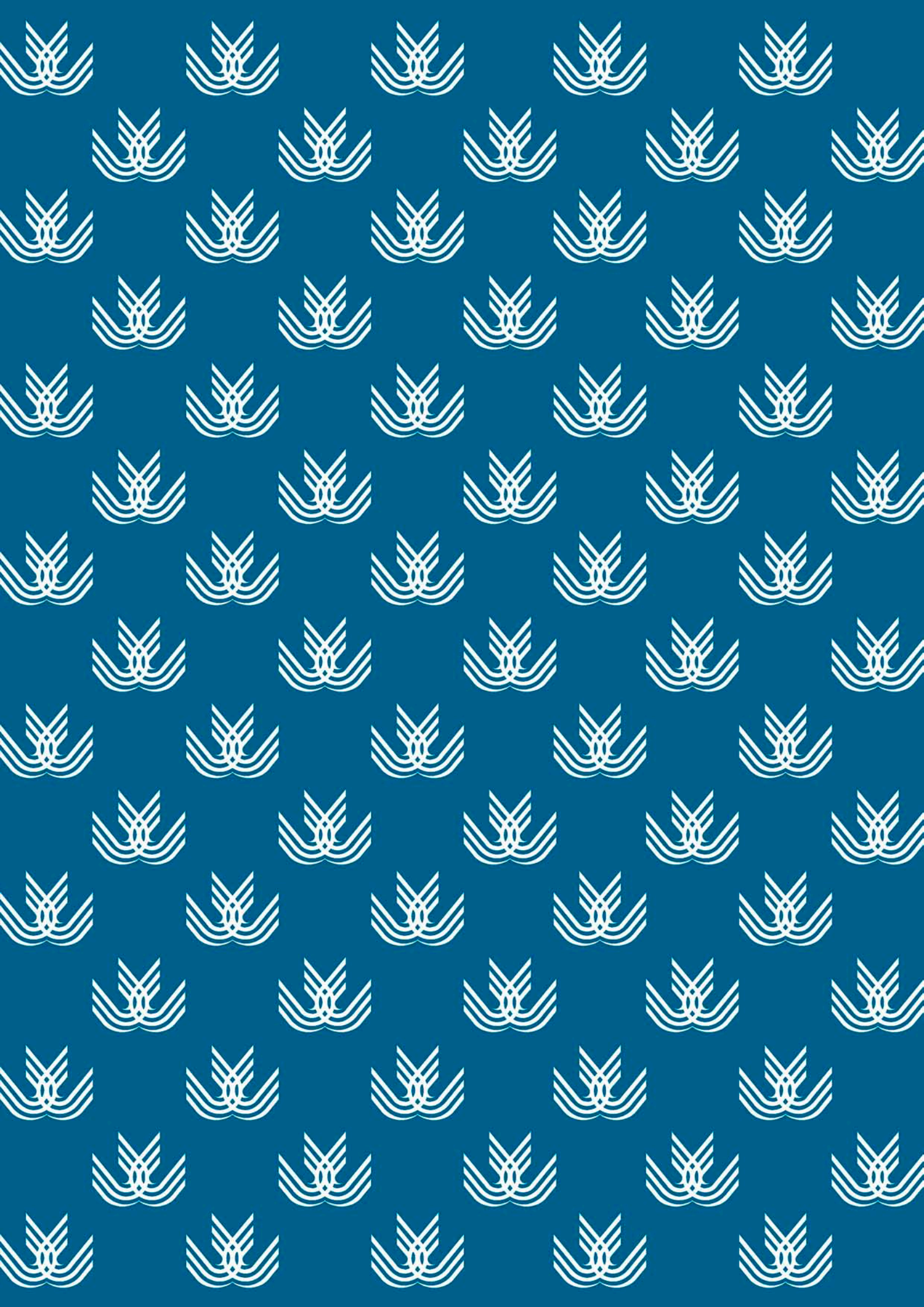
Concepto	**Importe**
Presupuesto general de ejecución material	284272,43€
13% Gastos generales	36955,42€
6% Beneficio Industrial	17056,35€
Total ejecución por contrata	338284,2€
16% I.V.A.	54125,47€
Total	392409,67€

El presente presupuesto general de ejecución por contrata asciende a la cantidad de **TRESCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS NUEVE EUROS CON SESENTA Y SIETE CENTIMOS.**

4.4 ESTUDIO DE BENEFICIOS

Los beneficios económicos de la planta no se pueden cuantificar a no ser que se realizase un estudio detallado de los costes de manufacturación de lodos, y de los costes relativos a la producción de estruvita dentro de las instalaciones.

La planta producirá unas 23.4 toneladas anuales de estruvita que podrían venderse a la industria de los fertilizantes.

Provocara una reducción de lodos, con el consiguiente ahorro económico en los costes de disposición de éste.

Paulatinamente ira reduciendo la concentración de fósforo en la planta reduciendo así las incrustaciones de estruvita.