

# Recomendaciones de diseño

PARA ESTACIONES DE BOMBEO EN LAS QUE SE UTILICEN BOMBAS  
DE FLUJO AXIAL O CENTRÍFUGAS FLYGT

	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>04</b>
<b>1</b>	<b>CONSIDERACIONES GENERALES</b>	<b>06</b>
<b>2</b>	<b>PRUEBAS DE MODELOS FÍSICOS A ESCALA EN ESTACIONES DE BOMBEO</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>DINÁMICA DE FLUÍDOS POR COMPUTADORA (CFD)</b>	<b>15</b>
	A   CFD y el diseño de Estaciones de Bombeo	16
	B   Medidas correctivas	17
<b>4</b>	<b>RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO CON BOMBAS CENTRÍFUGAS</b>	<b>20</b>
	A   Volumen requerido del foso	21
	B   Altura neta positiva de aspiración (ANPA) o NPSH	24
	C   El concepto de estación Flygt TOP	26
	D   Importancia del Punto de Funcionamiento	27
	E   Instalación de bombas Flygt con disposición horizontal y vertical en fosos secos	28
	F   Sistemas diseñados con ingeniería	28
	G   Servicios adicionales	29
<b>5</b>	<b>RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO CON BOMBAS CENTRÍFUGAS</b>	<b>30</b>
	A   Diseños de fosos de bombeo para bombas pequeñas y medianas	31
	B   Diseños de fosos de bombeo para bombas pequeñas y medianas instaladas en foso seco	34
	C   Diseños de fosos de bombeo para bombas grandes	39
<b>6</b>	<b>CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA BOMBAS INSTALADAS EN FOSO SECO</b>	<b>46</b>
	A   Vibraciones	49
	B   Ruido	50
	C   Condiciones de entrada	52
	D   Soporte de tuberías	56
	E   Alternativa de instalación flexible	56
	F   Lo que debe considerar un diseño óptimo de una estación de bombeo de foso seco	58
	G   Efectos en la operación de bombas con ruido y vibraciones	59
	H   Temperatura de la carcasa del motor	64
	I   Cebado de las bombas de foso seco	66

## **7 RECOMENDACIONES PARA LAS FUNDACIONES DE CONCRETO Y PARA EL ANCLAJE DE BOMBAS INSTALADAS EN FOSO SECO**

**68**

- A | Recomendaciones generales para pedestales y fundaciones de concreto 70
- B | Recomendaciones de anclaje 72
- C | Accesorios de las bombas 73

## **8 RECOMENDACIONES PARA ESTACIONES CON BOMBAS AXIALES**

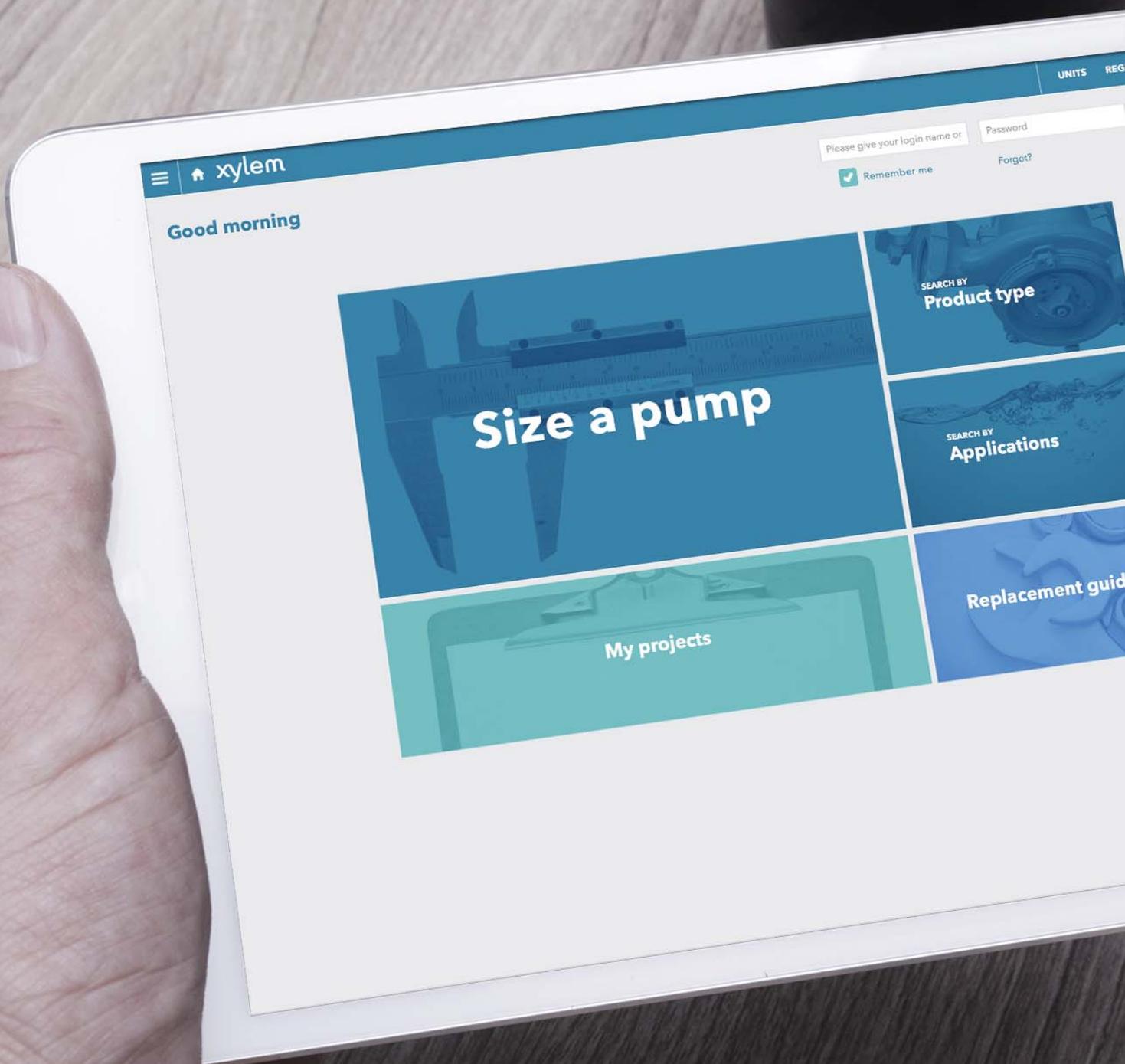
**76**

- A | Introducción - Bombas de hélice (PL) y de flujo mixto (LL) Flygt 77
- B | Consideraciones generales para el diseño de estaciones de bombeo para bombas PL y LL 78
- C | Zonas de las estaciones de bombeo con bombas axiales 80
- D | Consideraciones de la entrada 81
- E | Variaciones de diseño del comportamiento de las bombas 82
- F | Alternativas de instalación 84
- G | Componentes de la instalación 86
- H | Protección y suspensión de cables para bombas instaladas en tuberías 88
- I | Instalación de bombas 89
- J | Unidades de sello de cables Flygt para tuberías presurizadas (Columna) 89
- K | Sumergencia y diagramas de pérdida para bombas PL y LL 90

## **9 DISEÑOS DE ESTACIONES DE BOMBEO CON BOMBAS AXIALES**

**100**

- A | Diseños de estaciones de bombeo con bombas de hélice 101
- B | Diseños de estaciones de bombeo con bombas de flujo mixto 106
- C | Diseño de estaciones de bombeo con bombas de hélice con muy bajas alturas de descarga 109



Estimado/a lector/a:

El objetivo de este manual de recomendaciones de diseño es orientarlo hacia la correcta instalación de las bombas centrífugas y de flujo axial Flygt, tanto en instalaciones de foso seco como en foso húmedo.

Los diseños de las estaciones de bombeo presentados son el resultado de más de 40 años de estudio e investigación. Ellos han sido probados y validados a través de herramientas de modelamiento hidráulico a escala así como también mediante técnicas de dinámica de fluidos por computadora (CFD) en una gran cantidad de aplicaciones obteniéndose excelentes resultados. Por tanto, al seguir estos lineamientos y recomendaciones, dentro de los límites aquí establecidos, así como las indicaciones dadas en los manuales de instalación, operación y mantenimiento de las bombas, obtendremos instalaciones óptimas que brinden un desempeño excelente de la bomba así como también de la estación de bombeo.

Este manual puede ser utilizado para diseñar una estación de bombeo, no obstante, nuestro software para el diseño de estaciones de bombeo SECAD también contempla todos los elementos de ingeniería y diseño que aquí tratamos. SECAD permite que un usuario cree con facilidad una estación de bombeo en pocos minutos para su propio uso. Si no tiene SECAD, comuníquese con su oficina o representante local Xylem y solicite ayuda.

Debido a que cada instalación es única, sabemos que estas pautas de diseño podrían no funcionar en su caso. Por ello si necesita ayuda con el diseño de su estación, le invitamos a comunicarse con su oficina o representante local Xylem. Estaremos encantados de aplicar nuestro amplio conocimiento en el diseño de estaciones para ayudarle a obtener un diseño óptimo. También podemos darle soporte con el modelamiento hidráulico y CFD de su estación.

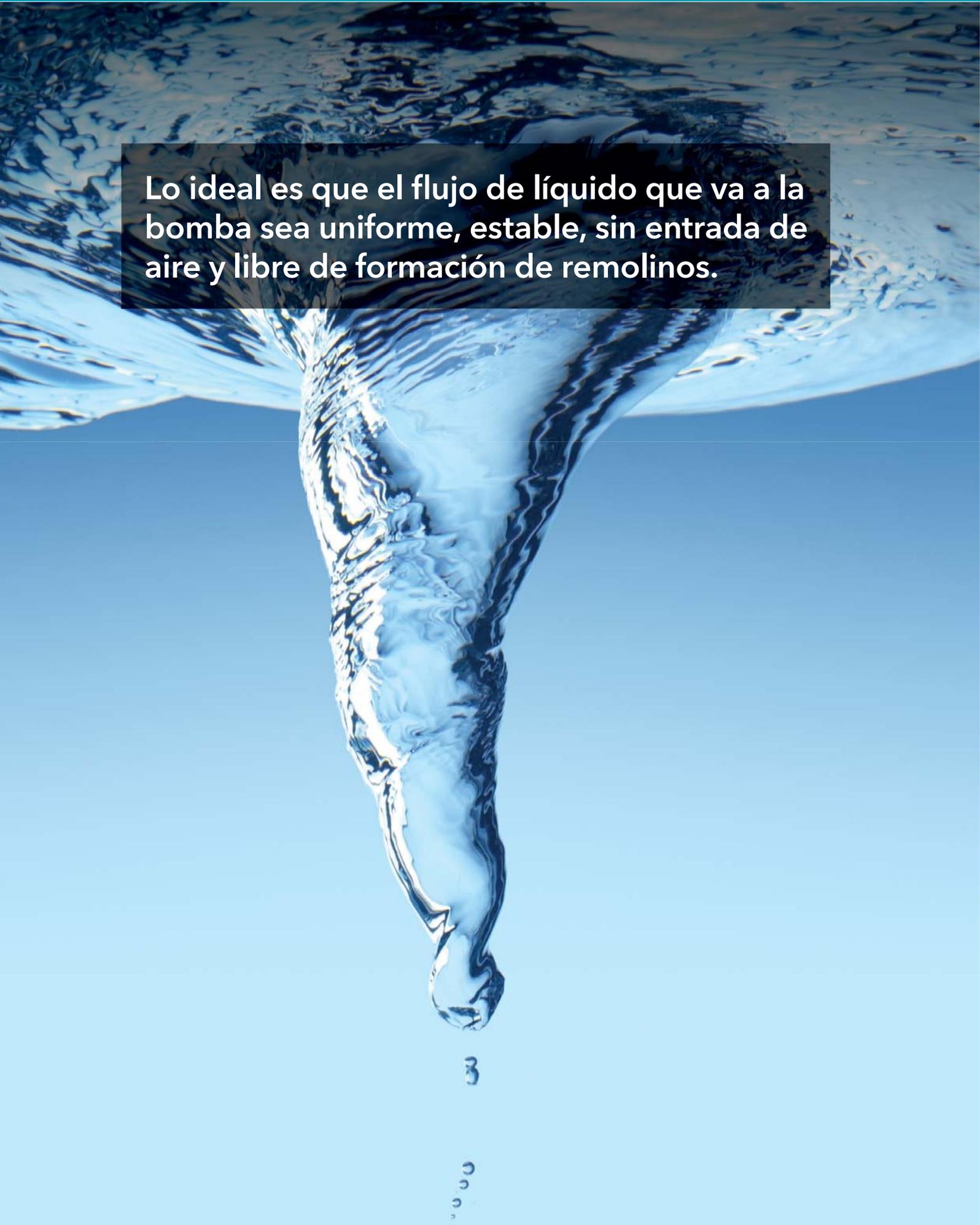
Este manual es el primero en reunir toda la ingeniería y experiencia de Flygt en el diseño de estaciones en un solo documento. Aquí les proporcionamos toda la investigación y el desarrollo que se ha llevado a cabo durante años de forma tal de asegurarnos que, cuando compre una bomba Xylem, su producto e instalación funcionen libre de problemas, ayudándole además a ahorrar tiempo y dinero.

Atentamente,

El equipo de diseño de estaciones Flygt



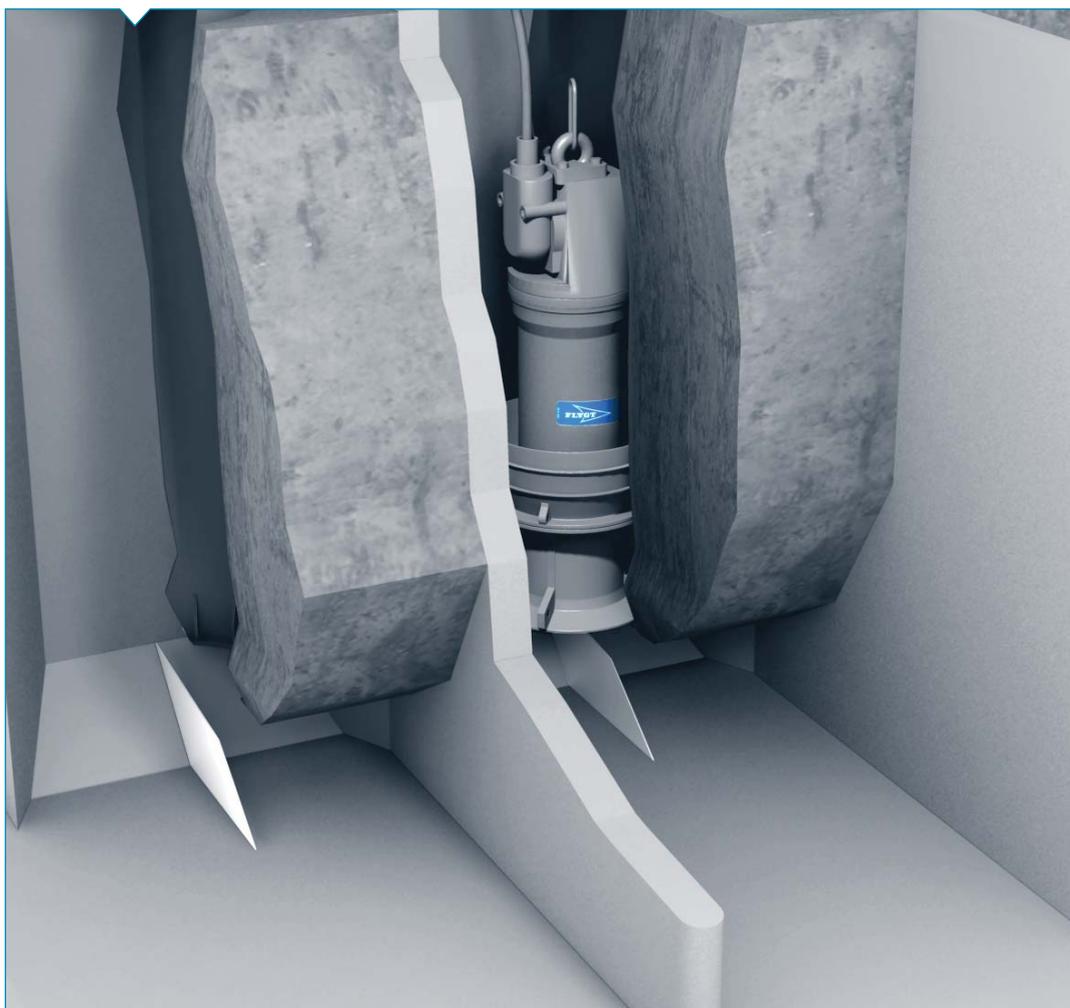
Lo ideal es que el flujo de líquido que va a la bomba sea uniforme, estable, sin entrada de aire y libre de formación de remolinos.

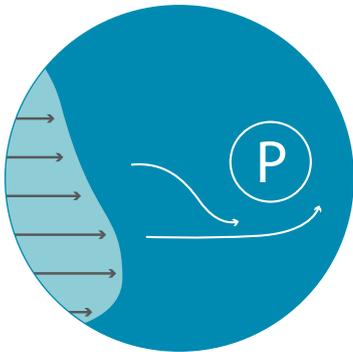


## A | CONSIDERACIONES GENERALES

Los diseños de los fosos de bombeo de las bombas Flygt que se incluyen en esta guía de diseño pueden utilizarse tal cual se presentan y/o con las variaciones adecuadas que garanticen un funcionamiento confiable de los equipos y de la estación. Si se requieren cambios significativos respecto al diseño original (más del 10 %), le solicitamos comunicarse con el representante local de Xylem para obtener ayuda.

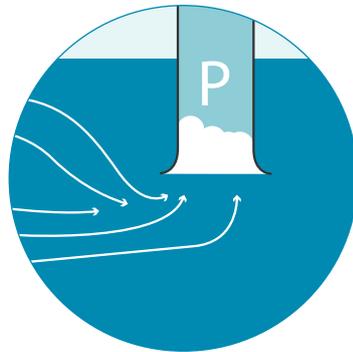
Existen seis elementos perjudiciales que se pueden presentar en el diseño de estaciones de bombeo que esta guía aborda, estos son: Excesiva Pre-Rotación del fluido, Distribución asimétrica de la velocidad del fluido en la aproximación e ingreso a la bomba, Formación de vórtices (superficiales y sumergidos), Entrada y arrastre de aire, Sedimentación de sólidos y Presencia de desechos flotantes.





### Pre-Rotación del fluido

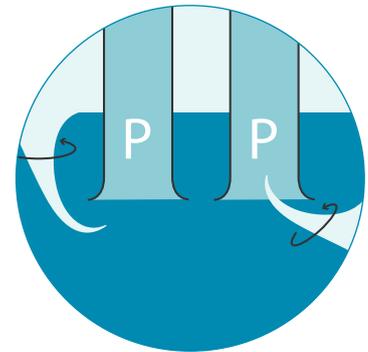
Puede afectar la eficiencia y el rendimiento de la bomba, así como también propiciar la cavitación.



### Asimetría de la velocidad

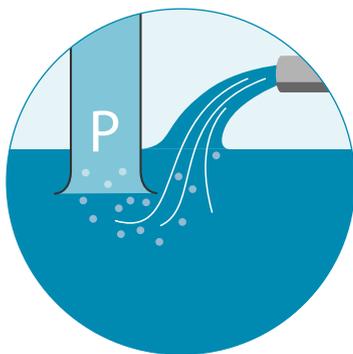
Velocidad a la entrada de la bomba

Puede afectar la eficiencia de la bomba, provocar ruido, vibraciones, desgaste de rodamientos, y pulsaciones de fluido a la descarga.



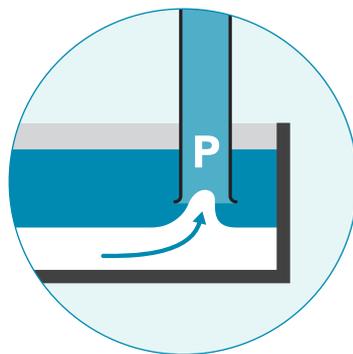
### Vórtices

Crearán cavitación, distribución inadecuada de las cargas en la bomba, vibraciones y ruido anormal.



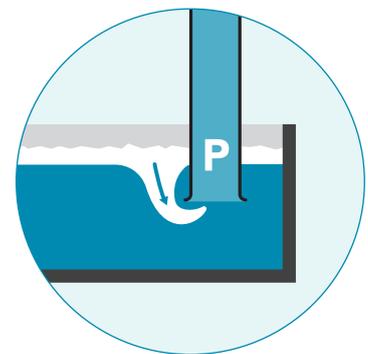
### Entrada de aire

Puede afectar la eficiencia, provocar cavitación, vibración y erosión en el impulsor y otros componentes.



### Sedimentación de sólidos

Puede afectar la eficiencia, provocar cavitación, obstrucción, promover la erosión del impulsor y generar vibraciones.



### Desechos flotantes

Puede afectar la eficiencia, provocar cavitación, obstrucción, promover la erosión del impulsor y generar vibraciones.

La inestabilidad en el flujo de entrada a la bomba puede ocasionar que esta funcione con menor eficiencia y generar fluctuaciones en las cargas que actúan en el impulsor, lo que provocará ruido, vibraciones, desgaste excesivo de los rodamientos y falla prematura del sello mecánico.

La turbulencia, pre-rotación del fluido y la presencia de remolinos en la succión de la bomba pueden causar cambios significativos en su condición operativa y provocar disminución en la presión y caudal impulsado, en la potencia requerida y en la eficiencia general del sistema. También se puede formar vórtices localizados que generen puntos de baja presión que propicien la formación de burbujas de aire que se extiendan a través de la bomba provocando daños en el equipo y en el sistema. La entrada de aire de igual forma pueden causar reducciones en la presión y el caudal bombeado así como también fluctuaciones de cargas que actúan sobre el impulsor, las cuales resultarán en ruido, cavitación, vibraciones y en consecuencia daño de la bomba.

Estas fluctuaciones también pueden afectar los procesos en otras partes del sistema. El diseño correcto de un foso de bombeo no solo debe garantizar que el fluido que llega a la bombas sea uniforme, sino que además evite la acumulación de sedimentos y desechos flotantes, los cuales pueden provocar serios problemas al foso y a la bomba, esto es, desde una simple obstrucción por los sólidos que se precipitan al fondo del foso hasta la formación y acumulación de gases tóxicos como el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).

**Tenga presente que la bomba y el foso de bombeo son partes integrales de un sistema de bombeo que incluye una serie de otras estructuras y elementos, como válvulas, tuberías, accesorios, instrumentación, sistemas de ventilación y equipos de elevación y transporte.**

**Se pueden reducir los costos de operación mediante la planificación eficaz y procedimientos de funcionamiento adecuado. Xylem puede ayudarle a reducir significativamente el costo total de propiedad (TCO) de su estación de bombeo.**



## Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones al diseñar fosos de bombeo

- | Asegúrese que el flujo del agua desde la entrada a la estación de bombeo hasta la succión de la bomba sea estable, uniforme, sin turbulencia ni presencia de remolinos.
- | Para reducir la presencia de vórtices superficiales y los efectos dañinos que estos producen en la bomba y en el sistema, considere y evalúe la colocación de direccionadores de flujo y deflectores en la entrada del foso de manera que estos puedan redirigir la energía que favorecen su formación. En caso que no se puedan realizar cambios mayores en el diseño del foso, considere como última opción aumentar su profundidad, de manera tal que la succión de las bombas queden a mayor profundidad, reduciendo así la posibilidad de que se presenten vórtices superficiales.
- | Si bien es cierto que la turbulencia excesiva y la formación de grandes remolinos son elementos nocivos en el diseño del foso, recuerde que un poco de turbulencia también ayuda a prevenir la formación y desarrollo de los vórtices así como también la acumulación de sedimentos.
- | Evite la formación de sedimentos y elementos no deseados en el foso. Tenga en cuenta que las regiones con baja velocidad o con estancamiento favorecen la sedimentación. Una forma de prevenirla es considerar que el suelo del foso sea inclinado, así como también evitando que la unión entre los muros o paredes y el piso sea a 90 grados, es decir, se sugiere que estos tengan una especie de filete triangular que evite la acumulación de sólidos. También se debe considerar el uso de bombas más pequeñas, colocadas estratégicamente en el foso, de manera tal que estas se encarguen del bombeo cuando el foso esté a niveles bajos.
- | La espuma, el lodo, y los pequeños desechos flotantes se pueden acumular en cualquier región del foso donde el fluido se encuentre en calma o con poco movimiento. En esos casos, disminuya el nivel del foso tanto como sea posible con el objeto de aumentar tanto la velocidad como la turbulencia, de manera de promover el bombeo de estos elementos. Este "ciclo de limpieza" ayuda a mantener la estación libre de elementos no deseados, tanto en la superficie como en el fondo. Es muy recomendable realizar este ciclo de forma manual, y con supervisión, de manera de asegurarse que no ingrese aire a la bomba durante su ejecución.
- | Cuando el ingreso al foso se realiza desde la parte superior, el líquido podría caer desde una gran altura hasta llegar al punto donde éste ingresa a la bomba. Este efecto se hace mayor cuando el foso está cerca del nivel mínimo, esto es, cuando las bombas están a punto de apagarse por bajo nivel. En este caso el camino que recorre el fluido debe ser tal que garantice la disipación de la energía de la caída, las altas velocidades así como también que permita que el aire arrastrado y en general



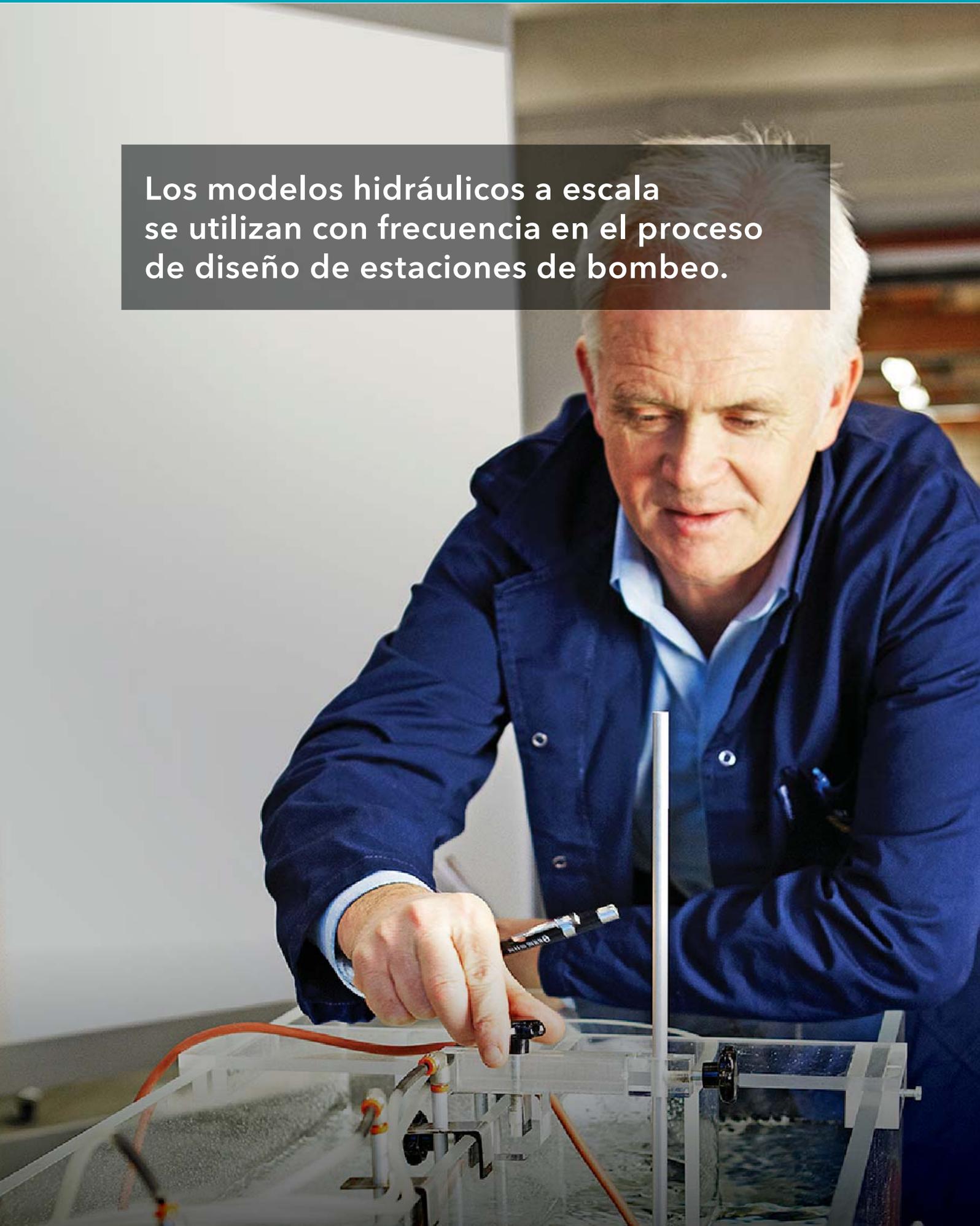
las burbujas que se hayan formado asciendan a la superficie antes del ingreso a las bombas. Coloque direccionadores de flujo y deflectores para obtener una condición favorable del flujo de aproximación a las bombas.

| En general, diseñe el foso lo mas pequeño y simple posible para minimizar los costos de su construcción, pero siempre considerando los aspectos hidráulicos aquí indicados. No obstante tenga presente otras consideraciones como el tiempo mínimo de residencia del fluido, el número de arranques y paradas de las bombas por hora o cualquier otra variable que sea determinante en el establecimiento del volumen mínimo del foso.

| En ocasión de requerir un nuevo diseño, y que este difiera de forma significativa de las configuraciones estándar aquí indicadas, considere la realización de una modelación hidráulica a escala y/o un estudio dinámico de fluido por computadora (CFD).



**Los modelos hidráulicos a escala se utilizan con frecuencia en el proceso de diseño de estaciones de bombeo.**



## Las recomendaciones de diseño de estaciones de bombeo que se encuentran en este manual se han validado mediante modelos hidráulicos.

Los modelos hidráulicos suelen ser esenciales en el diseño de infraestructuras que se utilizan para transportar o controlar la distribución del flujo. Proporcionan soluciones efectivas a problemas hidráulicos complejos con una confiabilidad única. Los costos asociados a la modelación se recuperan gracias a que los aportes tanto técnicos como económicos que su implementación conlleva, son muy significativos, ya que el diseño obtenido posee un nivel técnico muy superior y con menor costo. Si el nuevo diseño difiere dimensionalmente de forma relevante de las configuraciones estándar aquí indicadas, y muy especialmente si no hay experiencias similares previas, considere la realización de pruebas de modelación hidráulica a escala.

Las buenas prácticas de ingeniería exigen la realización de modelos y pruebas para todas las estaciones de bombeo si el caudal por bomba supera los  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  o si se utilizan varias combinaciones de bombas.

### **Las pruebas son particularmente importantes y recomendadas si los fosos:**

- | Van a operar con niveles de sumergencia inferiores a los recomendados.
- | Presentan obstrucciones en zonas cercanas a las bombas.
- | Van a operar con varias bombas y en consecuencia se requieren de la colocación de deflectores con el propósito de obtener una distribución de flujo apropiada.
- | Van a ser sujeto a modificaciones que involucra el manejo de flujo superiores a los que se usaron para su diseño original.

Por lo general, un modelo de una estación de bombeo comprende principalmente el recorrido del fluido hasta llegar las bombas, esto es, la estructura de entrada o admisión, la presa o antecámara y las bahías o compartimientos donde se localizan las bombas. Dado que la descarga de las bombas se hace normalmente por tuberías, el cual es un sistema de conducción bastante conocido y predecible, esta rara vez se incluye en la modelación.

La simulación en modelos hidráulicos también permiten evaluar instalaciones existentes que presenten problemas, y mediante ellos, llegar a soluciones efectivas.

Si se desconoce la causa del problema en el foso, la modelación a escala

permitirá no solo diagnosticar el problema y solucionarlo, sino hacerlo de una forma mas económica, rápida y segura, en comparación con la implementación de correctivos por "ensayo y error" en la instalación existente. A menudo se exige la participación del fabricante de la bomba para evaluar los resultados de las pruebas de simulación en los modelos hidráulicos. Se necesita mucha experiencia para determinar si los resultados obtenidos son satisfactorios y si estos darán un funcionamiento adecuado una vez implementados en el foso. Podemos ofrecer orientación y asesoría sobre la necesidad de realizar pruebas modelos hidráulicos a escala, así como también darle soporte en la planificación, organización y evaluación.

Las pruebas de diseño en modelos hidráulicos permiten evaluar el patrón de flujo en las siguientes áreas:

#### **Estructura de entrada o admisión**

| Patrón de aproximación y distribución del fluido, formación de vórtices, arrastre y/o formación de burbujas, ingreso y comportamiento de los sedimentos y desechos.

#### **Presa ó antecámara y bahía donde se ubican las bombas**

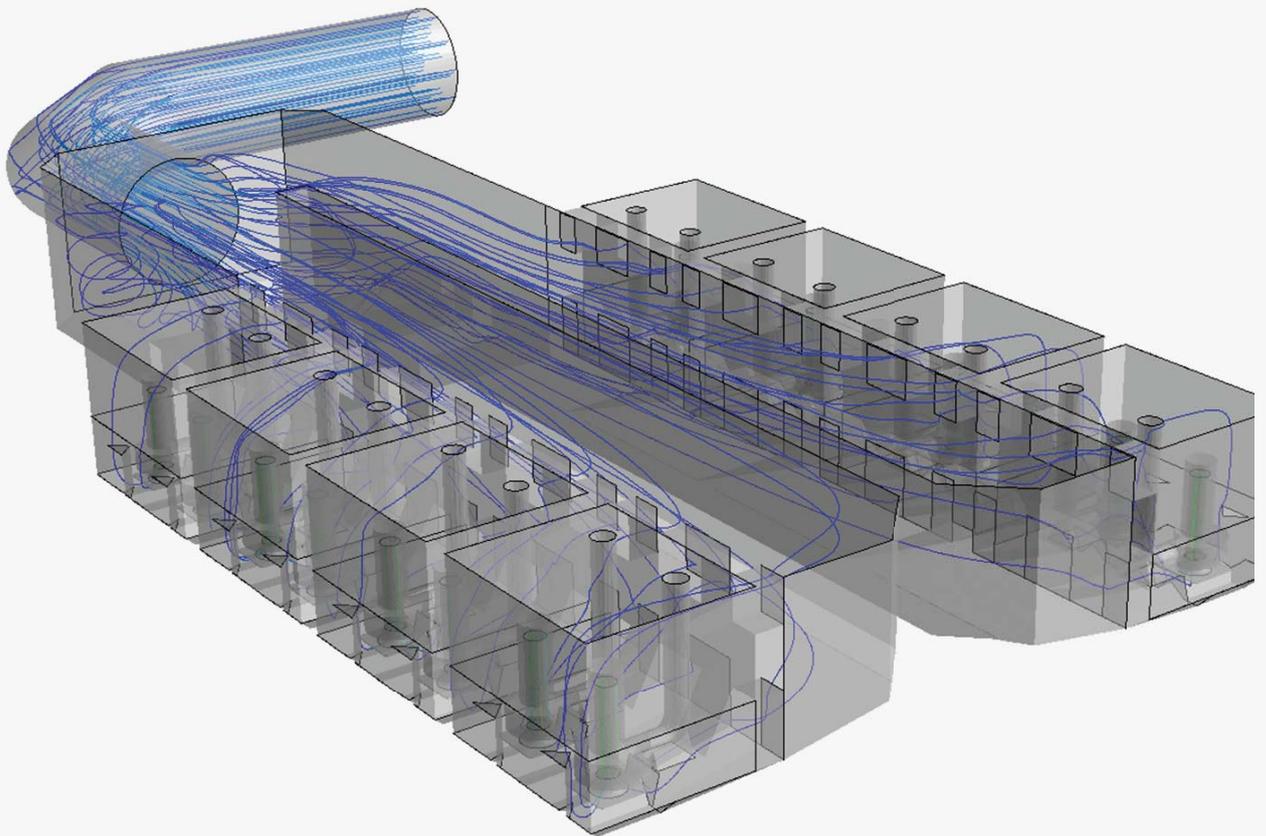
| Patrón de distribución del fluido, pre-rotación, vórtices de superficie y sumergidos, y transporte de desechos y sedimentos.

#### **Condiciones de Operación**

| Modos de operación de la bomba, niveles de arranque y parada, y procedimientos y lógica de bombeo.



El análisis CFD es un método que permite realizar una evaluación eficiente de los fosos de bombeo, mediante simulación numérica.

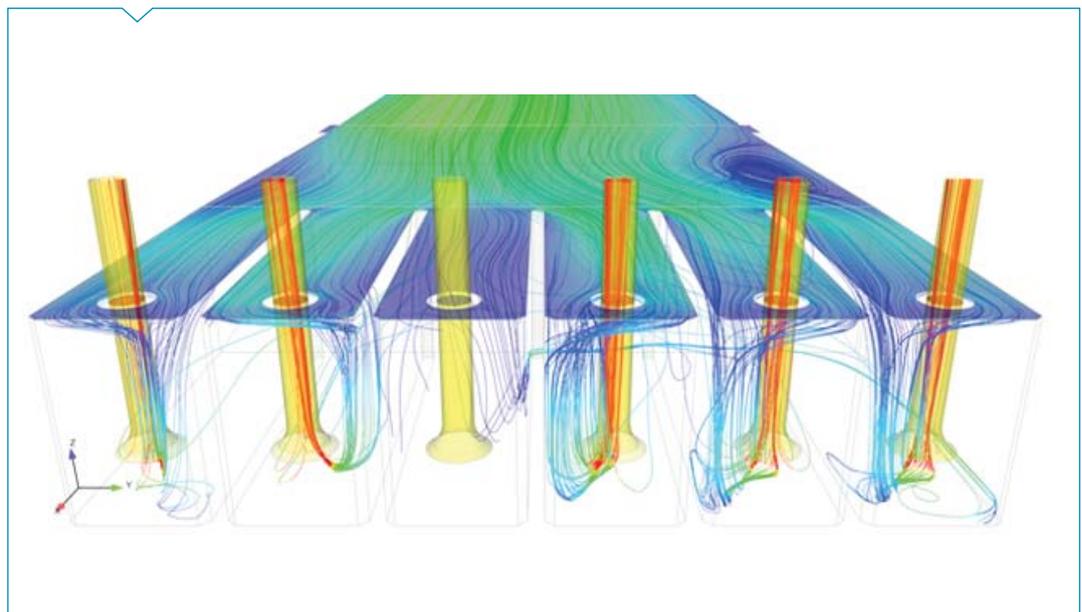




## A | CFD Y EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO

El modelamiento de la dinámica del fluido por computadora (CFD) es una alternativa de diseño en el campo del movimiento de fluidos que proporciona, a una fracción del costo de los modelos a escala, información muy valiosa que permite la obtención de diseños eficientes. Se le acepta cada vez más como una herramienta de diseño de estaciones, junto con otras como el CAD (Computer-Aided Design, CAD). El CFD permite obtener un método más eficiente para evaluar diseños de estaciones mediante simulación numérica. Ofrece una mayor comprensión cualitativa y cuantitativa de la hidráulica de la estación de bombeo y puede proporcionar buenas comparaciones entre varias alternativas de diseño.

Sin embargo, el CFD tiene sus limitaciones. Un ejemplo de ello son los casos donde el fluido es del tipo multifásico, donde el patrón de movimiento del fluido en la superficie libre cambia considerablemente, o cuando hay arrastre de aire. Las pruebas en modelo a escala y el CFD tienen ventajas y desventajas que deben evaluarse caso a caso. Gracias a nuestra vasta experiencia en este campo, podemos darle soporte técnico especializado sobre como obtener la mejor solución para un problema determinado, el cual ocasionalmente puede incluir una combinación de los dos métodos.



## B | MEDIDAS CORRECTIVAS

Los diseños que se describen en este manual demostraron funcionar bien en la práctica. Sin embargo, para algunas aplicaciones particulares, no es posible cumplir todas las condiciones y recomendaciones que permitan obtener un diseño bueno y simple. Esto, entre otros, puede deberse a las limitaciones de espacio, a la instalación de nuevas bombas en antiguas estaciones o a complicaciones en la aducción a la estación propiamente dicha. Por ejemplo, en ocasiones resulta imposible proporcionar la sumergencia adecuada lo que puede traer como consecuencia, la formación de vórtices, turbulencia y remolinos. En estos casos, se deben tomar medidas correctivas para eliminar el patrón de flujo no deseado, en particular aquellas que se relacionan con la presencia de remolinos alrededor de la tubería de la bomba, con vórtices que arrastran aire desde la superficie y los vórtices sumergidos.

Una distribución de velocidad asimétrica en el flujo de aproximación a la presa o antecámara, o a la bahía o compartimientos donde se encuentran las bombas, suele ser la causa de la formación de remolinos alrededor de la tubería de succión, en estos casos se debe buscar la forma de conseguir un patrón de flujo apropiado y uniforme.

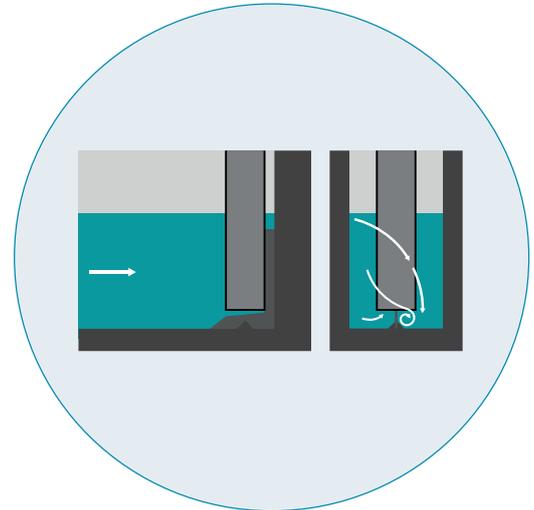
Dividir el flujo de entrada al foso con muros puede mejorar la simetría. Las soluciones alternativas incluyen la introducción de muros guía, deflectores u otros elementos que provoquen resistencia y ayuden a balancear y alinear el flujo hacia las bombas. La reducción de la velocidad del flujo mediante el aumento de la profundidad del agua en el foso también puede minimizar los efectos negativos de una aproximación asimétrica.

Las pequeñas asimetrías de flujo que se presentan en los fosos donde funcionan bombas de hélice y en general de flujo axial, se pueden corregir mediante la colocación de placas divisoras entre la tubería de succión de la bomba y el muro posterior del foso así como debajo de la bomba en el suelo. Estas placas minimizan considerablemente la formación de remolino y pre-rotación alrededor de la tubería de succión, así como también la formación de vórtices sumergidos que se pueden originar en el muro.



Este tipo de medidas son comunes en la mayoría de nuestras configuraciones de diseño de fosos. Los vórtices sumergidos pueden formarse en casi cualquier parte de los bordes, fondo y paredes del foso especialmente si estos son filosos o con ángulos rectos, además suelen ser difíciles de detectar en el sitio. Sin embargo, mediante el uso de CFD y pruebas de modelación hidráulica a escala se pueden encontrar los puntos donde estos se producirán.

Como se mencionó antes, los vórtices sumergidos no se pueden observar con facilidad, no obstante la presencia de ellos se puede manifestar en el funcionamiento inadecuado de la bomba, sea que esta funcione con vibraciones, ruido, inestabilidad en la presión y flujo de descarga, así como también la presencia de erosión en los alabes del impulsor. Siempre haga todo lo posible por eliminar los vórtices sumergidos evitando zonas de estancamiento en el foso así como el paso de fluido a alta velocidad cerca de los muros o fondo de la fosa.

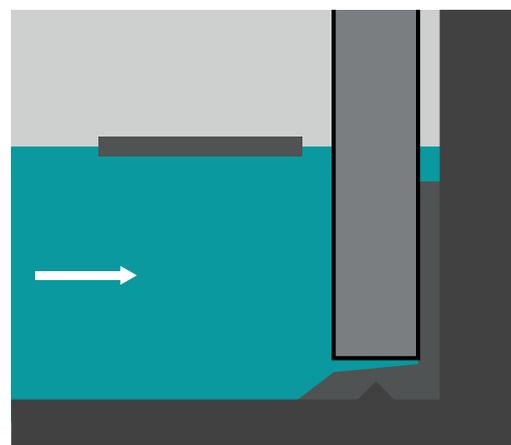
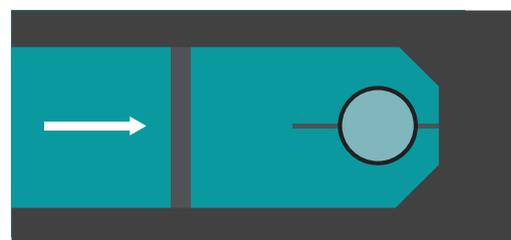
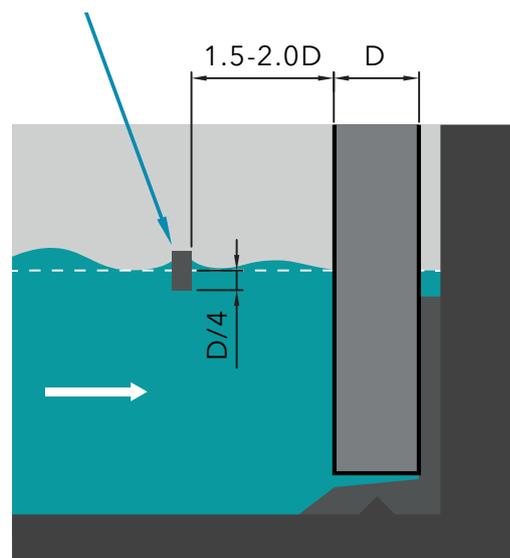


Por ejemplo, se puede alterar el patrón del flujo al añadir un cono central o un divisor prismático debajo de la bomba, así como también haciendo que la unión entre los muros y el piso no sea a 90 grados, es decir, que estos tengan una especie de filete o chaflán triangular. Este tipo de geometría forma parte del diseño estándar de nuestros fosos.

Los vórtices superficiales que provocan la entrada de aire a la bomba se pueden formar alrededor de la tubería de succión o aguas arriba de esta. Cuando se presentan alrededor de la tubería de succión es debido a que el fluido ingresa a la succión a muy alta velocidad y/o a consecuencia de un nivel muy bajo del foso. Si por el contrario se forman aguas arriba de la tubería de succión es porque la velocidad es muy baja. En cualquiera de los casos los vórtices pueden eliminarse si se introducen elementos que generen algo de turbulencia en la superficie del líquido. Esto puede lograrse colocando una pared transversal o deflector en la superficie del líquido. Este elemento debe ubicarse de forma tal que una parte de él quede sumergida. La parte sumergida debe ser aproximadamente  $1/4$  del diámetro de la tubería de succión, y se debe colocar entre 1.5 a 2 diámetros aguas arriba de esta (ver dibujo para facilitar la comprensión).

En algunos casos, y especialmente cuando el nivel dentro del foso varía de forma considerable, se puede colocar una placa flotante a manera de balsa que se ajuste de forma automática al nivel del foso. Esta placa flotante, la cual puede ser sólida o en forma de rejilla es muy efectiva en la eliminación de la entrada de aire provocada por los vórtices de tipo superficie. Cualquiera de los dos métodos eliminará esta condición no deseada. De forma alternativa se puede colocar unas placas como las mostradas en la tubería de succión.

#### DEFLECTOR DE SUPERFICIE PARA LA SUPRESIÓN DE VÓRTICES





El diseño del foso es crucial para que la bomba tenga una larga vida útil. Esta sección cubre los aspectos a considerar cuando se utilizan bombas centrífugas Flygt.

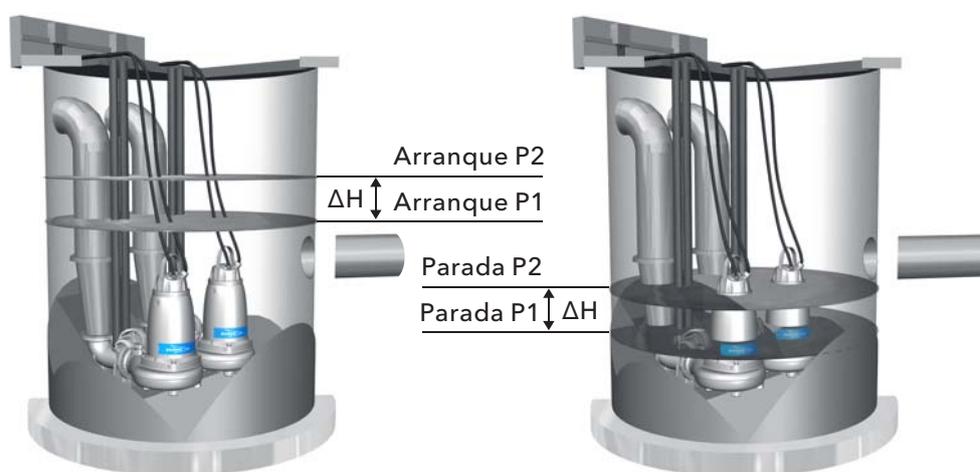


## A | VOLUMEN REQUERIDO DEL FOSO

La frecuencia de arranque y parada de la bomba depende del flujo que esta es capaz de bombear (GPM, L/S, M<sup>3</sup>/Hr, M<sup>3</sup>/seg), de la cantidad de fluido que ingresa al foso, y del volumen entre los niveles mínimo (parada) y máximo (arranque), es decir, del rango activo de trabajo o volumen de almacenamiento. El flujo de ingreso al foso nunca será constante, este cambia según sea la hora, el día, el clima, la estaciones del año y la ubicación del sistema.

Cuando el volumen se calcula para la condición mas crítica, es decir, cuando el ingreso al foso es mayor, entonces éste resultará muy grande y probablemente mayor al requerido. En consecuencia, los ciclos de arranques y parada serán menores, y las bombas permanecerán detenidas la mayor parte del tiempo, tal como sucede en horas nocturnas cuando el consumo de agua es mínimo, o en verano, cuando la disponibilidad de agua suele ser menor. Un diseño hecho de esta manera probablemente cause problemas de sedimentación de sólidos en el fondo del foso, así como también, que los desechos flotantes se acumulen en su superficie.

Los sedimentos que se precipitan al fondo, pueden según su tamaño y características, provocar la obstrucción de la bomba, de la tubería de succión así como también la acumulación y emanación de gases tóxicos. Es muy común, que las emergencias por falla de la bomba en este tipo de foso, se deba por obstrucciones a consecuencia de un diseño donde el volumen del foso ha sido sobre estimado. Una forma de solucionar este problema, es disminuyendo el volumen del foso, para que así aumente la frecuencia de los ciclos de parada y arranque. Normalmente los bombas Flygt puede operar con ciclos de 15 arranques/hora sin que se produzca daño alguno. Incluso algunas bombas pueden operar con una frecuencia de hasta 30 arranques/hora sin afectar su vida útil.



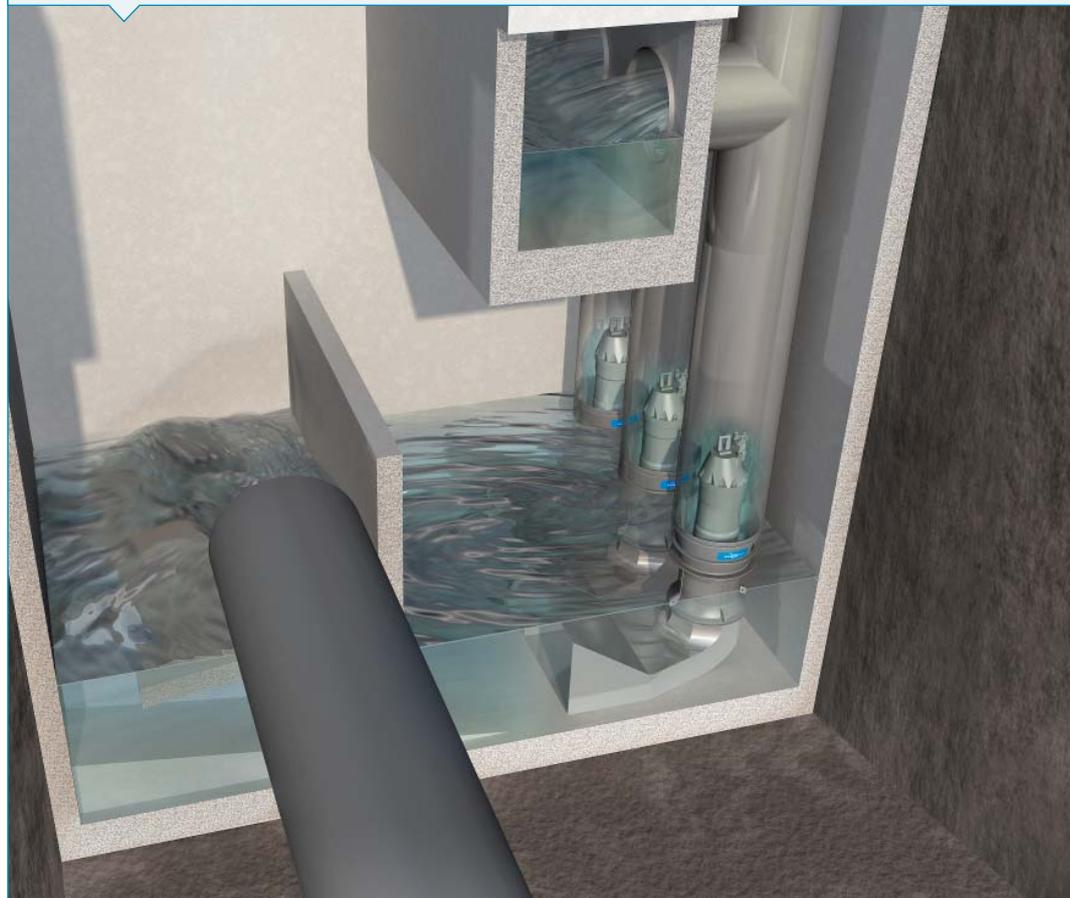
NIVELES DE ARRANQUE Y PARADA EN EL FOSO DE BOMBEO



El uso creciente de variadores de frecuencia (Variable Frequency Drives, VFD) ha empezado a cambiar el concepto del volumen requerido del foso. Con esta tecnología se están utilizando nuevas estrategias de control capaces de mantener un nivel constante en el foso, desplazando así el diseño basado en el Volumen activo. Una gran ventaja de los variadores de frecuencia es que actúan como un "arrancador suave", reduciendo en gran medida la corriente de arranque y el esfuerzo mecánico durante la partida del motor. De esta manera el número de arranque por hora puede ser mucho mayor.

A pesar de contar en la actualidad con variadores de frecuencia que hacen posible la estrategia de control de nivel constante, la ecuación que se utiliza para el cálculo de volumen activo sigue siendo aplicada en muchos diseños y su uso aun es muy frecuente. Dado que es probable que se siga utilizando, en las páginas siguientes la presentamos y describimos la forma de utilizarlas. Tenga en cuenta que esta metodología de cálculo le dará como resultado un volumen de foso mayor al que realmente se necesita, lo cual si bien es cierto que brinda cierta tranquilidad,

**Minimice el volumen de la estación con el diseño correcto.**



también puede ocasionar los problemas que mencionamos en la sección anterior, tal como los largos periodos de inactividad de las bombas, precipitación de sedimentos al fondo, flotación de desechos, estancamiento, entre otros.

## CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL ACTIVO

El Volumen activo del foso, es decir, el volumen entre el nivel de arranque y el nivel de parada de la bomba, depende de varios factores como el tiempo de ciclo de la bomba T, la capacidad de la bomba (Q) y el caudal de entrada al foso Qi. El Volumen activo se calcula con la ecuación presentada a continuación y es aplicable para cualquier combinación de caudales de ingreso al foso Qi y los impulsados por las bombas (Q).

$$V = \frac{S_{max} \times Q_a}{3600 \times Q_i \times (Q_a - Q_i)}$$

**V**= Volumen activo en litros  
**Qi**= Flujo de entrada al foso en l/s  
**Qa**= (Q1+Q2)/2  
**Q1**= Flujo de la bomba en el arranque en l/s  
**Q2**= Flujo de la bomba en la parada en l/s  
**Qa**= (Q1+Q2)/2  
**Smax**= Arranques máximos permitidos por hora

La fórmula puede simplificarse para la condición mas desfavorable, es decir, cuando  $Q_i = Q/2$ . En ese caso, la fórmula es:

$$V = \frac{T \times Q}{4}$$

**T** = 3600 / arranques por hora  
**Q** = Flujo de bomba en l/s

La duración máxima del ciclo depende del número de arranques admisibles por hora. El número de arranques permitidos por hora depende del diseño del motor y esta información será facilitada por el fabricante de la bomba o del motor.

Para una estación de bombeo con bombas idénticas, el volumen necesario es menor si las bombas arrancan en secuencia a medida que sube el nivel del agua debido al aumento del flujo de ingreso y paran en secuencia a medida que baja el nivel del agua debido a la disminución del flujo de ingreso. Para estaciones en las que a menudo funcionará más de una bomba a la vez, existe una estrategia de control que puede utilizarse para maximizar los arranques disponibles por hora y, por lo tanto, minimizar el volumen activo. Esta estrategia consiste en que la última bomba en arrancar sea también la última en pararse.



## B | ALTURA NETA POSITIVA DE ASPIRACION (ANPA) Ó NPSH

La altura neta positiva de aspiración (ANPA), también conocida por su término en inglés, NPSH (Net Positive Suction Head), es la energía positiva que se requiere en el ojo del impulsor de la bomba para que ésta opere de forma satisfactoria y sin que se presenten problemas de cavitación. En este manual usaremos el término en inglés dada su popularidad entre los profesionales que se desempeñan en el mundo del diseño hidráulico y en general de las bombas.

A continuación presentamos un par de conceptos relativos al NPSH así como también la condición que se debe satisfacer en la bomba.

### NPSHa > NPSHr

NPSHa	Es la presión disponible en el ojo del impulsor de la bomba, esta es influenciada por la presión atmosférica, la presión de vapor del fluido a su correspondiente temperatura, el nivel dentro del foso y las pérdidas por fricción en la tubería que lleva el líquido hasta la bomba
NPSHr	Es la presión necesaria para obtener un funcionamiento sin problemas en términos de cavitación, éste valor es determinado mediante pruebas en fábrica y se encuentra en la curva de NPSH de la bomba.

El NPSHa debe ser superior al NPSHr en todo momento y en todos los puntos de funcionamiento dentro del foso y las pérdidas por fricción en la tubería que lleva el líquido hasta la bomba.

El NPSHa para fosos sumergidos se determina mediante la aplicación e la siguiente formula:

$$NPSHa = HATM + HSUCCIÓN - HEV$$

Para fosos secos, se deben considerar las pérdidas por fricción que ocurren en la tubería de succión, así la ecuación se modifica de la siguiente manera:

$$NPSHa = HATM + HSUCCIÓN - HPÉRDIDA - HEV$$

HATM	Presión atmosférica
HSUCCIÓN	La diferencia en nivel entre la línea central del impulsor y la superficie libre del líquido en el foso
HEV	Presión de vapor del fluido a la temperatura que este se encuentra al ingresar al impulsor
HPÉRDIDA	Pérdidas por fricción en la tubería de succión

## Recomendaciones para la instalación de bombas sumergidas

### **Siga estas recomendaciones generales para la instalación de bombas centrífugas sumergidas:**

- | Evite la cavitación de la válvula de retención asegurándose de que la válvula no esté situada a una altura superior a 8 metros por encima de la descarga de la bomba.
- | Proteja los cables en el piso de la estación haciéndolos pasar por canaletas o tuberías de manera de evitar que estos se dañen y también para facilitar su mantenimiento. (consulte los códigos eléctricos locales).
- | Siempre que sea posible, separe los cables de los sensores de baja tensión o de control, de los cables de alimentación de alta tensión para evitar que se añada "ruido" a las señales de los sensores. Esto es especialmente importante en aplicaciones donde se utilizan variadores de frecuencia.
- | Siempre instale soportes para los cables de forma tal que estos se mantengan en la posición ideal, que ayuden a mantener el radio de curvatura, así como también que evite esfuerzos sobre los conductores al ser manipulados. Estos soportes deben localizarse debajo de la escotilla de ingreso al foso y estar al alcance de la mano.
- | Asegúrese de que si se utiliza una tubería o una manguera para proteger el cable, ésta no cubra todo el cable hasta el panel de control, ya que los gases de las aguas residuales que entran en el armario podrían ser nocivos (consulte los códigos locales).
- | Ubique el panel de control en un entorno ventilado para evitar que los gases de las aguas residuales provoque la oxidación de los componentes internos tales como relés, contactores, unidad lógica, etc.
- | Los reguladores de nivel debe ser instalados dentro de un pozo amortiguador (Tubería que encapsula el regulador de nivel) de forma tal que la abertura inferior quede por debajo del nivel mínimo del foso, de esta manera se evitarán problemas debido a los desechos flotantes.
- | En estaciones que tienen niveles muy altos de sedimentos, se recomienda rellenar o cubrir los espacios vacíos localizados debajo y a los lados donde se encuentran las conexiones de descarga de la bomba. Se puede utilizar placas metálicas o concreto, de esta manera no se acumularán sedimentos en estas áreas.



CONSULTE LA SECCIÓN SEPARADA QUE DETALLA EXCLUSIVAMENTE LAS BOMBAS INSTALADAS EN CÁMARA SECA.



## C | EL CONCEPTO DE ESTACIÓN "FLYGT TOP"

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de un foso de bombeo, es que éste permita el transporte efectivo de los sólidos que ingresan a él. La acumulación de lodo y partículas sólidas de diferentes densidades es un problema que puede producirse en estaciones de bombeo que tienen un diseño deficiente. Para resolverlo, en 1997, Xylem desarrolló y patentó un diseño de foso de bombeo auto-limpiante llamado estación "Flygt TOP".

Su diseño hidráulico evita las zonas muertas en el fondo promoviendo el flujo de fluido por todo el foso durante el bombeo. El aumento de turbulencia resultante provoca la re-suspensión de lodos y sólidos sedimentados y el arrastre de residuos flotantes. Además, la geometría TOP garantiza que la única zona plana del foso, en la que se acumulan los sólidos, se encuentre justo debajo de la zona de aspiración de la bomba, donde las velocidades y, por tanto, las fuerzas tangenciales son mayores. De esta manera, se reduce el riesgo de deposición de sedimentos al tiempo que se minimiza el volumen de agua restante.

La reducción de la acumulación de lodos disminuye el riesgo de formación de sustancias nocivas y corrosivas, lo que aumenta aún más la vida útil de la estación y reduce los costos operativos. El concepto original TOP de Flygt, basado en una estación con zonas inclinadas y pequeñas zonas planas en su interior, constituye la base de muchos de los diseños de estaciones que se encuentran en esta guía.



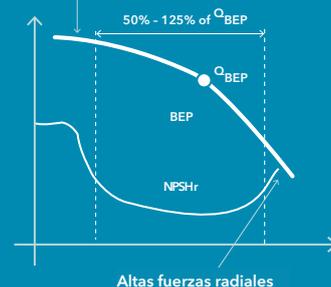
## D | IMPORTANCIA DEL PUNTO DE FUNCIONAMIENTO

Para lograr el mejor funcionamiento posible de la bomba y maximizar la vida útil de los equipos, es muy importante seleccionar la bomba adecuada para el punto de funcionamiento requerido. La región de funcionamiento preferida (Preferred Operating Region, POR) para la mayoría de las bombas centrífugas grandes está entre el 70 % y el 120 % del punto de máxima eficiencia (Best Efficiency Point, BEP), tal como se indica en las normas del Instituto Hidráulico. La región de funcionamiento admisible (Allowable Operating Region, AOR) en aplicaciones de aguas residuales está entre el 50 % y el 125 % del BEP (a menos que la curva no tenga un límite de operación), siempre y cuando se disponga de suficiente NPSHa.

Al hacer funcionar la bomba fuera de la AOR pueden producirse funcionamiento inestable, vibraciones, recirculación, ruido y cavitación la cual provoca la erosión de los alabes del impulsor así como también en otras zonas internas de la bomba por donde circula el fluido.



Altas fuerzas radiales y axiales



PARA OBTENER MÁS INFORMACIÓN SOBRE LOS EFECTOS DEL PUNTO DE FUNCIONAMIENTO, CONSULTE LA SECCIÓN MÁS DETALLADA EN LA PÁGINA 87.



## E | INSTALACIÓN DE BOMBAS FLYGT CON DISPOSICION HORIZONTAL Y VERTICAL EN FOSOS SECOS

Para aplicaciones en fosos secos, las bombas sumergibles Flygt de Xylem, pueden ser instaladas de dos formas:

- | Instalación en disposición Horizontal o tipo Z
- | Instalación en disposición Vertical o tipo T

En la página 44 de este Manual encontrará mayores detalles, donde se analiza en profundidad los aspectos a considerar en la instalación de las bombas Flygt en fosos secos.



En ambos casos, el uso de bombas sumergibles Flygt hace que la instalación en fosos seco sea más fácil de mantener, más segura y más rentable, además de brindar la ventaja de ofrecer una solución a prueba de inundaciones. En las siguientes secciones encontrará mayores detalles para las instalaciones de tipo Z y T, también puede visitar nuestro sitio web o ponerse en contacto con su representante local de Xylem para obtener más información sobre nuestros kits de instalación.

## F | SISTEMAS DISEÑADOS CON INGENIERIA

Combinamos nuestro conocimiento y nuestra experiencia con una amplia gama de productos adecuados para ofrecer soluciones personalizadas que aseguren funcionamientos sin problemas a los clientes. Para ello, nuestros ingenieros utilizan nuestros propios programas informáticos especialmente desarrollados, así como soluciones comerciales, para diseñar y desarrollar proyectos. Nuestro alcance de soporte y asistencia incluye un análisis integral de la situación y las soluciones propuestas, junto con la selección de productos y accesorios.

## G | SERVICIOS ADICIONALES

- | Optimización del diseño del foso de bombeo para nuestros productos e instalaciones específicas
- | Soporte técnico con las especificaciones de ingeniería y diseño para los sistemas de mezclado y aireación
- | Asistencia técnica mediante simulación de dinámica de fluidos por computadora (CFD)
- | Soporte y orientación para para el modelamiento hidráulico
- | Asesoría técnica que le permitirá instalar, operar y mantener su estación al menor costo y de forma efectiva
- | Capacitación en el uso de nuestro software de ingeniería desarrollado para facilitar el correcto diseño de su estación.

Todos nuestros productos y servicios están alineados con nuestra filosofía corporativa: "No hay nada mejor que la EXCELENCIA".





En la siguiente sección se describen los aspectos técnicos y dimensionales de los diseños de fosos cuando se utilizan bombas Flygt de tamaño pequeño a mediano.



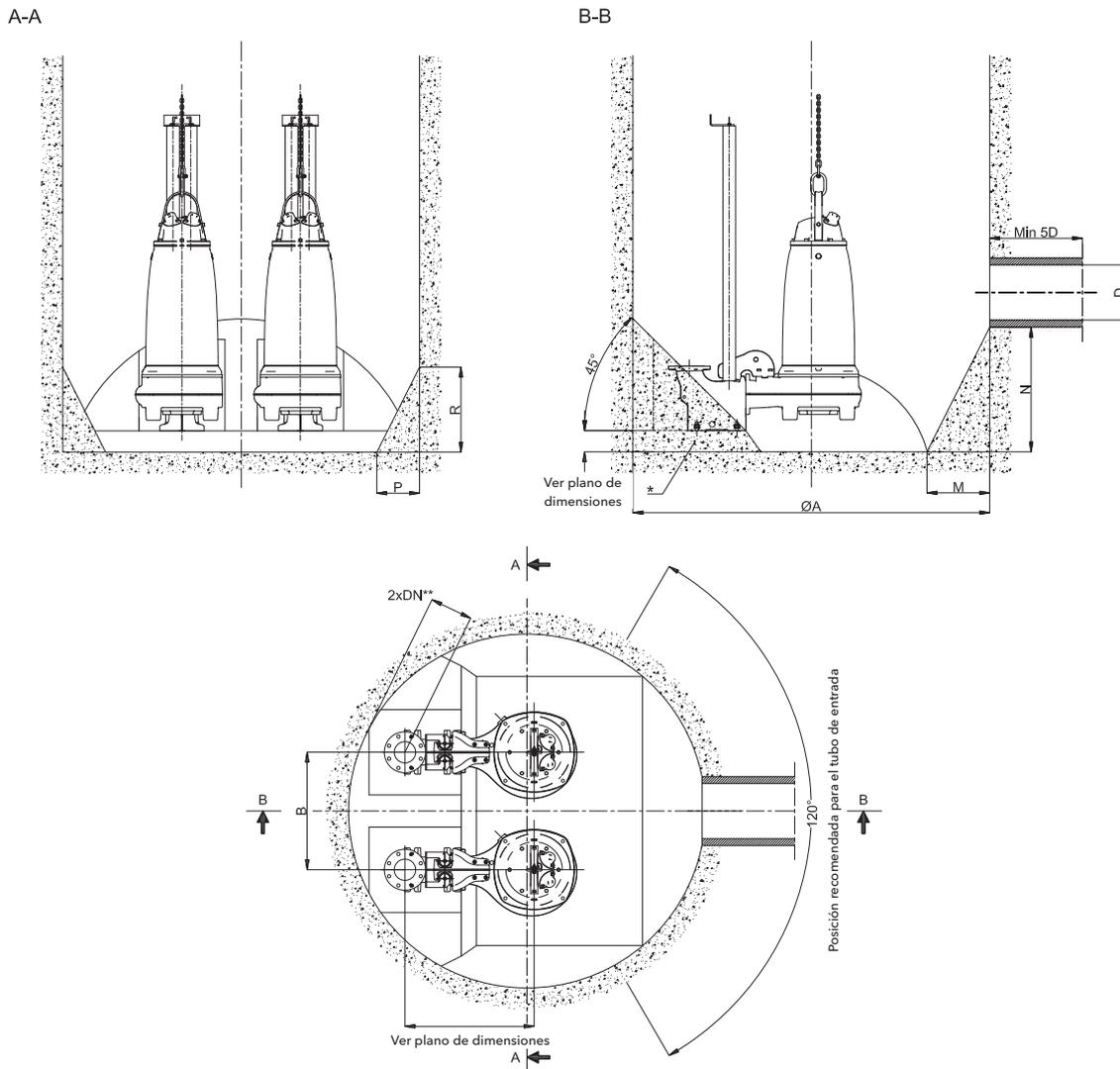
## A | DISEÑOS DE FOSO PARA BOMBAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS

Los diseños de estaciones de esta sección han sido desarrollados para bombas que operan entre 10 y 450 litros por segundo (l/s). Flygt clasifica las bombas que operan en este rango como pequeñas y medianas. Para el caso de instalaciones sumergidas se presentan dos opciones. La primera es una estación circular que, como estándar, puede incluir hasta dos bombas. La segunda opción, es un diseño rectangular que puede incluir hasta tres bombas. Ambos tipos de estaciones también pueden generarse mediante el software de diseño SECAD de Xylem, y exportarse a formato CAD o PDF.

Dimensiones de foso de bombeo mediano (los dibujos dimensionales se encuentran en la página siguiente)										
A (mm)	M (mm)	N (mm)	P (mm)	R (mm)	Máximo flujo de ingreso. Foso tipo rect. Hasta 3 Bombas.(l/s)	Máximo flujo de ingreso. Foso tipo circular. Hasta 2 Bombas.(l/s)	Salida de conexión de descarga (mm)	Producto Flygt	Tipo de presión	B (mm)
1200	210	420	145	290	110	57	65	NP3069	SH	610
1500	260	520	180	360	137	88	80	NP 6020	HT	610
					151	88	100	NP 6020	MT	670
					137	88	80	NP 3069	MT	610
					137	88	80	NP 3085	SH	610
					137	88	80, 100	NP 3085	MT	610
					137	88	80	NP 3102	SH	610
					137	88	100	NP 3102	MT	610
					137	88	80	NP 3127	SH	610
1800	310	620	215	430	181	127	150	NP 6020	LT	670
					181	127	100, 150	NP 3102	LT	670
					165	127	100	NP 3127	HT	610
					181	127	100, 150	NP 3127	MT	670
2000	350	700	240	480	201	157	150, 200	NP 3127	LT	670
					183	157	80, 100	NP 3153	SH	610
					183	157	100	NP 3153	HT	610
					201	157	150	NP 3153	MT	670
					201	157	100	NP 3171	SH	670
					201	157	100	NP 3171	HT	670
2500	440	880	300	600	281	245	200	NP 3153	LT	720
					274	245	150	NP 3171	MT	730
					289	245	150	NP 3202	HT	770
					311	245	150	NP 3301	HT	830
					319	245	150	NP 3315	HT	850
3000	520	1040	360	720	410	353	250	NP 3153	LT	910
					477	353	250	NP 3171	LT	1060
					392	353	200	NP 3202	MT	870
					518	353	250	NP 3301	MT	1150
3500	620	1230	420	840	688	481	300	NP 3202	LT	1310
					683	481	250	NP 3315	MT	1300
4000	690	1380	480	960	900	628	300	NP 3301	LT	1500
					900	628	300	NP 3315	LT	1500



### Diseño de foso circular

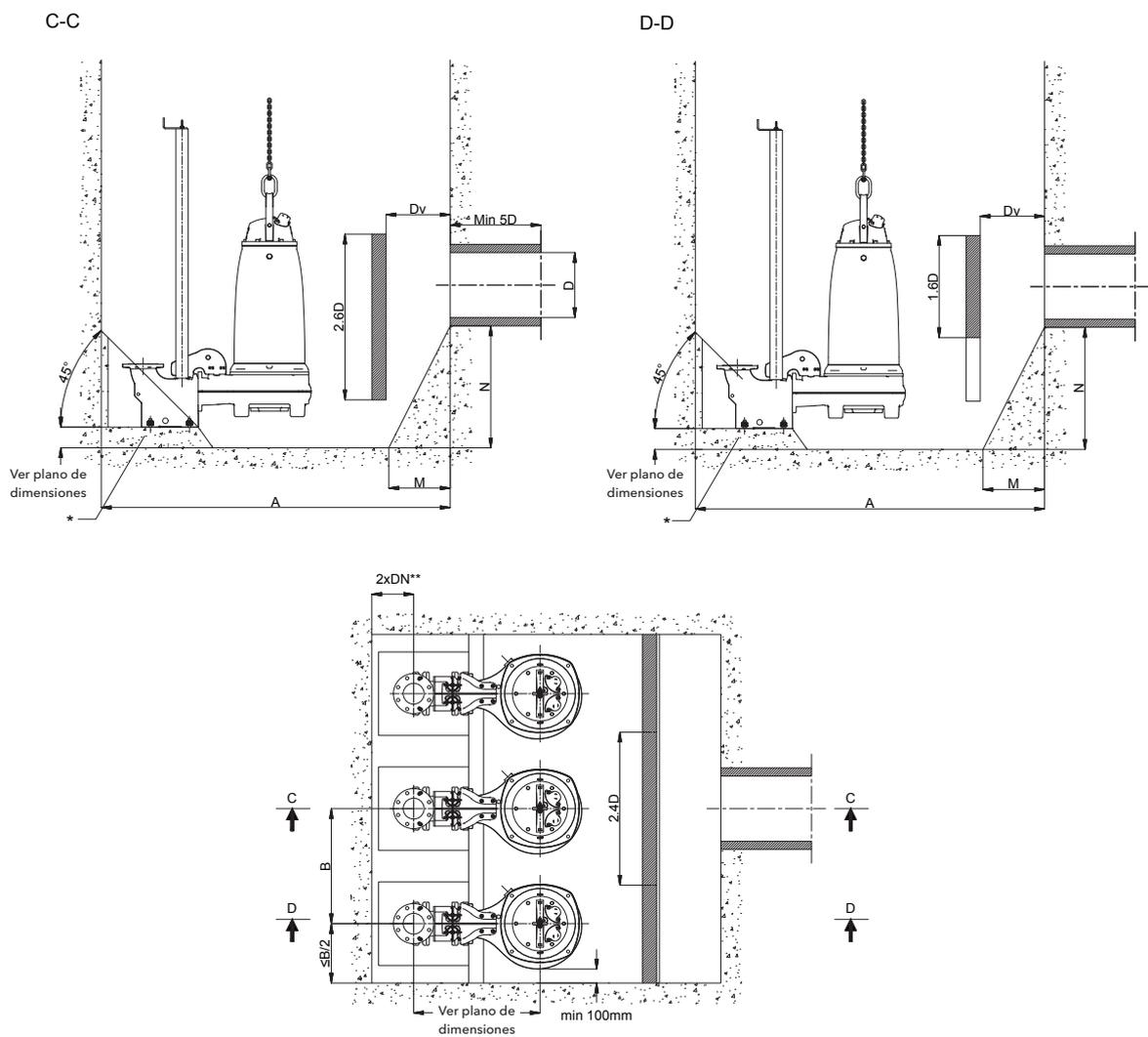


Los dibujos de las estaciones aquí presentados, se han generado mediante el software de diseño de Xylem SECAD, el cual permite que los archivos sean exportados en formato CAD o PDF. Si la distancia entre la línea central de la entrada de la estación de bombeo y el fondo del foso es  $> 2N$ , podría requerirse de modificaciones adicionales en el diseño del interior del foso.

\* Si alguna de las bombas del foso va a estar equipada con una válvula de limpieza (Flush Valve) se podrían requerir algunas modificaciones en el diseño.

\*\* Verifique que haya espacio suficiente para la colocación de válvulas, codos y otros accesorios en la tubería de descarga de la bomba.

## Diseño de foso rectangular



Se debe utilizar un deflector a la entrada si se van a instalar tres bombas.  
 DN = Diámetro de la Salida de la conexión de descarga.

\* Si alguna de las bombas del foso va a estar equipada con una válvula de limpieza (Flush Valve) se podrían requerir algunas modificaciones en el diseño.

\*\* Verifique que haya espacio suficiente para la colocación de válvulas, codos y otros accesorios en la tubería de descarga de la bomba.



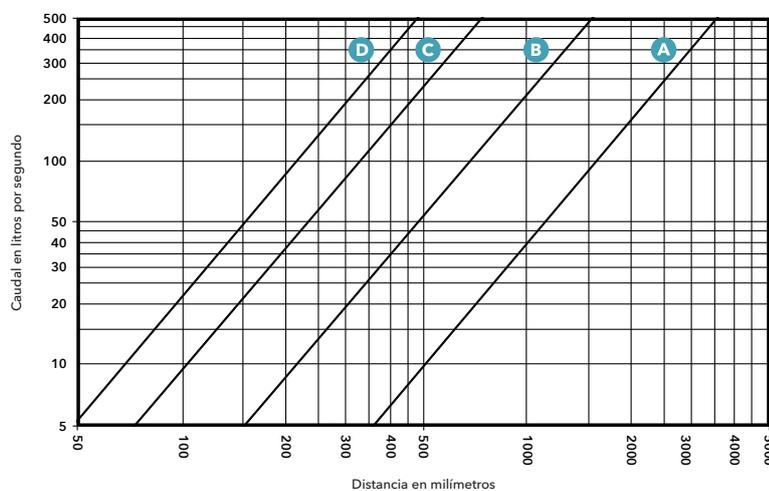
## B | DISEÑOS DE FOSOS PARA BOMBAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS INSTALADAS EN FOSO SECO

Los diseños de estaciones que se presentan en esta sección han sido desarrollados para bombas de tamaño pequeño y mediano que se instalan en foso seco. Estos tipos de estaciones de bombeo tienen dos cámaras separadas: una fosa húmeda cuyo tamaño depende del flujo de la bomba y una fosa seca donde las dimensiones dependen del tamaño de los equipos y las facilidades que deben proveerse para su acceso, instalación, operación y mantenimiento. En casi todas las situaciones, la separación entre bombas vendrá determinada por las restricciones de acceso, más que por garantizar una buena hidráulica. Es importante que se cumplan ambos requisitos cuando se trabaja con diseños de estaciones de bombeo sumergibles instaladas en foso seco.

Los diseños de estaciones están disponibles para entre 1 y 4 bombas, y para un diseño de estación rectangular o circular. Utilizando el software SECAD de Xylem, es posible generar rápida y fácilmente un dibujo en PDF o CAD para utilizarlo en su proyecto de estación de bombeo. SECAD puede determinar rápidamente el tamaño correcto de la estación basándose en las condiciones hidráulicas y de acceso para la bomba y el caudal seleccionado.

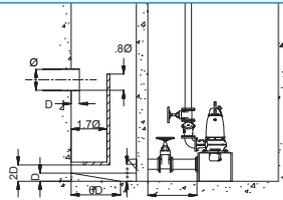
Aunque es posible utilizar estos diseños de foso de bomba en todos los tamaños en los que funcionan las bombas de rango pequeñas y medianas, se recomienda que para caudales superiores a 200 litros por segundo (l/s) se piense en pasar al diseño de foso de bomba grande. Este es mucho más adecuado para caudales superiores a 200 l/s y crea una estación general más pequeña gracias al uso de deflectores, y divisiones integrados en el diseño de la estación.

### Dimensiones para estaciones de bombeo pequeñas y medianas instaladas en foso o cámara seca

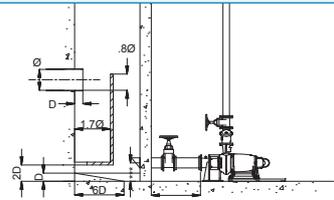


Nota: para flujos superiores a los 200 l/s, se recomienda analizar y comparar este diseño con el diseño de estaciones para bombas grandes

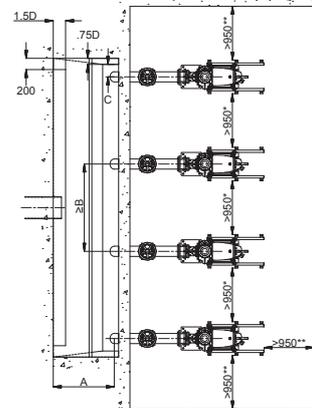
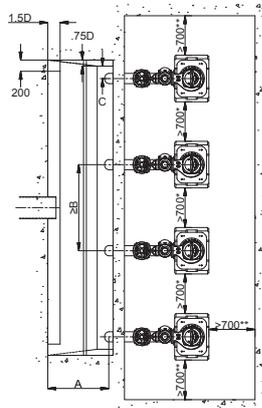
### Cuatro bombas: estación de diseño rectangular para configuraciones T y Z



Tubo de succión de ~5 diám.

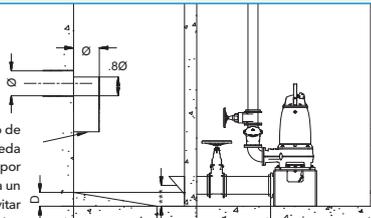


Tubo de succión de ~5 diám.



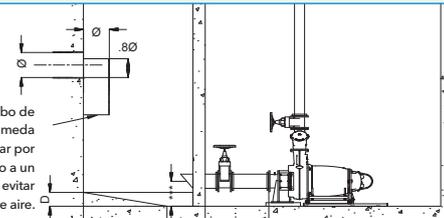
### Dos bombas: estación de diseño rectangular para configuraciones T y Z

La parte inferior del tubo de entrada a la cámara húmeda del foso debe estar por encima del nivel mínimo a un máximo de 0,5Ø para evitar turbulencias e ingreso de aire.

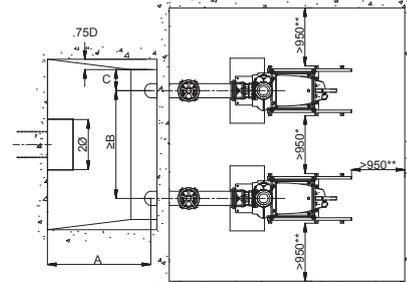
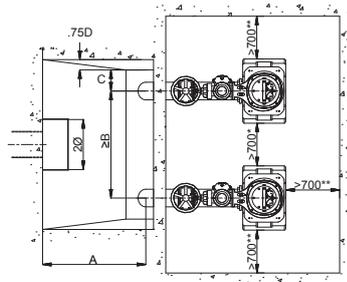


Tubo de succión de ~5 diám.

La parte inferior del tubo de entrada a la cámara húmeda del foso debe estar por encima del nivel mínimo a un máximo de 0,5Ø para evitar turbulencias e ingreso de aire.



Tubo de succión de ~5 diám.



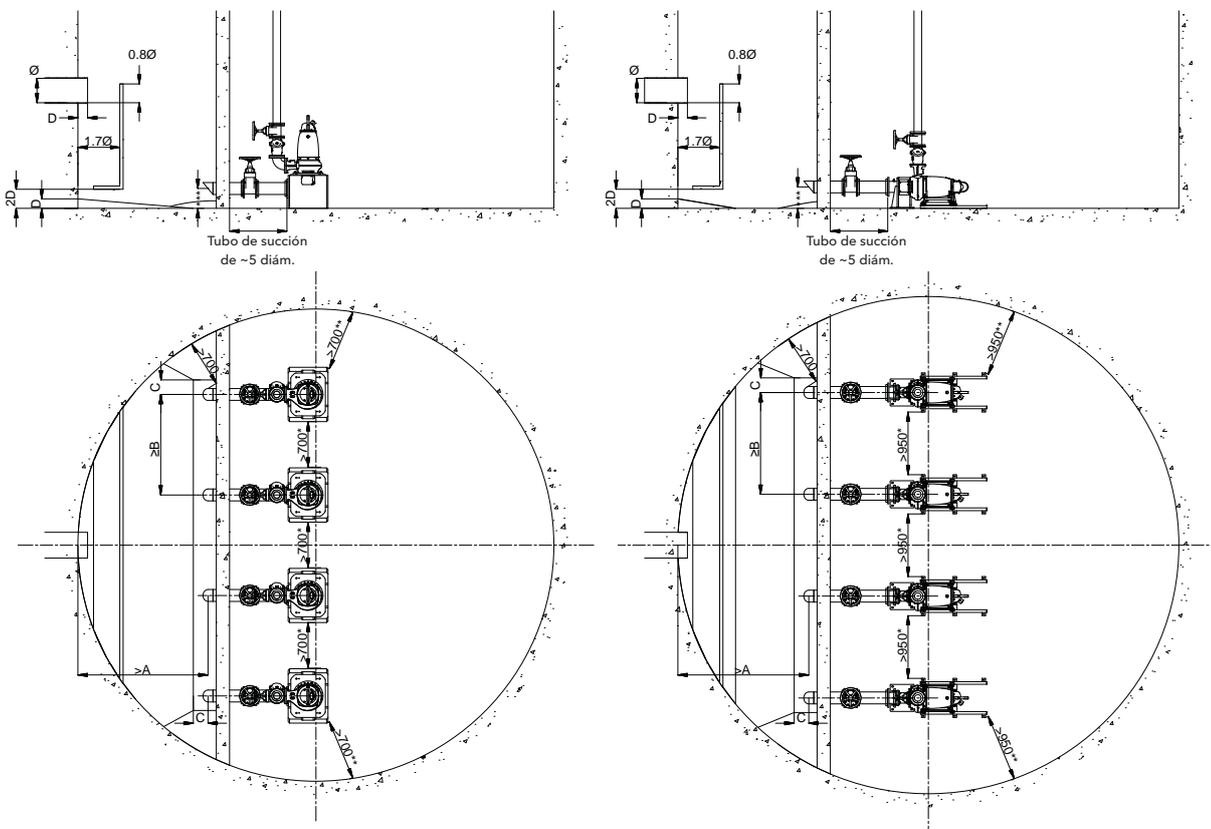
\* Distancia mínima recomendada en milímetros entre las bombas o los equipos de montaje.

\*\* Distancia mínima recomendada en milímetros entre la bomba o los equipos de montaje y el muro. Tenga en cuenta que es posible que esta distancia deba aumentarse para permitir el desmontaje de los equipos.

\*\*\* Para las dimensiones respecto a la línea central del tubo de succión de la bomba, consulte el plano dimensional correspondiente.

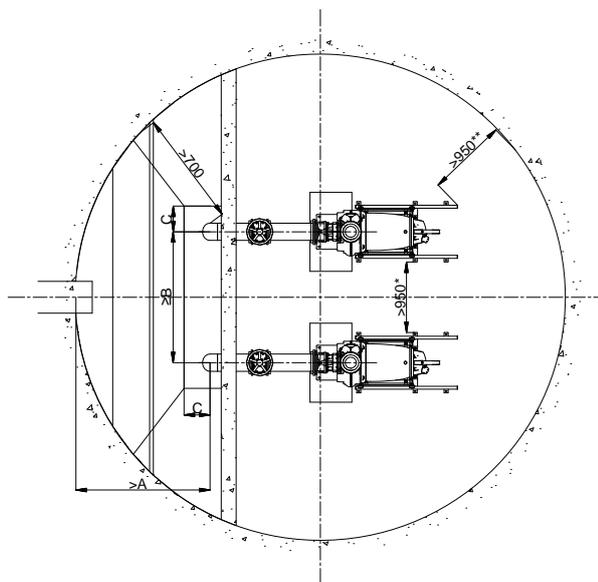
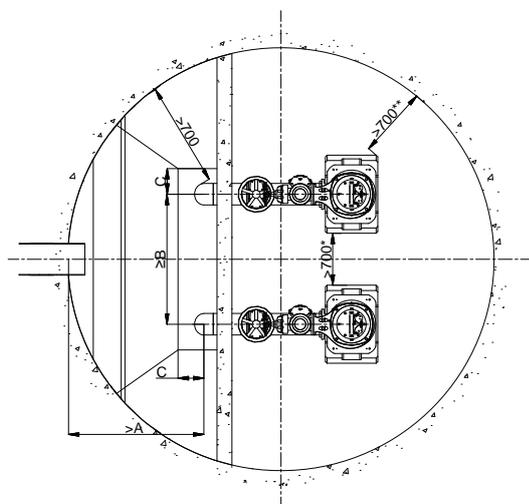
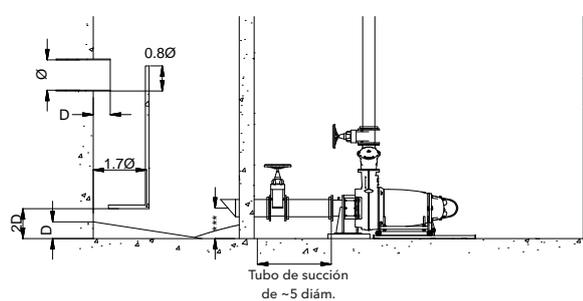
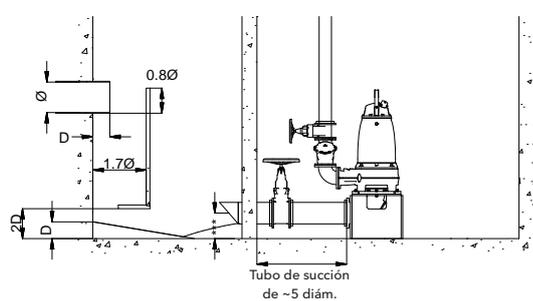


### Cuatro bombas: estación de diseño circular para configuraciones T y Z



- \* Distancia mínima recomendada en milímetros entre las bombas o los equipos de montaje.
- \*\* Distancia mínima recomendada en milímetros entre la bomba o los equipos de montaje y el muro. Tenga en cuenta que es posible que esta distancia deba aumentarse para permitir el desmontaje de los equipos.
- \*\*\* Para las dimensiones respecto a la línea central del tubo de succión de la bomba, consulte el plano dimensional correspondiente.

## Dos bombas: estación de diseño circular para configuraciones T y Z



- \* Distancia mínima recomendada en milímetros entre las bombas o los equipos de montaje.
- \*\* Distancia mínima recomendada en milímetros entre la bomba o los equipos de montaje y el muro. Tenga en cuenta que es posible que esta distancia deba aumentarse para permitir el desmontaje de los equipos.
- \*\*\* Para las dimensiones respecto a la línea central del tubo de succión de la bomba, consulte el plano dimensional correspondiente.



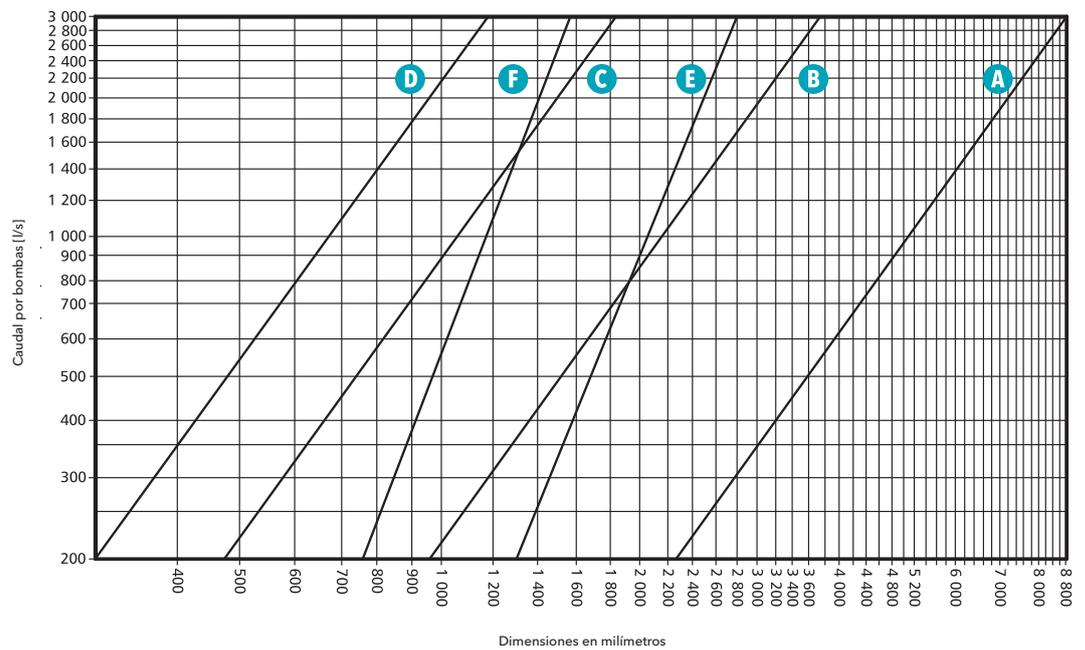
**Xylem ha desarrollado para usted recomendaciones técnicas de diseño para estaciones de bombeo hasta con cuatro bombas.**



## C | DISEÑOS DE FOSOS PARA BOMBAS GRANDES

Para estaciones con bombas grandes (flujos de 200 l/s a 3000 l/s), Xylem ha desarrollado diseños de estaciones del tipo rectangular, compactas, para hasta cuatro equipos de bombeo. Estos diseños garantizan un óptimo funcionamiento hidráulico además de contar con características especiales para que sean auto-limpiantes. A continuación se presentan las dimensiones de estas estaciones basadas en el caudal de diseño de las bombas.

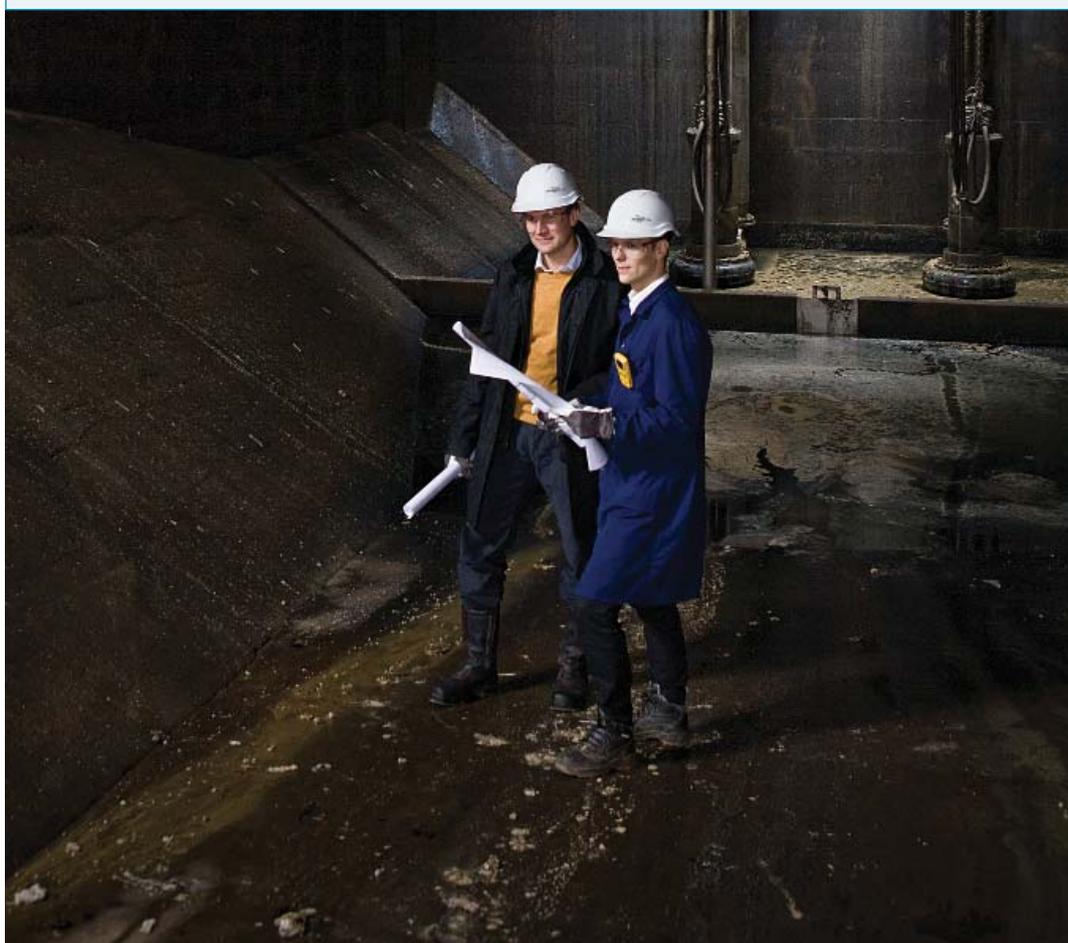
Para emplear este gráfico, considere el flujo individual de cada bomba, en la condición correspondiente al nivel máximo para el que se diseña la estación. Así podrá conocer la magnitud de las dimensiones A, B, C, D, E y F. Nuestro software SECAD de Xylem le ayudará a obtener de forma rápida y sencilla los dibujos en formato PDF o CAD para utilizarlo en su proyecto.





Existen tres diseños estándar disponibles para estaciones con bombas grandes:

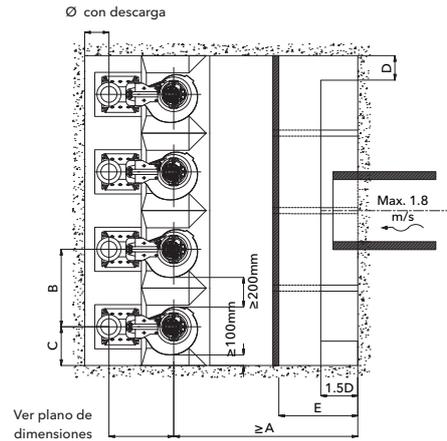
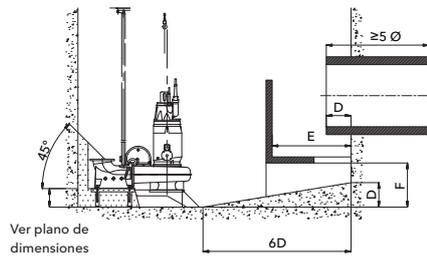
- | Estación con ingreso frontal y elevado.
- | Estación con una tubería de ingreso lateral y elevado
- | Estación con una tubería de ingreso lateral, pero ubicada al nivel del suelo



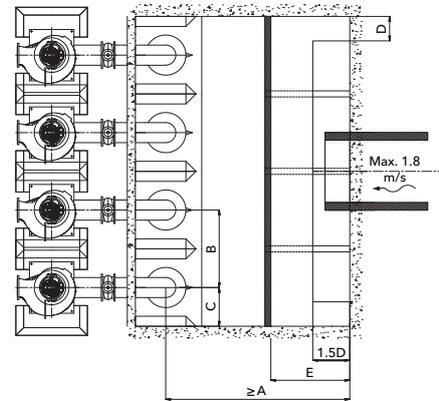
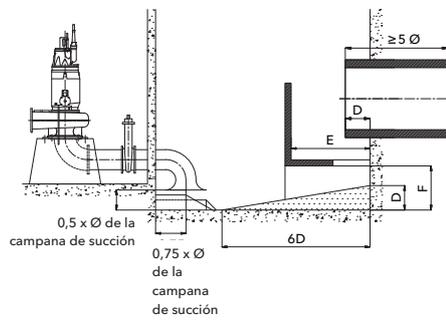
C1

Estación con ingreso frontal y elevado

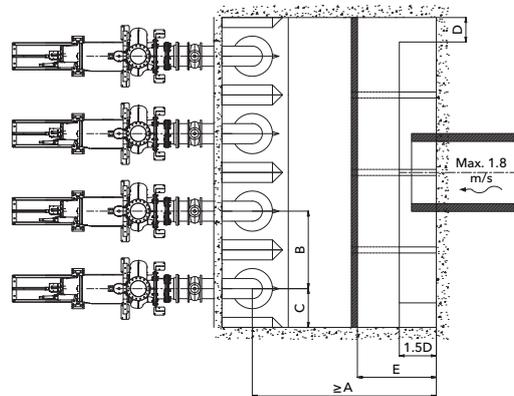
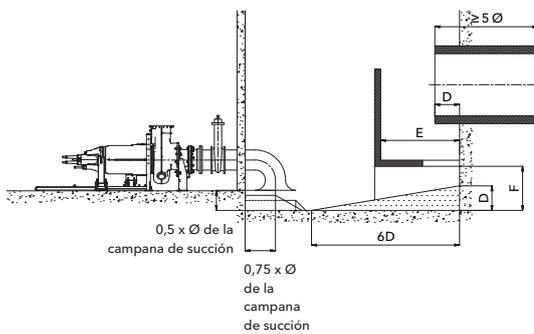
SUMERGIDAS



EN FOSO SECO: VERTICAL



EN FOSO SECO: HORIZONTAL

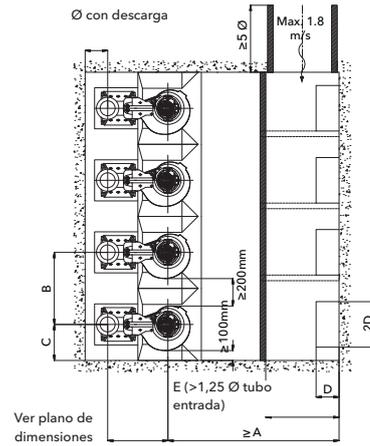
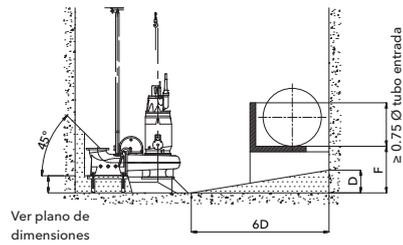




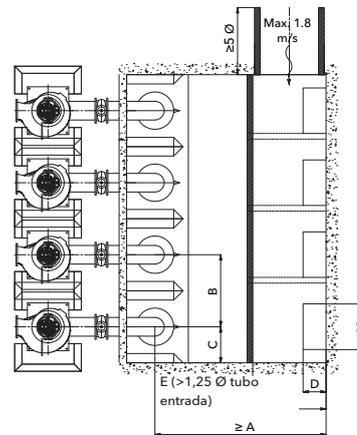
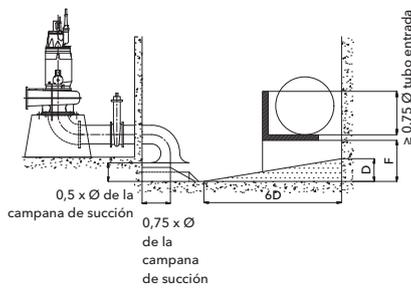
C2

Estación con una tubería de ingreso lateral y elevado

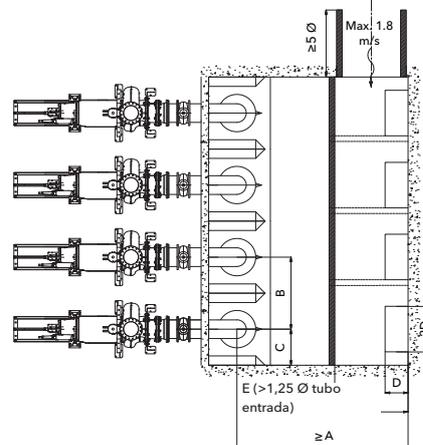
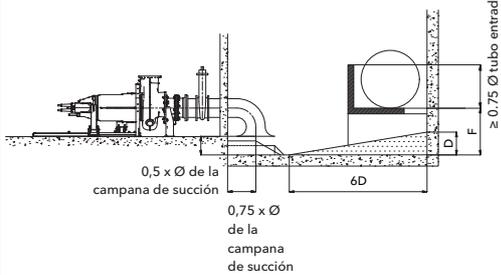
SUMERGIDAS



EN FOSO SECO: VERTICAL



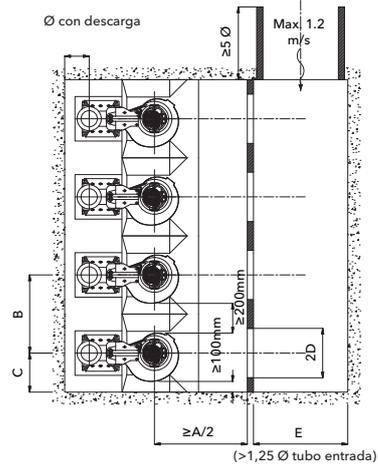
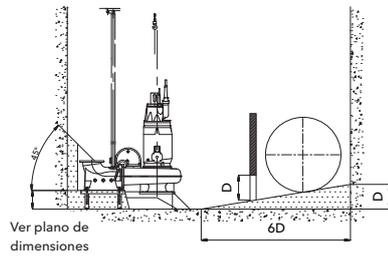
EN FOSO SECO : HORIZONTAL



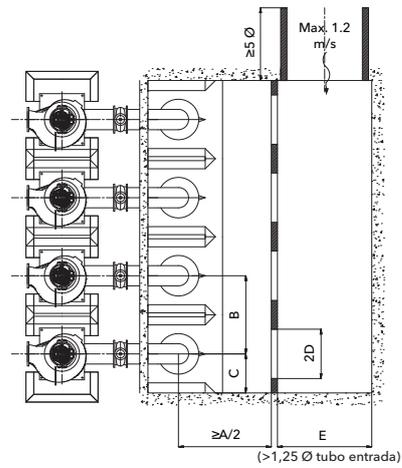
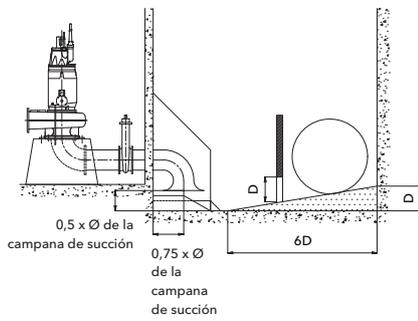
C3

Estación con una tubería de ingreso en lateral, pero ubicada al nivel del suelo

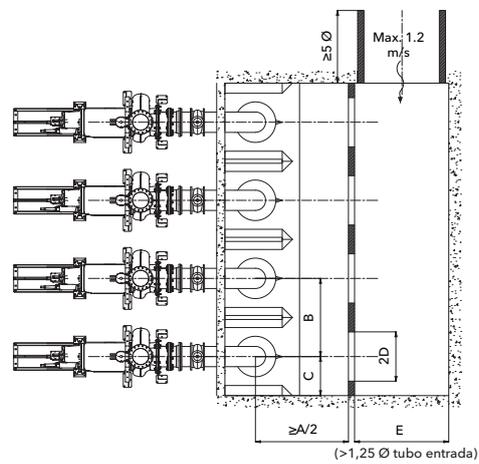
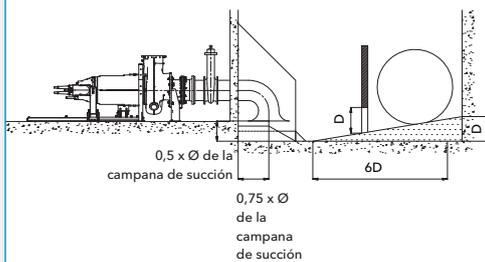
SUMERGIDAS



EN FOSO SECO: VERTICAL



EN FOSO SECO : HORIZONTAL





Toda la colección de diseño estándar de Flygt, incluidos todos los diseños de estaciones que se muestran en este manual, también pueden encontrarse en el software de diseño SECAD de Xylem. Este software puede generar con rapidez y facilidad un archivo PDF o CAD. SECAD es una magnífica herramienta de referencia, independientemente de la fase en que se encuentre el proyecto.



COMUNÍQUESE CON EL REPRESENTANTE LOCAL DE XYLEM PARA OBTENER ASESORAMIENTO DETALLADO.



Las tuberías, los accesorios y los soportes que se conectan a la bomba forman parte del sistema de bombeo.



Es fundamental recordar que todas las tuberías, accesorios y soportes conectados a la bomba forman parte del sistema de bombeo particular. Dado que algunas piezas están diseñadas para girar a altas velocidades, es inevitable que se produzcan algunas vibraciones. Por ejemplo, el rotor del motor combinado con las fuerzas que en él se generan así como también el movimiento del impulsor y otros elementos del extremo hidráulico, generarán un conjunto intrínseco de frecuencias de perturbación -o "excitación"- que aumentan sustancialmente cuando coinciden con una frecuencia natural del sistema (Resonancia). Esto es más común en aplicaciones de velocidad variable que contienen bombas que pueden funcionar en un rango de velocidades, en lugar de a una a velocidad constante.

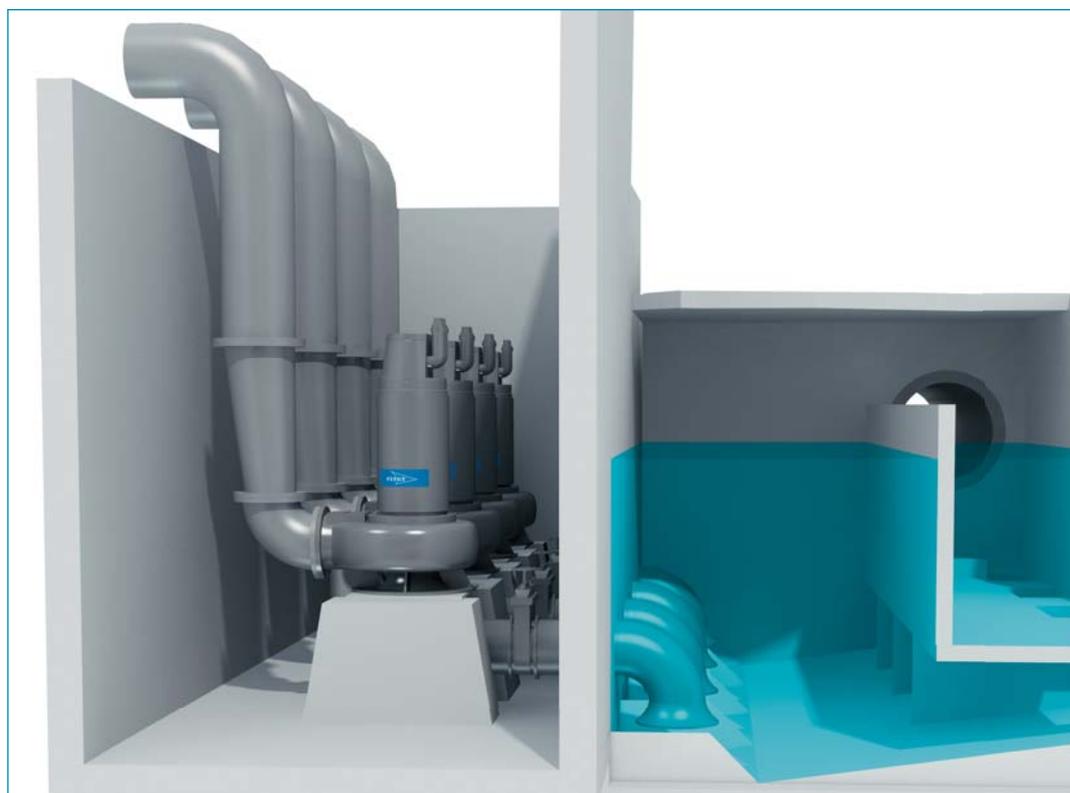
La correcta instalación y anclaje de las bombas y accesorios Flygt ayudará a limitar las vibraciones y permitirá un funcionamiento fiable y sin problemas. En instalaciones con bombas dispuestas en forma vertical, donde el centro de gravedad se encuentra mucho más alto en comparación con las bombas instaladas en forma horizontal, las fuerzas que actúan en el cojinete superior del motor serán más importantes. En consecuencia las vibraciones producto del desbalanceo, montaje inadecuado y perturbaciones hidráulicas se harán sentir con mayor intensidad. Es por ello que es de suma importancia eliminar las resonancias del sistema y asegurar una correcta instalación de las bombas para que estas proporcionen una larga vida útil y una operación libre de problemas.

**Las recomendaciones de diseño que abordaremos en esta sección comprende:**

- | Recomendaciones para instalaciones en fosos secos para que el sistema opere de forma confiable, dentro de parámetros aceptables de ruido y vibraciones.
- | Requisitos para el anclaje de la bomba así como también de las tuberías y accesorios.
- | Factores que afectan los niveles de ruido.
- | Recomendaciones para casos especiales.
- | Otros temas que son importantes en instalaciones de foso seco.



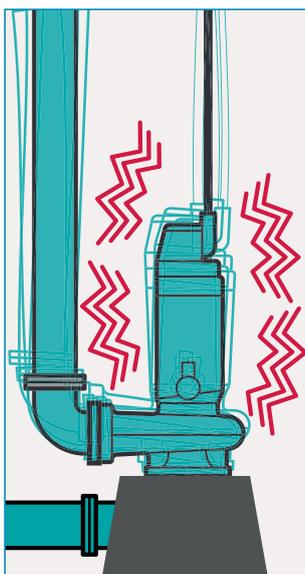
Estas recomendaciones están alineadas con las normas internacionales aplicables así como con las buenas practicas de ingeniería para la instalación de equipos rotativos en fundaciones de concreto. Ellas pueden aplicarse a todas las instalaciones de bombas Xylem-Flygt, pero se hace especial hincapié en las instalaciones verticales en foso seco. El incumplimiento de estas prácticas de diseño y construcción puede dar lugar a niveles de ruido y vibraciones superiores a los deseados.



**Siempre consulte a un ingeniero civil experto y certificado para que revise el diseño de su estación. Recuerde que las pautas aquí indicadas son generales, y que cada diseño es único así que podría requerir de consideraciones especiales. Los ingenieros del representante local de Xylem están capacitados para asistirle en el diseño de forma tal que su estación tenga un rendimiento óptimo y una larga vida útil libre de problemas.** En caso de que sea necesario, le proporcionaremos la Herramienta de Ingeniería Flygt FET, (Flygt Engineering Tool, FET) que le asistirá en la determinación y cálculo de los pernos de anclaje. Las recomendaciones de diseño que aquí indicamos son solo válidas para equipos Xylem. No asumimos ninguna responsabilidad por su uso en equipos de otras marcas.

## A | VIBRACIONES

- | Todas las estructuras tienen frecuencias que se excitan con facilidad, ya sean naturales o resonantes. Si la golpeamos con un pulso corto el cual contiene un amplio rango de frecuencias, como por ejemplo el que da un martillo, ella vibrará a su frecuencia natural.
- | Los niveles de vibración aumentarán de manera sustancial cuando las frecuencias del motor coincidan con la frecuencia natural del sistema (Condición de resonancia).
- | La probabilidad de que esto suceda aumenta en aplicaciones de velocidad variable, dado que las bombas pueden funcionar en un rango de velocidades, en lugar de a una velocidad constante. La mayoría de los variadores de frecuencia tienen la opción de excluir determinados rangos de frecuencia para evitar regiones de altas vibraciones.
- | Asegúrese de anclar todos los componentes del sistema de forma correcta y con elementos que proporcionen suficiente rigidez; de esta manera obtendrá niveles de vibración aceptables y dentro de los límites que establece la normativa aplicable. Un anclaje adecuado ayuda a mantener las frecuencias de excitación por debajo de la frecuencia natural más baja del sistema. A continuación encontrará instrucciones sobre cómo anclar correctamente los elementos de su sistema.
- | El riesgo de que se presenten altas vibraciones es mayor cuando el líquido bombeado contiene elementos sólidos que puedan provocar obstrucciones. Tenga presente que la obstrucción de la bomba no sólo reduce el rendimiento, sino que también produce desbalanceo en el impulsor. Por ello, es muy importante tener un anclaje adecuado muy especialmente cuando se bombean lodos y aguas residuales sin tratar.



Las bombas Flygt han sido diseñadas y fabricadas en cumplimiento con los estándares aplicables de pruebas y construcción de bombas. Las normas ISO (International Organization for Standardization) y HI (Hidraulic Institute) establecen límites de velocidad de vibración aceptables comprendidos en un rango entre 6,4 mm/s y 9 mm/s según sea la potencia de ésta y la norma de prueba considerada. Si bien la bomba en sí puede soportar niveles de vibración 3 o 4 veces mayores a los límites antes indicados sin que se produzca una reducción considerable de su vida útil, la tubería y la estructura de soporte pueden sufrir afectaciones importantes como agrietamiento, soldadura y fracturas si se les someten a vibraciones elevadas. Tenga en cuenta que cuando las bombas están detenidas pueden ser mucho más susceptibles a daños por vibraciones del sistema, dado que los rodamientos se encuentran en una sola posición por lo que fácilmente se pueden producir indentaciones localizadas en sus pistas que generen una falla prematura.

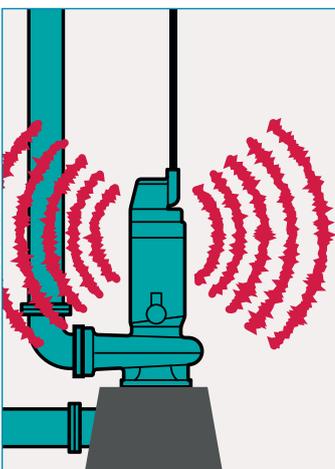


### B | RUIDO

El sonido es el resultado de los cambios de presión en un gas, un líquido o una estructura sólida. El sonido no deseado suele denominarse ruido. Si bien el ruido nunca se puede evitar por completo, un correcto diseño de la estación y sus componentes lo mantendrá dentro de niveles aceptables. Controle los niveles de ruido identificando primero la causa - raíz que lo produce, y el mecanismo como este se transmite a través del sistema.

Los cambios de presión pueden transmitirse al aire desde una estructura que presenta vibración, lo que da lugar al ruido. Cuanto más fuerte sea la transmisión desde los elementos que vibran al aire, mayores serán los niveles de sonido percibidos. Las vibraciones estructurales pueden desplazarse a través de ella antes de transmitirse al aire y hacerse audibles. Las fluctuaciones de presión transmitidas por líquidos pueden viajar muy lejos antes de hacer vibrar la estructura y generar ruido. Por lo tanto, la fuente de las vibraciones causantes del ruido no se encuentra necesariamente en el mismo lugar donde el ruido es percibido.

Las fluctuaciones de presión transmitidas por el líquido en la tubería también pueden producirse en condiciones donde se manejan altas presiones de descarga. En las bombas centrífugas, donde el diseño de los impulsores contemplan pocos alabes, se suele presentar un fenómeno vibratorio denominado "Vibración de Paso de Alabes". Esta, aunque no es una vibración que genere suficiente energía para causar daños directos inmediatos, puede producir ruido y con el tiempo causar falla de los cojinetes, sellos y desgaste de los componentes.



El ruido puede ser una causa importante de quejas cuando los sistemas operan en zonas residenciales. Las perturbaciones que se generan a consecuencia de la operación del motor, velocidad y paso del fluido en las tuberías y accesorios, así como por fenómenos no deseados como la cavitación, aumentarán el nivel de ruido. Cuando la bomba opera lejos del punto de máxima eficiencia el ruido se acrecienta, siendo mucho mayor cuando la operación se hace a altos flujos (A la derecha del BEP). Las bombas no son la única fuente de generación de ruido en una estación de bombeo. Como mencionamos antes, el paso del fluido a través de las válvulas, accesorios y tuberías también contribuyen al nivel sonoro total. La tabla de "Contribución del ruido según el componente y tipo de bomba" muestra cómo contribuye cada parte de una estación de bombeo al nivel sonoro total y explica cómo afecta el tipo de bomba empleado a la generación de ruido.

## Tabla de Contribución del ruido según el componente y tipo de bomba

Componentes de la estación	Bombas de alta o muy alta presión	Bombas de baja o media presión
Bombas	60%	30%
Tuberías y válvulas	20%	30%
Red de distribución o línea de descargas del fluido	20%	40%

Para representar la experiencia de sonido en los seres humanos, los sonómetros tienen un filtro de frecuencia, con ponderación A, que refleja el patrón auditivo que percibimos. La presión de sonido ( $L_p$ ) se mide en decibelios dB(A), la cual es la escala más adecuada para medir el ruido dentro de una sala de bombas. El ruido de la bomba suele indicarse como el nivel de potencia acústica ( $L_w$ ).

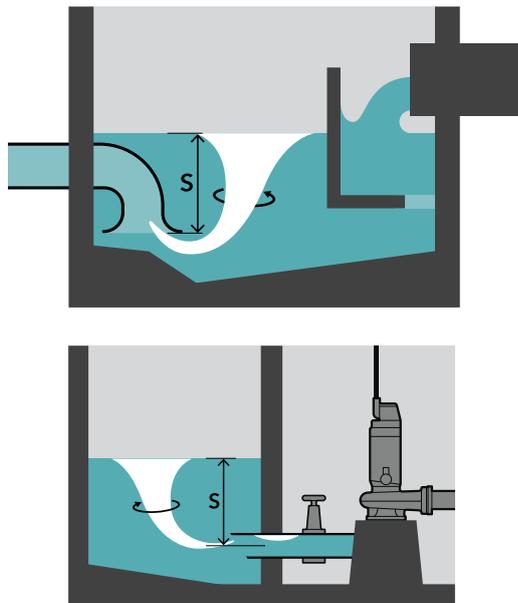
El nivel de potencia acústica puede amplificarse dependiendo de la acústica de la estación de bombeo. La posición de la bomba y los materiales de las paredes de la estación afectarán a la potencia acústica presente en la misma. Por ejemplo, una bomba nunca debe instalarse en una esquina, ya que esta hace la veces de caja de resonancia y el nivel de ruido se percibirá con mayor intensidad. Las pruebas de ruido en la bomba se realizan siguiendo el procedimiento establecido en la norma ISO (9614-2, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity / Acústica - Determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido mediante la intensidad sonora).



## C | CONDICIONES DE ENTRADA

La fuente del ruido puede tener su origen en las condiciones de entrada del fluido a la bomba. Siga las siguientes recomendaciones para minimizar el ruido y la vibración en la entrada de la bomba cuando estas funcionan en fosos secos. Es posible que se requieran otras medidas de atenuación del ruido.

La única razón "aceptable" para no proporcionar una condición de entrada adecuada del fluido a la bomba es que se tengan restricciones de espacio, no obstante, evalúe todas las alternativas posibles del diseño hidráulico antes de hacer funcionar la bomba en condiciones que no le sean favorables.



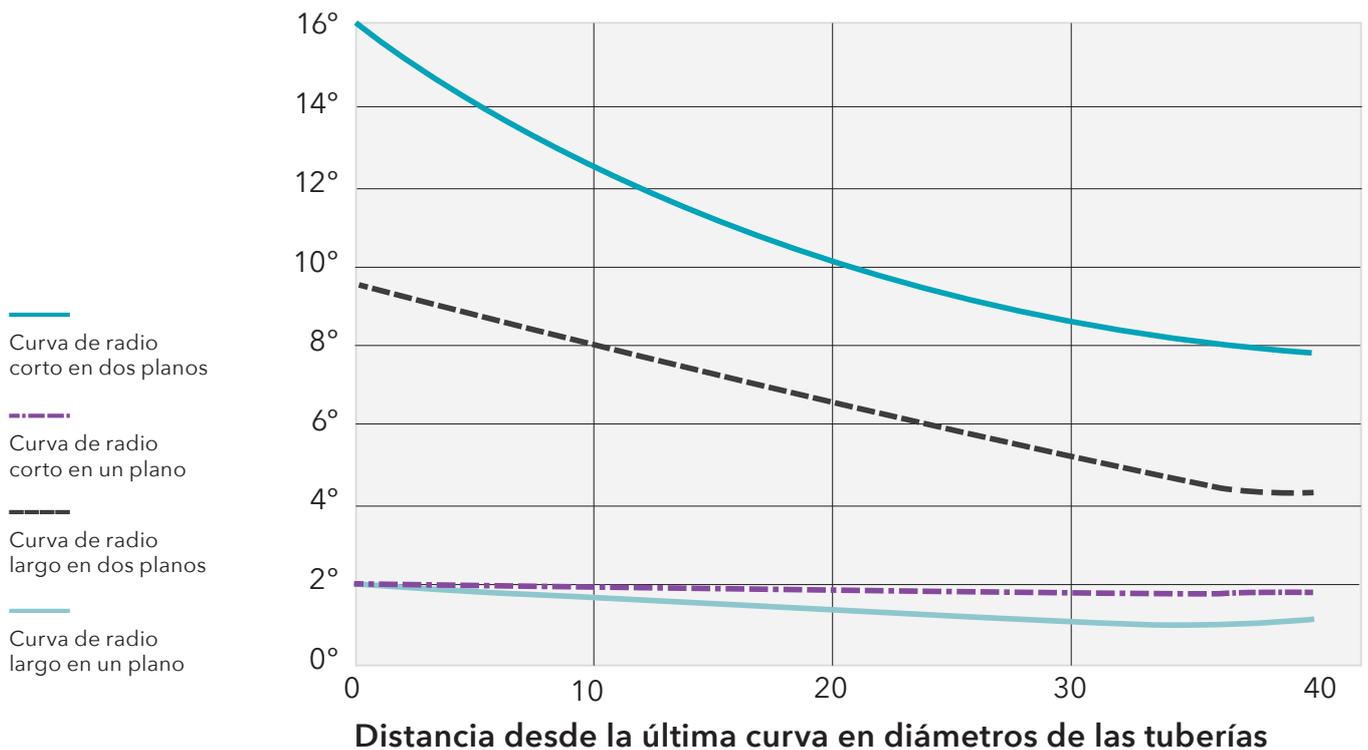
Los valores de la sumergencia mínima (S) se encuentran en el gráfico de la página 51 (Gráfico de Sumergencia (S) mínima de la campana versus caudal & diámetro del tubo de succión)

El procedimiento normal consiste en instalar una válvula de cierre en las tuberías de succión de la bomba, la cual suele tener además uno o dos codos.

Con el propósito de obtener un flujo uniforme en la tubería de succión de la bomba y minimizar las pérdidas por fricción recomendamos seguir los siguientes lineamientos:

- | Proporcionar suficiente NPSHa
- | Minimizar las pérdidas de fricción haciendo las tuberías de succión lo más corta posible, pero en cumplimiento con la geometría que le indicamos en estas recomendaciones de diseño.
- | Reducir la cantidad de codos y accesorios en la tubería de succión
- | Eliminar el ingreso y arrastre de aire de la línea de succión
- | Garantizar una alineación correcta de las tuberías, de forma tal que esta no transmita fuerzas y momentos a la bomba.

## Ángulo de remolino en grados



Si se utilizan codos, es fundamental que se orienten de manera adecuada. Si todos los codos se disponen en un plano, el efecto adverso en el patrón de flujo será menor que si estos se colocan en dos o más planos. La formación de los remolinos está determinada por la orientación que se da a los codos, su radio de curvatura, el distanciamiento entre ellos y en general de la disposición que tenga la tubería de succión de la bomba. El uso de este diagrama permite determinar el ángulo del remolino en función de la distancia desde la última curva, con dos tipos de codos con radios diferentes y según estos se orienten en uno o dos planos, considerando que la distancia entre codos consecutivos debe ser al menos de dos veces el diámetro de estos.

Si bien la tubería de succión de una bomba instalada en foso seco funciona como un elemento direccionador y corrector del patrón de flujo, también si no es correctamente diseñada, puede provocar el efecto contrario, es decir causar inestabilidad y turbulencia del fluido. Debido a que en la mayoría de los casos la bomba se coloca en posición vertical, es necesario utilizar codos así como también una campana de succión que quede paralela al fondo del foso, tal como se aprecia en los dibujos de la página 40 y 41 para instalaciones en fosos secos.



Es necesario seleccionar cuidadosamente los codos y la campana que se utilizará en la tubería de succión de manera que estos generen la menor perturbación posible. Por ello es preferible usar codos del tipo radio largo y no aquellos que son fabricados por procesos de corte y soldadura, que cambian la dirección del fluido de forma brusca, es decir con un ángulo de 90 grados. Si la distancia entre los codos se hace mas grande, la formación de remolinos disminuye considerablemente. Recuerde usar codos radio largo o codos reductores, muy especialmente en la posición donde ocurre la conexión con la brida de succión de la bomba. Como norma general, y por supuesto siempre que sea posible, diseñe la tubería de succión de forma tal que haya un tramo recto entre los codos de entre 5 a 10 veces el diámetro de la tubería de succión. Cuando la bomba se instala en configuración horizontal se eliminarán estos problemas, ya que los codos no son necesarios en la mayoría de las aplicaciones.

En los servicio de bombeo de lodos, es muy recomendable que la bomba se disponga en configuración horizontal y con la descarga recta hacia arriba, de esta manera los gases pueden ser evacuados con facilidad y se reduce el riesgo de atascamiento. Mantenga las tuberías de succión lo mas corta posible y evite la colocación de codos siempre que sea posible, así el flujo ingresará fácilmente a la bomba y con menor turbulencia. Incluya una válvula tipo compuerta en su diseño y ubíquela lo más cerca posible a la bomba para evitar derrames de gran proporción en ocasión que se requiera hacer algún desmontaje para realizar labores de mantenimiento.

La entrada a la tubería de succión debe hacerse colocando una boca en forma de campana para que el ingreso de fluido se realice con suavidad, y el incremento de velocidad se haga progresivamente, de esta forma se minimizaran las perdidas por fricción y también se evita el ingreso de sólidos.

La sumergencia (S) de la campana debe ser 1,7 veces el número de Froude (Fr) multiplicado por el diámetro de la boca de entrada Es decir,  $S=1,7*Fr*Dia$ . Campana. No obstante se debe cumplir también que la sumergencia Mínima de la campana debe ser al menos  $1,75 * Dia$ .

Para las bombas más pequeñas (diámetros de tubería inferiores o iguales a 400 mm) normalmente no requiere la instalación de una boca de campana, ya que el diámetro de la tubería es lo suficientemente grande como para conseguir un perfil de velocidad aceptable (véase la tabla siguiente). En estos casos se debe hacer un corte de la tubería a 45 grados para evitar la formación de remolinos.

Velocidades recomendadas para el ingreso del fluido a la campana de succión en función del caudal de la bomba.	$Q \leq 300$ l/s	$0.6 < v < 2.8$ m/s
	$300 < Q \leq 1200$ l/s	$0.9 < v < 2.4$ m/s
	$Q > 1200$ l/s	$1.2 < v < 2.1$ m/s

El número de Froude se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \times D}}$$

v - velocidad del agua a la entrada (m/s)

D - diámetro de entrada (m)

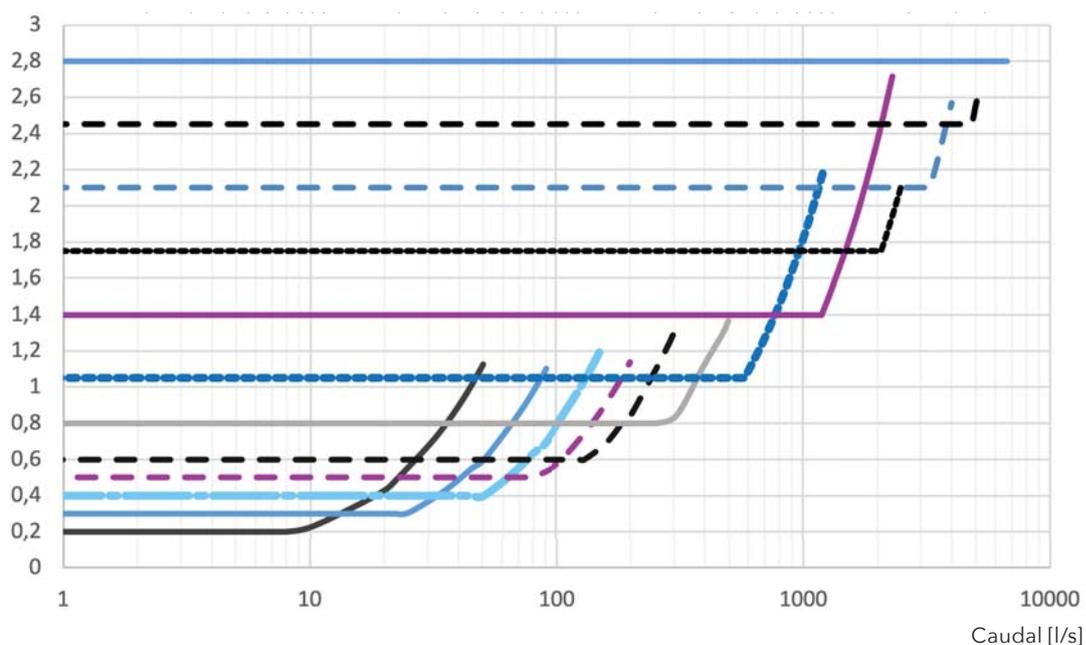
g - aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

## Gráfico de Sumergencia (S) mínima de la campana versus Caudal & Diámetro del tubo de succión

Diámetro del tubo

- 100mm
- 150mm
- · - · 200mm
- 250mm
- - - 300mm
- 400mm
- · · · · 525mm
- 700mm
- · - · - · 875mm
- · - · - · 1050mm
- - - - - 1225mm
- 1400mm

Sumergencia [m]





## D | SOPORTE DE TUBERÍAS

Todas las bombas generan frecuencias vibratorias que se transmiten a las tuberías y a las estructuras a través de la conexión mecánica que tiene la bomba con todo el sistema. Hay dos frecuencias que están siempre presentes y a las cuales se podrían producir perturbaciones, una es la frecuencia de rotación de la bomba, llamada también frecuencia fundamental, y la otra es la frecuencia de paso de alabes (Número de alabes del impulsor \* la velocidad de rotación de la bomba). Estas frecuencias se pueden utilizar para determinar la longitud crítica de la tubería, esto es, la frecuencia natural a la flexión de una tubería llena de líquido.

- | Xylem recomienda que la distancia entre soportes de tubería se fije en el 70% de la longitud crítica para el primer modo de vibración. (para obtener ayuda con el cálculo de la longitud de la tubería, póngase en contacto con su representante local de Xylem).
- | Asegúrese de que las tuberías que se conectan a la bomba tengan un soporte ubicado 1/3 de la longitud crítica.
- | Soporte de manera adecuada los componentes más pesados del sistema, tales como las válvulas de compuerta, las válvulas check y las tuberías que van desde la bomba hasta las válvulas. Recuerde que la bomba no debe actuar como soporte de cualquier elemento del sistema, y debe estar libre de fuerzas y momentos permanentemente.
- | Dado que las vibraciones son independientes de la gravedad, deben colocarse también soportes horizontales, ya que son tan necesarios e importantes como los verticales. Tener en cuenta el alargamiento que se produce en las tuberías por efecto de la temperatura.
- | Los anclajes deben ser capaces de absorber y soportar de forma segura las cargas máximas que se producen en el sistema, esto es, la presión a descargas cerrada y los golpes de ariete.
- | Apoye la tubería con la estructura del sistema, esto es, vigas de soporte, muros, piso de la estación entre otros. Una vez más, no utilice la bomba como soporte de tuberías.

## E | ALTERNATIVA DE INSTALACIÓN FLEXIBLE

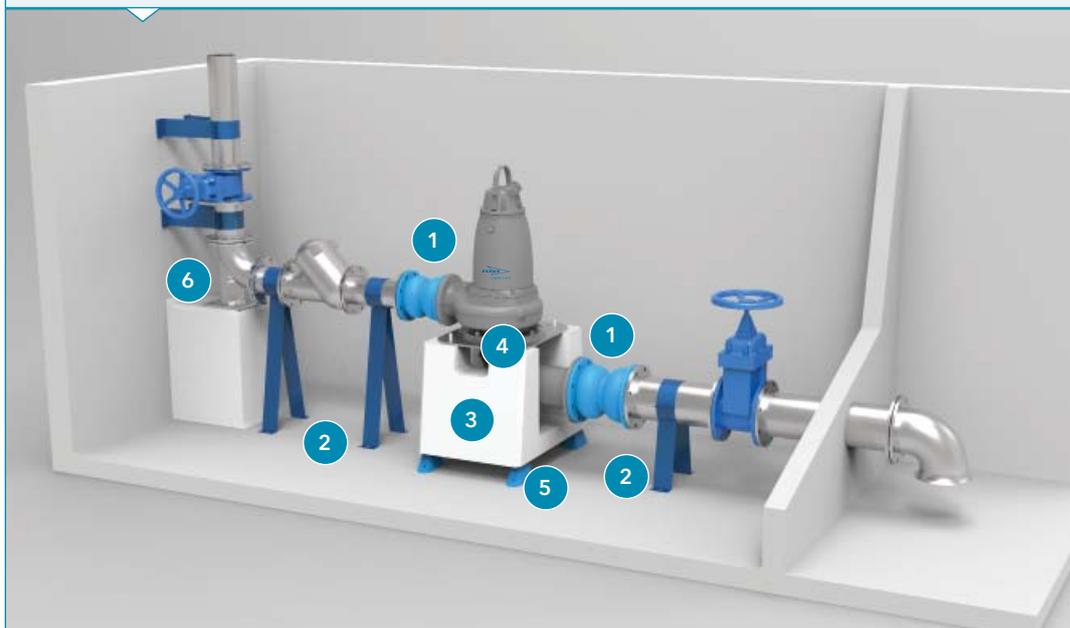
En algunos casos, puede ser necesario explorar métodos alternativos de instalación. Por ejemplo, pueden existir frecuencias naturales que dificulten o impidan reducir adecuadamente los niveles de vibración. Las aplicaciones de velocidad variable son mucho más propensas a experimentar estos problemas debido a la amplia gama de frecuencias de operación de las bombas.

Si se utilizan juntas flexibles, las tuberías deben estar bien ancladas. La presencia de juntas flexibles entre la bomba y las tuberías puede transformar las fluctuaciones de presión en

perturbaciones, causando vibraciones de gran magnitud en las tuberías y otras partes del sistema. Hay que tener en cuenta que pueden aparecer nuevos modos de vibración que deben ser minimizados para evitar daños en los componentes que integran el sistema. Las instalaciones flexibles son difíciles de diseñar y requieren de un profundo análisis para conseguir que el sistema funcione dinámicamente en una condición satisfactoria. Xylem recomienda que este tipo de instalación sólo sea diseñada por un ingeniero civil experimentado con amplios conocimientos en vibraciones mecánicas.

**Si se presenta o se espera que se manifieste alguna condición de resonancia en el sistema que no puede resolverse aumentando la rigidez del mismo, (añadiendo nuevos soportes, cambiándoles de posición, añadiendo más masa al sistema, entre otros), entonces considere las siguientes recomendaciones (ver dibujo descriptivo con las recomendaciones):**

- 1 | Coloque juntas flexibles en las bridas de succión y descarga de la bomba.
- 2 | Instale soportes a las tuberías inmediatamente adyacentes a las juntas flexibles.
- 3 | Diseñe la base de la bomba para que esta tenga una masa de al menos dos veces la masa de la bomba y del motor.
- 4 | Asegúrese de anclar de forma adecuada la bomba Flygt a la base, haga uso de todos los puntos de anclaje.
- 5 | Instale patas de apoyo de maquinaria a la base de la bomba o coloque aislamiento de goma o caucho entre la base y el suelo.
- 6 | Tenga en cuenta que debe soportarse la fuerza de la presión de los líquidos.





## F | LO QUE DEBE CONSIDERAR UN DISEÑO ÓPTIMO DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE FOSO SECO

Aparte de las bombas, hay una lista de aspectos que deben considerar en el diseño de toda estación de bombeo de foso seco para que su diseño sea óptimo. Estos son:

- | Facilidad de mantenimiento de las bombas (espacio libre).
- | Facilidad de desmontaje de las bombas en caso de que necesiten reparación (esto incluye los equipos de elevación adecuados).
- | Geometría dimensional de las tuberías para que se pueda colocar un caudalímetro considerando la exigencias de instalación (tramos rectos antes y después del caudalímetro).
- | Manómetros de succión y descarga para realización de pruebas y localización de averías en la estación.
- | Selección y colocación correcta de las válvulas.
- | Velocidad adecuada en las tuberías para garantizar el transporte de sólidos. Recuerde que esta debe ser de al menos 0,7 m/s. Tenga presente que en este tipo de estación se ha demostrado que las secciones de tuberías dispuesta en forma vertical no necesitan un aumento de la velocidad para garantizar el transporte de sólidos.
- | Posibilidad de realizar "bypass" en situaciones de emergencia o en caso de realizar alguna mejora o prueba.
- | Facilidad de conexión eléctrica de emergencia en caso de un apagón de larga duración, lo que incluye un generador in situ o la inclusión de una toma de corriente para un generador portátil.
- | Localización adecuada de los equipos eléctricos para que no estén expuesto en caso de inundación, así se garantiza la disponibilidad de la bomba en situaciones de emergencia.

**Asegúrese de que el diseño de la estación considere el tamaño apropiado y suficiente para que los equipos tengan un desempeño óptimo. También tenga presente el espacio que será requerido para dar mantenimiento a los equipos tanto en situaciones normales, como las de emergencia, donde podrían requerirse facilidades adicionales.**

El resultado de considerar los aspectos aquí señalados, redundará en una estación bien diseñada y con las facilidades adecuadas para que los equipos y las personas puedan trabajar de forma satisfactoria. En general, las estaciones de foso seco son más grandes que la de foso húmedo, dado que se necesita proporcionar de espacio adicional para acceder a las bombas, tuberías y válvulas.

## G | EFECTOS EN LA OPERACIÓN DE BOMBAS CON RUIDO Y VIBRACIONES

Cuando la bomba no se selecciona de forma adecuada, es muy probable que durante su funcionamiento se presenten ruido y vibraciones. Como se mencionó antes, hay una ventana operativa alrededor del punto de mejor eficiencia (BEP) donde la vibración y el ruido se reducen significativamente y el rendimiento es óptimo, así que moverse fuera de ese rango tendrá efectos adversos en su funcionamiento, ya que se produce recirculación interna y aumento de las velocidades del fluido dentro de la carcasa e impulsor. También hay casos donde elementos no relacionados con la bomba contribuyen a que se presenten fuertes ruidos y vibraciones. Una de ellos es cuando se utilizan válvulas cuyo cierre es muy lento. Si bien es cierto que los cierres lentos minimizan los efectos del golpe de ariete durante el arranque y la parada de la bomba, también es cierto que hacen que durante el tiempo de cierre o apertura la bomba opere por largos periodos a caudales muy bajos o incluso con la descarga cerrada (Shutoff), lo que producirá fuertes vibraciones, ruido, altas cargas radiales, cavitación, aumento de temperatura en los rodamientos, recirculación, entre otros. Efectos muy similares ocurren cuando una válvula se coloca cerca de un codo, ya que provocará inestabilidad del fluido, cavitación, ruido y por supuesto vibraciones.

### **El usos de Variadores de Frecuencia (VDF) también pueden ocasionar ruido y vibraciones de varias maneras, a saber:**

- | Si la frecuencia de resonancia del sistema está dentro del rango de funcionamiento de la bomba, el variador de frecuencia puede hacer que la bomba funcione a la frecuencia de resonancia, causando un aumento drástico de la vibración y ruido.
- | En los variadores de frecuencia hay un parámetro denominado "Frecuencia portadora". Esta es la frecuencia que controla la velocidad de activación y desactivación de los conmutadores de estado sólido del inversor de un variador de velocidad. Cuanto mayor sea la frecuencia de la portadora, más pulsos individuales serán necesarios para reproducir la frecuencia fundamental. Dicha frecuencia puede provocar que la bomba produzca "ruido" en el rango de la audición de las personas. Xylem recomienda ajustar la frecuencia portadora del variador de frecuencia en el rango de 2-3kHz.
- | Los variadores de frecuencia pueden reducir la velocidad de la bomba de tal forma que ésta empiece a funcionar en shutoff. Esto causará un aumento de la vibración y el ruido debido al flujo de recirculación en la carcasa de la bomba.



Cuando en la estación de bombeo se utilizan varias bombas que operan en paralelo y descargan a un manifold o distribuidor común, en la medida que una o varias bombas se alejen del BEP se producirán vibraciones que afectara a todos los equipos.

Esta situación se presentará de forma acentuada si el punto de selección de la bomba esta a la izquierda del BEP. Recordemos que cuando las bombas trabajan en paralelo en un sistema común, en la medida que mas bombas entran en operación, el punto operativo de cada una de ellas se desplaza más a la izquierda debido al aumento del flujo y en consecuencia, de las pérdidas del sistema.

Asegúrese de que en la fase de diseño se contemplen todas las posibilidades de funcionamiento (número de bombas en funcionamiento según la demanda, velocidad de operación, distintos puntos de bombeo con sus correspondientes sistemas de pérdidas, diferentes gravedades específicas, viscosidades, entre otros) de manera tal que en todas ellas estén presentes condiciones hidráulicas apropiadas. Recuerde que el sistema está compuesto de múltiples elementos con distintas masas, rigidez, velocidades de paso de fluido, coeficientes de amortiguación, etc; cada uno con su propia frecuencia natural, que al integrarse a un sistema pueden provocar condiciones resonantes si la frecuencia de excitación producida por algún componente coincide con la frecuencia natural de algún otro. Es decir los componentes de un sistema no operan de forma aislada, sino que interactúan entre sí. Por ejemplo, una bomba esta integrada por un motor que tiene una masa y rigidez particular que gira a ciertas revoluciones por minuto (rpm), este elemento se conecta a través de un eje común con el extremo hidráulico de la bomba compuesto por el impulsor, la carcasa, el sello mecánico y otros elementos. Este extremo hidráulico también tiene su propia frecuencia natural. Si la rotación del motor excita la frecuencia natural del extremo hidráulico entonces la bomba estará sometida a resonancia, y en consecuencia a fuertes vibraciones y ruido mientras que la frecuencia de excitación este presente.

Como hemos mencionado antes, las condiciones de resonancia y las vibraciones que ella produce, son mucho mas comunes en sistemas que operan con variación de velocidad. Así, es probable que en un rango de velocidad el sistema funcione perfectamente bien, mientras que en algún rango distinto de velocidad alguna bomba en particular u otro componente presente vibraciones a causa de la resonancia.

En aplicaciones de bombeo de lodos, se pueden presentar vibraciones, ruido e incluso aumento de la temperatura del motor según cambie la viscosidad, la gravedad específica del fluido, o la concentración de sólidos que se maneje

en determinado momento. Recuerde que la potencia del motor varía de forma directamente proporcional con la gravedad específica, y que también un aumento de la viscosidad provoca no sólo un mayor consumo de potencia sino un cambio importante en la curva de funcionamiento de la bomba.

## G1

### MEJORAS Y ACTUALIZACIONES DE ESTACIONES DE BOMBEO DE FOSO SECO - PROBLEMAS DE RUIDO Y VIBRACIÓN

La mejora de una estación de bombeo de foso seco, o de cualquier otro tipo, debe analizarse en profundidad para evitar que "la mejora" termine en una manifestación de problemas que antes no se presentaban, muy particularmente cuando se trata de aspectos de vibración y ruido. En ocasión de realizar una mejora considere los siguientes aspectos:

- | El cambio de tuberías durante la modernización y/o actualización de una estación de bombeo puede afectar en gran medida a la longitud crítica del sistema. Durante este proceso, es común que se sustituyan tuberías por otras que tengan diferentes densidades, pesos, dimensiones, y en general características físicas y dinámicas distintas que podrían "activar" la frecuencia de resonancia del sistema, a pesar que antes de la modificación no había problema alguno. Algunos materiales de las tuberías, como el hierro fundido, no transmiten bien el sonido. Retirar estas tuberías y sustituirlas por otras de acero o acero inoxidable puede provocar un aumento del ruido y vibraciones.
- | Al modernizar la estación de bombeo, la nueva bomba puede tener una velocidad de rotación más alta o un impulsor con un mayor número de alabes que la bomba antigua. Esto puede hacer que cambie la frecuencia de excitación de la bomba o de otro componente del sistema, creando un problema de vibraciones donde antes no lo había.
- | Las bombas de diseño antiguo utilizaban por lo general codos en la succión que funcionaban al mismo tiempo como soporte de anclaje, o también estructuras metálicas independientes que se anclaban al piso de la estación. El uso de este tipo de soportes con bombas nuevas puede causar mayores vibraciones en el sistema, ya que no tienen suficiente peso y rigidez para amortiguar las vibraciones producidas por la nueva bomba y su motor. Las limitaciones de espacio en la antigua estación también podría impedir el uso de una base de concreto que reúna todas las características de dimensiones, peso, factor de amortiguación y densidad que serían requeridas para que la bomba opere dentro de un rango de vibraciones aceptables. En consecuencia, si no se puede cambiar la forma de anclaje para soportar la nueva bomba, el cambio podría traer consigo un aumento de vibraciones de mayor nivel al había antes de la actualización de la estación de bombeo.



Consulte los puntos mencionados en la sección "Lo que debe considerar un diseño óptimo de una estación de bombeo de foso seco" cuando considere realizar una actualización, de forma tal de asegurarse de incluir elementos que permitan la realización de mantenimiento, así como también facilidades para la instalación de instrumentos (flujómetros, manómetros de succión & descarga) que le ayuden a localizar averías, "bypass" para cambio de bombas o realización de pruebas, y en general aspectos que aseguren una correcta y eficiente actualización. Xylem puede proporcionar asistencia en el diseño cuando requiera la modernización de su estación de bombeo de foso seco. Nuestra ingeniería y experiencia pueden ayudar a evaluar problemas potenciales y proporcionar asistencia para resolverlos.

## G2

### REDUCCIÓN DEL RUIDO

Reducir el ruido en una estación de bombeo de foso seco puede ser un reto, dado que la mayoría de estas estaciones incluyen muchos elementos que emiten (bombas, tuberías y válvulas) y transmiten ruido, además paredes, techos y pisos construidos en concreto, material que como sabemos, es altamente reflectante del sonido. Xylem ha identificado tres soluciones diferentes y ha evaluado el efecto que pueden tener en la reducción del ruido en una estación de foso seco típica. El cerramiento del aislamiento acústico más común consiste en una estructura de tipo sándwich construida con capas de lana mineral entre chapas metálicas perforadas.

Considere las siguientes alternativas para la reducción del ruido:

- | Aislamiento de bombas: Este método consiste en crear un recinto que rodee completamente la bomba, excepto donde se encuentran las conexiones de las tuberías. El uso de este tipo de aislamiento acústico puede reducir la presión sonora en una estación en un 15%. Asegurarse de que el motor de la bomba no experimente temperaturas excesivas debido al encerramiento.
- | Aislamiento de tuberías: El agua a presión que circula por las tuberías transmitirá el sonido al entorno exterior del mismo modo que una bomba. Aísle los tramos largos de tuberías de forma similar a una bomba. Xylem estima que encerrar las tuberías en una estación reducirá la presión sonora en una estación de pozo seco en un 25%.

- | Aislamiento de superficies: La última posibilidad es cubrir las paredes y el techo con un revestimiento que reduzca el sonido. Esto evita que el sonido se refleje y cree ecos. Cubrir el techo con un excelente material fono absorbente puede reducir la presión sonora hasta un 50%, mientras que cubrir el techo y las paredes puede reducir la presión sonora hasta un 60%.

La implementación de estas alternativas en una estación de foso seco pueden reducir la presión de sonido hasta en un 80%.

En una estación de foso seco, el ruido generado puede transmitirse al entorno exterior, lo que dará lugar a quejas, muy particularmente si la estación esta ubicada en zonas residenciales o industriales donde habitan y trabajan personas.

**Para que esto no ocurra le sugerimos implementar las siguientes recomendaciones:**

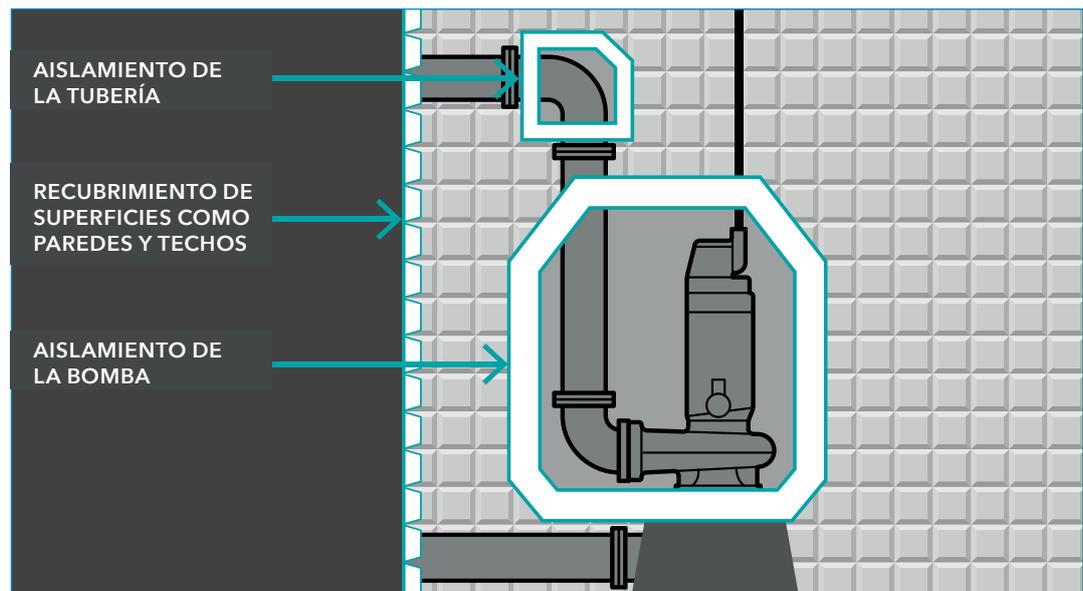
- | Evitar la transmisión de ruidos y vibraciones a las partes mas débiles de la estructura del edificio mediante el uso de anclajes apropiados y suficientemente rígidos para las tuberías, válvulas, bombas y otros componentes mayores del sistema.
- | Utilice bujes de goma o un dispositivos similares entre las tuberías, los soportes y las paredes que no presenten suficiente rigidez
- | Evite canales abiertos, como conductos de ventilación, puertas en forma de persianas que puedan transmitir el ruido.

**Si desea que Xylem le ayude en la estimación de la reducción de ruido de su estación, por favor reúna la siguiente información y contáctenos:**

- | Tamaño de la estación (Largo x ancho x alto)
- | Cantidad de bombas en la estación.
- | Material de las paredes, el suelo y el techo.



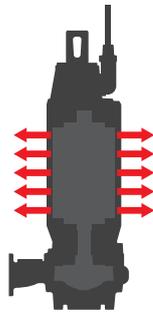
Con la información anterior podemos estimar el nivel de ruido en su estación y estimar la reducción del sonido mediante la implementación de las soluciones aquí indicadas.



## H | TEMPERATURA DE LA CARCASA DEL MOTOR

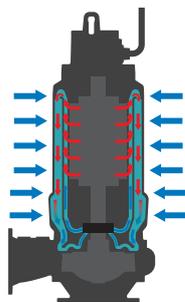
Dado que el agua es un medio de refrigeración mucho más eficiente que el aire, el uso de bombas sumergibles en fosos secos puede provocar que la temperatura de la carcasa del motor sea mucho más alta que la superficie de los motores enfriados por aire. Es importante conocer cuando y dónde el calor del motor representa un riesgo potencial para la salud y la seguridad de las personas, de modo que se pueda advertir de manera apropiada sobre la presencia de este riesgo.

Existen cuatro métodos comunes para refrigerar el motor sumergible de una bomba Flygt:



**Contacto directo de la superficie con el fluido bombeado o con el aire exterior.**

Los motores con enfriamiento directo son los que requieren mayor atención en lo que se refiere al riesgo que pueden representar para la salud y la seguridad de las personas. El motor de la bomba, cuando es enfriado por el aire exterior, puede calentarse lo suficiente como para provocar quemaduras al contacto con la piel, mientras que puede funcionar muy frío cuando se encuentra sumergido. En general, se utiliza el enfriamiento directo cuando las potencias de los motores son inferiores a 7,4 Kw (~10 HP). Los motores de imanes permanentes de arranque en línea (Line Started Permanent Magnet, LSPM) de pequeñas potencias son de enfriamiento directo, y debido a que son muy eficientes, y las pérdidas son mínimas, la temperatura superficial no es de consideración.



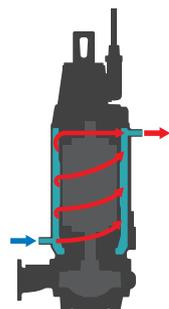
**Sistema de enfriamiento de circuito cerrado con fluido que circula alrededor del motor.**

Por lo general, los sistemas de enfriamiento de circuito cerrado tienen una temperatura superficial baja. La mayor parte del calor se transfiere desde el motor a través de la interfaz motor/bomba y, por lo tanto, al medio bombeado. No obstante, hay un diseño particular de estos motores que utilizan aceite en su circuito de enfriamiento, en estos casos la temperatura superficial puede ser alta y por tanto producir quemaduras al contacto con la piel. Asegúrese de conocer que tipo de sistema de enfriamiento de circuito cerrado tiene su bomba sumergible para colocar la advertencia correspondiente.



**Sistema de enfriamiento de circuito abierto con el medio bombeado circulando alrededor del motor**

Los sistemas de enfriamiento de circuito abierto también tienden a tener una temperatura superficial baja. En este tipo de sistema, una parte del líquido bombeado pasa por el motor y luego vuelve a la bomba. Este tipo de sistema suele emplearse en bombas sumergibles más grandes.



**Sistema de enfriamiento de circuito cerrado con una fuente externa de fluido. Este sistema puede utilizar o no un intercambiador de calor.**

Los sistemas de enfriamiento de circuito abierto también pueden convertirse en un sistema de circuito cerrado mediante el uso de una fuente externa de agua que proporciona el enfriamiento. En algunas aplicaciones esta opción puede ser preferible. Dependiendo de la naturaleza del sistema de agua de enfriamiento, puede ser necesario el uso de un intercambiador de calor externo para mantener refrigerado el motor. En estos casos, la temperatura superficial estará directamente relacionada con la temperatura del fluido externo usado como medio de enfriamiento.



## I | CEBADO DE LAS BOMBAS DE FOSO SECO

Las bombas sumergibles Flygt no son autocebantes, por lo tanto el diseño de la estación de bombeo debe considerar algún método para poder inundar el interior de la bomba con el fluido a bombear y desalojar todo el aire de su interior para que esta pueda operar de forma satisfactoria. En algunos diseños el proceso de cebado puede ser engorroso.

Afortunadamente el cebado es una operación que no se requiere hacer con mucha frecuencia. Normalmente se realiza cuando se instala la bomba por primera vez, luego de una reparación o en otras situaciones poco comunes. Así, en la gran mayoría de los casos el cebado se realiza de forma manual.

### **A continuación se presentan algunas sugerencias para desalojar el aire de la bomba y por tanto poder realizar el cebado en estaciones de foso seco:**

- | Utilice una válvula tipo ventosa. Conecte la salida de la válvula al desagüe para que en caso de que se presente fugas de la válvula por un desperfecto en el sello, las aguas residuales no afecten el lado seco de la estación.
- | Coloque en la descarga de la bomba una válvula de cierre manual y conecte la salida de esta al desagüe de manera de evitar que al desalojar el aire se derramen también aguas residuales derramen que afecte la limpieza de la estación.
- | Coloque a la descarga de la bomba una línea de recirculación simple que descargue al lado líquido del foso. Esta línea puede estar siempre abierta (cebado automático) o ser abierta manualmente (cebado controlado por el operador). La opción de tener la línea siempre abierta solo debe utilizarse exclusivamente en estaciones pequeñas y que operen por periodos cortos, dado que el tener una recirculación permanente al foso afectará de forma importante la eficiencia de la estación de bombeo.

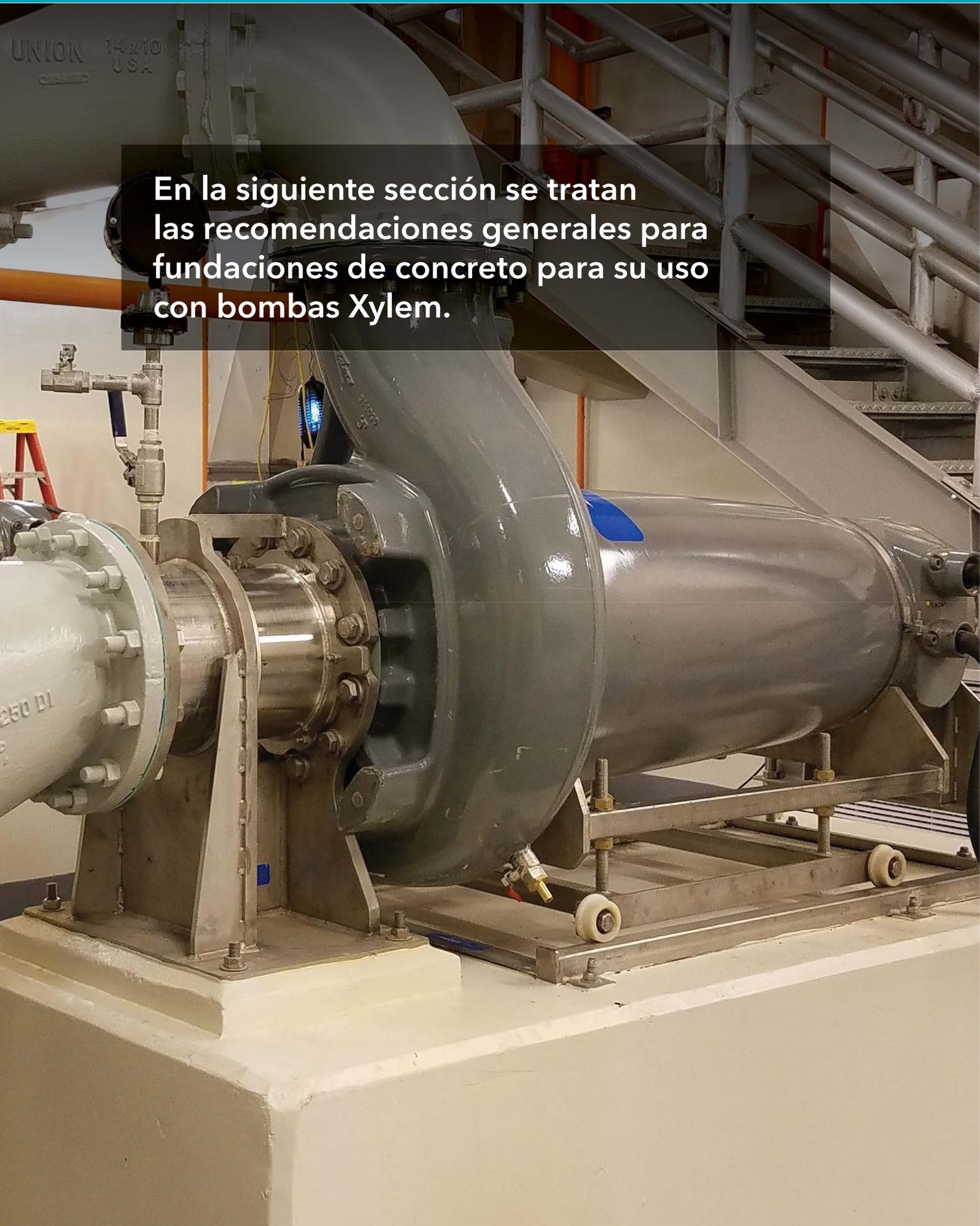
En los casos donde la fuente del líquido a bombear este por debajo del impulsor de la bomba (Succión negativa) se debe implementar un sistema de cebado con bomba de vacío ya que de lo contrario no se podrá realizar el cebado.

Se requiere de consideraciones muy especiales cuando en estaciones de foso seco, se utilizan sentinas auto-limpiante ya que algunas de las bombas podrían estar expuestas a succión negativa y por tanto dificultar el cebado. En estos casos hay que asegurarse que luego del ciclo de limpieza el nivel dentro de la cámara húmeda, ascienda hasta que el nivel este por encima de la línea central del impulsor de todas las bombas. En aplicaciones de bombeo de lodo con bombas centrífugas también se requiere de cuidados especiales para realizar el cebado, ya que este tipo de bombas tienen una capacidad muy limitada para "arrastrar" el lodo por la tubería de succión. Asegúrese que la línea de succión tenga muy pocas restricciones para que el lodo pueda fluir libremente hacia la succión de la bomba. El bombeo de lodos requiere un mayor NPSHA, así que lo que pueda hacer para minimizar las pérdidas contribuirá de forma positiva tanto al cebado como a la operación normal de la bomba.

La selección y colocación de la válvula de retención (Válvula check), como en los casos que mencionamos antes, requiere también de consideraciones muy especiales. Debido a que el aire es un fluido compresible, y por tanto se puede comprimir, en determinadas situaciones la bomba podría no ser capaz de abrir la válvula check. Esto es particularmente cierto en aplicaciones donde la distancia entre la descarga de la bomba y la válvula check es muy corta y/o cuando la carga estática aguas abajo de la compuerta de cierre de la check es muy alta. Si las dos situaciones se presentan y no se dispone de un método de cebado manual o automático, es poco probable que se pueda abrir la válvula check y por tanto la bomba no podrá funcionar.



En la siguiente sección se tratan las recomendaciones generales para fundaciones de concreto para su uso con bombas Xylem.



Se advierte al lector que hay casos donde las recomendaciones que damos a continuación no son aplicables. Esto incluye áreas donde las regulaciones locales reemplazan cualquiera de estas recomendaciones y/o áreas donde se deba diseñar para una clasificación sísmica particular. Siempre compruebe con las autoridades locales qué requisitos existen para la instalación de equipos en una localidad determinada. Asegúrese que un ingeniero civil experto y certificado, que este familiarizado con los requisitos locales, realice una revisión del diseño y de la recomendación final y el diseño antes de ejecutar la obra civil.

#### Ejemplo de bomba sumergible Flygt instalada en cámara seca de manera horizontal



La imagen anterior muestra una bomba instalada de forma horizontal en un foso seco, con una línea de succión con su correspondiente soporte, una válvula de compuerta, y un riel o trineo de servicio. Este es un ejemplo del tipo de arreglo que debe colocarse en una fundación de concreto.

#### **Antes de hacer algún diseño para una fundación de concreto le recomendamos realizar las siguientes verificaciones:**

- | Consulte los dibujos dimensionales de los equipos de bombeo que se instalarán para obtener una descripción general completa del tamaño y el peso de los equipos.
- | Revise el manual de instalación, operación y mantenimiento de la bomba para determinar todos los requerimientos necesarios, incluyendo accesorios e instrumentación, que serán requeridos para que el equipo funcione dentro del sistema de forma óptima.
- | Revise las recomendaciones que damos en este apartado del manual. Estas recomendaciones incluyen las mejores prácticas y elementos que no deben olvidarse cuando se trabaja con el diseño de fundaciones.



CONSULTE EL MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACION Y MANTENIMIENTO Y ASI COMO LOS DIBUJOS DIMENSIONALES.

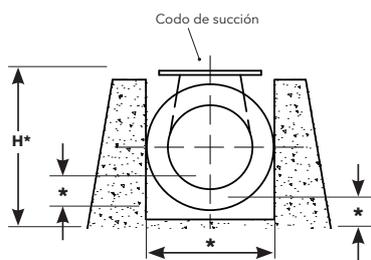
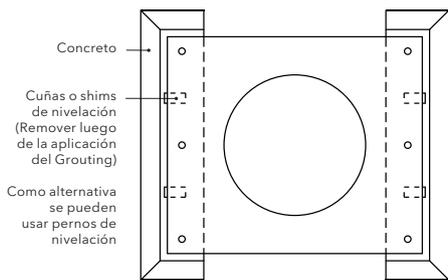


## A | RECOMENDACIONES GENERALES PARA PEDESTALES Y FUNDACIONES DE CONCRETO

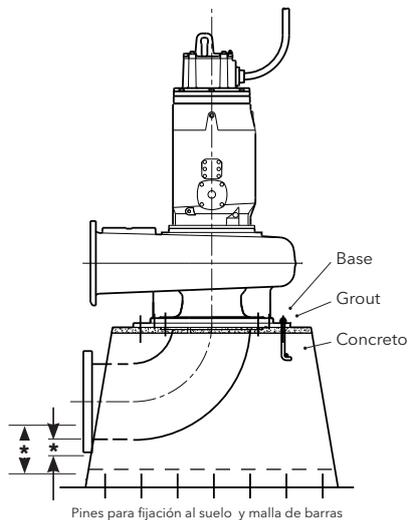
Las recomendaciones generales que presentamos a continuación son aplicables tanto para fundaciones de concreto en bombas instaladas de forma horizontal o bombas verticales pequeñas como para pedestales de concreto en bombas grandes instaladas verticalmente.

- | Coloque barras de refuerzos tanto en pedestales como en las fundaciones, y conéctelos con las barras de refuerzo del piso cuando sea posible. Esto proporcionará mejor anclaje de toda la fundación haciendo de esta una estructura monolítica.
- | Mantenga la altura total del pedestal o fundación, (concreto más grouting o mortero de nivelación) lo más baja posible, pero siempre asegurándose que permita la colocación de los tornillos de las bridas, la correcta alineación de las tuberías y por supuesto que estas no descansen directamente en el suelo.
- | Asegúrese que las dimensiones de los pedestales (largo, ancho, profundidad) o de la fundación cumplan con las regulaciones de diseño de ingeniería civil de la normativa local aplicable.
- | Verifique que el ancho y el largo de la fundación / pedestales sea lo suficientemente grande para asegurar que la totalidad de las superficies destinadas para el apoyo de la bomba queden completamente soportada dentro de ellas. También que exista suficiente distancia entre los pernos de anclaje y los bordes de la fundación / pedestales. Consulte cuanto debe ser la distancia mínima según el sistema de anclaje que haya elegido. En los planos dimensionales de la bomba encontrará los requisitos del sistema de anclaje que debe ser utilizado.
- | Para bombas instaladas verticalmente compruebe que la distancia entre los pedestales sea suficiente para permitir el paso de la brida de succión / codo de la bomba de forma holgada. Recuerde que durante la vida útil de la bomba esta será montada y desmontada varias veces y esta operación debe poder realizarse con facilidad. Piense siempre que nuestro diseño puede hacer las labores de mantenimiento mas fácil y seguro.

### Ejemplo de fundación para la instalación de una bomba grande montada verticalmente



\*\* Distancia mínima requerida para la instalación de la tubería / Codo de succión

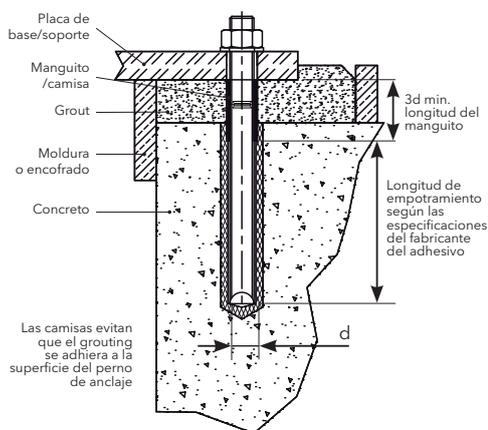


- | Tenga en cuenta el espacio necesario para el acceso y colocación de las herramientas que se utilizarán para el apriete de los pernos de anclaje, así como también la distancias suficientes para la colocación del riel o trineo de servicio en caso que este se emplee.
- | Asegúrese de que el concreto utilizado así como los refuerzos, tengan la resistencia suficiente para soportar el peso de la bomba, los accesorios, las fuerzas dinámicas generada por la bomba y el peso del líquido. En general la fundación debe poder soportar todas la cargas que actuarán sobre ella. Para las bombas instaladas horizontalmente, y que estén equipadas con riel o trineo de servicio, recuerde que el peso del motor se desplazará en la fundación al momento de realizar una operación de mantenimiento, así que la movilización de esta carga también debe ser considerada en el diseño.
- | Consulte los detalles de diseño específicos con un ingeniero civil experimentado en diseño de fundaciones.

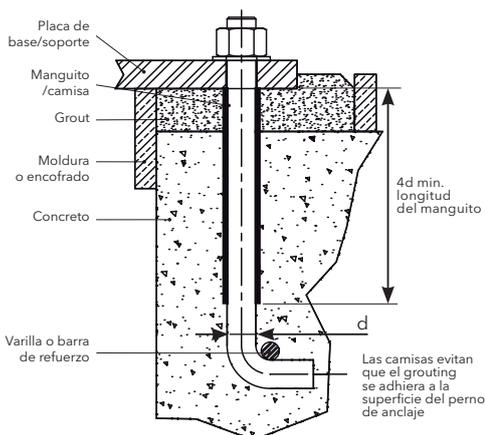


## B | RECOMENDACIONES DE ANCLAJE

### Instalación con anclajes de epoxi químico



### Instalación con anclajes mecánico vaciado en sitio. (Anclaje tipo J)



Los pernos de anclaje por fijación de compuesto químico, comúnmente llamados anclajes químicos, pueden utilizarse para el anclaje de las bombas Xylem, pero la unión suele degradarse con el paso del tiempo, haciendo que estos se comporten de forma elástica en comparación con los anclaje mecánicos que son vaciados en sitio, y son conectados a las barras de refuerzo de la fundación. Por lo tanto si va a instalar una bomba vertical de gran tamaño en un foso seco, recomendamos el uso de los anclajes mecánicos que brindarán una fijación mucho mas robusta.

Asegúrese de usar cera entre la camisa del perno de anclaje y el perno para evitar que el grout o el concreto se adhiera a su superficie. De esta forma se evitará el agrietamiento al dar la carga de apriete al perno de anclaje.

Aplicar el torque o par de apriete especificado en tres pasos: esto es una primera pasada al 33% del par máximo, una segunda pasada al 66% del par máximo y la pasada final al 100% del par máximo. Entre una pasada y la siguiente invierta el sentido en el que se realiza el apriete.

Una vez que se han realizado las pruebas iniciales de arranque de la bomba, verifique que no se haya producido la relajación del torque de apriete de los pernos de anclaje. Si así fuera, repita el procedimiento de apriete descrito anteriormente. Luego de las primeras 50 horas de funcionamiento verifique nuevamente. Recuerde que es muy importante que la bomba quede correctamente fija a la fundación para que no se produzcan vibraciones y daño de la bomba.

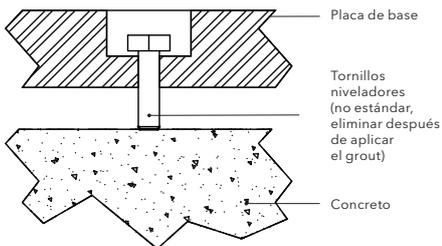
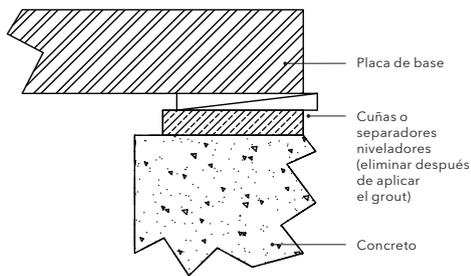
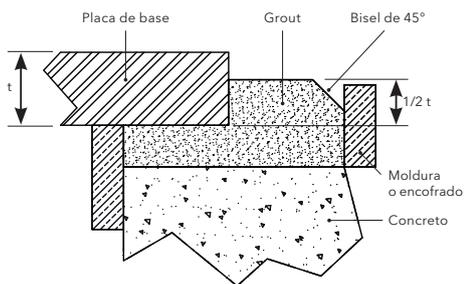
## C | ACCESORIOS DE LAS BOMBAS

Asegúrese de que exista contacto entre toda la longitud de la base, los rieles y/o los soportes con la fundación. No utilice elementos de nivelación como arandelas, ya que esto puede hacer que en algunas zonas de la superficie de soporte de la bomba queden sin el debido apoyo. Si se requiere de la colocación de grout o mortero de nivelación siga las siguientes recomendaciones:

- | Consulte el manual de instalación, operación y mantenimiento de su bomba en particular a fin de asegurarse de seguir todas las instrucciones requeridas para su correcta instalación, incluyendo todos los accesorios que allí se indican. Dado que las instrucciones y requerimientos cambian de un modelo y/o tamaño a otro, es importante que utilice solo el manual que corresponde al equipo que va a instalar, léalo completamente, familiarícese y siga todas las indicaciones proporcionadas.
- | Instale y nivele la base, los rieles y/o los soportes únicamente (sin la bomba) utilizando bloques de acero y cuñas de nivelación. Antes de nivelar y vaciar el grout, asegúrese de cubrir los elementos de nivelación así como también los pernos de anclaje con un aceite liviano o cera con el propósito de evitar adherencia y poder removerlos luego con facilidad.
- | Después de la nivelación y antes de colocar el grout, aplique un torque ligero (30 % del par máximo) a todos los pernos de anclaje. No aplique el grout hasta verificar nuevamente que luego de la aplicación de esta pre carga la nivelación no se ha modificado.
- | No utilice tuercas de nivelación en los pernos de anclajes, ya que luego de la aplicación y curado del grout no podrá realizar el apriete de ellos.
- | Es recomendable que las calzas o shims de nivelación utilizados sean pequeños, y que estos se coloquen lo mas lejos posible de los pernos de anclaje para que los agujeros que queden al removerlos no afecten la resistencia del grout. Una forma alternativa de hacer la nivelación consiste en el uso de pernos de nivelación (Este tipo de dispositivo no es un estándar en los equipos suministrados por Xylem). Para ello es necesario realizar perforaciones roscadas en la placa o base que quedará en contacto con el grout y colocar tornillos que al apretarlos hagan contacto con la fundación de concreto y permitan hacer la nivelación. Es importante que a la rosca de los tornillos de nivelación se le coloque algún lubricante o cera para que no se adhieran al grout y puedan ser removidos luego del curado. Posteriormente hay que retirarlos y rellenar los huecos con grout para permitir un completo asentamiento de la base, los rieles y soportes.
- | Consulte las recomendaciones del proveedor del grout en cuanto al espesor y procedimiento de aplicación.



### Detalles de la nivelación y grout



Al verter el grout asegúrese que este fluya por debajo de la base, los rieles y los soportes y que entre en contacto con todas las superficies de apoyo y que no quedes espacios vacíos o con aire atrapado. También permita que el grout quede 1/2" por encima del borde inferior de la base o placa de apoyo. (ver los detalles de la página siguiente para una mejor comprensión)

Coloque cera alrededor de los shims o bloque de nivelación, para que el grout no de adhiera a ellos y puedan ser retirados una vez que el grout se haya curado. Los espacios vacíos que queden al retirar estos elementos deben ser rellanados con grout.

Recuerde dar a los bordes de la terminación del grout, alrededor de la fundación, un bisel de 45 grados.



SI NECESITA INFORMACIÓN DETALLADA, COMUNÍQUESE CON EL REPRESENTANTE LOCAL DE XYLEM.

### RECOMENDACIONES DE DISEÑO

PARA ESTACIONES DE BOMBEO EN LAS QUE SE UTILICEN BOMBAS AXIALES O CENTRÍFUGAS FLYGT





El diseño del foso debe garantizar que el fluido ingrese a las bombas de forma óptima para que estas tengan un excelente desempeño.



Las siguientes secciones le ayudarán a incorporar en sus diseños las bombas sumergidas de flujo axial Flygt, también conocidas como bombas de hélice, en diferentes aplicaciones de bombeo.

**Asegúrese de que se cumplan los siguientes requisitos importantes:**

- | Implemente un sistema para que el flujo ingrese uniformemente a la bomba.
- | Evitar la pre-rotación del fluido bajo las bombas.
- | Minimizar el ingreso de aire al impulsor.
- | Facilitar el transporte de todos los sólidos que se encuentra en el fondo del foso o en suspensión.

El diseño de las estaciones de bombeo estándar Flygt puede utilizarse tal cual o con las variaciones adecuadas, previa revisión por parte de los ingenieros de Flygt.



## A | INTRODUCCIÓN - BOMBAS DE HÉLICE (PL) Y DE FLUJO MIXTO (LL) FLYGT

Las bombas sumergibles de hélice y de flujo mixto de instalación vertical Flygt se han utilizado en una amplia variedad de aplicaciones en las que se requiere bombear grandes volúmenes de agua. Algunas aplicaciones típicas son:

- | Estaciones de bombeo de aguas de lluvia.
- | Estaciones de control de inundaciones y de compuertas de bombeo.
- | Plantas de tratamiento de aguas residuales.
- | Sistemas de drenaje y riego.
- | Granjas de cría de peces.



- | Centrales de generación eléctrica
- | Astilleros navales
- | Parques de atracciones

**Las bombas sumergibles Flygt de hélice (PL )y de flujo mixto (LL) ofrecen las siguientes ventajas:**

- | Diseño compacto. La bomba y el motor conforman una sola pieza
- | Sistema de lubricación integrado
- | Sin sistema de enfriamiento externo
- | Bajo nivel de ruido
- | Rápida conexión y desconexión para instalación e inspección
- | Su instalación requiere mínima infraestructura
- | Sistema de tuberías muy simple

Las bombas Flygt PL y LL suelen instalarse en una tubería de descarga vertical que descansa sobre una brida de soporte incorporada en el extremo inferior de la tubería. No se necesita anclaje porque el peso de la bomba y el empuje hidráulico son suficientes para mantenerla en su lugar. Las bombas cuentan con un fuelle antirrotación, que hace que la instalación sea lo más simple posible. la bomba se instala en el tubo de descarga con un polipasto o una grúa y se extrae con la misma facilidad.

Además, estas bombas tienen la posibilidad de instalarse de manera horizontal, inclinada e incluso en balsas. En el caso de estas instalaciones alternativas, es necesario tener en cuenta consideraciones adicionales con respecto a los detalles de la instalación para asegurar un acceso confiable y fácil a las bombas.

**Comuníquese con el representante local de Xylem para obtener más información y ayuda en estos tipos de instalaciones si son las más adecuadas para su sitio.**

## **B | CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO PARA BOMBAS PL Y LL**

Debido a la naturaleza de las bombas axiales y de flujo mixto, es de vital importancia la manera en que el agua fluye hacia las bombas. Esto se debe a que las bombas axiales y de flujo mixto se ven afectadas en gran medida por las condiciones hidráulicas adversas.

Lo ideal es que el caudal a la entrada de la bomba sea uniforme y constante, sin remolinos, vórtices ni arrastre de aire.

Tenga presente las siguientes consideraciones para el diseño de su estación de bombeo:

- | Un caudal no uniforme en la entrada de la bomba puede provocar cargas pulsantes en las palas o alabes de la hélice, lo que se traduce en ruido, vibraciones y una reducción de la eficiencia.
- | Los remolinos en la succión pueden cambiar la altura, el caudal, la eficiencia y la potencia de forma adversa. También puede aumentar el riesgo de formación de vórtices.
- | Los vórtices que contienen un núcleo coherente pueden causar discontinuidades en el flujo y provocar ruido, vibraciones y cavitación localizada. Los vórtices que provienen desde la superficie libre pueden llegar a ser lo suficientemente potentes como para arrastrar aire y residuos en suspensión al interior de la bomba.
- | El aire arrastrado puede reducir el caudal y la eficiencia, provocando ruido, vibraciones, fluctuaciones de carga y los consiguientes daños físicos.

La experiencia con diseños comprobados brinda valiosas directrices para el diseño de estaciones de bombeo múltiple. Las adaptaciones de los diseños existentes suelen proporcionar soluciones a problemas complejos, incluso sin pruebas de modelos. Xylem tiene una amplia experiencia basada en muchos proyectos exitosos, y los servicios de nuestros ingenieros calificados siempre están a disposición. Para obtener información sobre aplicaciones especiales fuera del alcance de este manual, comuníquese con el representante local de Xylem a fin de obtener ayuda.

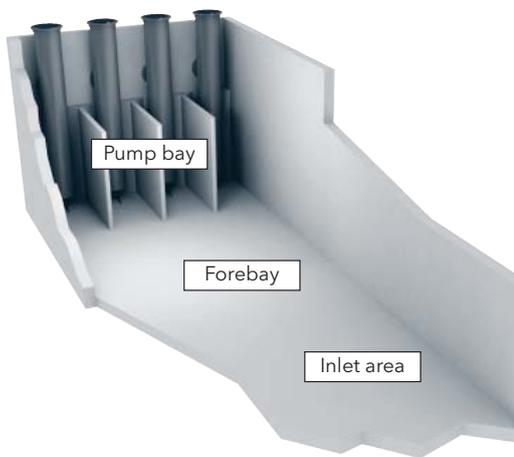
Los sistemas de bombeo múltiple brindan mayor capacidad, flexibilidad de funcionamiento y más confiabilidad, y esa es la razón por la que las estaciones de bombeo suelen contar con dos o más bombas.

La transición al foso -ya sea divergente, convergente o giratoria- debe dar como resultado un caudal casi uniforme a la entrada del foso. Se deben evitar obstáculos que generen estelas que interfieran con el flujo de aproximación así como también gradientes de velocidad elevados, separación del flujo de las paredes y arrastre de aire.

En las estaciones de bombeo existen tres zonas hidráulicas importantes: entrada, antecámara y compartimento o bahía de la bomba.



## C | ZONAS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO CON BOMBAS AXIALES



### C1

#### ENTRADA

La entrada transporta agua a la estación de bombeo desde una fuente de suministro como una alcantarilla, un canal o un río. La entrada suele tener una estructura de control, como un vertedero o una compuerta.

### C2

#### ANTECÁMARA

La antecámara, dirige el caudal hacia los compartimientos de bombeo y garantiza que el caudal sea uniforme y constante. Dado que el caudal que llega a cada compartimiento de bombeo debe ser constante y uniforme, es fundamental que el diseño de la antecámara siga los lineamientos de este manual. El diseño de la antecámara depende de la aproximación del agua a la estación de bombeo desde entrada. Esta aproximación suele ser paralela a la línea central del foso, que es la disposición preferida, o perpendicular a la línea central del foso.

### C3

#### COMPARTIMENTO DE LA BOMBA

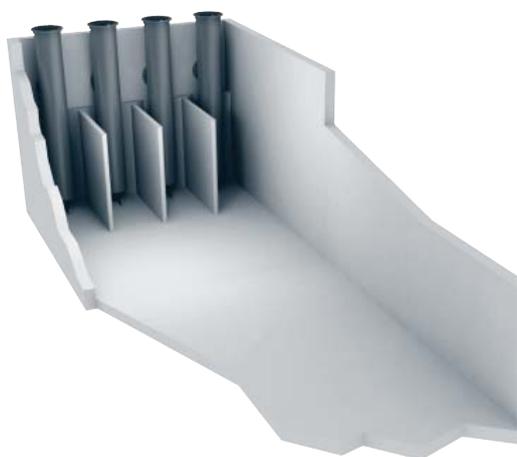
En la práctica, solo el diseño del compartimento de la bomba puede estandarizarse para un determinado tipo de bomba. Un compartimento bien diseñado es un requisito previo para una aproximación óptima del caudal a las bombas, pero no garantiza necesariamente unas condiciones de caudal correctas. Una mala aproximación al compartimento de bombas puede perturbar el caudal en la succión de la bomba. Como regla general, la velocidad de proximación a las bahías de bombas individuales no debe superar los 0,5 m/s. Las dimensiones de los compartimentos de bombas individuales dependen del tamaño de la bomba y del caudal, que se indican en las secciones siguientes.

## D | CONSIDERACIONES DE LA ENTRADA

La forma en la que el agua se aproxima a la estación de bombeo (la entrada) es de suma importancia en el diseño de una estación de bombeo. Los dos puntos siguientes cubren las formas principales en que el agua se lleva a una estación de bombeo con bombas axiales.

### D1

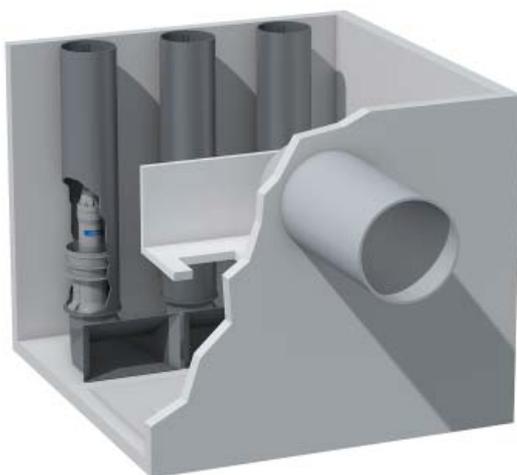
#### ENTRADA FRONTAL A LA ESTACIÓN



Cuando el agua se aproxima a la estación desde una fuente de suministro frontal, como una alcantarilla o un canal, las bombas deben colocarse simétricamente a la línea central de entrada sin cambiar la dirección del caudal que se aproxima. Si el ancho de la entrada es menor que el ancho total de las bahías o compartimientos de bombeo, la antecámara debe divergir simétricamente. El ángulo total de divergencia no debe exceder de  $20^\circ$  para el diseño de toma de foso abierto o de  $40^\circ$  para el diseño de toma cerrada. La pendiente del fondo de la presa no debe ser superior a  $10^\circ$ . Si no pueden cumplirse estos parámetros, deberán utilizarse dispositivos de dirección del flujo para mejorar la distribución de velocidad en el canal. Cuando se requiere de la colocación de direccionadores de flujo o cuando el diseño es más complejo se deben usar modelos hidráulicos a escalas o simulación CFD para lograr diseños adecuados.

### D2

#### ENTRADA FRONTAL ALTA, ENTRADA LATERAL ALTA O ENTRADA LATERAL BAJA A LA ESTACIÓN



Cuando la entrada a la estación esté situada a un nivel superior o perpendicular al eje de los compartimientos de bombeo, utilice una cámara de entrada o un vertedero / rebosadero para ayudar a redistribuir el caudal. Se requiere una pérdida de carga considerable en la zona de entrada para disipar gran parte de la energía cinética del caudal entrante. Como alternativa, se pueden utilizar sistemas de deflectores para redirigir el caudal, pero para determinar su forma, posición y orientación correctas es necesario realizar CFD o modelación hidráulica a escala. Asegúrese de que haya suficiente distancia entre el vertedero o los deflectores y los compartimientos de las bombas para permitir que se disipen los remolinos y escape el aire arrastrado antes de que el agua llegue a la entrada de la bomba.



## E | VARIACIONES DE DISEÑO DEL COMPARTIMENTO DE LAS BOMBAS

### E1

#### VARIACIONES DE DISEÑO DE COMPARTIMENTOS DE LA BOMBA: DISEÑO CON FOSO DE ENTRADA ABIERTO



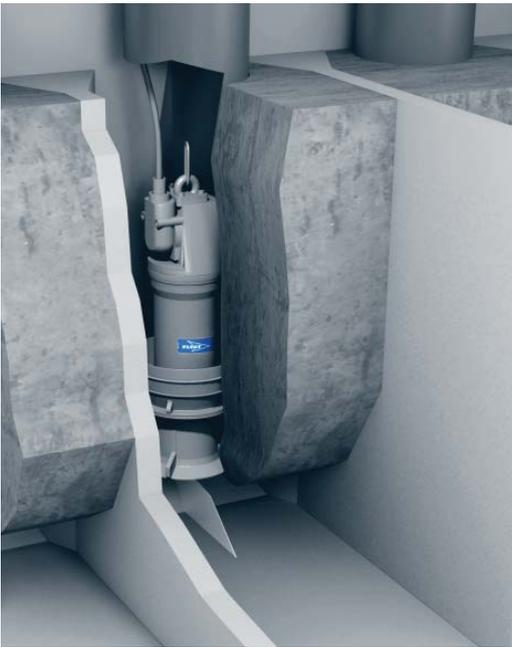
Este diseño de compartimento de entrada a las bombas es más sensible a las aproximaciones no uniformes. Si se utilizan para más de tres bombas, la longitud de las paredes divisorias debe ser al menos  $2/3$  de la ancho total del foso.

Si se produce una contracción del caudal cerca de la entrada del foso debido a la presencia de pantallas o compuertas, la longitud del foso debe aumentarse a  $6D$  o más, dependiendo del grado de contracción. Consulte las páginas 102 y 103 para obtener más información sobre las dimensiones.

El diseño con foso de entrada abierto incluye álabes de enderezamiento del flujo (divisores) que reducen los efectos de pequeñas asimetrías en el flujo de aproximación. La sumergencia mínima requerida de la succión de la bomba con diseño de foso abierto es función del caudal, del diámetro de entrada de la bomba y de la distribución del caudal en la aproximación a la bomba. Los diagramas de sumergencia mínima se muestran en un subapartado posterior, ver página 90. Cada diagrama tiene tres curvas para diversas condiciones del caudal de aproximación. Puesto que los vórtices se desarrollan más fácilmente cuando el flujo de aproximación presenta remolinos, se podría requerir de más sumergencia para evitar la formación de vórtices en el foso.

## E2

### VARIACIONES DE DISEÑO DE LOS COMPARTIMENTOS DE LA BOMBA: DISEÑO CON FOSO DE ENTRADA CERRADA.



El diseño de los compartimentos de las bombas con foso cerrado es menos sensible a las perturbaciones del flujo de aproximación, es por ello que es la opción preferida para las estaciones que tienen varias bombas y distintas condiciones de funcionamiento.

Las paredes que conforman el área cerrada de cada compartimento de las bombas se puede construir en concreto o acero. Este tipo de toma reduce de forma importante la turbulencia así como la formación de remolinos en el flujo de aproximación. La pared frontal inclinada evita que el flujo superficial se estanque, y las características geométricas de la zona de ingreso de flujo a las bombas proporciona una aceleración progresiva, suave y sin rotaciones importantes del flujo que ingresa a la bomba.

El sumergencia (S) mínima requerida por este tipo se encuentra en la página 102, columna S.

## E3

### TOMA DE SUCCIÓN (FSI)



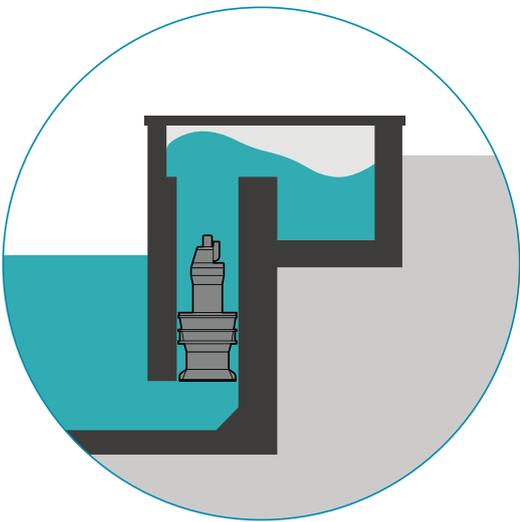
La toma de succión FSI (Formed Suction Intake, FSI) patentada de Flygt es un dispositivo versátil y fácil de usar que se puede acoplar a la succión de bombas axiales instaladas verticalmente. Esta toma incorpora las ventajas de la toma cerrada y simplifica el diseño del compartimento de bombeo, reduciendo de forma importante la magnitud de las obras civiles de la estación.

Cada bomba axial Flygt cuenta ya con un diseño FSI que proporcionará un ingreso de flujo a la bomba de forma óptima. Debido a que los planos de fabricación están disponibles, la toma FSI puede fabricarse locamente para reducir los costos de envío. Póngase en contacto con su representante local de Xylem si desea información adicional sobre la toma FSI.



## F | ALTERNATIVAS DE INSTALACIÓN

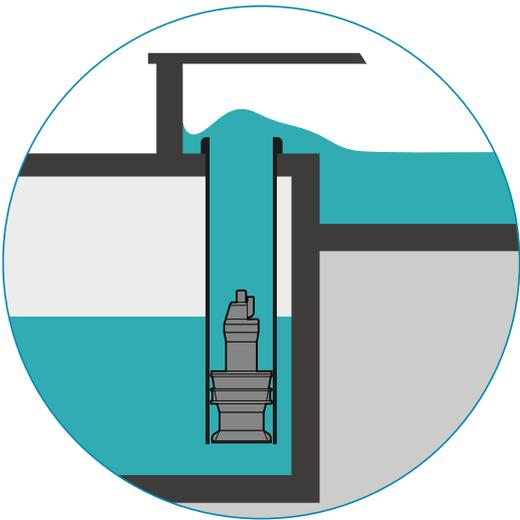
Los siguientes ejemplos muestran posibles alternativas con componentes de instalación diseñados por Flygt. Estos componentes de instalación, que se describen con más detalle en la siguiente sección, son modulares y pueden ensamblarse de muchas formas diferentes para crear un sistema que se adapte a las condiciones de cualquier obra.



### F1

#### INSTALACIÓN TIPO 1

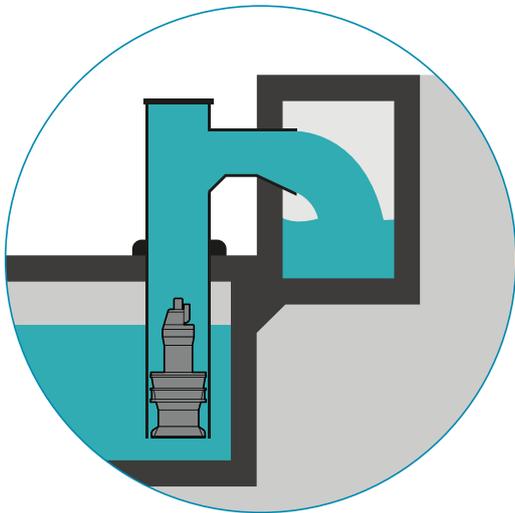
Este tipo de instalación es adecuada para bombear líquido a un tanque o a un compartimiento donde se esperan pequeñas variaciones de nivel, o cuando se estima que los ciclos de operación serán cortos. Debido a su simplicidad no es necesario la colocación de una válvula check. Para el montaje de la bomba se utiliza el componente de instalación D3 (Ver página 87) el cual se funde o vacía -in situ - en concreto dentro de un encofrado o molde circular. El componente D3 servirá de apoyo a la bomba. El tubo de descarga que es en esencia una extensión del pozo puede ser de sección circular o rectangular y se extiende hasta llegar un poco mas arriba del nivel máximo esperado en el compartimiento o tanque donde se descarga el fluido, esto con el fin de evitar que el fluido se regrese al pozo de bombeo cuando la bomba se detiene.



### F2

#### INSTALACIÓN TIPO 2

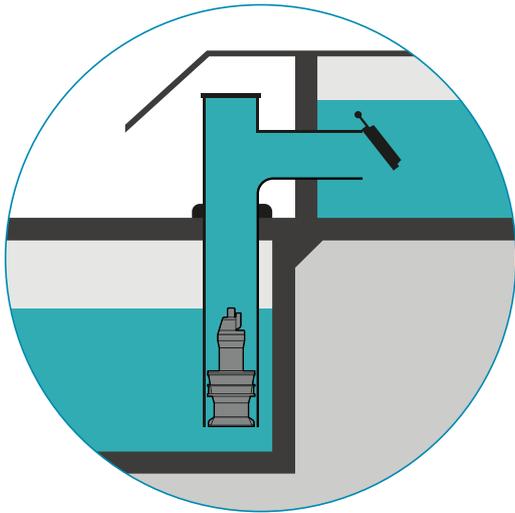
Es una variación de la instalación tipo 1, solo que en este caso la bomba se instala haciendo uso del accesorio D1 (ver página 87). Este componente es una tubería de acero que posee una base de apoyo que debe descansar y anclarse a una estructura soporte. La parte superior de la tubería debe llegar un poco más arriba del nivel máximo esperado en el compartimiento o tanque donde se descarga el fluido, esto con el fin de evitar que el fluido se regrese al pozo de bombeo cuando la bomba se detiene.



## F3

### INSTALACIÓN TIPO 3

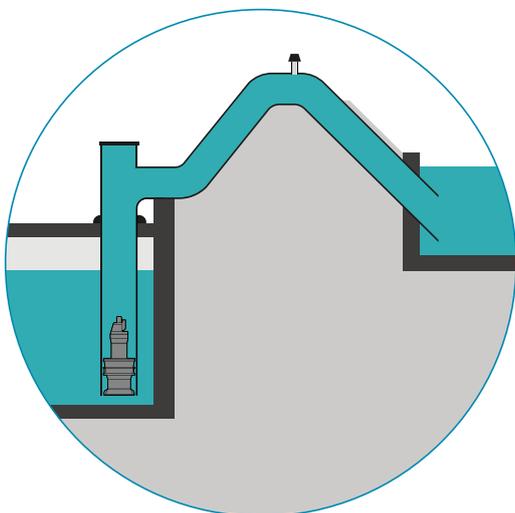
La instalación tipo 3 es más flexible, ya que se puede utilizar cuando el tanque o cuerpo de agua donde se realiza la descarga del fluido tiene pocas variaciones de nivel, o cuando varíe significativamente. En el primer caso la descarga es libre, mientras que en el segundo se debe colocar una válvula check tipo clapeta, de forma tal que cuando el nivel ascienda hasta la tubería de descarga el fluido no se regrese de vuelta al compartimiento de bombeo. El flujo se descarga en un vertedero o canal cerrado a través del componente E1 que se muestra en la página 87.



## F4

### INSTALACIÓN TIPO 4

Esta disposición es adecuada siempre y cuando el líquido se bombee al compartimento receptor de agua con un nivel variable de agua. La salida cuenta con una válvula de clapeta. Cuando la bomba no está en funcionamiento, la válvula se cierra de manera automática, lo que evita que el agua se regrese de vuelta al compartimiento de bombeo. La carga estática es la diferencia entre el nivel del agua en el foso y el nivel del agua en la salida, y lo más recomendable es que se mantenga al mínimo dado a que este tipo de bomba manejan poca cabeza de descarga. Utilice el tipo de codo E2 o E4 para la descarga que se muestran en la página 87.



## F5

### INSTALACIÓN TIPO 5

Esta construcción permite que las bombas funcionen en combinación con un sifón o una línea de descarga. Cuando la salida está sumergida se requiere una válvula de ruptura de sifón para evitar que el fluido se regrese al compartimiento de bombeo, ya que la válvula se abrirá y permitirá el ingreso de aire que "romperá" el efecto sifón, también la válvula permitirá que en el ciclo de llenado de la tubería el aire sea desalojado, tal como si se tratara de una válvula tipo ventosa.

Esta instalación mantiene la altura estática al mínimo, ya que la altura estática será la diferencia entre el nivel de agua en el foso y el nivel de agua en la salida. Se puede utilizar dos tipos de codos, esto es, tanto el E2 o el E4. (ver página 87)



## G | COMPONENTES PARA LA INSTALACIÓN

El objetivo de estos componentes es proporcionar soluciones de instalación sencillas que ofrezcan una amplia variedad de opciones que puedan ser utilizadas en muchas aplicaciones. Estos componentes se han desarrollado para facilitar el trabajo de diseño así como también una reducción importante en los costos de instalación, además de brindar una hidráulica óptima a su sistema. Normalmente, los componentes de instalación se fabrican localmente basándose en los planos que suministra Flygt. Los planos también pueden servir de base para el desarrollo de componentes nuevos o modificados que se ajusten mejor a los requisitos locales y/o a las capacidades de su sistema.

**Los planos de fabricación que se encuentran disponibles son los siguientes:**

### Toma de succión FSI

Utilice la toma de succión Flygt FSI para condiciones de caudal de entrada muy adversas o cuando las dimensiones del compartimento de la bomba sean inferiores a las recomendadas. La función principal de la toma de succión FSI es proporcionar un caudal de entrada óptimo a la bomba mediante la aceleración gradual y la redirección del flujo a la entrada de la bomba.

### Soporte de columna (B)

Utilice el soporte de columna si la longitud libre no soportada de la tubería de la columna excede 5 veces el diámetro de la tubería.

### Cubierta (C)

Es una tapa o cubierta para los codos de descarga (E1 y E2).



## Columna de descarga vertical (D)

La columna de descarga vertical es el componente en el que se coloca la bomba. Según la profundidad de la estación, la instalación puede constar de una pieza (D1) o varias piezas unidas entre sí mediante por secciones o carretes de tuberías bridadas (D2), o de una tubería corta (D3) preparada para fundir o vaciar en concreto.



D1



D2



D3

## Codos de descarga (E)

Los codos se encuentran disponibles con una brida de salida regular (E1), o circular (E2, E3 y E4). En el caso de configuraciones simples de descarga inundada, se puede usar E5.



E1



E2



E3



E4



E5

## Estructura de soporte (F)

Es una estructura utilizada para suspender la tubería de descarga del suelo.





## H | PROTECCIÓN Y SUSPENSIÓN DE CABLES PARA BOMBAS INSTALADAS EN TUBERÍAS

La protección y suspensión adecuada de los cables es esencial para un funcionamiento sin problemas de las bombas sumergibles instaladas en tuberías. Los requisitos de protección y suspensión del cable son más estrictos cuanto mayor es la longitud del cable y mayor es la velocidad de descarga.

Asegúrese de que la longitud del cable sea la suficiente para que al momento de retirar la bomba este no produzca interferencia o se someta a cargas durante la manipulación que puedan dañarlo. Si la longitud del cable no es suficiente o no facilita el desmontaje de la bomba es posible que sea necesario removerlo haciendo que las labores de mantenimiento sean más difíciles, consuman más tiempo y por tanto sean más costosas.

### **Estos principios básicos rigen las buenas prácticas de protección y suspensión de cables:**

- | Suspenda los cables de tal manera que no entren en contacto con superficies que puedan provocar daños como desgaste o rotura de su cubierta aislante. Las superficies de la bomba, tuberías, válvulas y otros pueden dañar los cables si presentan roce con los cables. Asegúrese de anclarlos en puntos estratégicos para evitar que esto suceda.
- | Agrupe los cables utilizando elementos que no los corten ni los desgasten.
- | Coloque soportes del tipo y cantidad suficiente que corresponda al tamaño de los cables. En muchos casos es necesario colocar dispositivos para alivio tensiones, y/o una "guaya guía" que tome las cargas de manipulación y suspensión.

Si sigue estas recomendaciones, los cables estarán debidamente protegidos de los movimientos que ocasiona el paso del fluido dentro de la tubería, vibraciones, así como también las manipulaciones a las que se someten los cables durante las operaciones de montaje, desmontaje y mantenimiento.

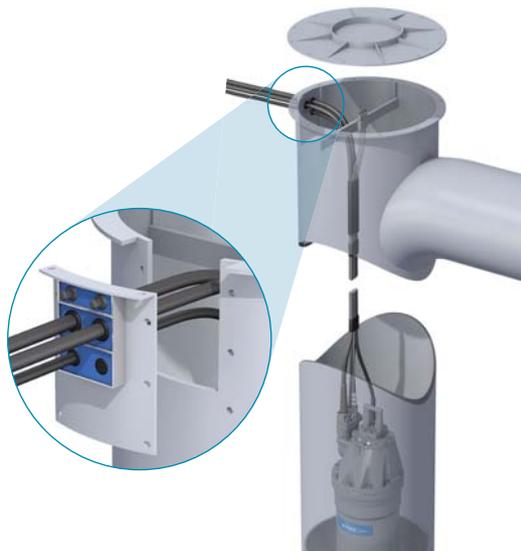
Ofrecemos una variedad de accesorios de protección y suspensión de cables con recomendaciones para adaptarse a todo tipo de instalaciones y condiciones de funcionamiento. Póngase en contacto con su representante local de Xylem para obtener información sobre el mejor sistema para satisfacer sus necesidades.

## I | INSTALACIÓN DE BOMBAS



Facilite la operación de instalación y desmontaje de la bomba con el dispositivo Dock-Lock™. Este dispositivo permite recuperar con facilidad y seguridad las bombas instaladas en foso húmedo. Dock-Lock consta de un dispositivo de enganche con resorte, una línea guía y un tambor de tensión. Debido a que la línea guía el gancho, no se desperdicia tiempo al tratar de encontrar el grillete de la bomba. El dispositivo asegura que el gancho se bloquee en el grillete. Las bombas se recuperan con seguridad, facilidad, rapidez, con un mínimo costo de mantenimiento.

## J | UNIDADES DE SELLO DE CABLES FLYGT PARA TUBERÍAS PRESURIZADAS (COLUMNA)



Utilice el sistema de sellado de cables Flygt con la tecnología de sellado Roxtec. Este sistema permite un sellado hermético de los cables que ingresa a la columna ó codo de descarga. El sistema posee una tapa apornada de montaje con agujeros donde se instalan los sellos que evitan la fuga al exterior. Estos sellos están diseñados para soportar la presión de descarga sin que se produzca fugas o emisiones de cualquier otro tipo. Su diseño asegura que los cables no sufran daño alguno en la zona de sellado. El Kit de sellado se compone de la cubierta o brida soporte, sellos de cables Roxtec, cuña de apriete, lubricante y manual de instalación.

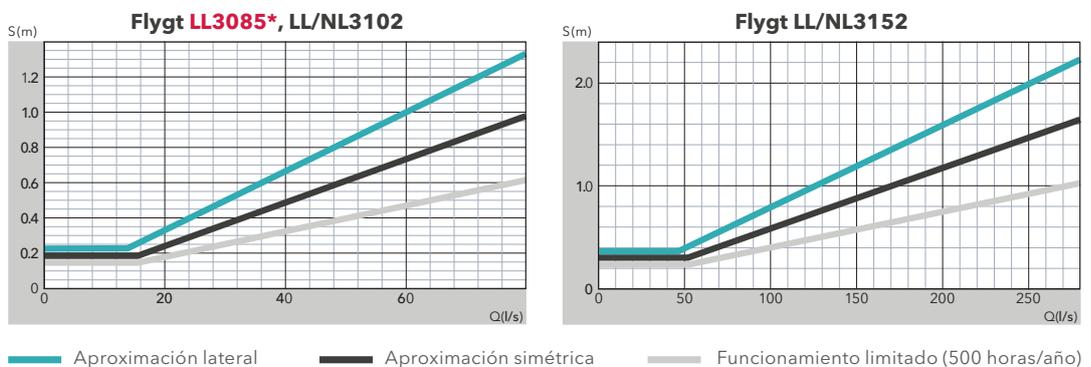


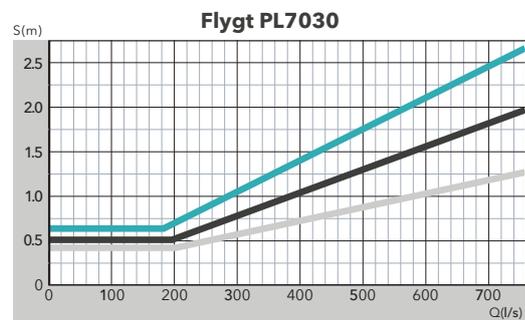
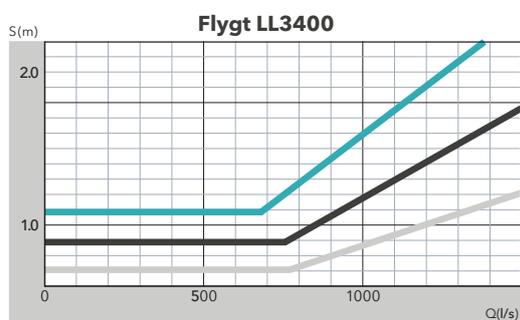
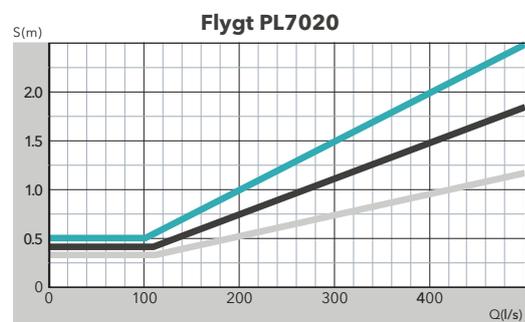
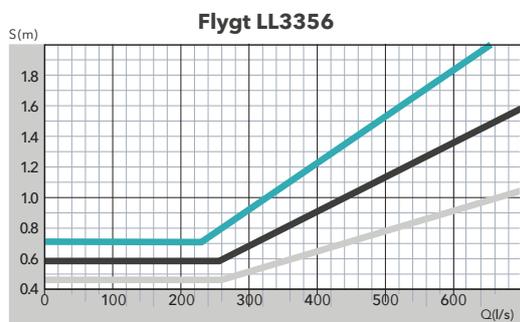
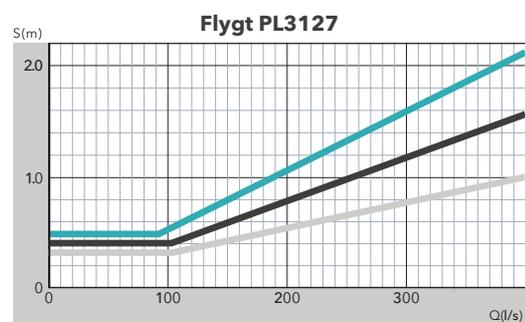
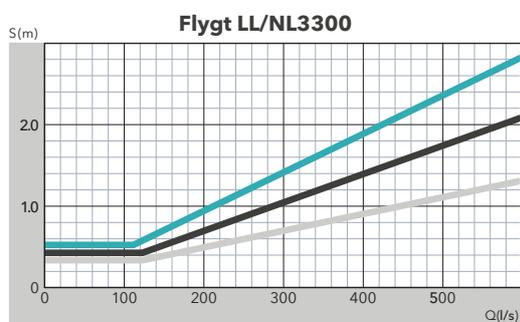
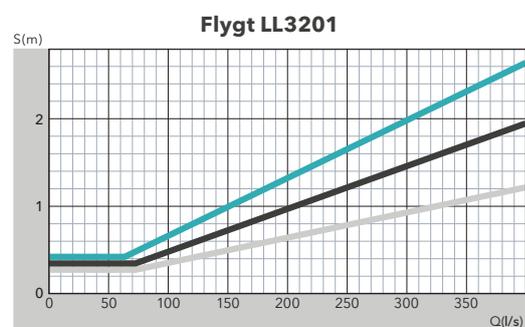
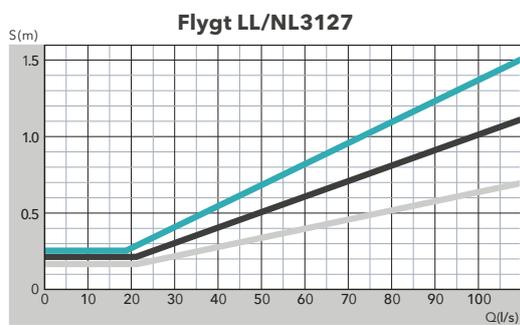
## K | SUMERGENCIA Y DIAGRAMAS DE PÉRDIDA PARA BOMBAS PL Y LL

### K1

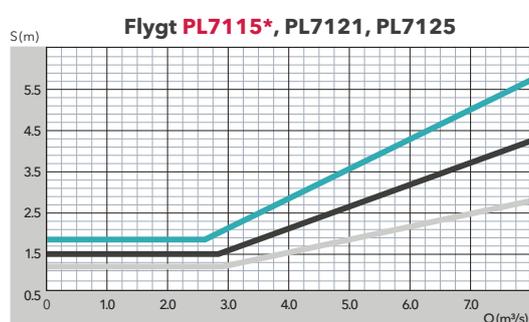
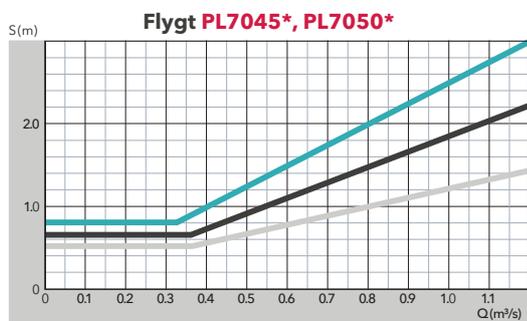
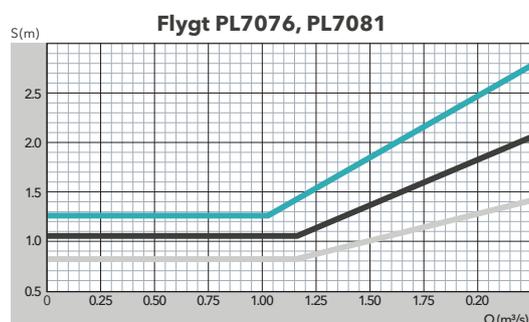
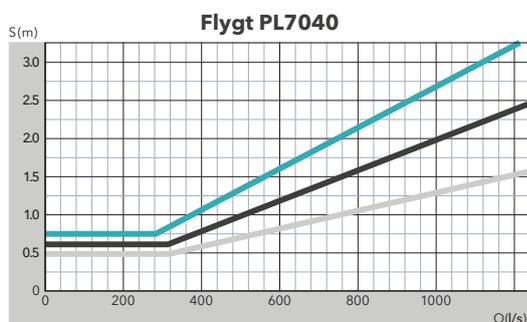
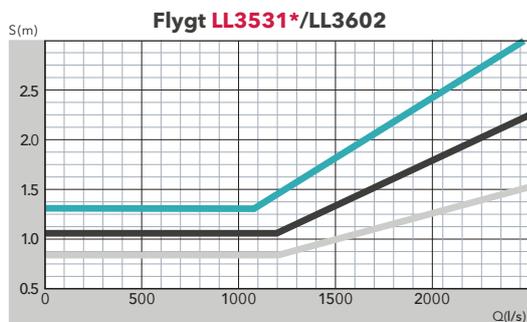
#### VARIACIONES DE DISEÑO DE LOS COMPARTIMENTOS DE LA BOMBA: DISEÑO CON FOSO DE ENTRADA ABIERTO

La sumergencia mínima requerida en la succión de la bomba con diseño de foso abierto es función del caudal, del diámetro de entrada de la bomba y de la forma como el caudal se aproxima a la bomba. Cada diagrama cuenta con tres curvas para distintas condiciones del flujo de aproximación. Puesto que los vórtices se desarrollan más fácilmente cuando el flujo de aproximación presenta remolinos, en algunos casos se podría requerir de más sumergencia para evitar la formación de vórtices en el foso. La curva superior en los diagramas de sumergencia se utiliza para una aproximación lateral, la curva media para una aproximación simétrica y la curva más baja cuando el tiempo de funcionamiento de las bombas se limita a unas 500 horas/año. Utilice la curva correspondiente según sea la situación de entrada a los compartimientos o bahías de las bombas. Recuerde que la sumergencia es una variable crítica que debe satisfacerse para que la bomba opere de forma adecuada, sin presencia de vórtices, remolinos, cavitación e ingreso de aire. Es la sumergencia junto al NPSHR las variables que limitan el nivel mínimo del foso. Tenga presente que el NPSHA debe ser mayor al NPSHR en todo el rango donde la bomba este supuesta a operar en su sistema.





\* ESTOS PRODUCTOS SON OBSOLETOS.



\* ESTOS PRODUCTOS SON OBSOLETOS.

## K2

### DIAGRAMAS DE PÉRDIDAS DE CARGA PARA ARREGLOS DE DESCARGA DISEÑADOS POR FLYGT

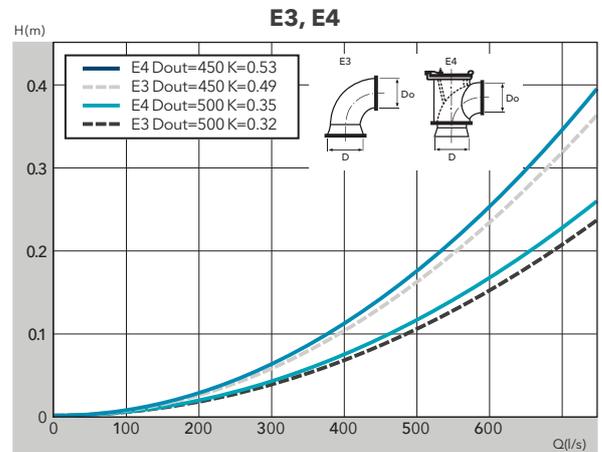
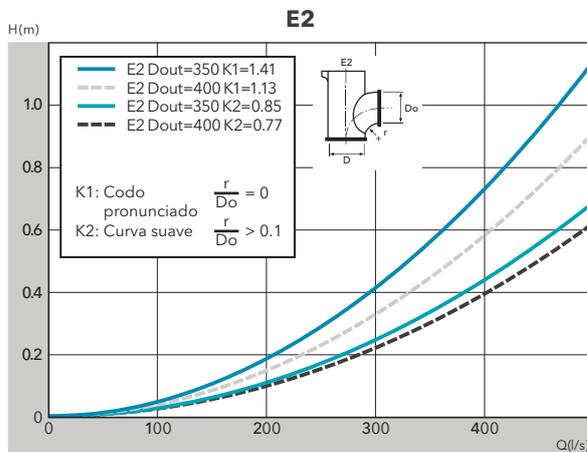
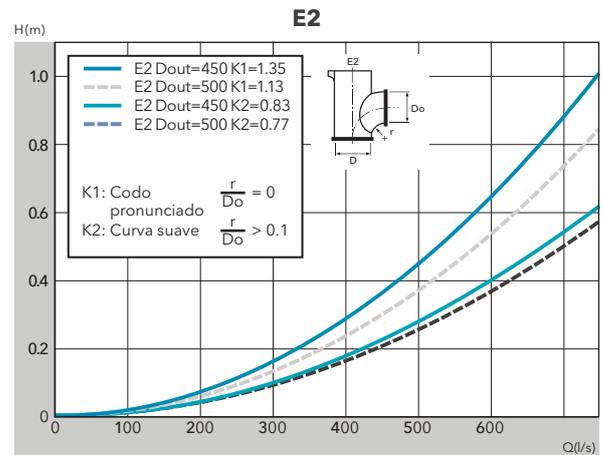
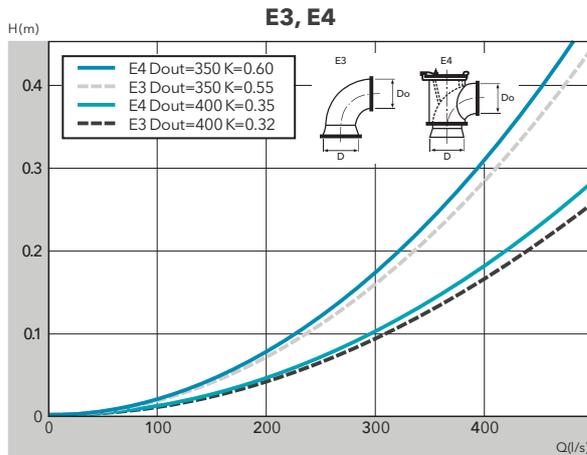
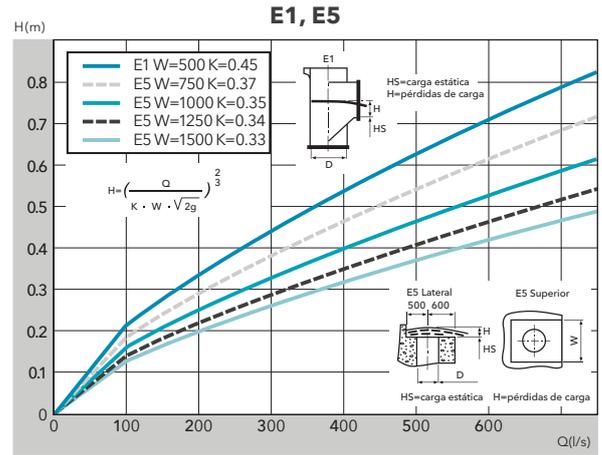
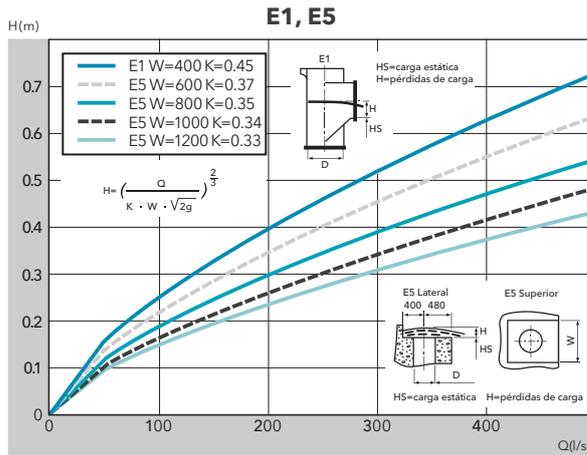
Los sistemas en donde se utilizan las bombas de flujo axial o mixto normalmente tienen pérdidas "pequeñas" en comparación con los sistemas donde operan las bombas centrífugas de flujo radial. Por lo general los sistemas de tuberías para las bombas axiales y de flujo mixto tienen grandes diámetros, las velocidades son bajas, las distancias cortas así que en consecuencia las pérdidas serán pocas. Dado a que este tipo de bombas son muy sensibles a las pérdidas de carga, es crucial que el cálculo de pérdidas y la determinación de la altura dinámica total (ADT) o TDH (Total dynamic head) se realice de forma precisa, para que la selección de la bomba se ajuste a la verdadera condición de operación del sistema.

Dado que las bombas de hélice y axiales tienen curvas características de altura y potencia pronunciadas, un error en la estimación del TDH puede producir un cambio significativo en la potencia necesaria así como también en el caudal que entregara la bomba al sistema. Si los cálculos no se realizan correctamente y con información confiable podría suceder que una sub estimación de las pérdidas o del TDH provoque que la bomba funcione con una altura mayor y por tanto suministre menos caudal y utilice más potencia (Esta característica es única para las bombas de alta velocidad específica como las bombas axiales y de flujo mixto, es decir, en este tipo de bombas la potencia es mayor en la medida que el punto operativo se desplaza a la izquierda del BEP) A continuación encontrará los diagramas que le permiten calcular las pérdidas por fricción de los componentes de descarga Flygt (E1, E2, E3, E4, E5). Cuando realice los cálculos de TDH haga suposiciones conservadoras, no subestime las pérdidas. En muchos casos las pérdidas por fricción de las tuberías son despreciables, no obstante es su responsabilidad calcularlas e incluirlas en la ecuación final de TDH. Los diagramas siguientes muestran los coeficientes de pérdida y la pérdida de carga en función del caudal y del tipo de componente Flygt utilizado. Si los componente y accesorios no son los expresamente aquí indicados asegúrese de obtener la pérdida de carga que ellos producen con los fabricantes correspondientes o en la bibliografía aplicable.



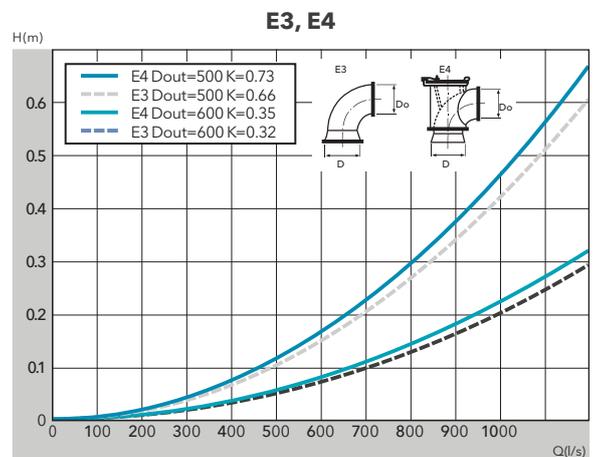
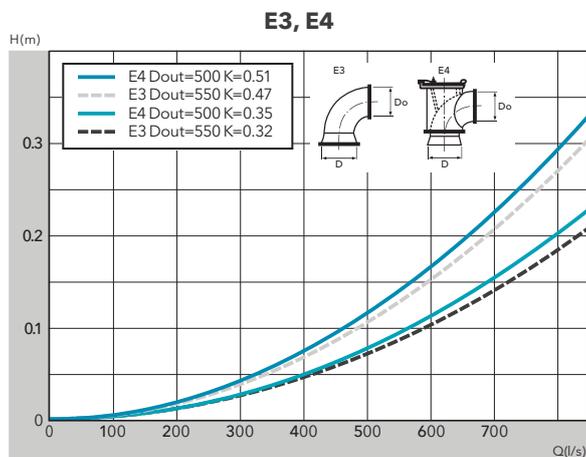
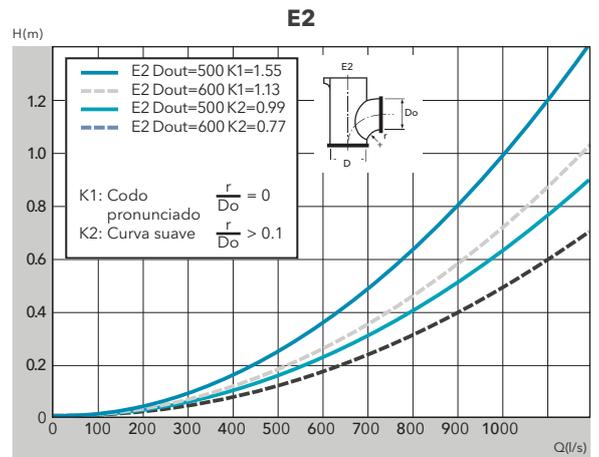
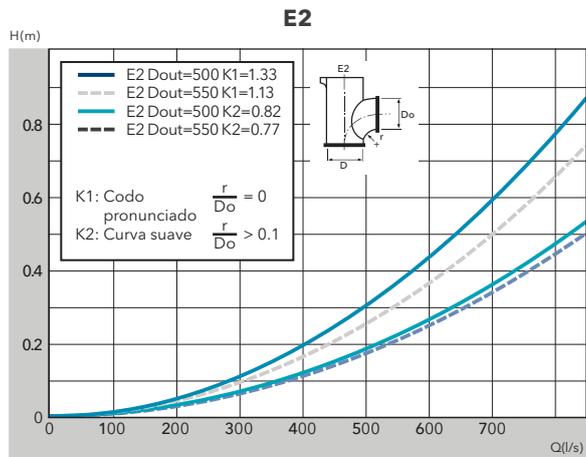
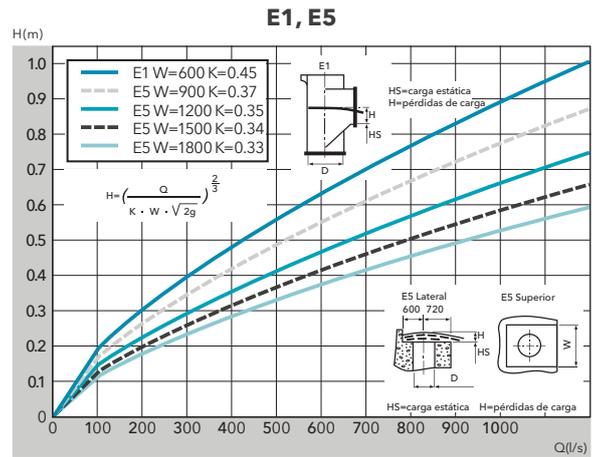
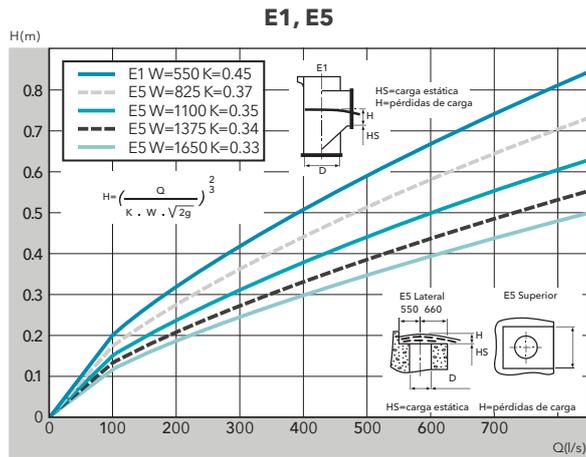
Diámetro interior de la tubería de instalación de 400 mm (D) **Flygt PL7020**

Diámetro interior de la tubería de instalación de 500 mm (D) **Flygt PL7030**



Diámetro interior de la tubería de instalación de 550 mm (D) **Flygt PL7035**

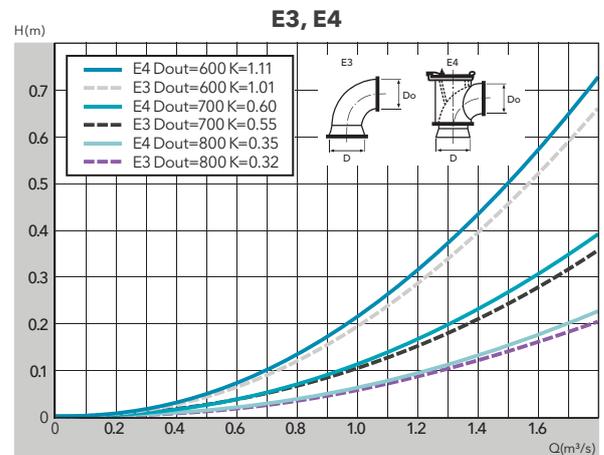
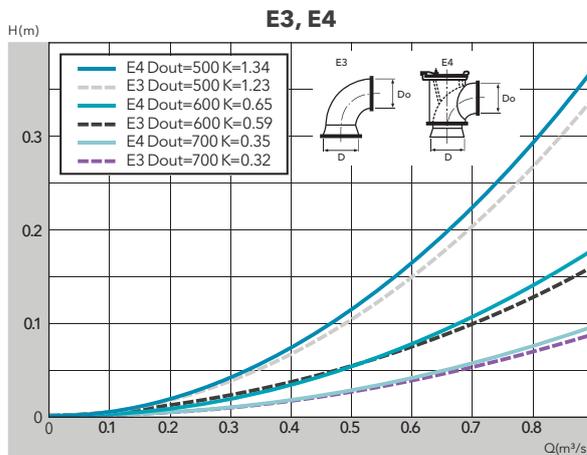
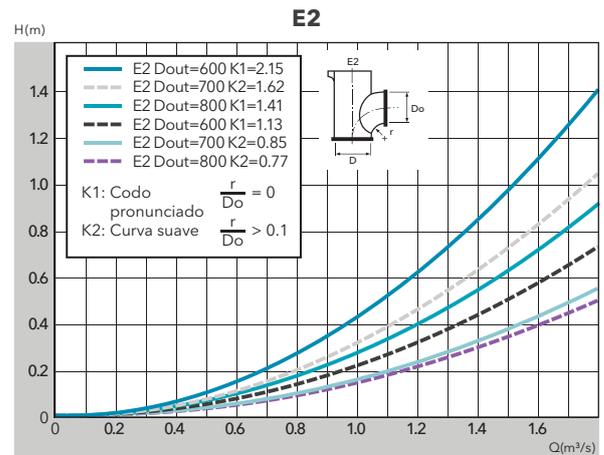
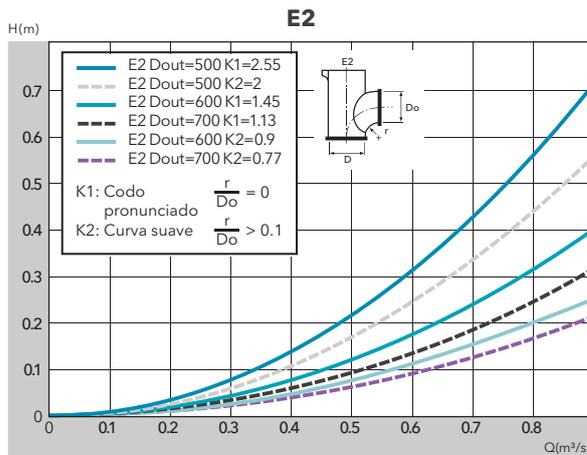
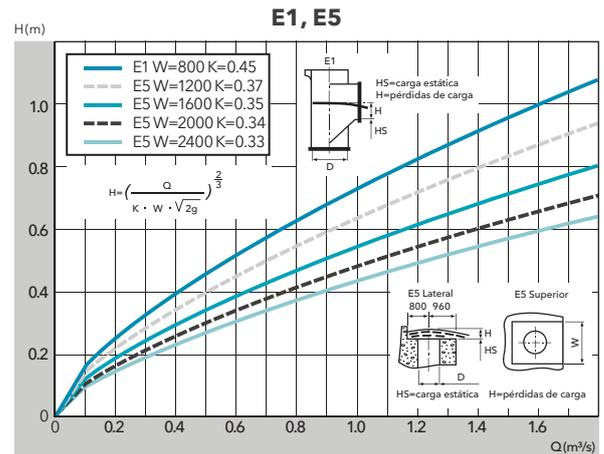
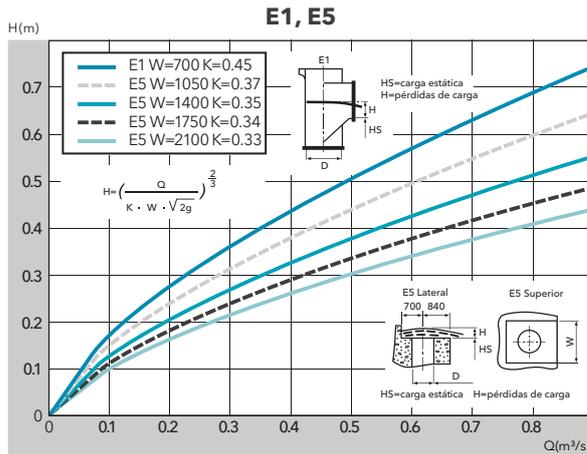
Diámetro interior de la tubería de instalación de 600 mm (D) **Flygt PL7040**





Diámetro interior de la tubería de instalación de 700 mm (D) **Flygt PL7045\*, PL7050\***

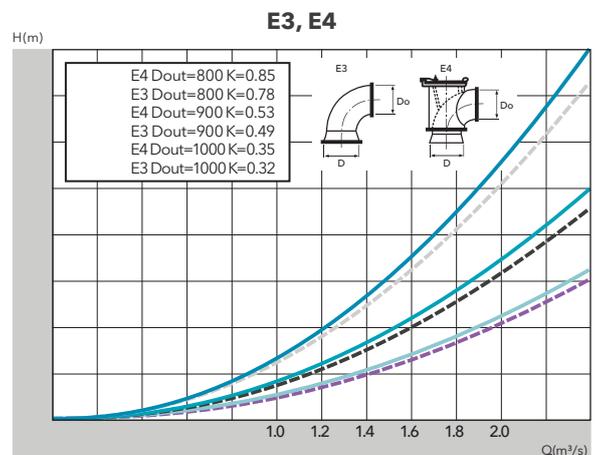
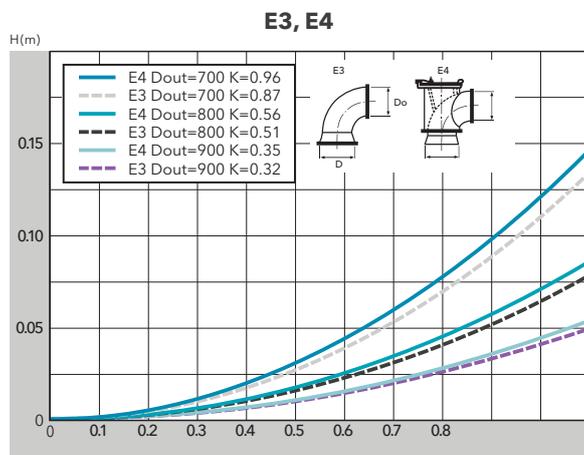
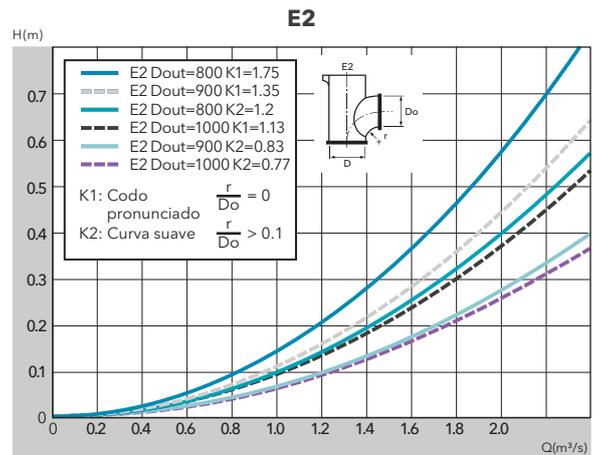
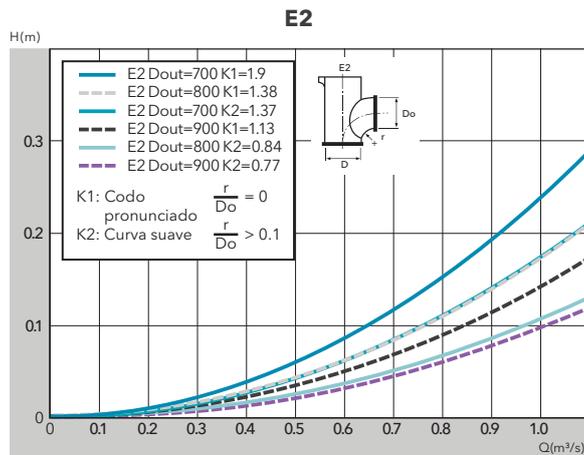
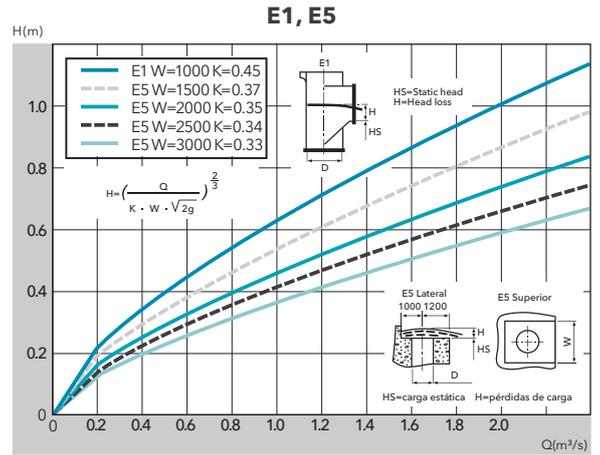
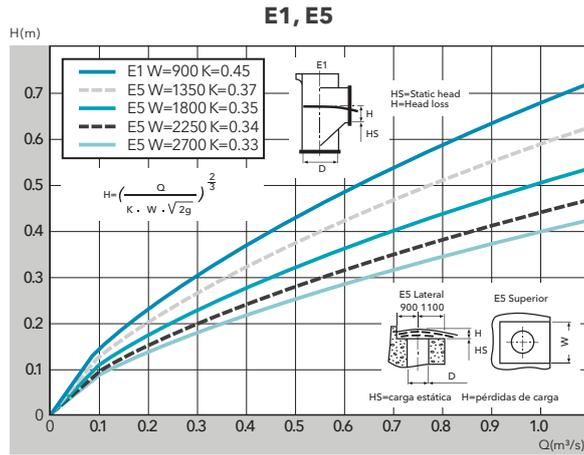
Diámetro interior de la tubería de instalación de 800 mm (D) **Flygt PL7055\*, PL7061, PL7065, LL3356**



\* ESTOS PRODUCTOS SON OBSOLETOS.

Diámetro interior de la tubería de instalación de 800 mm (D) **Flygt LL3400**

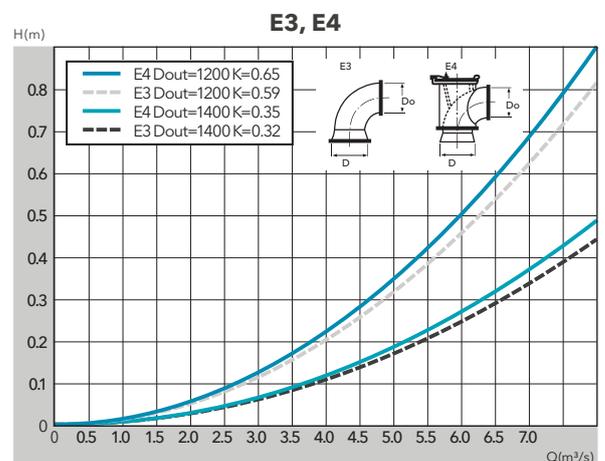
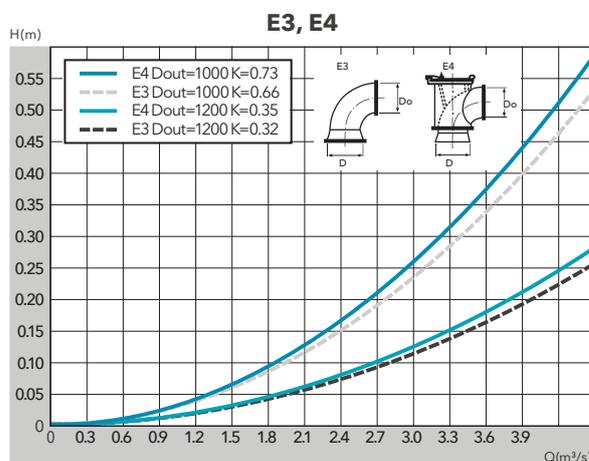
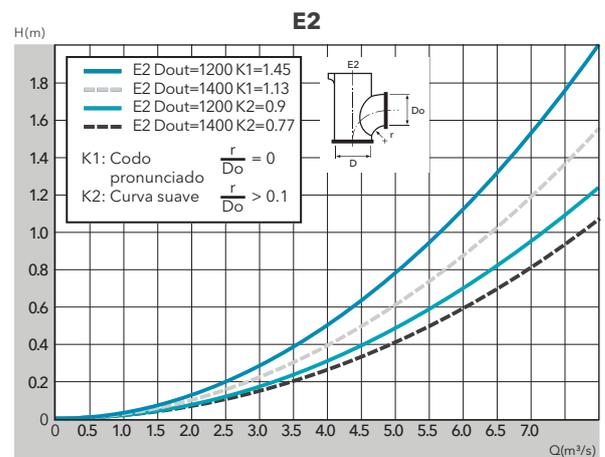
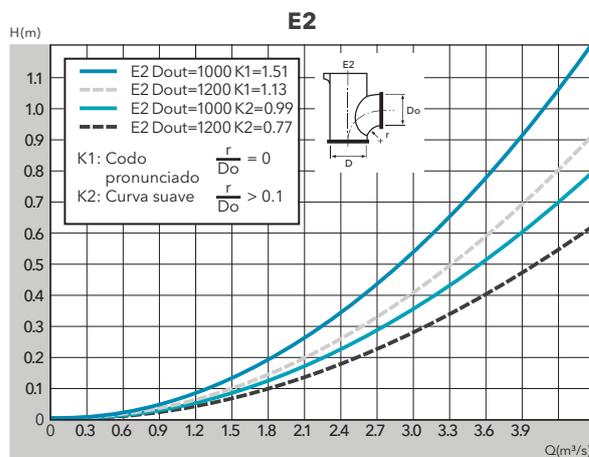
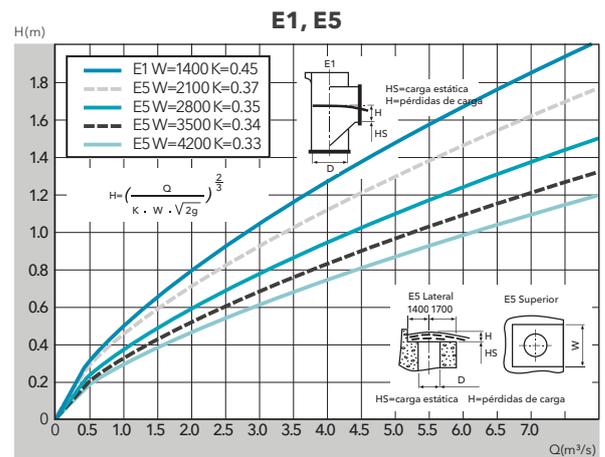
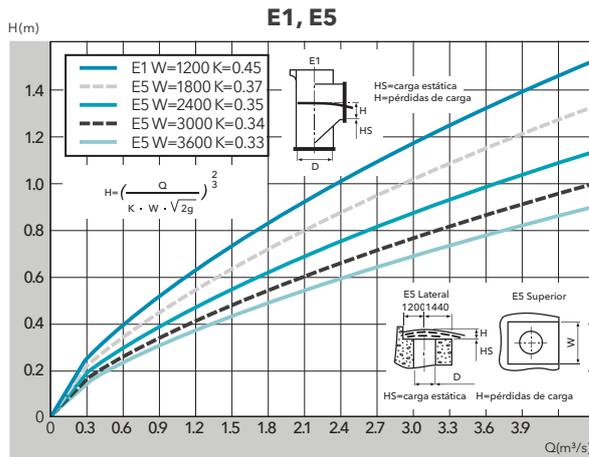
Diámetro interior de la tubería de instalación de 1000 mm (D) **Flygt PL7076, PL081**





Diámetro interior de la tubería de instalación de 1200 mm (D) **Flygt PL7101, PL7105, LL3531, LL3602**

Diámetro interior de la tubería de instalación de 1400 mm (D) **Flygt PL7115\*, PL7121, PL7125**



Riego con bombas Flygt de flujo axial





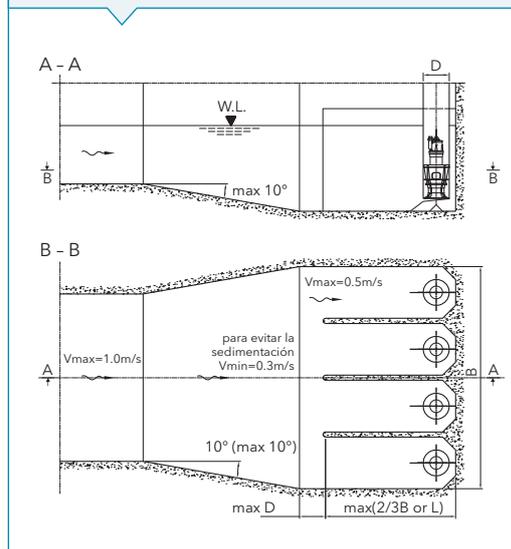
Las bombas de hélice (bombas PL) pueden instalarse en muchos tipos de configuraciones.



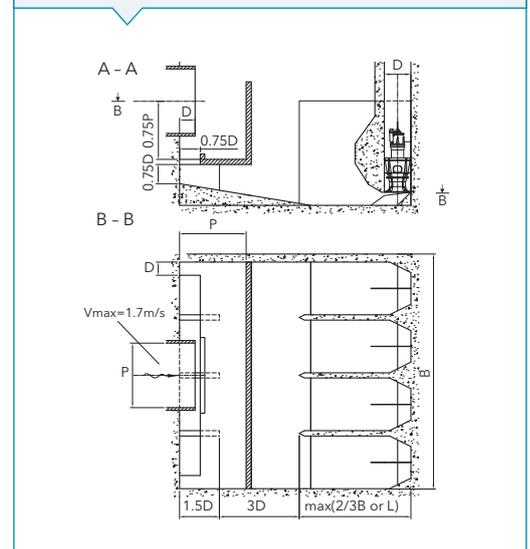
## A | DISEÑOS DE ESTACIONES DE BOMBEO DE BOMBAS DE HÉLICE

Los siguientes diagramas ilustran los diseños estándar que pueden generarse utilizando el software SECAD de Xylem. SECAD permite crear rápida y fácilmente diseños de estaciones que pueden exportarse a formato PDF o CAD.

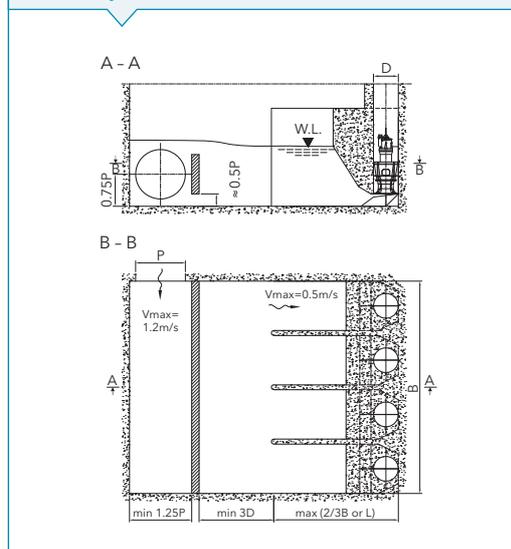
Estaciones con entrada frontal de bajo nivel



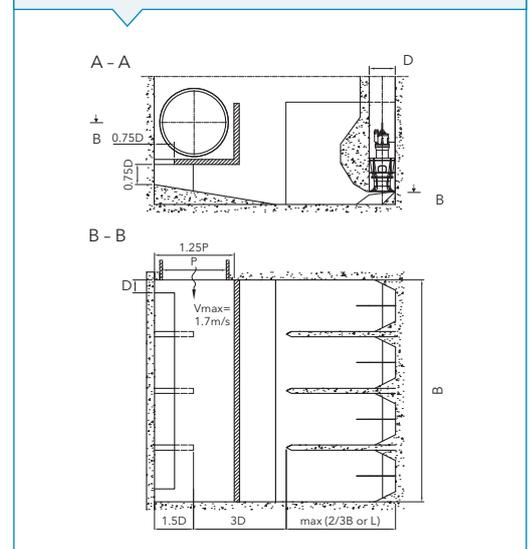
Estaciones con entrada frontal de alto nivel (4 bombas como máximo)



Estaciones con entrada lateral de bajo nivel (4 bombas como máximo)



Estaciones con entrada lateral de alto nivel (4 bombas como máximo)

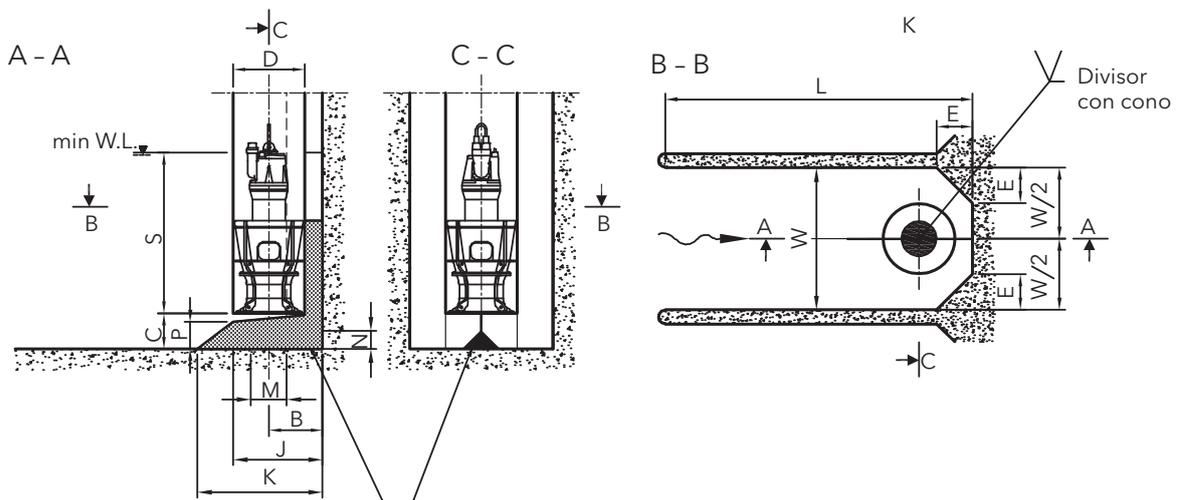




A continuación se muestran los detalles de los diferentes tipos de compartimentos de bombeo. Estos arreglos se incluyen en SECAD y se pueden combinar con los tipos adecuados de diseños de estaciones mostrados anteriormente.

**Si tiene preguntas acerca de qué tipo de compartimento de la bomba es adecuado para el diseño de su estación de bombeo, comuníquese con el representante local de Xylem.**

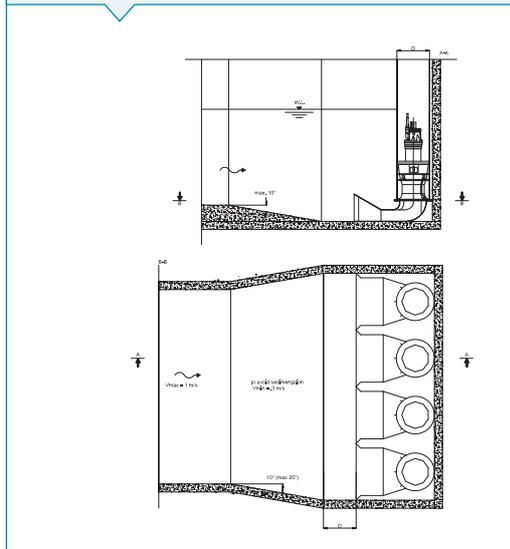
Diseño de compartimento de bombeo de entrada abierto para bombas PL de Flygt



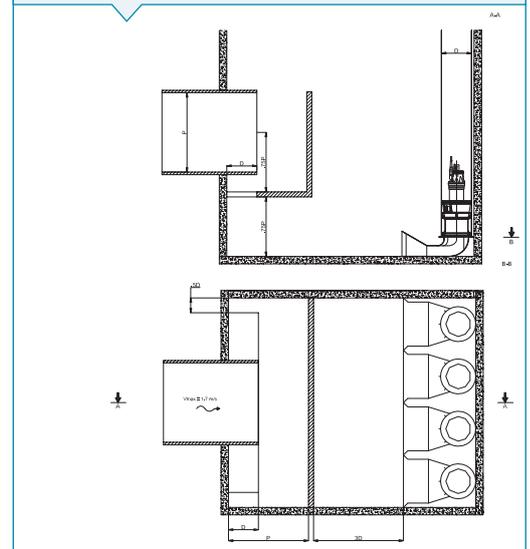
Dimensiones recomendadas

Tipo de tubo	Ø nom (mm)	B	C	D	E	J	K	L	M	N	P	S	W	
Diseño de compartimento de bombeo de entrada abierto para bombas PL de Flygt	PL7020	400	0,30	0,20	0,40	0,20	0,50	0,70	1,60	0,20	0,10	0,15	Ver diagrama de sumergencia mínima	0,80
	PL7030	500	0,38	0,25	0,50	0,25	0,63	0,88	2,00	0,25	0,13	0,19		1,00
	PL7035	550	0,41	0,28	0,55	0,28	0,69	0,96	2,20	0,28	0,14	0,21		1,10
	PL3127* PL7040	600	0,45	0,30	0,60	0,30	0,75	1,05	2,40	0,30	0,15	0,23		1,20
	PL7045* PL7050*	700	0,53	0,35	0,70	0,35	0,88	1,23	2,80	0,35	0,18	0,27		1,40
	PL7055* PL7061 PL7065	800	0,60	0,40	0,80	0,40	1,00	1,40	3,20	0,40	0,20	0,30		1,60
	PL7076 PL7081	1000	0,75	0,50	1,00	1,50	1,25	1,75	4,00	0,50	0,25	0,38		2,00
	PL7101 PL7105	1200	0,90	0,60	1,20	0,60	1,50	2,10	4,80	0,60	0,30	0,46		2,40
	PL7121 PL7125	1400	1,05	0,70	1,40	0,70	1,75	2,45	5,60	0,70	0,35	0,53		2,80

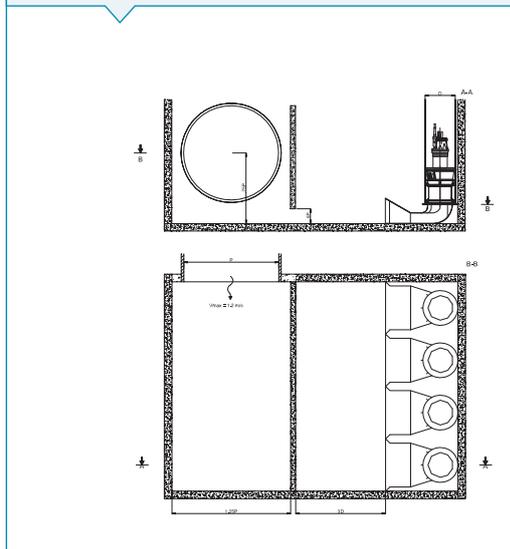
Entrada frontal de bajo nivel y bombas instaladas en FSI



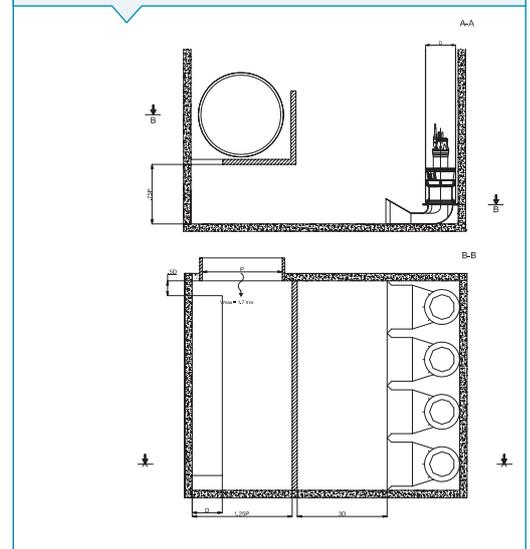
Entrada frontal de alto nivel y bombas instaladas en FSI



Entrada lateral de bajo nivel y bombas instaladas en FSI



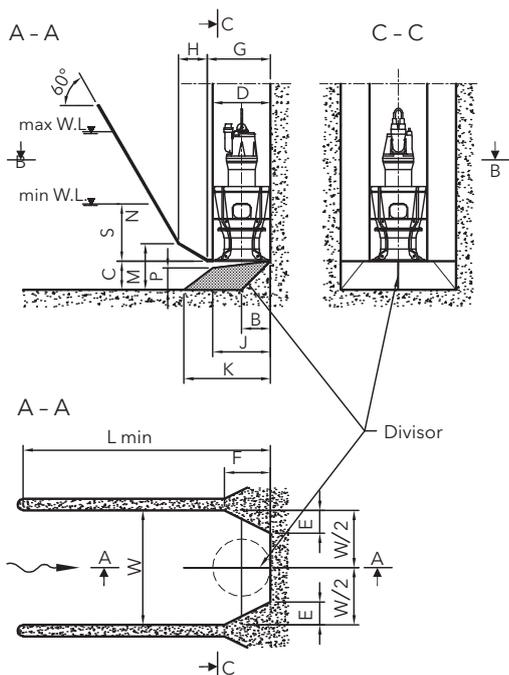
Entrada lateral de alto nivel y bombas instaladas en FSI



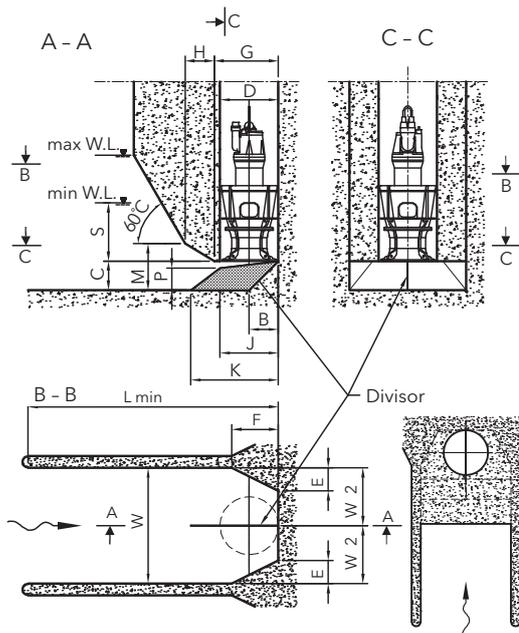
\* ESTOS PRODUCTOS SON OBSOLETOS.



Entrada cerrada en acero para bombas PL de Flygt



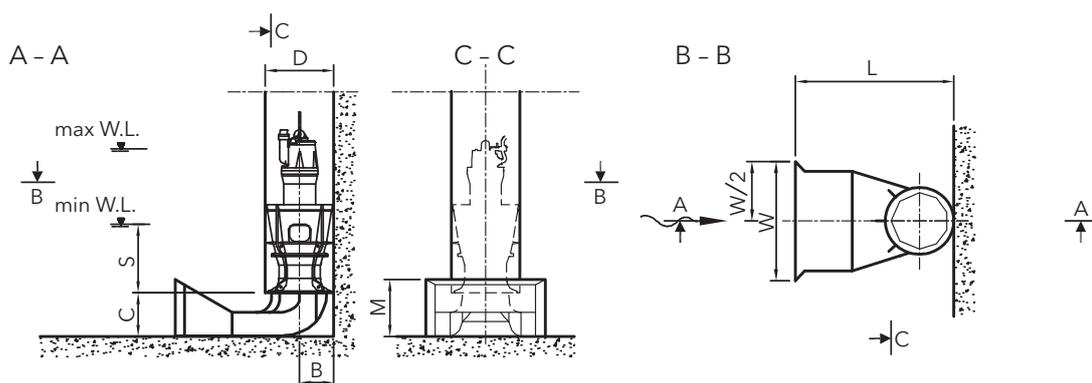
Entrada cerrada en concreto para bombas PL de Flygt



### Dimensiones recomendadas

Tipo de tubo	Ø nom (mm)	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	P	S	W
PL7020	400	0,20	0,20	0,40	0,16	0,32	0,44	0,20	0,40	0,60	1,60	0,32	0,15	0,40	0,80
PL7030	500	0,25	0,25	0,50	0,20	0,40	0,55	0,25	0,50	0,75	2,00	0,40	0,19	0,50	1,00
PL7035	550	0,28	0,28	0,55	0,22	0,44	0,61	0,28	0,55	0,83	2,20	0,44	0,21	0,55	1,10
PL7040	600	0,30	0,30	0,60	0,24	0,48	0,66	0,30	0,60	0,90	2,40	0,48	0,23	0,60	1,20
PL7050*	700	0,35	0,35	0,70	0,28	0,56	0,77	0,35	0,70	1,05	2,80	0,56	0,27	0,70	1,40
PL7055*	800	0,40	0,40	0,80	0,32	0,64	0,88	0,40	0,80	1,20	3,20	0,64	0,30	0,80	1,60
PL7061															
PL7065															
PL7076	1000	0,50	0,50	1,00	1,40	0,80	1,10	0,50	1,00	1,50	4,00	0,80	0,38	1,00	2,00
PL7081															
PL7101	1200	0,60	0,60	1,20	0,48	0,96	1,32	0,60	1,20	1,80	4,80	0,96	0,46	1,50	2,40
PL7105															
PL7121	1400	0,70	0,70	1,40	0,56	1,12	1,54	0,70	1,40	2,10	5,60	1,12	0,53	1,75	2,80
PL7125															

## FSI de Flygt



## Dimensiones recomendadas

Tipo de tubo	Ø nom (mm)	B	C	D	L	M	S	W	Flujo máximo (m <sup>3</sup> /s)**	
FSI de Flygt	PL7020	400	0,20	0,25	0,40	0,86	0,33	0,71	0,68	0,39
	PL7030	500	0,25	0,33	0,50	1,09	0,41	0,79	0,86	0,62
	PL7035	550	0,28	0,35	0,55	1,19	0,45	0,85	0,94	0,75
	PL7040	600	0,30	0,37	0,60	1,31	0,50	0,91	1,03	0,90
	PL7050*	700	0,35	0,40	0,70	1,49	0,53	0,70	1,11	1,03
	PL7055* PL7061 PL7065	800	0,40	0,48	0,80	1,75	0,63	0,80	1,32	1,46
	PL7076 PL7081	1000	0,50	0,63	1,00	2,28	0,83	1,00	1,73	2,53
	PL7101 PL7105	1200	0,60	0,75	1,20	2,74	1,00	1,50	2,09	3,67
	PL7121 PL7125	1400	0,70	0,90	1,40	3,27	1,20	1,75	2,50	5,29



ESTOS PRODUCTOS SON OBSOLETOS



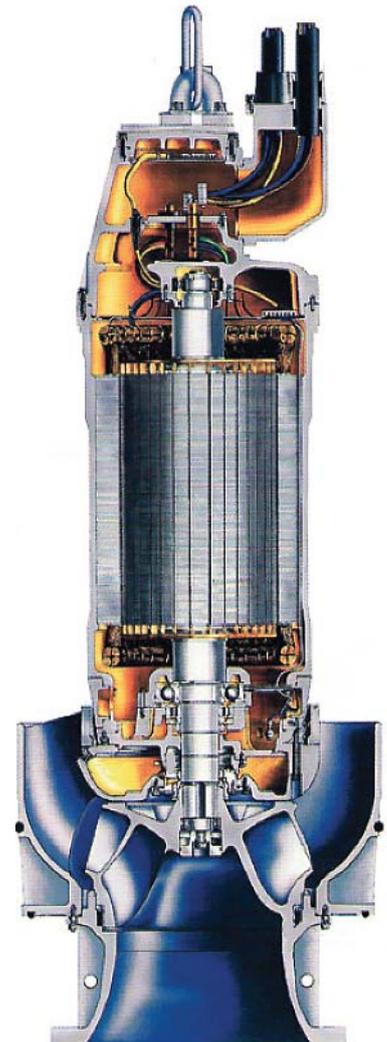
FLUJO MÁX. ES EL FLUJO MÁXIMO QUE LA FSI ESTÁNDAR DE FLYGT PUEDE MANEJAR PARA ESTA BOMBA. PARA FLUJOS SUPERIORES A ESTE VALOR, COMUNÍQUESE CON EL REPRESENTANTE DE XYLEM PARA OBTENER AYUDA AL SELECCIONAR LA FSI CORRECTA DE FLYGT.



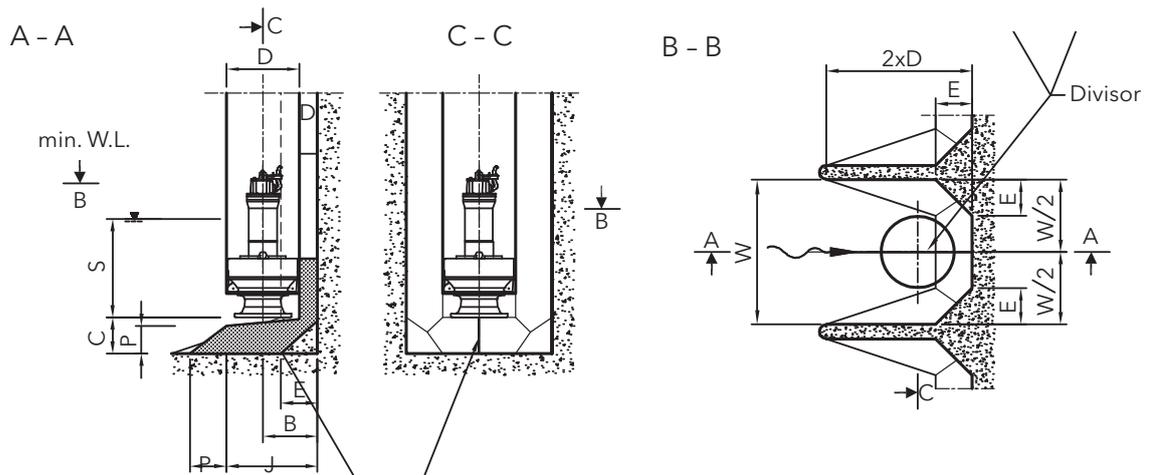
## B | DISEÑOS DE ESTACIONES DE BOMBEO CON BOMBAS DE FLUJO MIXTO

Las bombas de flujo mixto (LL) pueden instalarse en diseños de estaciones similares a las bombas de hélice (PL). Las bombas de flujo mixto son un poco más flexibles y menos susceptibles a las perturbaciones que las axiales (PL), por tanto se adaptan muy bien al sistema hidráulico diseñado para las bombas axiales. En muchos casos los requerimientos para el diseño de la estación con este tipo de bombas sera menos exigente. SECAD de Xylem también incluye diseños de estaciones de bombeo para las bombas de flujo mixto (LL).

### Bombas LL de Flygt



### Diseño con foso de entrada abierto para bombas LL de Flygt

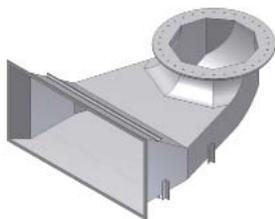


### Dimensiones recomendadas

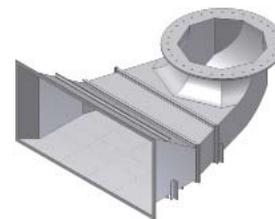
Tipo de tubo		$\varnothing$ nom (mm)	B	C	D	E	J	K	L	M	N	P	S	W
Diseño de toma de foso abierto	LL3085* LL/NL3102	500	0,38	0,25	0,50	0,25	0,63	0,88	1,00	0,25	0,13	0,19	Ver diagrama de sumergencia mínima	1,00
	LL/NL3127 LL3152	600	0,45	0,30	0,60	0,30	0,75	1,05	1,20	0,30	0,15	0,23		1,20
	LL3201 LL/NL3300 LL3356	800	0,60	0,40	0,80	0,40	1,00	1,40	1,60	0,40	0,20	0,30		1,60
	LL3400	900	0,68	0,45	0,90	0,45	1,13	1,58	1,80	0,45	0,23	0,34		1,80
	LL3602	1200	0,90	0,60	1,20	0,60	1,50	2,10	2,40	0,60	0,30	0,46		2,40

\* ESTOS PRODUCTOS SON OBSOLETOS

#### Independiente

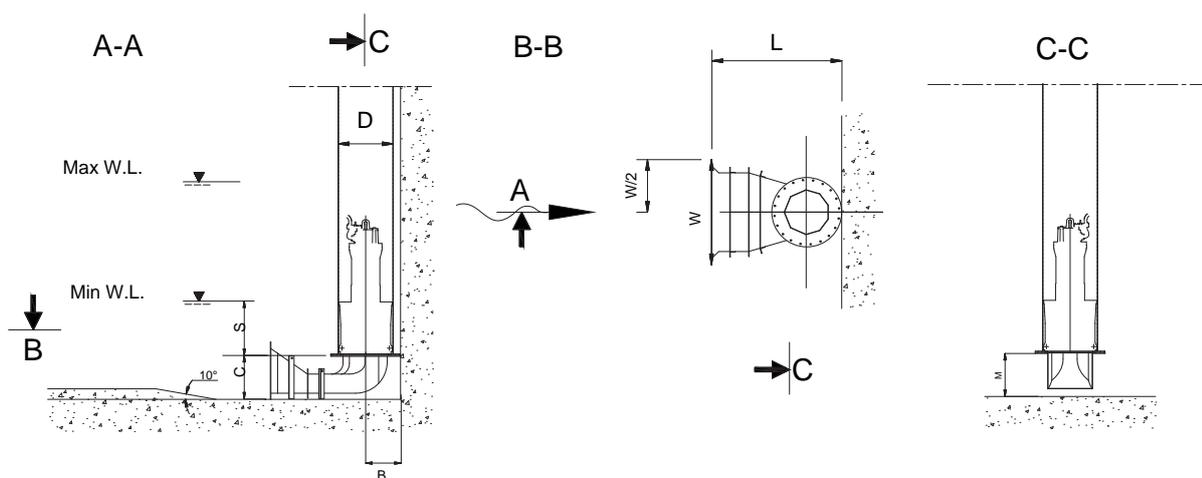


#### Revestido de concreto con nervaduras estructurales





Bombas LL de Flygt instaladas en FSI independiente



Dimensiones recomendadas

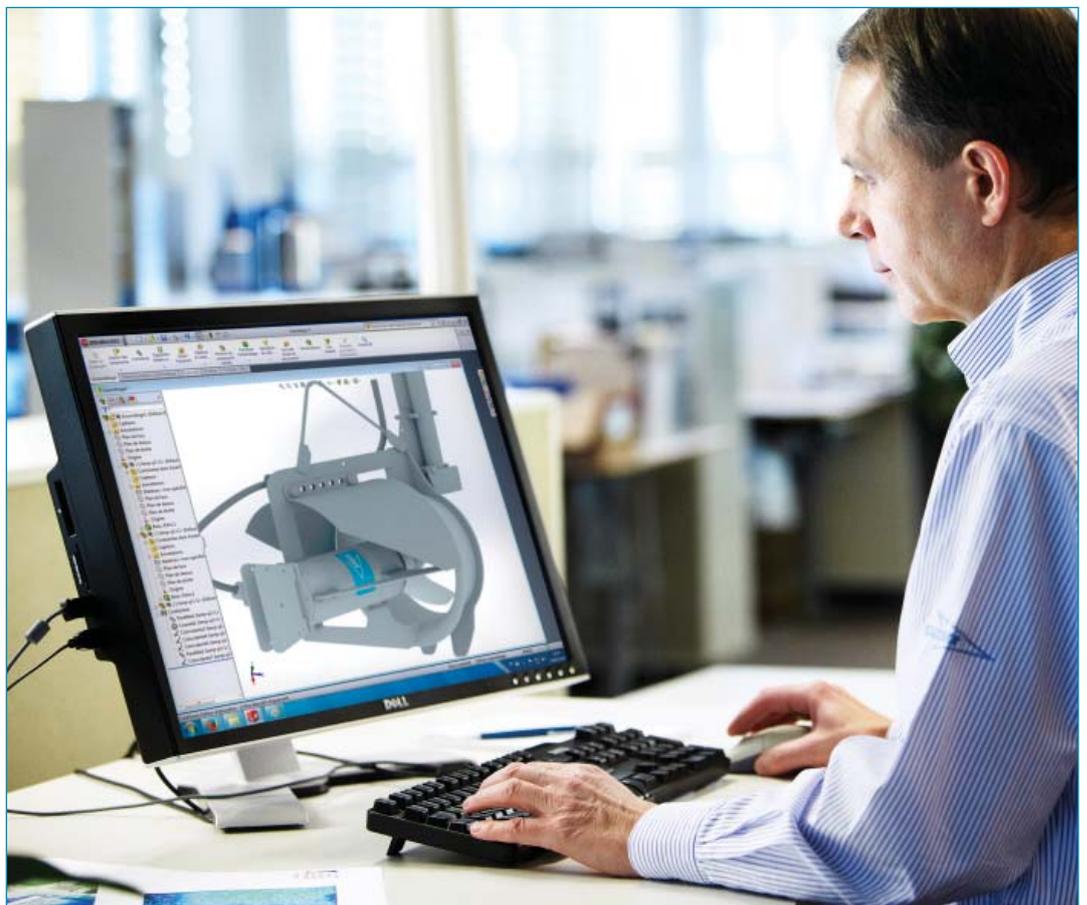
Tipo de tubo	Ø nom (mm)	B	C	D	L	M	S	W	
FSI de Flygt	LL3085* LL/NL3102	500	0,25	0,30	0,50	1,20	0,41	0,50	0,86
	LL/NL3127 LL3152	600	0,30	0,40	0,60	1,30	0,45	0,60	0,94
	LL3201 LL/NL3300 LL3356	800	0,40	0,60	0,80	1,75	0,63	0,80	1,32
	LL3400	900	0,50	0,60	1,00	2,28	0,83	0,90	1,73
	LL3602	1200	0,60	0,80	1,20	2,74	1,00	1,10	2,09

\* ESTOS PRODUCTOS SON OBSOLETOS

## C | DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO CON BOMBAS DE HÉLICE CON MUY BAJAS ALTURAS DE DESCARGA

Los principales beneficios de las bombas Flygt con alturas de descarga muy bajas son su alta eficiencia, bajo consumo de potencia y bombeo de grandes caudales. Estas bombas tienen un historial probado de instalaciones con éxito en todo el mundo, dondequiera que se necesite un gran caudal en condiciones de baja altura. Para obtener un óptimo desempeño, y que funcionen de manera confiable es fundamental instalarlas correctamente. La siguiente sección presenta las pautas para la correcta colocación de las bombas así como también la metodología para calcular las pérdidas.

Como en los casos antes presentados, las pérdidas por fricción deben determinarse de forma precisa tanto en la tubería así como en los componentes, válvulas y otros accesorios del sistema.

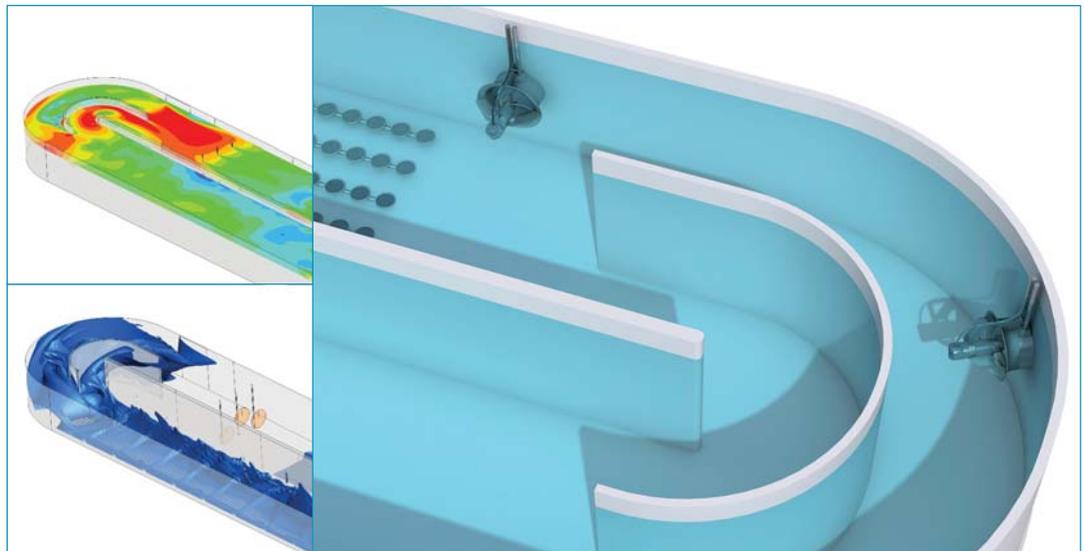




## C1

### APLICACIÓN DE LAS BOMBAS DE HÉLICE CON BAJA ALTURA

Normalmente, este tipo de instalación de bombeo se utiliza para bombear agua de un estanque a otro en plantas de tratamiento de aguas residuales, recircular aguas residuales y bombear lodos (a menudo con un variador de velocidad). También puede utilizarse para vaciar grandes depósitos de almacenamiento intermedio, como embalses de recolección de aguas pluviales, y bombear agua en canales de riego. Incluso se ha utilizado para transportar agua de mar a lagunas para el cultivo de ostras, o a un puerto para mejorar las condiciones del agua. Otra aplicación interesante es su uso en parques de atracciones acuáticos, donde hay circuitos para navegar con botes o simplemente hacer recorridos en salvavidas o balsas.



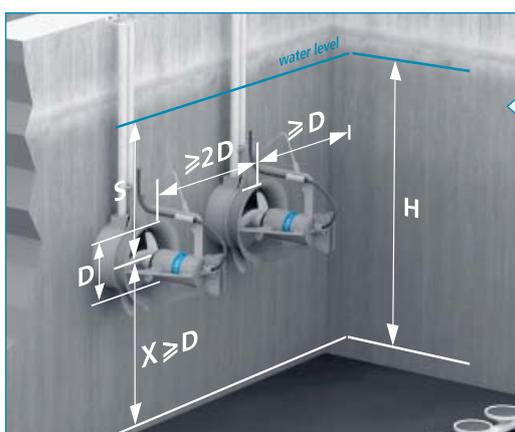
**Al igual que todas las estaciones de bombeo, asegúrese de que el flujo en la entrada a la bomba sea uniforme y estable, sin remolinos, vórtices y sin arrastre de aire:**

- | Un caudal no uniforme en la entrada de la bomba puede reducir el rendimiento, provocar cargas pulsantes, ruido y vibraciones.
- | Los vórtices que provienen de la superficie libre del líquido pueden llegar a ser lo suficientemente importantes como para arrastrar aire y residuos flotantes al interior de la bomba. Los vórtices que se originan en superficies sólidas pueden provocar cavitación y formación de burbujas que afecten el rendimiento de la bomba.
- | El arrastre del aire puede reducir el caudal, afectar y el rendimiento de la bomba, provocar vibraciones y ruido.

Las pautas de diseño que proporcionamos en este manual suponen de que el flujo de aproximación a las bombas es constante y que su velocidad es inferior 0,5 m/s. Elimine los obstáculos que puedan producir patrones de flujo con turbulencia, rotación del fluido y arrastre de aire. La tubería de descarga debe diseñarse de la misma forma que hemos explicado en este manual para los otros tipos de bombas, es decir, no hay consideraciones especiales para la instalación de una bomba Flygt PP.

## C2

### DIMENSIONES DE INSTALACIÓN



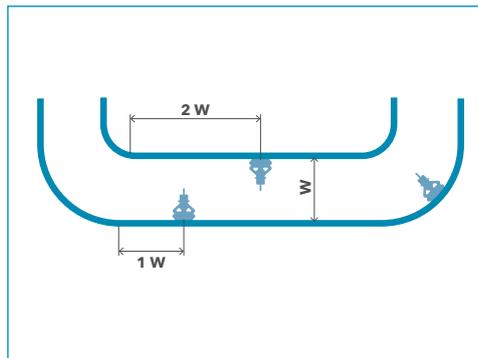
Puede utilizar este dibujo para determinar las distancias mínimas para este tipo de instalación de bombas.

Si sus condiciones difieren, comuníquese con el representante local de Xylem para obtener una solución satisfactoria.



### C3

#### DISEÑO DE INSTALACIONES DE CIRCULACION

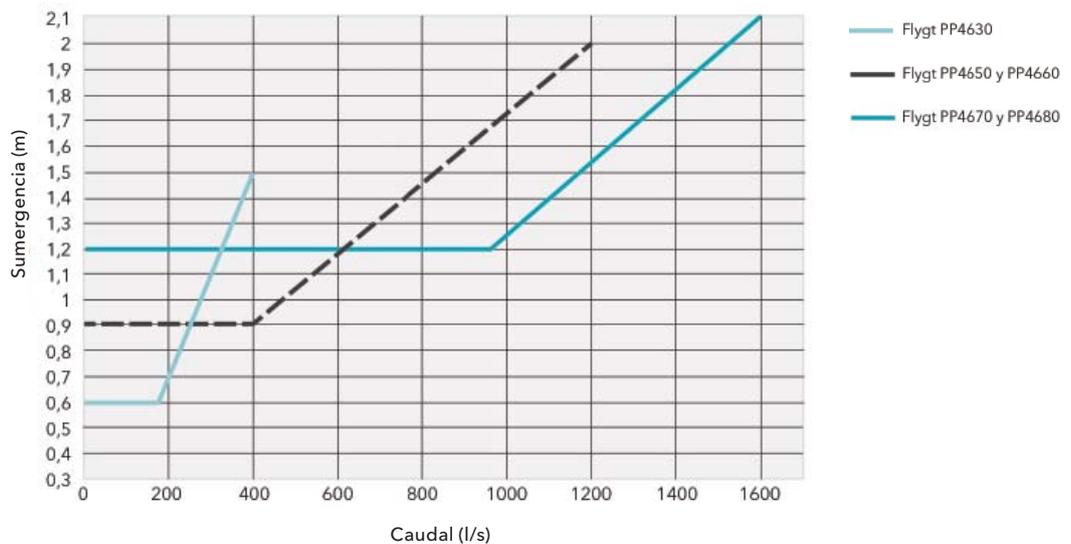


Por lo general, la mejor ubicación para la bomba es sobre un muro recto a cierta distancia de la curvas en la que las condiciones de flujo son estables. Si por alguna razón las bombas tienen que colocarse en una curva, codo o cerca de él, la mejor localización será en la pared exterior, tal como se muestra, dado que la posibilidad de que se formen vórtices será menor.

### C4

#### SUMERGENCIA

El siguiente diagrama permite determinar la sumergencia (S) mínima recomendada. En tanques poco profundos y en tanques con condiciones de entrada deficientes, puede resultar imposible proporcionar la cantidad de sumergencia especificada. En tales casos, equípe las bombas con un dispositivo de protección contra vórtices. Estos dispositivos están diseñados para reducir la tendencia a la formación de vórtices y remolinos y permitir el funcionamiento con una sumergencia inferior a la indicada.



## C5

### DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS A LA DESCARGA

En comparación con las instalaciones convencionales de bombas, las pérdidas a la descarga de la bomba son mucho más importantes en este tipo de instalación. Utilice la tabla siguiente para determinar las pérdidas de carga del sistema.

#### Tabla de pérdida de carga en accesorios del sistema

Diámetro (mm)	Flujo (l/s)	Salida pérdida de carga (k=1) [m]	Válvula antirretorno pérdida de carga (k=0,5) [m]
400	200	0,13	0,06
	250	0,20	0,10
	300	0,29	0,15
600	400	0,10	0,05
	500	0,16	0,08
	600	0,23	0,11
	700	0,31	0,16
	800	0,41	0,20
	900	0,52	0,26
800	1000	0,20	0,10
	1200	0,29	0,15
	1400	0,40	0,20
	1600	0,52	0,226





# Xylem |'zīləm|

- 1) El tejido en las plantas que transporta el agua desde las raíces;
- 2) Una compañía líder global en tecnología del agua.

Xylem es una empresa líder en tecnología del agua comprometida a ofrecer «soluciones para aguas» mediante la creación de soluciones tecnológicas innovadoras e inteligentes para satisfacer las necesidades de agua, aguas residuales y energía del mundo. En un mundo que cada día se enfrenta a más dificultades, Xylem proporciona soluciones de tecnología del agua para todo el ciclo del agua. Nuestro potencial tecnológico en todo el ciclo de vida del agua es insuperable. Desde la obtención y la distribución hasta la reutilización y la devolución a la naturaleza, nuestras eficientes tecnologías del agua, bombas industriales y soluciones de aplicación no solo consumen menos energía y reducen los costes del ciclo de vida, sino que también fomentan la sostenibilidad.

**Si necesita más información acerca de Xylem, visite [www.xylem.com](http://www.xylem.com)**



**Para obtener más información sobre Xylem en los países de América Latina visite:**

## **Argentina**

Ruta Panamericana Colectora Este Km 24,6  
Don Torcuato - Buenos Aires  
+54 11 4589-1111  
[www.xylem.com.ar/es-ar/](http://www.xylem.com.ar/es-ar/)

## **Centro América y Caribe**

7400 Corporate Center  
Drive Suite E Miami, 33126 FL - USA  
+1 305 714-4220  
[www.xylem.com/es-hn/](http://www.xylem.com/es-hn/)

## **Colombia**

Carrera 85D N° 46A65  
Bodega 18, Bogotá  
+57 1 410-3281  
[www.xylem.com/es-co/](http://www.xylem.com/es-co/)

## **Perú**

Av. Defensores del Morro 2220  
Chorrillos, Lima  
+51 1 207-9400  
[www.xylem.com/es-pe/](http://www.xylem.com/es-pe/)

## **Brasil**

Rua Telmo Coelho Filho,  
40 Vila Albano, São Paulo  
[www.xylem.com/pt-br/](http://www.xylem.com/pt-br/)

## **Chile**

Alcalde Guzmán 1480  
Quilicura - Santiago de Chile  
+56 2 2562-8600  
[www.xylem.com/es-cl/](http://www.xylem.com/es-cl/)

## **México**

Av. El Circuito del Marqués Norte 21-A  
Pque. Industrial El Marqués - Queretaro  
+52 442 192-6700  
[www.xylem.com/mx](http://www.xylem.com/mx)

## **Uruguay**

Constitución 2061  
11800 - Montevideo  
+59 8 2400-5818  
[www.xylem.com/es-uy/](http://www.xylem.com/es-uy/)