

MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## Reglamento técnico de diseño de estaciones de bombeo

Tercera revisión  
ICS 13.060.30  
Aguas residuales

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos



# ÍNDICE

	Página
<b>REGLAMENTO TÉCNICO DE DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO.....</b>	<b>105</b>
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....</b>	<b>105</b>
<b>2 CONSIDERACIONES GENERALES.....</b>	<b>105</b>
2.1 Ubicación.....	106
2.2 Estudios topográficos .....	106
2.3 Condiciones geotécnicas .....	106
2.4 Disponibilidad de energía eléctrica .....	106
2.5 Calidad del agua a ser bombeada .....	106
<b>3 PARÁMETROS DE DISEÑO .....</b>	<b>107</b>
3.1 Período de diseño .....	107
3.2 Caudal de diseño .....	107
3.3 Colector, interceptor o emisario afluente .....	107
<b>4 CRITERIOS DE DISEÑO .....</b>	<b>107</b>
4.1 Tipos de bombas y etapas de proyecto.....	107
4.2 Pozos de succión .....	107
4.3 Control de tamaños de sólidos.....	108
4.4 Potencia de las bombas y motores .....	109
4.5 Golpe de ariete.....	109
4.6 Válvulas y accesorios.....	109
<b>5 TIPOS DE ESTACIONES DE BOMBEO .....</b>	<b>109</b>
5.1 Bombas eyectores neumáticos .....	109
5.2 Bombas centrífugas .....	109
5.3 Bombas helicoidales .....	110
<b>6 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO Y TUBERÍAS.....</b>	<b>110</b>
6.1 Caudal de bombeo .....	110
6.2 Altura manométrica de la bomba .....	110
6.3 Número de conjuntos motor bomba .....	110
6.4 Tuberías de succión e impulsión .....	111
<b>7 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES COMPLEMENTARIAS.....</b>	<b>111</b>
7.1 Sistema de medición de las aguas residuales .....	111
7.2 Canales afluentes.....	111
7.3 Instalaciones de cribado (rejillas).....	112
<b>8 INSTALACIONES .....</b>	<b>112</b>
8.7.1 Sala de bombas .....	112
8.7.2 Medición y control .....	113
8.7.3 Caseta de control .....	113
8.7.4 Accesorios y escaleras.....	113
8.7.5 Iluminación .....	113
8.7.6 Señalización .....	113
8.7.7 Ventilación .....	113
8.7.8 Protección contra incendios .....	114

8.7.9	Equipos de movilización .....	114
8.7.10	Drenaje de pisos .....	114
8.7.11	Instalaciones hidráulicas y sanitarias .....	114
8.7.12	Aislamiento acústico.....	114
<b>9</b>	<b>OTROS DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>10</b>	<b>ASPECTOS DE LA PUESTA EN MARCHA.....</b>	<b>115</b>
10.1	Inspecciones preliminares.....	115
10.2	Pruebas preliminares .....	115
10.3	Pozo de succión .....	115
10.4	Bombas y motores .....	115
10.5	Dispositivos de control .....	116
<b>11</b>	<b>ASPECTOS DE LA OPERACIÓN .....</b>	<b>116</b>
<b>12</b>	<b>ASPECTOS DEL MANTENIMIENTO .....</b>	<b>116</b>
<b>13</b>	<b>EJEMPLO DE CÁLCULO.....</b>	<b>116</b>
13.1	Características del proyecto.....	116
13.2	Pozo de succión .....	117
13.3	Impulsión .....	118
13.4	Pérdidas .....	119
13.5	Estación de bombeo para el sistema .....	120
	<b>OTRAS FIGURAS.....</b>	<b>123</b>

## REGLAMENTO TÉCNICO DE DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

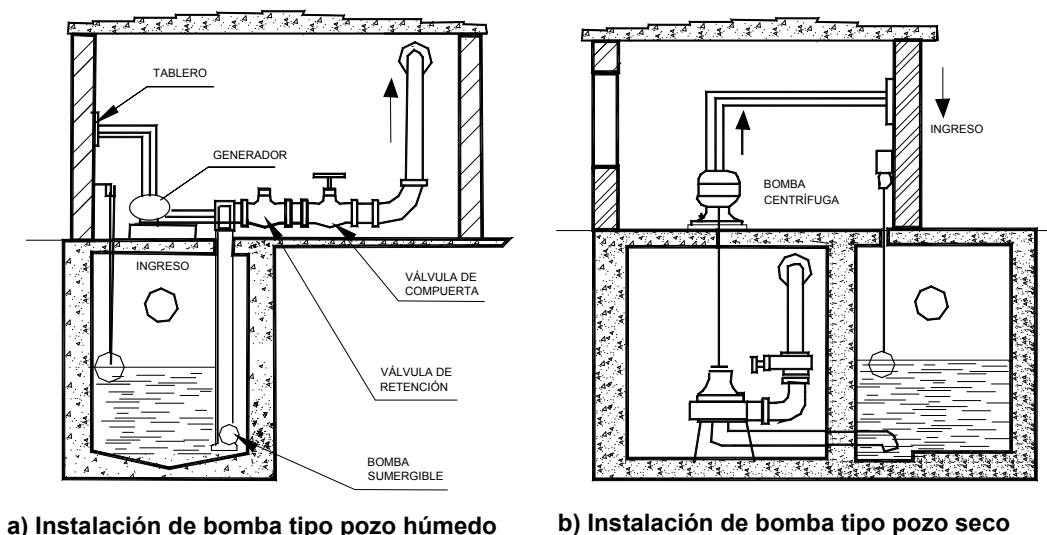
El presente Reglamento Técnico da vigencia y declara de obligatorio cumplimiento a la norma NB 688 “Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial”, especialmente en el Capítulo 7.

Este Reglamento está destinado a ingenieros proyectistas involucrados en el diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales. Contiene los principales aspectos que deben ser considerados con el objetivo de uniformar el diseño de estaciones de bombeo de aguas residuales.

### 2 CONSIDERACIONES GENERALES

Las estaciones de bombeo de aguas residuales son necesarias para elevar y/o transportar aguas residuales en la red cuando la disposición final del flujo por gravedad ya no es posible. En terrenos planos, los colectores que transportan aguas residuales hacia la estación de tratamiento se pueden profundizar de tal modo que se tornaría impracticable la disposición final sólo por gravedad.

Las tuberías de alcantarillado, al funcionar como conductos libres, necesitan tener cierta pendiente que permita el escurrimiento por gravedad, situación que en terrenos planos ocasiona que las mismas, en su desarrollo, cada vez sean más profundas. En consecuencia, las estaciones de bombeo surgen como instalaciones obligatorias en sistemas de alcantarillado de comunidades o áreas con pequeña pendiente superficial.



**Figura 1 - Estaciones de bombeo**

Las aguas residuales son bombeadas con los siguientes propósitos: Para ser conducidas a lugares distantes, para conseguir una cota más elevada y posibilitar su lanzamiento en cuerpos receptores de agua o para reiniciar un nuevo tramo de escurrimiento por gravedad.

## **2.1 Ubicación**

La determinación de la ubicación de una estación de bombeo es de suma importancia, sobre todo en áreas no desarrolladas o parcialmente urbanizadas, ya que ello determinará en muchos casos el desarrollo completo del área. La parte paisajista o arquitectónica también debe ser considerada en la selección del sitio de tal forma que no afecte adversamente el área vecina.

Entre otros detalles deben considerarse:

- a) Condiciones del sitio
- b) Derecho propietario
- c) Drenaje del terreno y de la localidad
- d) Tipo de tráfico
- e) Accesibilidad vehicular
- f) Disponibilidad de servicios, energía (tensión y carga), agua potable y teléfonos
- g) Nivel freático

La profundidad de las tuberías, o canales de llegada determinan la profundidad de la estructura de la estación de bombeo por debajo del nivel del terreno y determinan también en consecuencia el nivel del piso de la cámara de operación. Todas las estaciones deben diseñarse de tal manera que sean resistentes a los efectos de flotación que pueden producir las inundaciones. Todas las entradas y aberturas no sellables de la estación, deben quedar ubicadas por lo tanto en alturas sobre el nivel máximo de inundaciones esperado.

## **2.2 Estudios topográficos**

Se deben utilizar planos topográficos de la zona a escala adecuada (véase el Anexo **A** de la norma NB 688).

## **2.3 Condiciones geotécnicas**

Deben establecerse las características geológicas de la zona, al igual que las propiedades del suelo y las características geotécnicas en el sitio de la estación. Para esto, es necesario elaborar un estudio de suelos del sitio (véase el numeral **1.4** del capítulo **1** de la norma NB 688)

## **2.4 Disponibilidad de energía**

Se deben identificar las condiciones para el suministro de energía eléctrica. Se debe tener en cuenta aspectos como la capacidad de generación, la demanda aproximada de energía, la frecuencia de interrupciones en el servicio de energía, la instalación de un transformador propio, pararrayos y el costo unitario de la energía.

Debe disponerse de una fuente alternativa de energía disponible permanentemente para el caso de emergencias. Puede estudiarse la posibilidad de que la estación tenga generación propia de energía, siempre y cuando ésta resulte la alternativa más económica.

## **2.5 Calidad del agua a ser bombeada**

Se debe estudiar la calidad del agua, tanto de sus propiedades fisicoquímicas como biológicas, a fin de proteger los equipos de bombeo de posibles daños.

### **3 PARÁMETROS DE DISEÑO**

#### **3.1 Período de diseño**

El período de diseño debe ser definido en función al tamaño de la población y a los componentes del sistema a ser construidos, conforme a lo establecido en el numeral **7.2.1** del Capítulo 7 de la norma NB 688.

#### **3.2 Caudal de diseño**

Los caudales de diseño se deben definir conforme a lo establecido en el numeral **7.2.2** del Capítulo 7 de la norma NB 688.

#### **3.3 Colector, interceptor o emisario afluente**

Las características físicas del colector, interceptor o emisario afluente a la estación de bombeo se deben definir conforme a lo establecido en el numeral **7.2.3** del Capítulo 7 de la norma NB 688.

### **4 CRITERIOS DE DISEÑO**

#### **4.1 Tipos de bombas y etapas de proyecto**

La estación de bombeo puede estar conformada por varias bombas. Usualmente, éstas están en paralelo, en el caso de aguas residuales y pluviales. Debe procurarse que las bombas sean del mismo tipo y capacidad, y guardar similitud con equipos existentes. Otros criterios de selección son economía, facilidad de operación, disponibilidad en el mercado y soporte técnico (calidad de las bombas).

Para establecer el número de bombas, pueden seguirse las siguientes pautas:

- a) Debido a que el caudal máximo no se presenta en la etapa inicial, deben seleccionarse bombas iguales que se irán instalando de acuerdo con los requerimientos de las diferentes etapas.
- b) En el caso de bombas pequeñas, deben instalarse como mínimo dos unidades, cada una con capacidad para bombear el caudal máximo, quedando la segunda como reserva.
- c) En estaciones mayores debe ser prevista, además de las unidades necesarias para el caudal máximo, por lo menos una bomba con capacidad igual a la mayor de las bombas instaladas, como reserva.
- d) En la selección de las unidades de bombeo deben observarse cuidadosamente las recomendaciones técnicas (curvas características) y operativas de los fabricantes.

#### **4.2 Pozos de succión**

El tiempo de permanencia del agua dentro del pozo no debe ser muy largo puesto que pueden generarse malos olores y gases, sobre todo en el caso de aguas residuales, y la acumulación de lodos en el fondo del pozo. Un valor recomendable del tiempo máximo de retención es 30 minutos. En caso de operación intermitente de la bomba, se recomienda un máximo de 3 a 5 arranques por hora en bombas horizontales y verticales. Para bombas sumergibles el número permitido de arranques por hora es 10. El tiempo recomendable de un ciclo de bombeo debe estar entre 10 y 20 minutos y el ciclo de operación no debe ser menor de 5 minutos.

La profundidad del pozo a partir del nivel del terreno debe determinarse de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- a) Cota solera del afluente.
- b) Diferencia de altura entre el nivel de aguas máximas y el nivel de aguas mínimas. Es recomendable que ésta diferencia no sea menor que 1 m, en la mayoría de los casos, admitiéndose 0,10 m, por encima y por debajo para activar la alarma cuando fuese necesaria. En pequeñas estaciones, se puede reducir este rango, hasta un mínimo de 0,60 m.
- c) Altura requerida para la instalación de la bomba y otros elementos para garantizar que la bomba opere en condición sumergida, manteniéndose el nivel mínimo y proporcionando las condiciones necesarias para que la bomba opere siempre ahogada (nivel de aguas residuales igual o superior al plano que pasa por el eje del rotor). Esta submergencia debe ser tal que la columna líquida sobre el eje de la toma de succión, sea como mínimo 2,5 veces el diámetro de la referida toma. En casos especiales, siempre que sean justificados, se puede admitir que solamente durante la partida la bomba quede sumergida.
- d) El nivel de aguas máximas debe estar por debajo de la cota de solera del colector más bajo que descarga en el pozo, excepto en aquellos casos donde sea útil aprovechar el volumen adicional si se deja parcialmente sumergido el colector de llegada.

El fondo del pozo debe tener una inclinación mínima de 45° hacia la boca de succión, y el ancho mínimo deber estar alrededor de 1,5 m.

El volumen requerido en el pozo de succión depende de la operación de bombeo. Si la bomba puede bombear a una tasa similar al caudal de entrada (velocidad variable), el almacenamiento requerido en el pozo de succión es menor que si se tiene una tasa de bombeo constante.

El pozo de succión puede tener dispositivos adicionales como compuertas y desvíos para controlar el flujo afluente. De esta manera es factible aislar la estación y verter el afluente a un curso de agua receptor adecuado de descarga cuando exista la necesidad. Estos elementos son necesarios en estaciones medianas y grandes, recomendándose la automatización de las compuertas en estas últimas. Para poblaciones mayores a 50 000 habitantes es recomendable disponer de mediciones telemétricas para su control.

Para el caso de bombas centrífugas, la carga mínima positiva de succión debe estar alrededor de 3 veces el diámetro de la tubería de succión, si ésta existe. Las velocidades recomendadas en la tubería de succión son de 1,0 m/s, y en la tubería de impulsión de 1,5 m/s. Estas velocidades deben ser confrontadas por las especificaciones técnicas de las bombas específicas en consideración. El diámetro mínimo de la tubería de succión es 100 mm (4 plg). Para diámetros mayores de 0,6 m en la impulsión, debe hacerse un análisis económico de costo mínimo (diámetro económico).

### **4.3 Control de tamaños de sólidos**

Para evitar que los sólidos del agua residual afluente perjudiquen el funcionamiento de las bombas, deben ser removidos antes que las aguas lleguen al pozo de succión, mediante rejas de limpieza. Éstas deben ser instaladas al final de los conductos afluentes, inmediatamente aguas arriba del pozo de succión. La separación mínima entre las varillas de las rejas debe ser 50 mm. Dependiendo del tamaño de la estación y la cantidad de sólidos que se vayan a retener, la limpieza de las rejas puede hacerse desde operación manual hasta mecanizada y automatizada. Cuando el tamaño, densidad y cantidad de sólidos así lo exijan, debe proveerse un triturador. Los sólidos removidos deben disponerse de manera apropiada para minimizar impactos negativos al ambiente.



#### **4.4 Potencia de las bombas y motores**

La potencia requerida de las bombas debe calcularse conforme a lo establecido en el numeral **7.3.3** del Capítulo **7** de la norma NB 688.

#### **4.5 Golpe de ariete**

El análisis y cálculo del golpe de ariete deben hacerse conforme a lo establecido en el numeral **7.3.4** del capítulo **7** de la norma NB 688.

#### **4.6 Válvulas y accesorios**

Las características de las válvulas y accesorios deben definirse conforme a lo establecido en el numeral **7.3.5** del Capítulo **7** de la norma NB 688.

### **5 TIPOS DE ESTACIONES DE BOMBEO**

#### **5.1 Bombas eyectores neumáticos**

Las bombas eyectoras reciben las aguas residuales sin cribado previo. Están conformadas por una cámara a la que llega el agua directamente desde un colector alimentador. Cuando el nivel alcanza una cota determinada, un sensor eléctrico activa un compresor que inyecta aire en la cámara e impulsa el agua por la tubería de salida. Son adecuadas para caudales de bombeo bajos.

#### **5.2 Bombas centrífugas**

Las bombas centrífugas son accionadas por motores eléctricos o de combustión interna. Son las más usadas y se fabrican para capacidades variadas. En general, tienen altos rendimientos y son las más apropiadas cuando las alturas de bombeo son grandes. El comportamiento hidráulico de estas bombas se basa en los mismos principios que rigen las bombas centrífugas utilizadas para el bombeo de agua limpia. Sin embargo, dado que las aguas residuales y pluviales contienen partículas en suspensión, estas bombas deben tener rotores especiales que permitan el paso de material sólido de un cierto diámetro (inatascables y resistentes a la acción corrosiva), además de registros de inspección a la entrada y salida para permitir su limpieza. Usualmente trabajan ahogadas, lo cual evita el cebado inicial y la utilización de la válvula de pie, y podría funcionar deficientemente con los sólidos transportados por el agua. Existen varios tipos de bombas centrífugas para aguas residuales y pluviales: De eje horizontal; de eje vertical con instalación en el pozo húmedo; de eje vertical con instalación en el pozo seco, y conjunto motor-bomba sumergible. Las de eje vertical tienen la ventaja de poder ser operadas por motores ubicados en niveles superiores libres de posibles inundaciones.

Las bombas de motor-bomba sumergible engloban en una sola carcasa, la bomba centrífuga y el motor eléctrico. Para determinar la capacidad de una bomba centrífuga y seleccionar el modelo apropiado es necesario conocer fundamentalmente el caudal de bombeo y la altura dinámica total.

La potencia del equipo de bombeo está dada por:

$$P = \frac{Q_b H_b}{75 N}$$

donde:

- P Potencia, en CV (prácticamente HP). 1 CV = 0,986 HP  
 $Q_b$  Caudal de bombeo, en L/s  
 $H_b$  Altura manométrica total, en m  
 $N$  Eficiencia del sistema de bombeo (65 a 70%)

### 5.3 Bombas helicoidales

Las bombas helicoidales están basadas en el tornillo de Arquímedes, funcionan al aire libre y por lo tanto, a presión atmosférica. La altura que debe vencerse corresponde al desnivel existente entre las extremidades del tornillo, colocado en su posición de operación. Estas bombas son adecuadas para caudales importantes y pequeñas alturas de elevación. Su rendimiento es relativamente bajo debido principalmente a fugas entre la hélice y la canaleta que la contiene.

## 6 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO Y TUBERÍAS

### 6.1 Caudal de bombeo

Las bombas deben cubrir las variaciones diarias del agua residual afluyente mediante un caudal de bombeo adecuado, resultante de una selección de entrada en operación que puede ser variable o no, en las unidades instaladas.

### 6.2 Altura manométrica de la bomba

Una aproximación inicial de la altura manométrica con posibilidad para la preselección de las bombas, debe ser estimada considerando el nivel máximo del pozo de succión en la cota solera del conducto afluyente y el nivel mínimo de salida en el conducto efluente.

Se deben obtener dos curvas características del sistema, correspondientes respectivamente a las alturas estáticas máxima y mínima.

Las bombas preseleccionadas deben presentar las curvas características que satisfagan a las curvas particulares del sistema y presentar funcionamiento adecuado en los dos puntos extremos.

El motor deberá tener una potencia algo mayor que la requerida para la mayor altura dinámica.

### 6.3 Número de conjuntos motor bomba

Puesto que el caudal máximo no se presenta en la etapa inicial, se deben seleccionar bombas iguales que se deben instalar de acuerdo a requerimientos en las diferentes etapas.

En el caso de estaciones pequeñas se deben instalar como mínimo dos (2) unidades, cada una con capacidad para bombear el caudal máximo, quedando la segunda como reserva.

En estaciones mayores se debe prever, además de las unidades necesarias para el caudal máximo, por lo menos una bomba con capacidad igual a la mayor de las bombas instaladas como reserva.

En la selección de las unidades de bombeo, se debe observar cuidadosamente, las recomendaciones de los fabricantes.

#### 6.4 Tuberías de succión e impulsión

El dimensionamiento de las tuberías y bombas debe ser elaborado tomando en cuenta los siguientes criterios:

a) Velocidades límite de la tubería de succión

- Velocidad mínima 0,6 m/s
- Velocidad máxima 1,5 m/s
- Velocidad recomendada 1,0 m/s

b) Velocidades límite de la tubería de impulsión

- Velocidad mínima 0,6 m/s
- Velocidad máxima 2,5 m/s
- Velocidad recomendada 1,5 m/s

c) Comparación técnico-económica.

Será hecha una comparación de costos, considerando lo siguiente:

- Costo de adquisición e instalación de tubería y accesorios.
- Costo de los conjuntos motor-bomba.
- Costos de operación y mantenimiento y consumo de energía.

d) Variaciones de los caudales de bombeo y etapas del proyecto.

### 7 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES COMPLEMENTARIAS

#### 7.1 Sistema de medición de las aguas residuales

Toda estación de bombeo debe tener proyectado un sistema de medición de caudal, de costo compatible con sus dimensiones.

Si se trata de un canal Parshall o vertedero, se admiten sensores o elementos primarios, los cuales transmiten las variaciones a un panel de control donde son leídos los caudales. Este panel debe contener dispositivos que acumulen los valores de caudales a lo largo del tiempo.

El sensor debe ser instalado en un pozo independiente. En instalaciones medias y grandes, donde existe la posibilidad de presencia de sólidos grandes en suspensión, se debe proceder al cribado previo de los mismos.

Cuando se usen medidores de caudal de bombeo, se debe prever un sistema de registro del nivel de líquido en el pozo de succión, de modo que sea posible la obtención del hidrograma de entrada en la instalación.

#### 7.2 Canales afluentes

En pequeñas estaciones de bombeo, el colector puede descargar directamente en la cámara de succión por conductos convenientemente estudiados.

Debe existir un canal de reserva que pueda entrar en servicio sustituyendo al que esté paralizado por mantenimiento o limpieza.

Cuando sea construido, justificadamente un único canal, el mismo debe tener características hidráulicas de modo que la velocidad o caudal mínimo previsto en el plan de utilización no sea inferior a 0,6 m/s y la velocidad o caudal pico de fin de proyecto no exceda de 1,4 m/s.

Cuando sea prevista más de una etapa de construcción, deben ser previstos como mínimo 2 canales a ser construidos inicialmente.

En la primera etapa debe emplearse uno, en tanto que el segundo quede como reserva. Estos canales deben tener compuertas de aislamiento en sus partes finales.

### **7.3 Instalaciones de cribado (rejas)**

Los sólidos en suspensión en el agua residual afluyente que puedan perjudicar al funcionamiento de las bombas deben ser removidos antes de que las aguas residuales lleguen a la cámara de succión a través de rejas de cribado.

Las rejas deben ser instaladas al final de los canales afluentes, inmediatamente aguas arriba del pozo de succión.

En estaciones pequeñas el proceso de cribado puede realizarse a través de un asta removible por izamiento.

En estaciones pequeñas donde la necesidad de limpieza no sea continua, se debe optar por rejas de limpieza manual.

En estaciones de capacidad media, cuando el índice de sólidos en suspensión sea elevado, se recomienda instalar rejas con remoción de sólidos retenidos, preferentemente mecanizado que debe depositar los sólidos en contenedores previamente dispuestos para este propósito.

En instalaciones de ese género, resulta imprescindible uno o más canales de reserva con capacidad para transportar el caudal máximo de proyecto equipados con trituradores o rejas.

Las rejas deben ser fijadas en soportes (guías) para facilitar su retiro y nunca ser ancladas en la estructura.

## **8 INSTALACIONES**

### **8.7.1 Sala de bombas**

En el dimensionamiento de la sala de bombas deben atenderse las siguientes recomendaciones:

- a) El tamaño de la sala debe ser suficiente para alojar el conjunto motor-bomba y los equipos de montaje.
- b) Las dimensiones deben permitir la facilidad de circulación, montaje y desmontaje de los equipos, y dado el caso, el movimiento de las unidades de bombeo. Las dimensiones deben ser compatibles con las del pozo de succión, con el fin de asegurar una adecuada distribución de la obra civil, buscando al mismo tiempo minimizar sus costos.

### **8.7.2 Medición y control**

Los dispositivos de control deben medir en todo momento las condiciones de operación y detectar fallas rápidamente. Estos dispositivos deben ser automáticos, evitando al máximo las funciones propias del operador.

Como mínimo, deben colocarse los siguientes dispositivos de control:

- a) Medidor de caudal afluente
- b) Medidores de niveles
- c) Interruptor eléctrico accionado por flotador en el pozo húmedo conectado con el arrancador de la bomba
- d) Interruptor eléctrico accionado por flotador en el tanque de descarga conectado con el arrancador de la bomba
- e) Alarmas
- f) Recomendable telemetría

### **8.7.3 Caseta de control**

Los sistemas de medición deben transmitir los datos a la caseta de control, en la cual se ubican los tableros correspondientes. La información registrada en los tableros corresponde a las mediciones para el control de flujo y las mediciones sobre el comportamiento hidráulico, mecánico y eléctrico de las bombas y motores.

Asimismo, en la caseta de control deben disponerse los interruptores y mecanismos que permitan poner fuera de servicio cualquier elemento relacionado con el sistema de bombeo.

La caseta de control debe tener un techo removible para permitir el acceso de los brazos de grúas para el retiro, movilización y reposición de elementos de la estación.

### **8.7.4 Accesorios y escaleras**

Entre los diferentes pisos deben colocarse escaleras seguras y apropiadas que permitan la movilización del personal y los equipos necesarios. En caso de falta de espacio, deben usarse escaleras metálicas con baranda, peldaños amplios y piso antideslizante.

### **8.7.5 Iluminación**

La estación debe estar debidamente iluminada en su interior, ya sea por luz natural o artificial. Debe existir "iluminación" en los paneles del controlador de funcionamiento del sistema para tener una diferenciación clara entre los comandos.

### **8.7.6 Señalización**

La estación debe contar con una señalización visual clara en toda el área, indicando zonas de peligro de alta tensión, salidas de emergencia, localización de extintores, áreas de tránsito restringido y demás elementos y actividades que sea necesario resaltar por su peligro potencial o porque resulten importantes en la prevención de accidentes.

### **8.7.7 Ventilación**

Deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Todas las salas, compartimientos, pozos y otros recintos cerrados por debajo del nivel del terreno que presenten un aire perjudicial deben tener ventilación artificial forzada.
- b) Los controles de ventilación forzada pueden ser accionados manualmente desde afuera del recinto o automáticamente por medio de sensores cuando se detecten concentraciones perjudiciales de gases en el aire.
- c) En el caso eventual de acumulación de gases nocivos se debe contar con el acceso a máscaras antigas.

#### **8.7.8 Protección contra incendios**

Deben colocarse extintores en sitios de fácil acceso donde puedan ocurrir inicios de incendio.

#### **8.7.9 Equipos de movilización**

- a) La capacidad del equipo debe ser suficiente para mover el elemento de mayor peso que pueda ser transportado.
- b) El curso del equipo debe ser analizado para permitir en todo momento el retiro, movilización y reposición de cualquier elemento de la estación.
- c) Deben ser provistos los accesos necesarios en la casa de bombas de manera que permitan el manejo adecuado de los equipos en las labores de mantenimiento, retiro o reposición de elementos de la estación.

#### **8.7.10 Drenaje de pisos**

- a) Deben ser previstos uno o dos pozos de drenaje, hacia los cuales se debe conducir el agua de fugas o lavado por medio de una pendiente muy suave en el piso de la sala de bombas.
- b) Cuando los pozos de drenaje no puedan ser evacuados por gravedad, debe disponerse de bombas para tal fin, las cuales pueden ser accionadas automáticamente por medio de sensores.

#### **8.7.11 Instalaciones hidráulicas y sanitarias**

Deben considerarse los siguientes aspectos:

- a) Prever un tanque con capacidad adecuada para atender las necesidades de agua potable en la estación de bombeo.
- b) Las aguas residuales deben ser recogidas por un sistema adecuado que las conduzca hasta un sitio seguro desde el punto de vista sanitario.

#### **8.7.12 Aislamiento acústico**

- a) En caso de que puedan ocurrir incomodidades a los vecinos de la estación por ruido excesivo, debe diseñarse un sistema de aislamiento acústico de la estación
- b) La sala de operación y control debe tener aislamiento acústico de la sala de bombas

### **9 OTROS DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES**

Otros diseños y especificaciones deben analizarse conforme a lo establecido en el numeral 7.8 del capítulo 7 de la norma NB 688.

## **10 ASPECTOS DE LA PUESTA EN MARCHA**

### **10.1 Inspecciones preliminares**

En la etapa de puesta en marcha deben realizarse las siguientes inspecciones en los diferentes elementos de la estación de bombeo, antes de continuar con cualquier prueba:

- a) Deben verificarse todas las instalaciones eléctricas en sus conexiones y aislamientos.
- b) Debe verificarse el correcto funcionamiento de válvulas y accesorios en su apertura y cierre. Debe medirse el tiempo de accionamiento y corregir el mecanismo correspondiente en caso de encontrar necesidad de grandes esfuerzos para su operación.
- c) Debe observarse el correcto funcionamiento de interruptores, arrancadores, sensores y demás elementos de control, en especial si estos son de accionamiento automático.
- d) Debe asegurarse que los ejes de los motores estén perfectamente alineados.
- e) Los motores y válvulas deben estar perfectamente lubricados. Debe verificarse la calidad y cantidad del aceite lubricante.
- f) En general, debe observarse el aspecto general de la estación en sus acabados, pintura, protecciones y accesos.

### **10.2. Pruebas preliminares**

Deben realizarse pruebas preliminares de bombeo en las condiciones normales y críticas de operación, con el fin de detectar posibles errores y tomar las medidas correctivas antes de dar al servicio la estación de bombeo.

Se deben tomar registros de los datos de los cuales se exija medición y presentar un informe de la prueba, el cual debe contener el resultado de los ensayos realizados y las condiciones anormales encontradas.

En caso de encontrar anomalías en el funcionamiento o condiciones de operación diferentes a las previstas en el diseño, deben tomarse las medidas correctivas que sean necesarias antes de colocar en servicio la estación.

### **10.3 Pozo de succión**

Debe hacerse una prueba hidrostática con el nivel máximo posible con el fin de detectar fugas y verificar el comportamiento estructural.

Debe observarse la forma de las corrientes del flujo a la entrada, asegurándose de que no ocurran zonas de alta turbulencia y que la entrada a las tuberías de succión sea uniforme en todas la unidades de bombeo.

### **10.4 Bombas y motores**

En una primera inspección del comportamiento de las bombas deben seguirse las siguientes disposiciones:

- a) Para cada bomba individual deben observarse las condiciones de circulación del agua y la posible vorticidad (turbulencia o remolino) en el pozo de succión. Debe prestarse especial atención a la posible entrada de aire a la tubería de succión
- b) Deben establecerse los niveles de ruido y vibración
- c) En el caso de motores diesel, deben estimarse los tiempos de arranque
- d) Debe obtenerse el punto de operación de la estación de bombeo, midiendo el caudal total a la salida de una unidad de bombeo y la altura dinámica total suministrada

## 10.5 Dispositivos de control

Debe asegurarse un normal funcionamiento de los equipos de medición y control. Debe observarse el comportamiento de manómetros, sensores, flotadores, indicadores de nivel y demás dispositivos de control.

## 11 ASPECTOS DE LA OPERACIÓN

Los aspectos de la operación deben analizarse conforme a lo establecido en el numeral 7.10 del capítulo 7 de la norma NB 688.

## 12 ASPECTOS DEL MANTENIMIENTO

Los aspectos de la operación deben analizarse conforme a lo establecido en el numeral 7.11 del capítulo 7 de la norma NB 688.

## 13 EJEMPLO DE CÁLCULO

### 13.1 Características del proyecto

Las estaciones de bombeo para alcantarillado, se instalan para superar las condiciones de altura desfavorables y para elevar las aguas residuales de un área de drenaje a otra o en caso de bombeo de áreas nuevas situadas en cotas inferiores a aquellas ya ejecutadas. Debido a la composición de las aguas residuales en el estado líquido causan problemas de corrosión y de malos olores en las estaciones.

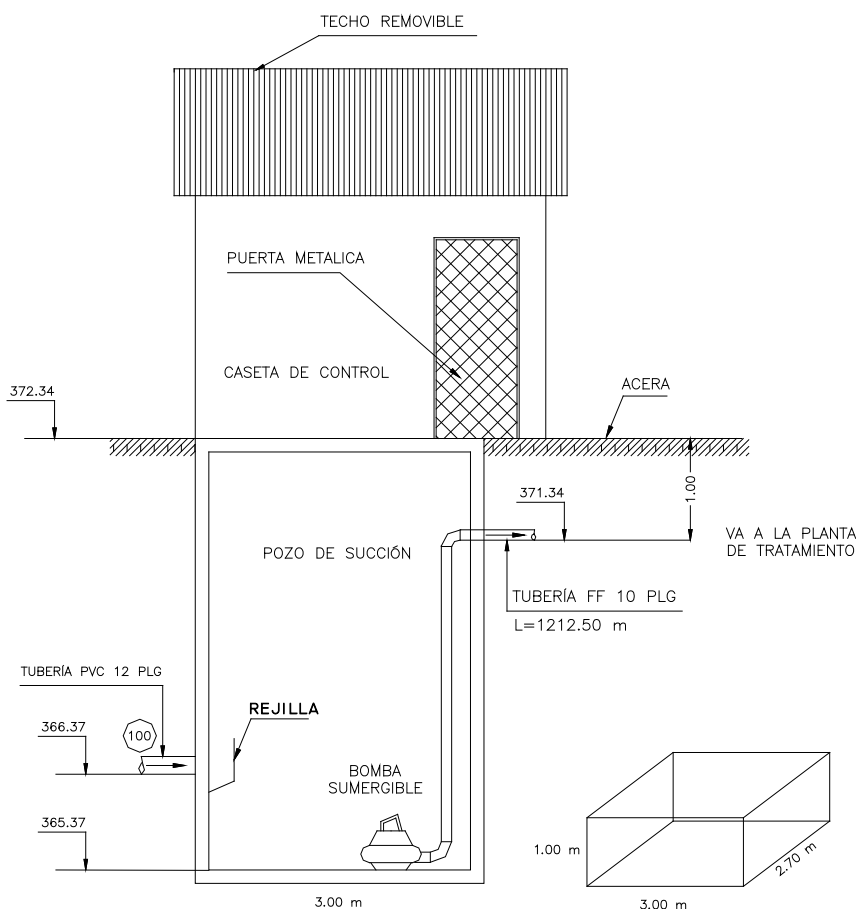


Figura 2 - Estación de bombeo del ejemplo



Las estaciones de bombeo sumergibles con entrada extendida hacia abajo, que sirven para elevar las aguas residuales de un área de drenaje a otra son de diseño convencional. Tienen un sistema de control de la bomba (bomba apagada y encendida) y de alarma en circuitos separados, con sensores de nivel, las tuberías de entrada y de salida, el cableado que conecta la bomba a la fuente de energía y válvulas de compuerta y de retención.

Debido a que el área de proyecto “Oro Negro” no tiene la altura suficiente para que la descarga del emisario a la planta de tratamiento sea por gravedad, es necesario efectuar el bombeo de las aguas residuales.

La profundidad del último punto de inspección de la red principal es de 4,97m, no pudiendo ser menores debido a las condiciones topográficas de la zona de proyecto y a las condiciones de funcionamiento hidráulico, por estas razones se hace imprescindible la construcción de una unidad de bombeo para ambos sistemas, con el objetivo de transportar las aguas residuales a una planta de tratamiento que opcionalmente estará ubicada en la zona de “Las Malvinas”, adyacente al área de proyecto.

La estación de bombeo está situada en el manzano de casas (UV1), que cuenta con un área (lote) disponible para la construcción de la estación de bombeo, perteneciente al municipio local.

Para el diseño de las unidades de bombeo, se considerarán dos etapas de proyecto, en cada etapa funcionará una bomba, pero para garantizar el servicio en caso de ocurrir algún daño a la bomba o por razones de mantenimiento, se instalará otra bomba alterna.

Cada unidad de bombeo esta constituida por:

- Un pozo de succión
- Unidades de bombas sumergibles para agua residual (2 para cada etapa)
- Una caseta de bombeo
- Una tubería de impulsión

### 13.2 Pozo de succión

El pozo de succión o cárcamo de bombeo es una estructura cuya función es la de acumular las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado, para posteriormente bombearlas hasta el ingreso a la planta de tratamiento, venciendo la diferencia de altura geométrica.

El pozo esta diseñado de tal manera que sus dimensiones le confieren la capacidad de recibir el caudal recolectado por la red pública en ambas etapas, es decir, el caudal máximo horario, el caudal de infiltración y el caudal debido a conexiones erradas.

Luego, el caudal de bombeo se calculará mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q_{d,f} = \frac{C \cdot P_f \cdot q_f}{86400}$$

$$Q_{máx-h,f} = M \cdot Q_{d,f}$$

$$Q_i = q_{inf} \cdot L_{TOTAL}$$

$$Q_{ce} = 10\% (Q_{máx-h,f})$$

$$Q_b = Q_{máx-h,f} + Q_i + Q_{ce}$$

donde:

$$C = 0,80$$

$$M = 1,20 \cdot 1,50$$

$$q_{inf} = 0,0005 \frac{L}{s - m}$$

$Q_b$	Caudal de bombeo, en L/s
$Q_{d,f}$	Caudal medio, en L/s
$Q_{m\acute{a}x-h,f}$	Caudal máximo horario, en L/s
$Q_i$	Caudal por infiltración lineal, en L/s
$Q_{ce}$	Caudal por conexiones erradas, en L/s
$C$	Coefficiente de aporte
$M$	Coefficiente de punta: coeficientes de variación de caudal: $k_1$ y $k_2$
$q_{inf}$	Coefficiente de infiltración lineal

El cárcamo de bombeo será de hormigón armado, de forma rectangular, con una profundidad de 1,00 m por debajo la cota de llegada del último colector de la red pública (véase figura2).

Antes de efectuar la descarga de las aguas del alcantarillado al pozo de succión de bombas, se ha dispuesto de un dispositivo para la colocación de rejillas retenedoras de material grueso, como piedras, madera, objetos metálicos, etc., para evitar el deterioro de las bombas. Las rejillas previstas están conformadas por barras de hierro platino de  $\frac{1}{4}$ " con una separación de 1 cm.

Para el diseño del pozo de succión, que consiste en la determinación del volumen y por tanto de sus dimensiones, se utilizará la fórmula de Metcalf - Eddy (véase tabla 1).

$$V = \frac{Q_b \cdot t}{4}$$

donde:

$V$	Volumen del pozo de succión, en $m^3$
$Q_b$	Caudal de bombeo, en $m^3/s$
$t$	Tiempo o período de interrupción del bombeo, en s

**Tabla 1 - Tiempos de retención**

Autor	Potencia	Tiempo de retención (minutos)
Metcalf - Eddy	< 20HP	10
	20 a 100 HP	15
	100 a 150 HP	20 a 30
	> 250 HP	Consultar con el fabricante

### 13.3 Impulsión

Se tendrá una sola línea de impulsión para ambas etapas (inicial y final), cuyo diseño y capacidad transportará el caudal de las aguas residuales recolectado de la estación de bombeo a la planta de tratamiento. La tubería de impulsión irá enterrada con un recubrimiento de 0,75 m y apoyada en una superficie nivelada de 0,10 m, el material será Fierro Fundido, en una longitud total aproximada de 1 212,50 m.

Para la determinación del diámetro de la tubería de impulsión, se utiliza la ecuación de Bresse:

$$D = C \cdot X^{1/4} \cdot \sqrt{Q_b}$$

$$X = \frac{\text{Nº horas de bombeo}}{24}$$

$$C = 1,20$$

donde:

C      Constante  
D      Diámetro de la tubería, en m  
Q<sub>b</sub>    Caudal de bombeo, en m<sup>3</sup>/s

Además, para la elección del diámetro de la tubería se deben verificar las velocidades mínima y máxima, de acuerdo a límites establecidos en el numeral **6.4**.

• **Tubería de Impulsión**

$$V_{\min} = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\max} = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{recom}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para la determinación de la velocidad, se utiliza la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4 Q_b}{\pi \cdot D^2}$$

donde:

V      Velocidad, en m/s  
Q<sub>b</sub>    Caudal de bombeo, en m<sup>3</sup>/s  
D      Diámetro de la tubería, en m

### 13.4 Pérdidas

Para el cálculo de las pérdidas de carga por conducción se aplica la ecuación de Manning:

$$h_f = K \cdot L \cdot Q_b$$

$$K = \frac{10,293 \cdot n^2}{D^{16/3}}$$

donde:

h<sub>f</sub>    Pérdida de carga por conducción, en m  
L      Longitud de conducción, en m  
Q<sub>b</sub>    Caudal de bombeo, en m<sup>3</sup>/s

n Coeficiente de rugosidad del material de la tubería (0,013 para F°F°)  
 D Diámetro de la tubería

### 13.5 Estación de bombeo para el sistema

Los datos para el diseño de la estación de bombeo para el sistema, son:

Cota terreno de llegada a la estación de bombeo 372,34 msnm.  
 Cota solera de llegada a la estación de bombeo 367,37 msnm.  
 Cota de salida de la estación de bombeo 366,37 msnm.  
 Cota de llegada a la planta de tratamiento 373,00 msnm.  
 Longitud de la tubería de impulsión 1 212,50 m

#### a) Caudal de Bombeo

El cálculo del caudal de bombeo para cada etapa, se resume en la tabla 2.

**Tabla 2 - Cálculo del caudal de bombeo**

Etapas	Año	Población	Dotación Doméstica	Caudal máximo horario	Dotación No Doméstica		Caudal por Infiltración		Caudal Conexiones erradas	Caudal de Bombeo
		P	D	Q <sub>máx-h</sub>	Colegio	Mercado	L	Q <sub>i</sub>	Q <sub>ce</sub>	Q <sub>b</sub>
		(hab)	(L/hab/d)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(m)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
I	2014	11,992	143,60	28,70	0,19	1,48	6,038	3,02	2,87	36,26
II	2024	16,096	158,62	42,55	0,21	1,63	6,038	3,02	4,26	51,86

#### b) Diámetro de la Tubería de Impulsión

Para el diámetro de la tubería de impulsión, se utiliza el caudal total de aguas residuales, es decir, el caudal de bombeo de la segunda etapa. Considerando que la bomba funcionará 12 horas al día, se tiene:

$$X = \frac{12 \text{ h}}{24 \text{ h}} = 0,50$$

$$C = 1,20$$

$$D = 1,20 \cdot 0,50^{1/4} \sqrt[4]{0,05186 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$D = 0,229 \text{ m} = 0,25 \text{ m}$$

**Tabla 3 - Cálculo de velocidades**

Velocidades (m/s)	Diámetro		
	150 mm	200 mm	250 mm
Velocidad para Etapa I	2,60	1,46	0,93
Velocidad para Etapa II	3,38	1,90	1,22

Realizada la verificación de velocidades para cada diámetro, se adopta:

$$D = 250 \text{ mm} = 10 \text{ plg}$$

### c) Pérdidas

Considerando que en la primera etapa funcionarán dos unidades por razones de mantenimiento o posible daño, en la segunda etapa se deberán adquirir otras dos bombas, con capacidad de bombear el total de las aguas residuales hasta cumplir el periodo de diseño. Las pérdidas en la tubería de impulsión y por accesorios serán las mismas para ambas etapas (véase tabla 4).

**Tabla 4 - Cálculo de las longitudes equivalentes de accesorios**

Accesorio	Diámetro (plg)	Nº	Longitud equivalente parcial (m)	Longitud equivalente total (m)
Codo 90°	10	3	6,70	20,10
Tee	10	2	16,00	32,00
Válvula compuerta	10	2	1,70	3,40
Válvula de retención	10	1	20,00	20,00
TOTAL				75,50

Para el cálculo del coeficiente K de la fórmula de Manning:

$$\left. \begin{array}{l} D = 10 \text{ plg} = 250 \text{ mm} \\ \eta(\text{FF}^\circ) = 0,013 \end{array} \right\} \rightarrow K = 2,83$$

**Tabla 5 - Cálculo de las pérdidas**

Etapas	Longitud Tubería (L) (m)	Longitud equivalente accesorios ( $L_{eq}$ ) (m)	Longitud Total ( $L_T$ ) (m)	Caudal de Bombeo ( $Q_b$ ) (l/s)	Pérdida ( $h_f$ ) (m)
I	1212,50	75,50	1288,00	36,26	4,79
II	1212,50	75,50	1288,00	51,86	9,80

### d) Altura dinámica total de la bomba

**Tabla 6 - Cálculo de la altura dinámica total**

Etapas	Altura geométrica (h) (m)	Pérdidas de carga ( $h_f$ ) (m)	Presión de llegada ( $h_p$ ) (m)	Altura dinámica total (H) (m)
I	6,63	4,79	2,00	13,42
II	6,63	9,80	2,00	18,43

### e) Cálculo de la Potencia de la Bomba

**Tabla 7 - Cálculo de la Potencia de la Bomba**

Etapas	Altura dinámica total (H) (m)	Caudal de Bombeo ( $Q_b$ )		Potencia (P) (HP)
		(L/min)	(L/s)	
I	13,42	2175,60	36,26	9,73
II	18,43	3111,60	51,86	19,12

**f) Elección de la Bomba mediante gráfico (Q-H) del catalogo**

Etapla I:

En la primera etapa, se utilizarán dos bombas sumergibles de aguas residuales con rodete abierto, marca LOWARA, FDL 109-41, elegidas por catálogo.

$$\left. \begin{array}{l} Q = 2\,175,60 \text{ L/min} \\ H = 13,42\text{m} \end{array} \right\} \rightarrow \text{FDL } 109 - 41 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P = 11,20 \text{ HP} \\ Q = 2\,500 \text{ L/min} \\ H = 14,00\text{m} \end{array} \right.$$

Etapla II:

En la primera etapa, se utilizarán dos bombas sumergibles de aguas residuales con rodete abierto, marca LOWARA, FDL 153-43, elegidas por catálogo.

$$\left. \begin{array}{l} Q = 3\,111,60 \text{ L/min} \\ H = 18,43\text{m} \end{array} \right\} \rightarrow \text{FDL } 153 - 43 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P = 23,50 \text{ HP} \\ Q = 4\,000.00 \text{ L/min} \\ H = 19,40\text{m} \end{array} \right.$$

**g) Volumen del Pozo de Succión**

Se tomará como tiempo de retención:

$$P < 20\text{HP} \rightarrow t = 10\text{min} = 600\text{s}$$

Entonces:

$$V = \frac{\left(0,05186 \text{ m}^3/\text{s}\right) \cdot (600 \text{ s})}{4}$$

$$V = 7,78 \text{ m}^3$$

Luego se adoptan las siguientes dimensiones para el pozo de succión:

$$1,00 \text{ m} \cdot 3,00 \text{ m} \cdot 2,70 \text{ m} \rightarrow V = 8,10 \text{ m}^3$$

## **OTRAS FIGURAS**

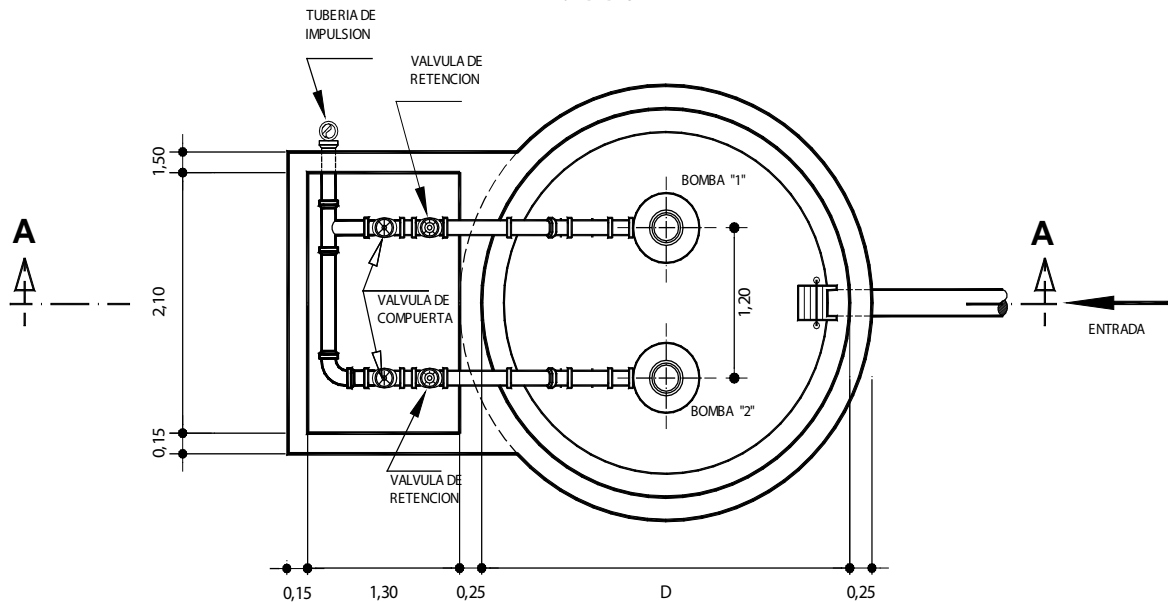




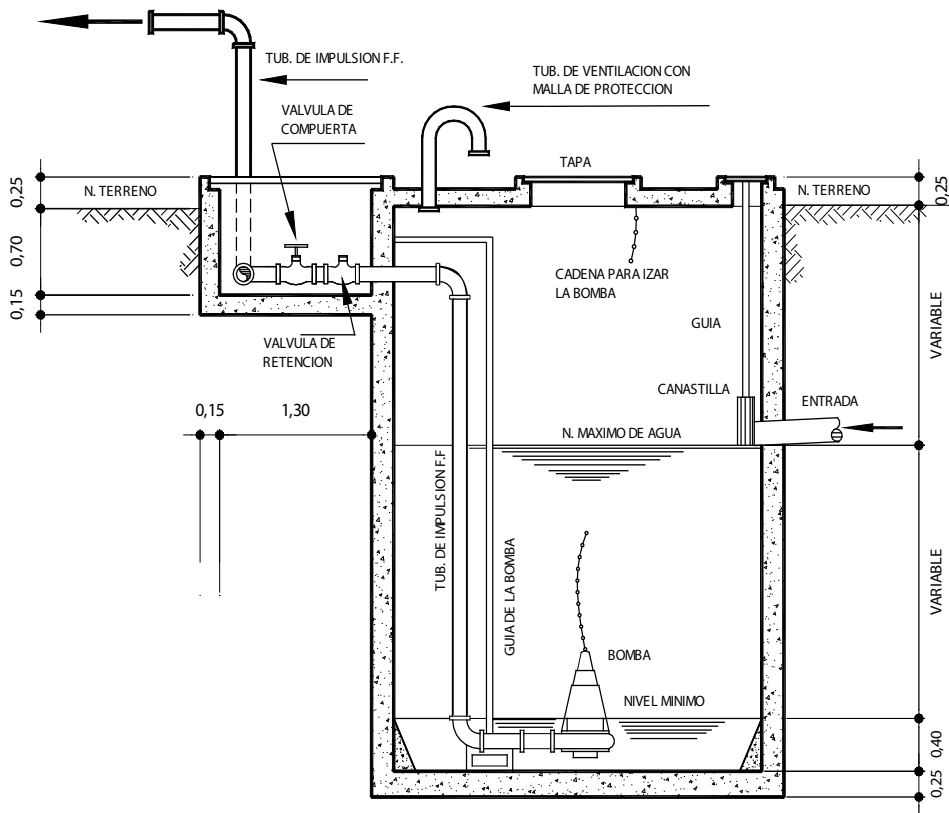
ESTACIÓN DE BOMBEO

SIN ESCALA

UNIDADES EN m



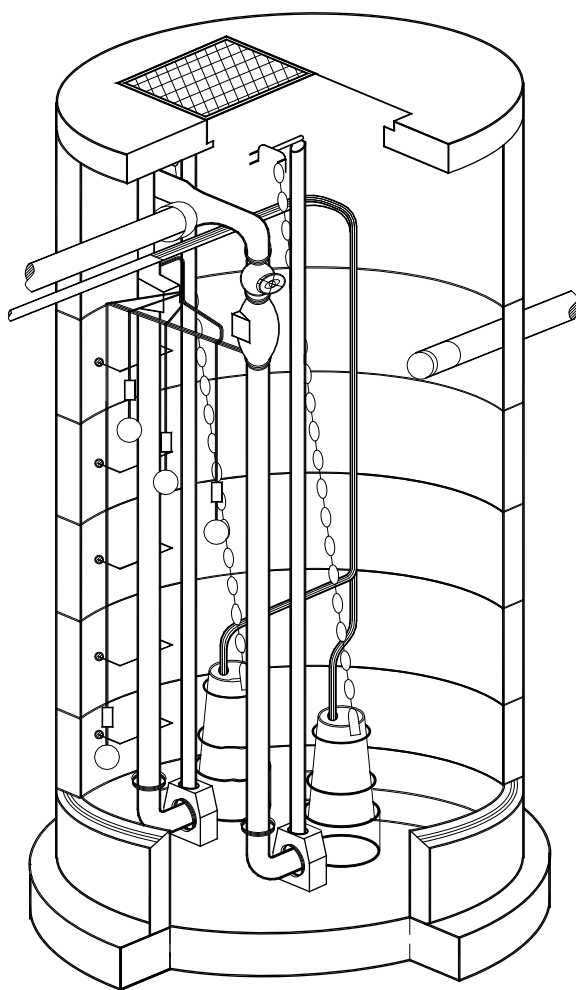
PLANTA



CORTE A - A

## ESTACIÓN DE BOMBEO

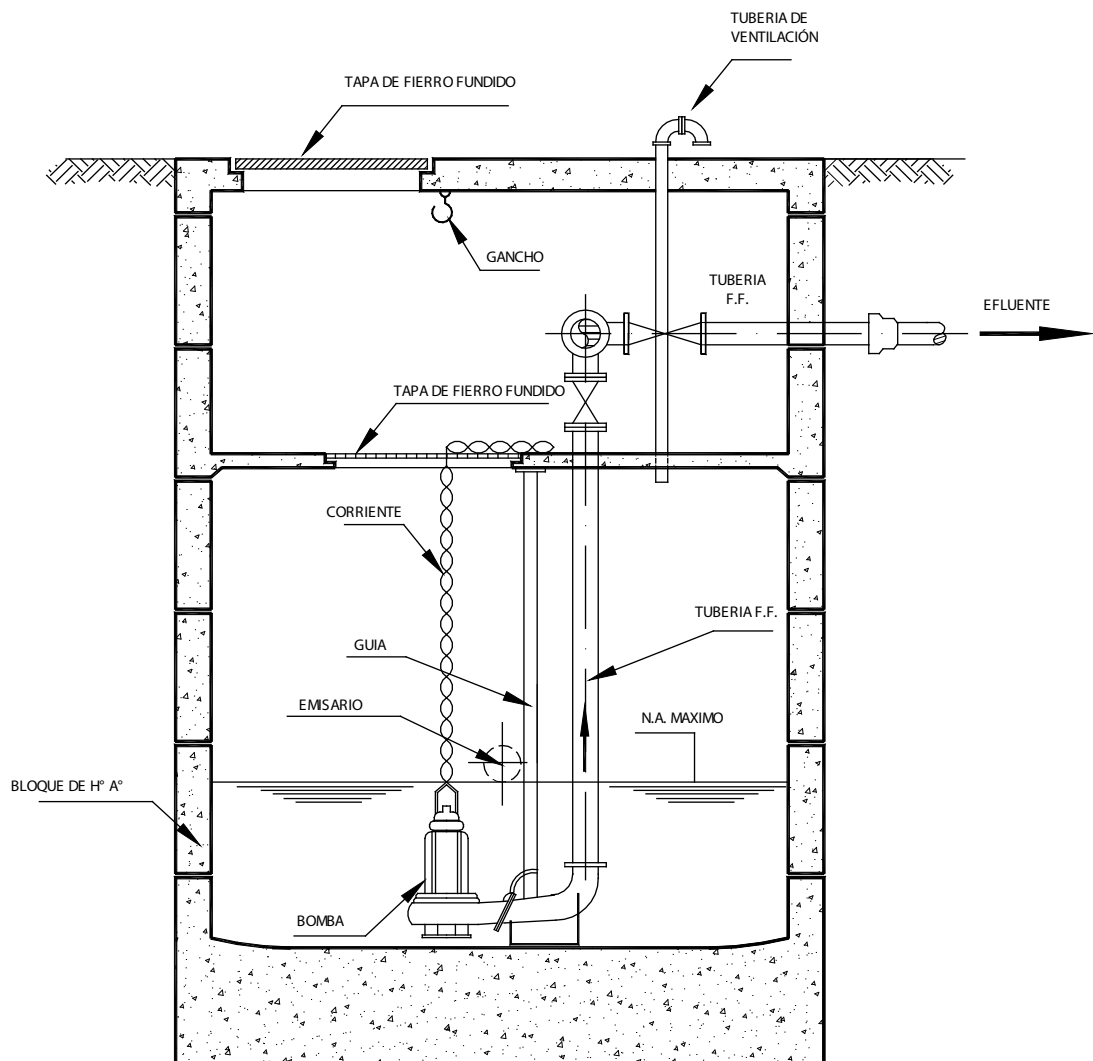
SIN ESCALA



**ESQUEMA DE INSTALACIÓN EN POZO DE DOS  
BOMBAS SUMERGIBLES PARA  
ALCANTARRILLADO**

## ESTACIÓN DE BOMBEO

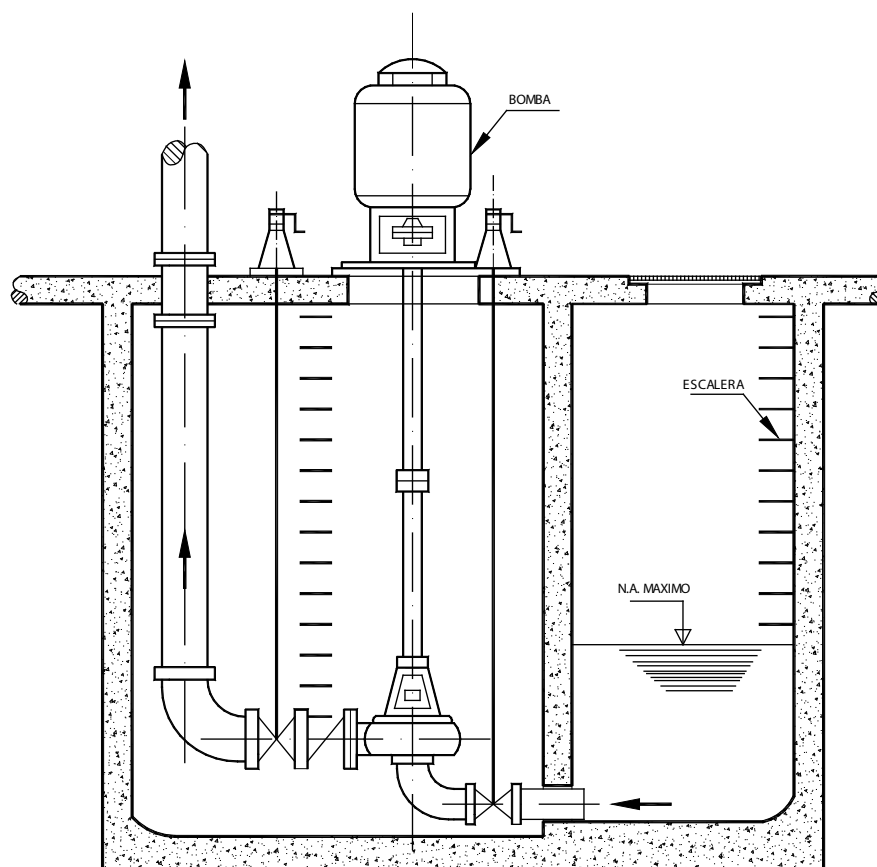
SIN ESCALA



## ESQUEMA DE INSTALACIÓN TÍPICA DE BOMBA SUMERGIBLE

## ESTACIÓN DE BOMBEO

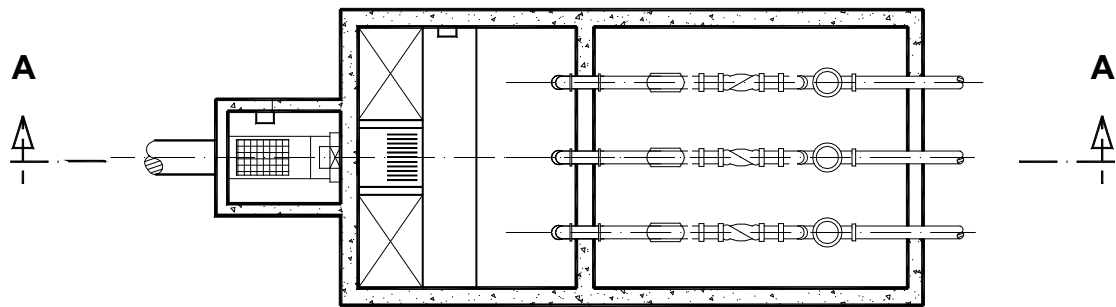
SIN ESCALA



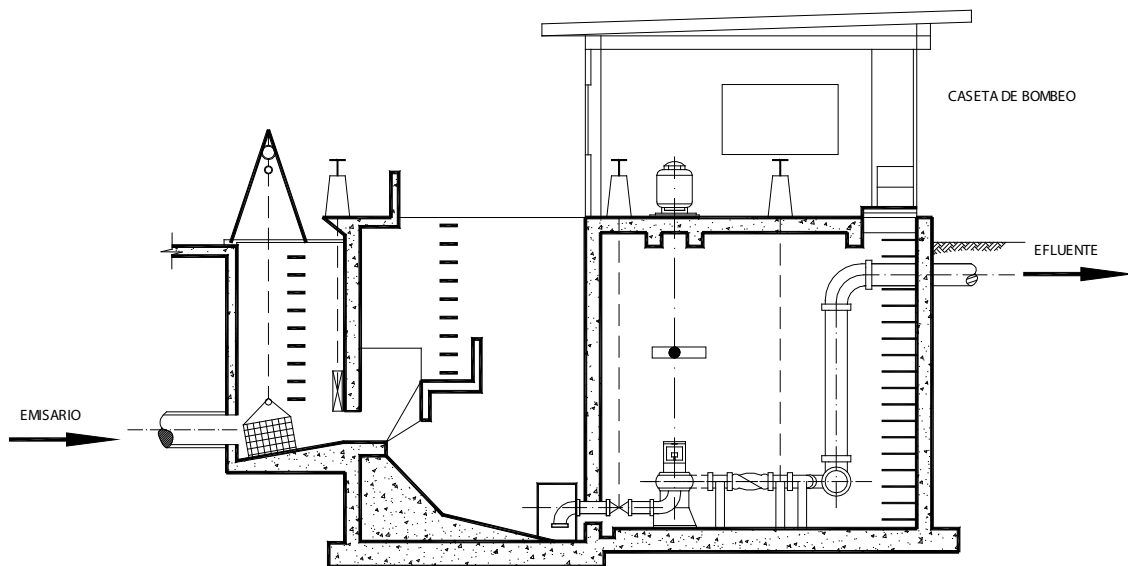
**ESQUEMA DE INSTALACIÓN EN POZO SECO CON BOMBA DE EJE VERTICAL**

## ESTACIÓN DE BOMBEO

SIN ESCALA



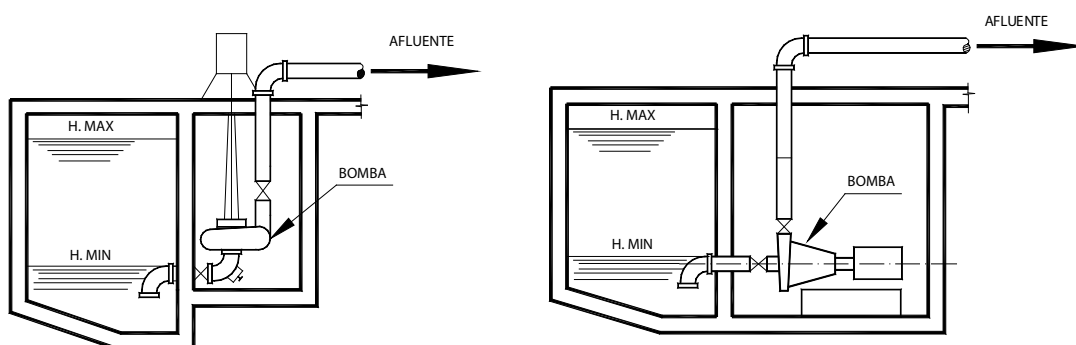
## PLANTA



## CORTE A - A

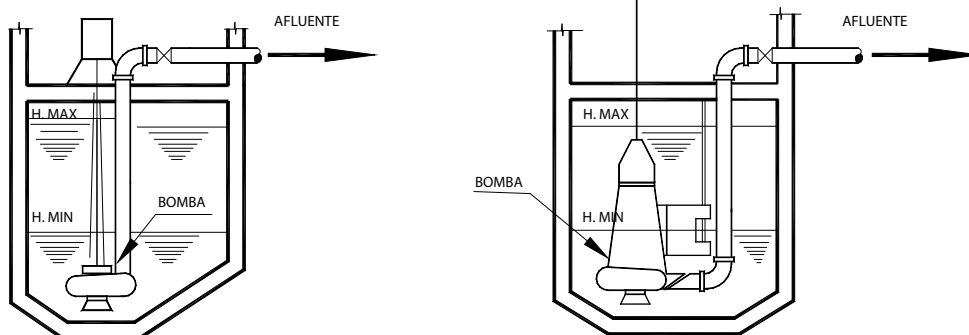
## ESTACIONES DE BOMBEO

SIN ESCALA



BOMBA CENTRIFUGA DE EJE VERTICAL  
INSTALADA EN POZO SECO

BOMBA CENTRIFUGA DE EJE HORIZONTAL  
INSTALADA EN POZO SECO



BOMBA CENTRIFUGA DE EJE VERTICAL  
INSTALADA EN POZO HUMEDO

BOMBA CENTRIFUGA SUMERGIDA

## BOMBA TORNILLO

SIN ESCALA

UNIDADES EN m

