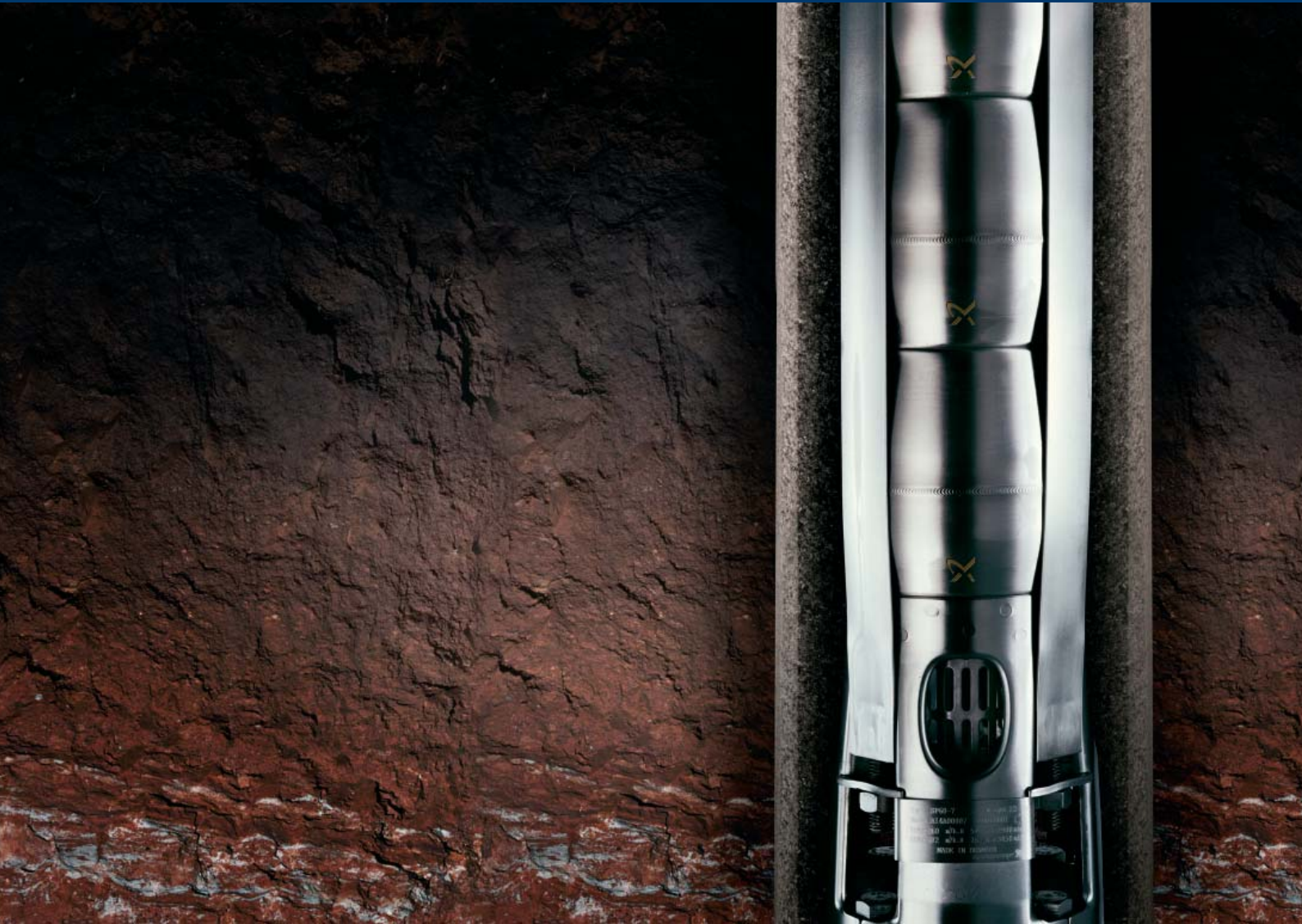


GRUNDFOS MANUAL DE INGENIERÍA SP



BE > THINK > INNOVATE >

GRUNDFOS 

1 Introducción

2 Suministro de agua

2.1	Recursos	9
2.2	Aguas subterráneas	9
2.2.1	Pozos de aguas subterráneas	9
2.2.2	Filtraciones de cauces fluviales	9
2.2.3	Requisitos de aguas subterráneas	10
2.2.4	Capacidad requerida para aguas brutas/de pozo y tratamiento de aguas	11
2.2.5	Rendimiento de los pozos y eficacia operativa	12
2.3	Aguas superficiales	14
2.3.1	Fuentes de agua dulce	14
2.3.2	Fuente de agua marina y salada	14

3 Aplicaciones

3.1	Suministro de agua dulce	17
3.2	Achique	19
3.2.1	Minería	19
3.3	Aplicación horizontal	20
3.4	Aire/gas en el agua	20
3.5	Aguas corrosivas (agua salada)	22
3.6	Agua caliente y aguas geotermales	23
3.7	Módulos de propulsión	24

4 Bombas

4.1	Principios de bombeo	27
4.2	Piezas de recambio	28
4.3	Elección de bombas	28
4.4	Curvas de bomba y tolerancias	29

5 Motores y controles

5.1	Tipos de motor, descripción general	33
5.2	Cables y juntas de motor, referencia a cables de caída	35
5.3	Dispositivos para la protección del motor	36
5.4	Métodos para la reducción de la corriente de arranque	36
5.4.1	Conexión Directa en línea (DOL)	37
5.4.2	Estrella/Triángulo – SD	38
5.4.3	Autotransformador (AT)	39
5.4.4	Arranque mediante tipo de resistencia primaria (RR)	39
5.4.5	Arrancador suave (SS)	39
5.4.6	Convertidores de frecuencia (transmisión de velocidad variable)	40
5.5	Funcionamiento con un convertidor de frecuencia	41

6 Alimentación eléctrica

6.1	Generación de energía	45
6.2	Tensión	45
6.2.1	Desequilibrios de tensión	45
6.2.2	Sobrevoltaje y baja voltaje	45
6.3	Frecuencia	46
6.4	Transmisión de frecuencia variable	46

6.5	Conexión a la red	47
6.6	Corriente asimétrica	47
7 Instalación y funcionamiento		
7.1	Pozos y sus condiciones	53
7.2	Ubicación de la bomba	54
7.3	Bomba y elección de motor	54
7.3.1	El punto de funcionamiento	54
7.3.2	Diámetro del pozo	55
7.3.3	Rendimiento del pozo	55
7.3.4	Rendimiento de la bomba	55
7.3.5	Temperatura del agua	58
7.3.6	Reducción de la potencia máxima de los motores sumergibles	58
7.3.7	Protección contra la ebullición	59
7.3.8	Refrigeración de la camisa	59
7.4	Elección de la tubería de elevación	60
7.5	Elección de cables y tamaños	61
7.6	Manejo	63
7.6.1	Montaje de la bomba/motor	63
7.6.2	Empalme de cables/Conexión del cable del motor y el cable de caída	63
7.6.3	Conexiones de las tuberías de elevación	64
7.7	Bombas funcionando en paralelo	64
7.8	Bombas funcionando en serie	64
7.9	Nº de arranques/paradas	65
7.10	Arranque de la bomba	65
7.11	Funcionamiento del VFD	65
7.12	Funcionamiento del generador	65
8 Comunicación		
8.1	Introducción general	69
9 Localización de averías		
9	Localización de averías	73
10 Accesorios		
10.1	Camisas de refrigeración	75
10.2	Protección contra la corrosión en aguas saladas	75
10.2.1	Protección catódica	75
10.2.2	Sistemas de protección catódica galvánica	75
11.2.3	Sistema de protección catódica por diferencia de potencial eléctrico	76
10.3	Caídas de tensión del cable	76
10.4	Uniones de cable	77
10.5	Tuberías de elevación	77
11 Información adicional		
11	Información adicional	79
12 Índice		
12	Índice	80



1. Introducción

Atendiendo a nuestros intereses comunes

Este manual de ingeniería ha sido creado específicamente para una de las bombas más populares y conocidas de Grundfos: la SP. En el momento de su creación a finales de los años 60, este innovador producto estableció nuevas normas en cuanto a durabilidad, eficacia y construcción en acero inoxidable de lámina fina. Los numerosos tipos de producto, tamaños y posibilidades de configuración disponibles en la actualidad atestiguan el carácter innovador de las bombas SP originales.

Al trabajar con las bombas SP a diario, surgen con frecuencia diversas preguntas. Hemos creado este manual de ingeniería para ayudarle a encontrar rápida y fácilmente las respuestas a muchas de esas preguntas. Nuestro interés común es proporcionar las mejores soluciones SP y de servicio posibles a todos los clientes. Tenga en cuenta que este manual de ingeniería es un complemento y no un sustituto de las hojas de datos del producto ni de los manuales de instalación. Las ediciones más actualizadas de estas publicaciones son siempre las más válidas y las que se deben seguir.

Hemos dedicado un tiempo y cuidado considerables para presentarlo de modo que resulte lo más cómodo y fácil de usar. Somos conscientes, no obstante, de que siempre son posibles mejoras, por lo que le invitamos a que nos envíe sus comentarios. Póngase en contacto con su representante local Grundfos si desea que abarque algún tema específico en ediciones futuras.

Esperamos que este manual le resulte una herramienta de referencia útil para su trabajo con las bombas SP.



Kenth H. Nielsen
Business Director Water Services,
Grundfos Management A/S



2. Suministro de agua

2.1 Recursos

El volumen de agua mundial es constante. Su posición, calidad, fase, etc. varían pero el volumen se mantiene constante. El agua salada marina representa aprox. el 97,5% de toda el agua. El agua dulce representa el 2,5% restante. Dos tercios del agua dulce están vinculados a los glaciares, al hielo polar y a los mantos de nieve. El resto, menos del 1% de toda el agua del mundo, se encuentra de algún modo disponible en diferentes fuentes para el uso del hombre.

Estas fuentes son:

- aguas subterráneas, acuíferos bajo tierra poco o muy profundos
- aguas superficiales, de ríos y lagos. En caso de no haber agua dulce disponible, el agua salada o contaminada se trata y se usa como agua dulce.

2.2 Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas tienen, por lo general, entre 25 y 10.000 años. Antes de alcanzar el acuífero, se han filtrado y han sido expuestas a tratamientos biológicos al atravesar las diversas capas del suelo. Las aguas subterráneas, por lo tanto, suelen tener una calidad muy alta y apenas requieren tratamiento o no lo requieren previamente a su consumo.

2.2.1 Pozos de aguas subterráneas

Lo ideal es que los sistemas de riego y de suministro de agua que suministren a un máximo de 500.000 consumidores e industrias adyacentes se abastezcan mediante aguas subterráneas. Los acuíferos libres de polución superiores a 600 km² son habituales. Entre 75 y 150 tomas de pozos repartidas por los diferentes acuíferos proporcionarán las fuentes de agua más seguras, fiables y respetuosas con el medioambiente. En las plantas de tratamiento y depuración de aguas que abastezcan a más de 1 millón de consumidores, deberían considerarse fuentes adicionales tales como filtraciones de cauces fluviales, embalses fluviales o la desalinización.

Al realizar extracciones de agua potable, cada pozo se extenderá hacia aguas subterráneas más antiguas alcanzando profundidades libres de polución. Los pozos de riego pueden usar agua del acuífero superior (el acuífero secundario) con una calidad de agua ligeramente contaminada. El nivel de agua subterránea

variará a lo largo de las estaciones, pero se respetará cada año, puesto que la cantidad máxima extraíble es similar a la generada anualmente.

Si los niveles de agua subterránea se reducen constantemente, es de esperar que se produzca un desastre en el suministro de agua con un incremento en la salinidad y otras sustancias no deseadas.

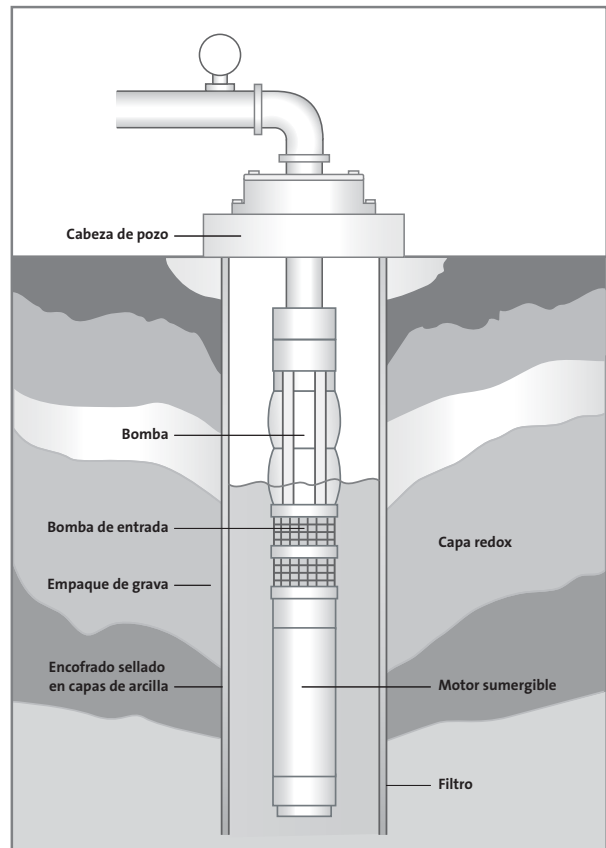


Fig. 1 Pozo de agua subterránea con bomba sumergible

2.2.2 Pozos de filtración de cauces fluviales

En los pozos de filtración de cauces fluviales, los pozos están situados próximos a un río. Mediante este método, el agua del río se filtra a través del suelo. Este proceso supone una contribución natural a las plantas de entrada directas que requieren un incremento de capacidad. El agua prefiltrada y fácil de limpiar requiere un menor tratamiento final y extrae agua del acuífero cuando el nivel del río es bajo.

Tras cada periodo húmedo con niveles fluviales altos, el barro/estiércol/sedimentos del lecho del río son

arrastrados corriente abajo y sustituidos parcialmente por sedimentos nuevos. Este proceso natural proporciona condiciones perfectas para una reducción del 90% de las encimas, virus, bacterias, patógenos, etc. humanos. Los periodos húmedos con niveles de agua fluvial altos también rellenan los acuíferos cercanos al río con agua, en ellos ésta se almacena y está lista para abastecer los pozos del margen fluvial cuando el nivel del río desciende durante la estación seca. El almacenamiento de agua fluvial en acuíferos causa una menor sobrecarga hídrica en el río durante las temporadas secas.

Los pozos en los márgenes fluviales pueden construirse como pozos de aguas subterráneas o a partir de encofrados verticales con un diámetro de 7 a 8m excavados debajo del lecho fluvial. Pueden complementarse con filtros horizontales de acero inyectado 8-12 o filtros para la entrada de agua sin sedimentos.

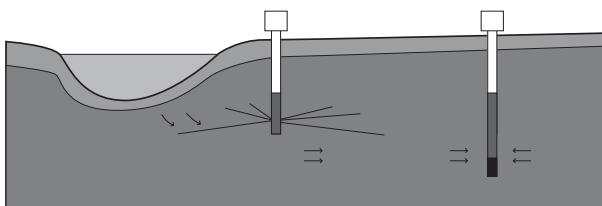


Fig. 2 Instalaciones de pozos en lechos fluviales

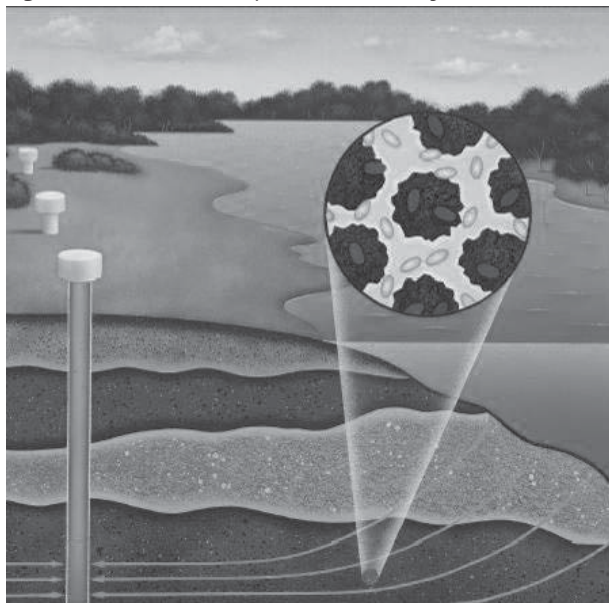


Fig. 3 Filtración desde el lecho fluvial. Las bacterias, patógenos, etc. son atrapadas por los sedimentos.

2.2.3 Requisitos de aguas subterráneas

La base para determinar la necesidad de aguas subterráneas de pozos consiste en evaluar la relación que existe entre el volumen de agua almacenada y la capacidad de producción de agua terminada comparada con el consumo en el momento de mayor demanda y el consumo diario. Para determinar el consumo de la mayor demanda horaria, consulte el apartado Incremento del MPC de WinCAPS/WebCAPS de Grundfos, o la fig. 4 y 5.

Requisitos de extracción

Son numerosos los tipos de consumidores de agua que existen, cada uno con un patrón de consumo específico. Existen diversos métodos para calcular las necesidades máximas de agua, tanto de forma manual como informatizada. La tabla mostrada a continuación se puede emplear para realizar un cálculo aproximado de las necesidades de agua para:

- edificios de oficinas
- edificios residenciales, incluyendo bloques de apartamentos
- grandes almacenes
- hospitales
- hoteles

Categoría	Unidades	Consumo m ³ /h
Viviendas	2,000 unidades	70
Edificios de oficinas	2,000 empleados	30
Grandes almacenes	2,000 empleados	55
Hoteles	1,000 camas	110
Hospitales	1,000 camas	80
Periodos de máximo consumo (temporada alta)		345

Factores empleados en el cálculo del consumo diario:

- Mínimo de 100 usuarios conectados: Factor 8
- Mínimo de 30 usuarios conectados: Factor 4
- Mínimo de 10 usuarios conectados: Factor 2,5

El consumo máximo diario en el ejemplo anterior será de un factor 8 x 345 m³/h = 2.760 m³/día.

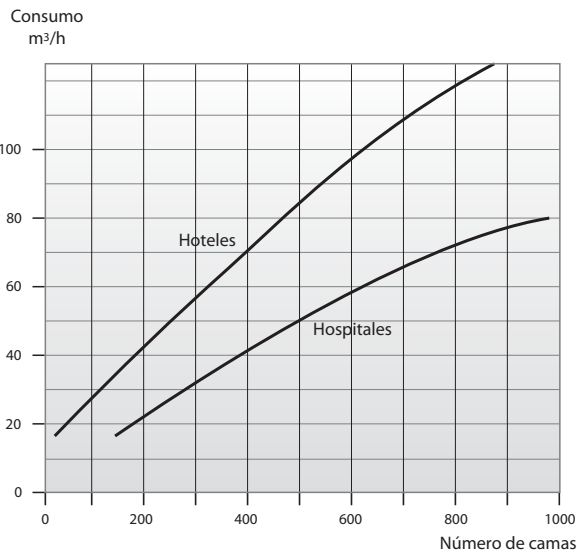


Fig. 4 Picos de consumo de agua

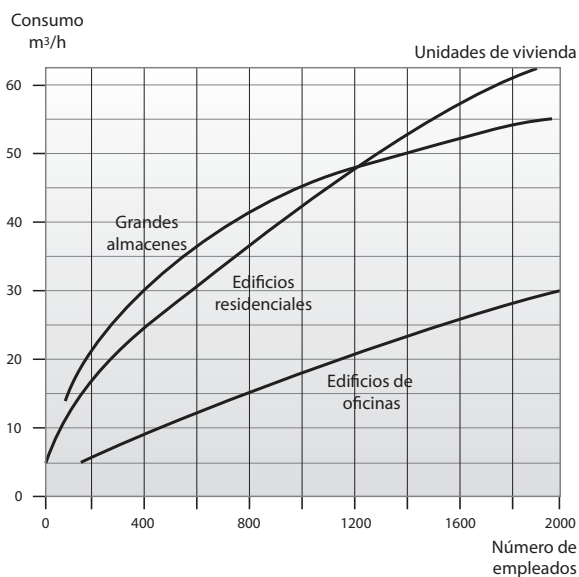


Fig. 5 Picos de consumo de agua

El pico de consumo por hora se puede convertir en consumo diario estimado usando los factores 8/4/2,5.

2.2.4 Capacidad requerida para aguas brutas/de pozoytratamiento de aguas

La relación existente entre el almacenamiento de agua y el consumo diario ilustra el porcentaje del consumo diario que se encuentra presente en el almacenamiento. Con este porcentaje, avance horizontalmente en la Fig. 6 para encontrar el porcentaje necesario para los requisitos de agua bruta. El consumo diario multiplicado por el porcentaje de la necesidad de agua bruta proporciona la capacidad necesaria de los pozos.

Si una planta de tratamiento no dispone de un tanque de agua limpia o de un depósito elevado de agua, el agua bruta y la capacidad de tratamiento deben equivaler al consumo máximo por hora, es decir, Cagua bruta = 345 m³/h en el ejemplo.

Si la planta de tratamiento dispone de un tanque de agua limpia o de un depósito elevado de agua de 2.760 m³, los picos máximos de consumo pueden cubrirse con la reserva de agua. Este hecho significa que las bombas de agua bruta pueden funcionar constantemente las 24 horas del día a razón de $2.760/24 \text{ m}^3/\text{h} = 115 \text{ m}^3/\text{h}$.

El volumen real del tanque de agua limpia y/o del depósito elevado de agua y la capacidad máxima de la planta de tratamiento resultan cruciales en los costes de inversión relacionados con los pozos de agua subterránea.

En el ejemplo, existe un depósito de agua limpia de 1.600 m³. Esto significa que el depósito de agua alcanza el $1.600/2.760 \times 100 = 58\%$ del consumo diario.

Con un pico máximo de consumo de 345 m³/h y un consumo máximo de 2.760 m³/día y con un volumen real de agua limpia de 1.600 m³, la capacidad de agua bruta debe ser de al menos $2.760 \times 7,6/100 = 210 \text{ m}^3/\text{h}$. 7,6 se toma de la Fig. 2. De aquí se deduce un tiempo máximo de funcionamiento de las bombas de agua bruta de $2.760/210 = 13 \text{ horas/día}$. Los 210 m³/h se dividirán entre, al menos, tres o cuatro pozos. En caso de haber menos pozos, debe realizarse una instalación de reserva.

Tamaño del tanque de agua limpia como porcentaje del consumo diario

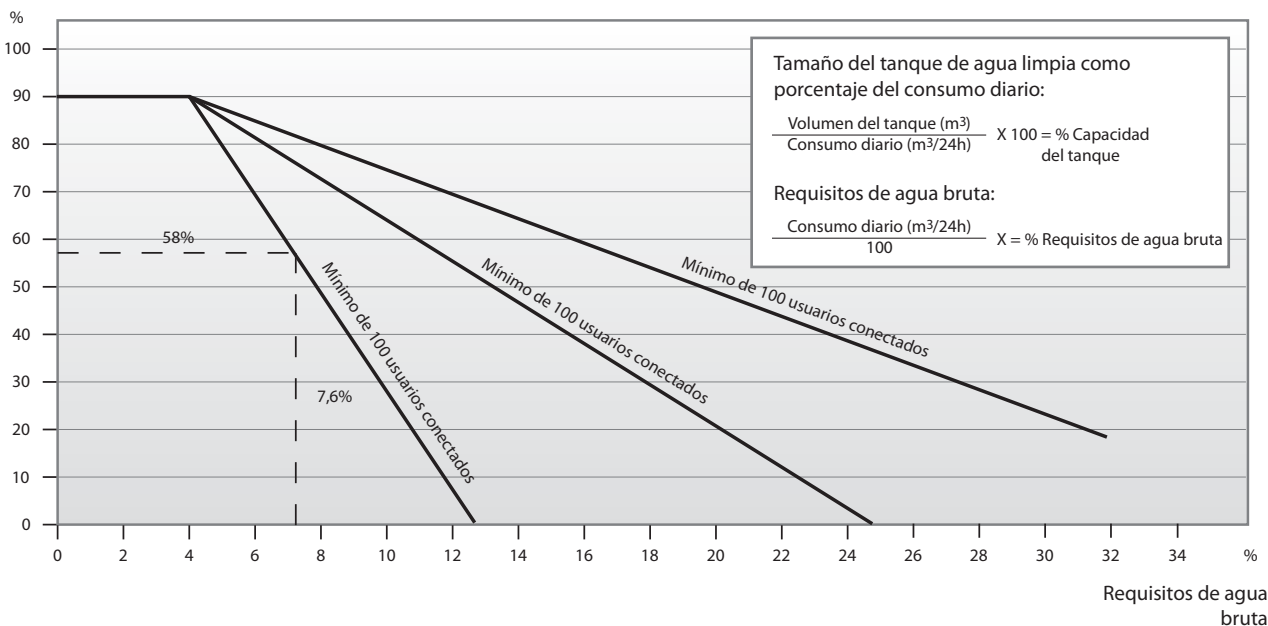


Fig. 6 El agua bruta y la capacidad de tratamiento (m^3/h) como porcentaje del consumo diario ($m^3/día$)

2.2.5 Rendimiento de los pozos y eficacia operativa

Cada pozo tiene una capacidad específica, que consiste en los m^3/h por cada metro de descenso del nivel de agua bombeada. En función de su necesidad de agua bruta, podrá explotar cada pozo con el fin de obtener el menor descenso medio del nivel de agua que sea posible. Cuanto menor sea el descenso del nivel, menor será la pérdida de carga total. Cuanto menor sea la caída de tensión en los cables eléctricos, mejor será el rendimiento de funcionamiento.

- Un bombeo excesivo tendrá como resultado un descenso importante del nivel de agua, lo que provocará la oxidación y la formación de ocre que puede obturar el filtro del pozo y la bomba, lo que supone un incremento en los costes de mantenimiento para la regeneración del pozo y posiblemente una reducción en la vida útil de éste.
- Un bombeo excesivo significa un descenso en el nivel de agua del acuífero, lo que puede provocar cambios químicos y la precipitación de metales pesados. Puede producirse una infiltración de nitrato y pesticidas en el agua, con el resultado del incremento de los costes para el tratamiento del agua.

Las causas más habituales del bombeo excesivo de pozos y acuíferos es el incremento en el consumo de agua, satisfecho mediante una mayor capacidad de bombeo o tiempos de funcionamiento prolongados de las bombas de aguas subterráneas sin que se produzca un incremento del área de captación ni del número de pozos.

Carga acuífera

Al bombear a una capacidad constante durante muchas horas, el nivel dinámico de agua en el pozo debería mantenerse relativamente constante. Si el nivel desciende considerablemente significa que la cantidad de agua bombeada supera el caudal de entrada. Si el nivel desciende año tras año, la cantidad de agua bombeada debería reducirse y utilizarse agua de otros acuíferos.

Carga del pozo

Durante el bombeo de prueba, el volumen de agua bombeada se incrementa a intervalos fijos lo que, como resultado, reducirá el nivel dinámico de agua. Si se dibuja el descenso del nivel de agua en función del incremento en el bombeo, el resultado será una parábola aproximada.

Descenso lineal del nivel con flujos moderados

Con flujos moderados, el descenso lineal significa que, por lo general, un incremento del volumen de agua de $1 m^3/h$ tendrá como resultado un incremento casi lineal en el descenso del nivel de agua de $10 cm/m^3$.

Por lo tanto, un incremento de 10 a 20 m³/h provocará un descenso del nivel de agua de aprox. 1 m. Un incremento de 10 a 30 m³/h supondrá un descenso del nivel de agua de aprox. 2 m.

Con caudales moderados, la curva de descenso del nivel será más lineal puesto que el incremento en el descenso se debe a la resistencia del caudal en la configuración del filtro.

Descenso parabólico con grandes caudales

Con caudales cada vez mayores, una resistencia de rozamiento continuamente creciente en la configuración de la pantalla y del acuífero generará una curva parabólica de descenso de nivel de segundo grado. Es decir, se producirá un descenso progresivo del nivel de agua en el pozo como resultado del incremento en el bombeo.

Un incremento de 80 a 90 m³/h supondrá un descenso adicional del nivel de aprox. 5 m, y de 11 m de 80 a 100 m³/h aprox., es decir, mucho más que en el caso de caudales moderados. La carga de pozo más económica tiene lugar con un caudal en el que la curva de descenso del nivel de agua pasa de lineal a progresiva.

Si el rendimiento del pozo no es suficiente para satisfacer las necesidades de agua, incluso mediante un funcionamiento prolongado, deberá hacerse lo siguiente:

- Analizar el problema con ayuda de un especialista.
- Perforar un pozo adicional.

Tenga en cuenta que las normas y reglamentos pueden variar de un país a otro.

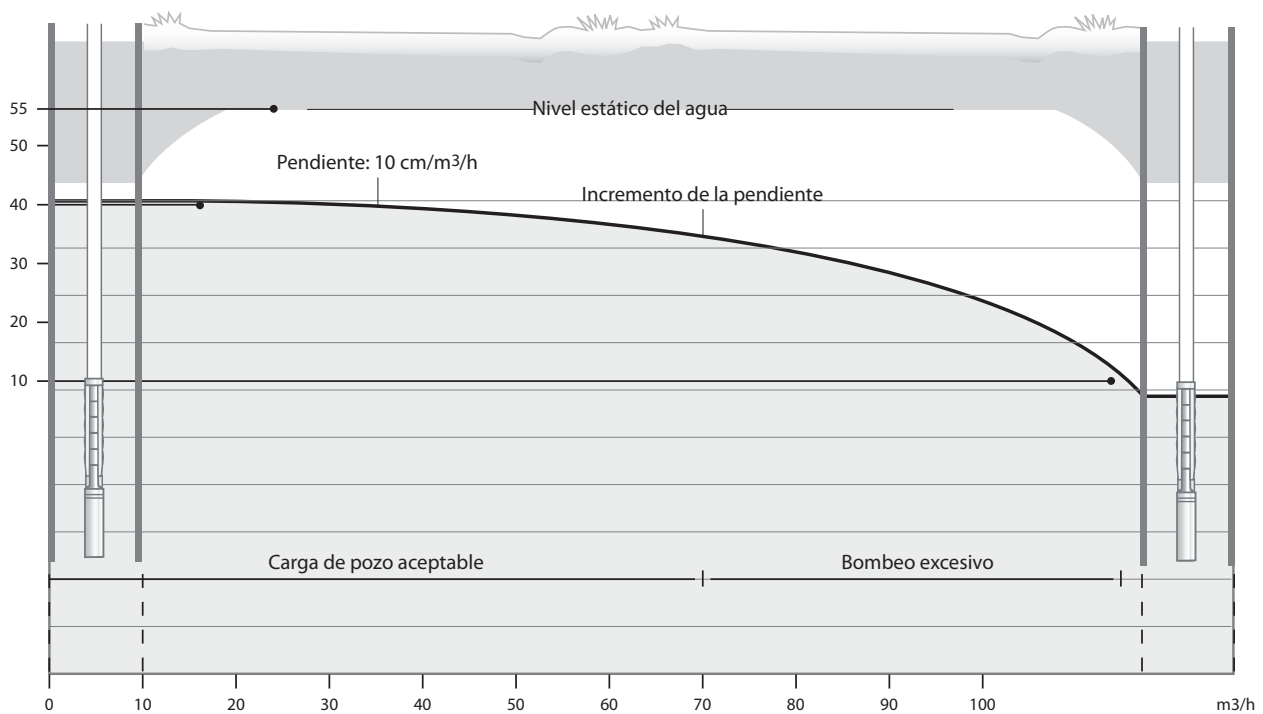


Fig. 7 Variaciones en el nivel dinámico del agua mediante bombeos de prueba

2.3 Aguas superficiales

2.3.1 Fuentes de agua dulce

Las aguas superficiales generalmente se toman de lagos o ríos. Al contrario de lo que sucede con las aguas subterráneas, no están protegidas de la naturaleza ni de las actividades humanas y, por lo tanto, siempre hay que tratarlas. El nivel de agua superficial y su calidad variará dependiendo de la estación. Por ejemplo, tras fuertes precipitaciones o tras derretirse la nieve, la corriente suele arrastrar numerosos sólidos y arena.

Estos minerales afilados y abrasivos así como los materiales biodegradables deberán asentarse o separarse antes de su entrada en la bomba para evitar efectos negativos en el proceso final de tratamiento del agua. Las bombas sumergibles resultan ideales para aquellas aplicaciones en las que se produzcan periódicamente niveles de agua incontrolablemente altos. Hay que tener en cuenta que los cables de tensión y los equipos eléctricos deberán elevarse a ubicaciones permanentemente secas.

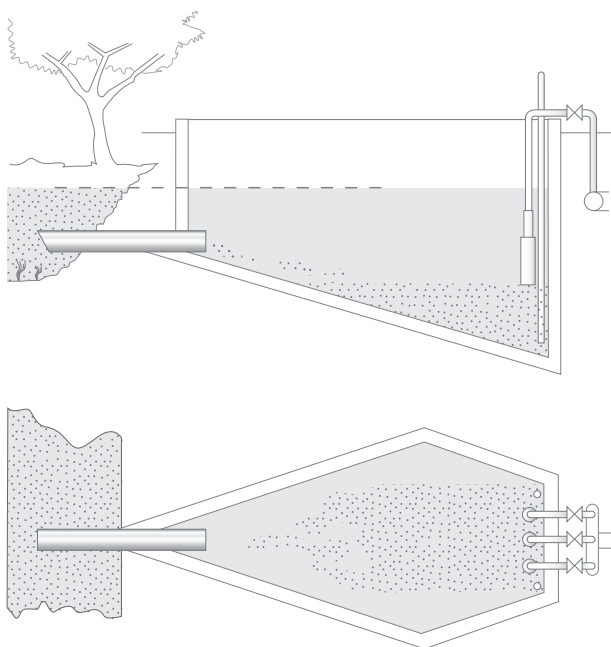


Fig. 8 Principio del depósito de decantación

Para instalaciones de carácter más permanentes, se recomienda la infiltración indirecta del cauce fluvial mediante empaques de bancos de arena o grava a los encofrados de entrada o a los pozos del cauce fluvial. Este filtrado natural mejora la calidad del agua y ahorra hasta un 20% en el consumo energético, productos químicos y pruebas en el tratamiento final. Permitir la entrada directa de agua y el tratamiento estándar convencional del agua únicamente tendrá como resultado la entrada de fauna microscópica diversa en equilibrio biodinámico en las tuberías y en sistema de tanques. Esta fauna puede abarcar desde organismos unicelulares hasta predadores milimétricos y debe ser eliminada mediante la aplicación de dosis con altos niveles de cloro. La entrada directa de agua a temperatura ambiente requerirá una sobredosificación química durante la estación más fría del año, cuando las reacciones químicas se hayan ralentizado hasta una inactividad casi total.

2.3.2 Fuentes de agua marina y salada

La entrada de agua salada costera deberá ubicarse en las zonas donde se calcule que existe la concentración más baja de sal. En la zona de rompiente costera, se evapora una gran cantidad de agua haciendo que la concentración de sal del agua remanente sea superior al de esta zona. De hecho, puede incluso ser el doble.

Este hecho hace que resulte necesario trasladar la entrada de agua salada mar adentro a cientos de metros de la zona de rompiente para obtener una concentración inferior de sal. Este tipo de estructura de entrada suele ser generalmente beneficioso cuando la capacidad de entrada supera los 1.000 m³/h.

Para capacidades de entrada inferiores a 1.000 m³/h, se recomiendan los pozos anticorrosión de playa y los pozos de filtración de bancos costeros. Estas instalaciones pueden proporcionar un ahorro anual de hasta un 20% en los costes relacionados con el mantenimiento, reparación, consumo energético y productos químicos en la planta de desalinización.

Los pozos de filtración de bancos costeros están contruidos como los pozos de filtración de las cuencas fluviales, pero con clases de corrosión superiores para resistir el impacto de las sales presentes.



3. Aplicaciones

3.1 Suministro de agua dulce

El suministro de agua dulce para su consumo como agua potable, riego y diversas aplicaciones industriales es la aplicación más habitual de las bombas sumergibles. En estos casos, pueden usarse bombas con diversos diseños y fabricadas con diversos materiales obteniendo unos resultados razonablemente buenos.

Las bombas SP de Grundfos fabricadas en acero inoxidable 304 son la elección evidente para esta aplicación. Si el pozo está correctamente construido y produce agua limpia sin arena, la bomba puede durar muchos años.

No obstante, en algunas aplicaciones de riego y suministro para el ganado, la calidad del agua es tan mala que las bombas fabricadas con acero inoxidable estándar no sobreviven mucho tiempo. En estos casos, puede usarse una bomba fabricada con acero inoxidable 316 o 904L.

En el diagrama mostrado a continuación se encuentran las previsiones temporales para la realización de diversas actividades. Éstas incluyen:

- los periodos de mantenimiento recomendados causados por el desgaste natural,
- los costes previstos de las reparaciones por mantenimiento,
- la pérdida de rendimiento durante los periodos de mantenimiento.

Hay que tener en cuenta que los diagramas no reflejan la pérdida de rendimiento causada por la obstrucción de sedimentos o por oxidación.

Intervalos de funcionamiento de las bombas sumergibles

Las bombas sumergibles sufren un desgaste natural al igual que cualquier otra bomba. Lamentablemente, su ubicación bajo el agua dificulta su detección. Este diagrama le permite calcular lo siguiente:

- ¿Cuándo debería efectuar el mantenimiento de la bomba sumergible?
- ¿Qué rendimiento se ha perdido desde el último mantenimiento?
- ¿Cuánto costará una renovación (aproximadamente)?

Deben determinarse de antemano una serie de cuestiones. Entre ellas se incluyen:

- La velocidad del agua en el componente que desea comprobar.
- Las condiciones de los materiales de la bomba y del entorno de ésta.
- La presencia o ausencia de sólidos y de dióxido de carbono agresivo.

La tabla mostrada a continuación puede usarse a modo de guía orientativa para determinar los intervalos de mantenimiento correspondientes para las bombas sumergibles. Para usar la tabla, siga las pautas indicadas a continuación:

1. Determine el punto 1 en la Curva A. Los materiales de la bomba y el estado del fluido son los indicados en la leyenda.
2. Trace una línea paralela hacia la derecha. La pérdida de material del impulsor es de aproximadamente 0,18mm cada 1.000 horas de funcionamiento (punto 2).
3. Siga la línea paralela hasta llegar a la línea de diferenciación que corresponde al CO2 agresivo y a

los materiales del componente. Observe las condiciones de nuestro ejemplo (punto 3).

4. Siga hasta abajo (90°). El contenido de CO2 agresivo ha incrementado la pérdida de material a 0,25 mm. Tenga en cuenta el grado de salinidad del agua (punto 4). Trace una línea horizontal a partir de este punto y extiéndala hacia la izquierda para leer los resultados.
5. Intervalos de mantenimiento recomendados para la bomba: cada 6.000 horas de funcionamiento (punto 5).
6. Pérdida de rendimiento: aproximadamente 18% (punto 6).
7. Coste aproximado de renovación de la bomba: 75% del precio de una bomba nueva (punto 7).

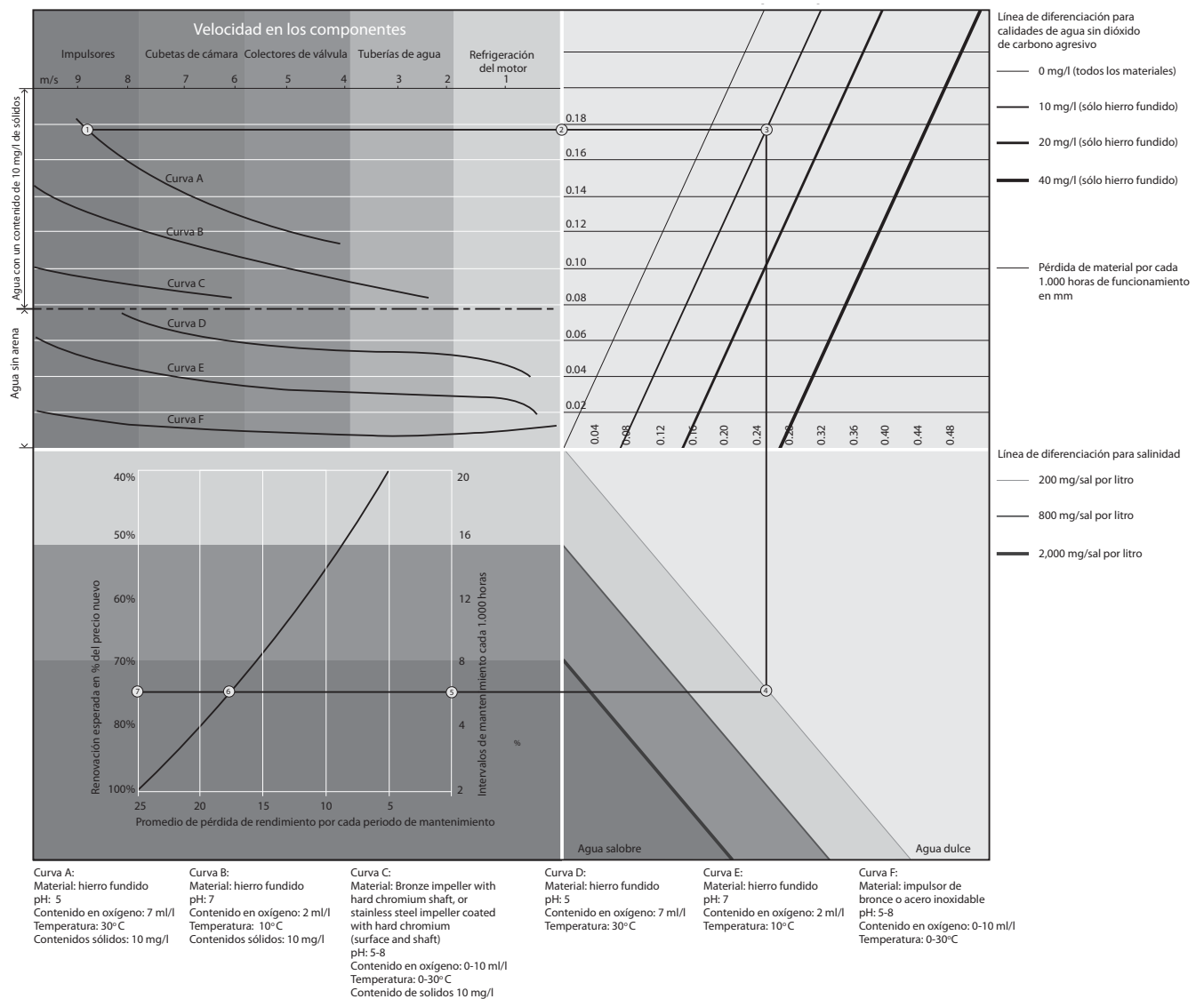


Fig. 9 Intervalos de mantenimiento recomendados para las bombas sumergibles

3.2 Achique

El achique relacionado con las aplicaciones de minería u obras de construcción se realiza frecuentemente con bombas sumergibles. La calidad del agua determina si la bomba puede ser una bomba estándar EN 1.4301 (AISI 304) o si tiene que ser de acero inoxidable de un grado superior.

Al reducir los niveles de aguas subterráneas, el acuífero queda expuesto al oxígeno, lo que genera oxidación y la adherencia de otros sólidos. Estos son lavados por el agua y penetran en el filtro del pozo para, a continuación, pasar a la entrada de la bomba.

Para mantener el rendimiento de la bomba, el punto de funcionamiento debe seleccionarse a la derecha del mejor punto de rendimiento.

Cuanta mayor sea la velocidad dentro de la bomba, más espaciados pueden ser los intervalos de mantenimiento. Una velocidad alta evita la obstrucción de la bomba y la pérdida de rendimiento. En las mezclas muy adhesivas, puede resultar beneficioso eliminar la válvula de retención de la bomba para mejorar la retroextracción de la bomba y de las tuberías tras la parada por obstrucción de la bomba.

3.2.1 Minería

La minería es una aplicación de achique típica. No obstante, con frecuencia la calidad del agua es muy agresiva en relación con la bomba sumergible por lo que es recomendable el uso de acero inoxidable de grado alto.

Una aplicación de minería especial es la técnica de minería por lixiviación, donde se usa un fluido agresivo para disolver los minerales que se van a extraer, los cuales a continuación se bombean junto con el fluido hacia la superficie, donde se recuperan.

El tratamiento de las materias corrosivas generadas por aguas ácidas con mezcla de cloruro es complejo. A continuación se describe un posible método:

1. Para encontrar el potencial de corrosión por cloruro: equivalente de cloruro = ppm de cloruro - (0,5 x ppm ácido).
2. Con este equivalente de cloruro, use la Fig. 10 y obtenga el valor de pH mínimo aceptable para el acero inoxidable AISI 904L. Si indica que existe un riesgo alto de corrosión, deberá recubrir con resina epóxica la superficie del motor.
3. La mayoría de los materiales con los que están fabricados los cables de tensión y los kits de juntas son inestables en aguas ácidas. Si es posible, use el cable azul del motor TML de Grundfos en su longitud completa hasta la caja de empalme en la superficie.
4. Instale el dispositivo de centrado de la bomba en el motor o en la bomba para garantizar el enfriamiento perfecto de toda la superficie.
5. Si se produce corrosión, instale unidades de intercambio iónico para reducir el contenido de cloruro o instale ánodos de zinc como protección catódica.

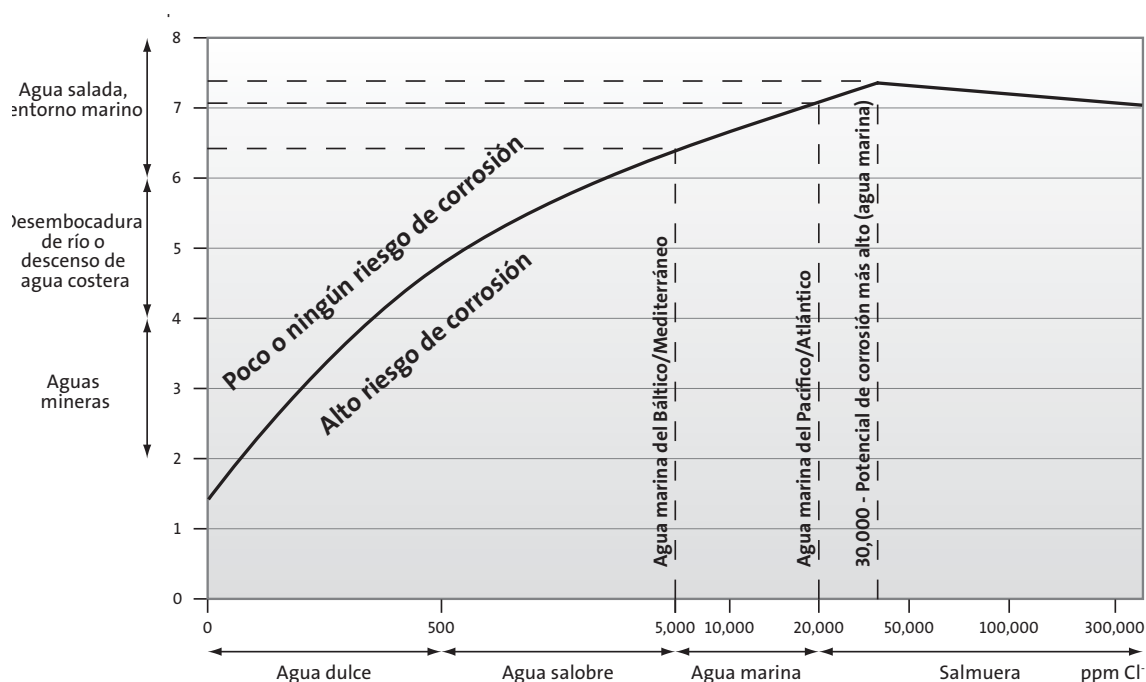
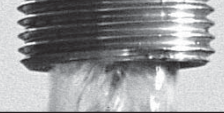


Fig. 10 Corrosión causada por cloruros



3.3 Aplicación horizontal

Con frecuencia, el bombeo de agua desde un tanque o depósito se realiza con bombas sumergibles estándar. Una bomba sumergible tiene muchas ventajas sobre las bombas instaladas en seco:

1. Bajo nivel de ruido: es muy silenciosa y no genera prácticamente ningún ruido que pueda molestar a los vecinos.
2. A prueba de robos: instalada en el fondo del tanque/depósito.
3. No tiene ningún cierre del eje con riesgo de fugas en superficie.

En las instalaciones horizontales, Grundfos siempre recomienda incluir una camisa de refrigeración y un tabique para acelerar el caudal en niveles de agua bajos.

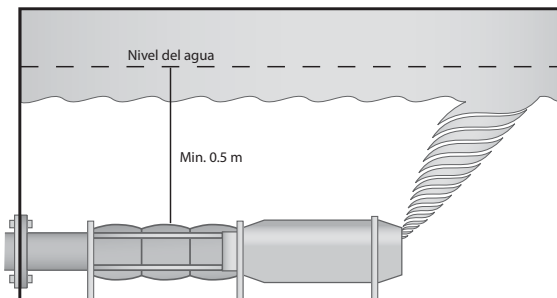


Fig. 11 Camisa de refrigeración en bombas instaladas en posición horizontal

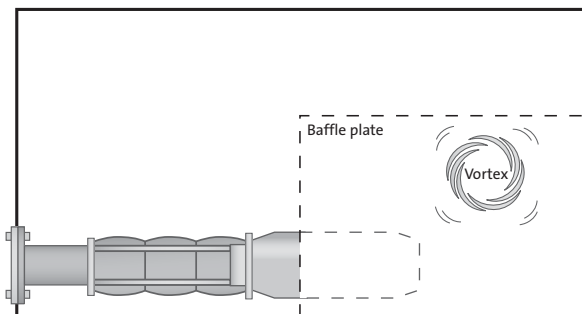


Fig. 12 Tabique para acelerar el caudal en bombas de instalación horizontal (vista desde arriba)

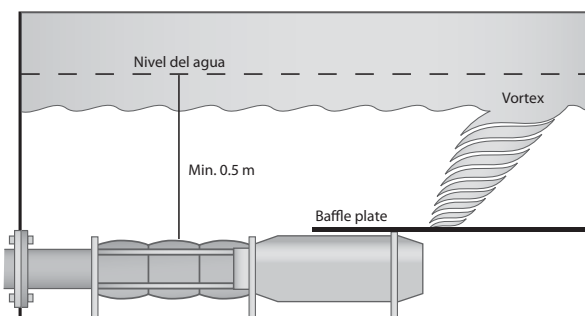


Fig. 13 Tabique para acelerar el caudal en bombas de instalación horizontal (corte transversal)

Si hay más de una bomba sumergible instalada en un tanque o depósito, el espacio mínimo entre las bombas deberá ser igual al diámetro general de la bomba y del motor.

Las bombas sumergibles usadas en fuentes se suelen instalar en posición horizontal. Debido a la baja inercia de las bombas sumergibles, éstas pueden arrancar y detenerse muy rápidamente, lo que las hace ideales para fuentes. Debido a la alta frecuencia de arranques/paradas, se recomienda usar únicamente motores encapsulados. El uso de los motores rebobinables no resulta aconsejable cuando se produzca un gran número de arranques y paradas.

El alto número de arranques/paradas también influye negativamente en los contactores, que tienen una vida útil limitada. Para proteger el motor de fallos en los contactores, Grundfos recomienda la instalación de un relé de fallo de fase entre el relé de sobrecarga y el motor.

Por último, es importante dimensionar juntas la bomba y la tobera, de modo que la bomba nunca funcione al caudal máximo pero siempre lo más próxima posible a su rendimiento óptimo.

3.4 Aire/gas en el agua

Si hay aire/gas mezclado en el agua bombeada, la bomba tendrá un rendimiento pobre y en ocasiones es posible incluso que se detenga. El aire/gas perturba considerablemente las funciones hidráulicas de las bombas centrífugas. Para mejorar el rendimiento, la bomba debe estar sumergida más profunda en el pozo, incrementando de este modo la presión.

Si esto no fuese posible, podrá superarse el problema mediante la instalación de una camisa en torno a la bomba inmediatamente debajo de la entrada de la bomba. La camisa deberá extenderse hacia arriba lo máximo posible, pero nunca por encima del nivel dinámico del agua.

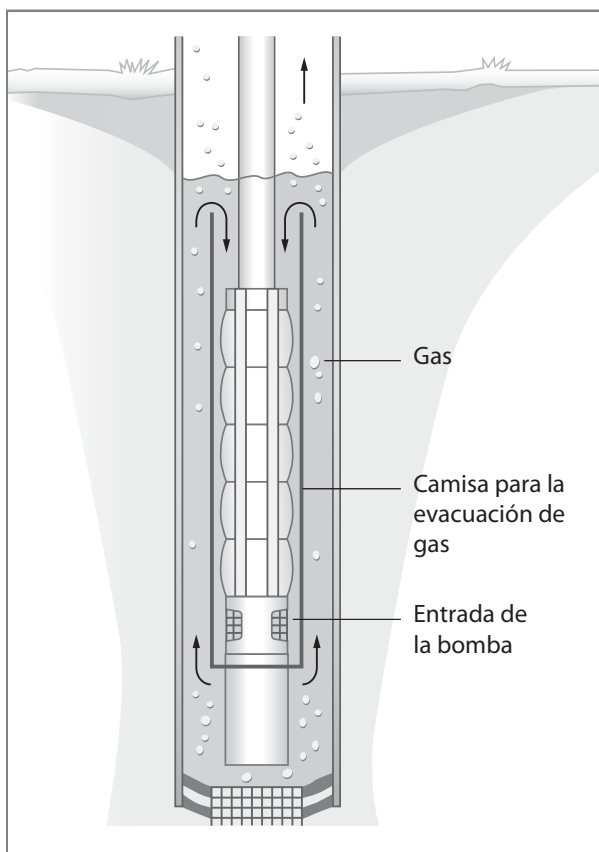


Fig. 14 Evacuación de gas

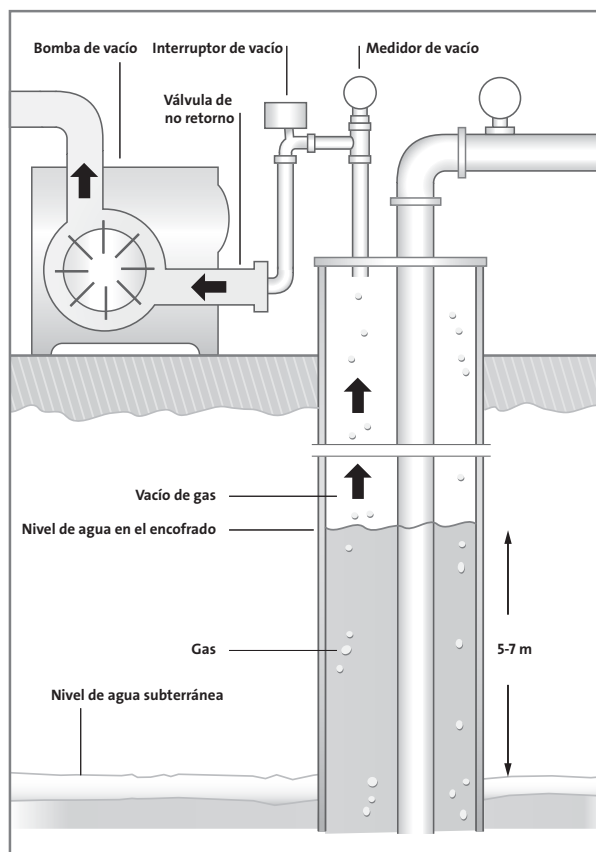


Fig. 15 Pozos de vacío

Pozos de vacío

Si el agua del pozo contiene tanto gas en suspensión que la camisa no es suficiente para satisfacer los requisitos de calidad del agua, deberá crearse un vacío en el encofrado del pozo. Éste puede conseguirse conectando una bomba de vacío a la tubería de

ventilación cuando el encofrado esté sellado herméticamente. Antes de hacerlo, compruebe que el encofrado del pozo es suficientemente fuerte para resistir el vacío y que se cumple el requisito del valor NPSH

3.5 Aguas corrosivas (agua salada)

Las bombas sumergibles se usan para muchas aplicaciones de agua salada como piscifactorías, aplicaciones industriales en alta mar, suministro de agua tratada por ósmosis inversa, etc.

Las bombas SP están disponibles en diferentes materiales y clases de corrosión dependiendo de su aplicación. La salinidad y la temperatura son siempre una mala combinación para el acero inoxidable por lo que deben tenerse en cuenta. Una buena manera de comparar la resistencia a la corrosión del acero inoxidable consiste en comparar su resistencia con la corrosión por picaduras. La cifra, que se usa como comparación, se denomina: “Equivalente a la resistencia al ataque por picaduras” o PRE. En la Fig. 16 se muestra el PRE correspondientes a los tipos de acero inoxidable más comúnmente utilizados por Grundfos.

$$PRE = (\% Cr) + (3,3 \times \% Mo)$$

Para realizar la comparación con otros tipos de acero inoxidable que contienen Nitrógeno (N), la fórmula es similar a la siguiente:

$$PREN = (\% Cr) + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N)$$

Además de la temperatura y la salinidad, la temperatura de corrosión se ve afectada por la presencia de otros metales, ácidos y actividad biológica. Esto también se indica en la Fig. 16.

La tabla mostrada a continuación puede usarse para seleccionar el grado de acero adecuado.

Resistencia a la corrosión de bombas de agua salada sumergibles

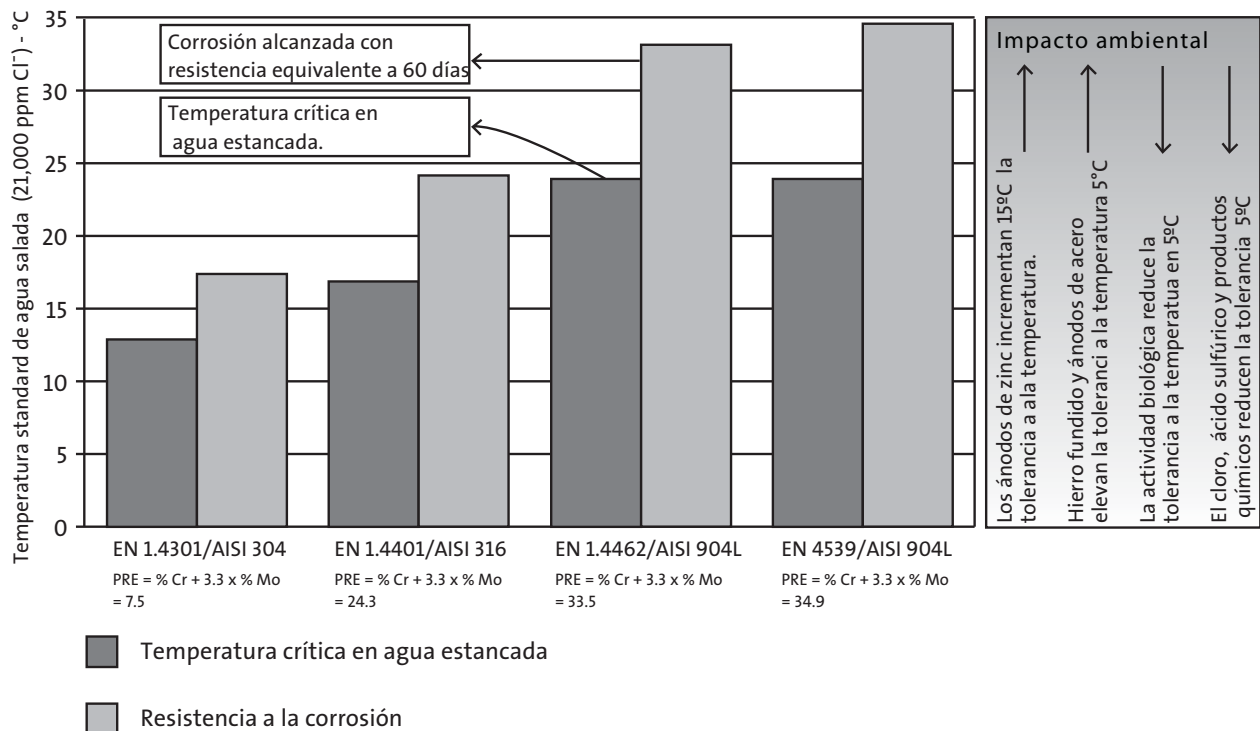


Fig. 16 Resistencia a la corrosión

Diagrama de corrosión
W. nr. 1.4301, 1.4401 and 1.4539

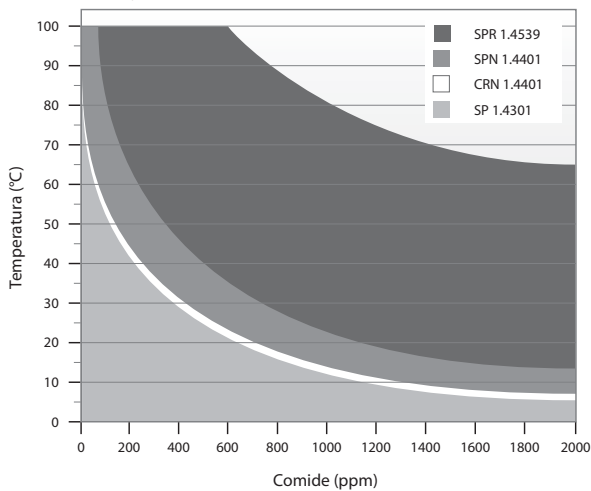


Fig. 17 Diagrama de corrosión

Diagrama de corrosión
W. nr. 1.4301, 1.4401 and 1.4539

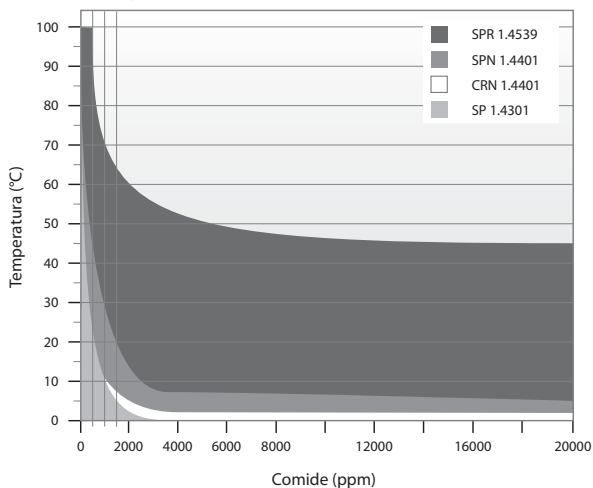


Fig. 18 Diagrama de corrosión

Los elastómeros empleados en la bomba son otros de los componentes que pueden resultar dañados por una mala calidad del agua. Este asunto se convierte en un problema cuando el agua tiene un contenido alto de hidrocarburos y de otras sustancias químicas. En estos casos el elastómero estándar puede reemplazarse con una goma Viton. Las bombas SPE de Grundfos están especialmente diseñadas para satisfacer esas necesidades. Para todos los demás modelos, las bombas se pueden especificar y entregar bajo pedido.

3.6 Agua caliente y aguas geotérmicas.

Las aguas subterráneas próximas a la superficie tendrán una temperatura cercana a la temperatura ambiental media anual de la región. Al avanzar en profundidad, la temperatura aumentará en 2 ó 3°C por cada 100 m de profundidad en el pozo, en ausencia de otras influencias geotérmicas.

En zonas geotérmicas, este incremento puede alcanzar de 5 a 15°C por cada 100 m de profundidad en el pozo. Al avanzar en profundidad, el agua requiere elastómeros, cables eléctricos y conexiones y motores resistentes a la temperatura.

El agua subterránea caliente se usa para aplicaciones generales de calefacción así como para actividades recreativas en muchas áreas, particularmente aquellas con actividad volcánica.

El líquido del motor sumergible tiene una temperatura de ebullición superior a la del agua del pozo. De esta manera se pretende evitar la disminución de lubricación de los cojinetes del motor debido a la menor viscosidad del líquido. El motor debe sumergirse a mayor profundidad para incrementar el punto de ebullición tal y como se muestra en la tabla siguiente.

T	Vapor	Viscosidad
Grad C	Presión	cinemática
	m WC	mm ² /s
0	0,00611	1,792
4	0,00813	1,568
10	0,01227	1,307
20	0,02337	1,004
30	0,04241	0,801
40	0,07375	0,658
50	0,12335	0,554
60	0,19920	0,475
70	0,31162	0,413
80	0,47360	0,365
90	0,70109	0,326
100	1,01325	0,294
110	1,43266	0,268
120	1,98543	0,246
130	2,70132	0,228
140	3,61379	0,212
150	4,75997	0,199
160	6,18065	0,188

Es de esperar que el agua tenga un contenido gaseoso cuando exista actividad geotérmica. Para evitar una reducción de la capacidad de la bomba en las instalaciones de agua geotérmicas con contenido de aire disuelto, Grundfos recomienda instalar la bomba a una profundidad de 50 m por debajo del nivel dinámico del agua.

3.7 Módulos de propulsión

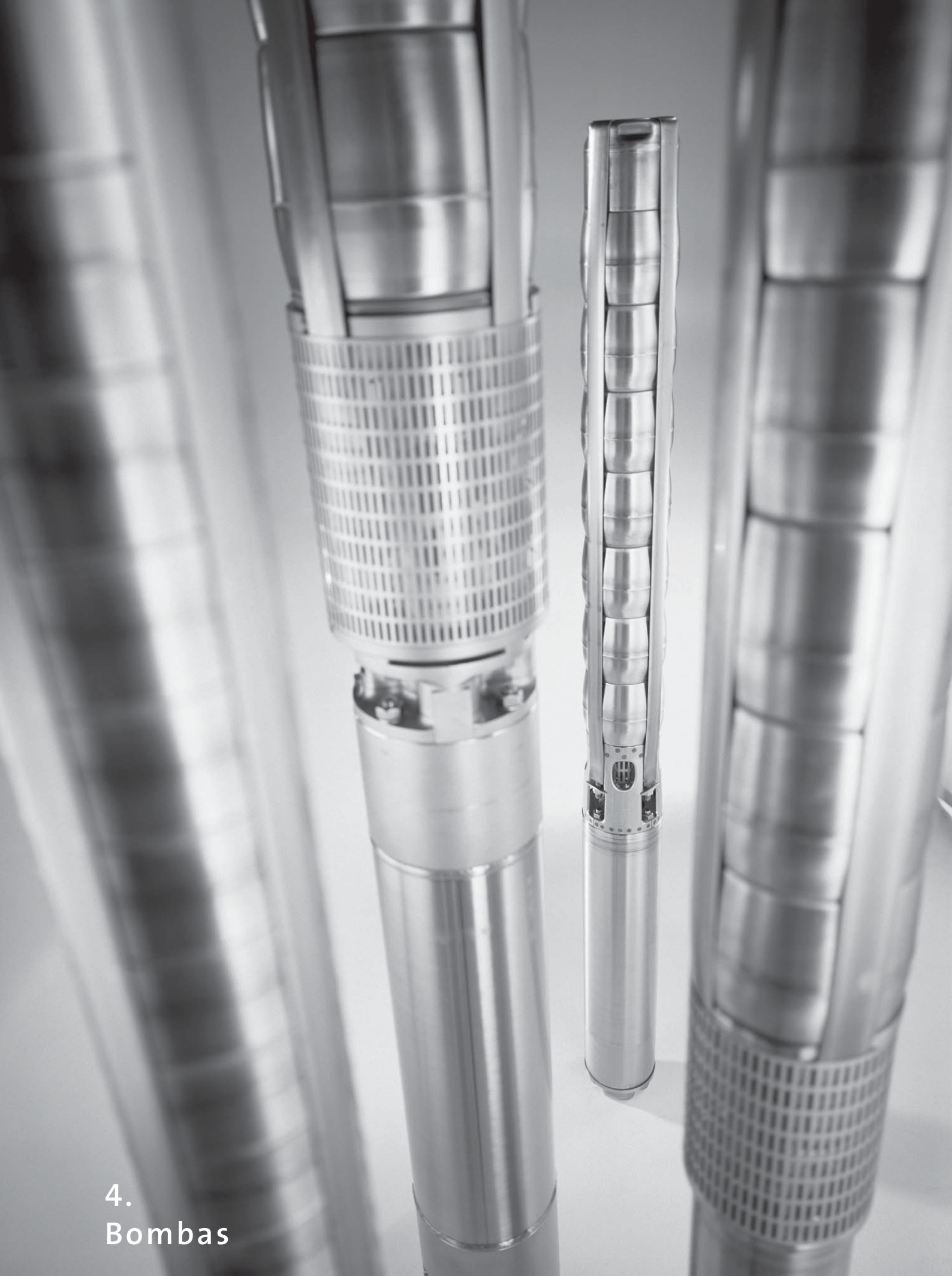
Las bombas Grundfos de los tipos BM y BME son bombas SP integradas en una camisa. Al conectar cada unidad en serie se obtiene una presión muy alta.

Las bombas se usan fundamentalmente para aplicaciones de ósmosis inversa, que generan agua limpia a partir de agua contaminada o agua salada.

Los Módulos de propulsión de Grundfos también se emplean para el suministro de agua en redes de distribución con el fin de incrementar la presión del agua a lo largo de las líneas de distribución largas. Las ventajas principales con respecto a las bombas de propulsión convencionales son su funcionamiento silencioso y el hecho de que no contienen cierres de eje con riesgo de fugas.



Fig. 19 BM de Grundfos



4.
Bombas

4.1 Principios de bombeo

La bomba SP es una bomba centrífuga, cuyo principio de bombeo consiste en transformar la energía mecánica del motor en energía cinética en el fluido creando, por lo tanto, una diferencia de presión en el fluido entre la entrada y la salida de la bomba.

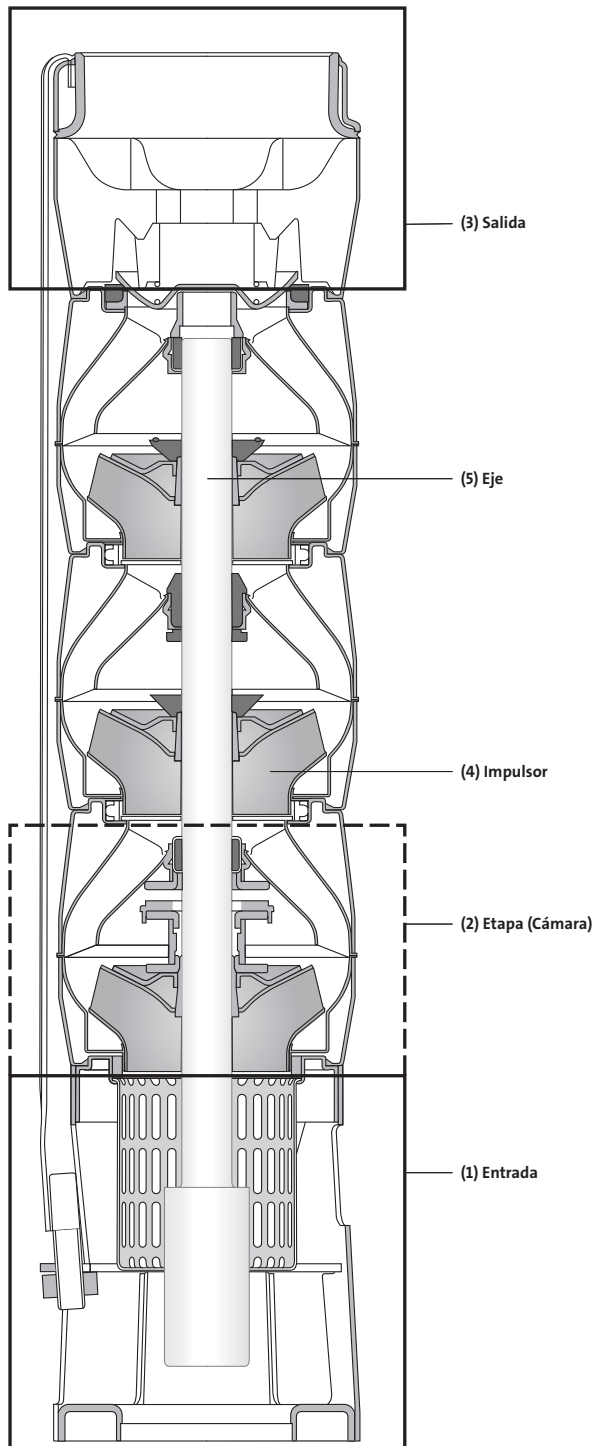


fig. 20 Principio de bomba sumergible

La bomba consta de una entrada (1), un número de etapas de bomba (2) y una salida de la bomba (3). Cada etapa de la bomba crea una diferencia de presión y, cuanto más presión se requiera, más etapas deberán incluirse.

Cada etapa de la bomba incluye un impulsor (4), los álabes del impulsor transfieren energía al agua en términos de incremento de velocidad y presión. Cada impulsor está fijo al eje de la bomba (5) mediante una conexión acanalada o una conexión de cono dividido.

Existen dos tipos de diseño general para las bombas sumergibles:

- radial
- semiaxial.

El diseño radial se caracteriza por una gran diferencia entre el diámetro del impulsor de entrada y el diámetro de salida del impulsor. Resulta adecuado cuando se requiere una carga elevada.

El diseño semiaxial es más adecuado para las bombas de mayor caudal.

El anillo de estanqueidad existente entre la entrada del impulsor y la cámara garantiza que cualquier reflujo sea limitado. La cámara incluye un distribuidor, que dirige el agua a la siguiente fase. Asimismo, convierte la presión dinámica en presión estática.

Además de guiar el agua hacia los primeros impulsores, la entrada de la bomba también actúa como interconector del motor. En la mayoría de las bombas, las dimensiones cumplen la norma NEMA para 4", 6" y 8". En las bombas y motores más grandes, existen diversas normas dependiendo del proveedor. La entrada de la bomba debe estar diseñada para enviar agua al primer impulsor del mejor modo posible y, por lo tanto, minimizar las pérdidas. En algunos impulsores de diseño radial, la entrada también incluye un tornillo de cebado (ajustado al eje de la bomba) cuya finalidad es garantizar la entrada de agua y evitar el funcionamiento en vacío de la bomba.

La salida de la bomba generalmente incluye una válvula de no retorno, que evita el reflujo en la tubería

elevadora, cuando se detiene la bomba. Se obtienen así diversas ventajas:

- Se evita la pérdida de energía como consecuencia del reflujó.
- Siempre se garantiza la contrapresión al arrancar de nuevo la bomba. Esto resulta fundamental para asegurarse de que el rendimiento de la bomba se mantiene dentro de la curva de la bomba.
- Se limitan los daños en la bomba como resultado de los golpes de ariete.
- Se limita la contaminación del agua subterránea como resultado del reflujó.

4.2 Piezas de recambio

Dependiendo del fluido bombeado y del número de años que la bomba haya permanecido en funcionamiento, es recomendable realizar una inspección de mantenimiento. Ésta incluye la sustitución de todas las piezas desgastadas. Las piezas para las que se recomienda realizar el mantenimiento son:

- cojinetes radiales
- asiento de válvulas
- anillos de desgaste
- juntas tóricas
- junta de empuje vertical

Si la bomba sufre un considerable desgaste por la existencia de arena, es posible que también sea necesario cambiar el eje y los impulsores de la bomba. Es fundamental cambiar las piezas desgastadas durante las actividades de mantenimiento para mantener un elevado rendimiento de la bomba y un bajo coste operativo de funcionamiento.

Para obtener más información sobre el mantenimiento, consulte el manual de mantenimiento de Grundfos.

4.3 Selección de las bombas

Para seleccionar una bomba, primero es necesario calcular el caudal y la presión. La altura de elevación total es la suma de los siguientes factores:

- nivel freático dinámico (1)
- elevación sobre el suelo (2)
- presión de descarga (3)
- pérdidas en las tuberías, válvulas y recodos (4)

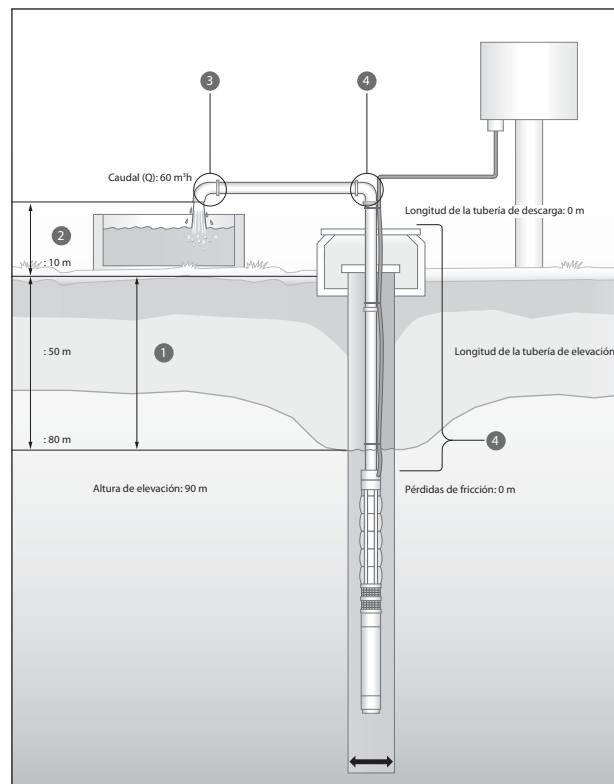


Fig. 21 Cálculo de la altura de elevación total

Al calcular el caudal necesario, también debe tenerse en cuenta el rendimiento del pozo. Se puede localizar información sobre el rendimiento del pozo en el informe de prueba de los perforadores, el cual se realiza durante la creación del mismo. Si es posible, el caudal necesario debe reducirse el máximo. Así se minimizará la reducción del nivel de la capa freática y disminuirá el consumo energético total en términos de kWh/m³.

4.4 Curvas de bomba y tolerancias

Tras calcular el caudal y la altura de elevación necesarias, la selección de la bomba puede realizarse usando WinCAPS/WebCAPS de Grundfos o el catálogo técnico de la bomba correspondiente. Ambos contienen curvas de rendimiento.

Además de la altura de elevación de la bomba, el consumo energético necesario también está disponible en el catálogo técnico, en el que el proveedor de la bomba diferencia entre la salida de potencia del eje del motor P2 (impreso en la placa de características del motor) y la potencia de entrada del motor, P1. P1 se usa para dimensionar las instalaciones eléctricas. Tenga en cuenta que P4 es el efecto hidráulico generado por la bomba.

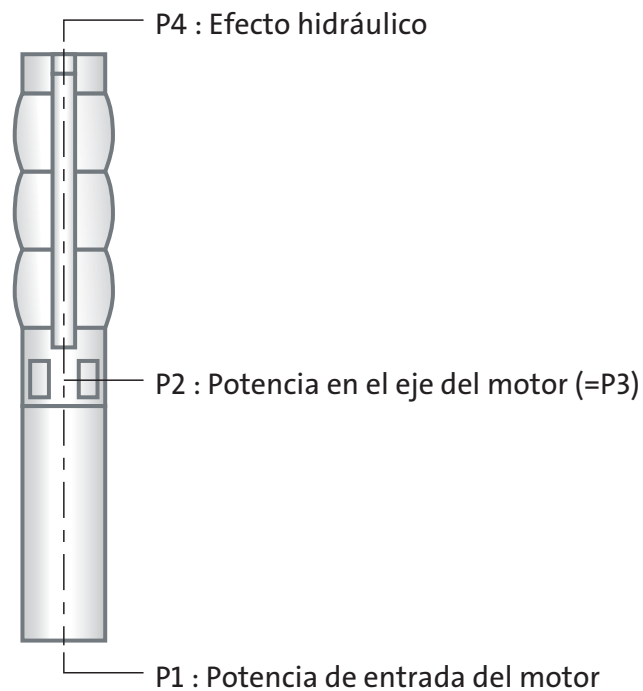


Fig. 22 Definiciones de potencia

Generalmente, el consumo energético también se expresa como una función del caudal.

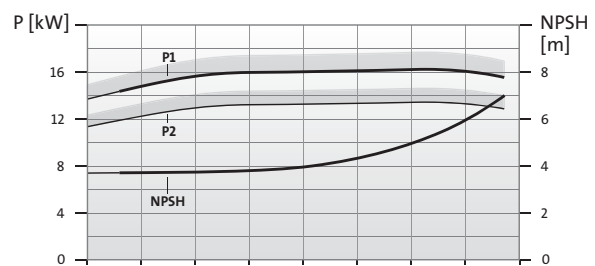
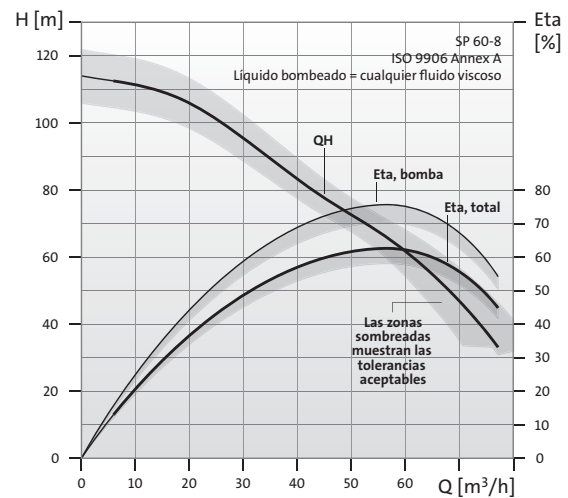


Fig. 23 + 24 Parámetros de rendimiento de la bomba, incluidas las tolerancias.

En el catálogo técnico también está disponible la información relacionada con el rendimiento de la bomba, que puede expresarse como el rendimiento final de la bomba (basado en P2) o como el rendimiento de la bomba completa, incluido el motor (basado en P1). En algunos casos, las pérdidas en las válvulas de retención no se incluyen en el rendimiento. Las curvas de rendimiento se utilizan para seleccionar el tamaño de la bomba, en las que la zona de mayor rendimiento coincide con el caudal requerido. Si no se muestra el rendimiento de la bomba completa, éste se puede calcular a partir del caudal (Q), altura de elevación (H) y entrada de potencia P1:

$$\eta_{\text{total}} = (Q \times H \times 9,81) / (P_1 \times 3600)$$

El valor NPSH (en inglés, Net Positive Suction Head) es la "Altura de succión neta positiva" y representa una medida para la presión de entrada requerida = nivel de agua mínimo por encima de la entrada de la

bomba.

En general, el valor NPSH aumentará a medida que lo haga el caudal y, si no se alcanza la presión de entrada requerida se producirá la evaporación del agua y se aumentará el riesgo de sufrir daños por cavitación en la bomba.

En general, existen normas específicas en cada país relativas a las tolerancias de las curvas de rendimiento. El rendimiento de las bombas SP de Grundfos cumple la norma ISO 9906, Anexo A. Las curvas QH impresas en la documentación muestran la curva nominal. De acuerdo con la ISO 9906, Anexo A, las curvas de potencia sólo tienen una tolerancia superior. En las curvas de rendimiento sólo se muestran las tolerancias inferiores. Consulte el ejemplo mostrado en la Fig. 23 anterior. Las condiciones generales, según la ISO 9906, para las curvas de rendimiento en esta ilustración son:

- Las mediciones se realizan con agua sin aire a una temperatura de 20° C.
- Las curvas son aplicables a una viscosidad cinemática de 1 mm². Al bombear líquidos de mayor densidad, es necesaria una mayor potencia del motor.

Además de las curvas Q-H, Q-P, Q-eta, por lo general también se ofrece, previa solicitud, una curva de carga axial. La carga de empuje descendente es generada por la hidráulica y se transmite a los cojinetes de empuje de los motores. La carga axial total se calcula multiplicando los valores de una etapa por el número de etapas y puede usarse para comprobar si la capacidad de los cojinetes de empuje del motor es suficiente.

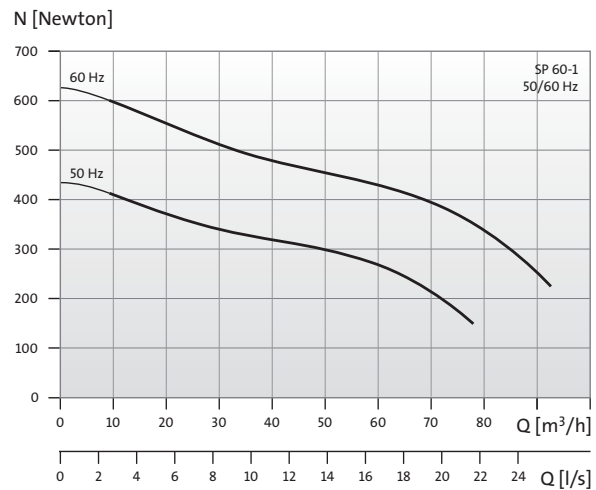
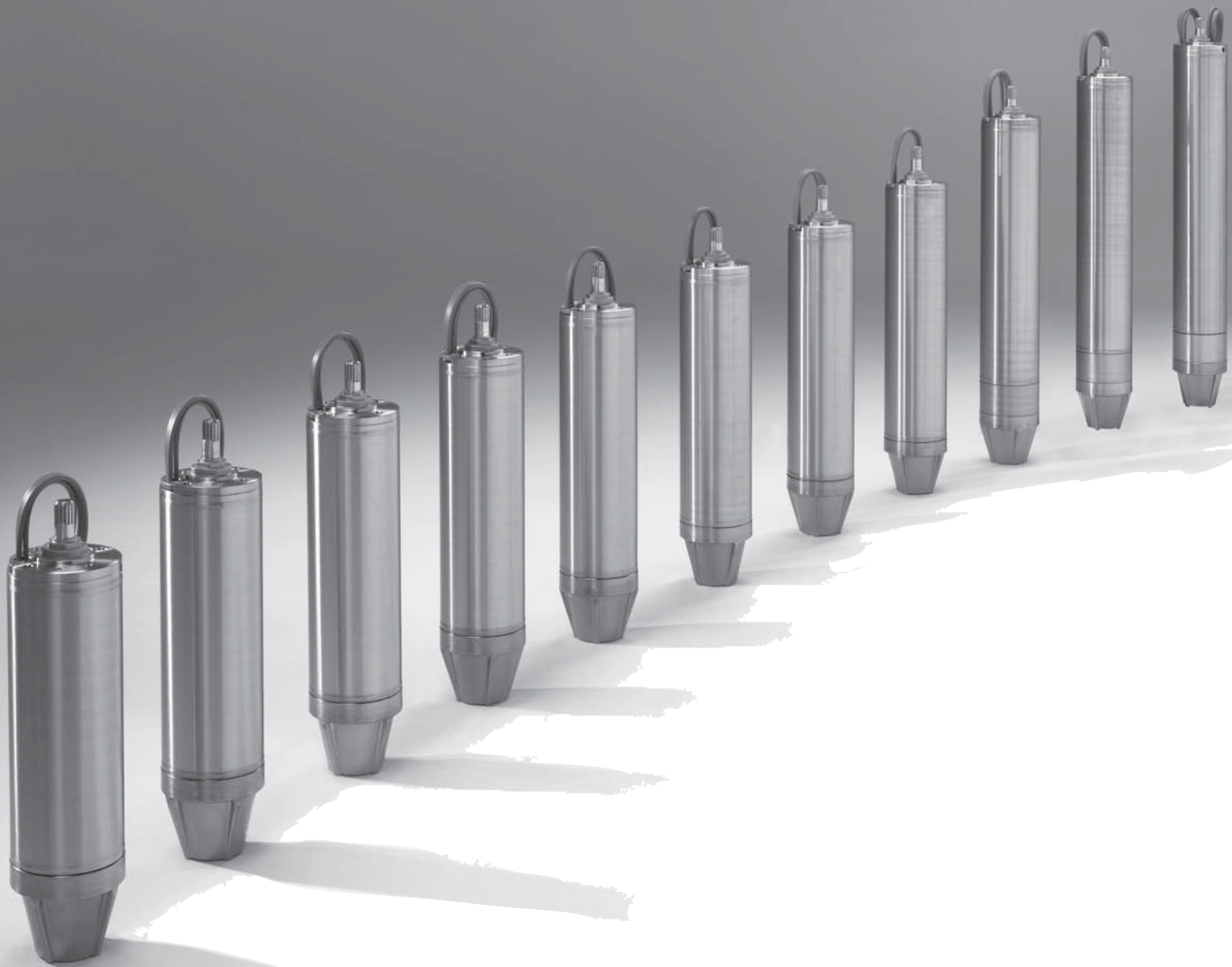


Fig. 25 Curva de carga axial de una etapa SP60





5. Motores y controles

Este capítulo trata exclusivamente de los motores sumergibles y sus controles. Los motores sumergibles son especiales porque están diseñados para funcionar bajo el agua. Por lo demás, sus principios de funcionamiento son los mismos que los de cualquier otro motor eléctrico.

Tenga en cuenta que todos los motores de 4", 6" y 8" de Grundfos cumplen la normativa NEMA.

5.1 Tipos de motor, descripción general

Un motor sumergible está formado por un cuerpo y un cable. En los sistemas que se conectan el cable puede desmontarse. El tamaño del cable se determina para su uso bajo el agua a fin de minimizar los requisitos de espacio a lo largo de la bomba. La finalidad del cable del motor es conectarlo al cable de derivación sobre la bomba mediante un kit de terminación de cable. El tamaño del cable de derivación está pensado para que llegue hasta el exterior.

Motores encapsulados

En los motores encapsulados, el bobinado es de alambre esmaltado (como en los motores de superficie estándar), está herméticamente sellado de su entorno y relleno de material embutido cuya finalidad es retener el bobinado y, al mismo tiempo, incrementar la transferencia de calor. Estos motores incorporan un sistema de cojinetes lisos (superiores e inferiores), cojinetes radiales así como cojinetes de empuje (empuje hacia arriba y hacia abajo), que funcionan de forma hidrodinámica en el fluido hidráulico del motor.

Motores rebobinables

Los motores rebobinables están fabricados con un alambre especial resistente al agua y una junta estanca entre el bobinado y el cable del motor. La junta siempre se encuentra dentro del motor y no dispone de un sistema de conexión.

El fluido del motor, consistente principalmente en agua limpia, circula en torno a toda la estructura del motor y reduce el calor de la zona del bobinado y del rotor, al tiempo que lubrica los sistemas de cojinetes. Los sistemas de cojinetes son similares a los de los motores encapsulados.

Motores inmersos en aceite

Los motores inmersos en aceite están equipados con bobinados de motor impregnados de superficie estándar. Se rellena el motor con aceite para transformadores,

que funciona como lubricante y refrigerante. El aceite puede ser mineral o vegetal con una alta resistencia de aislamiento. El empalme de cables del motor suele estar integrado dentro de éste ya que al igual que en los motores rebobinables pocos disponen de sistemas de conexión. Los sistemas de cojinetes son cojinetes de bolas.

Motores monofásicos

Existen numerosas versiones de los motores monofásicos. Todos tienen sus ventajas e inconvenientes particulares. La mayoría de los tipos necesitan un condensador y algunos otros accesorios, que se integran en un reóstato de arranque. El reóstato de arranque se usa para arrancar un motor determinado con un voltaje y una frecuencia específicos.

Motores PSC (Condensador dividido permanente) Un tipo de motores sencillos y fiables con tan sólo un condensador permanente incluido en el circuito. El tamaño del condensador es una solución de compromiso entre añadir un par de arranque y asegurar un rendimiento elevado durante el funcionamiento. Ventajas: sencillo, bajo coste y fiable. Funcionamiento silencioso. Inconvenientes: par de arranque bajo, bajo rendimiento.

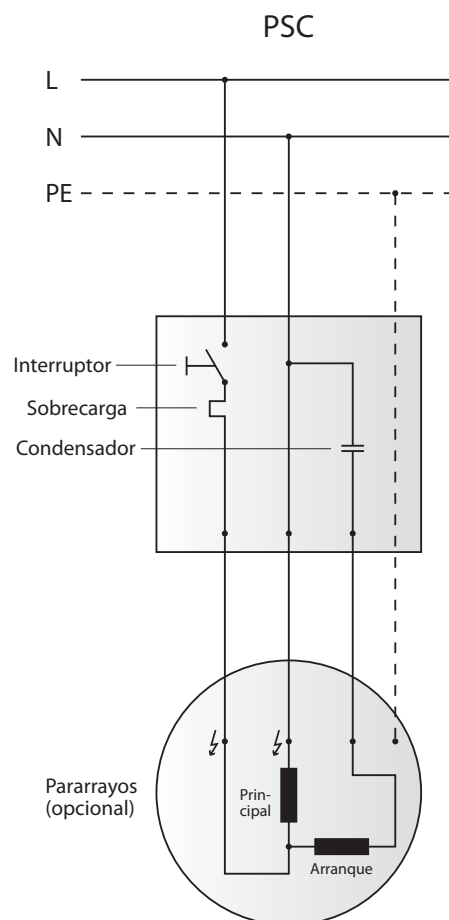


Fig. 26 PSC

Motores CSIR (marcha de inducción y arranque con condensador)

El condensador de arranque aumenta el par motor durante el arranque. A partir de ese momento, se desconecta mediante un conmutador. Suele usarse generalmente para potencias (kW) menores. Ventajas: buen par motor de arranque. Inconvenientes: funcionamiento ruidoso (verdadera monofase), hace falta un relé para apagar el condensador de arranque.

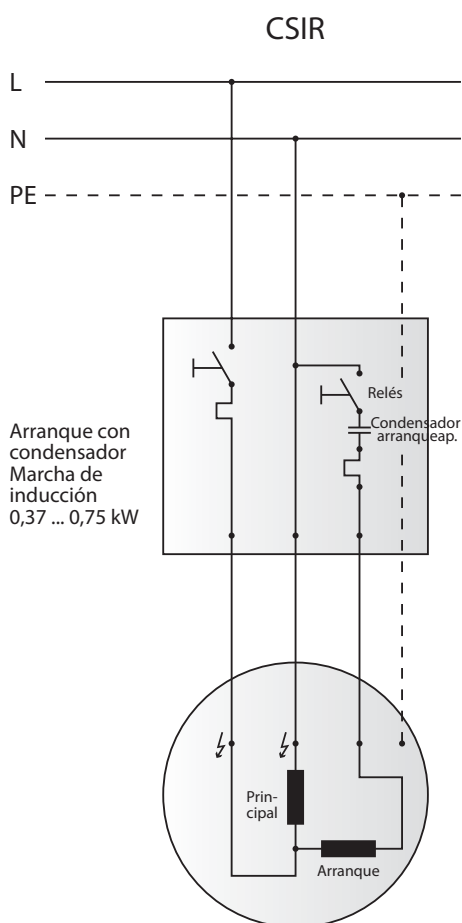


Fig. 27 CSIR

Motores CSCR (arranque con condensador, marcha con condensador)

Este tipo de motores cuenta con un condensador de arranque para potenciar el par de arranque y un condensador permanente (PSC) que garantiza un funcionamiento sin problemas y un buen rendimiento. Este motor combina las ventajas de los dos tipos anteriores. Ventajas: buen par de arranque, elevado rendimiento. Inconvenientes: precio del cuadro de control.

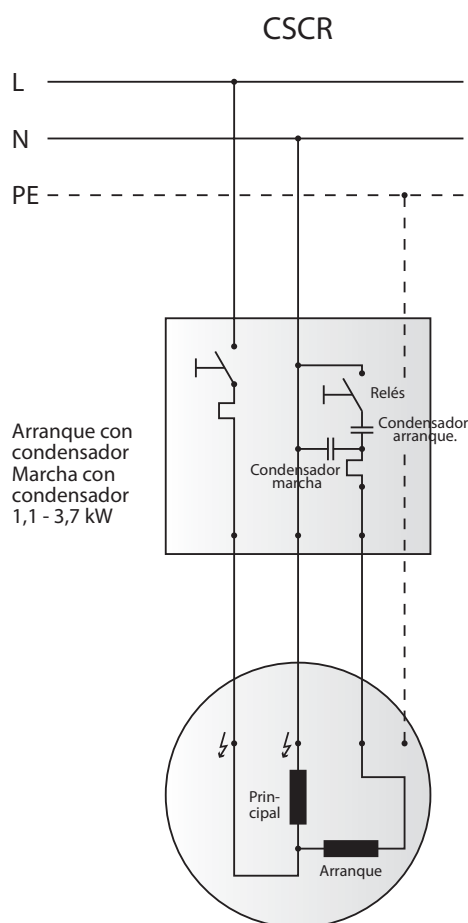


Fig. 28 CSCR

Motores RSIR (Marcha de inducción, arranque con resistencia)

Este motor cuenta con un relé integrado directamente en el bobinado del motor que desconecta la fase de arranque cuando el motor está funcionando. Ventajas: no son necesarios condensadores (ni cuadros de control), fácil instalación. Inconvenientes: par de arranque limitado, potencia nominal en kW limitada (sólo 1,1 kW).

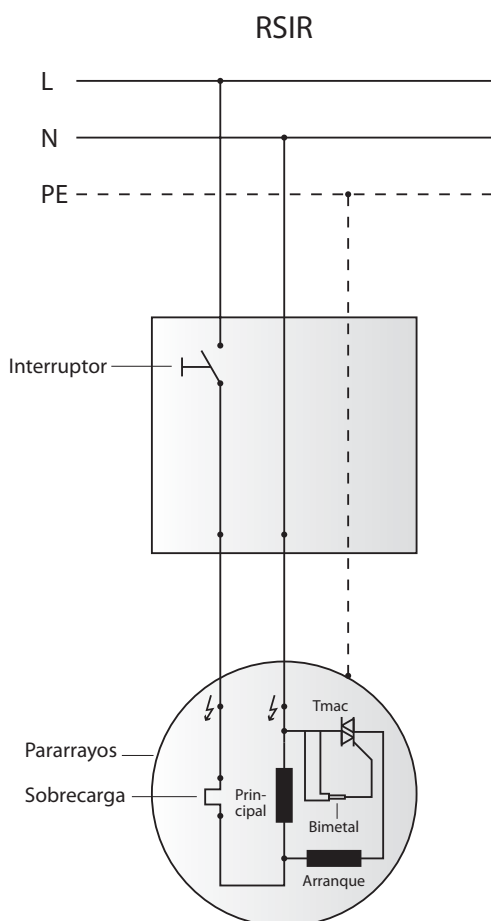


Fig. 29 RSIR

Terminología; motores de 2 y 3 conductores.

La terminología está relacionada con el número de cables necesarios en la instalación, excluido el cable de toma a tierra. Los motores de 2 conectores son alimentados por tres cables: fase, neutro y tierra. Los motores de tres conectores son alimentados por cuatro cables: fase, neutro, punto entre el bobinado de arranque y marcha en el motor + toma a tierra.

Motores de 2 conductores:

Los motores PSC, si el condensador está integrado en el motor RSIR.

Motores de 3 conductores:

Los motores PSC, si el condensador en el cuadro de control se encuentra en tierra. CSIR
CSCR

Disminución de la potencia máxima del motor

La disminución de la potencia máxima del motor se usa habitualmente cuando la aplicación exige requisitos especiales al motor como, por ejemplo, temperatura del agua superior a la nominal, tolerancias de tensión fuera de los intervalos aceptables, desequilibrio de tensiones, es decir, todas las situaciones que causan una situación de sobrecarga en el bobinado del motor superior a los valores para los que el motor fue diseñado.

La medida más simple consiste en utilizar un motor mayor de lo normal, en general con una potencia que nunca sea mayor del doble de la necesaria. El resultado es una vida útil prolongada. Pero el rendimiento no es óptimo, puesto que el motor nunca operará en su punto de funcionamiento óptimo. El factor de potencia, por lo general, será inferior debido a la carga parcial de la construcción.

Una mejor solución es tener un motor bobinado especialmente con una longitud de apilado mayor de lo habitual. El resultado serán mejores valores eléctricos y una capacidad de enfriamiento superior como resultado de una mayor superficie. Estos motores están diseñados para temperaturas superiores, tolerancias de tensión más amplias, etc. y mantienen e incluso incrementan el rendimiento de los motores estándar.

5.2 Cables y juntas de motor, referencia a cables de derivación

La finalidad de las instalaciones de bombas sumergibles es que el motor, su cable y la junta entre el cable del motor y el cable de caída siempre permanezcan sumergidos. Si por cualquier motivo el cable del motor no estuviese plenamente sumergido, deberá comprobarse siempre la corriente permanente admisible. Consulte también el capítulo 7.5.

Por lo tanto, si el cable del motor, la junta y la parte sumergida del cable de caída tienen una superficie relativamente grande con respecto al fluido bombeado, es importante seleccionar el material correcto para esa instalación específica. Asimismo, debe prestarse atención a las solicitudes de autorización para agua potable.

5.3 Dispositivos para la protección del motor

En los motores sumergibles pueden usarse los mismos dispositivos de protección del motor que en los motores de superficie. Es importante asegurar y limitar la corriente de los cortocircuitos y protegerla contra fallos de fase así como contra sobrecargas.

La mayoría de los motores de una sola etapa cuentan con un dispositivo de protección térmica integrado. Si el protector no está integrado en el bobinado, se encontrará en el reóstato de arranque. Estos protectores pueden incorporar un dispositivo de reinicio automático o manual. El tamaño y el tipo de este tipo de protectores están especialmente diseñados conjuntamente con las características del bobinado del motor.

Pt100 y Pt1000 son resistencias lineales que, usadas con un dispositivo de medición estándar, pueden emplearse para proporcionar una indicación de los cambios en la temperatura a lo largo del tiempo. El sensor se colocará en el orificio del perno de puntal en los motores de tipo encapsulado o en el fluido del motor en los rebobinables. La función de estos dispositivos es más la de medir que la de proteger, aunque se usan para desconectar el motor cuando la temperatura excede el límite establecido.

Las resistencias PTC y NTC apenas se usan en las instalaciones sumergibles (de nuevo, porque simplemente no son lo suficientemente rápidas y fiables para proteger el motor sumergible).

Grundfos cuenta con un dispositivo especial para la medición de la temperatura denominado TEMPCON. Tempcon es una resistencia NTC integrada cerca del bobinado, que mide la temperatura. La temperatura se transforma en una señal de alta frecuencia que mediante la comunicación a través de la línea de tensión se transmite por los cables hasta el panel de control donde es registrada por un convertidor de señales y transmitida a un lector de temperatura: MP 204. El MP 204 es una unidad avanzada para la protección del motor que puede proteger el motor sumergible de alteraciones en la red.

5.4 Métodos para la reducción de la corriente de arranque

La reducción de la corriente de arranque se realiza para evitar que otros equipos sufran subidas de tensión al conectar cargas de tensión altas a la alimentación eléctrica. Con ello se protege a las tuberías de los incrementos de presión excesivos. Existen diversos modos de reducir el impacto en la alimentación eléctrica; no obstante, no todos ellos tienen sentido cuando se trabaja con bombas. Esta sección abarca varios modos diferentes de reducir la corriente de arranque así como información sobre el funcionamiento de las bombas sumergibles con convertidores de frecuencia.

Los siguientes contenidos son válidos para bombas radiales y semirradiales, incluidas las bombas SP de Grundfos. No obstante, aquí no se tratan las bombas axiales.

Puesto que la corriente de arranque del motor de la bomba es con frecuencia 47 veces superior a la corriente nominal, se producirá una carga pico considerable de la red y del motor durante un breve periodo de tiempo. A fin de proteger la red, muchos países cuentan con normativa para reducir la corriente de arranque. Generalmente, se proporciona en forma de una carga máxima en kW o en Amp permitida para arrancar con una conexión Directa en línea (DOL). La carga máxima permitida varía considerablemente en todo el mundo, por lo que debe asegurarse de que cumple la normativa local. En algunos casos, tan sólo se permiten métodos específicos para reducir la corriente de arranque. Los siguientes tipos se describen a continuación:

DOL - Directo en línea

SD - Estrella/Triángulo

AF - Autotransformador

RR - Arranque mediante tipo resistencia primaria

SS - Arranque progresivo

FC - Convertidor de frecuencia

Antes de optar por uno de ellos, deberán tenerse en cuenta la aplicación, los requisitos y la normativa local.

Tipo	Corriente de arranque reducida	Precio	Características / Precio	Requisitos de espacio	Facilidad para usuario	Fiabilidad	Sobrecarga a presión reducida		Ahorro energético durante el funcionamiento
							Mecánica	Hidráulica	
DOL	No	Bajo	OK	Bajo	Si	Si	No	No	No
SD debajo 45 kW encima 45 kW	No Si	Bajo Bajo	Bajo OK	Bajo Bajo	Si Si	Si Si	No	No No	No No
AF	Si	Medio	OK	Medio	Si/No	Si	Si/No	No	No
RR									
SS	Si	Medio	OK	Medio	Si/No	Si/No	Si	No	Si/No
FC	Si	Alto	OK	Medio/Alto	Si/No	Si/No	Si	Si/No	Si/No

5.4.1 Arranque directo en línea (DOL)

En el arranque DOL, el motor se conecta directamente a la red mediante un interruptor o algún dispositivo similar. A igualdad de instalación, el arranque DOL hasta 45 kW siempre será el método que generará el menor calentamiento en el motor y por consiguiente su mayor duración. Por encima de estos tamaños el impacto mecánico sobre el motor será tan considerable que Grundfos recomienda reducir la corriente. Más aún, aunque el arranque DOL necesita una mayor corriente de arranque, éste provocará una alteración mínima de la red.

No obstante, muchas bombas sumergibles usan cables largos. Estos disminuyen automáticamente la corriente de arranque debido a los simples principios físicos implicados: la mayor resistencia del cable reduce la corriente. Si, por ejemplo, el cable es largo y está diseñado para una caída de tensión equivalente al 5% de la carga completa (Amp), se producirá automáticamente una reducción de la corriente de arranque. El ejemplo analizado a continuación ilustra este punto.

Ejemplo:

Corriente de funcionamiento X

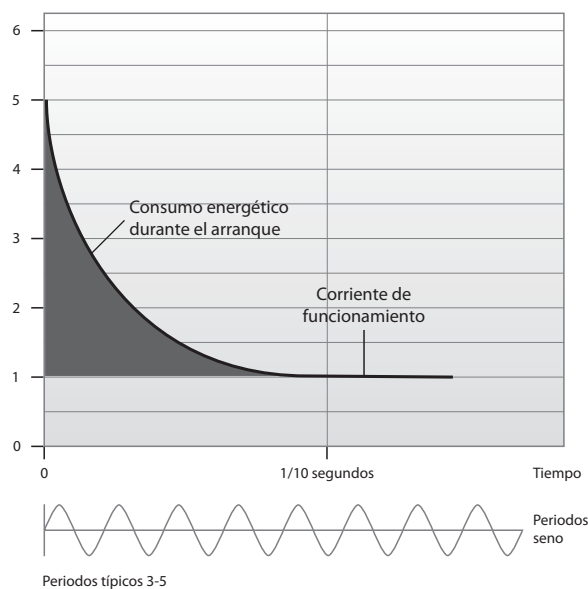


Fig. 30 Flujo de corriente mediante arranque DOL

5.4.2 Estrella/Triángulo - SD

El método más habitual para reducir la corriente de arranque en los motores, en general, es el arranque estrella/triángulo. Durante el arranque, el motor está conectado para su funcionamiento en estrella. Cuando el motor está funcionando, se cambia a triángulo. Este cambio se produce automáticamente después de un periodo de tiempo determinado. Durante el arranque en estrella, la tensión en los terminales del motor es sólo el 58% de la tensión nominal de arranque. Este método de arranque es muy conocido en el mercado y relativamente barato, sencillo y fiable, lo que lo convierte en un método muy popular.

Corriente de funcionamiento X

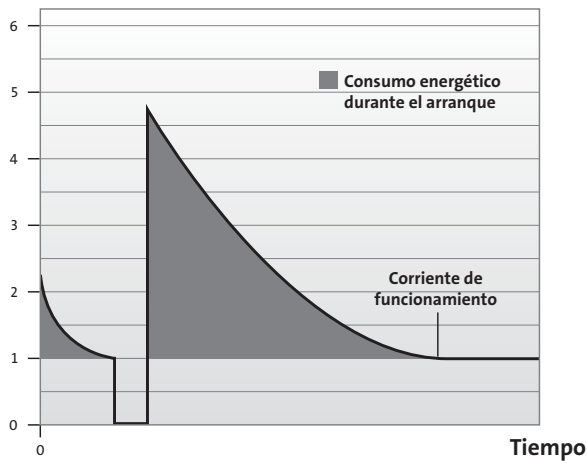


Fig. 31 Flujo de corriente mediante arranque estrella/triángulo

En las bombas SP y, en general, en las bombas con un bajo momento de inercia, el arranque triángulo/estrella no es recomendable debido a la pérdida de velocidad que se produce en el cambio de uno a otro. ¡Las bombas sumergibles pasan de 0 a 2.900 RPM en tres ciclos (0,06 s)! Esto también significa que la bomba se detiene inmediatamente al desconectar la corriente de la alimentación eléctrica.

Al comparar las corrientes de arranque DOL y estrella/triángulo, el arranque estrella/triángulo reduce la corriente al principio. Al cambiar de estrella a triángulo, la bomba se ralentiza considerablemente, casi hasta parar por completo. Posteriormente, tiene que arrancar directamente en triángulo (DOL). El diagrama muestra que no existe una reducción real de la corriente de arranque.

Esta situación es relativamente diferente en las bombas centrífugas de mayor diámetro y masa, puesto que en consecuencia también poseen un mayor momento de inercia. Recuerde que el funcionamiento en estrella durante periodos prolongados puede causar un calentamiento considerable del motor y, en consecuencia, la reducción de su vida útil.

Las instalaciones sumergibles con arranques estrella/triángulo resultan frecuentemente más caras que otras instalaciones similares. Son necesarios dos cables de alimentación (6 hilos) para el motor en lugar de uno (3 hilos) en situaciones normales. El motor también debe ser del tipo doble conexión, lo que le encarece, típicamente, un 5% con respecto a un motor tradicional de conexión simple.

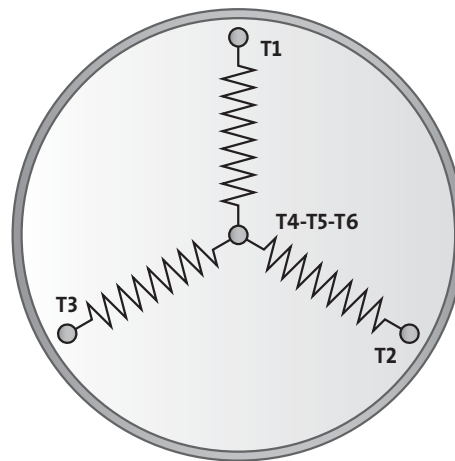


Fig. 32 Configuración de arranque en triángulo

Tras un periodo de tiempo predeterminado, el arranque intercambia eléctricamente las bobinas a la configuración en triángulo, como se muestra en la Fig. 33.

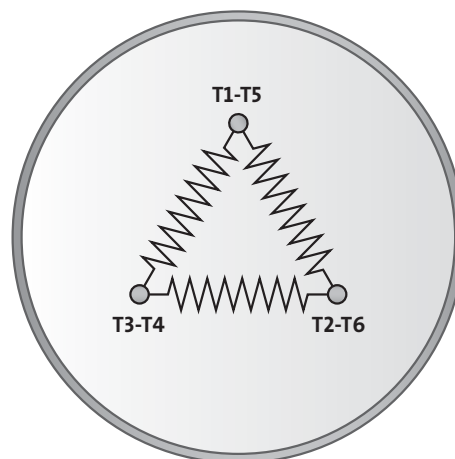


Figure 33. Delta Configuration Motor

5.4.3 Autotransformador (AT)

En este método de arranque, la tensión se reduce mediante autotransformadores. Este principio también se denomina el método Korndorf.

Corriente de funcionamiento X

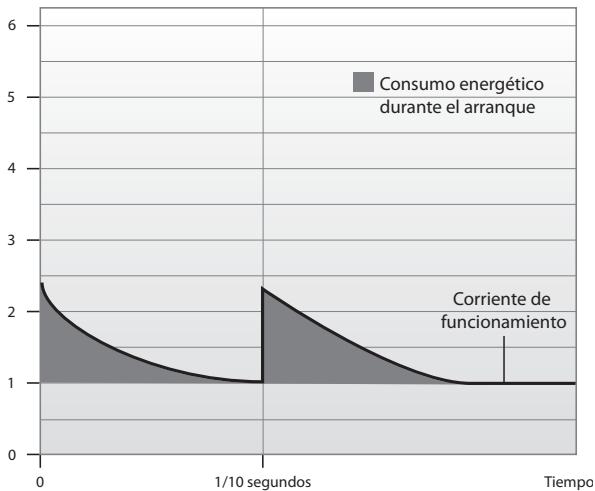


Fig. 34 Flujo de corriente mediante arranque por autotransformador.

Cuando se va a arrancar el motor, primero se conecta a una tensión reducida y, a continuación, a una tensión normal. Durante el cambio, parte del autotransformador funciona como bobina de reactancia. Esto significa que el motor permanecerá todo el tiempo conectado a la red. No se reducirá la velocidad del motor. El consumo energético durante el arranque puede verse en la Fig. 34.

Los motores de arranque autotransformadores son relativamente costosos, pero muy fiables. La corriente de arranque, evidentemente, depende de las características del motor y de la bomba y varía considerablemente de un tipo a otro.

Nunca se debe mantener el autotransformador en el circuito durante más de 3 segundos.

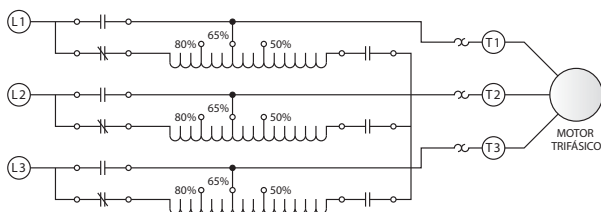


Fig. 35 Diagrama eléctrico típico para un arranque con tensión reducida mediante autotransformador

5.4.4 Arranque mediante tipo resistencia primaria (RR)

En este método de arranque, la tensión se reduce mediante resistencias colocadas en serie en cada etapa del motor. El objetivo es incrementar la resistencia durante el arranque limitando con ello la corriente de arranque.

Un sistema de arranque correctamente dimensionado reducirá la tensión de arranque (sobre los terminales del motor) hasta aproximadamente un 70% de la tensión de la línea.

El arranque se detiene mediante un temporizador que controla un contactor, lo que significa que la tensión reducida sólo estará presente durante el tiempo predefinido y que el motor permanecerá alimentado todo el tiempo.

Las resistencias nunca deberán permanecer conectadas durante más de 3 segundos.

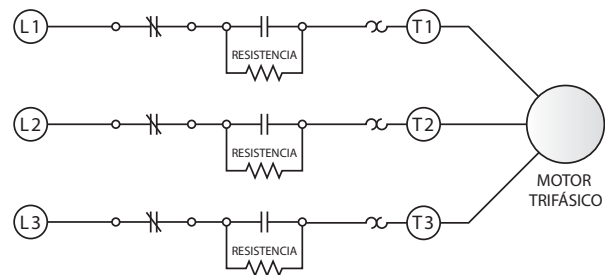


Fig. 36. Diagrama eléctrico típico para un sistema de arranque con tensión reducida mediante una resistencia primaria

5.4.5 Arrancador suave (SS)

Un sistema de arranque suave es una unidad electrónica que reduce la tensión y, por consiguiente, la corriente de arranque controlando el ángulo de fase. La unidad electrónica consta de una sección de control, en la que están configurados los diferentes parámetros de funcionamiento y protección, y que cuenta con una parte de alimentación con triac bidireccionales.

En general, la corriente de arranque se verá reducida a un valor comprendido entre 2 y 3 veces la corriente de funcionamiento.

Tensión nominal

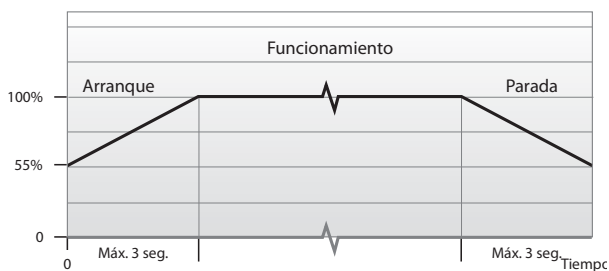


Fig. 37 Tiempos de arranque y parada recomendados, máximo 3 segundos.

Corriente de funcionamiento X

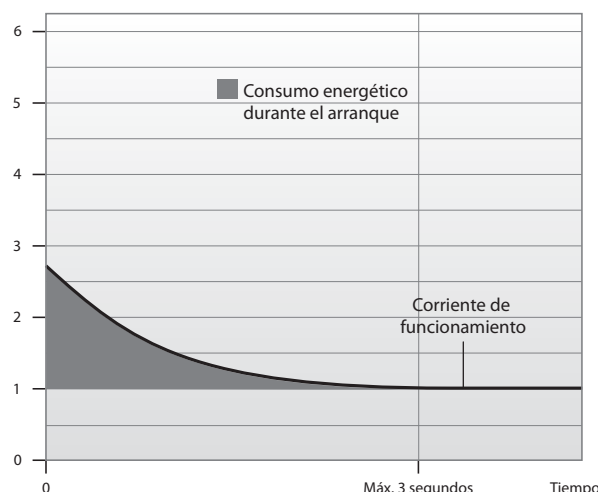


Fig. 38 Flujo de corriente mediante arranque suave

Suponiendo que el resto de la configuración sea igual, esto también ofrece un par de arranque reducido. El arranque más lento puede producir un incremento en la generación de calor en el motor, lo que reduce su vida útil. Esto no tiene prácticamente importancia en los tiempos de aceleración/deceleración cortos (como de tres segundos). Lo mismo es aplicable en los arranques estrella/triángulo y con autotransformador.

Por lo tanto, Grundfos recomienda cumplir los tiempos de aceleración/deceleración indicados en la figura al usar el arrancador suave. Con las bombas de Grundfos no debería ser necesario incrementar la tensión de arranque por encima del 55%. No obstante, si se necesita un par de arranque particularmente alto, la tensión de arranque podría incrementarse para alcanzar el par requerido.

Un arrancador suave absorberá una corriente no sinusoidal e incrementará algo el ruido en la red. Esto no tiene prácticamente importancia con tiempos de aceleración/deceleración cortos y no entra en conflicto con las normas relativas a ruido en la red.

Se ha desarrollado una serie/generación nueva de sistemas de arrancadores suaves, equipados con una función en rampa de arranque programable para reducir aún más la corriente de arranque o para las cargas de inercia alta en rampa. Si se usan estos arrancadores suaves, deben usarse tiempos en rampa de un máximo de tres segundos. En general, Grundfos recomienda que instale siempre el arrancador suave con un contactor de bypass para habilitar el funcionamiento del motor en modo DOL. De este modo, se evita el desgaste y la pérdida de potencia en el arrancador suave durante el funcionamiento.

Tenga en cuenta que si fuese necesaria una reducción de rampa, quizás no resulte posible usar la solución de contactor de bypass para reducir el consumo de potencia durante el funcionamiento normal. Recomendamos el uso de los convertidores de frecuencia, si se necesitan otros tiempos en rampa. Es posible realizar la lectura de la temperatura de los motores Grundfos con transmisores de temperatura, si el arrancador suave dispone de un contactor de bypass.

Los arrancadores suaves sólo pueden usarse con motores sumergibles trifásicos. El tiempo máximo de tensión reducida deberá limitarse para no exceder 3 segundos.

5.4.6 Convertidores de frecuencia (transmisión de velocidad variable)

Los convertidores de frecuencia son un dispositivo ideal para controlar el rendimiento de la bomba, al ajustar la velocidad del motor. Por lo tanto, es el tipo de arrancador ideal tanto para reducir la corriente de arranque como para reducir los picos de presión.

Nota: una frecuencia baja provocará que el rotor gire con lentitud y reducirá el rendimiento de la bomba.

Corriente de funcionamiento X

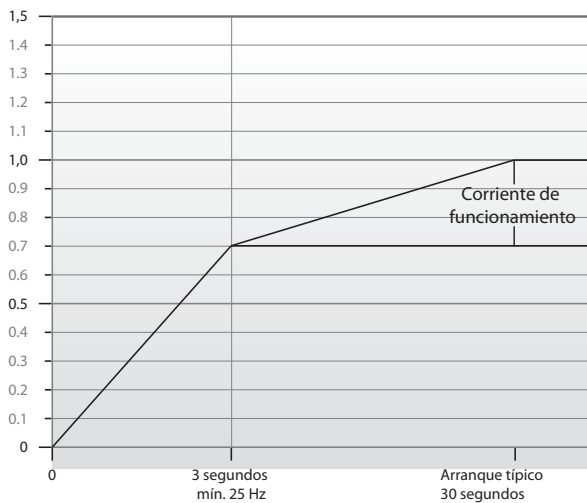


Fig. 39 Flujo de corriente mediante arranque con un convertidor de frecuencia

Los convertidores de frecuencia son el dispositivo de arranque más caro de todos los mencionados anteriormente y se usan principalmente en aplicaciones con rendimiento variable.

Existen diferentes tipos de convertidores de frecuencia en el mercado, cada uno con sus propias características. A continuación se presenta una descripción general:

- El convertidor de frecuencia más sencillo se basa en una curva de frecuencia de tensión. En ocasiones, este convertidor se denomina convertidor U/f o V/f. Calculan la tensión de salida real a partir de la frecuencia, sin tener en cuenta la carga real. Pueden elegirse distintas curvas U/f o V/f para optimizar la aplicación real. Las bombas normalmente usan la curva Par Variable. Estos convertidores de frecuencia son los más baratos del mercado y se usan a menudo.
- El siguiente paso es el convertidor de frecuencia con control por vector. Este convertidor de frecuencia usa un modelo de motor y calcula la tensión de salida en base a diversos parámetros incluida la carga real. Esta forma de actuar proporciona un rendimiento más alto a la hora de controlar el eje del motor, por ejemplo, una precisión superior a min-1, par motor, etc. Estas transmisiones son más caras que las transmi-

siones del tipo U/f y, generalmente, se usan en aplicaciones industriales. No obstante, también se usan en sistemas en los que se producen inestabilidades frecuentes. Este modo más preciso de controlar el eje, normalmente, elimina los problemas causados por bombas inestables. Las transmisiones con control por vector generalmente proporcionan una mayor eficacia o una función automática de optimización de la energía.

La sección de salida de un convertidor de frecuencia puede realizarse de dos modos diferentes: con 6 o con 12 transistores.

Este sistema también se denomina convertidores de 6 pulsaciones o de 12 pulsaciones. La solución de seis transistores es la que se encuentra con más frecuencia, ya que es la más económica y el modo más sencillo de crear una etapa de salida. Para reducir la sobrecarga sobre el aislamiento del motor e incrementar el rendimiento del control, se introdujo la etapa de salida de 12 transistores. El funcionamiento con 12 transistores generalmente se combina con controles avanzados que se basan en los modelos de flujo del motor. Entre las ventajas asociadas a las soluciones de 12 transistores generalmente se incluye un control mejorado a velocidades bajas y una menor sobrecarga del motor. Los convertidores de frecuencia de 12 pulsos se enmarcan en la gama cara de los convertidores de frecuencia.

El factor de elección principal para combinar un convertidor de frecuencia y una bomba es la corriente a plena carga incluido el factor de sobrecarga. El convertidor de frecuencia debería elegirse de modo que pueda proporcionar la corriente necesaria en todo momento. Por ejemplo, si el motor requiere 9,7A, deberá seleccionar un convertidor de frecuencia con una corriente de salida de 9,7A o superior.

5.5 Funcionamiento con un convertidor de frecuencia

Existen numerosos aspectos que deben tenerse en cuenta al usar convertidores de frecuencia conjuntamente con motores sumergibles. A continuación se enumeran algunas de las condiciones que hay que cumplir para el funcionamiento de motores sumer-

gibles con convertidores de frecuencia.

El convertidor de frecuencia debe contar con algún tipo de filtro de potencia para limitar las subidas de tensión (U_{peak}) y para reducir dU/dt (o dV/dt) lo que causa una sobrecarga sobre el aislamiento del motor sumergible. La tensión máxima (U_{peak}) debería reducirse a un nivel inferior a 850 V (salvo en el caso de la MS 402); dU/dt también debería limitarse de acuerdo con la siguiente tabla.

Máx. voltaje y máx. dV / dt para bombas sumergibles Grundfos		
Serie de Motores	Máximo voltaje	Max dV / dt
MS402	650 V Fase - Fase	2000 V / micro s.
MS4000	850 V Fase - Fase	2000 V / micro s.
MS6/MS6000	850 V Fase - Fase	2000 V / micro s.
MMS6/MMS6000	850 V Fase - Tierra	500 V / micro s.
MMS8000	850 V Fase - Tierra	500 V / micro s.
MMS10000	850 V Fase - Tierra	500 V / micro s.
MMS12000	850 V Fase - Tierra	500 V / micro s.

Los filtros de salida típicos para los convertidores de frecuencia son LC (también llamados filtros sinusoidales) o filtros RC. Los suministradores de los convertidores de frecuencia pueden facilitar datos relacionados con U_{peak} y dU/dt para sus diferentes series de convertidor de frecuencia.

Normalmente, estos filtros también son necesarios si se usan cables de motor largos conjuntamente con el convertidor de frecuencia.

Los valores U_{peak} y dU/dt deberán medirse en los terminales del motor.

Consulte la tabla anterior para determinar los valores aceptables de dV/dt .

1b. Los convertidores de frecuencia suelen estar diseñados para su uso en entornos industriales. Si un convertidor de frecuencia se usa en áreas residenciales, es posible que resulte necesario añadir algún tipo de filtro de entrada para evitar que las alteraciones eléctricas del convertidor de frecuencia afecten a otros equipos conectados a la misma red de suministro. Normalmente, suele haber tres niveles diferentes de filtros entre los que seleccionar:

- Sin filtro (sólo para usos industriales en los que el

filtrado se realiza en otro lugar)

- Filtros para aplicaciones industriales
- Filtros para aplicaciones domésticas

La versión para aplicaciones domésticas puede ser un complemento de la aplicación industrial o puede ser una versión independiente.

Resulta obligatorio cumplir los requisitos de los manuales para los convertidores de frecuencia con el fin de mantener la marca CE en el producto. En caso contrario la marca CE queda desautorizada.

2. El caudal que atraviesa el motor debe ser de al menos 0,15 m/s. Si el bombeo no crea un caudal suficiente a través del motor, éste debe estar equipado con una camisa de refrigeración
3. En el control de los motores sumergibles en sistemas abiertos con un alto empuje estático, el consumo energético variará lentamente. Esto significa que una reducción del rendimiento de la bomba proporcionará un incremento en la generación de calor en el motor. Como consecuencia, será de esperar una reducción en la vida útil del motor. Por lo tanto, para el funcionamiento con un convertidor de frecuencia, Grundfos recomienda usar siempre un motor con un margen de capacidad libre, es decir, un motor industrial o un motor estándar con potencia máxima limitada.
4. Velocidad/frecuencia del motor: mín.: 25 Hz ó 1400 RPM máx.: 64 Hz ó 3600 RPM
5. La protección de la temperatura en los motores sumergibles de Grundfos con convertidores de frecuencia es posible en aquellos motores que cuentan con termocontactos integrados. La temperatura del motor no puede leerse, pero la protección es la misma. Es necesario un cable adicional para el motor, pero como el funcionamiento de los motores sumergibles mediante convertidores de frecuencia se usa generalmente en conjunto con aplicaciones de tanque, esto no causará alteraciones ni costes adicionales.

Si se satisfacen los puntos anteriores, el motor disfrutará de una vida útil aceptable.

Tenga en cuenta que los convertidores de frecuencia externos tienen como resultado pérdidas de potencia y la transmisión de armónicos, por lo que:

- generarán más calor en el motor en comparación con el funcionamiento directo en línea;
- reducirán el rendimiento del motor;
- aumentarán el consumo energético del motor.

Como consecuencia, los motores industriales deberán usarse siempre como si hubiesen sido construidos para compensar esos inconvenientes.

Por lo que se refiere al ahorro en el funcionamiento, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- El control de la frecuencia de las bombas sumergibles en pozos profundos generalmente no tendrá como resultado un mayor ahorro cuando se instala en un pozo.
- No obstante, sí, reduce la necesidad de usar depósitos de gran tamaño y el espacio para éstos.
- El control de frecuencia de las bombas de agua bruta reduce los picos de presión en el sistema de tuberías y las variaciones en el nivel del agua en el pozo al arrancar y parar la bomba.

No obstante, cuando sea necesario algún tipo de control tal como una presión constante, un nivel de agua constante en el pozo o similares, es posible que existan diferentes niveles de mejora al usar los convertidores de frecuencia. Un convertidor de frecuencia incluye alguna lógica de entrada y salida. Normalmente, también incluye una sección de control PID para establecer el control de la aplicación. En muchos casos puede suprimirse el equipamiento adicional y el uso del convertidor de frecuencia como sistema de arranque y como una parte del sistema de control mejorará la perspectiva económica general.

El uso del controlador PID está ampliamente generalizado en las aplicaciones de control y los fabricantes de convertidores de frecuencia normalmente proporcionan algunos consejos sobre cómo optimizar el uso de esta función. Tenga en cuenta que un controlador PID incorrectamente programado podría generar un rendimiento inestable y una presión alta en el sistema.

Tenga en cuenta el tiempo en rampa máximo de 3 segundos para una frecuencia mínima de 30 Hz.



6. Alimentación eléctrica

6.1 Generación de energía

La siguiente sección se centrará únicamente en la corriente alterna (CA), puesto que es la fuente de energía primaria en los motores asíncronos.

Distribución

Para que la energía generada sea de utilidad debe transmitirse directamente desde la planta generadora hasta el área en que se realiza el consumo. El desafío radica en disponer de suficiente energía en el momento y lugar en el que se demanda el trabajo.

El modo más eficaz para transferir energía desde la planta generadora hasta los puntos de consumo consiste en incrementar la tensión reduciendo al mismo tiempo la corriente. Esto es necesario para minimizar la pérdida de energía como consecuencia de la transmisión. Las pérdidas se conocen como pérdidas $I^2 \times R$ puesto que equivalen al cuadrado de la intensidad por la resistencia de las líneas de tensión. Una vez que la energía eléctrica se acerca al usuario final, la empresa deberá reducir la tensión al nivel que necesitará la máquina que realizará el consumo. Cada vez que se reduce el nivel de voltaje se pierde energía incluso en los transformadores más eficaces.

6.2 Tensión

6.2 Desequilibrios de la tensión

Los motores sumergibles están diseñados para funcionar en líneas alimentadas con un voltaje y una frecuencia determinados. El desequilibrio de la tensión puede regularse en el cuadro de regulación del transformador y/o del generador. El desequilibrio de la tensión se mantendrá en el valor mínimo posible puesto que se trata del principal causante del desequilibrio de la intensidad (véase la sección que analiza este tema), lo cual genera calor adicional en el motor. Una causa posible del desequilibrio de la tensión es la distribución desequilibrada de las cargas monofásicas. Estas cargas varían a lo largo del tiempo y, en consecuencia, resulta muy difícil evitar el desequilibrio de la tensión, si la red contiene un porcentaje alto de consumo monofásico. El uso de dos transformadores monofásicos en la denominada conexión en “triángulo abierto” no es recomendable para el suministro trifásico.

6.2.2 Sobrevoltaje y bajo voltaje

Se supone que las líneas de energía proporcionen un voltaje específico. Con frecuencia, cerca del transforma-

dor de baja tensión existirá un sobrevoltaje del 3 al 5 %. Cuando las líneas de energía estén cargadas, se producirá una caída de voltaje debida a la resistencia óhmica durante los periodos de consumo energético más altos. La mayoría de las líneas de energía están dimensionadas de modo que los bajos voltajes superiores a -10% se producirán menos de una vez al año en el punto más débil. No obstante, numerosos consumidores todavía siguen sufriendo periodos de caídas de tensión considerables. Cualquier motor sufrirá si no recibe el voltaje especificado en la placa de características. Si se produce una caída de tensión, el par motor se reducirá y, en consecuencia, también se reducirá la velocidad del motor cargado. Como resultado de este hecho, el rendimiento y la resistencia a la inducción del motor también caerán, se incrementará el consumo energético y, como consecuencia, aumentará la generación de calor en el motor. Cuando un motor totalmente cargado por una bomba centrífuga sufre una caída de tensión del 10%, el consumo energético se incrementará aproximadamente en un 5% y la temperatura del motor en cerca del 20%. Si este incremento de temperatura supera la temperatura máxima de resistencia del material aislante de los bobinados, estos se cortocircuitarán y el estátor quedará destruido. En los motores sumergibles, la temperatura del líquido del motor es muy importante para la lubricación de los cojinetes lisos. En el siguiente diagrama se muestra la capacidad de carga como función de la temperatura.

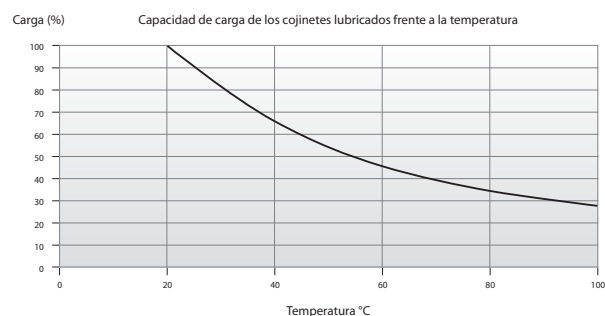


Fig. 40 Diagrama: Capacidad de carga de los cojinetes lisos como función de la temperatura del líquido del motor.

Esta situación sólo resultará crítica en caso de que el motor esté situado en un entorno caliente y disponga de una mala refrigeración, o en caso de que se produzca simultáneamente voltaje asimétrico, corriente asimétri-



ca o voltajes. Generalmente, el incremento en la temperatura del bobinado causada por bajo voltaje provocará un envejecimiento acelerado del aislamiento, que provocará una reducción de la vida útil. En caso de sobrevoltaje en la red, el consumo energético y la generación de calor en los bobinados del motor también se incrementarán.

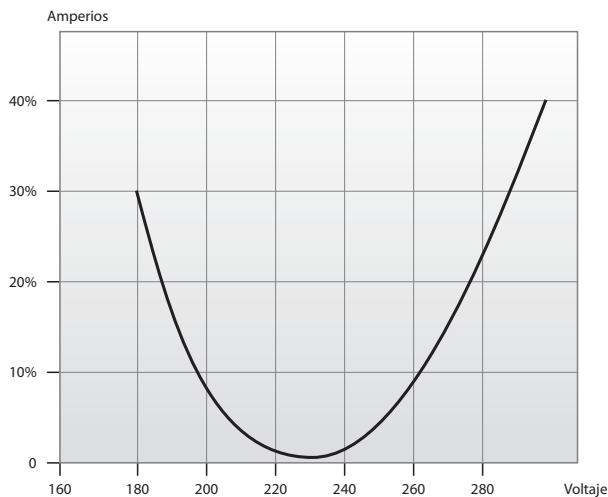


Fig. 41 Variación de la intensidad como función de sobrevoltaje y de bajo voltaje en un motor de 230 V.

Conclusión

1. En las variaciones de voltaje entre +6/-10% del valor nominal, medido en los terminales del motor, puede esperarse una duración normal cuando el consumo energético equivalga o sea inferior a la corriente nominal indicada en la placa de características y si la refrigeración del motor es suficiente y no se producen asimetrías ni voltajes transitorios.
2. En las variaciones de voltaje cortas/periódicas que superen el +6/-10% del valor nominal, la reducción de la vida útil será moderada hasta que las caídas y subidas de voltaje sean tan considerables que los bobinados del estátor se cortocircuiten.
3. En las variaciones de voltaje permanentes o duraderas que superen el +6/-10%, deberá limitarse la potencia máxima del motor o elegirse un motor industrial de Grundfos para obtener una vida útil y rendimiento aceptables. El control de la temperatura del motor se realiza usando el MP 204 de Grundfos; se recomienda siempre usar un protector electrónico del motor.

Es habitual limitar la potencia máxima del motor estándar para garantizar una vida útil larga, cuando se esperen subidas o caídas de tensiones superiores a +6/-10% en la entrada del cable del motor. Con frecuencia, los motores monofásicos requieren la utilización de un condensador cuando están expuestos a suministros de baja tensión.

6.3 Frecuencia

La frecuencia debe mantenerse siempre en el valor nominal. Si la frecuencia es superior, la bomba podría sobrecargar el motor. Si la frecuencia es inferior, caerá el rendimiento de la bomba.

Un cambio en la frecuencia provocará un desequilibrio en la corriente. El MP 204 no reacciona con la frecuencia sino con los cambios en la corriente. Sin embargo, un MP 204 con un R100 permiten conseguir una lectura de la frecuencia real en cuestión.

6.4 Transmisión de frecuencia variable

Para lograr una distribución racional de la energía eléctrica, las empresas de servicios públicos han acordado usar la misma frecuencia, lo cual permite la conexión directa de redes diferentes a condición de que la frecuencia y secuencia de éstas sea la misma.

Las frecuencias dominantes usadas mundialmente en la actualidad son 60 Hz y 50 Hz.

La frecuencia determina la velocidad del motor asíncrono. Lamentablemente, es muy difícil calcular exactamente la velocidad de un motor asíncrono, puesto que ésta viene determinada por la velocidad del motor asíncrono menos el deslizamiento.

El deslizamiento se define como la diferencia de la velocidad entre el rotor y el campo del estátor. El deslizamiento genera el par motor resultante (esto significa que cuanto mayor sea la carga o par motor, mayor será el deslizamiento; en otras palabras el deslizamiento de un motor asíncrono depende de la carga).

La velocidad síncrona puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

N_s = velocidad del campo magnético giratorio.

120 = constante

f = frecuencia

P = número de polos

Las transmisiones de frecuencia variables (VFD) se usan para crear una red local "nueva" con una frecuencia diferente a la proporcionada por la compañía suministradora.

dora. De esta forma se podrá regular la frecuencia y, en consecuencia, la velocidad del motor (y de la bomba). Las transmisiones de frecuencia modernas pueden regularse en un intervalo entre 0 y 400 Hz (o incluso más). Recuerde que a medida que la velocidad aumenta, la carga también se incrementa, hasta dar lugar eventualmente a una sobrecarga del motor, si no se dimensiona correctamente.

Otra cuestión importante que debe recordarse es la siguiente regla general. La transmisión de la frecuencia no debe usarse para aumentar la tensión y que al regular el voltaje/ la frecuencia se mantenga constante.

Ejemplo práctico:

Red determinada = 400 V, 50 Hz.

Para obtener una zona de regulación más amplia, seleccione el tamaño de la bomba para su funcionamiento a 60 Hz. (así se consigue la zona de regulación recomendada de 30 a 60 Hz.). Como no debe incrementar el voltaje, tendrá que seleccionar un motor adecuado para funcionar a 400 V, 60 Hz. (todo ello le llevará prácticamente a elegir un motor de 380 V, 60 Hz, ya que es el estándar.)

Filtros:

Las transmisiones de frecuencia variable están basadas en una tecnología que cambia (corta) la potencia de entrada y salida: esto quiere decir que la salida resultante de una transmisión de frecuencia variable es sólo en parte una curva sinusoidal. Como consecuencia, se genera ruido en el lado primario de la transmisión de frecuencia variable así como en el secundario. El lado primario está regulado por las autoridades y/o empresas de servicios públicos y requiere soluciones de filtro RFI. En el lado de la salida, el desafío lo representa la longitud, el tipo, el tamaño y el modo en que los cables se colocan en la instalación. Los cables largos incrementan el riesgo de crear picos de tensión lo que origina el deterioro del sistema de aislamiento del motor sumergible. Grundfos recomienda por norma general el uso de filtros LC en el lado secundario de todas las transmisiones de frecuencia variable. Si el proveedor de VFD con una configuración de cable determinada garantiza que no se excederá el Upeak para un motor determinado en sus terminales, esta situación puede resultar aceptable.

Intensidad:

Tenga en cuenta que el dimensionado de las transmisiones de frecuencia variable se realiza a partir del valor de la intensidad del motor y que los motores sumergibles

cuentan con valores de intensidad superiores a los de los motores de superficie con una potencia similar.

6.5 Conexión a la red

Antes de conectarse a la red, debe conocer las características de ésta: su nivel de calidad, qué tipo de tierra se usa y la calidad de la protección contra las subidas de tensión y contra los rayos.

- Qué tensión se proporcionará y con qué tolerancias.
- Qué frecuencia se proporcionará y con qué tolerancias.
- Qué potencia se encuentra disponible.
- Con qué frecuencia puede esperarse experimentar alteraciones en la red.
- Se prevé el uso de un transformador propio o se usará un transformador común

En caso de usarse un transformador común, pregunte cómo se garantizará la carga uniforme de la red (sólo es aplicable en el caso de motores trifásicos).

El suministro desde la red al motor, por lo general, se denomina suministro de red. El suministro de red es la línea de energía que tiene la tensión que utiliza una máquina determinada. La calidad de la red se divide en las denominadas redes “rígidas” o “blandas”.

Una tensión de red determinada se transforma en el voltaje de red adecuado usando un transformador. El modo más económico de transformar una tensión de red determinada a la tensión de red adecuada se realiza mediante los denominados autotransformadores, que introducen algunos problemas de seguridad personales pero que están permitidos en numerosos países.

Para proteger el motor sumergible, necesita un dispositivo que permita aislar el motor del suministro de la red en caso de que se produzcan problemas relacionados con este aspecto. Grundfos recomienda el uso del dispositivo electrónico de protección del motor MP 204.

6.6 Corriente asimétrica

Cuando menor sea la corriente asimétrica, mayor será el rendimiento y duración del motor. Por lo tanto, es importante que todas las fases se carguen por igual. Antes de efectuar la medición, debería comprobarse que la dirección de giro de la bomba es correcta, es decir, aquella que proporciona el rendimiento más alto. Podrá modificar la dirección de giro intercambiando las dos fases. La corriente asimétrica no debe

exceder el 5%. Si ha conectado un MP 204, el 10% será aceptable. Este valor se calcula utilizando las dos fórmulas siguientes:

$$I (\%) = \left(\frac{I_{\text{valor máx}} - I_{\text{medida}}}{I_{\text{medida}}} \right) \times 100 [\%]$$

$$I (\%) = \left(\frac{I_{\text{valor}} - I_{\text{medida mín}}}{I_{\text{medida}}} \right) \times 100 [\%]$$

El valor máximo se usa como expresión de la corriente asimétrica. La corriente debe medirse en las tres fases como se ilustra a continuación. La mejor conexión es la que proporciona la menor corriente asimétrica. Para no tener que cambiar la dirección de giro al cambiar la conexión, las fases deben moverse siempre según la ilustración. El MP 204 no sólo protege contra una corriente asimétrica demasiado alta, sino que también permite obtener lecturas de los valores reales si se usa con un R100. De esta forma, resultará más sencillo encontrar la conexión ideal.

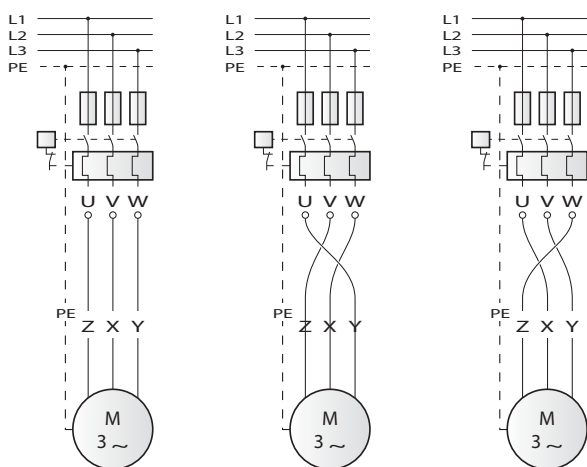


Fig. 42 Conexión ideal

Ejemplo:

Consulte el diagrama de la Fig. 45 y la tabla mostrada en la siguiente página.

Paso 1	Conexión 1 UZ 31 A VX 26 A WY 28 A Totalmente 85 A	Conexión 2 Z 30 A X 26 A Y 29 A Totalmente 85 A	Conexión 3 Z 29 A X 27 A Y 29 A Totalmente 85 A
Paso 2	Corriente media: $\frac{\text{Corriente total}3}{3} = \frac{85 + 85 + 85}{3 \times 3} = 28.3 \text{ A}$		
Paso 3	Diferencia máxima de amperaje de la media: Conexión 1 = 31 - 28.3 = 2.7 A Conexión 2 = 28.3 - 26 = 2.3 A Conexión 3 = 28.3 - 27 = 1.3 A		
Paso 4	% un balance: Conexión 1 = 9.5 % - no válida Conexión 2 = 8.1 % - no válida Conexión 3 = 4.6 % - válida		
Paso 5	Si los desequilibrios de corrientes son superiores al 5%, debe ponerse en contacto con la compañía eléctrica. Como alternativa, debería usarse un motor con la potencia máxima limitada o un motor industrial protegido mediante un MP 204. En el control remoto, podrá leer la corriente asimétrica real. Un desequilibrio de la corriente del 5% se corresponde con un desequilibrio del voltaje de entre el 1 y el 2%.		

Incluso pequeños desequilibrios de voltaje pueden causar desequilibrios grandes de corriente. Estos desequilibrios, a su vez, causan una distribución desigual del calor en los bobinados del estator que generan problemas de calor localizados en puntos y recalentamiento. Los resultados clave se ilustran gráficamente a continuación.

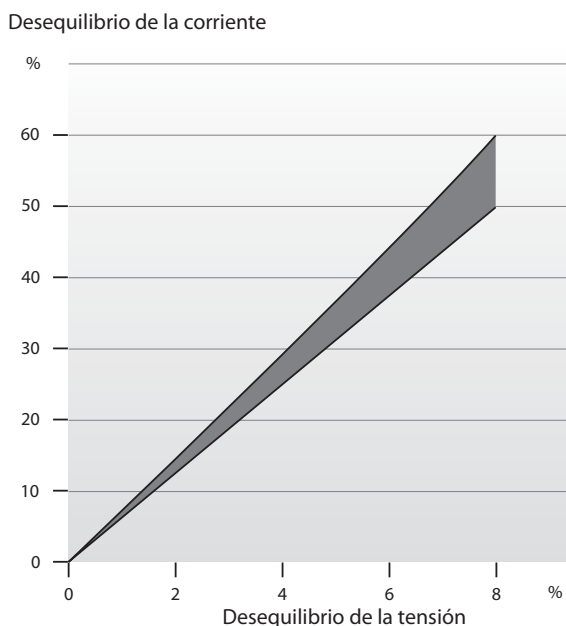


Fig. 43 Relación entre la tensión y el desequilibrio de la intensidad y la temperatura

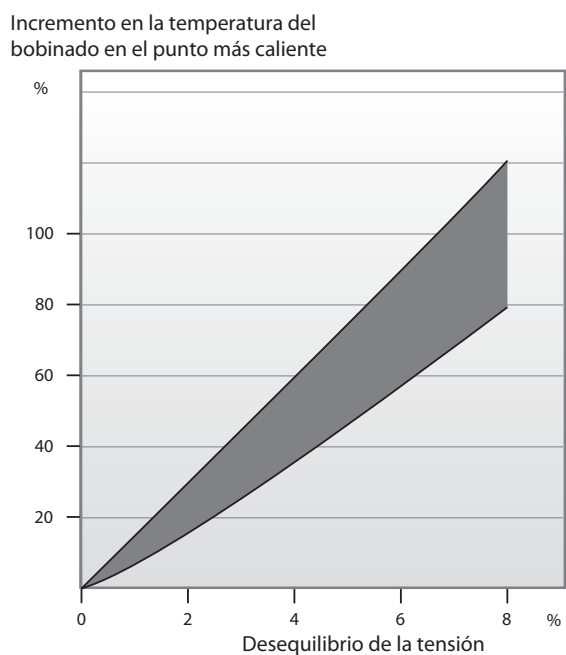


Fig. 44 Relación entre la tensión y el desequilibrio de la intensidad y la temperatura

El desequilibrio de la corriente puede estar originada por la colocación de los cables de bajada. Cuando se utilice un cable encamisado no se prevé la aparición de ningún problema. Si se usa un cable sencillo, se recomienda co-

locar siempre los tres conductores de fase en un lado de la tubería elevadora y el cable de tierra diagonalmente opuesto. Transitorios de tensión/rayos. Se supone que las líneas de energía proporcionan ondas de forma sinusoidal en las tres fases. Las ondas con forma sinusoidal generadas en la estación eléctrica se añaden a los transitorios en el sistema de distribución.

Fuentes de transitorios:

1. Convertidores de frecuencia sin filtros
2. Arrancadores suaves
3. Contactores para máquinas grandes
4. Condensadores para máquinas de proceso
5. Rayos

1. Convertidores de frecuencia sin filtros. Los convertidores de frecuencia modernos con un filtro LC o RC puede asegurarse que no producen picos de tensión por encima de 850 V en conexión con cables de hasta 100 m entre el convertidor de frecuencia y el motor. Esta forma de actuar es totalmente válida y cualquier motor Grundfos con una potencia y refrigeración correctos disfrutará de una vida útil aceptable. Los convertidores de frecuencia del tipo PWM (Pulse Width Modulation) Modulación de impulso sin filtro LC o RC generan una tensión de salida que difiere considerablemente de la curva sinusoidal ideal con corrientes transitorias de 850-1200 V, medidas con una longitud de cable de 1 m, dependiendo de la fabricación. Estas corrientes se incrementarán al aumentar la longitud del cable entre el convertidor de frecuencia y el motor. A 200 m, por ejemplo, las corrientes transitorias se duplicarán en el enchufe del cable del motor, es decir, a 1700-2400 V. El resultado será la reducción de la vida útil del motor. En consecuencia, los convertidores de frecuencia deberán contener al menos un filtro RC para garantizar la vida útil óptima del motor.

2. La conexión de un arrancador suave absorberá la corriente no sinusoidal e incrementará algo el ruido de la red. En relación a los tiempos de aceleración/deceleración cortos, carece de importancia y no entra en conflicto con las normativas relacionadas con el ruido de la red. Si el tiempo de arranque es superior a tres segundos, las corrientes transitorias no sinusoidales recalentarán los bobinados del motor y, por consiguiente, afectarán a la vida útil del motor.



3. La conexión de arranque DOL o en estrella/triángulo para máquinas grandes pueden generar chispas y enviar corrientes transitorias de regreso cuando los contactores estén abiertos. Estos corrientes pueden dañar el motor sumergible.
4. La compensación de fase de las plantas procesadoras puede contener controles complicados con numerosos capacitadores grandes que envían corrientes transitorias de vuelta a la red. Estos corrientes pueden causar daños en los motores sumergibles.
5. El impacto fuerte de un rayo directamente en una instalación de pozo, arrancador o alimentación eléctrica, por lo general, destruirá todos los organismos vivos y todas las instalaciones eléctricas. Las corrientes transitorias resultantes de dicho rayo serán de, al menos, 20-100 kV y la generación de calor será suficiente para derretir los materiales de aislamiento. El impacto de un rayo sobre una red de alto tensión generará corrientes transitorias que serán parcialmente absorbidos por los pararrayos existentes el sistema de la red. La función de un pararrayos es enviar la sobretensión a tierra. Si un rayo impacta directamente sobre una red de baja tensión, existe el riesgo de que se generen corrientes transitorias de más de 10-20 kV en el arrancador del motor de la bomba. Si el arrancador y el motor no están debidamente protegidos por pararrayos y una toma de tierra, la instalación puede resultar dañada, ya que está instalada en agua subterránea conductora de electricidad, la cual es la mejor clase de toma de tierra existente.

Los daños producidos en los motores sumergibles por rayos pueden aumentar en conexión con el suministro de energía tanto a través de cables aéreos como cables de tierra. En zonas donde se produzcan relámpagos habitualmente, la mejor protección tanto para el arrancador como para el motor sumergible consiste en instalar pararrayos en el lado de la descarga del enchufe principal del arrancador y conectarlo a tierra o, si es posible, al testigo del pozo, si está hecho de acero. En el pozo, los pararrayos deben instalarse en el lado de descarga del aislamiento de la toma de tierra a la tubería principal y el entubado del pozo, si está hecho

de acero. En las instalaciones profundas, los pararrayos también pueden instalarse en el cable del motor, puesto que las corrientes transitorias duplican la tensión en los cables de caída de 200m. Pero, en general, los pararrayos deben colocarse de modo que su función pueda comprobarse mediante mediciones periódicas de la resistencia del aislamiento a medida que se desgastan cuando están expuestos a rayos muy intensos. Si la alimentación eléctrica sufre corrientes transitorias procedentes de rayos intensos, póngase en contacto con la compañía eléctrica para que comprueben sus pararrayos en la estación del transformador.

Si un sistema ha sido expuesto a los rayos, deberían comprobarse a fondo todos los componentes en la caja de arranque. Es posible que el interruptor se haya quemado en una fase, lo que incrementará los desequilibrios de tensión y de corriente en el motor. El interruptor o el relé térmico pueden estar quemados en varias fases, lo que puede causar una situación tanto de baja tensión como de desequilibrio. El relé térmico puede estar quemado, lo que significa que no podrá activarse y, por lo tanto, no puede proteger los bobinados del motor. Sólo algunos de los motores que resultan dañados por rayos quedan destruidos por el propio impacto; el resto quedan averiados por las consecuencias del mismo. Los motores sumergibles de Grundfos del tipo MS 402 tienen un nivel de aislamiento de hasta 15 kV. Estos son los picos de tensión máximos a los que en la práctica está expuesto el motor, es decir, relativos a la caída de un rayo cerca de la instalación. En este análisis se excluye la caída de un rayo directamente sobre la instalación de la bomba. Por tanto, no es necesaria ninguna protección adicional contra los rayos.





7. Instalación y funcionamiento



7. Instalación y funcionamiento

7.1 Pozos y sus condiciones

Un pozo es un agujero que va desde la superficie de la tierra hasta el acuífero subterráneo, en el que se encuentra el agua subterránea. La profundidad del pozo puede variar desde unos cuantos metros hasta varios cientos de metros. Los pozos se excavan, generalmente, utilizando equipamiento de perforación especializado capaz de penetrar en las diversas capas del suelo, tales como arena, arcilla, lechos de roca, etc. En el interior del agujero perforado se instala normalmente un encofrado (tubería) que evita que el pozo se derrumbe alrededor de la bomba.

Debajo del encofrado y alineado con el acuífero, se encuentra otro “encofrado” con ranuras finas. Éste es el filtro del pozo, cuyas ranuras permiten que el agua se introduzca en el pozo y evitan la entrada de arena y partículas más grandes. Consulte la Fig. 47.

Para mejorar la función de filtrado, el barreno generalmente tiene un diámetro aproximadamente entre 5 y 7,5 centímetros más grande que el encofrado. Se coloca un filtro de empaque de grava o arena fina entre el encofrado y el acuífero, tal como se muestra en la figura 47. Algunos encofrados incluyen un filtro de empaque de grava prefabricado. Si se hace correctamente, este método de filtrado evita la entrada de arena y cieno en el pozo.

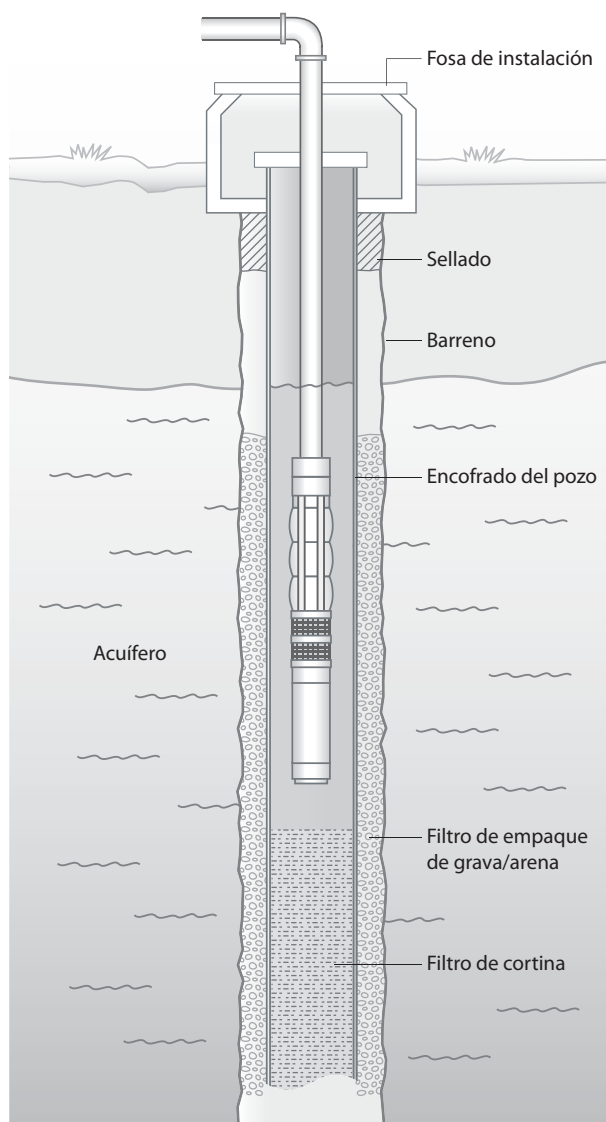


Fig. 45 Componentes típicos de un pozo de agua subterránea

Las recomendaciones sobre el contenido de arena varían de un país a otro. La Asociación Nacional de Aguas Subterráneas (National Ground Water Association o NGWA) en EE.UU. recomienda los siguientes límites de arena en las aguas de pozo:

- 1.1 mg/l en agua usada para el proceso de alimentos y bebidas.
- 2.5 mg/l en agua para uso doméstico, instituciones e industrias.
- 3.10 mg/l en agua para riego con aspersores, enfriamiento industrial por evaporación y otras aplicaciones en las que un contenido moderado de sólidos no resulte particularmente dañino.
- 4.15 mg/l en agua para riego por inundación.

Si la concentración de arena supera los 15 mg/l, se retirará tanto material del pozo que es posible que el acuífero y los estratos situados sobre éste se derrumben y, por lo tanto, reduzcan la vida del pozo.

Grundfos recomienda un contenido de arena que no exceda los 50 ppm en el agua del pozo. Con un contenido de 50 mg/l, el rendimiento de la bomba y su vida útil se mantendrán a un nivel aceptable hasta un máximo de 25.000-35.000 horas de funcionamiento, lo que equivale aproximadamente a cuatro años de servicio durante cuatro horas al día.

Si el agua del pozo tiene un contenido de arena superior a 50 mg/l, existe una bomba y motor especiales, disponibles previa solicitud.

Antes de que el pozo pueda entrar en servicio, éste debe desarrollarse. Un pozo nuevo siempre generará algo de arena y cieno al principio; el desarrollo de un pozo nuevo consiste en el proceso de bombearlo hasta eliminar toda la arena y cieno. Esta operación se realiza mediante un bombeo con un caudal muy alto, que arrastra las partículas finas en el acuífero hacia el filtro del pozo. Poco a poco, este sistema hace que el filtro resulte más efectivo. Después de aproximadamente un día de bombeo, normalmente la extracción del pozo suele salir limpia, momento en el que estará listo para su funcionamiento normal.

La bomba usada para el desarrollo del pozo se desgasta con relativa rapidez debido al alto contenido de arena y, por lo tanto, deberá sustituirse siempre por una bomba nueva tan pronto como el pozo deje de extraer arena.

La bomba debe estar instalada siempre por encima de la zona de filtro del encofrado. De este modo, forzará al agua a pasar a través del motor proporcionando un enfriamiento adecuado del mismo. Si no puede instalarse la bomba encima del filtro de pantalla, se recomienda siempre una camisa de refrigeración para crear el caudal necesario en torno al motor para su correcto enfriamiento. Consulte el capítulo 10.

7.2 Ubicación de la bomba

La ubicación de la bomba es la profundidad a la que se ha instalado por debajo del nivel del suelo. Ésta debe tener capacidad para levantar el agua desde el acuífero hasta la superficie y proporcionar una presión mínima determinada.

Cuando la bomba esté instalada, siempre se deberá conocer el descenso del nivel del agua y su nivel dinámico.

Mientras esté funcionando, el agua no debe descender nunca por debajo de la entrada de la bomba. El riesgo de cavitación es normalmente muy bajo en las bombas sumergibles. No obstante, debe comprobarse siempre el valor NPSH de cada bomba específica en su punto de funcionamiento.

Inmersión mínima de la entrada de la bomba en metros: $NPSH(m) - 10(m)$.

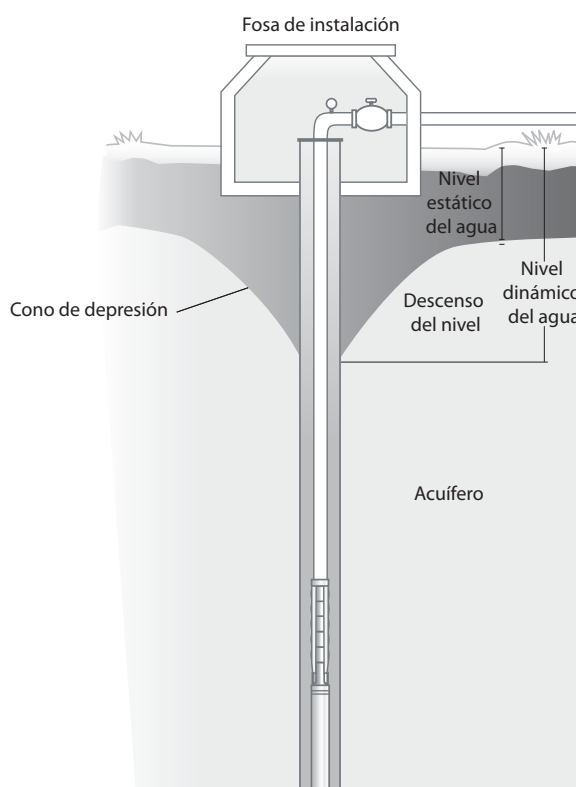


Fig. 46 Nivel de agua estático y dinámico

7.3 Bomba y elección de motor

Consulte el capítulo 4 para ver los tamaños y la forma en que deberá elegir las bombas sumergibles.

7.3.1 El punto de funcionamiento

El punto de funcionamiento de la bomba es el caudal para el que se obtiene un rendimiento óptimo de la misma. La bomba deberá seleccionarse de modo que el caudal requerido sea lo más próximo posible al punto de funcionamiento o ligeramente a la derecha de éste.

7.3.2 Diámetro del pozo

En general, cuanto más grande sea el diámetro de la bomba, mayor será su rendimiento.

No obstante, debe ser posible introducir la bomba en el pozo y, por lo tanto, siempre deberá existir un espacio mínimo determinado entre la superficie del motor y el diámetro interno del pozo.

En un pozo correctamente diseñado, con un filtro por debajo de la bomba y el motor, el agua deberá atravesar el espacio vacío entre el encofrado y el motor. Esto provocará una pérdida de carga por fricción. Si al mismo tiempo el motor tiene una posición excéntrica en el pozo con un lado contra el encofrado, la entrada de agua unilateral a la bomba creará turbulencias y afectará al rendimiento de la bomba. En la Fig. 47 se muestra la pérdida de carga por fricción para un espacio de entre 4 y 16 mm en un pozo de 6 pulgadas y en la Fig. 48 se muestra lo mismo para un pozo de 8 pulgadas.

Tanto la turbulencia como la pérdida de carga por fricción disminuirán el rendimiento de la bomba por debajo de lo esperado, lo que en algunos casos puede llegar a situaciones extremas.

En los pozos con una zona de filtro situada por encima de la bomba, el agua tiene que pasar el espacio entre la bomba y el encofrado, lo que provocará una pérdida de carga por fricción. Si al mismo tiempo la bomba está situada en una posición excéntrica contra el encofrado, se restringirá el caudal entrante a la mitad de la succión del interconector. Este giro de 180 grados unilateral del agua de la entrada creará turbulencias en la entrada que afectarán al funcionamiento de la bomba.

En la Fig. 49, se encuentra el peor caso de turbulencia/fricción en bombas de 6" en pozos de 6" de diferentes diámetros.

En la Fig. 50, se encuentra el peor caso de turbulencia/fricción en bombas de 8" en pozos de 8" de diferentes diámetros.

La turbulencia y la fricción se pueden considerar como una disminución del rendimiento de la bomba.

7.3.3 Rendimiento del pozo

Muchas bombas tienen capacidad para bombear el pozo en exceso, lo que significa que se secará en un corto periodo de tiempo. La bomba deberá seleccionarse respetando la capacidad del pozo, para evitar el bombeo excesivo. Por lo tanto, se recomienda realizar un control del nivel freático.

Pueden surgir numerosos problemas como resultado de un bombeo excesivo:

- Funcionamiento en seco y daños en la bomba.
- Infiltración de agua no potable, es decir, agua marina
- Reacciones químicas en el pozo cuando el oxígeno entra en contacto con el acuífero seco.

Un descenso excesivo del nivel también provoca un incremento en el consumo energético, puesto que se compensa mediante un empuje adicional de la bomba.

7.3.4 Rendimiento de la bomba

Todas las bombas alcanzan su rendimiento máximo en un margen de caudal relativamente estrecho. Este margen se utiliza normalmente como criterio para seleccionar la bomba. La bomba SP46 de Grundfos alcanza su rendimiento máximo con un caudal de 46 m³/h o cercano a él; del mismo modo, la SP60 se encuentra alrededor de 60 m³/h, etc. y así sucesivamente para las demás bombas SP.

Si el requisito del caudal se encuentra a medio camino de las especificaciones de dos modelos, por ejemplo, 66 m³/h, podría usarse tanto una SP60 como una SP77 con el mismo grado de rendimiento. Como consecuencia entran en juego algunos otros criterios:

- diámetro del pozo (consulte el capítulo 7.3.2)
- rendimiento del pozo (consulte el capítulo 7.3.3)
- capacidad libre

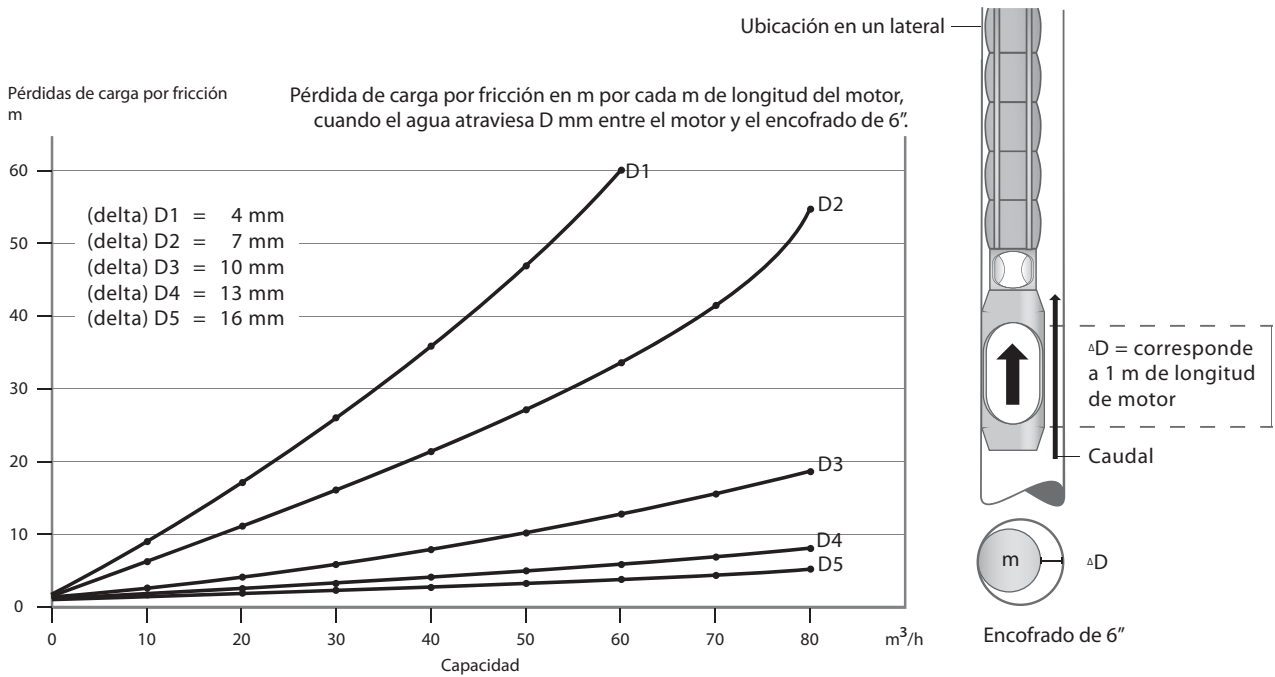


Fig. 47 Pérdida de carga por fricción, 6"

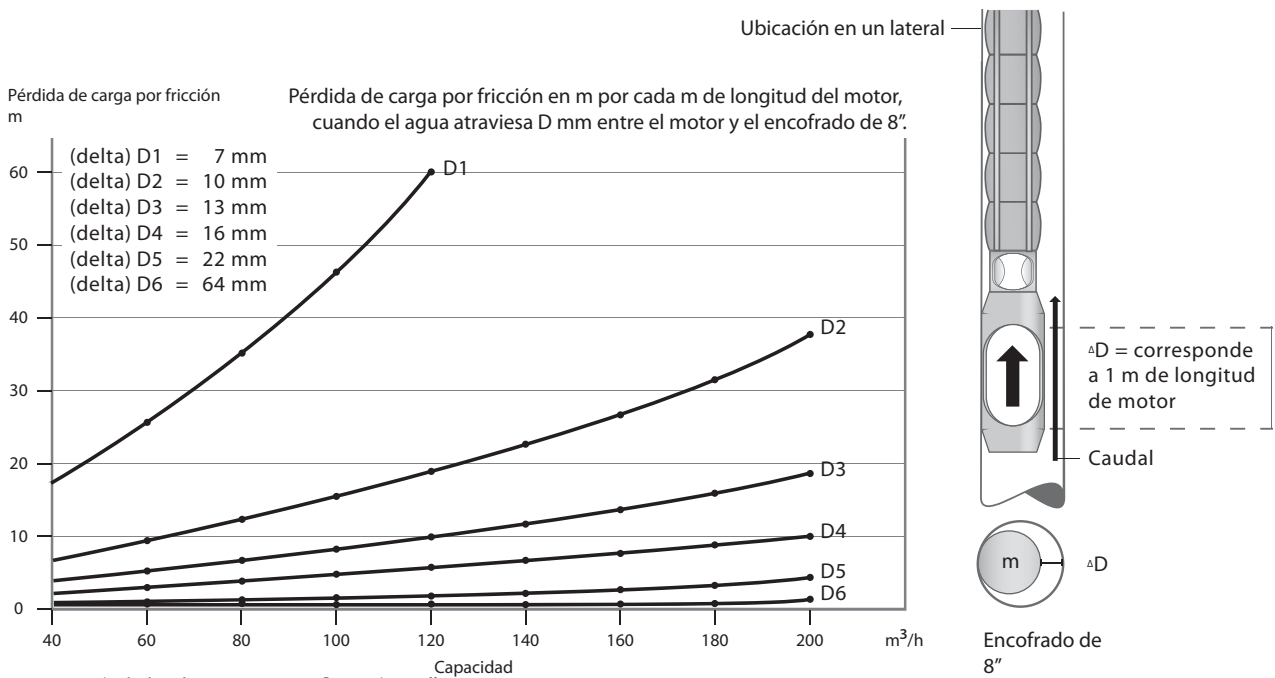
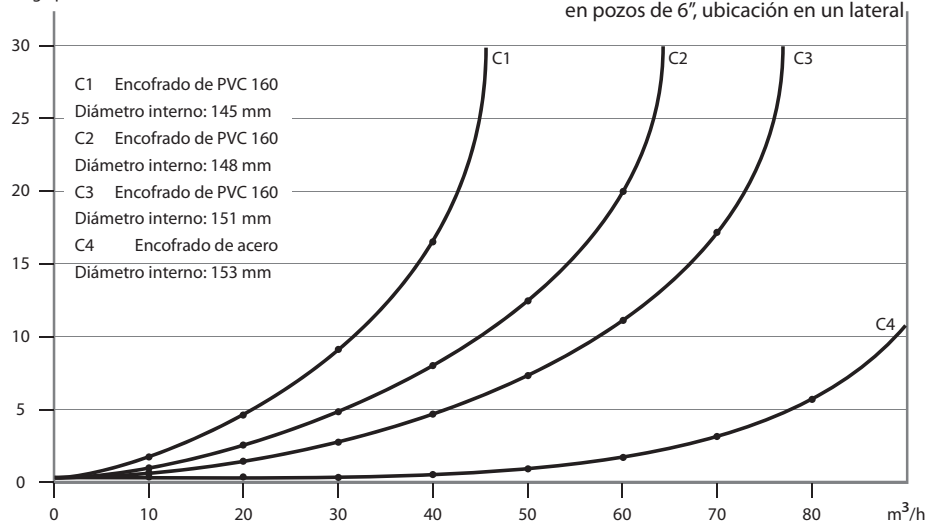


Fig. 48 Pérdida de carga por fricción, 8"

Pérdida de carga por turbulencia / Pérdida de carga por fricción



Ubicación en un lateral

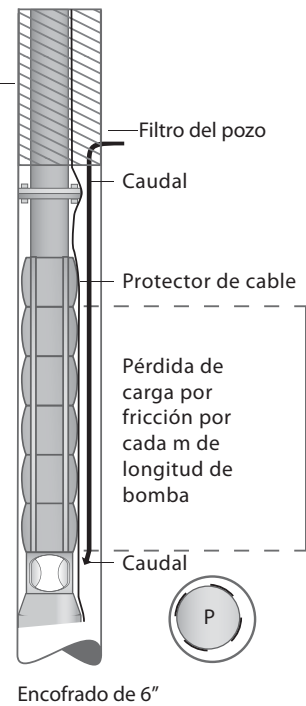
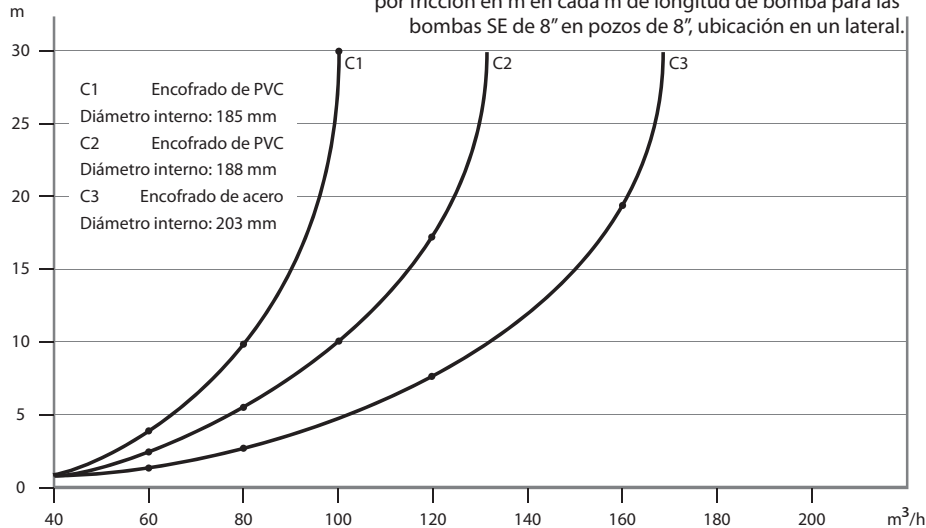


Fig. 49 Giro en U, 6"

Pérdida de carga por turbulencia / Pérdida de carga por fricción



Ubicación en un lateral

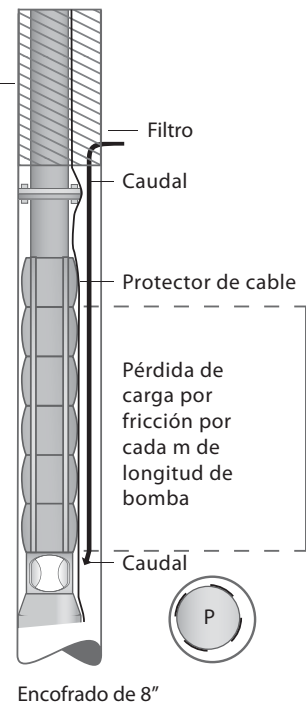


Fig. 50 Entrada en U (180 grados), 8"

7.3.5 Temperatura del agua

Los factores que los condicionan son el motor sumergible y la refrigeración del motor. La refrigeración es la clave para una vida útil prolongada del motor.

Los motores sumergibles instalados con una temperatura máxima aceptable del agua deben enfriarse con un caudal de, al menos, 0,15 m/s, lo que asegura un caudal turbulento. Esta velocidad se garantiza al impedir que el caudal de la bomba caiga por debajo de un valor mínimo determinado. Consulte la Fig. 51.

En los pozos o tanques de gran diámetro, puede que sea necesario emplear una camisa de caudal para incrementarlo en torno al motor hasta un mínimo de 0,15 m/s; consulte también el capítulo 10.

En el diagrama mostrado a continuación, se sobreentiende que el motor está situado por encima de la ubicación del filtro.

Temperatura máxima del agua:

Las temperaturas máximas que se muestran a continuación se basan en un caudal de 0,15 m/s a lo largo del motor.

MS 402	30°C
MS 4000	40°C
MS 4000I	60°C
MS 6000	40°C
MS 6000I	60°C
MS6T30	30°C
MS6T60	60°C
MMS with PVC wire:	25°C
MMS with PE2/PA wire:	40°C

Temperaturas del agua por encima del límite establecido.

Los motores MS 402 de Grundfos no deben usarse con temperaturas de líquidos que superen lo 30°C. Los motores MS 4000 y MS6 pueden funcionar con temperaturas del líquido superiores al límite establecido, si el motor tiene su potencia máxima limitada (Véase la fig. 52 i capítulo 7.3.6).

Sin embargo, en general, este hecho reducirá la vida útil del motor. Es imposible adivinar exactamente en cuanto tiempo, ya que esto depende de un gran número de parámetros, por ejemplo, el suministro de tensión, la carga del motor, las condiciones de refrigeración del motor, etc. No obstante, si se siguen las recomendaciones de este manual se debería obtener un tiempo de vida útil aceptable. En estos casos, recomendamos realizar cada tres años un mantenimiento de la bomba y sustituir todas las piezas de goma para mantener una eficacia constante y garantizar una vida útil normal.

En un funcionamiento por encima del límite de la temperatura, deberán acordarse siempre los aspectos relacionados con la garantía. No se otorgará ninguna garantía si no se limita la potencia máxima del motor y sin una protección adecuada del MP 204.

7.3.6 Reducción de la potencia máxima de los motores sumergibles

Multiplique el tamaño del motor (P2) por el factor de limitación de la potencia máxima. Esta operación proporciona la potencia máxima limitada del motor (P2). Ésta es la carga máxima que se puede aplicar sobre él. En muchos casos, este cálculo proporciona un valor que equivale a un motor cuyo tamaño es mayor de lo que inicialmente se había calculado.

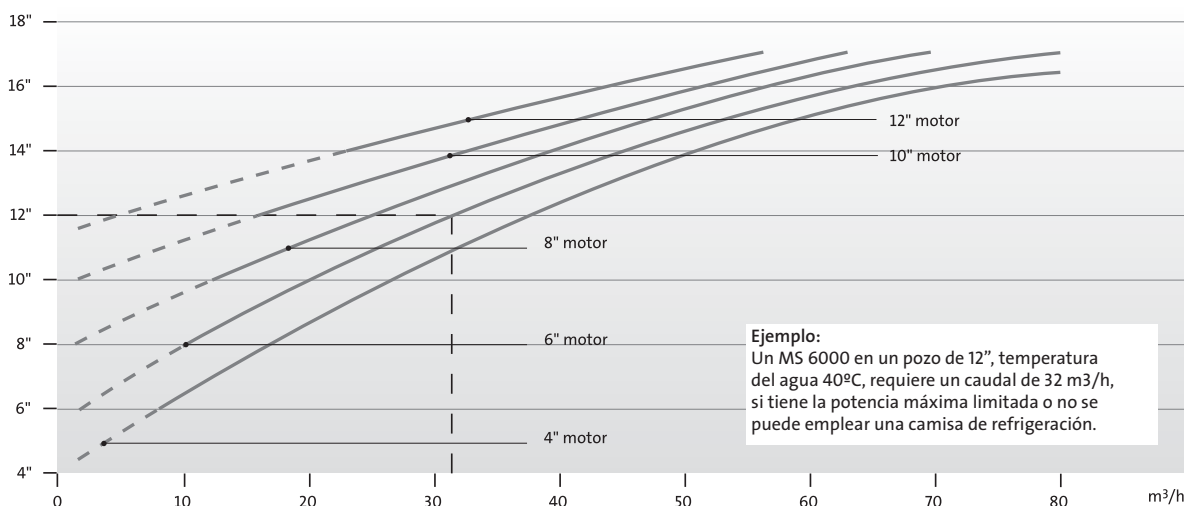


Fig. 51 Temperatura máxima del agua de refrigeración a carga completa

Factores para la limitación de la potencia máxima

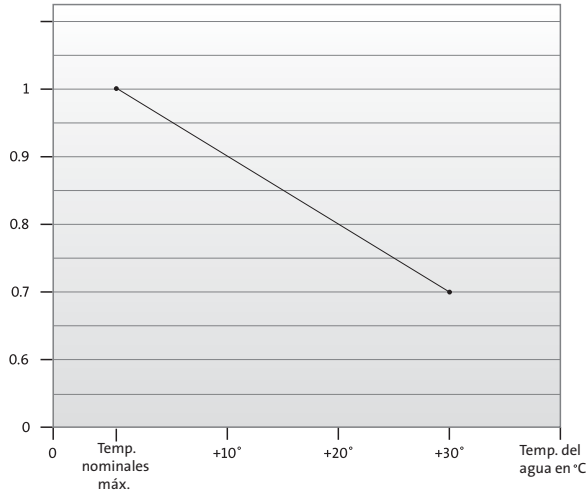


Fig. 52 Limitación de la potencia máxima en los motores sumergibles

Ejemplo :

Un MS6T30 con una potencia nominal estándar, $P_2 = 30 \text{ kW}$, es capaz de producir $30 \times 0,9 = 27 \text{ kW}$ en agua caliente a 40°C con un caudal de refrigeración de $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$. El motor sumergible debería instalarse a la profundidad recomendada.

Tenga en cuenta que no se recomienda limitar la potencia máxima del MS4000I y del MS6T60.

7.3.7 Protección contra la ebullición

Para proteger el motor contra la ebullición tras la parada del motor y, en consecuencia, tras la parada del agua de refrigeración, debe instalarse 5 m por debajo del nivel dinámico del agua. De esta manera se incrementará el punto de ebullición.

Profundidad de instalación

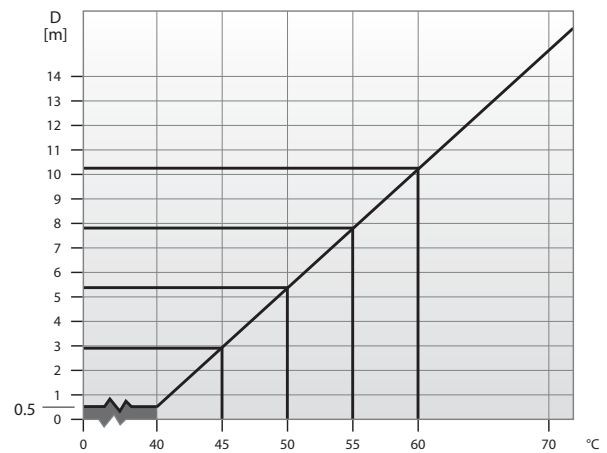


Fig. 53 Presión del agua/profundidad de instalación requeridas para el MS 4000 y el MS 6000

Para el MS 4000 y el MS6, la mejor protección y la más simple contra la sobrecarga y las temperaturas excesivas consiste en medir la temperatura del motor mediante un MP 204. En otros motores sumergibles, puede usarse un Pt100/ Pt1000 para controlar la temperatura.

7.3.8 Refrigeración de la camisa

El caudal mínimo en torno al motor debe ser de $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ para garantizar una refrigeración adecuada del motor.

Si el caudal mínimo en torno al motor no puede obtenerse de modo natural, Grundfos ofrece una gama de camisas de refrigeración, de fácil empleo, que garantizan un caudal y refrigeración correctos. Las camisas de caudal suelen usarse cuando la bomba está instalada en un depósito o tanque, o en un pozo donde el agua fluya hacia la bomba desde arriba y, por lo tanto, no refrigera el motor. Debe existir un espacio razonable entre el encofrado y el diámetro externo para limitar la caída de presión.

El espacio mín. recomendado entre el encofrado y la camisa de caudal puede calcularse a partir de la fórmula mostrada a continuación:

$$v = \frac{Q \times 354}{(D^2 - d^2)}$$

v = m/s. Debe ser de un máximo de 3 m/s para limitar la pérdida de carga

Q = m³/h

D = Diámetro interno del encofrado en mm

d = Diámetro externo de la camisa de caudal en mm

1. Si el agua del pozo contiene grandes cantidades de hierro (y bacterias del hierro), manganeso y cal, estas sustancias se oxidarán y se depositarán en la superficie del motor. Esta reacción genera un incremento de temperatura entre 5 y 15°C superior a la del agua entrante. En caso de un caudal lento en torno al motor, la acumulación de esta capa aislante del calor consistente en minerales y metales oxidados puede dar lugar a puntos calientes en el aislamiento del bobinado del motor. Este incremento de la temperatura puede alcanzar valores que reducirán la capacidad aislante y, en consecuencia, la vida útil del motor. Una camisa de refrigeración siempre proporciona un caudal turbulento en torno al motor. El caudal de turbulencia ofrece una refrigeración ideal, independientemente de la naturaleza de los depósitos.
2. Si el agua subterránea es agresiva o contiene cloruro, la velocidad de corrosión se duplicará por cada aumento de 15°C en la temperatura del agua. Por lo tanto, una camisa de refrigeración reducirá el riesgo de corrosión del motor.
3. En la parte superior del pozo, habrá agua bruta oxidada. Cada vez que el motor arranque, el nivel del agua del pozo bajará. Esta acción introducirá oxígeno nuevo en el pozo. Esta oxidación de las capas superiores es inofensiva salvo que el oxígeno alcance el filtro. Si el agua bruta con un bajo contenido de oxígeno que entra a través del filtro se mezcla con el agua que contiene oxígeno fresco, hierro, manganeso y cal se oxidará y se depositará en las ranuras del filtro. De esta manera se reducirá el rendimiento y, por consiguiente, la capacidad del pozo. Cuando se apague un motor sumergible caliente que carezca de camisa de refrigeración el agua se calentará a su alrededor.

El efecto térmico hará que el agua caliente se desplace hacia la parte superior del pozo. Al mismo tiempo, el agua oxidada se moverá hacia la ubicación del filtro. Al usar una camisa de refrigeración, el motor funcionará a una temperatura más baja y cuando se pare el motor, la camisa de refrigeración absorberá el calor residual del motor y, por consiguiente, evitará que el agua se desplace hacia arriba como resultado del efecto térmico y que el agua oxidada se desplace hacia abajo. Este hecho permitirá prolongar los periodos entre cada limpieza de cal realizada en el pozo.

En estas aplicaciones, debe considerarse el riesgo de calentamiento localizado, particularmente en las instalaciones horizontales y en los casos en que las bombas estén instaladas una junto a la otra. En estos casos, deberán usarse siempre camisas de refrigeración.

7.4 Elección de la tubería de elevación

La elección de la tubería vertical del pozo depende de varios factores diferentes:

- Presión de descarga y profundidad de la instalación
- La agresividad del agua subterránea
- Pérdida de carga por fricción / costes de funcionamiento
- Accesibilidad y coste de otras alternativas
- Prioridad de los costes iniciales en relación con los costes de mantenimiento y reparación en fases posteriores.

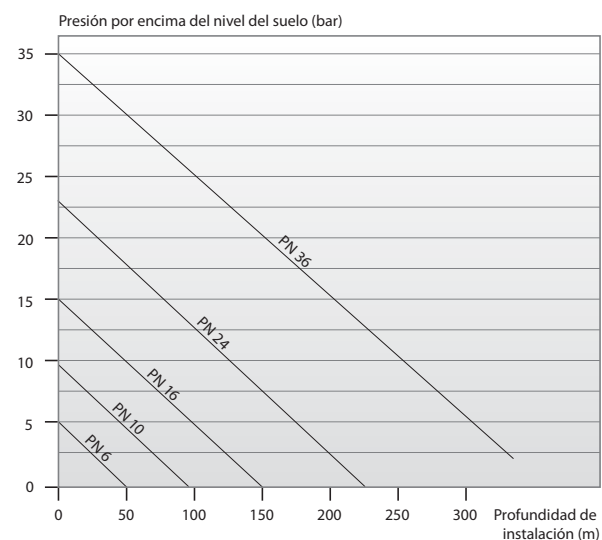


Fig. 54 Clase de presión requerida de la tubería en diferentes profundidades de instalación y presión real a nivel del suelo

La agresividad de la mayoría de las aguas subterráneas es tan moderada que el empleo de tuberías de acero galvanizado o recubierto es completamente aceptable.

Las tuberías verticales PEL o PEM se usan fundamentalmente en aplicaciones domésticas. En el caso de agua que sea tan agresiva que ataque incluso al mejor de los aceros inoxidable, deben instalarse ánodos de zinc reemplazables para proteger el motor y la bomba. En estas instalaciones, resultará demasiado costoso proteger la tubería vertical de acero inoxidable contra la corrosión.

En tales casos, se recomienda el uso del Wellmaster. (Consulte el capítulo 10.)

Pérdida de carga por fricción en la tubería vertical

La pérdida de carga por fricción en las tuberías o mangueras contribuye significativamente al consumo energético de una bomba sumergible. Una tubería de acero con un menor diámetro resulta atractiva desde el punto de vista de los costes, pero crea mucha fricción interna y con el tiempo ésta no hará más que aumentar. El resultado es un consumo energético y unos costes más elevados.

Una tubería de acero inoxidable de mayor diámetro supone una mayor inversión, pero la menor pérdida de carga por rozamiento requiere una menor energía de bombeo. La superficie suave interna se retiene con más facilidad y requiere menos mantenimiento para su limpieza.

Ejemplo:

El caudal es de 54 m³/h o 15 l/s.

La pérdida de carga por fricción en 100 m de una tubería de 3" y 100 m de otra tubería de 4" se calcula a partir de una tabla de pérdida de carga por fricción.

Tubería de 3": 14 m

Tubería de 4": 3,8 m

La elección de una tubería de 4" en lugar de una de 3" ahorra más de 10 m de altura de elevación por cada 100 m de tubería.

El ahorro de energía se calcula del siguiente modo:

$$\text{kWh} = \frac{Q \times H}{367 \times \eta} = \frac{54 \times 10.2}{367 \times 0.6} = 2.45 \text{ kWh}$$

Las mangueras flexibles diseñadas especialmente para agua a presión, como las Wellmaster, son una alternativa a las tuberías de acero inoxidable. Algunos tipos también están aprobados para su uso con agua potable.

En general, esta solución suele ser recomendable como tubería vertical para las bombas sumergibles. Debido al diseño de la manguera, el diámetro se expandirá ligeramente cuando ésta se encuentre bajo presión y por lo tanto reducirá la pérdida de carga por fricción. Al mismo tiempo, evita la acumulación de cal en la superficie, ya que el cambio constante del diámetro fuerza el desprendimiento de la cal.

La solución de la manguera también hace que la bomba tire con más rapidez en comparación con la solución de tubería tradicional y, por tanto, también se recomienda cuando es necesario realizar extracciones frecuentes para su mantenimiento.

No utilice nunca mangueras contra incendios, mangueras de nylon o similares, puesto que envejecen rápidamente y no poseen la gama de presiones necesarias. Existe el riesgo de que la bomba y el motor caigan dentro del pozo, lo que obligará a la perforación de un pozo nuevo. Recuerde acoplar un cable a todas las instalaciones de manguera para evitar que la bomba caiga dentro del pozo.

La desventaja de las soluciones basadas en una manguera flexible es que, en ocasiones, resulta difícil evitar que las mangueras entren en contacto con el suelo. Esto puede causar su contaminación por bacterias y gérmenes, los cuales no pueden eliminarse salvo que se utilice un costoso equipamiento especial. Al calcular el tamaño de las tuberías verticales y de las tuberías de aguas brutas mediante diagramas o programas informáticos, deberá emplear una rugosidad superficial de la tubería de 1 mm.

7.5 Elección de cables y tamaños

El cable de caída es el que desciende desde la boca del pozo hasta el cable del motor conectado al motor sumergible.

En general, los cables de caída tienen cuatro hilos, uno de los cuales es un conductor de tierra/PE. En algunas zonas locales, el hilo de tierra/PE no es necesario. Compruebe siempre la legislación local existente sobre tomas de tierra antes de seleccionar el tipo de cable.

Otros criterios que intervienen en la elección del cable de caída son:

1. Capacidad de transporte de corriente
2. Caídas de tensión
3. Temperatura y calidad del agua
4. Requisitos de aprobación para aguas potables
5. Normativa

Capacidad de transporte de corriente

El tamaño del cable de caída de la bomba sumergible nunca se determina para la intensidad de arranque, ya que el motor arranca en menos de 1/10 de segundo. Para el dimensionado, siempre se usa la intensidad a plena carga que aparece en la placa de características. El cable de caída no está sumergido en toda su longitud, por lo que es posible que necesite refrigeración adicional a la del agua.

Valores típicos para la intensidad máx. en los cables de caída sumergibles:

Dimensión (mm ²)	Intensidad máx. (A)
1,5	18,5
2,5	25
4	34
6	43
10	60
16	80
25	101
35	126
50	153
70	196
95	238
120	276
150	319
185	364
240	430
300	497

Consulte siempre las normativas locales, que pueden invalidar la tabla anterior.

Caídas de tensión

El tamaño del cable debe ser tal que las caídas de tensión no excedan el 3%. Bajo ninguna circunstancia la tensión en los terminales del motor debe ser inferior a la tensión mínima para el motor, que es la tensión nominal menos el 10%. La longitud máxima se calcula según las fórmulas que se muestran a continuación: Longitud máxima del cable de una bomba sumergible monofásica:

$$L = \frac{U \times \Delta U}{I \times 2 \times 100 \times (\cos\varphi \times \frac{\rho}{q} + \sin\varphi \times XI)} \text{ [m]}$$

Longitud máxima del cable de una bomba sumergible trifásica:

$$L = \frac{U \times \Delta U}{I \times 1,73 \times 100 \times (\cos\varphi \times \frac{\rho}{q} + \sin\varphi \times XI)} \text{ [m]}$$

U=Tensión nominal [V]

U=Caída de tensión [%]

I=Intensidad nominal del motor [A]

ρ =Resistencia específica: 0,02 [mm²/m]

q=Sección transversal del cable de caída sumergible [mm²]

XI=Resistencia inductiva: 0,078 x 10⁻³ [Ω/m]

Temperatura y calidad del agua

El mejor material para los cables en agua limpia es EPR (EPM o EPDM). Este material tiene buenas propiedades eléctricas combinadas con una buena resistencia al agua. Este tipo de material o cable se recomienda siempre que el agua bombeada no se encuentre contaminada con hidrocarburos, puesto que el EPR ofrece únicamente una resistencia limitada a estos.

En las soluciones de hidrocarburos más ligeros, se puede emplear cable de cloropreno.

En concentraciones más pesadas de hidrocarburos es posible que haya que utilizar un cable encamisado de PTFE (teflón). La versión SPE de las bombas SP incluye como opción estándar un cable de motor PTFE lo que la hace apta para bombear agua con un alto contenido de hidrocarburos. Una solución más económica es un tipo de cable de cloropreno estándar. Puede solicitar las especificaciones técnicas a Grundfos.

Cuando la temperatura del agua aumente, deberá limitarse la capacidad máxima del cable. La capacidad de transporte de corriente de los cables de caída suele ser válida a 30°C. A temperaturas más elevadas, esta capacidad debe compensarse de acuerdo con la tabla mostrada a continuación.

Tipo de cable	TML-A-B	H07RN
Material de aislamiento	EPR	NR/SR
Temp. ambiente °C	Factor de corrección	Factor de corrección
10	1.18	1.29
15	1.14	1.22
20	1.10	1.15
25	1.05	1.05
30	1.00	1.00
35	0.95	0.91
40	0.89	0.82
45	0.84	0.71
50	0.77	0.58
55	0.71	0.41
60	0.63	-
65	0.55	-
70	0.45	-

Homologación del agua potable

Todos los motores Grundfos que salen de fábrica con destino a países que no sean Norteamérica o Japón se entregan con cables de motor homologados para el tratamiento de agua potable. Si la bomba se usa para bombear agua potable, Grundfos recomienda siempre el empleo de un cable de caída que tenga la certificación de agua potable.

Normativas

Debe comprobarse y acatarse siempre la normativa local.

7.6 Manejo

7.6.1 Montaje de la bomba/motor

Todas las bombas y los motores sumergibles de Grundfos están fabricados de acuerdo con la normativa NEMA. Son totalmente compatibles con las bombas y los motores que también cumplan dicha normativa. Grundfos recomienda usar siempre únicamente bombas Grundfos conjuntamente con motores Grundfos y viceversa. Para obtener instrucciones de montaje detalladas, consulte las instrucciones de funcionamiento para las bombas SP.

7.6.2 Empalme de cables/Conexión del cable del motor y el cable de caída

Las uniones defectuosas o fuera de norma de los cables son causa frecuente de que se quemen los motores. Deben elegirse productos recomendados por Grundfos o productos de calidad similar y seguir las instrucciones del fabricante. Todas las uniones de los cables deben ser estancas y disponer de una resistencia de aislamiento de un mínimo de 10 megaohmios, medidos en condición de inmersión una vez transcurridas 24 horas en el agua. Para obtener este dato, todas las partes del cable deben encontrarse totalmente limpias y cumplirse todos los demás requisitos indicados en el manual de instalación así como en los programas de vídeo de mantenimiento. Una unión de cables puede hacerse de cuatro maneras.

1. Contracción flexible

Consiste en un tubo de plástico cuyo interior está recubierto de pegamento. Al exponerlo al calor, se encoge y el pegamento se funde convirtiéndolo en un empalme de cable estanco. Se requiere mucha práctica para realizar este tipo de unión. Además, es necesario aplicar un calor muy intenso para los cables grandes. Los mecheros y los calentadores no profesionales no son suficientes. La ventaja de este principio es que la conexión no necesita tiempo de secado sino que queda lista inmediatamente tras su instalación.

2. Embebido

El sellado mediante resina es el tipo de unión más antiguo y conocido. También es el tipo de junta de ejecución más sencilla. Puede realizarse en el campo sin necesidad de herramientas especiales. Su inconveniente es que necesita endurecer durante al menos 24 horas. Por lo que a precio se refiere, no hay diferencia entre este método y la contracción flexible.

3. Cinta

Es importante usar una cinta especial para conectar cables sumergidos. Las juntas de cinta sólo deben usarse a profundidades inferiores a los 5 m.

4. Conexión por enchufe

Nunca se debe utilizar kits para unir cable o cintas con más de tres años de antigüedad. Este límite de edad debe reducirse a un año si se almacena por encima de los 15°C. Compruebe siempre la junta del cable durante el mantenimiento.

Enchufe del cable del motor

El enchufe del cable del motor debe estar siempre conectado al par indicado en la documentación. En caso de lubricación del enchufe del cable, se debe usar un material no conductor (por ejemplo, pasta de silicona). Los enchufes de cable del motor de más de tres años no deben reusarse, puesto que es posible que hayan perdido la capacidad para crear una conexión segura y estanca.

7.6.3 Conexiones de las tuberías de elevación

Las bombas sumergibles están disponibles tanto con roscas RP y NPT así como bridas en diversos estándares.

No obstante, Grundfos en general recomienda instalar primero en la bomba una tubería de 50 cm de longitud. Esto facilita un manejo cómodo de la bomba durante su instalación, puesto que el conjunto no resulta demasiado grande. Asimismo, deja espacio para la abrazadera que sujeta la bomba hasta que se haya instalado la siguiente tubería.

Como alternativa a una conexión roscada, existen diversos tipos de bridas: bridas Grundfos, bridas JIS y bridas DIN.

Conexiones e instalación de las tuberías

Las bridas estándar de Grundfos han sido fabricadas para su instalación en pozos. Esto significa que no cumplen ninguna normativa nacional ni internacional: han sido dimensionadas para soportar las presiones de las bombas de Grundfos.

El uso de las bridas estándar de Grundfos ofrece numerosas ventajas frente al empleo de otras bridas. No sólo son más baratas sino que además, debido a su tamaño, son más fáciles de instalar en el pozo.

Grundfos puede proporcionar contrabridas para las bridas de Grundfos, las cuales pueden soldarse a la primera tubería.

7.7 Bombas funcionando en paralelo

El funcionamiento del bombeo en paralelo suele usarse con frecuencia con patrones de consumo variable. El funcionamiento con una sola bomba requiere el uso de una bomba de alta capacidad, en la que la capacidad libre sólo se usa durante un periodo de tiempo limitado. La inversión necesaria sería muy alta y el rendimiento operativo demasiado bajo. Es posible que los picos resulten en una disminución adicional del nivel dinámico del agua dando lugar a una serie de problemas relacionados con la calidad del agua y del pozo.

Estos problemas suelen evitarse aplicando una de las siguientes medidas:

1. Varias bombas más pequeñas funcionando en cascada (arranques y paradas adicionales de acuerdo con los cambios en la demanda).
2. Control de la frecuencia de la bomba mediante un transductor de presión
3. Una combinación de las opciones 1 y 2.

Para elegir la bomba correcta, se deberá conocer las características del pozo, bien a partir del registro del pozo o de un bombeo de prueba.

7.8 Bombas funcionando en serie

Cuando la profundidad de ubicación de la bomba sea mayor que la capacidad de carga máx. de una bomba SP estándar, la bomba podrá conectarse en serie con una bomba BM. (SP en camisa). Consulte la Fig. 55.

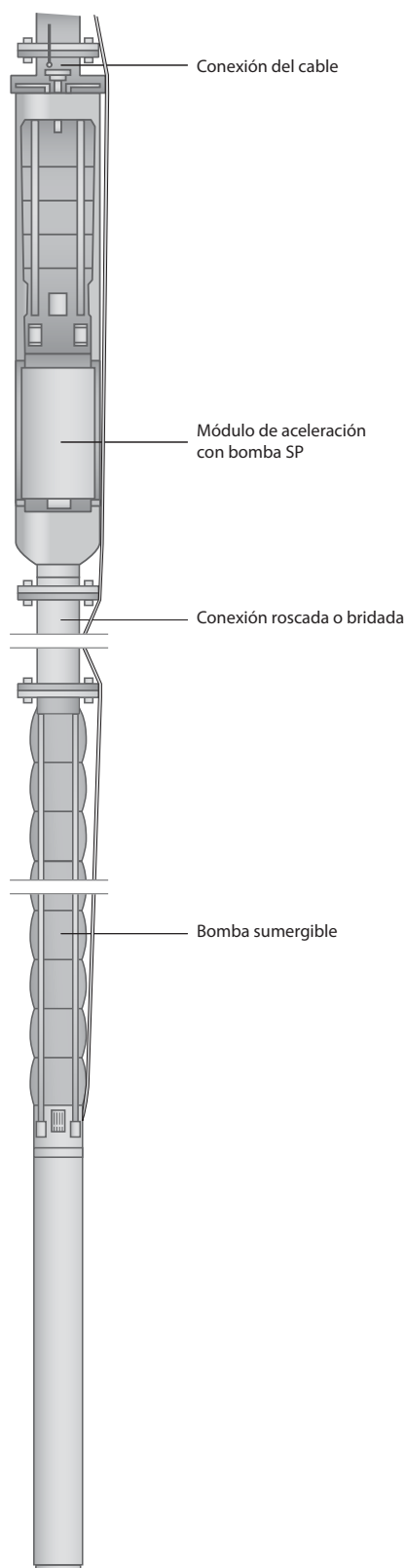


Fig. 55 Bomba sumergible conectada en serie

7.9 N° de arranques/paradas

Para obtener la máxima vida útil de las bombas sumergibles, debe limitarse el número de arranques. Generalmente, el factor condicionante suele ser el motor. También es necesario arrancar el motor al menos una vez al año para evitar que se gripe.

La tabla mostrada a continuación indica el número máx. de arranques recomendados para los diferentes tipos de motor:

Incl. las versiones N, R y RE	Nº mínimo de arranques por año	Nº máximo de arranques por hora	Arranques máx. diarios
MS 402	1	100	300
MS 4000	1	100	300
MS6/MS6000	1	30	300
MMS6/MMS 6000	1	15	360
MMS 8000	1	10	240
MMS 10000	1	8	190
MMS 12000	1	5	120

7.10 Arranque de la bomba

Para obtener información detallada sobre los métodos para reducir la intensidad de arranque consulte el capítulo 5.

Debe seguir siempre las instrucciones relativas al arranque incluidas en los manuales de instrucción de cada bomba.

En las bombas conectadas en serie, recuerde arrancarlas en la secuencia correcta: la bomba con la presión ambiente más baja debe arrancarse primero.

En las bombas que funcionen en paralelo, recuerde que el sistema ya lleva integradas las posibilidades de ventilación de aire. Esto evitará el bloqueo del aire.

7.11 Funcionamiento VFD

Consulte el capítulo 5.

7.12 Funcionamiento del generador

Los generadores diesel para motores sumergibles se ofrecen generalmente de acuerdo con condiciones estándar, por ejemplo:

- altitud máx. sobre el nivel del mar: 150 m
- temperatura máx. de admisión de aire: 30°C
- humedad máx.: 60%.

Si se sobrepasan estos límites, los motores diesel estándar y posiblemente el generador tienen que reducirse para dar al motor suficiente suministro de potencia.

Al realizar un pedido de un generador, deben proporcionarse al fabricante datos de la altitud, temperatura de admisión de aire y humedad máxima a fin de limitar en fábrica la potencia máxima del generador. Los generadores para los motores sumergibles trifásicos deben poder soportar una reducción del 35% de la tensión durante el arranque.

Para seleccionar generadores de regulación manual, consulte la tabla mostrada a continuación para continuas interrupciones de kW en motores monofásicos y trifásicos con arranque DOL.

Ejemplos de factores de reducción para motores diesel estándar	Ejemplos de factores de reducción para generadores estándar
Altitud:: 3,5% por cada 300 m por encima de 150 m sobre el nivel del mar (2,5% para motores turbo).	Altitud: 2,5% por cada 300 m por encima de 1000 m sobre el nivel del mar.
Temperatura de admisión de aire: 2% por cada 5,5°C por encima de 30°C (3% para motores turbo).	Temperatura de admisión de aire: 5% por cada 5°C por encima de 40°C
Humedad: 6% a 100% de humedad.	

Valor del motor sumergible para las versiones monofásicas y trifásicas (kW)	Valor del generador		Elevación máxima de 150 m y humedad del 100%		Elevación máxima de 750 m y humedad del 100%	
	Valor del motor diesel a una temperatura ambiente de					
	(kVA)	(kW)	30°C (kW)	40°C (kW)	30°C (kW)	40°C (kW)
0.25	1.5	1.0	1.25	1.3	1.4	1.43
0.37	2.0	1.5	2.0	2.1	2.3	2.3
0.55	2.5	2.0	2.5	3.1	2.8	2.86
0.75	3.0	2.5	3.0	3.1	3.4	3.44
1.1	4.0	3.0	4.0	4.2	4.5	4.58
1.5	5.0	4.0	5.0	5.2	5.6	5.73
2.2	7.0	6.0	7.0	7.3	7.8	8.0
3.7	11.0	9.0	10.0	10.4	11.1	11.5
5.5	16.0	12.5	14.0	14.6	15.6	16.0
7.5	19.0	15.0	17.0	17.7	19.0	20.0
11.0	28.0	22.0	25.0	26.0	28.0	29.0
15.0	38.0	30.0	35.0	36.0	39.0	40.0
18.5	50.0	40.0	45.0	47.0	50.0	52.0
22.0	55.0	45.0	50.0	52.0	56.0	57.0
30.0	75.0	60.0	65.0	68.0	72.0	75.0
37.0	95.0	75.0	83.0	86.0	92.0	95.0
45.0	110.0	90.0	100.0	104.0	111.0	115.0
55.0	135.0	110.0	120.0	125.0	133.0	137.0
75.0	185.0	150.0	165.0	172.0	183.0	189.0
90.0	220.0	175.0	192.5	200.0	215.0	220.0
110.0	250.0	200.0	220.0	230.0	244.0	250.0
132.0	313.0	250.0	275.0	290.0	305.0	315.0
150.0	344.0	275.0	305.0	315.0	335.0	345.0
185.0	396.0	330.0	365.0	405.0	405.0	415.0

Si el generador y el motor diesel se reducen de acuerdo con la tabla, será válido lo siguiente:

1. La caída de tensión en el generador no será superior al 10% durante el arranque. Esto quiere decir que incluso se puede usar la protección contra baja tensión más rápida del mercado en la caja de arranque del motor de la bomba.
2. El generador y el motor diesel tendrán una duración normal, en tanto que el nuevo motor a pleno rodaje esté solamente cargado aprox. al 70% en bombeo continuo del motor a plena carga de corriente. En general, cualquier motor diesel alcanzará su rendimiento máximo (menor consumo de combustible por kW de descarga) entre el 70 y 80% de la carga máxima.

3. Cuando se efectúan los arranques con autotransformador o se instala un MP 204 de Grundfos para protección contra baja voltaje, es posible elegir tanto un generador como un motor diesel un 20% más pequeños de lo indicado en la tabla. Sin embargo, esta elección supone un mantenimiento frecuente del filtro de aire y boquillas de inyección, limpieza del enfriador y cambios de aceite. Es más, se producirán caídas de tensión durante el arranque de hasta el 20%. Si se añade la pérdida en el cable de caída y en el cable del motor por encima del 15%, la pérdida total de tensión en el motor será superior al 35%. Este hecho no supone un problema en los motores trifásicos, pero sí en ocasiones en los motores monofásicos, los cuales a menudo necesitarán un condensador sobredimensionado al arrancar a bajo voltaje. Existen dos tipos de generadores: los regulados internamente y los regulados externamente.

Los generadores regulados internamente disponen de bobinado adicional en el estátor del generador y también se denominan auto-excitados. El bobinado extra es sensible a la salida de corriente para incrementar automáticamente el voltaje de salida.

Los generadores regulados internamente, por lo general, demuestran tener el mejor rendimiento de funcionamiento.

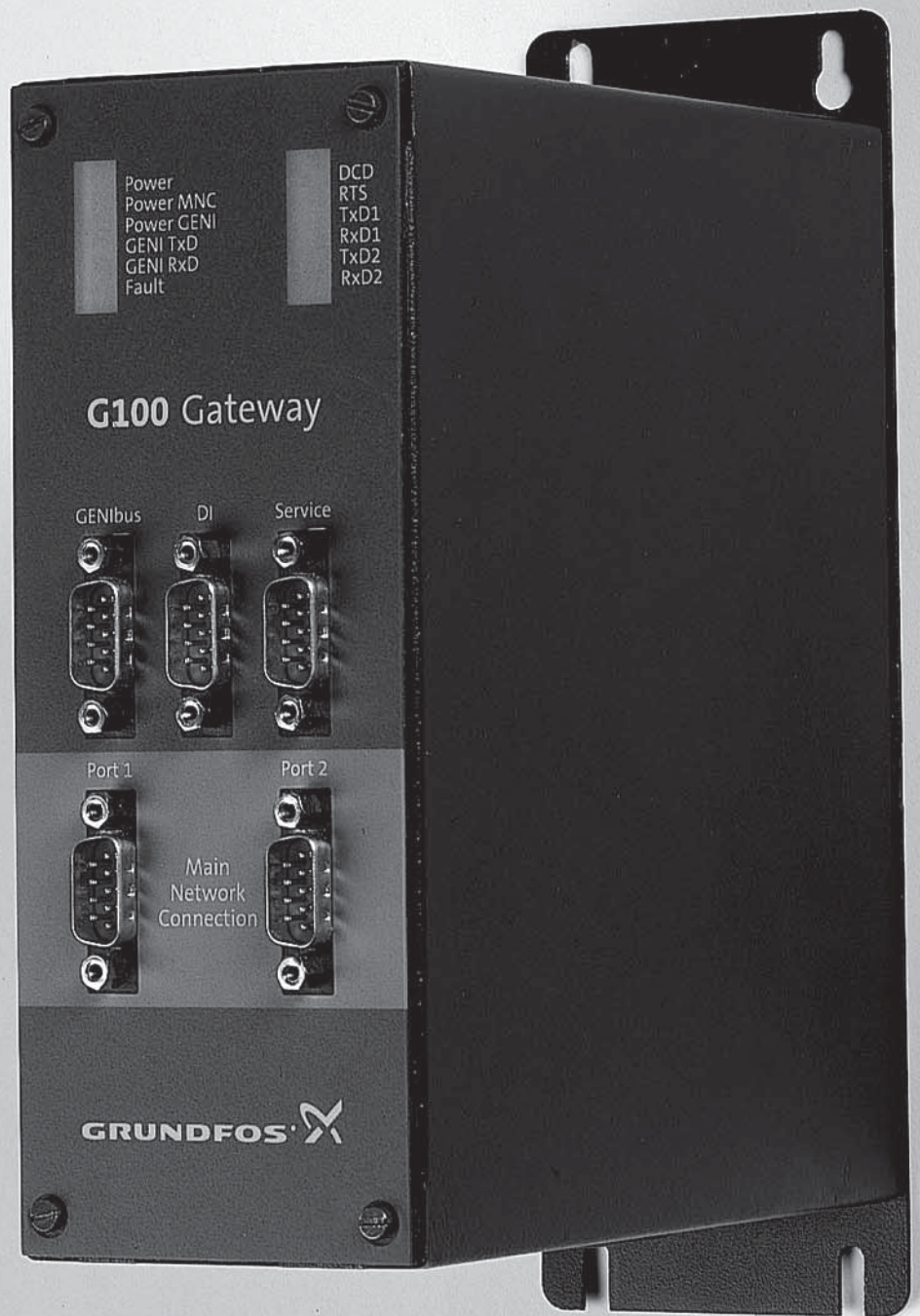
Los generadores regulados externamente utilizan un regulador de tensión externo que es sensible al voltaje de salida. A medida que la tensión cae durante el arranque del motor, el regulador incrementa la tensión de salida del mismo.

Un generador regulado externamente se dimensionará aproximadamente un 50% por encima nominalmente los valores kW/kVA para proporcionar el mismo par de arranque que un generador regulado internamente.

La frecuencia del generador es lo que importa puesto que la velocidad del motor varía con la frecuencia (Hz). Debido a las leyes de afinidad de la bomba, una bomba que funcione entre 1 y 2 Hz por debajo de la frecuencia de la placa de características del motor no cumplirá su curva de rendimiento. Por el contrario, una bomba que funcione entre 1 ó 2 Hz por encima puede disparar el relé por sobrecarga.

Funcionamiento del generador

Arranque siempre el generador antes que el motor y detenga el motor siempre antes de parar el generador. Los cojinetes de empuje del motor podrían resultar dañados si los generadores paran con el motor conectado. La misma situación se produce cuando los generadores dejan de funcionar por falta de combustible.



8. Comunicación

8.1 Introducción general

La comunicación de datos abarca una amplia gama de diferentes soluciones usadas en las aplicaciones. Esta sección es una introducción general a la comunicación de datos. Una introducción más detallada de las diferentes soluciones existentes en el mercado no sería realista debido a la extensísima gama de productos. Para obtener más información sobre un bus o modo de comunicación específico, consulte con su proveedor. La comunicación de datos se utiliza con diferentes fines en la industria. Se usa para configurar los diferentes componentes de un sistema, para controlar el rendimiento de una aplicación y para obtener información acerca de su estado real. Las aplicaciones en las que la información de control se transmite mediante la comunicación de datos son aquellas que presentan los mayores requisitos de velocidad. (Velocidad: datos/seg.). Este hecho hace que se opte por buses de comunicaciones de alta velocidad cuando exista la necesidad de control. Si sólo se necesitan datos de configuración o de estado, pueden considerarse sistemas de comunicaciones de datos de menor velocidad.

Cuanto más elevada sea la velocidad, en general también serán más altos los costes de instalación (mejores cables, control, etc.).

¿Qué es la comunicación de datos?

La comunicación de datos está basada en 3 elementos diferentes.

- Hardware
- Estructura del protocolo
- Perfil (dependiente del producto)

Hardware

El hardware está formado por los componentes usados para convertir los datos en pulsos eléctricos y enviarlos por un cable a otro equipo similar, que convertirá de nuevo las señales en datos. El hardware puede ser específico para un protocolo y perfil específicos aunque el mismo hardware también puede usarse para protocolos y perfiles diferentes. Todo depende de qué tipo de comunicación de datos se trate.

Estructura del protocolo

El protocolo controla las comunicaciones. La estructura del protocolo se usa para controlar la totalidad

de las comunicaciones incluida la capacidad para comprobar si la transmisión resultó dañada durante la transmisión. La misma estructura de protocolo puede usarse para diversos productos; es el perfil el que hace que un producto de comunicación sea específico.

Perfil

Para cada producto se desarrolla un perfil específico. Éste perfil indica a qué datos se puede acceder, con qué escala y dónde encontrarlos.

El bus estándar de Grundfos es GENIbus. *Se ejecuta en una plataforma de hardware RS-485, con un protocolo específico de Grundfos y un perfil de producto específico. Póngase en contacto con Grundfos si desea obtener más información sobre GENIbus.

Puesto que GENIbus es un modo de comunicación específico de Grundfos, es posible que haya que utilizar un gateway para otros estándares de comunicaciones, con el fin de comunicarse con otros productos. Los gateways traducen la forma de los datos asociada a un protocolo y a un perfil de comunicaciones de un bus a otro protocolo y perfil. Grundfos cuenta con un gateway llamado G100. Para obtener más información acerca de G100, póngase en contacto con Grundfos.

* GENIbus: Grundfos Electronics Network Intercommunication Bus

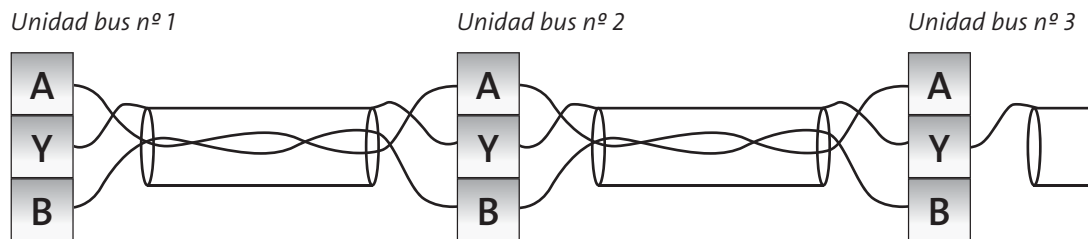
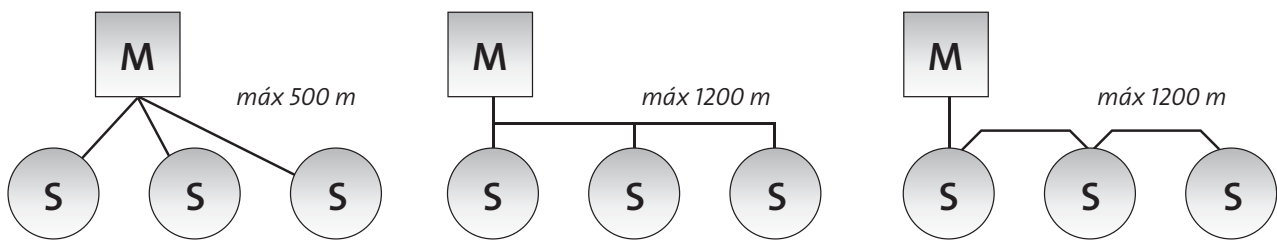
Directrices para el cableado

En general:

- Use cables de par trenzado blindados.
- Conecte el blindaje en ambos extremos.
- La conexión tipo margarita es el método preferido para conectar varias unidades.
- Evite cabos largos.
- Mantenga los cables lo más cortos posible.
- Separe los cables del bus de los cables de tensión, si es posible.

GENIbus

- No use resistencias de terminación.
- Podrá utilizar distancias de comunicaciones de hasta 1200 m.
- La distancia puede ampliarse mediante repetidores.
- Si surgiesen problemas con el ruido, trate de desconectar el blindaje en un extremo de cada unidad bus.



Las conexiones de tipo margarita son el método ideal para el cableado de GENIbus



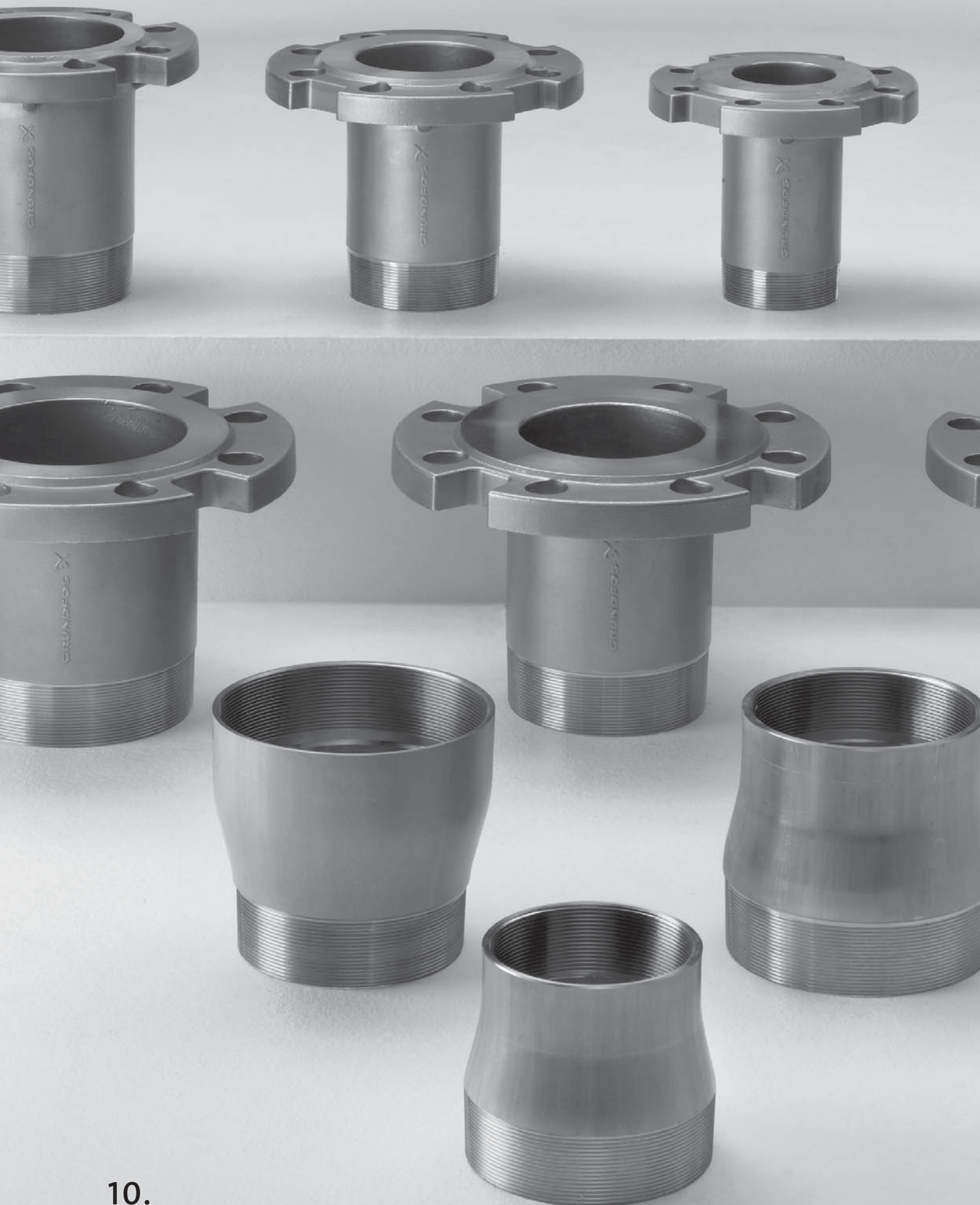


9. Consejos y soluciones



Consejos y soluciones

Fallo	Causa	Solución
Ruidos altos en las tuberías en el domicilio o en el edificio. Los indicadores de la presión dejan de funcionar tras un breve periodo de tiempo. Roturas en tuberías e instalaciones.	Golpes de ariete al arrancar y detener el motor	Instale un tanque de diafragma de 50 litros en el que se unan la tubería vertical y la tubería de descarga horizontal. El agua procedente de este tanque de diafragma se descargará al apagar la bomba evitando con ello la formación del vacío.
Entrada de aire en las tuberías de aspiración así como en las tuberías presurizadas.	Golpes de ariete que crean un vacío.	Introduzca un arranque/parada suave, -VFD o amortiguación del tanque de presión.
Descenso rápido del rendimiento de la bomba.	Desgaste y rotura debido a la entrada de arena/cieno en el pozo.	Identifique los pozos problemáticos, selle las secciones problemáticas del pozo o reduzca el rendimiento de la bomba a menos de la mitad de la capacidad problemática.
Los contactores fallan con demasiada frecuencia y los motores tienen un consumo excesivo de kWh por m ³ bombeado.	Frecuencia de arranque elevada.	Reduzca la capacidad de la bomba, instale una VFD o un tanque de mayor capacidad.
El consumo energético del motor es excesivo y se desgastan las conexiones acanaladas del eje/cojinetes.	Empuje vertical.	Desacelere en rendimiento de la bomba en torno al mejor punto de rendimiento o reduzca el número de impulsores en la bomba.
Cojinetes de empuje desgastados.	Empuje vertical resultado de una operación ON/OFF.	Establezca el control de caudal necesario durante el arranque.
Fallo en los cojinetes de empuje en los motores de tipo encapsulado. Fallos en las resistencias de aislamiento de los motores rebobinables.	Cavitación.	Elimine las restricciones de caudal de la bomba y compruebe el rendimiento en torno al punto de mejor rendimiento.
La temperatura del motor aumenta con el tiempo; el rendimiento de la bomba desciende.	Depósitos (calcio, hierro, etc.) sobre la superficie del motor y en las partes hidráulicas de la bomba.	Extraiga la bomba y el motor para limpiarlos; limpie las tuberías y el filtro del pozo e instale una camisa de refrigeración en el motor.
Se reduce el rendimiento de la bomba.	Aguas agresivas (corrosión de la bomba y las tuberías).	Realice una prueba de presión en las tuberías desde el nivel del suelo. Si se produce una fuga, extraiga y sustituya la bomba y las tuberías con una clase de corrosión superior.
El agua desaparece por las tuberías al detener la bomba.	Corrosión en la tubería vertical.	Extraiga la bomba y reemplace las tuberías por otras de resistencia superior a la corrosión.
El rendimiento de la bomba es demasiado bajo. El motor consume pocos kW.	Evacuación de gas.	Baje la bomba cuando esté equipada con una camisa para la evacuación de gas.
El nivel de agua en el pozo se reduce constantemente.	Bombeo excesivo del pozo.	Reduzca la capacidad de la bomba hasta que el nivel del agua se mantenga constante durante un año. Perfore más pozos y otros acuíferos.



10. Accesorios

10.1 Camisas de refrigeración

En general, se recomienda el uso de camisas de refrigeración cuando la refrigeración del motor no es suficiente. Esta situación es normal en las aplicaciones con depósitos. Es posible que también sea necesario en pozos profundos, donde existe el riesgo de que el agua fluya hacia la entrada de la bomba desde arriba y no pase automáticamente en torno al motor.

Otras aplicaciones en las que debería usarse una camisa de caudal:

- Cuando el motor está expuesto a una carga térmica alta, por ejemplo, debido a una temperatura ambiente alta, desequilibrio de corriente o sobrecarga.
- Si se bombean líquidos agresivos, puesto que la corrosión se duplica por cada 10°C de incremento de la temperatura.
- Cuando se produce sedimentación o depósitos en torno y/o sobre el motor.

Al usar camisas de refrigeración, el caudal a lo largo del motor minimizará la temperatura de éste y, consecuentemente, aumentará su vida útil.

10.2 Protección contra la corrosión en aguas saladas

El acero inoxidable puede resultar dañado por la corrosión causada por grietas y picaduras, al sumergirlo en aguas cloradas.

Las probabilidades de aparición de corrosión dependen de:

- El grado del material usado (GG – AISI 304 – AISI 316 – AISI 904L))
- La concentración de cloruro en el agua
- El potencial electroquímico del metal expuesto al fluido
- Temperatura
- Concentración de oxígeno
- Velocidad del fluido en contacto con la superficie metálica
- El valor del PH

Cuando se sumerge un metal en agua, forma una célula electroquímica con un ánodo y un cátodo sumergidos en un electrolito (por ejemplo, agua clorada). Este sistema recibe también la denominación de cé-

lula galvánica. Puede hablarse del ánodo como de la parte activa y del cátodo como la parte noble.

Los metales pueden clasificarse según su actividad relativa en el entorno marino. Si la superficie de metal se convierte en el ánodo en la célula electroquímica, se produce la corrosión.

10.2.1 Protección catódica

La protección catódica es una técnica utilizada para controlar la corrosión de una superficie de metal determinada al convertirla intencionadamente en el cátodo de la célula electroquímica.

Esta operación puede efectuarse de dos modos:

- Galvanización: mediante el uso de un metal de protección
- Diferencia de potencial eléctrico: mediante el uso de una alimentación eléctrica de intensidad continua y un ánodo inerte.

10.2.2 Sistemas de protección catódica galvánica

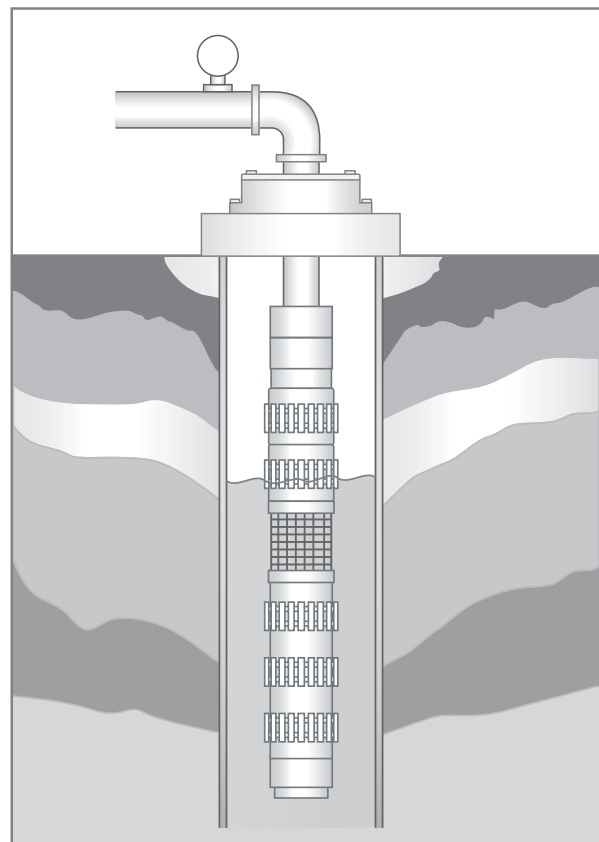


Fig. 56 Conjunto de bomba sumergible con ánodos de zinc de protección

Grundfos ofrece una serie de ánodos de zinc de protección para las bombas y motores sumergibles. En las tuberías verticales metálicas se recomiendan las soluciones estándar para tuberías.

El uso de ánodos de protección tiene un impacto medioambiental que siempre deberá tenerse en cuenta. Los efectos de la formación de sales en el proceso de galvanización deben tenerse siempre en cuenta. Debe realizarse un seguimiento del sistema para encontrar el momento adecuado para sustituir los ánodos de protección.

La ventaja es que el sistema se autorregula. (El deterioro del ánodo de protección refleja las necesidades de protección del sistema).

En los sistemas de mayor tamaño y más complejos, es necesario aplicar principios de ingeniería para hacer la elección correcta en cuanto a protección contra la corrosión. Los aspectos que se deben tener en cuenta incluyen:

- Material del ánodo de protección;
- Forma;
- Extensión;
- Conexión.

10.2.3 Sistema de protección catódica por diferencia de potencial eléctrico

Este sistema requiere el uso de alimentación eléctrica de corriente continua y conocer el potencial real entre el metal que necesita protección y un electrodo de referencia. Debe tenerse en cuenta el riesgo de crecimiento orgánico en la parte metálica, la cual a lo largo del tiempo puede modificar la diferencia de potencial.

Estos sistemas requieren un diseño individual, por lo que Grundfos remite a proveedores externos de este tipo de equipamiento de los cuales se pueden obtener diseños y consejo. La gama normal de alimentación eléctrica de corriente continua será de 50 V con 10-100 A.

La ventaja de este método es que es inerte, es decir, no libera ningún agente químico al medioambiente. Este proceso necesita energía en forma de alimentación eléctrica.

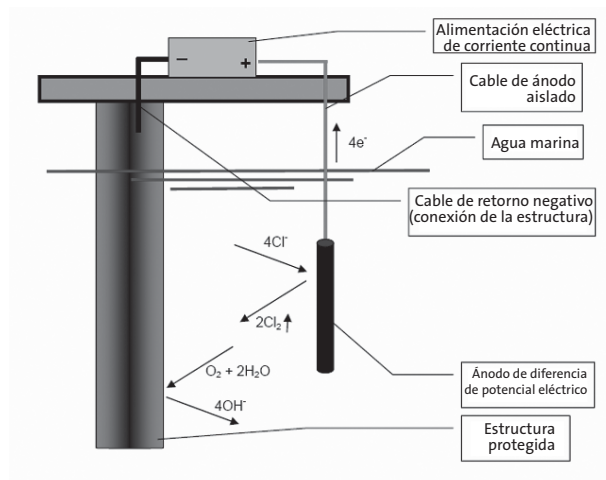


Fig. 57 Principio de sistema de protección catódica por diferencia de potencial eléctrico

10.3 Cables de caída

Grundfos puede proporcionar diferentes tipos de cables de caída de tensión dependiendo de la aplicación en la que vaya a utilizarse la bomba. En el capítulo 7.5 se describen algunas pautas generales. Se trata de cables especialmente desarrollados para su uso con bomba sumergibles. Algunos de ellos están aprobados para transportar agua potable. Existen numerosos fabricantes que producen estos cables que se pueden emplear con las bombas sumergibles.

Un tipo habitualmente usado es el H07RN-F, un cable de uso general. En la mayoría de los casos este cable es adecuado para su uso con bombas sumergibles. Tenga en cuenta que la resistencia al agua del aislamiento del conductor no siempre es suficientemente buena.

Grundfos recomienda siempre obtener del fabricante del cable la garantía de que éste cumple la normativa GS418A0010 de Grundfos, que consiste en una prueba adicional de resistencia del aislamiento con el cable sumergido en agua.

La funcionalidad del cable depende del cierre estanco. El compuesto del cierre debe tener capacidad para adherirse a la superficie del cable y a cada conductor. Por tanto, la limpieza de la superficie antes de realizar el sellado resulta esencial. Algunos fabricantes de cables usan lubricantes líquidos como aceite de silicona en sus procesos internos. Es prácticamente imposible eliminar estos fluidos de la su-

perficie, por lo que resulta casi imposible crear un cierre estanco.

10.4 Uniones de cable

Independientemente del tipo de cierre, la adhesión entre el sellador y el cable es la clave para lograr un cierre estanco. Tal como se indica en la sección 10.3 “Cables de caída”, es necesario disponer de una superficie limpia y sin aceite en el cable.

No deben aplicarse nunca disolventes, puesto que podrían dañar el cable de modo permanente. Sólo debe aplicarse una limpieza mecánica, como el secado con un paño limpio o el uso de papel de lija para crear una superficie libre de materiales.

Grundfos ofrece una gama certificada de juntas de cable: tanto juntas de resina como termorretráctiles. Cuando se use una junta que no sea de Grundfos, siempre recomendamos hacer una unión “blanda”, es decir, las resinas empleadas para crear la junta deben ser blandas. Generalmente, el poliuretano cumple todos los requisitos para las juntas estancas flexibles. En la sección 7.6.2 se describen los aspectos a favor y en contra de los diversos tipos de juntas.

10.5 Tuberías verticales

Grundfos comercializa el Wellmaster, una tubería vertical flexible, como alternativa a las tuberías estándar de acero y plástico. Se trata de una manguera de tejido con un forro de poliuretano aprobada para su uso con agua potable en diversas áreas, que se comercializa en tamaños que van de 1 a 8”. Está disponible en longitudes de hasta 200 metros.

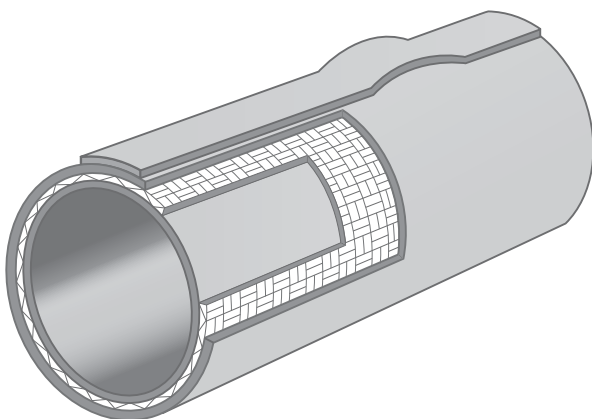


Fig. 58 Corte transversal de una manguera Wellmaster

Wellmaster es fácil de manejar y no ocupa apenas espacio. Se expande bajo presión, lo que minimiza el crecimiento de depósitos sobre el diámetro interno. Por lo tanto, se mantiene un elevado rendimiento en el bombeo.

Wellmaster se usa fundamentalmente combinada con aguas agresivas como alternativa a las tuberías de acero inoxidable. Algunos usuarios finales prefieren el uso de Wellmaster en todas sus instalaciones por su fácil instalación y extracción así como su gran calidad.



11. Información adicional

Para obtener más información acerca de Grundfos, visite:

www.grundfos.es

Aquí podrá conocer muchos más detalles acerca de la empresa, nuestros valores y encontrar su centro de servicio Grundfos más cercano. Además, puede consultar nuestra amplia herramienta de selección de productos WebCAPS, donde podrá encontrar exactamente la bomba que necesita.

WebCAPS

WebCAPS es la herramienta en línea de selección de productos de Grundfos que le proporciona acceso a una gran cantidad de información. Abreviatura de Web-based Computer-Aided Product Selection (Selección de productos asistida por ordenador basada en la web), la interfaz de WebCAPS es muy sencilla y le permite elegir entre 24 idiomas para una mayor facilidad de uso. Incluye un catálogo completo de los productos disponibles en su país así como acceso a la documentación, diseños CAD e incluso vídeos de mantenimiento.

Función de dimensionamiento que plantea todas las preguntas relevantes

La función de dimensionamiento es una función clave de WebCAPS, diseñada para ayudarle a seleccionar la bomba correcta para cada trabajo. El programa le guía paso a paso y le pregunta toda la información relevante. Si no está seguro de las cifras exactas o cómo calcularlas, simplemente haga clic en el icono “calculadora”. WebCAPS le ayudará a realizar todos los cálculos necesarios para garantizar que obtiene exactamente lo que necesita. Se tomarán en cuenta todos los factores y no tendrá que haber trabajado duro primero para reunir la información de antemano.

¿Necesita reemplazar una bomba? ¡Vea lo que le recomendamos!

La función “Reemplazar” es una pequeña aplicación inteligente para aquellos que desean reemplazar una bomba existente (tanto si es de Grundfos como de otro proveedor). Aquí puede buscar su bomba actual en los menús desplegables, aplicar diversos criterios adicionales si lo desea y hacer clic en “enviar”. A continuación aparecerá una lista completa de las bombas Grundfos que recomendamos como sustitución.

Diseños CAD

La sección “Diseños CAD” se explica por sí sola. Ésta es la sección que debe consultar para encontrar los diseños CAD de los productos en los que esté interesado. Tan sólo tiene que navegar por los sencillos menús para descargar a su ordenador la información que necesita.

Índice alfabético	Capítulo	Página
Accesorios.....	10	75
Achique.....	3.2	19
Aire/gas en el agua.....	3.4	20
Agua caliente y aguas geotérmicas.....	3.6	23
Aguas corrosivas (agua salada).....	3.5	22
Aguas subterráneas.....	2.2	9
Aguas superficiales.....	2.3	14
Alimentación eléctrica.....	6	45
Asimetría de corriente.....	6.6	47
Aplicaciones.....	3	17
Aplicación horizontal.....	3.3.2	0
Arranque de la bomba.....	7.10	65
Arranque primario de tipo resistencia (RR).....	5.4.4	39
Arrancador suave (SS).....	5.4.5	39
Autotransformador - AT.....	5.4.3	39
Bomba y elección del motor.....	7.3	54
Bombas.....	4	27
Bombas funcionando en paralelo.....	7.7	64
Bombas funcionando en serie.....	7.8	64
Cables de caída.....	10.3	76
Cables y juntas de motor, referencia a cables de caída.....	5.2	35
Camisas de refrigeración.....	10.1	75
Capacidad requerida para aguas brutas/de pozo y tratamiento de aguas.....	2.2.4	11
Comunicación.....	8	69
Conexión a la red.....	6.5	47
Conexión Directa en línea (DOL).....	5.4.1	37
Conexiones de las tuberías de elevación.....	7.6.3	64
Configuración de la bomba.....	7.2	54
Convertidores de frecuencia (transmisión de velocidad variable).....	5.4.6	40
Curvas de bomba y tolerancias.....	4.4	29
De fuentes de agua dulce.....	2.3.1	14
De fuentes de agua marina y salada.....	2.3.2	14
Desequilibrio del voltaje.....	6.2.1	45
Diámetro del pozo.....	7.3.2	55
Disminución del esfuerzo en los motores sumergibles.....	7.3.6	58
Dispositivos para la protección del motor.....	5.3	36
Eficacia de la bomba.....	7.3.4	55
Elección de bombas.....	4.3	28
Elección de la tubería de elevación.....	7.4	60
Elección de cables y tamaños.....	7.5	61
Empalme de cables/Conexión de cable del motor y el cable de caída.....	7.6.2	63
Filtraciones de cauces fluviales.....	2.2.2	9

Índice alfabético	Capítulo	Página
Frecuencia.....	6.3	46
Funcionamiento con un convertidor de frecuencia.....	5.5	41
Funcionamiento con transmisión de frecuencia variable	7.11	65
Funcionamiento del generador.....	7.12	65
Generación de energía.....	6.1	45
Información adicional	11	75
Instalación y funcionamiento	7	53
Introducción	17	
Introducción general.....	8.1	69
Juntas de cable.....	10.4	77
Localización de averías.....	9	73
Manejo	7.6	63
Métodos para la reducción de la intensidad de arranque.....	5.4	36
Minería	3.2.1	19
Módulos de propulsión	3.7	24
Montaje de la bomba/motor.....	7.6.1	63
Motores y controles	5	3
Nº de arranques/paradas	7.9	65
Tipos de motor, descripción general	5.1	33
Piezas de recambio	4.2	28
Pozos y sus condiciones.....	7.1	53
Principios de bombeo.....	4.1	27
Producción de los pozos y rendimiento de funcionamiento.....	2.2.5	12
Protección contra la ebullición	7.3.7	59
Protección catódica.....	10.2.1	75
Protección contra la corrosión en aguas saladas	10.2	75
Punto de funcionamiento.....	7.3.1	54
Recursos	2.1	9
Refrigeración de la camisa	7.3.8	59
Rendimiento del pozo	7.3.3	55
Requisitos de aguas subterráneas.....	2.2.3	10
Pozos subterráneos.....	2.2.	19
SD – Estrella/Triángulo	5.4.2	38
Sistemas de protección catódica galvánica	10.2.2	75
Sistema de protección catódica por diferencia de potencial eléctrico	11.2.3	76
Sobrevoltaje y bajo voltaje	6.2.2	45
Suministro de agua.....		29
Suministro de agua dulce.....	3.1	17
Temperatura del agua	7.3.5	58
Tuberías de elevación.....	10.5	77
Transmisión de frecuencia variable.....	6.4	46
Voltaje	6.2	45

BE > THINK > INNOVATE >

Ser responsables es nuestra base
Pensar en el futuro lo hace posible
La innovación es la esencia

BOMBAS GRUNDFOS ESPAÑA, S.A.
Camino de la Fuentecilla, s/n
28110 Algete (Madrid)

Tel: +34 918 488 800
Fax: +34 916 280 465

www.grundfos.es

The name Grundfos, the Grundfos logo, and the payoff Be—Think—Innovate are registered trademarks owned by Grundfos Management A/S or Grundfos A/S, Denmark. All rights reserved worldwide.

GRUNDFOS 