



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

## MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño de una instalación de bombeo en El Salado,  
Colombia

Autor: Beatriz Barandiarán del Campo

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Agosto de 2019



## **AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO**

### ***1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.***

El autor D. Beatriz Barandiarán del Campo

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Diseño de una Instalación de bombeo en El Salado, Colombia, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

### ***2º. Objeto y fines de la cesión.***

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

### ***3º. Condiciones de la cesión y acceso***

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

### ***4º. Derechos del autor.***

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

### ***5º. Deberes del autor.***

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

**6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 27 de Agosto de 2019

**ACEPTA**

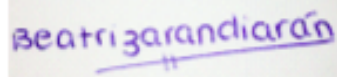
Fdo



Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Instalación de Bombeo en El Salado, Colombia  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2018/2019. es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es  
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada  
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Beatriz Barandiarán del Campo Fecha: 28/ 08/ 2019

A rectangular stamp containing the handwritten name "Beatriz Barandiarán" in purple ink.

Autorizada la entrega del proyecto  
EL DIRECTOR DEL PROYECTO  
Íñigo Sanz Fernández

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández Fecha: 27/08/2019

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines.





## MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño de una instalación de bombeo en El Salado,  
Colombia

Autor: Beatriz Barandiarán del Campo

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Agosto de 2019



## **Diseño de una instalación de bombeo para suministro de agua potable en El Salado, Colombia**

Autor: Barandiarán del Campo, Beatriz

Director: Sanz Fernández, Íñigo

Entidad colaboradora: ICAI- Universidad Pontificia Comillas

### **Resumen del proyecto**

#### **Introducción**

El objetivo del proyecto es desarrollar una pequeña instalación de bombeo que junto con una potabilizadora compacta permita proporcionar el acceso a agua potable a los habitantes del poblado El Salado en Colombia, dando respuesta a una necesidad básica y asegurando un acceso continuo y salubre al recurso hídrico.

De esta manera, se intentará combatir los problemas de sanitarios relacionados con el consumo de aguas contaminadas en países en vías de desarrollo, clasificados por la OMS como una de las principales causas mortales en la región. La cobertura de la instalación será de aproximadamente 1250 habitantes para absorber las posibles fluctuaciones en la demanda o el número de habitantes actual (1208) de El Salado.

#### **Planteamiento y diseño de la instalación**

Para determinar el diseño de la instalación de bombeo, se tratará de minimizar el coste de la misma. Además, constará de las siguientes etapas: sistema de captación del recurso hídrico, primer depósito de almacenamiento de agua sin tratar, potabilizadora compacta, almacenamiento en un segundo depósito del agua potable y suministro de agua a través de grifos de exterior.

La primera etapa de captación de agua tiene lugar mediante dos sistemas de bombeo sumergibles de captación de aguas subterráneas. Cada sistema contará con tres bombas en paralelo, dos para aportar la demanda de caudal y una tercera de reserva para cubrir posibles averías. Los sistemas de bombeo se emplearán alternativamente, para

promediar el desgaste de los mismos. La procedencia del agua será de dos pozos circulares, uno de poca profundidad (30 metros) y otros de gran profundidad (150 metros). Las bombas seleccionadas para la captación del recurso hídrico son del fabricante Wilo, y bombearán el agua hasta un primer depósito situado a cota máxima con el objetivo de aprovechar la energía potencial en el resto de la instalación y evitar la necesidad de nuevas bombas. Para elegir las bombas para cada uno de los sistemas de bombeo, se introducirá el punto de funcionamiento de los mismos, es decir, el caudal y la altura manométrica para cada uno de ellos. Se calculará el caudal, estimando el consumo medio de agua de los habitantes de El Salado. Para ello, se tomará como referencia la cantidad óptima de agua potable establecida por la Organización Mundial de la Salud, que establece que cada habitante del poblado debería tener acceso a un consumo diario de 100 litros. Además, se incluirá un margen en el diseño de la instalación para contabilizar las posibles fluctuaciones en la población, resultando un caudal necesario de 1,44 l/s. Los filtros empleados para elegir los modelos de bombas son que posea el rendimiento máximo y consumo de potencia mínimo, dado que se pretenden minimizar los costes de la instalación al tratarse de un proyecto solidario.

Basándonos en los criterios de selección anteriores, los modelos de bomba más adecuados son el modelo TWI 4.03-12 CI 3~ para los pozos de poca profundidad y el modelo TWI 4.03-39 CI 3~ para los pozos de gran profundidad y tendrán una alimentación trifásica y funcionarán a 50 Hz de frecuencia.

La potabilizadora compacta tratará el agua proveniente del primer depósito para suministrar agua apta para el consumo humano. El segundo depósito contará con taladros a modo de aliviadero lateral, de modo que se eliminará a través de los mismos el exceso de agua presente en la instalación, permitiendo mantener la potabilizadora en continuo funcionamiento a pesar de no haber demanda de agua y alargando por lo tanto la vida útil de la misma.

Finalmente, el agua potable será distribuida desde un punto central hasta diez grifos que permiten satisfacer las necesidades de agua de los habitantes de El Salado.

### **Automatismos de la instalación**

Para controlar la marcha y paro de las bombas de captación de agua, y la apertura o cierre del suministro de agua, se emplearán automatismos tanto en el primer como en el segundo depósito de almacenamiento de agua.

Así, el primer depósito contará con válvulas eléctricas de flotador que enviarán señales de marcha o paro al guarda-motor en función del nivel de agua del primer depósito. Se dispondrán tres de manera que cuando el nivel del primer tanque sobrepase el nivel superior, se enviará orden de paro al sistema de bombeo que se encuentre en marcha en el momento analizado. Una vez iniciado el consumo de agua, el nivel en el depósito se reducirá y en el momento en el que se alcance el nivel intermedio, se activará alternativamente el sistema de bombeo A/B. Si el ritmo de consumo supera el ritmo de llenado del tanque (determinado por la capacidad de impulsión de la bomba), o existe una incidencia asociada a un problema técnico o a escasez de recurso hídrico, el nivel del tanque continuará reduciéndose hasta alcanzar el nivel mínimo, momento en el que el flotador de seguridad enviará orden de marcha a ambos sistemas de bombeo hasta alcanzar de nuevo el nivel intermedio en el que se desactivará uno de los dos sistemas de bombeo.

Por otro lado, el segundo depósito contará con dos válvulas de flotador para controlar el consumo de agua de tal forma que si el nivel del tanque desciende por debajo de un límite mínimo establecido, se dará orden de cierre a la válvula de suministro, cortándose por lo tanto el acceso al agua desde las pilas. Se mantendrá cerrada la válvula mientras el nivel del tanque se encuentre por debajo del nivel intermedio. En el momento en el que se alcance dicho nivel, se volverá a dar orden de apertura de la válvula de suministro, proporcionando acceso a agua potable desde los grifos.

### **Plan de mantenimiento**

Para garantizar la correcta operación de la instalación, se seleccionará un mantenimiento preventivo para los equipos de bombeo y correctivo para el resto de elementos de la instalación ya que el mantenimiento preventivo implica un coste anual superior.

El mantenimiento preventivo tratará de asegurar la fiabilidad y continuidad del sistema de captación de agua por medio de una serie de revisiones periódicas para detectar

averías potenciales o posibles anomalías. El mantenimiento lo llevarán acabo habitantes de El Salado, formados voluntariamente por los técnicos encargados de la puesta en marcha de la instalación, por lo que no existirán costes adicionales de técnicos encargados del mantenimiento en caso de reparación o avería.

Por otro lado, en cuanto al mantenimiento correctivo, se sustituirán los elementos problemáticos en la instalación, tras haberse producido el fallo en el funcionamiento. Dado que no existe un coste de oportunidad asociado a la parada o detención de funcionamiento de la instalación de bombeo, se empelará esta tipología de mantenimiento para la mayoría de los elementos de la instalación. Por lo tanto, se mantendrá un inventario de piezas de repuesto y recambios.

La estimación del ciclo de vida de la instalación es de quince años si se siguen las pautas de mantenimiento de la misma especificadas anteriormente.

### **Presupuesto**

La metodología empleada para estimar el presupuesto del proyecto es Life Cycle Costs (LCC), ya que considera todos los costes incurridos a lo largo de toda la vida útil de la instalación de bombeo. Así, se incluirán los gastos de compra, puesta en marcha de la instalación, operación, mantenimiento, energéticos y medioambientales asociados a la instalación.

El presupuesto total de la instalación asciende a los ciento cuarenta y dos mil ochocientos veinticuatro euros y cincuenta y ocho céntimos, 142824, 58 euros.



## **Design of a pumping station in El Salado, Colombia**

Author: Barandiarán del Campo, Beatriz

Director: Sanz Fernández, Íñigo

Collaborating entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

### **Project Summary**

#### **Introduction**

The aim of this Project is to develop a small pumping station that together with a water treatment plant provides access to drinking water for the inhabitants of El Salado in Colombia, and therefore covering a basic necessity.

Indeed, this project will fight against one of the main health problems related to the consumption of contaminated water, being classified by the WHO as one of the main causes of death across the region.

The scope of the project is to cover the needs of approximately 1250 human beings, enabling the coverage of possible swings in the current population (1208) or increases in the water demand.

#### **Proposition and design of the pumping station**

In order to define the design of the pumping station, minimization of costs will always be considered. Furthermore, it will deal with the following phases: abstraction of the hydric resource, storage of non-treated water in the first deposit, compact water treatment plant, potable water storage in the second deposit and distribution through ten water taps.

The first stage aimed at the abstraction of the hydric resource will be developed by two submersible pumping systems that will collect ground water. Each pumping system will consist of three pumps in parallel, two to provide the demand of water flow and the third one to cover possible faults. The two pumping systems will be used alternatively in order to premeditate signs of wear. The water emanates from two circular wells, great depth well (150 meters) and shallow depth (30 meters). The selected pumps used to obtain the ground water have been manufactured by Wilo and will pump the water up to the first deposit located at a maximum height in order to benefit from the potential

energy and avoid the requirement of new pumps. In order to select the pumping equipment for each system, the operating point will be introduced, including the water flow needed and the manometric height for each one. The water flow will be calculated by estimating the average water consumption for the inhabitants in the village. To this effect, the optimal quantity of potable water established by the World Health Organization will be taken as a reference. Therefore, each individual should have access to a daily water consumption of 100 liters. A margin will be taken into account in order to absorb possible fluctuations and resulting in a water flow of 1,44 l / s. The filters used to select the pump models are the maximum efficiency and minimum power consumption due to the need to reduce costs since we are dealing with a social project.

Considering the criteria specified above, the most suitable pumps for the project will be model TWI 4.03-12 CI 3~ for shallow depth Wells and TWI 4.03-39 CI 3~ for the deep one, counting with a three phase supply and operating at a 50 Hz frequency.

The compact water treatment plant will treat water derived from the first deposit in order to supply drinking water. The second reservoir will count with a lateral spillway to eliminate the excess of water and therefore enabling the water treatment plant to be in continuous operation to extend its life cycle even though there is no real water demand.

Finally, the drinking water will be distributed from a central point to ten taps that will guarantee the fulfilment of the water needs of the inhabitants.

### **Automatisms in the project**

In order to control the start and stop of the pumping systems, and the opening and closing of the water supply, several automatisms will be used in both reservoirs.

Concerning the first deposit, electric floating valves will be disposed to send start and stop signals to the pump engines according to the level of water in the tank. It will count with three valves that will send a stop signal to the pumping system in action whenever the maximum level is reached. Whenever the consumption of water is initiated, the water level will be reduced until it reaches the intermediate level, and an activation signal will be send alternatively to the pumping system A or B. If the consumption rate is higher than the filling rate, or an incident related to technical problems or lack of resources takes place, and the water level continues dropping until it reaches the minimum

level, a start signal will be send to both pumping systems until the water level reaches again the intermediate level and one of the systems is stopped.

Furthermore, the second reservoir will count with mechanical float valves to control the water consumption that will send closing signals to the supply valve whenever the minimum level is reached, and therefore cutting the water supply. The supply valve will remain closed until the water reaches the intermediate level. At this point, the supply valve will be opened, providing access to drinking water through the water taps.

### **Maintenance Plan**

To ensure the correct functioning and operation of the plant, a preventive maintenance plan has been set to cover all the pumping equipment and a corrective maintenance plan for the remaining elements involved in the Project due to the fact that preventive maintenance deals with higher costs.

The preventive maintenance plan will try to ensure the reliability and continuity of the water extraction and pumping systems by means of periodic reviews and inspections that will allow the detection of anomalies or potential failures. The preventive maintenance will be carried out by local inhabitants that have been trained by the technicians in charge of the startup of the plant, so there will not be additional costs.

Moreover, regarding the corrective maintenance plan, problematic elements present in the plant will be substituted after a functional failure. Given that there are no opportunity costs related to the shutdown of the pumping plant, we will use this type of maintenance for the majority of the elements and a spares inventory must be continuously updated and the purchase of replacement items must be carried out.

The life cycle estimation is of fifteen years if the maintenance guidelines specified above are considered.

### **Budget**

The methodology used to estimate the project's Budget if the Life Cycle Cost (LCC) method due to the fact that it deals with all the costs incurred throughout the whole project's life span . Therefore, acquisition, start-up, operating, maintenance, energetic and environmental costs will be included.

The final budget for the project amount to one hundred and forty-two thousand, eight hundred and twenty-four euros with fifty-eight cents, 142824, 58 euros.



## I. Memoria descriptiva del proyecto

## Contenido

Estudio demográfico .....	5
Estudio Climatológico.....	5
Hidrología .....	6
Motivación del proyecto .....	8
Estado del Arte.....	9
Turbomáquinas.....	9
Elementos constructivos de las bombas rotodinámicas .....	10
Aplicaciones de las turbomáquinas.....	11
Tipologías existentes de sistemas de bombeo .....	12
Curvas características de las bombas.....	12
Válvulas .....	15
Pérdidas.....	16
Contaminación de aguas subterráneas.....	17
Normativa de Calidad de Agua .....	18
Procesos y tratamientos de agua.....	20
Motivación.....	22
Objetivos del Proyecto .....	24
Diseño de la instalación de bombeo .....	24
Descripción de la instalación de bombeo.....	24
Automatización de la captación de agua de la instalación de bombeo .....	26
Diseño de la instalación de bombeo .....	26
Caudal de la Instalación.....	26
Profundidad de los pozos .....	27
Diseño de los pozos de captación de agua.....	28
Diseño de redes hidráulicas (tuberías).....	34
Altura manométrica (Pérdidas de carga de la instalación).....	38
Selección de válvulas.....	39
Selección de accesorios para la instalación .....	41
Selección de bombas.....	41
Selección del primer depósito .....	41
Selección de la Estación de Tratamiento de Agua Potable (Potabilizadora Compacta) .....	42

Selección del segundo depósito.....	45
Automatismos.....	46

## Índice de figuras

Figura 1: Distribución de caudales por áreas hidrográficas (Fuente: IDEAM, 2010) .....	7
Figura 2: Niveles de escorrentía promedio anual (Fuente: IDEAM, 2010).....	7
Figura 3: Distribución de aguas subterráneas por provincia hidrogeológica (Fuente: IDEAM, 2010) ....	8
Figura 4: Curva característica de una bomba rotodinámica.....	13
Figura 5: Ejemplo de familia de curva H-Q para distintos diámetros del rodete .....	13
Figura 6: Esquema ejemplo de una instalación de bombeo.....	14
Figura 7: Curva característica de la instalación .....	14
Figura 8: Punto de funcionamiento de una instalación .....	15
Figura 9: Pérdidas volumétricas presentes en una bomba rotodinámica.....	17
Figura 10: Distribución del agua en el subsuelo .....	17
Figura 11: Valores de los parámetros microbiológicos límite para agua potable .....	18
Figura 12: Valores límite parámetros químicos para agua potable.....	19
Figura 13: Curva de demanda del cloro para tratamientos de desinfección .....	22
Figura 14: Acceso a agua potable en Colombia.....	23
Figura 15: Esquema de circulación permanente de aguas subterráneas.....	27
Figura 16. Distribución del recurso hídrico en el subsuelo .....	27
Figura 17: Modificación del flujo de agua subterráneas por efecto de captaciones.....	28
Figura 18: Dimensiones recomendadas para pozos de planta circular (Fuente: ABS, manual para el proyectista).....	30
Figura 19: Recomendaciones para las dimensiones de pozo de planta circular (Fuente: ABS, manual para el proyectista) .....	31
Figura 20: Recomendaciones para las dimensiones de pozo de planta circular (Fuente: ABS, manual para el proyectista) .....	31
Figura 21: Materiales multicapa .....	36
Figura 22: Esquema de la instalación de bombeo .....	39
Figura 23: Depósito de 6000 litros de capacidad (Fuente: Enduratank).....	42
Figura 24: Selección de la potabilizadora compacta (Fuente: Catálogo Sahler).....	43
Figura 25: Unidad Potabilizadora de Agua (Fuente: Sahler).....	44
Figura 26: Proceso de tratamiento del agua para consumo humano.....	44
Figura 27: Depósito de 6000 litros de capacidad (Fuente: Enduratank).....	46
Figura 28: Niveles de referencia para las válvulas de flotador del primer depósito .....	46
Figura 29: Niveles de referencia para las válvulas de flotador del segundo depósito.....	47

## Índice de tablas

Tabla 1: Número de arranques por hora recomendado en función de la Potencia Nominal de los motores .....	29
Tabla 2: Dimensiones de pozos de bombeo de planta circular ( Fuente: ABS, manual del proyectista)	32
Tabla 3: Diámetro interior recomendado para los pozos de planta circular ( Fuente: ABS, Manual para el proyectista) .....	32
Tabla 4: Tabla para la selección de materiales de las redes hidráulicas para consumo humano (Fuente: Código Técnico de la Salubridad) .....	35
Tabla 5: Velocidades para el dimensionamiento de tuberías (Fuente: Código Técnico de Salubridad HS4 ) .....	38
Tabla 6: Especificaciones del primer depósito de la instalación de bombeo (Fuente: Enduratank) ....	42
Tabla 7: Especificaciones técnicas de la unidad potabilizadora (Fuente: Sahler) .....	45
Tabla 8: Especificaciones del segundo depósito (Fuente: Enduratank) .....	46

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Altura efectiva de una bomba .....	12
Ecuación 2: Pérdidas de carga en el interior de la bomba .....	13
Ecuación 3: Altura manométrica de una bomba obtenida a partir de la ecuación de Bernoulli .....	14
Ecuación 4: Cálculo del caudal de la instalación de bombeo .....	26
Ecuación 5: Periodo entre arranques consecutivos de la bomba .....	29
Ecuación 6: Volumen mínimo necesario para los pozos de captación de agua .....	29
Ecuación 7: Diámetro interior recomendado para un sistema con tres bombas alineadas en el diámetro .....	32
Ecuación 8: Diámetro exterior de voluta bombas del primer sistema de bombeo .....	32
Ecuación 9: Distancia entre el fondo y la entrada de la bomba del pozo 1 .....	32
Ecuación 10: Distancia mínima entre voluta y muro próximo del pozo 1 .....	32
Ecuación 11: Distancia mínima entre volutas adyacentes en el pozo 1 .....	32
Ecuación 12: Caudal unitario del primer sistema de bombeo .....	33
Ecuación 13: Distancia entre el nivel mínimo y la voluta en metros del pozo 1 .....	33
Ecuación 14: Altura mínima de agua en el pozo 1 .....	33
Ecuación 15: Diámetro interior para el primer pozo .....	33
Ecuación 16: Diámetro exterior de voluta bombas del primer sistema de bombeo .....	33
Ecuación 17: Distancia entre el fondo y la entrada de la bomba del pozo 1 .....	33
Ecuación 18: Distancia mínima entre voluta y muro próximo del pozo 1 .....	33
Ecuación 19: Distancia mínima entre volutas adyacentes en el pozo 1 .....	33
Ecuación 20: Caudal unitario del primer sistema de bombeo .....	33
Ecuación 21: Distancia entre el nivel mínimo y la voluta en metros del pozo 1 .....	33
Ecuación 22: Altura mínima de agua en el pozo 1 .....	33
Ecuación 23: Diámetro interior para el segundo pozo .....	33

## Estudio demográfico

El municipio conocido como El Salado (Villa del Rosario) se encuentra en la zona norte de Colombia. En las pasadas décadas, el país ha sufrido el desencadenamiento de numerosos conflictos armados que han supuesto una reducción considerable de la población y han sembrado la inestabilidad en la región. Además, muchos habitantes se han visto forzados a desplazarse y abandonar sus hogares de origen (7,2 millones de desplazados). Sin embargo, actualmente parece que el país ha conseguido finalmente recuperar la armonía devolviendo la esperanza a sus habitantes debido al descenso de los niveles de violencia presentes en el territorio. A pesar de esto, el estado se ha visto fuertemente afectado por los enfrentamientos y carece de acceso a recursos básicos en numerosos municipios.

El municipio en el que se pretende desarrollar el proyecto, es una pequeña comunidad que se encuentra en el departamento colombiano de Bolívar. La historia recogida por este municipio está marcada por la conocida “Masacre de El Salado”, que consistió en un conjunto de asesinatos en masa llevados a cabo por las fuerzas militares que resultaron en un proceso severo de agotamiento de las fuentes de riqueza y recursos de la región y una pérdida elevada de habitantes de la misma. Hoy en día, se está llevando a cabo un proceso de reconstrucción de la villa con el objetivo de rehabilitar las viviendas y proporcionar acceso a las necesidades requeridas por las familias miembros de la comunidad. El proceso de reconstrucción ha requerido más de 500 toneladas de material de construcción para recuperar los hogares necesarios para alojar a los 1208 habitantes que actualmente forman parte de la comunidad. Por lo tanto, se concluye que existe una tendencia creciente de la esperanza de vida y de la inmigración hacia este municipio colombiano.

## Estudio Climatológico

Colombia es un país situado en zonas de baja latitud, por lo que presenta un clima tropical con temperaturas uniformes a lo largo del año. Según los rangos de temperatura alcanzados en las distintas zonas del país, se pueden distinguir las siguientes regiones que quedan limitadas principalmente por el sistema montañoso:

- Región cálida: Se da en zonas de altura inferior a los mil metros en los que la temperatura es superior a 24 ° C. Ocupa el 80% de la superficie del país.
- Región de clima templado: Se da en zonas con una altura comprendida entre los mil y dos mil metros de altura. Abarca un 10% de la superficie del país y la temperatura está comprendida entre los 17°C y los 24°C).
- Región fría: Se da en las zonas en las que la altura pertenece al intervalo de los dos mil a los tres mil metros, con temperaturas oscilantes entre los 12°C y los 17°C. Cubren un 8% de la superficie total del país.

- Paramo: Zonas de altura superior a los tres mil metros con temperaturas inferiores a los 12°C.

Los vientos influyen considerablemente en la clasificación expuesta anteriormente. Cabe destacar el impacto climatológico de los vientos Alisios del Norte y Sureste. Los primeros son determinantes de la aparición de periodos de sequía mientras que los segundos predominan en la parte Suroriental del país.

En el país aparecen varias tipologías climatológicas, predominando el clima cálido y húmedo. Así, se pueden distinguir los siguientes climas mencionados a continuación:

- Sabana: Se caracteriza por presentar una estación marcada por las precipitaciones y la elevada humedad y otra de sequía. Aparece en las regiones
- Clima selvático: Marcado por la aparición de precipitaciones frecuentes, alto rango de variación de temperatura y vegetación exuberante. Se da en la región Pacífica, en el Amazonas y en las zonas limitadas por los ríos Magdalena y Catatumbo.
- Clima húmedo: precipitaciones menos habituales, elevada variación de temperaturas y presencia de una vegetación de baja densidad. Aparece en las zonas de Caquetá, Vaupés, parte de Antioquía y Córdoba.
- Clima desértico: Escasez de precipitaciones y temperaturas elevadas. Destaca la falta de vegetación y se da en las zonas de La Guajira, desierto de la Tatacoa y en la Candelaria en Boyacá.

La región en la que se llevará a cabo el proyecto, está marcado por lo tanto por la presencia de un clima húmedo.

## Hidrología

La región colombiana de El Salado, se encuentra situada al norte del país. Colombia se caracteriza por presentar riqueza hídrica. Sin embargo, esta oferta no se encuentra distribuida de manera homogénea y está sometida a variaciones temporales y alteraciones en su calidad que determinan la disponibilidad del recurso hídrico. Se pueden distinguir varias fuentes de acceso al agua:

- **Precipitaciones:** La tendencia de precipitaciones es muy variable debido a las diferencias de humedad existentes y a las características de la circulación atmosférica presentes en el país. Se obtiene un volumen promedio anual de lluvias de 3425 km<sup>3</sup> en lo que se refiere a la relación de las precipitaciones promedias y la superficie total del país. Esto se corresponde con aproximadamente el 3% del volumen mundial en términos anuales y al 12% del volumen de precipitaciones en la región de América del Sur.

- Escoorrentía superficial:** Colombia presenta cinco vertientes principales: Vertiente Amazónica (la menos poblada) con un caudal aproximado de 22.185 m<sup>3</sup>/s ; Vertiente Orinoquia que ocupa la cuarta parte del país y cuenta con un caudal cercano a los 21.399 m<sup>3</sup>/s (ríos principales: Arauca, el Meta, el Vichada, el Guaviare); Vertiente del Caribe en la que cabe destacar el río Magdalena por ser uno de los principales recursos para la actividad económica junto con otros afluentes como los ríos Atrato; Sinú y el San Jorge, y cuenta con un caudal cercano a los 15.430 m<sup>3</sup> /s ; Vertiente del Pacífico con un caudal aproximado de 6.903 m<sup>3</sup> /s, y la vertiente del Catatumbo con un caudal aproximado de 427 m<sup>3</sup> /s.

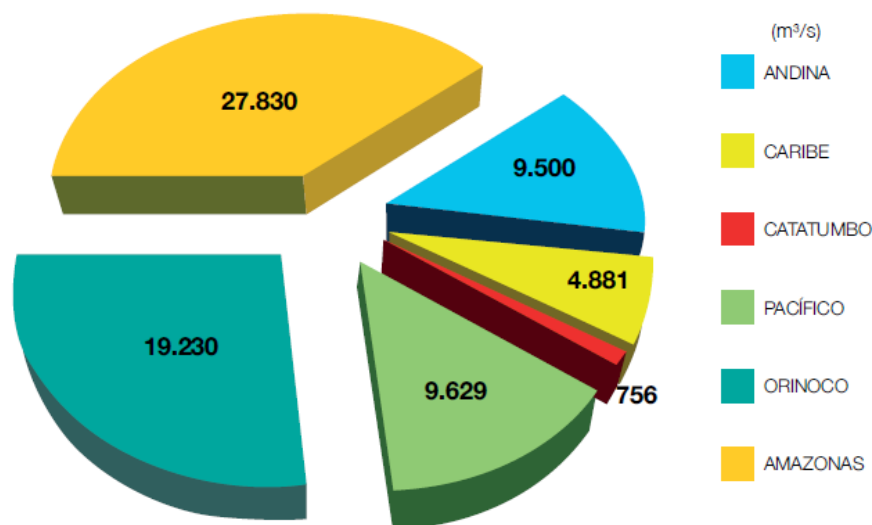


Figura 1: Distribución de caudales por áreas hidrográficas (Fuente: IDEAM, 2010)

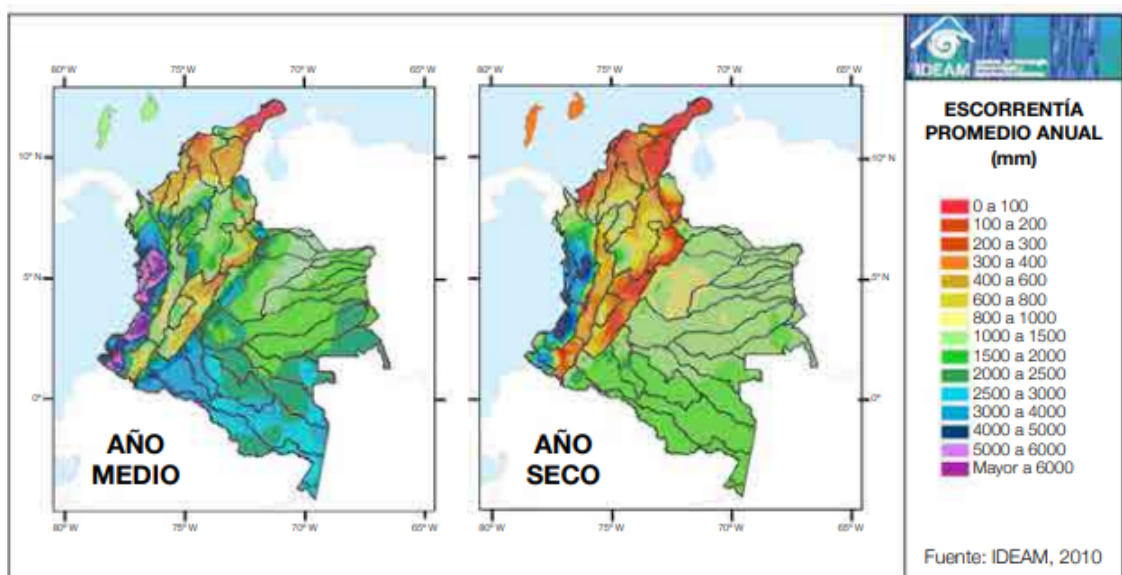


Figura 2: Niveles de escoorrentía promedio anual (Fuente: IDEAM, 2010)

- Aguas subterráneas:** Las reservas de aguas subterráneas se corresponden con el 72% de la disponibilidad total de agua superficial y subterránea accesible del país, por lo que representan

una alternativa viable frente a las disminuciones de caudal por variabilidad y cambio climático. La región a estudiar se caracteriza por pertenecer a la provincia hidrogeológica de Sinú – Jacinto.

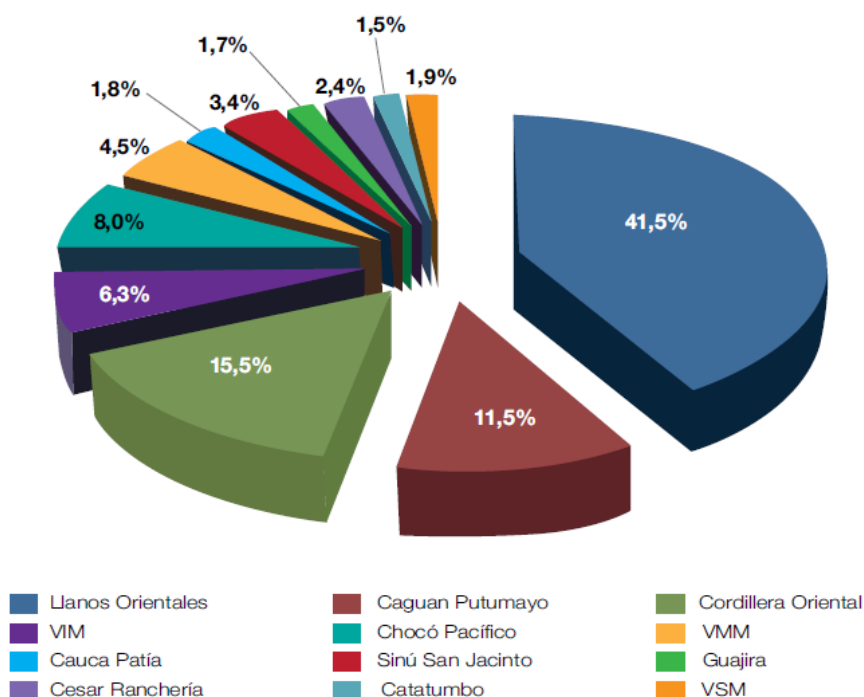


Figura 3: Distribución de aguas subterráneas por provincia hidrogeológica (Fuente: IDEAM, 2010)

En general, la disponibilidad aproximada del recurso hidrológico a lo largo del país puede consultarse en el pronóstico del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Medioambientales (IDEAM).

### Motivación del proyecto

La principal motivación de este proyecto es garantizar el acceso diario a agua mejorada para las familias residentes en El Salado con el objetivo de mejorar la calidad de vida y disminuir los problemas de enfermedades y desnutrición ligados a la escasez de dicho recurso y a la falta de higiene. El poblado cuenta actualmente con un sistema de acueducto sin sistema de potabilización. Además, esta instalación opera durante tres horas únicamente tres días por semana suponiendo un coste muy elevado para los habitantes (aproximadamente cinco mil pesos). En efecto, la comunidad no puede hacer frente actualmente a los costes asociados al consumo eléctrico, por lo que no es posible incrementar las horas de operación de la instalación. Consecuentemente, para cubrir las necesidades de agua durante las horas en las que la instalación no se encuentra en funcionamiento, las familias emplean técnicas de almacenamiento del recurso en tanques de plástico, produciéndose derrames y dando lugar a una contaminación por impurezas y agentes patógenos al estar expuestos a la atmósfera libre. Por ello, la actividad económica basada antiguamente en el cultivo de productos agrícolas y

tabaco se encuentra realmente limitada unido a la dispersión de enfermedades de carácter diarreico, problema recurrente en el municipio.

Se pretende ofrecer una mejora en las condiciones de vida que presentan actualmente los habitantes de la región, contribuyendo a la provisión de agua en condiciones de salubridad de manera permanente (servicio continuo).

## Estado del Arte

### Turbomáquinas

Las máquinas de fluido, tienen como función principal la transformación de energía proveniente de un fluido que las atraviesa. En concreto, las máquinas de fluido hidráulicas, emplean el agua como fluido de intercambio energético. Se caracteriza por ser un flujo incompresible, es decir, que mantiene su densidad durante el periodo de operación:

Atendiendo al principio de funcionamiento de las mismas, se puede realizar la siguiente clasificación:

- **Bombas de desplazamiento positivo (máquinas volumétricas):** El mecanismo de intercambio de energía se basa en la variación del volumen de la cámara. Se caracterizan por suministrar un caudal que no es constante, alcanzándose mayor uniformidad de suministro mediante el uso de varias en paralelo. Son adecuadas para instalaciones de alta presión y caudales reducidos. En cada ciclo completo, el órgano propulsor genera un volumen dado o cilindrada.
- **Turbomáquinas (máquinas rotodinámicas)** dispositivos en los que se produce un intercambio de energía con un fluido que circula a través del rotor giratorio de forma continua, produciéndose una variación en la cantidad de movimiento del mismo por acción de la máquina.

Las turbo-máquinas se pueden clasificar atendiendo a varios criterios:

Según la **dirección del flujo** aparecen los siguientes tipos de bombas rotodinámicas:

- **Bombas radiales:** La trayectoria seguida por el fluido es perpendicular al eje de rotación de la máquina.
- **Bombas axiales:** La trayectoria seguida por el fluido es paralela al eje de rotación de la máquina. La trayectoria está contenida en un cilindro.
- **Bombas diagonales:** La trayectoria seguida por el fluido posee componente paralela y perpendicular al eje de rotación de la máquina (trayectoria diagonal). Se forma un cono coaxial al eje del rodete.

Según el **número de etapas** o escalonamientos, cabe destacar los siguientes tipos de turbomáquinas:

- **Bombas simples: Poseen solo un escalonamiento.**
- **Bombas compuestas:** Poseen múltiples escalonamientos.

Según el número de flujos de aspiración:

- **De simple aspiración:** flujo único.
- **De aspiración doble:** dos flujos.

En lo que se refiere a la posición del eje de la máquina rotodinámicas existen máquinas de eje horizontal, vertical o de eje inclinado.

Finalmente, según la presión o altura suministrada, las turbomáquinas se pueden clasificar en:

- Bombas de baja presión: Comprenden presiones entre los 20 - 25 mca.
- Bombas de presión media: Comprenden presiones entre los 20 -60 mca.
- Bombas de alta presión: Comprenden presiones superiores a los 60 mca.

### Elementos constructivos de las bombas rotodinámicas

Las turbomáquinas son dispositivos que proporcionan energía extraída de un fluido en movimiento mediante los álabes o hélices de la misma. El intercambio de energía se produce de manera continua, transformándose la energía mecánica que entra por un eje en energía cinética y de presión que se le comunica al fluido o viceversa. El principio de funcionamiento de esta máquina es la ecuación de Euler. Se caracterizan por ser máquinas dinámicas, apropiadas para caudales superiores a los de las bombas de desplazamiento positivo. Los principales elementos constructivos de las mismas son los siguientes:

- **Eje:** Encargado de la transmisión de la potencia mecánica desde el eje del motor hasta el rodete.
- **Rodete o impulsor:** Órgano intercambiador de la energía por medio del principio de la conservación de la cantidad de movimiento angular, a través del cual se da un flujo continuo de fluido.
- **Estator:** Corona con paletas o álabes fijos encargada del control de la dirección del flujo y de la transformación del fluido en presión y viceversa. No se produce intercambio de energía con el fluido.

- **Carcasa:** envolvente de la máquina que supone una barrera de presión y un soporte estructural para la máquina.
- **Sistema difusor:** Sistema que guía el fluido desde su salida del rodete hasta la salida de la bomba. En su interior se produce la transformación de energía cinética en energía de presión. Caben destacar los sistemas difusores en forma de caja de espiral, las coronas directrices y el cono difusor.
- **Sistema de estanqueidad o empaquetadura de la bomba:** Sistema con capacidad de asegurar el aislamiento y el hermetismo de la máquina. Entre los elementos principales cabe destacar retenes, cierres mecánicos y los cierres laberínticos.
- **Cojinetes:** soportes del eje.
- **Bridas de entrada y de salida:** conexión entre la máquina y las tuberías.

### Aplicaciones de las turbomáquinas

Las instalaciones de bombeo se emplean en numerosos campos de la industria destacando en los siguientes ámbitos:

- **Industria textil:** Se emplean bombas de dosificación y de medición para controlar los procesos de teñido de los tejidos, de decoloración y para la supervisión del pH del agua utilizada para el lavado de prendas compuestas de tejidos sintéticos.
- **Industria alimenticia:** Se emplean instalaciones que se caracterizan por su alta resistencia a la corrosión, accesibles para la limpieza y mantenimiento y con sistemas de lubricación estancos.
- **Industria química:** Se emplean bombas con distintas características en función de la naturaleza y composición de la materia en cuestión. En este sector, se emplean materias primas que tienden a almacenarse en taques, existiendo diseños muy especializados en función de la naturaleza de los fluidos en cuestión (fluidos con sólidos en suspensión, metales fundidos...).
- **Gaseoductos:** Actualmente el consumo de gas se encuentra en fase de crecimiento por lo que es necesario el desarrollo de sistemas que permitan su bombeo de largo recorrido.
- **Estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR):** los sistemas de bombeo se emplean en la gestión de aguas residuales ya que tienen un coste de mantenimiento reducido. En concreto, se utilizan bombas rotodinámicas de flujo mixto o axial ya que permiten la operación a presiones reducidas en sistemas a distinta escala. Destaca su uso para el desalajo de aguas negras de las ciudades.
- **Industria siderúrgica:** Se emplean sistemas de larga duración compuestos por materiales de alta resistencia. Cabe destacar su aplicación en los servicios de suministro de agua, remoción de escoria, enfriamiento de hornos y de molinos...

## Tipologías existentes de sistemas de bombeo

Existen dos tipos de instalaciones de bombeo empleadas actualmente: instalaciones con bombas en seco e instalaciones con bombas sumergibles.

- **Bombas en seco:** Consisten en máquinas generadoras cuya superficie no se encuentra sumergida en el líquido a bombear por lo que el mantenimiento asociado a las mismas es más cómodo y barato. Sin embargo, estas bombas se caracterizan por presentar un montaje (vertical u horizontal) más complicado ya que deben contar con un tubo de aspiración de unión con el colector de fluido.
- **Bombas sumergibles:** Se caracterizan por poseer la ventaja de proporcionar una capacidad de elevación superior ya que su operación no depende de la presión de aire externa. Por ello, son adecuadas para instalaciones con bajos niveles de NPSH disponible o ligadas a elevadas alturas de aspiración. Además, del análisis de las ventajas constructivas se deduce que este tipo de bombas ocupan menos superficie. Su consumo eléctrico es inferior al de las bombas en seco. Sin embargo, conllevan un mantenimiento más complicado puesto que son difícilmente accesibles y suponen la extracción completa de la tubería para su revisión/repación y presentan problemas de corrosión más frecuentes. Una alternativa es su montaje en instalaciones en seco, solución recomendada para lugares tendentes a sufrir inundaciones o vertidos descontrolados de líquidos para asegurar el funcionamiento permanente.

Dado que la extracción de agua se realizará de pozos profundos, parece conveniente la aplicación de bombas sumergidas de múltiples etapas. Además, los recursos de la población son limitados y éstas consumen menos energía en su accionamiento que las bombas en seco. Para la regulación de la circulación de agua a través de la instalación se emplearán las válvulas adecuadas a cada aplicación (inicio, retención, obstrucción parcial...)

## Curvas características de las bombas

La operación de las bombas se puede describir mediante sus ecuaciones características obtenidas experimentalmente y proporcionadas por el fabricante.

- **Curva H-Q:** Representa la altura a la que la máquina puede impulsar diferentes caudales. Se calcula para una velocidad constante de giro de la bomba y para un diámetro impulsor determinado. Se puede obtener la familia de curvas H-Q ensayando la bomba para distintos diámetros del rodete impulsor.

$$H = H_{\text{util}} - H_{r-\text{int}} = A - BQ^2$$

*Ecuación 1: Altura efectiva de una bomba*

Siendo:

H: Altura efectiva de la bomba.

$H_{\text{útil}}$ : Altura útil a la que la bomba puede impulsar un caudal determinado.

$H_{r\text{-int}}$ : Pérdida de altura debido a las pérdidas por rozamiento ( $H_{rr}$ ) y a las pérdidas por choque a la entrada al rodete y entrada a la corona directriz si existiera ( $H_{rc}$ ).

$$H_{r\text{-int}} = H_{rr} + H_{rc}$$

*Ecuación 2: Pérdidas de carga en el interior de la bomba*

A y B: Obtenidos mediante ensayos a velocidad constante ( $n = \text{cte}$ ). La determinación de estos valores permite predecir el comportamiento de la misma bomba en otra instalación, aplicar las leyes de semejanza para el giro de la bomba a distintas velocidades y estudiar bombas geoméricamente semejantes.

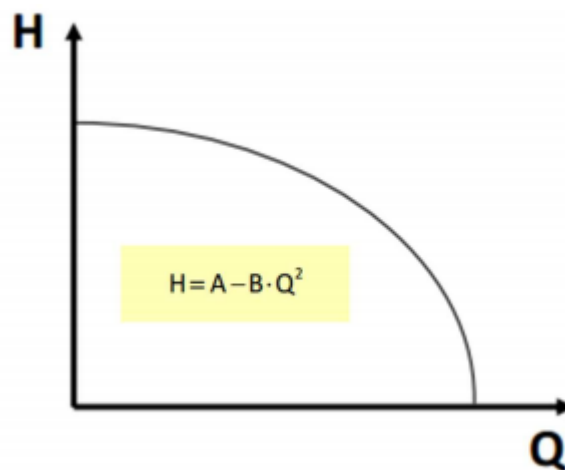


Figura 4: Curva característica de una bomba rotodinámica

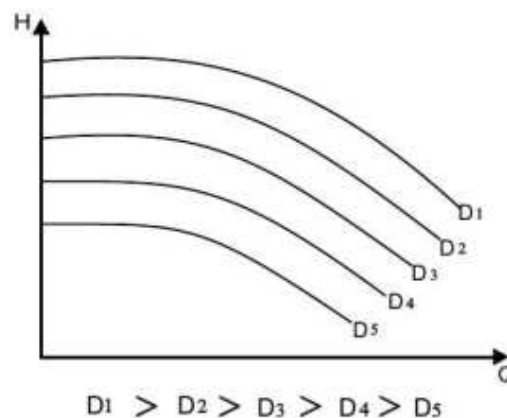
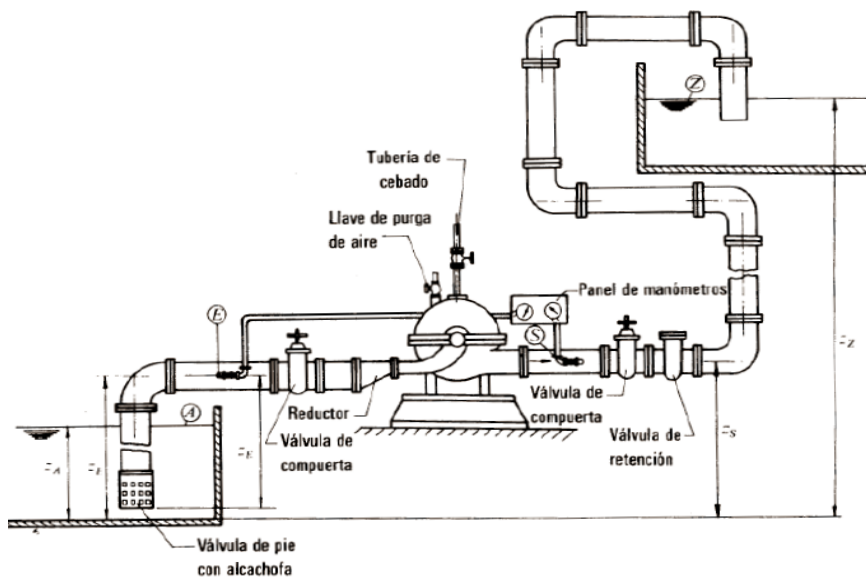


Figura 5: Ejemplo de familia de curva H-Q para distintos diámetros del rodete

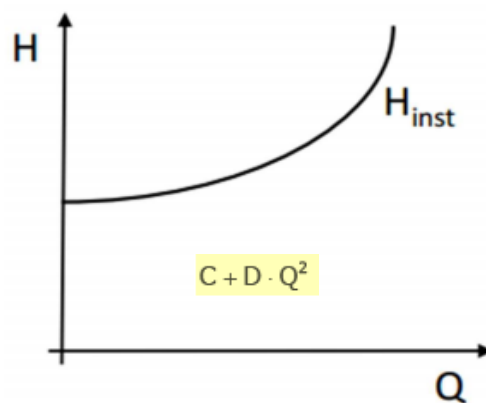
- Curva  $H_{inst}$ :** Representa los puntos de operación de la instalación. En ella, se refleja la caída de presión que tiene lugar como consecuencia del rozamiento a lo largo de la longitud total de las paredes de las tuberías (función del diámetro, longitud y de la rugosidad interna), de las propiedades del propio flujo (temperatura, viscosidad, velocidad) y de los elementos presentes en la instalación (válvulas, equipos...). Se basa en la ecuación de Bernoulli y presenta la siguiente ecuación:

$$H = \frac{p_z - p_A}{\rho g} + z_z - z_A + H_{rA-e} + H_{rs-z} = C + DQ^2$$

*Ecuación 3: Altura manométrica de una bomba obtenida a partir de la ecuación de Bernoulli*



*Figura 6: Esquema ejemplo de una instalación de bombeo*



*Figura 7: Curva característica de la instalación*

- Punto de funcionamiento:** Representa el punto de corte entre la curva característica de la bomba y la curva de la instalación. Por lo tanto, representa el punto de trabajo de la máquina

seleccionada. El objetivo de cualquier instalación es hacer coincidir el punto de funcionamiento con el punto de rendimiento máximo en la medida de lo posible.

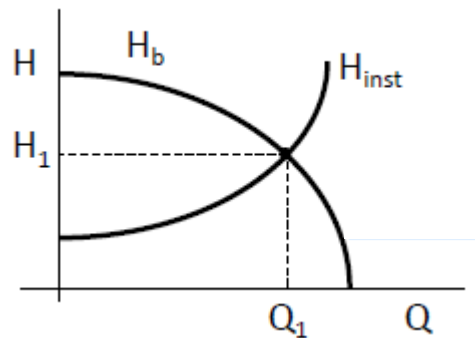


Figura 8: Punto de funcionamiento de una instalación

## Válvulas

Las válvulas son elementos de control y regulación de fluido. Dichos dispositivos mecánicos, impiden de forma parcial o completa la circulación del mismo a lo largo de una instalación.

En efecto, para el funcionamiento de una instalación, se debe controlar no solo el estado y sentido de la marcha y paro sino que también el esfuerzo máximo desarrollado y la velocidad de movimiento. Las válvulas son las responsables de llevar dicho control. Por ello, las funciones principales de estos dispositivos mecánicos se resumen a continuación:

- Elemento regulador del caudal
- Elemento regulador de presión: protección contra sobrepresiones y depresiones. Constituye un elemento de seguridad para la instalación.
- Elemento de retención
- Aislamiento de tramos de conducción

Atendiendo a la función principal llevada a cabo por la válvula, se pueden distinguir los siguientes tipos:

- Válvulas de control de caudal: Su función es ajustar el caudal circulante a un valor constante inferior al que la instalación podría alcanzar. Destacan las válvulas estranguladoras y las válvulas de regulación de caudal compensadas en presión.
- Válvulas de control de la dirección del flujo: Destacan las válvulas antirretorno, que son válvulas de asiento que proporcionan un bloqueo hermético en uno de los sentidos del flujo, permitiendo la libre circulación en el sentido opuesto. Además, cabe destacar las válvulas de

vías o distribuidoras que modifican el movimiento del fluido permitiendo controlar su dirección.

- Válvulas de control de presión: Ejercen un control sobre la presión del fluido en los distintos puntos de la instalación. Pueden limitar tanto la presión máxima de la instalación (válvulas de seguridad, válvulas de contrapresión, válvulas de freno, válvulas de secuencia...) como regular o reducir la presión.

## Pérdidas

El principio de Bernoulli supone la base para el cálculo de las pérdidas en una instalación. Este, establece que para un flujo ideal en un conducto cerrado libre de los efectos de viscosidad y de las pérdidas ligadas al rozamiento, la energía permanece constante en todo su recorrido.

Analizando las pérdidas que tienen lugar, se distinguen las pérdidas primarias, que están ligadas a la viscosidad del fluido (rozamiento fluido-fluido) y se obtienen a través de la ecuación de Darcy, y las pérdidas secundarias, debidas al desprendimiento de la capa límite y asociada a cambios importantes de velocidad en elementos auxiliares de la instalación, estrechamientos o ensanchamientos.

En concreto en el interior de una bomba rotodinámica se dan las siguientes pérdidas entre la entrada y salida del fluido:

- **Pérdidas hidráulicas:** Ligadas al rozamiento de superficie y de forma que tiene lugar a lo largo de la circulación del fluido por el interior de la bomba. Se trata de pérdidas primarias y secundarias. Tienen lugar entre la entrada y la entrada al rodete, dentro del rodete, en la corona directriz si existiera, en la caja de espiral y entre la caja de espiral y la salida del fluido. Adquieren especial importancia a la entrada del rodete o de la corona directriz si la velocidad relativa de entrada no coincide con la tangente al álabe.
- **Pérdidas volumétricas:** Pérdidas de caudal. Pueden ser pérdidas exteriores cuando el fluido escapa por el juego entre la carcasa y el eje de la bomba (corregidas con elementos de estanqueidad) o pérdidas interiores cuando aparece un caudal de cortocircuito que absorbe energía del rodete (corregidas con cierres laberínticos).

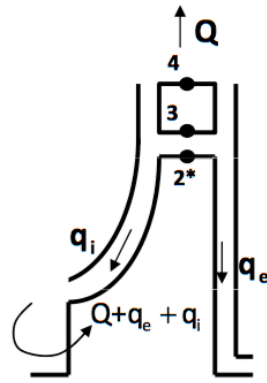


Figura 9: Pérdidas volumétricas presentes en una bomba rotodinámica

- **Pérdidas mecánicas:** Presentes en todo tipo de máquina y abarcan las pérdidas por rozamiento en cojinetes y entre el eje y el prensaestopas, transmisión y accionamiento de los elementos auxiliares de la misma

### Contaminación de aguas subterráneas

El agua subterránea tiene su origen en la lluvia, parte de la cual se infiltra directamente a través del Suelo o desde ríos y lagos, por grietas y poros de las unidades roca-sedimento, hasta alcanzar un nivel impermeable que no la deja descender más.

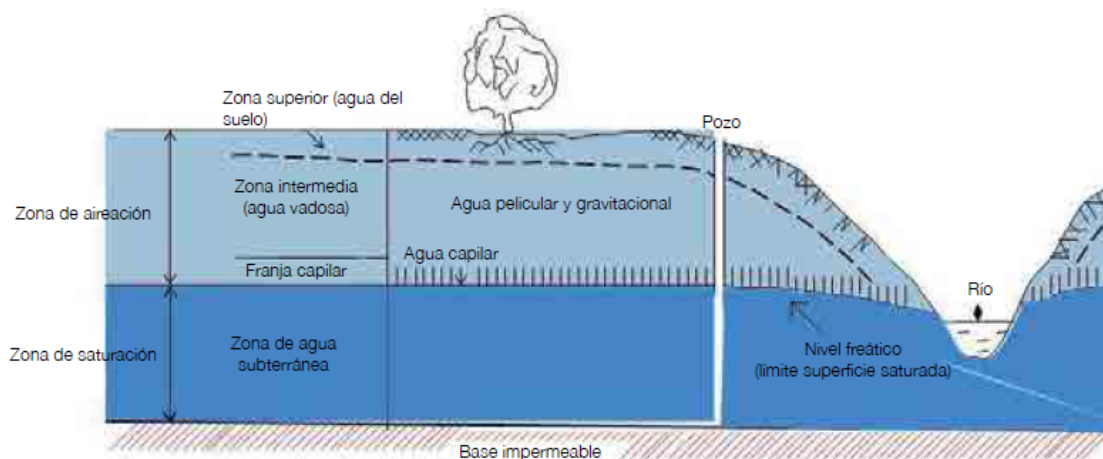


Figura 10: Distribución del agua en el subsuelo

Las aguas subterráneas, constituyen la fuente principal de suministro para nuestro proyecto. Se encuentran menos expuestas a agentes contaminantes que las aguas superficiales pero si se ven afectadas por los mismos, estos son más difíciles de eliminar ya que poseen un ritmo de renovación

más lento. Se pueden distinguir dos tipos de procesos contaminantes: los puntuales que afectan a zonas localizadas, y los difusos que provocan contaminación dispersa en zonas amplias. Entre los procesos de contaminación del agua destacan los siguientes:

- **Intrusión marina:** Desplazamiento del agua dulce debido al movimiento de agua salada tierra adentro. Se produce un desplazamiento de la interfase entre ambas aguas. El agua estará salinizada si la captación llega a la zona de mezcla o incluso del agua salada. Puede producirse un cono ascendente por bombeo de agua.
- **Filtraciones de vertidos de lixiviados** provenientes de residuos urbanos y fugas de agua residuales, vertederos industriales, derrubios de minas, depósitos de residuos radioactivos o de alta toxicidad...
- **Filtraciones de residuos** provenientes de pozos sépticos y acumulaciones de purines en granjas.
- **Fertilizantes y pesticidas:** Uso excesivo en prácticas agrícolas o forestales.

### Normativa de Calidad de Agua

El Real Decreto RD 1541/1994 establece que el agua destinada al consumo humano será salubre y limpia si no contiene ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que comprometa y ponga en riesgo la salud humana, de tal manera que se cumplan los siguientes requisitos especificados a continuación:

- Parámetros microbiológicos

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
1. <i>Escherichia coli</i> .....	0 UFC en 100 ml	
2. <i>Enterococo</i> .....	0 UFC en 100 ml	
3. <i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) ..	0 UFC en 100 ml	1 y 2

Figura 11: Valores de los parámetros microbiológicos límite para agua potable

• Parámetros químicos

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
4. Antimonio .....	5,0 µg/l	1
Hasta el 31/12/2003 ...	10,0 µg/l	
5. Arsénico .....	10 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l	
6. Benceno .....	1,0 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
7. Benzo(α)pireno .....	0,010 µg/l	
8. Boro .....	1,0 mg/l	
9. Bromato:		
A partir de 01/01/2009	10 µg/l	
De 01/01/2004 a	25 µg/l	
31/12/2008 .....	— µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
10. Cadmio .....	5,0 µg/l	
11. Cianuro .....	50 µg/l	
12. Cobre .....	2,0 mg/l	
13. Cromo .....	50 µg/l	
14. 1,2-Dicloroetano .....	3,0 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
15. Fluoruro .....	1,5 mg/l	
16. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA) ...	0,10 µg/l	
Suma de:		
Benzo(b)fluoranteno ....	µg/l	
Benzo(ghi)perileno .....	µg/l	
Benzo(k)fluoranteno ....	µg/l	
Indeno(1,2,3-cd)pireno ..	µg/l	
17. Mercurio .....	1,0 µg/l	2
18. Microcistina .....	1 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
19. Níquel .....	20 µg/l	3
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l	
20. Nitrato .....	50 mg/l	3 y 4
21. Nitritos:		
Red de distribución .....	0,5 mg/l	
En la salida de la ETAP/depósito .....	0,1 mg/l	
22. Total de plaguicidas .....	0,50 µg/l	5 y 6
23. Plaguicida individual .....	0,10 µg/l	
Excepto para los casos de:		
Aldrín .....	0,03 µg/l	
Dieldrín .....	0,03 µg/l	
Heptacloro .....	0,03 µg/l	
Heptacloro epóxido .....	0,03 µg/l	
24. Plomo:		
A partir de 01/01/2014	10 µg/l	
De 01/01/2004 a	25 µg/l	
31/12/2013 .....	50 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l	

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
25. Selenio .....	10 µg/l	7 y 8
26. Trihalometanos (THMs):		
Suma de: .....		
A partir de 01/01/2009	100 µg/l	
De 01/01/2004 a	150 µg/l	
31/12/2008 .....	— µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
Bromodiclorometano ...	µg/l	
Bromoformo .....	µg/l	
Cloroformo .....	µg/l	
Dibromoclorometano ...	µg/l	
27. Tricloroetano + Tetracloroetano .....	10 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
Tetracloroetano .....	µg/l	
Tricloroetano .....	µg/l	

Figura 12: Valores límite parámetros químicos para agua potable

Así, el Real Decreto RD 927/1988 establece tres categorías de calidad de agua en función de los tratamientos necesarios para su potabilización para el consumo humano:

- **Categoría A1:** Necesario tratamiento físico simple y desinfección.
- **Categoría A2:** Necesario tratamiento físico normal, tratamiento químico y proceso de desinfección.

- **Categoría A3:** Necesario tratamiento físico y químico intensivos, afino y proceso de desinfección.

## Procesos y tratamientos de agua

Para llevar a cabo la potabilización del recurso hídrico, existen actualmente una serie de tratamientos. Para el diseño de la instalación de la planta de potabilización, se empleará una potabilizadora compacta cuyo efluente será apropiado para el consumo humano. Para ello se llevará a cabo la determinación de la calidad del agua afluente (A1, A2, A3) para la selección del tratamiento apropiado. Actualmente se consideran las siguientes fases y procesos de tratamiento de agua:

**Fase de pretratamiento:** en esta fase se encuentran el desbaste, almacenamiento, aireación y el pretratamiento químico.

1. **Desbaste:** Proceso empleado para eliminar las partículas de gran tamaño presentes en el líquido afluente. Según la calidad del agua a tratar, se pueden emplear elementos tales como las rejillas de gruesos ( $d=25\text{mm}$  y separación de 100 mm), las rejillas de finos (utilizado después del almacenamiento y compuesto por tamices o mallas de 6mm de diámetro) o el microtamizado (mallas de 20 a 40  $\mu\text{m}$ ).
2. **Almacenamiento:** Etapa solo necesaria cuando existen cambios estacionales severos, o variaciones de caudal considerables. Su principal función es la homogenización del líquido. Se caracteriza por la reducción de los agentes patógenos presentes en la mezcla, y la sedimentación de una porción de los sólidos en suspensión. Operación óptima entre siete y diez días.
3. **Aireación:** Proceso realizado para aumentar la proporción de oxígeno presente en el agua a tratar. De esta manera, se elimina la presencia de  $\text{H}_2\text{S}$  causante del olor y sabor, se libera el exceso de  $\text{CO}_2$  y se precipitan las sales de Fe y Mn. Se distinguen dos métodos de aireación: por escalonamientos de caída de agua en cascada o por pulverización de agua.
4. **Pre-oxidación:** Esta fase es necesaria si la muestra posee algas. En lo que se refiere al proyecto a desarrollar, no es necesario puesto que se trata de aguas subterráneas y no hay riesgo de eutrofización.
5. **Pretratamiento químico:** El proceso contribuye a la eliminación del olor y sabor (materia orgánica, eliminación de patógenos). Existen dos métodos: carbón activo, adecuado para muestras que poseen algas y compuestos orgánicos en exceso, o tratamiento de pre-cloración, adecuado para aguas con mucha materia orgánica o con contaminación de origen industrial o agrícola. Este proceso supone un gasto económico mayor al post-tratamiento.

**Fase de tratamiento estándar:** Se incluyen los procesos de sedimentación, coagulación y floculación con decantación secundaria, filtración y desinfección del agua a potabilizar. El objetivo principal es reducir la turbidez y la presencia de microorganismos y agentes patógenos.

1. **Sedimentación:** Proceso de decantación primaria que se basa en el principio de gravedad para la separación de las partículas sólidas sedimentables.
2. **Coagulación, floculación y decantación secundaria:** El objetivo del proceso es facilitar la sedimentación de las partículas coloidales no sedimentables. Esta etapa comienza con la etapa de coagulación en la que se añade una sustancia coagulante a máxima velocidad en un mezclador que neutraliza la carga eléctrica, formándose un microflóculo. A continuación, se procede a la floculación, en la que se da un crecimiento por agregación de partículas en suspensión, formándose flóculos. Finalmente, se emplea una segunda decantación en la que se produce la sedimentación de los sólidos agregados.
3. **Filtración:** Se trata de una etapa que debe estar presente en toda ETAP. Consiste en el empleo de un medio poroso para retener partículas y microorganismos patógenos que no han sedimentado en las fases previas de tratamiento. Se pueden emplear diversos tipos de filtros entre los que destacan el filtro lento de arena y los filtros rápidos.
4. **Desinfección:** Su finalidad es alcanzar la destrucción de los agentes patógenos restantes en la mezcla. Para ello, se emplean agentes desinfectantes que se caracterizan por ser tóxicos para los patógenos pero inofensivos para los animales superiores, producen una alta tasa de mortandad en patógenos en un tiempo reducido, son persistentes (actúan en las redes de distribución) y fácilmente medibles y dosificables. Existen diversos tratamientos de desinfección entre los que cabe destacar el de cloración (limitado por el PH del agua ya que se debe tener en cuenta la curva característica del  $\text{Cl}_2$  y presenta problemas de persistencia); tratamiento de dióxido de cloro, que es más oxidante que el cloro y no produce ni olor ni sabor. Además, su capacidad de desinfección no está limitada por el PH del agua pero no es persistente; Tratamiento con cloraminas cuya capacidad depende del PH del agua a tratar pero presenta alta persistencia; el ozono y la radiación UV que se caracteriza por ser el desinfectante más agresivo pero de menor persistencia.



Figura 13: Curva de demanda del cloro para tratamientos de desinfección

### Fase de tratamientos específicos:

Por otro lado, existen una serie de tratamientos específicos para la obtención de agua de calidad excepcionalmente alta, para la eliminación de contaminantes concretos y para el uso de agua urbana. Por ello, serán necesarios para nuestra instalación. Entre ellos se distinguen los siguientes:

1. **Separación de Fe y Mn** provenientes de la disolución de rocas en la descomposición anaerobia de materia orgánica. Se puede solucionar por aireación si el origen se debe a falta de oxígeno o con pre oxidación si existe gran exceso de dichas sustancias. En ausencia de algas, si la oxidación no fuera suficiente, estas sustancias se podrían eliminar en el tratamiento de coagulación + floculación + decantación secundaria.
2. **Dureza (Ca<sup>2+</sup> o Mg<sup>2+</sup>):** corrosivo para las redes de distribución de la instalación, produciendo problemas de bloqueos. Se pueden utilizar reactivos químicos que producen la solidificación de la cal o resinas sintéticas que producen intercambio iónico.
3. **Pesticidas, hidrocarburos, carbón orgánico o metabolitos de algas:** Se empleará carbón activo en polvo o en gránulo en función de las condiciones.

### Motivación

Colombia es un país situado en la región noroccidente de América del Sur que posee una superficie total de 1 141 748 km<sup>2</sup>. Se encuentra ubicado en el trópico y posee costas en el Océano Pacífico y en el Atlántico. La situación socio-política del país en la época contemporánea, se caracteriza por la presencia de conflictos armados internos que se prolongaron durante unos cincuenta años, y que han supuesto una pérdida importante de población y del grado de desarrollo del país. Consistió en un enfrentamiento entre los partidarios liberales y conservadores fomentados por la desigualdad social, corrupción y la falta de tolerancia características del país.

El municipio de El Salado se encuentra 100 kilómetros al sureste de la ciudad de Cartagena. Históricamente, se caracteriza por ser una de las localidades más prósperas de la región. Su actividad económica se basaba principalmente en el cultivo de tabaco y otros productos agrícolas. En la década de los años noventa, se desencadenó un conflicto armado que provocó un proceso de desintegración social y económica de gran relevancia en la región, lo que culminó en la huida de los habitantes y el territorio quedó abandonado. El proceso de repoblación de la ciudad se desencadenó a partir del año 2001 y actualmente la población cuenta con 1208 habitantes beneficiarios de dicho proyecto.



*Figura 14: Acceso a agua potable en Colombia*

Por lo tanto, la motivación principal del proyecto es ofrecer una mejora en las condiciones de vida que presentan actualmente los habitantes de la región, contribuyendo a la provisión de agua en condiciones de salubridad de manera permanente. La falta de suministro de agua de calidad, produce la aparición de diversas enfermedades que derivan en la desnutrición severa, y el desarrollo limitado de la población. En efecto, según establece la OMS, aproximadamente 1,1 mil millones de personas en el mundo carecen de acceso a fuentes de agua mejorada lo que produce problemas de enfermedades diarreicas y condiciones extremas de pobreza. Para reducir la carga de enfermedad causada por estos factores de riesgo es de vital importancia proveer acceso a cantidades suficientes de agua segura e instalaciones para el saneamiento y potabilización del agua junto a la promoción de prácticas seguras de higiene.

Con el desarrollo de este proyecto, se pretende la recuperación económica y la reconstrucción del municipio de El Salado.

## Objetivos del Proyecto

El principal reto del proyecto es proporcionar un suministro de agua permanente apto para el consumo urbano de la población colombiana de El Salado. Para ello, se tratará de alcanzar la consecución de los siguientes objetivos:

- Selección de unas prestaciones para la instalación que aseguren la continuidad de funcionamiento de la misma, optimizando la eficiencia y rendimiento con el objetivo de reducir el consumo de energía. Dado que los recursos accesibles de la población son limitados, se debe asegurar la posibilidad de operación a bajo consumo. Se estudiará la aplicación de baterías de condensadores o variadores de frecuencia en la instalación para mejorar la eficiencia de la instalación.
- Creación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que garantice la durabilidad y conservación de la instalación a largo plazo. Dado que se emplearán bombas sumergibles se tratará de reducir el tiempo de actuación en caso de contingencia.
- Desarrollo de un proyecto sostenible que garantice el respeto al medio ambiente y reduzca el impacto sobre el capital humano, natural, económico y social. Para ello, se realizará un análisis no solo intrageneracional sino que también intergeneracional y se asegurará la distribución equitativa entre los distintos capitales.

## Diseño de la instalación de bombeo

### Descripción de la instalación de bombeo

Para desarrollar el proyecto de bombeo y potabilización del agua, se considerará en todo momento que se deben minimizar los costes y el mantenimiento ligados al mismo para asegurar la viabilidad del proyecto.

La instalación captará el recurso hídrico subterráneo por medio de dos pozos de distinta profundidad y lo bombeará hasta un primer depósito situado a una altura que aproveche el efecto de la gravedad para vencer las pérdidas y conducir el agua hasta la unidad compacta potabilizadora y posteriormente hasta un segundo depósito desde el que se realizará la distribución de agua potable saneada. De esta manera, se evitará la necesidad de emplear bombas adicionales de tal manera que se minimicen los posibles fallos en la instalación y con ello el mantenimiento asociado a los mismos.

Así, la instalación constará de un primer depósito situado a cota máxima, seguido de una unidad ETAP que se encontrará a un nivel de altura intermedio entre los dos depósitos y finalmente un segundo depósito situado a una cota superior a la del punto de distribución del agua. Por lo tanto, se aprovechará la energía potencial del sistema.

Para controlar la orden de marcha y paro de la instalación de bombeo, el primer depósito contará con sensores de nivel máximo y nivel mínimo eléctricos. Cada bomba contará con tres posiciones de flotador asociadas y existirán dos flotadores extra de seguridad. Así, los sensores de nivel o flotadores enviarán una señal de 4-20 mA al cuadro eléctrico de la instalación para automatizar la secuencia paro-marcha de las bombas de captación de agua. Los flotadores, se conectarán al guardamotor que enviará la señal de activación y parada a las bombas tras obtener la información de las boyas. De esta manera, cuando se alcance el nivel máximo en el primer depósito, se enviará orden de paro (4 mA) a las bombas de captación para que detengan la captación del recurso hídrico. Si por el contrario, el nivel del depósito alcanza el nivel mínimo, se enviará orden de marcha a las bombas de captación. En este momento, se activará la captación de agua procedente del sistema de bombeo A mientras que el bombeo procedente del sistema B se mantendrá en reserva a menos que el nivel del depósito siga cayendo debido a una demanda elevada de recurso, a escasez de agua procedente de los pozos ligados al sistema de bombeo A o a un fallo en el paralelo de bombas de captación activadas. Si a pesar de emplear las dos fuentes de recurso el nivel del depósito sigue descendiendo, se activará el flotador de seguridad que enviará orden de paro a la potabilizadora compacta hasta conseguir desactivar de manera estable el sistema de bombeo de reserva.

Si el ciclo comienza con el sistema de bombeo A en funcionamiento, con un consumo de agua inferior al ritmo de captación de agua, el primer depósito aumentará su volumen hasta alcanzar el nivel máximo, instante en el que se enviará orden de paro al sistema de bombeo A. Con todas las bombas en reposo, se iniciará una nueva secuencia de bombeo.

Para aplicar un factor de funcionamiento similar a las dos bombas, se mandará una señal al guarda motor para alternar las bombas tras finalizar cada secuencia. Así, se alternará la designación de los sistemas de bombeo A y B, modificándose por lo tanto en cada secuencia el sistema de bombeo en reserva y el activo. Se considerará que un ciclo ha finalizado cuando el flotador de seguridad informe del alcance del nivel de parada del sistema de bombeo A.

Tras el primer depósito se situará a nivel inferior la estación potabilizadora que llevará el agua captada hasta las condiciones de salubridad exigidas por el RD 140/2003 y la dirigirá aprovechando el efecto de la gravedad, hasta el segundo depósito desde el que se realizará la distribución de agua para el consumo. El segundo depósito contará con un flotador de accionamiento mecánico con dos posiciones de nivel que controlarán la apertura y cierre de las válvulas para la regulación del consumo. El nivel superior regulará la apertura de las válvulas de suministro mientras que el inferior controlará el cierre de las mismas. Por lo tanto, cuando el nivel del segundo depósito descienda por debajo del nivel mínimo, se enviará orden de cierre a las válvulas de suministro, evitando daños en la estación

potabilizadora, que se mantendrá activa hasta alcanzar el nivel superior. En este momento, se enviará orden de apertura de las válvulas de suministro, permitiendo abastecer la demanda desde el chafariz.

### Automatización de la captación de agua de la instalación de bombeo

Para la conseguir la automatización de la instalación, se empleará un sistema de flotadores de nivel. Su funcionamiento consiste en:

- Detección de nivel mínimo de agua: En el momento en el que se alcanza el límite inferior del nivel de agua en el primer depósito de la instalación, el flotador cae de tal forma que cierra un circuito encargado de enviar una señal de activación al guarda-generator. El flotador contará con una esfera metálica de acero en su interior encargada de realizar la conmutación tras accionar una palanca que desencadena el cambio de los contactos del interruptor.
- Detección del nivel máximo de agua: Cuando el nivel de agua del primer depósito alcanza la boya superior, se envía una señal de paro al guarda motor.

### Diseño de la instalación de bombeo

#### Localización de la instalación de bombeo

Como se ha especificado en los apartados anteriores, la instalación de bombeo estará situada en el poblado de El Salado en Colombia, para garantizar el acceso al agua potable de los 1250 habitantes que actualmente ocupan esta región.

#### Caudal de la Instalación

Para respetar la cantidad óptima de agua potable establecida por la Organización Mundial de la Salud, cada habitante del poblado de El Salado debería tener acceso a un consumo diario de 100 litros. Además, se incluirá un margen en el diseño de la instalación para contabilizar las posibles fluctuaciones en la población. El número de habitantes de El Salado es de 1208 personas, distribuidas en 110 familias. Tomaremos en total una población de 1250 habitantes. Por lo tanto, el caudal necesario a impulsar por la instalación es de:

$$Q = \frac{100 \text{ l}}{\text{habitante} \times \text{día}} \times 1250 \text{ habitantes} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

*Ecuación 4: Cálculo del caudal de la instalación de bombeo*

$$Q = 1,44 \text{ l/segundo}$$

### Profundidad de los pozos

El recurso hídrico a emplear en la instalación procede de aguas subterráneas originada a partir de la acumulación de infiltraciones a través de grietas y poros en el suelo. En el subsuelo aparecen formaciones geológicas (unidades roca-sedimento) porosas o fracturadas que contienen agua en sus intersticios. Con el paso del tiempo, se producen acumulaciones de agua que rellenan los acuíferos, produciéndose circulaciones de agua a favor del gradiente, hasta encontrar un nivel de salida a la superficie en puntos definidos o difusos.

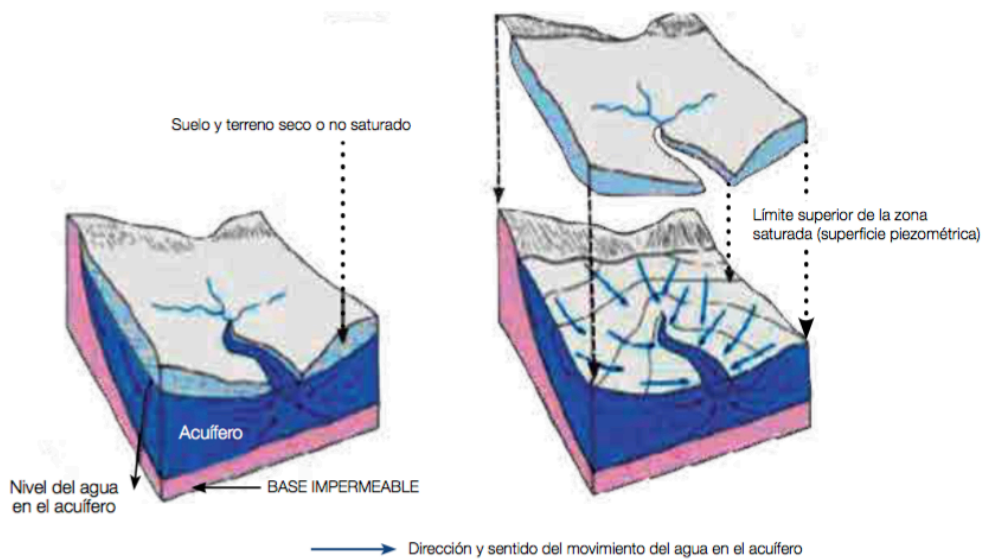


Figura 15: Esquema de circulación permanente de aguas subterráneas

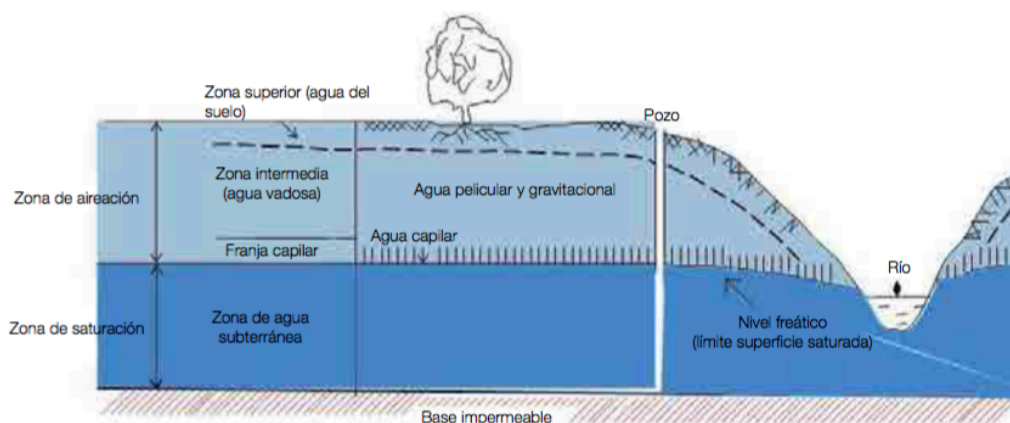


Figura 16. Distribución del recurso hídrico en el subsuelo

La acumulación del agua en los denominados acuíferos puede ser explotada mediante la perforación y el empleo de bombas para su extracción. Cuando se realiza una perforación que atraviesa los acuíferos, el agua contenida pasa al pozo hasta alcanzar el nivel piezométrico.

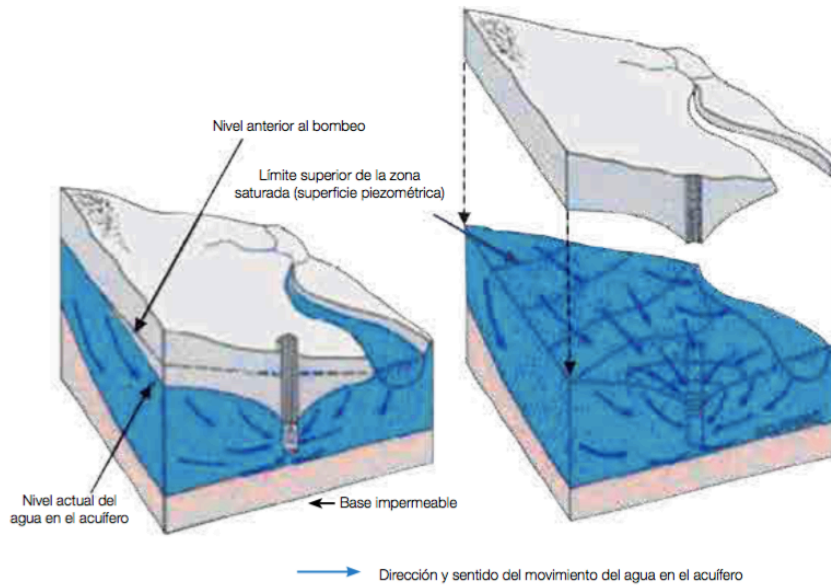


Figura 17: Modificación del flujo de agua subterráneas por efecto de captaciones

Para la captación de aguas subterráneas como fuente de alimentación de la instalación de bombeo, se emplearán los siguientes pozos:

- **Pozo de poca profundidad (< 50 metros):** La profundidad establecida para acceder a los acuíferos más superficiales de la zona será de 30 metros. Se obtendrá el 50% del recurso hídrico por medio de este pozo. Para la extracción del agua subterránea se emplearán bombas sumergibles de tipo abs/sulzer.
- **Pozo de gran profundidad (> 50 metros), "deep-well":** La profundidad establecida para acceder a los acuíferos de mayor profundidad será de 150 metros. Se obtendrá el 50% del recurso hídrico restante para abastecer a la población. Para su extracción se emplearán bombas de tipo lápiz (grundfos/aturia).

### Diseño de los pozos de captación de agua

Para el dimensionado de los pozos de captación de agua, se debe tener en cuenta que desde el punto de vista económico, se deben construir lo más pequeños posible, es decir, deben poseer el volumen útil mínimo posible que se establece en función del número de bombas que alberga, la

potencia de las misma y los caudales de trabajo. Así, se analizará el número de arranques por hora de las bombas, que determinarán las dimensiones inferiores necesarias para el dimensionado de los pozos ya que se debe considerar el calentamiento sufrido por el motor de arranque de las mismas, pues este debe disiparse previo a un nuevo proceso de arranque para evitar problemas de aislamiento.

Arranques/hora	
Potencia, kW	Arranques/hora
<11	12 – 20
11 a 37	10 – 17
37 a 110	8 – 14
110 a 160	7 – 12
>160	5 - 10

Tabla 1: Número de arranques por hora recomendado en función de la Potencia Nominal de los motores

Dado que la potencia de las bombas es inferior a los 11 kW, se considerará un número de arranques por hora medio de 15 arranques/hora. A continuación, se calcula el periodo entre dos arranques consecutivos:

$$T = \frac{3600}{n^{\circ} \text{ arranques/hora}} = \frac{3600}{15} = 240 \text{ segundos}$$

Ecuación 5: Periodo entre arranques consecutivos de la bomba

Por lo tanto, el volumen útil mínimo necesario para los pozos de captación de agua se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen mínimo} = \frac{T \times Q}{4} = \frac{240 \times 1,44}{4} = 86,4 \text{ litros}$$

Ecuación 6: Volumen mínimo necesario para los pozos de captación de agua

A continuación, para seleccionar las dimensiones de los pozos de captación de agua, se intentará minimizar las mismas teniendo en cuenta el volumen mínimo recomendado ya que ampliarlas excesivamente puede generar zonas del mismo sin movimiento y velocidades de aproximación a las bombas muy reducidas. El punto de partida es la elección de la forma de la planta de los pozos de captación de agua. Se ha decidido que sean de planta circular, ya que es la forma más recomendadas para instalación de caudales reducidos. Se tendrá en cuenta la situación de las bombas en el interior de los pozos de captación con respecto a la entrada del fluido, entre ellas y con respecto a las paredes de los pozos con el objetivo de impedir la formación de vórtices, eliminar el aire presente en el fluido a bombear y conseguir un flujo lo más cercano al laminar posible. Por ello, se evitará la entrada directa del fluido a las bombas o a sus cables de alimentación y se dirigirá el fluido en dirección perpendicular hacia las bombas.

En lo que se refiere a la eliminación del aire disuelto en el agua a bombear y en la consecución de un régimen más cercano al laminar, se instalará una pantalla deflectora que actuará disminuyendo la energía cinética.

Se tendrán en cuenta las siguientes cotas recomendadas para pozos de captación de agua de planta circular:

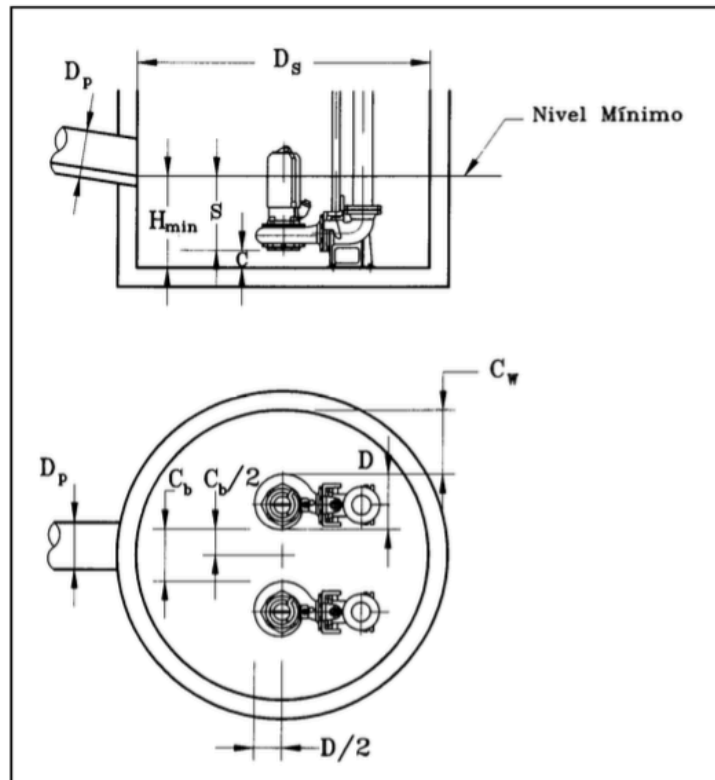


Figura 18: Dimensiones recomendadas para pozos de planta circular (Fuente: ABS, manual para el proyectista)

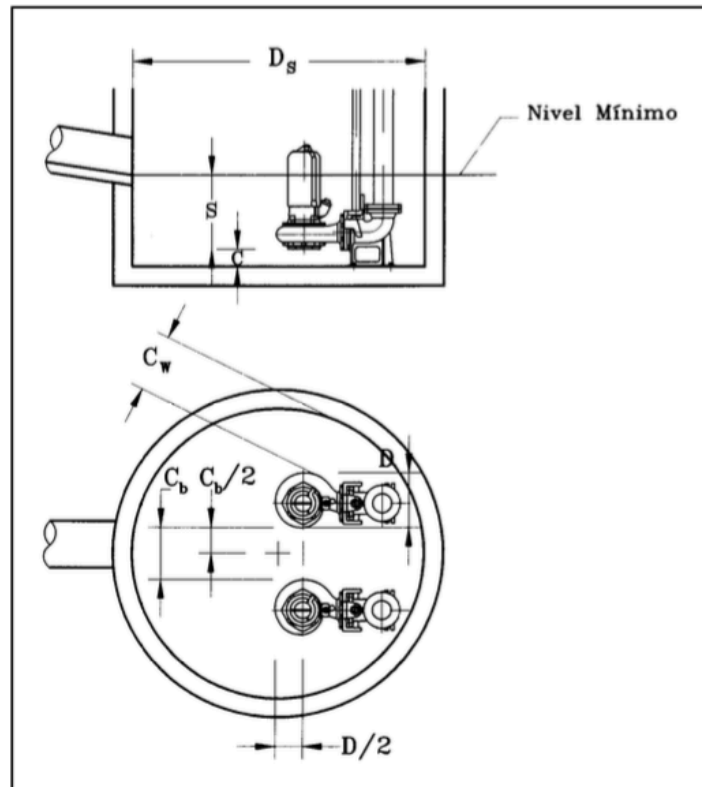


Figura 19: Recomendaciones para las dimensiones de pozo de planta circular (Fuente: ABS, manual para el proyectista)

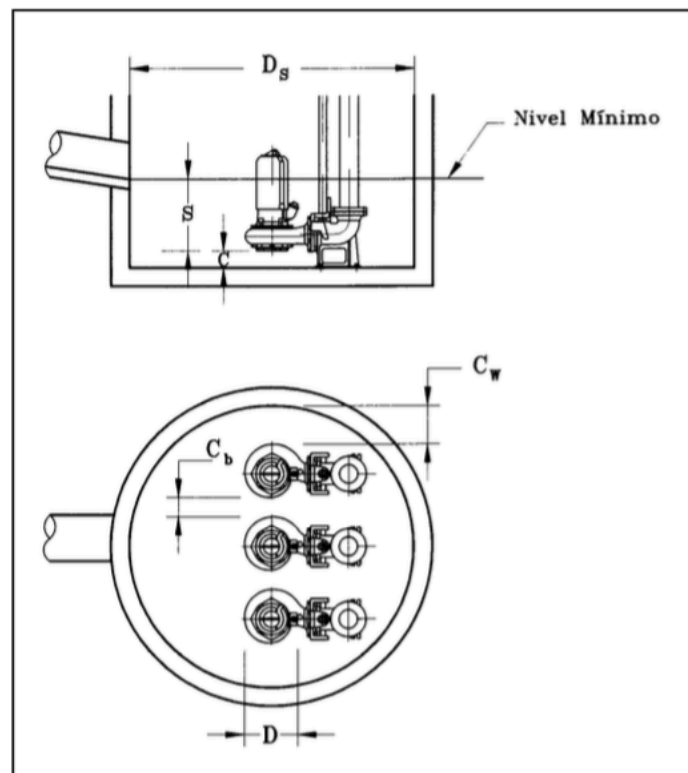


Figura 20: Recomendaciones para las dimensiones de pozo de planta circular (Fuente: ABS, manual para el proyectista)

Dimensiones de pozos de bombeo de planta circular		
Cota	Descripción	Valor recomendado
C	Distancia entre fondo y entrada a la bomba	0,3 – 0,5 D
D	Diámetro exterior de la voluta	
H <sub>min</sub>	Altura mínima de agua en el pozo	S + C
S	Sumergencia mínima de la voluta	Ver ecuación (*)
C <sub>b</sub>	Distancia mínima entre volutas adyacentes	> 0,25 D ó 100 mm
C <sub>w</sub>	Distancia mínima entre voluta y muro próximo	> 0,25 D ó 100 mm
D <sub>s</sub>	Diámetro interior del pozo	
D <sub>p</sub>	Diámetro del colector de llegada	
L <sub>p</sub>	Longitud recta libre del tubo de llegada	5 D <sub>p</sub>

Tabla 2: Dimensiones de pozos de bombeo de planta circular ( Fuente: ABS, manual del proyectista)

Diámetro interior recomendado (D <sub>s</sub> )	
2 bombas alineadas en el diámetro	$D_s = 2D + 2C_w + C_b$
2 bombas descentradas	$D_s = 2,5D + 2C_w + C_b$
3 bombas alineadas en el diámetro	$D_s = 3D + 2C_w + 2C_b$

Tabla 3: Diámetro interior recomendado para los pozos de planta circular ( Fuente: ABS, Manual para el proyectista)

Atendiendo a las recomendaciones anteriores, se comenzará eligiendo el diámetro interior D<sub>s</sub> para los pozos de captación de agua. Dado que la instalación cuenta con dos sistemas de bombeo, cada uno con tres bombas dispuestas en paralelo (2+1 de reserva). Por lo tanto se empleará la siguiente ecuación para el cálculo del diámetro interior de los pozos de captación de agua:

$$D_s = 3D + 2C_w + 2C_b$$

Ecuación 7: Diámetro interior recomendado para un sistema con tres bombas alineadas en el diámetro

Se calcularán las dimensiones de los pozos de captación de agua a continuación:

#### Pozo 1 ( Sistema de captación de poca profundidad):

$$D = 240 \text{ mm}$$

Ecuación 8: Diámetro exterior de voluta bombas del primer sistema de bombeo

$$C = 0,4 \times D = 0,4 \times 240 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$$

Ecuación 9: Distancia entre el fondo y la entrada de la bomba del pozo 1

$$C_w = 0,25 \times D = 0,25 \times 240 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

Ecuación 10: Distancia mínima entre voluta y muro próximo del pozo 1

$$C_b = 0,25 \times D = 0,25 \times 240 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

Ecuación 11: Distancia mínima entre volutas adyacentes en el pozo 1

$$Q_p = 1,44 \frac{l}{s} = 0,00144 \frac{\text{m}^3}{s}$$

*Ecuación 12: Caudal unitario del primer sistema de bombeo*

$$S = D + \frac{0,935 \times Q_p}{D^{1,5}} = 0,240 + \frac{0,935 \times 0,00144}{0,240^{1,5}} = 0,2515 \text{ m}$$

*Ecuación 13: Distancia entre el nivel mínimo y la voluta en metros del pozo 1*

$$H_{\min} = S + C = 251,5 \text{ mm} + 96 \text{ mm} = 347,5 \text{ mm}$$

*Ecuación 14: Altura mínima de agua en el pozo 1*

$$D_s = 2D + 2C_w + C_b = 2 \times 240 + 2 \times 0,25 \times 240 + 2 \times 0,25 \times 240 = 720 \text{ mm}$$

*Ecuación 15: Diámetro interior para el primer pozo*

### **Pozo 2 ( Sistema de captación de mucha profundidad):**

$$D = 240 \text{ mm}$$

*Ecuación 16: Diámetro exterior de voluta bombas del primer sistema de bombeo*

$$C = 0,4 \times D = 0,4 \times 240 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$$

*Ecuación 17: Distancia entre el fondo y la entrada de la bomba del pozo 1*

$$C_w = 0,25 \times D = 0,25 \times 240 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

*Ecuación 18: Distancia mínima entre voluta y muro próximo del pozo 1*

$$C_b = 0,25 \times D = 0,25 \times 240 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

*Ecuación 19: Distancia mínima entre volutas adyacentes en el pozo 1*

$$Q_p = 1,44 \frac{1}{s} = 0,00144 \frac{\text{m}^3}{s}$$

*Ecuación 20: Caudal unitario del primer sistema de bombeo*

$$S = D + \frac{0,935 \times Q_p}{D^{1,5}} = 0,240 + \frac{0,935 \times 0,00144}{0,240^{1,5}} = 0,2515 \text{ m}$$

*Ecuación 21: Distancia entre el nivel mínimo y la voluta en metros del pozo 1*

$$H_{\min} = S + C = 251,5 \text{ mm} + 96 \text{ mm} = 347,5 \text{ mm}$$

*Ecuación 22: Altura mínima de agua en el pozo 1*

$$D_s = 2D + 2C_w + C_b = 2 \times 240 + 2 \times 0,25 \times 240 + 2 \times 0,25 \times 240 = 720 \text{ mm}$$

*Ecuación 23: Diámetro interior para el segundo pozo*

Por lo tanto, ambos pozos tendrán las mismas dimensiones exceptuando la profundidad, siendo la profundidad del primer pozo de 30 metros ( pozo de poca profundidad) y la del segundo de 150 metros.

### Diseño de redes hidráulicas (tuberías)

Atendiendo al Código Técnico de Salubridad de Suministro de Agua (HS4), para la selección de los materiales de tuberías y accesorios destinados a suministro de agua, se emplearán aquellos que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el Real Decreto 140/2003. De esta manera los materiales se caracterizarán por:

- No producir efectos sobre la potabilidad, olor, color ni sabor del agua de suministro.
- Presentar resistencia frente a la corrosión interior.
- Presentar eficacia de operación en las condiciones de servicio previstas.
- Ante la combinación de varios materiales, estos no deben presentar incompatibilidad electroquímica.
- Presentar resistencia a temperaturas de hasta 40 °C y a las temperaturas exteriores del entorno envolvente.
- Presentar un envejecimiento, fatiga, durabilidad y restantes propiedades mecánicas y físico-químicas, que no comprometa la vida útil prevista para la instalación.

Para cumplir los requisitos de salubridad, se emplearán revestimientos y sistemas de protección o tratamiento de agua.

En cuanto al mantenimiento, las redes hidráulicas dispuestas se diseñarán de manera que sean accesibles para su manutención y posible necesidad de reparación. Para ello, las redes de tuberías serán visibles, alojadas en huecos o patinillos registrables o dispondrán de arquetas o registros accesibles.

Para la selección de los materiales a emplear, se garantizará el equilibrio entre el precio de venta del mismo, la facilidad de transporte y su manejo e instalación. Las recomendaciones según la normativa se muestran en la siguiente tabla:

Materiales de las tuberías para suministro de agua			
Material	Den.	Norma	Año
Acero galvanizado	Galva	UNE 19.047	1996
Cobre	Cu	UNE-EN 1.057	1996
Acero inoxidable	Inox	UNE 19.049	1997
Fundición dúctil	H <sup>º</sup> F <sup>º</sup>	UNE-EN 545	1995
Policloruro de vinilo no plastificado	PVC	UNE-EN 1.452	2000
Policloruro de vinilo clorado	PVC-C	UNE-EN ISO 15.877	2004
Polietileno	PE	UNE-EN 12.201	2003
Polietileno reticulado	PE-X	UNE-EN ISO 15.875	2004
Polibutileno	PB	UNE-EN ISO 15.876	2004
Polipropileno	PP	UNE-EN ISO 15.874	2004
Multicapa polímero/aluminio/polietileno resistente a temperatura	P/AL/PE-RT	UNE 53.960 EX	2002
Multicapa polímero/aluminio/polietileno reticulado	P/AL/PE-X	UNE 53.961 EX	2002

Tabla 4: Tabla para la selección de materiales de las redes hidráulicas para consumo humano (Fuente: Código Técnico de la Salubridad)

Así, se descartará el uso del acero galvanizado, acero inoxidable, el cobre y la fundición dúctil, puesto que presentan un precio y un peso elevado, lo que a su vez encarece los gastos de transporte.

En cuanto a los materiales PVC, estos se caracterizan por ser ligeros y baratos pero son frágiles y su uso está limitado por la temperatura de servicio requerida.

Por ello, compararemos las ventajas e inconvenientes entre el uso de un material de tipo Polietileno de alta densidad PEHD, los multicapa o el desarrollo de los mismos (PRFV).

#### **Polietilenos de alta densidad (PEHD):**

##### **Ventajas:**

- Presentan un peso ligero, lo que reduce los costes de transporte y manipulación. Además, requieren menores recursos mecánicos para su instalación.
- No presentan problemas de oxidación ni de corrosión.
- Presentan una instalación sencilla y económica.
- Presentan una larga vida útil y bajo coste de mantenimiento.
- No admiten incrustaciones de carbonatos ni de otros compuestos químicos.
- Admiten varios métodos de unión: soldadura, electro fusión, pero no deben roscarse.
- Son reciclables

##### **Inconvenientes:**

- Presentan una resistencia a la temperatura del agua limitada, debiendo asegurar la posibilidad del servicio continuo.

- No son resistentes al fuego, por lo que presentan problemas de combustión. Una posible solución es enterrarlos a una profundidad mínima de 0.8 metros o emplear revestimientos ignífugos.
- Problemas de ovalación y de rápida propagación de fisuras, que se acentúa con el aumento del diámetro del tubo.
- Imposibilidad de pegar o roscar dado que no resisten las tensiones originadas en la unión.
- Material dependiente del petróleo para la obtención del material plástico.
- Presentan un alto coeficiente de dilatación.

**Materiales multicapa:** Son una combinación de tres capas poliméricas en su estructura, a saber: Una capa exterior de polietileno (PE), aluminio (AL) que hace de barrera al oxígeno y una capa interior de polietileno reticulado (PEX).

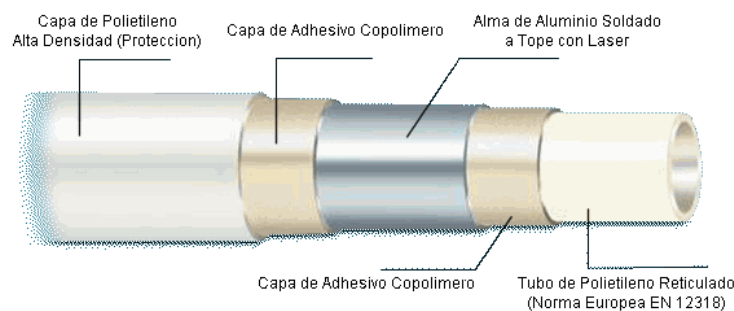


Figura 21: Materiales multicapa

#### Ventajas:

- Alta resistencia a temperaturas elevadas de hasta 95°C en servicio continuo y picos de hasta 110°C.
- No necesitan protección y presentan la capacidad de dilatación sin necesidad de una cámara de aire.
- Presentan un precio inferior a las tradicionales tuberías de cobre.
- Presentan una barrera anti oxígeno que ralentiza los problemas de oxidación de los elementos metálicos de la instalación.
- Son ligeras y fáciles de instalar gracias a la posibilidad de curvatura en frío y a que mantienen la deformación cuando se les da forma.
- Presentan resistencia ante altas presiones (hasta 10 Kg/ cm<sup>2</sup> a 95 °C )
- Presentan una dilatación mínima, eliminando los problemas de las tuberías plásticas.
- Presentan una mayor vida útil.

**Material PRFV** (Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio): constituidos por distintas fabricadas con resina de poliéster insaturado, fibras de vidrio y cargas inertes.

**Ventajas:**

- Presentan mayor resistencia a la corrosión, por lo que las tuberías de dicho material tienen una larga vida útil de servicio. No necesitan revestimientos ni otros medios de protección contra la corrosión como recubrimientos, protección catódica o envolturas.
- Presentan costes de mantenimiento bajos y no precisan de estudios o mediciones de corrosión.
- Presentan una estructura ligera.
- Presentan resistencia a abrasión
- Se caracterizan por presentar propiedades hidráulicas que se mantienen constantes en el tiempo.
- Presentan excelentes propiedades hidráulicas, ya que el acabado liso de la superficie interior reduce las pérdidas de carga ligadas a la fricción. Esto reduce la energía necesaria de bombeo y por lo tanto los costes de funcionamiento. Además, se puede obtener la misma velocidad de flujo con redes de menor diámetro que las necesarias en una instalación de tubos metálicos o de hormigón.
- Presentan bajos costes de limpieza ya que se evita la acumulación de lodos en el interior de las tuberías. Por otro lado, reducen los costes de diseños especiales para soportar presiones elevadas o sobrecargas de presión por golpes de ariete, debido a la baja celeridad de la onda.
- Se caracterizan por presentar unas condiciones flexibles, lo que posibilita resistir a picos de presión por golpe de ariete de hasta el 40% superior a la presión de diseño. Además, son aptas para ser enterradas a distintas profundidades y en distintos tipos de suelo.
- Se caracterizan por ser resistentes a cargas sísmicas y absorben asentamientos estructurales.
- Permiten uniones de alta estanqueidad que evitan los problemas de infiltraciones y exfiltraciones. Además, la instalación de manguitos, bridas y juntas laminadas es sencilla, debido a la facilidad de acoplamiento, por lo que se reducen costes y tiempos de instalación. Las tuberías de dicho material, permiten pequeñas variaciones de dirección sin necesidad de uso de accesorios o ajustes diferenciales.

**Inconvenientes:**

- Precio de fabricación más elevado.

Por lo tanto, atendiendo al equilibrio entre el precio, facilidad de instalación, resistencia y durabilidad de la instalación, seleccionaremos tuberías de suministro de agua de polietileno de alta densidad, dado que como se ha analizado anteriormente, presentan las propiedades que más se ajustan a las necesidades de operación de la instalación de bombeo. El material se caracteriza por ser un plástico termoestable que mantiene su estabilidad dimensional en un medio caliente.

La normativa que recoge las exigencias que deben cumplir son:

- **UNE EN 12 201-1:2003:** Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE). Generalidades, tubos, accesorios y válvulas.
- **ISO 4427 3 2008 Tubos de Polietileno**

Para el dimensionado de las redes hidráulicas, se tomarán las siguientes limitaciones de diseño:

- **Limitación de pérdida de carga:** Se tomará una pérdida de carga máxima de 300 Pa /m (30mmca) y se asemejará el comportamiento de los materiales PRFV al del material PVC en lo que se refiere al cálculo de pérdidas de carga.
- **Limitación de velocidad:** La velocidad de circulación del fluido estará comprendida entre los 0,5 m/s y los 2m/s, para evitar excesos de pérdidas de carga y excesos de coste de la instalación.

Dimensionado de tuberías		
Tuberías	Velocidad (m/s)	
	Mínima	Máxima
Metálicas	0,5	2,0
Termoplásticas*	0,5	3,5
*Se incluyen las tuberías multicapa		
Apartado 4.2.1 (HS4)		

Tabla 5: Velocidades para el dimensionamiento de tuberías (Fuente: Código Técnico de Salubridad HS4)

### Altura manométrica (Pérdidas de carga de la instalación)

Se pretende aprovechar la energía potencial en la instalación, de tal manera que se dispondrá el primer depósito a cota máxima. Dicho depósito, almacenará el agua captada de los pozos subterráneos previo al tratamiento de potabilización y controlará la orden de marcha y paro de las bombas de captación en función del nivel de agua del mismo.

De esta manera, se establecerá una cota de 20 metros sobre el nivel del terreno para el primer depósito.

A continuación, se muestra un esquema de la instalación:

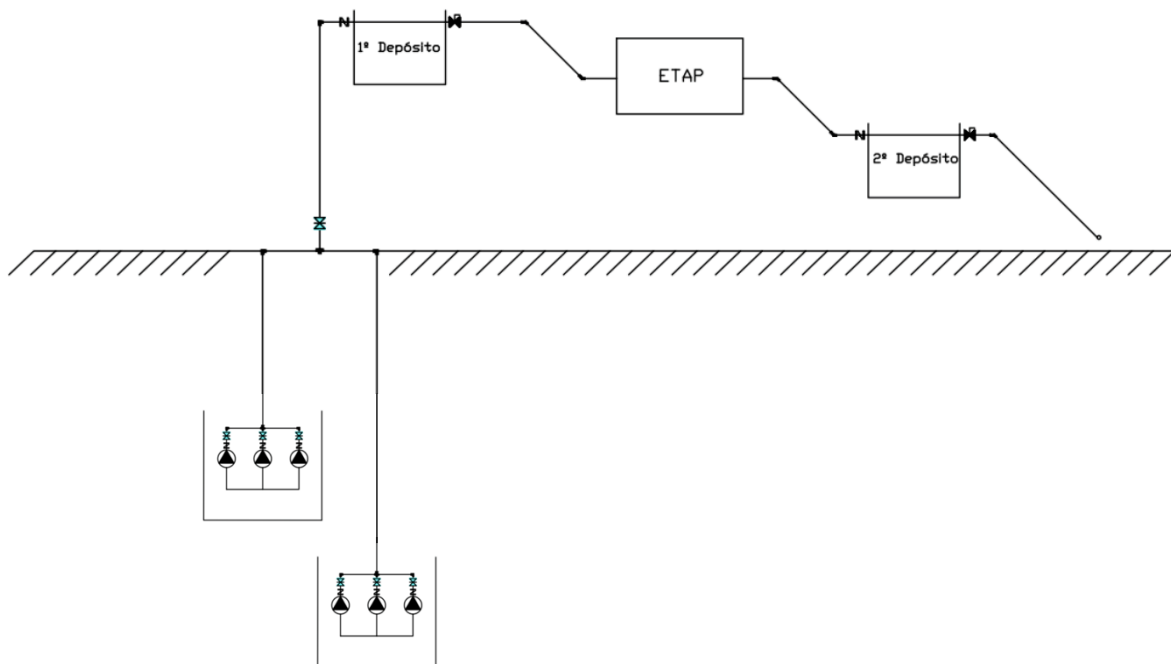


Figura 22: Esquema de la instalación de bombeo

### Selección de válvulas

Para nuestra instalación de bombeo, se emplearán válvulas antirretorno y válvulas de cierre (tipo mariposa y tipo bola) como elementos de seguridad y regulación. Dado que se van a emplear bombas sumergibles, no será necesario comprar válvulas antirretorno por separado para el correcto funcionamiento de las mismas, ya que incluyen una de por sí.

- **Válvulas antirretorno:** Permiten la circulación del fluido a lo largo de la instalación en un sentido único. Son válvulas de control direccional de una sola vía que controlan que no haya retroceso de fluido cuando las bombas estén paradas. Se colocarán a la salida de cada una de las bombas, pero como se ha establecido anteriormente, las bombas sumergibles incluyen la válvula antirretorno. Por otro lado, se colocará una válvula antirretorno a la entrada de cada uno de los depósitos para evitar el retroceso del fluido hacia etapas anteriores de la instalación de bombeo. En nuestra instalación, se empleará la tipología mariposa ya que presentan las siguientes ventajas:
  - Presentan alta resistencia mecánica.
  - Son ligeras, compactas y de coste reducido.
  - Presentan un número de piezas móviles mínimo.
  - Permiten el cambio de la junta de estanquidad sin necesidad de desmontar la válvula de la tubería.
  - Presentan una línea de estanquidad continua.

- Presentan una baja necesidad de mantenimiento y se limpian por si solas.
  - Sin embargo, habrá que tener cuidado con los problemas de cavitación ligados a las mismas.
- **Válvulas de cierre tipo compuerta:** Se encargan de regular la apertura y corte de circulación del fluido. Su función no pretende regular el caudal a lo largo de la instalación sino que permite la realización de tareas de mantenimiento y reparación en la misma sin interrumpir el funcionamiento de otros ramales no afectados por el incidente a corregir. Por lo tanto, permanecerán plenamente abiertas o cerradas. Se colocará una válvula de este tipo a la salida de cada una de las bombas en la instalación y tras el colector. Se seleccionará la tipología de compuerta debido a que presentan las siguientes ventajas:
    - Cierre de alta hermeticidad.
    - Son ligeras, presentan un precio bajo y presentan un diseño y funcionamiento sencillos.
    - Presentan poca resistencia a la circulación del fluido (en posición de apertura).
  - **Válvulas de cierre de tipo bola:** Se colocan como elemento de seguridad tras cada depósito. Consisten en válvulas de corte que permiten o impiden el suministro de agua a los depósitos. Se ha seleccionado esta tipología de válvulas ya que presentan las siguientes características:
    - Capacidad de corte bidireccional.
    - Presentan alta capacidad, bajo coste y son compactas.
    - Presentan escasas fugas (cierre hermético a baja torsión).
    - Requieren poco mantenimiento, no es necesaria su lubricación y se limpian por si solas.
  - **Válvulas motorizadas:** Se dispondrán para controlar la marcha-paro de las bombas de la instalación, por lo que se encontrarán siempre abiertas o cerradas del todo (abierta la correspondiente a la bomba en acción y cerradas las correspondientes a las bombas en estado de paro).
  - **Válvulas de des-aireación o venteo:** Para controlar la presencia de aire en el interior de la instalación se plantean dos posibles soluciones:
    1. Empleo de válvulas de venteo que permiten eliminar el aire presente en el interior de las tuberías, dispuestas de tal forma que exista una separación uniforme entre las mismas de aproximadamente 300 metros. Se asegurará especialmente la expulsión de aire en los puntos más elevados de la instalación puesto que en estos se da la acumulación máxima de aire.

2. Mantener las tuberías llenas de agua mientras que la instalación se encuentre parada, permitiendo de esta manera aumentar la separación entre las válvulas de venteo.

Para el diseño de nuestra instalación, dado que la segunda alternativa no presenta significativas ventajas económicas, se dispondrán válvulas de venteo cada 300 metros, asegurándose de esta manera la desaireación de la instalación.

### Selección de accesorios para la instalación

Los accesorios y las uniones cumplirán las mismas características que las propias tuberías.

- **Codos a 90°:** Se emplearán para modificar la dirección de circulación del fluido.
- **Codos a 45°:** Se emplearán para modificar la dirección de circulación del fluido en los tramos intermedios de conexión entre los depósitos.
- **Colectores**

### Selección de bombas

Atendiendo al código técnico de Salubridad HS, se dispondrán el siguiente número de bombas en función al caudal total requerido por la instalación de bombeo, excluyendo las bombas de reserva presentes en la misma:

- Dos bombas para caudales de hasta 10 dm<sup>3</sup>/s
- Tres bombas para caudales de hasta 30 dm<sup>3</sup>/s
- Cuatro bombas para caudales superiores a 30 dm<sup>3</sup>/s

Dado que para nuestra instalación de bombeo, se requiere un caudal de 1,44 dm<sup>3</sup>/s, se dispondrán dos bombas en serie más una tercera bomba adicional de reserva.

### Selección del primer depósito

La capacidad del primer depósito, debe permitir abastecer la demanda máxima que se puede dar en la instalación de bombeo. Dado que el punto de suministro de agua potable cuenta con diez grifos, se debe asegurar el acceso diario a agua potable para diez habitantes simultáneamente, exigiendo plenas necesidades de consumo (caudal máximo).

Dado que el caudal estimado por la OMS es de 100 litros diarios por habitante, siendo necesaria una capacidad total del depósito de 1000 litros. Para poder absorber posibles picos de demanda, se seleccionará un depósito con mayor capacidad (1250 litros). Se ha seleccionado el fabricante Endur tank, ya que los depósitos se encuentran certificados por WRAS.



Figura 23: Depósito de 6000 litros de capacidad (Fuente: Enduratank)

Las características del depósito seleccionado se resumen a continuación:

<b>Material</b>	Polietileno de densidad media
<b>Dimensiones</b>	Ø 1200 mm / Altura: 1200 mm
<b>Capacidad</b>	1250 litros
<b>Precio/unidad</b>	273,13 €

Tabla 6: Especificaciones del primer depósito de la instalación de bombeo (Fuente: Enduratank)

### Selección de la Estación de Tratamiento de Agua Potable (Potabilizadora Compacta)

Para potabilizar el caudal aproximado de 1,44 l/s, se empleará una potabilizadora compacta, ya que diseñar todas las etapas de una estación de tratamiento de agua supone incurrir en un coste más elevado. Además, estos dispositivos presentan la ventaja de poseer un mantenimiento sencillo, eliminando por lo tanto la necesidad de usuarios especializados para el mismo y garantizan el acceso a un efluente apto para el consumo humano. Entre los fabricantes de potabilizadoras compactas, se ha seleccionado. Entre las ventajas cabe destacar:

- Consumo mínimo de energía
- Operación completamente automática, minimizando la intervención humana en el proceso de potabilización del agua.

Se seleccionará Sahler como fabricante de la misma, ya que ofrece un precio muy competitivo. Dado que el caudal a potabilizar es de 1,44 l/s (5,184 m<sup>3</sup>/h), se seleccionara la potabilizadora compacta con una capacidad máxima de potabilización de 10 m<sup>3</sup>/h como se muestra en siguiente catálogo:

M3/H	LARGO [MM]	ANCHO [MM]	ALTO [MM]	POTENCIA INSTALADA	PESO* [KG]
0,5	2.000	1.100	1.200	2,4KW / 400V	204
1	2.100	1.100	1.500	2,4KW / 400V	378
3	2.100	1.400	2.000	2,4KW / 400V	507
5	2.200	1.800	2.300	3,2KW / 400V	836
10	2.200	2.100	2.450	5,3KW / 400V	1.573
15	3.000	2.250	2.450	7,0KW / 400V	1.980
20	3.400	2.500	2.300	8,5KW / 400V	2.213
25	3.600	2.700	2.300	9,5KW / 400V	3.315
30	4.100	2.700	2.300	11,5KW / 400V	3.708
35	4.500	2.900	2.300	11,5KW / 400V	5.152
40	5.000	3.200	2.300	14,5KW / 400V	6.892
45	5.000	3.200	2.300	14,5KW / 400V	6.908
50	4.250	3.200	1.600	16,5KW / 400V	7.212
60	4.300	3.500	1.600	18,5KW / 400V	7.911
70	4.300	3.700	1.700	22,5KW / 400V	9.966
80	4.800	4.000	1.800	27,5KW / 400V	12.111
90	4.800	4.400	2.000	29,5KW / 400V	14.234
100	5.300	4.500	2.200	33,0KW / 400V	16.244

Figura 24: Selección de la potabilizadora compacta (Fuente: Catálogo Sahler)

La unidad potabilizadora seleccionada está indicada para el tratamiento de aguas de calidad media procedentes de ríos, lagos, embalses o pozos. Su función es eliminar los sólidos en suspensión, la materia orgánica, turbidez y os microorganismos patógenos. Además, es capaz de eliminar el cloro libre, olores, sabores y adsorción de componentes orgánicos específicos.



Figura 25: Unidad Potabilizadora de Agua (Fuente: Sahler)

Así, la unidad potabilizadora se caracteriza por:

- Cumplir la normativa de agua potable R.D. 140/2003 y las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud.
- Poseer un filtro de alto rendimiento en PRFV con sistema de limpieza automático.
- Poseer un filtro de carbón activo en PRFV con sistema de limpieza automático.
- Poseer un filtro de anillas con distintos grados de filtraje.
- Poseer un sistema de desinfección y de control de calidad del agua constituido por una bomba de recirculación auto-aspirante con estación de cloración automática.

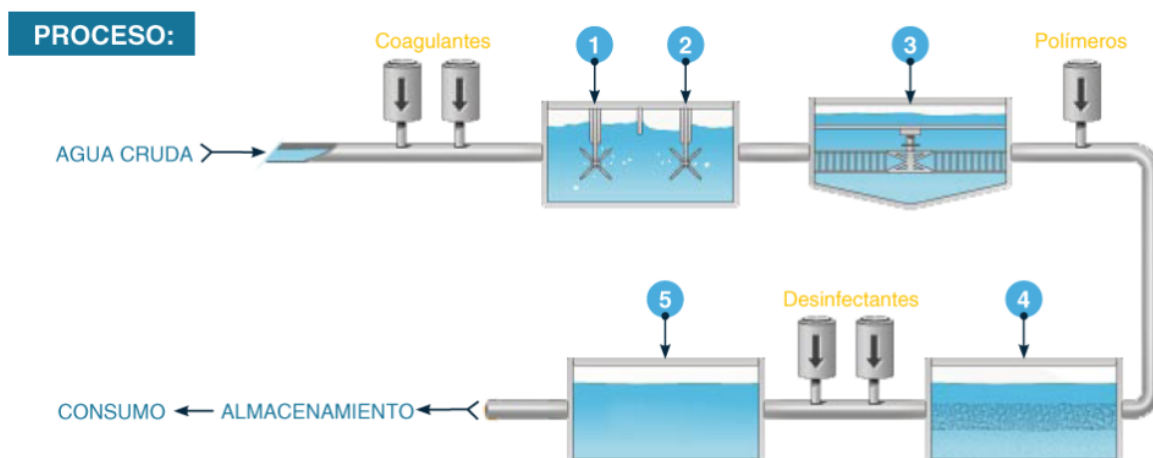


Figura 26: Proceso de tratamiento del agua para consumo humano

En cuanto a las especificaciones técnicas de la unidad compacta de potabilización:

<b>Caudal máximo tratable</b>	10 m <sup>3</sup> /h
<b>Origen del agua a tratar</b>	Agua dulce: Superficiales (rio, embalse, lagos, estanques), pozos.
<b>Dimensiones</b>	2200 mm x 2100 mm x 2450 mm
<b>Potencia instalada</b>	5,3 kW / 400V
<b>Precio</b>	7538 €/ unidad

*Tabla 7: Especificaciones técnicas de la unidad potabilizadora (Fuente:Sahler)*

### Selección del segundo depósito

Para la selección de este depósito, se debe tener en cuenta que las órdenes de marcha y paro de la potabilizadora suponen un gran desgaste. Por ello, para evitar arranques innecesarios en el caso en el que no se de un consumo de agua, el segundo depósito constará de un aliviadero, que permitirá la evacuación de excesos de agua.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el segundo depósito contará con un sistema de válvula de flotador que controlará la apertura y cierre de la circulación del agua hacia el consumo desde los grifos. Cuando el nivel del depósito caiga por debajo del nivel mínimo establecido, se cerrará la válvula de suministro hasta que se vuelva a alcanzar el nivel de apertura del suministro de agua potable.

Dado que se desea mantener la potabilizadora compacta en funcionamiento continuo a pesar de que no haya una demanda continua de agua, se realizarán taladros en el depósito a modo de aliviadero lateral, de modo que se eliminará a través de los mismos el exceso de agua presente en la instalación.

La capacidad del segundo depósito será igual a la del primer depósito, permitiendo abastecer la demanda máxima que se puede dar en la instalación de bombeo. Dado que el punto de suministro de agua potable cuenta con diez grifos y que el caudal estimado por la OMS es de 100 litros diarios por habitante, será necesaria una capacidad total del depósito de 1000 litros. Para poder absorber posibles picos de demanda, se seleccionará un depósito con mayor capacidad (1250 litros). Se ha seleccionado el fabricante Enduratank, ya que los depósitos se encuentran certificados por WRAS.



Figura 27: Depósito de 6000 litros de capacidad (Fuente: Enduratank)

Las características del depósito seleccionado se resumen a continuación:

<b>Material</b>	Polietileno de densidad media
<b>Dimensiones</b>	Ø 1200 mm / Altura: 1200 mm
<b>Capacidad</b>	1250 litros
<b>Precio/unidad</b>	273,13 €

Tabla 8: Especificaciones del segundo depósito (Fuente: Enduratank)

### Automatismos

#### Primer depósito

En lo que se refiere al primer depósito de agua, como se ha especificado anteriormente, la instalación de bombeo contará con un sistema de automatismos que controlarán la marcha y paro de los sistemas de bombeo presentes en la misma. Para ello, se emplearán válvulas de flotador que controlaran la activación y desactivación de las bombas en función del nivel de agua del primer depósito.

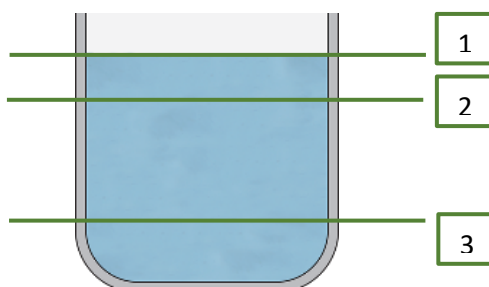


Figura 28: Niveles de referencia para las válvulas de flotador del primer depósito

Así, se dispondrán tres válvulas de flotador para el control del sistema de bombeo. Cuando el nivel del primer tanque sobrepase el nivel 1, se enviará orden de paro al sistema de bombeo que se encuentre en marcha en el momento analizado. Una vez iniciado el consumo de agua, el nivel en el depósito se reducirá y en el momento en el que se alcance el nivel 2, se activará alternativamente el sistema de bombeo A/B. Si el ritmo de consumo supera el ritmo de llenado del tanque (determinado por la capacidad de impulsión de la bomba), o existe una incidencia asociada a un problema técnico o a escasez de recurso hídrico, el nivel del tanque continuará reduciéndose hasta alcanzar el nivel 3. Tras alcanzar este nivel, el flotador de seguridad enviará orden de marcha a ambos sistemas de bombeo hasta alcanzar el nivel 2 de nuevo en el que se desactivará uno de los dos sistemas de bombeo.

### Segundo depósito

En cuanto al segundo depósito, se emplearán dos válvulas de flotador para controlar el consumo de agua de tal forma que si el nivel del tanque desciende por debajo de un límite mínimo establecido (nivel 1), se dará orden de cierre a la válvula de suministro, cortándose por lo tanto el acceso al agua desde las pilas. Se mantendrá cerrada la válvula mientras el nivel del tanque se encuentre por debajo del nivel 2. En el momento en el que se alcance el nivel 2, se volverá a dar orden de apertura de la válvula de suministro, proporcionando acceso a agua potable desde los grifos.

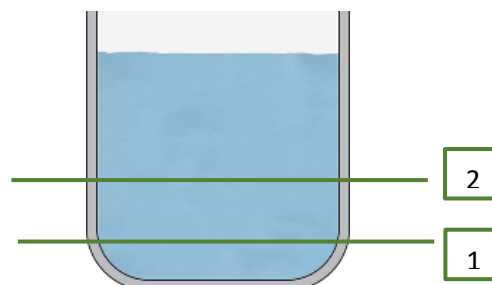


Figura 29: Niveles de referencia para las válvulas de flotador del segundo depósito

## II. Cálculos y dimensionado

## Contenido

Cálculo del caudal de la instalación .....	53
Dimensionado de la red hidráulica .....	53
Cálculo de la altura efectiva (pérdidas de carga en la instalación) .....	55
Selección de las bombas para la instalación de bombeo .....	62
Selección de válvulas.....	72
Selección de accesorios .....	75
Selección de reductores de acoplamiento de tuberías .....	78
Selección de accesorios para los depósitos .....	80
Selección de los grifos y pilas.....	84
Selección del grupo electrógeno.....	86
Selección del depósito de gasolina para .....	90

## Índice de figuras

Figura 31: Esquema de la instalación de bombeo .....	56
Figura 32: Tabla de rugosidades absolutas en función del material. (Fuente: Hidráulica) .....	58
Figura 33: Pérdidas de carga en tuberías de PE 40 (Fuente: Guía Técnica Sanitaria).....	59
Figura 34: Campo de aplicación del sistema de bombeo 1 .....	64
Figura 35: Datos de partida para la selección del sistema 1 de bombeo.....	64
Figura 36: Frecuencia y tipo de alimentación eléctrica para el sistema de bombeo 1.....	65
Figura 37: Curvas características del conjunto de bombas en paralelo TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect).....	66
Figura 38: Bomba sumergible Modelo <b>TWI 4.03-12 CI 3~</b> (Fuente: Selector de bombas WiloSelect) .....	67
Figura 39: Campo de aplicación del sistema de bombeo 1 .....	68
Figura 40: Datos de partida para la selección del sistema 1 de bombeo.....	69
Figura 41: Frecuencia y tipo de alimentación eléctrica para el sistema de bombeo 1.....	69
Figura 42: Curvas características del conjunto de bombas en paralelo TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect) .....	70
Figura 43: Bomba sumergible Modelo TWI 4.03-39 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect). .....	71
Figura 44: Válvula de cierre de compuerta (Fuente: Salvador Escoda) .....	72
Figura 45: Válvulas de compuerta con cierre elástico (Fuente: Catálogo Salvador Escoda).....	73
Figura 46: Válvula de cierre de bola (Fuente: Salvador Escoda).....	73
Figura 47: Válvulas de bola en PVC a encolar (Fuente: Catálogo Salvador Escoda) .....	74
Figura 48: Válvula antirretorno de mariposa (Fuente: Salvador Escoda).....	74
Figura 49: Válvulas antirretorno de mariposa de hierro niqueladas (Fuente: Catálogo de Salvador Escoda) .....	74
Figura 50: Válvula de Aireación en PVC (Salvador Escoda) .....	75
Figura 51: Válvulas de aireación (Fuente: Catálogo Salvador Escoda).....	75
Figura 52: Resumen de selección de válvulas para el sistema de bombeo.....	75
Figura 53: Propiedades de PE100 (Fuente: Catálogo MASA) .....	76
Figura 54: Selección de accesorios para tuberías. Codos 90° (Fuente: Catálogo fabricante MASA) ....	76
Figura 55: Propiedades de PE100 (Fuente: Catálogo MASA) .....	77
Figura 56: Selección de codos a 45° (Fuente: Catalogo MASA).....	77
Figura 57: Selección de Tés para la instalación de bombeo (Fuente: Catalogo MASA).....	78
Figura 58: Reductor de acoplamiento 40-32 mm (Fuente Amazon).....	79
Figura 59: Reductor de acoplamiento 40-25 mm (Fuente Amazon).....	79
Figura 60: Interruptor de nivel BIP STOP (Fuente: Fabricante Atmi) .....	80
Figura 61: Especificaciones técnicas interruptores de nivel del primer depósito (Fuente: Atmi).....	81
Figura 62: Esquema de conexión de vaciado BIP STOP (Fuente: Atmi) .....	81
Figura 63: Esquema de llenado BIP STOP (Fuente: Atmi) .....	82
Figura 64: Válvula de flotador de control de nivel de acción pilotada (Fuente: Valvulería Ross) .....	83
Figura 65: Esquema de válvula de flotador de accionamiento mecánico (Fuente: Valvulería Ross)....	83
Figura 66: Pila para consumo de agua potable (Fuente: Roca) .....	84
Figura 67: Dimensiones de la pila seleccionada para la instalación de bombeo (Fuente: Roca) .....	84
Figura 68: Grifo exteriores instalación de bombeo (Fuente: Leroy Merlin).....	85
Figura 69: Disposición de grifos en la instalación de bombeo .....	86
Figura 70: Especificaciones técnicas del motor de la bomba TWI 4.03-12 CI 3~ .....	88
Figura 71: Grupo electrógeno diésel XS (Fuente: Genesal Energy) .....	88

Figura 72: Especificaciones técnicas del grupo electrógeno para el primer sistema de bombeo.....	88
Figura 73: Especificaciones técnicas del motor de la bomba TWI 4.03-39 CI 3~ .....	89
Figura 74: Grupo electrógeno diésel XS (Fuente: Genesal Energy) .....	90
Figura 75: Especificaciones técnicas del grupo electrógeno para el primer sistema de bombeo.....	90

## Índice de tablas

Tabla 9: Estimación del diámetro de las redes hidráulicas de la instalación de bombeo.....	54
Tabla 10: Resumen de las dimensiones de las tuberías.....	55
Tabla 11: Datos de partida para el cálculo de pérdidas primarias en la red de tuberías de la instalación de bombeo .....	58
Tabla 12: Resumen de las pérdidas de carga en la instalación y altura manométrica .....	62
Tabla 13: Parámetros para la selección de las bombas de los sistemas de bombeo .....	62
Tabla 14: Propiedades del fluido de impulsión .....	63
Tabla 15: Recomendaciones para la selección de bombas (Fuente: WILOSELECT, selector de bombas del fabricante WILO) .....	65
Tabla 16: Punto de trabajo del sistema de bombeo 1 (Fuente: Selector de bombas WiloSelect).....	67
Tabla 17: Datos del motor eléctrico acoplado a la bomba TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect) .....	67
Tabla 18: Dimensiones de acoplamiento (Fuente: WiloSelect).....	68
Tabla 19: Información económica bombas TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: WiloSelect).....	68
Tabla 20: Recomendaciones para la selección de bombas (Fuente: WILOSELECT, selector de bombas del fabricante WILO) .....	69
Tabla 21: Punto de trabajo del sistema de bombeo 1 (Fuente: Selector de bombas WiloSelect).....	71
Tabla 22: Datos del motor eléctrico acoplado a la bomba TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect) .....	72
Tabla 23: Información económica bombas TWI 4.03-39 CI 3~ (Fuente: WiloSelect).....	72
Tabla 24: Resumen de selección de accesorios para tuberías .....	78
Tabla 25: Especificaciones de las pilas seleccionadas.....	85
Tabla 26: Especificaciones técnicas de los grifos seleccionados para la instalación de bombeo.....	86

## Índice de ecuaciones

Ecuación 24: Cálculo del caudal de la instalación.....	53
Ecuación 25: Diámetro mínimo para las tuberías de la instalación.....	54
Ecuación 26: Pérdidas de carga primarias por fricción de Darcy-Weisbach .....	57
Ecuación 27: Colebrook White para obtener el valor del factor de fricción de Darcy .....	57
Ecuación 28: Número adimensional de Reynolds .....	57
Ecuación 29: Para el cálculo de las pérdidas secundarias en accesorios de la instalación .....	58
Ecuación 30: Pérdidas de carga por fricción a lo largo de las tuberías de PE para el sistema 1 .....	59
Ecuación 31: Pérdidas de carga por fricción a lo largo de las tuberías de PE para el sistema 2 .....	59
Ecuación 32: Pérdidas de carga singulares en codos a 90° para el sistema 1 .....	60
Ecuación 33: Pérdidas de carga singulares en codos a 90° para el sistema 2 .....	60
Ecuación 34: Pérdidas de carga singulares en té para el sistema 1 .....	60
Ecuación 35: Pérdidas de carga singulares en té para el sistema 2 .....	60
Ecuación 36: Pérdidas de carga singulares en válvulas antirretorno para el sistema 1.....	61

Ecuación 37:Pérdidas de carga singulares en válvulas antirretorno para el sistema 1.....	61
Ecuación 38:Pérdidas de carga singulares en válvulas de cierre para el sistema 1.....	61
Ecuación 39:Pérdidas de carga singulares en válvulas de cierre para el sistema 2.....	61
Ecuación 40:Potencia útil del sistema de bombeo .....	87
Ecuación 41:Rendimiento del sistema de bombeo .....	87

## Cálculo del caudal de la instalación

Para estimar el caudal necesario en la instalación, se comenzara analizando las necesidades que cubrirá la instalación de bombeo a diseñar. Dado que se pretende garantizar el suministro continuo a agua potable para toda la población, se atenderá a las indicaciones de la OMS. Por ello, para garantizar la cobertura del consumo de agua destinada a la higiene personal, preparación de comidas e hidratación, se asegurara que los habitantes de El Salado tengan acceso a 100 litros de agua diarios. De esta manera, se asegurará la calidad de vida de los habitantes del poblado, cubriendo las necesidades básicas del ser humano para realizar las actividades diarias en condiciones de seguridad, salud y comodidad.

Por ello, dado que actualmente hay aproximadamente 1208 habitantes en la región y como ya se ha mostrado anteriormente, el caudal de diseño de la instalación se obtiene a partir de la siguiente ecuación, considerando un pequeño sobredimensionamiento para garantizar la absorción de picos de demanda o fluctuaciones en la población (inmigración, natalidad...):

$$Q = \frac{100 \text{ l}}{\text{habitante} \times \text{día}} \times 1250 \text{ habitantes} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

*Ecuación 24: Cálculo del caudal de la instalación*

$$Q = 1,44 \text{ l/segundo}$$

## Dimensionado de la red hidráulica

Como se especifica en la memoria descriptiva del proyecto, para el diseño de las tuberías se establecerán los siguientes límites de operación:

- **Limitación de pérdida de carga:** Se tomará una pérdida de carga máxima de 300 Pa /m (30mmca) y se asemejará el comportamiento de los materiales PRFV al del material PVC en lo que se refiere al cálculo de pérdidas de carga.
- **Limitación de velocidad:** La velocidad de circulación del fluido estará comprendida entre los 0,5 m/s y los 2m/s, para evitar excesos de pérdidas de carga y excesos de coste de la instalación.

Al emplear un material termoplástico, se establecerá una velocidad máxima de 2 m/s. A partir de esto, se estimará el diámetro aproximado de las tuberías empleando la siguiente ecuación:

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times \varnothing^2}{4}$$

Ecuación 25: Diámetro mínimo para las tuberías de la instalación

<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,00144
<b>Velocidad (m/s)</b>	2
<b>Diámetro(m)</b>	0,03028
<b>Diámetro (mm)</b>	30,28

Tabla 9: Estimación del diámetro de las redes hidráulicas de la instalación de bombeo

Para la selección de diámetros de las redes hidráulicas, se seleccionará en primer lugar el fabricante. En este caso, se ha escogido **Masa Flexipol** como proveedor de las tuberías de Polietileno de alta densidad, dado que están sujetos a la certificación de AENOR y presentan un precio competitivo. Se seleccionará el modelo del producto a emplear atendiendo a la presión de servicio necesaria. De esta manera, se ha elegido la familia de tuberías PE 40 que presenta las siguientes características:

- Recomendable para acometidas de agua potable de hasta  $\varnothing$  90 mm.
- Flexibilidad y maleabilidad, admitiendo una presión máxima de servicio de 10 bar (100000 mmca > límite de 30 mmca).
- La unión de esta tipología de redes hidráulicas se realizará mediante accesorios de compresión metálicos o plásticos.
- El producto se encuentra disponible solo en rollos y la fabricación atiende a la norma UNE-EN-12201.
- Presenta la marca de calidad respaldada por AENOR.

Accedemos al catálogo del producto del fabricante y seleccionamos el diámetro de tubería inmediatamente superior al estimado anteriormente:

PN6 / SDR 11				PN10 / SDR 7,4			
Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml	Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
032020006	20	2,0	0,53	033020010	20	3,0	0,68
032025006	25	2,3	0,70	033025010	25	3,5	0,95
032032006	32	3,0	1,10	033032010	32	4,4	1,50
<b>032040006</b>	<b>40</b>	<b>3,7</b>	<b>1,73</b>	033040010	40	5,5	2,36
032050006	50	4,6	2,70	033050010	50	6,9	3,70
032063006	63	5,8	4,17	033063010	63	8,6	5,70
032075006	75	6,8	6,20	033075010	75	10,3	8,55
032090006	90	8,2	8,83	033090010	90	12,3	12,07

Figura 30: Catálogo de tuberías de Polietileno PE40 (Fuente: Catálogo Masa Flexipol)

Por lo tanto, a partir del catálogo mostrado, se seleccionan los tubos de 40 mm de diámetro exterior (36,3 mm de diámetro interior) y de precio inferior (PN6).

<b>Tubería</b>	<b>Caudal máximo</b>	<b>Diámetro exterior (mm)</b>	<b>Diámetro interior (mm)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
<b>Pozo 1 - depósito 1 (Captación)</b>	1,44 l/s	40	36,3	1,39
<b>Pozo 2 – depósito 1 (Captación)</b>	1,44 l/s	40	36,3	1,39
<b>Depósito 1 - ETAP</b>	1,44 l/s	40	36,3	1,39
<b>ETAP – Depósito 2</b>	1,44 l/s	40	36,3	1,39
<b>Depósito - Consumo</b>	1,44 l/s	40	36,3	1,39

*Tabla 10: Resumen de las dimensiones de las tuberías*

El formato de suministro del producto seleccionado presenta la siguiente disponibilidad:

- Hasta un diámetro de tubo de  $\varnothing$  50 mm, el suministro se realiza en rollos de 100 metros.
- A partir de  $\varnothing$  63 mm y hasta  $\varnothing$  90 mm, el suministro se realiza mediante rollos de 50 metros.

Por lo tanto, el formato elegido será en rollos de 100 metros, que se podrán cortar según las necesidades.

### Cálculo de la altura efectiva (pérdidas de carga en la instalación)

Dado que en la instalación se comienza bombeando hasta la cota más elevada, se aprovechará el efecto de la energía potencial para recorrer el resto de la instalación. Por ello, el tramo más desfavorable para el que debe diseñarse la instalación es el que une desde la captación del recurso hídrico hasta su llegada al primer depósito.

Se comienza eligiendo la cota para el primer depósito, tomando como origen de cotas el nivel del terreno. Este, se situará a una altura de 20 metros sobre el nivel del terreno.

A continuación, se muestra el esquema de la instalación de bombeo:

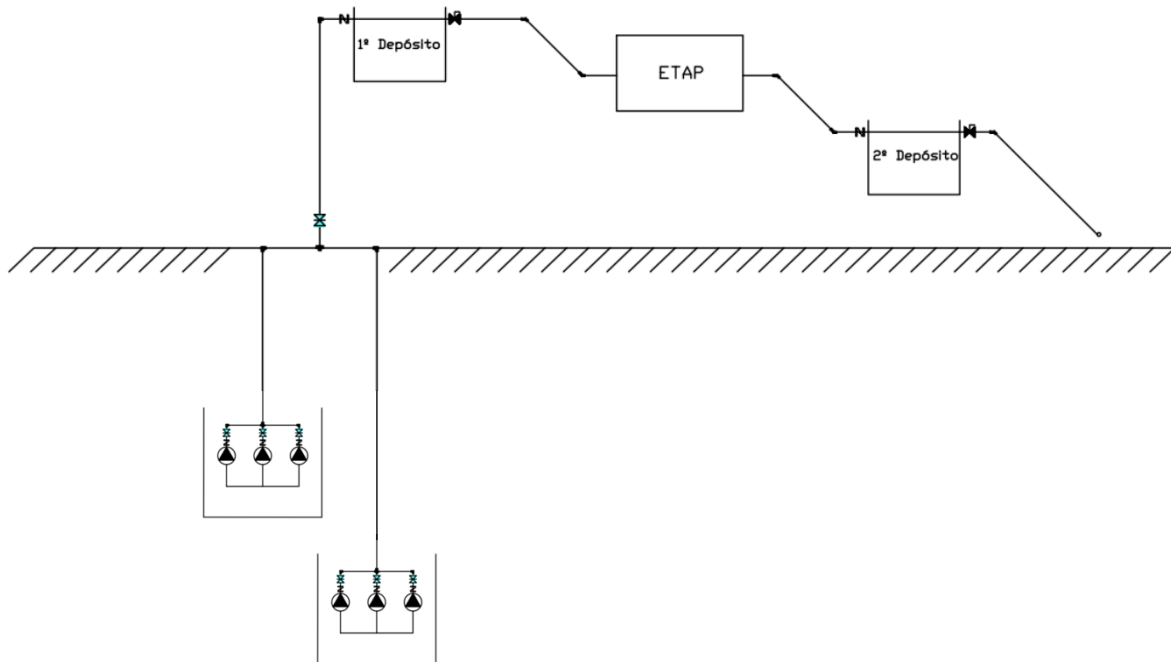


Figura 31: Esquema de la instalación de bombeo

Para seleccionar los sistemas de bombeo de agua, se deberá tener en cuenta la profundidad de captación del recurso hídrico (pozos poco profundos a 30 metros de profundidad y los de gran profundidad a 150 metros).

- Altura efectiva de diseño para la primera bomba: La captación del recurso hídrico se realizará a partir de las aguas subterráneas de poca profundidad, por lo que la bomba deberá vencer las pérdidas de carga de un tramo vertical de 30 metros y de un tramo horizontal de 5 metros hasta llegar al primer depósito.
- Altura efectiva para la segunda bomba: La captación de agua procederá de los pozos de gran profundidad por lo que se seleccionará una bomba capaz de vencer las pérdidas de carga de un tramo vertical de 150 metros y uno horizontal de 5 metros.

Las pérdidas de carga existentes a lo largo de la instalación se calcularán a continuación:

- **Pérdidas de carga por rozamiento:** Para su cálculo se emplea la ecuación de Darcy-Weisbach válida tanto para régimen laminar como turbulento

$$h_f = f \times \frac{l}{\emptyset} \times \frac{v^2}{2g}$$

*Ecuación 26: Pérdidas de carga primarias por fricción de Darcy-Weisbach*

Siendo:

f: coeficiente de fricción adimensional de Darcy para flujo totalmente turbulento.

v: la velocidad de circulación del fluido a lo largo de la tubería.

L: Longitud

$\emptyset$ : Diámetro interior

Para estimar el coeficiente de fricción en régimen turbulento, se empleara la ecuación de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\varepsilon}{3,71 \emptyset} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

*Ecuación 27: Colebrook White para obtener el valor del factor de fricción de Darcy*

Siendo:

Re: número adimensional de Reynolds para flujo turbulento

$$Re = \frac{\emptyset \times V \times \rho}{\mu}$$

*Ecuación 28: Número adimensional de Reynolds*

$\varepsilon$ : Rugosidad absoluta de la superficie interior de las tuberías a considerar

$$\varepsilon = 0,002 \text{ mm}$$

Material de construcción	Rugosidad (k: mm)
<b>Tuberías de plástico</b>	
Poliétileno (P.E.)	0,002
Cloruro de polivinilo (PVC)	0,02
<b>Tuberías metálicas</b>	
Tuberías estiradas, sin soldaduras de latón, cobre, plomo.....	0,0015 - 0,01
Aluminio.....	0,015 - 0,06
<b>Acero estirado sin soldaduras:</b>	
Nuevas.....	0,02 - 0,10
Después de muchos años en servicio.....	1,2 - 1,5
<b>Acero galvanizado:</b>	
Nuevas, buena galvanización.....	0,07 - 0,10
Galvanización ordinaria.....	0,10 - 0,15
<b>Fundición:</b>	
Nuevas.....	0,25 - 1,00
Nuevas con revestimiento bituminoso.....	0,10 - 0,15
Asfaltadas.....	0,12 - 0,30
Después de varios años en servicio.....	1,00 - 4,00
<b>Hormigón y fibrocemento:</b>	
<i>Hormigón:</i>	
- Superficie muy lisa.....	0,3 - 0,8
- Condiciones medias.....	2,5
- Superficie rugosa.....	3 - 9
- Hormigón armado.....	2,5
<i>Fibrocemento (F.C.):</i>	
- Nuevas.....	0,05 - 0,10
- Después de varios años en uso.....	0,60

Figura 32: Tabla de rugosidades absolutas en función del material. (Fuente: Hidráulica)

- Pérdidas de carga localizadas:** Tienen lugar cuando se da un cambio brusco de velocidad, ya sea en modulo o dirección, por lo tanto, se da en accesorios como tes, codos, válvulas... Para el cálculo de las pérdidas secundarias, se empleará la siguiente ecuación:

$$h_m = k \times \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 29: Para el cálculo de las pérdidas secundarias en accesorios de la instalación

En primer lugar, para el cálculo de pérdidas primarias asociadas al rozamiento del fluido al circular por el interior de las tuberías, emplearemos la tabla adjunta en el anexo A y tomaremos las asociadas a un diámetro interior de tubería de 38 mm, diámetro más cercano al seleccionado:

<b>Caudal (l/s)</b>	1,44
<b>Caudal (l/h)</b>	5184
<b>Øint (mm)</b>	36,3
<b>Øint (m)</b>	0,0363

Tabla 11: Datos de partida para el cálculo de pérdidas primarias en la red de tuberías de la instalación de bombeo

La conexión depósito - distribuidor, se realizará mediante tuberías de polietileno de alta densidad de 40 mm de diámetro. Por ello, para un caudal de 5184 l/h y un diámetro de 38 mm, las pérdidas de carga son de 5,1 mca cada 100 metros de tubería recta.

Q(l/h)	Diámetro interior de la tubería en mm.											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
Metros de columna de agua por 100 m de recorrido recto												
500	8,9	2,1	0,6									
800	20,2	4,7	1,3	0,4								
1000	29,8	7	1,9	0,6								
1500		14,2	3,9	1,2	0,5							
2000		23,5	6,4	2	0,9							
2500			9,4	2,9	1,3	0,4						
3000			13	4	1,8	0,5	0,2					
3500			17	5,3	2,3	0,6	0,2					
4000			21,5	6,6	2,9	0,8	0,3	0,1				
4500				8,2	3,6	1	0,3	0,1				
5000				9,8	4,3	1,2	0,4	0,2				
5500				11,6	5,1	1,4	0,5	0,2				
6000				13,5	6	1,6	0,5	0,2				

Figura 33: Pérdidas de carga en tuberías de PE 40 (Fuente: Guía Técnica Sanitaria)

Por lo tanto, la estimación de las pérdidas de carga primarias se muestra a continuación:

- Circuito asociado a la primera bomba: Captación procedente de aguas subterráneas de poca profundidad. La longitud total de tubería recorrida por el fluido es de 55 metros en total.

$$\text{Pérdidas de carga 1} = 5,1 \times \frac{35}{100} = 1,79 \text{ mca} = 0,179 \text{ kg/cm}^2 = 1790 \text{ kg/m}^2 = 17553,9 \text{ Pa}$$

Ecuación 30: Pérdidas de carga por fricción a lo largo de las tuberías de PE para el sistema 1

- Circuito asociado a la segunda bomba: Captación procedente de aguas subterráneas de gran profundidad. La longitud total de tubería recorrida por el fluido es de 95 metros en total.

$$\text{Pérdidas de carga 2} = 5,1 \times \frac{155}{100} = 7,91 \text{ mca} = 0,791 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 7910 \text{ kg/m}^2 = 77570,6 \text{ Pa}$$

Ecuación 31: Pérdidas de carga por fricción a lo largo de las tuberías de PE para el sistema 2

En cuanto a la estimación de pérdidas secundarias ligadas a los accesorios en el circuito, se descompondrán como se muestra a continuación:

- **Pérdidas de carga en codos a 90°:** Se calcularán considerando un coeficiente de pérdida de carga k=0,75. Se emplean para modificar la dirección de circulación del flujo a lo largo de la instalación. Por lo tanto:

**Sistema 1:**

$$k=0,75$$

$$\text{Número de codos a } 90^\circ = 3$$

$$h_{\text{codos1}} = k \times \frac{v^2}{2g} \times n^{\circ}\text{codos} = 0,75 \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,8} \times 3 = 0,22 \text{ m}$$

*Ecuación 32: Pérdidas de carga singulares en codos a 90° para el sistema 1*

#### Sistema 2:

$$k=3$$

Número de codos a 90°= 3

$$h_{\text{codos2}} = k \times \frac{v^2}{2g} \times n^{\circ}\text{codos} = 0,75 \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,8} \times 3 = 0,22 \text{ m}$$

*Ecuación 33: Pérdidas de carga singulares en codos a 90° para el sistema 2*

- **Pérdidas de carga en té:** Se emplean para combinar flujos que provienen de distintas fuentes. En nuestro caso, dos flujos horizontales y de circulación opuesta, se combinan para generar un flujo vertical.

#### Sistema 1:

$$k=3$$

Número de té= 2

$$h_{\text{tés1}} = k \times \frac{v^2}{2g} \times n^{\circ}\text{tés} = 3 \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,8} \times 2 = 0,56 \text{ m}$$

*Ecuación 34: Pérdidas de carga singulares en té para el sistema 1*

#### Sistema 2:

$$k=3$$

Número de té= 2

$$h_{\text{tés2}} = k \times \frac{v^2}{2g} \times n^{\circ}\text{tés} = 3 \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,8} \times 2 = 0,56 \text{ m}$$

*Ecuación 35: Pérdidas de carga singulares en té para el sistema 2*

- **Pérdidas de carga en válvulas antirretorno:** En la instalación de bombeo, cada bomba contará con una válvula antirretorno de tipo mariposa para asegurar el correcto sentido de circulación del flujo y con una válvula de cierre de tipo compuerta para regular o impedir la circulación del fluido.

#### Sistema 1:

$$k_{\text{antirretorno}} = 2$$

N° válvulas antirretorno= 3

$$h_{\text{val. antirretorno1}} = k \times \frac{v^2}{2g} \times n^{\circ} \text{val. antirretorno} = 2 \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,8} \times 2 = 0,39 \text{ m}$$

*Ecuación 36: Pérdidas de carga singulares en válvulas antirretorno para el sistema 1*

**Sistema 2:**

$k_{\text{antirretorno}} = 2$

N° válvulas antirretorno= 3

$$h_{\text{val. antirretorno2}} = k \times \frac{v^2}{2g} \times n^{\circ} \text{val. antirretorno} = 2 \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,8} \times 2 = 0,39 \text{ m}$$

*Ecuación 37: Pérdidas de carga singulares en válvulas antirretorno para el sistema 1*

- **Pérdidas de carga en válvulas de cierre:** Las válvulas de compuerta se emplean para impedir el paso del fluido cuando es necesario. Se seleccionaran de tipo mariposa ya que son ligeras, compactas y de precio reducido. Además, requieren poco mantenimiento y se limpian solas. Se dispondrá una válvula de mariposa para cada una de las bombas del sistema y después del colector por razones de seguridad.

**Sistema 1:**

$K_{\text{cierre}} = 0,2$

N° válvulas cierre= 3

$$h_{\text{val. cierre1}} = k \times \frac{v^2}{2g} \times n^{\circ} \text{val. antirretorno} = 0,2 \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,8} \times 3 = 0,059 \text{ m}$$

*Ecuación 38: Pérdidas de carga singulares en válvulas de cierre para el sistema 1*

**Sistema 2:**

$K_{\text{cierre}} = 0,2$

N° válvulas cierre= 3

$$h_{\text{val. cierre2}} = k \times \frac{v^2}{2g} \times n^{\circ} \text{val. antirretorno} = 0,2 \times \frac{1,39^2}{2 \times 9,8} \times 3 = 0,059 \text{ m}$$

*Ecuación 39: Pérdidas de carga singulares en válvulas de cierre para el sistema 2*

Por lo tanto las pérdidas totales para cada sistema de bombeo y la altura manométrica se resumen en la siguiente tabla teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

$$\rho_{\text{agua } 20^{\circ}\text{C}} = 998,29 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

	<b>Sistema 1 (pozos poco profundos)</b>	<b>Sistema 2 (pozos de gran profundidad)</b>
<b>Pérdidas de carga primarias (m)</b>	1,79	7,91
<b>Pérdidas de carga secundarias (m)</b>	1,23	1,23
<b>Pérdidas de carga totales (m)</b>	<b>3,02</b>	<b>9,14</b>
<b>Altura geodésica hasta el 1º depósito (m)</b>	30+20=50	150+20=170
<b>Altura manométrica (m)</b>	<b>53,02</b>	<b>179,14</b>

Tabla 12: Resumen de las pérdidas de carga en la instalación y altura manométrica

### Selección de las bombas para la instalación de bombeo

Para la selección de bombas de cada sistema de bombeo, se empleará el software *WILOSELECT* proporcionado por el fabricante de bombas WILO. Por ello, como se ha establecido anteriormente, dado que el caudal es inferior a  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ , cada sistema de bombeo necesitará dos bombas en paralelo para suministrar el caudal y una bomba de reserva.

Por lo tanto, los parámetros de entrada para la selección de la bomba son:

	<b>Sistema 1 (captación de pozos poco profundos)</b>	<b>Sistema 2 (captación de pozos de gran profundidad)</b>
<b>Caudal (l/s)</b>	1,44	1,44
<b>Altura manométrica (m)</b>	53,02	179,14
<b>Altura geodésica (m)</b>	50	170
<b>Tipo de bombas</b>	Sumergibles	Sumergibles
<b>Nº de Bombas</b>	2 (en paralelo)+ 1 (reserva)	2 (en paralelo)+ 1 (reserva)

Tabla 13: Parámetros para la selección de las bombas de los sistemas de bombeo

Además, se tendrá en cuenta las propiedades del fluido a bombear:

<b>Fluido</b>	Agua
---------------	------

<b>Temperatura</b>	20°C
<b>Densidad</b>	998,2 $\frac{kg}{m^3}$
<b>Viscosidad</b>	1,001 $\frac{mm^2}{s}$

Tabla 14: Propiedades del fluido de impulsión

Para la selección de la bomba, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- **Disponibilidad limitada de recursos:** Por ello, se intentará seleccionar una bomba de precio reducido y de bajo consumo de potencia, lo que se corresponde con la búsqueda de un rendimiento máximo (reducción de las pérdidas energéticas).
- **Desviación de caudal mínima ( $\Delta Q/Q$ ):** Consiste en la desviación entre el punto de funcionamiento del sistema de bombeo, y el punto de funcionamiento nominal. Se busca aproximarse al punto de trabajo nominal ya que se corresponde con el máximo rendimiento al no producir desviaciones respecto al caudal deseado de impulsión.
- **Alimentación eléctrica trifásica.**
- El campo de aplicación será el bombeo de aguas limpias para abastecimiento.
- **Presión máxima de trabajo:** Se establecerá una presión máxima de funcionamiento similar a la seleccionada en las redes hidráulicas (10 bar de presión).
- Tipología sumergible.

#### **Selección del primer sistema de bombeo (pozos de poca profundidad):**

Se selecciona el campo de aplicación destinado a bombeo de aguas limpias y la tipología de bombas sumergibles de captación de recurso hídrico.

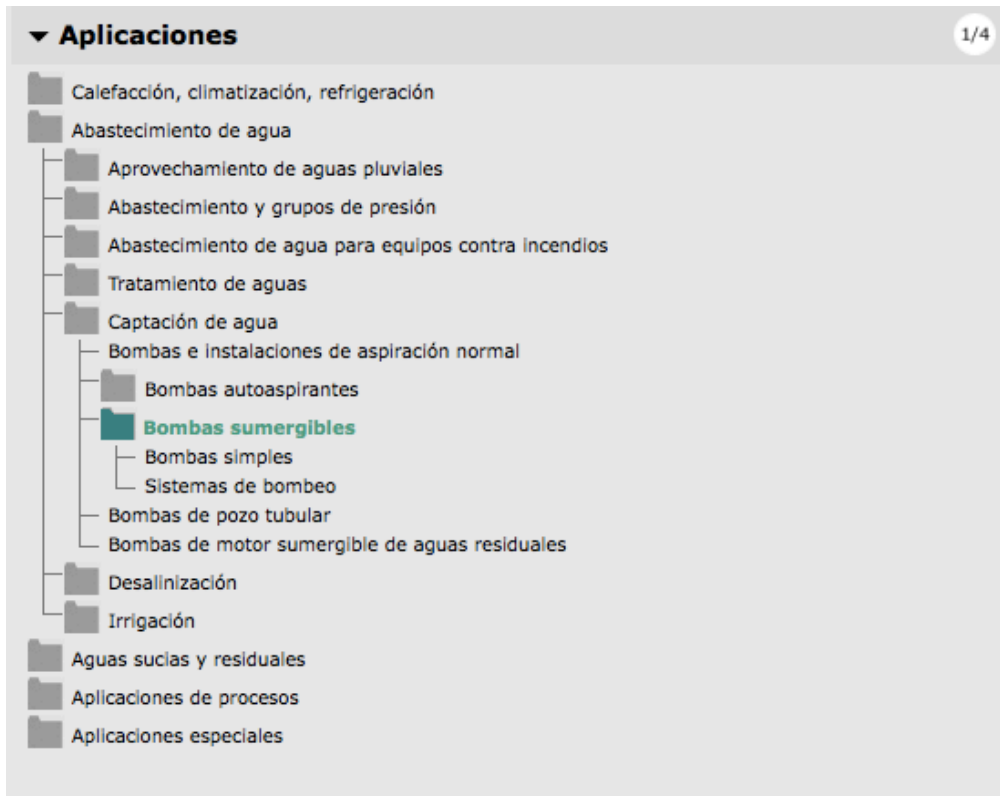


Figura 34: Campo de aplicación del sistema de bombeo 1

Se parte de los siguientes datos de diseño para la selección del primer sistema de bombeo que realiza la captación del recurso hídrico procedente de pozos de poca profundidad:

Clase de circuito	
Tipo de instalación <sup>1</sup>	Bombas simples en paralelo
Nº de bombas <sup>1</sup>	2
Datos de trabajo	
Denominación del punto de trabajo	A1
Caudal ( $Q_t = \Sigma Q_i$ ) <sup>1</sup>	1,44      0,72      l/s
Altura de transporte total sin pérdidas de partes de cadenas ( $H_t$ ) <sup>1</sup>	53,02      m
Pérdida de carga en tramo parcial (Hl)	0      m
Altura geométrica	50      m
Altura de imp. total	53,02      m
Datos de fluidos	
Fluido <sup>1</sup>	Agua
Temperatura <sup>1</sup>	20      °C
Densidad <sup>1</sup>	998,2      kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad <sup>1</sup>	1,001      mm <sup>2</sup> /s
Opciones LCC	
Ajustes LCC	- Estándar -

Figura 35: Datos de partida para la selección del sistema 1 de bombeo

El campo de aplicación del sistema de bombeo será para aguas limpias potables por lo que se selecciona el siguiente grupo de aplicación:

**▼ Filtro** 2/4

Motor

Nº de polos

Tipo alimentación

Presión máxima de trabajo  MPa

Figura 36: Frecuencia y tipo de alimentación eléctrica para el sistema de bombeo 1

Empleando el software de WILOSELECT, se obtienen las siguientes recomendaciones de posibles bombas a emplear:

Modelo	$\frac{\Delta Q}{Q}$ %	MEI	$\eta$ %	P <sub>1</sub> kW	P <sub>2</sub> kW	Q (l/s)	H (m)	P <sub>2 max</sub> kW
TWU 4-0414-c- QC 3~	62,83	≥ 0.70	58,15	2,528	2,275	1,172	58,01	2,286
TWU 4-0414-c 3~	62,83	≥ 0.70	58,15	2,522	2,27	1,172	58,01	2,271
<b>TWI 4.03-12 CI 3~</b>	<b>11,01</b>	<b>≥ 0.70</b>	<b>55,44</b>	<b>1,678</b>	<b>1,51</b>	<b>0,7993</b>	<b>53,72</b>	<b>1,563</b>
TWI 4.03-15 CI 3~	41,29	≥ 0.70	56,53	2,196	1,976	1,017	56,03	1,979
TWU 4.08-10-DM-C 3~	64,84	≥ 0.70	58,63	0,3198	0,2302	1,187	58,21	0,2754
TWU 4.09-15-CI 3~	143,9	≥ 0.70	61,53	4,252	3,827	1,756	67,96	4,083

Tabla 15: Recomendaciones para la selección de bombas (Fuente: WILOSELECT, selector de bombas del fabricante WILO)

Por lo tanto, siguiendo los criterios de selección de rendimiento máximo, caudal de desplazamiento mínimo y consumo mínimo de potencia se seleccionará la bomba TWI 4.03-12 CI 3~ ya que es la bomba que mejor equilibrio presenta en los que se refiere a los tres criterios anteriores. La curva de trabajo de la misma se muestra a continuación:

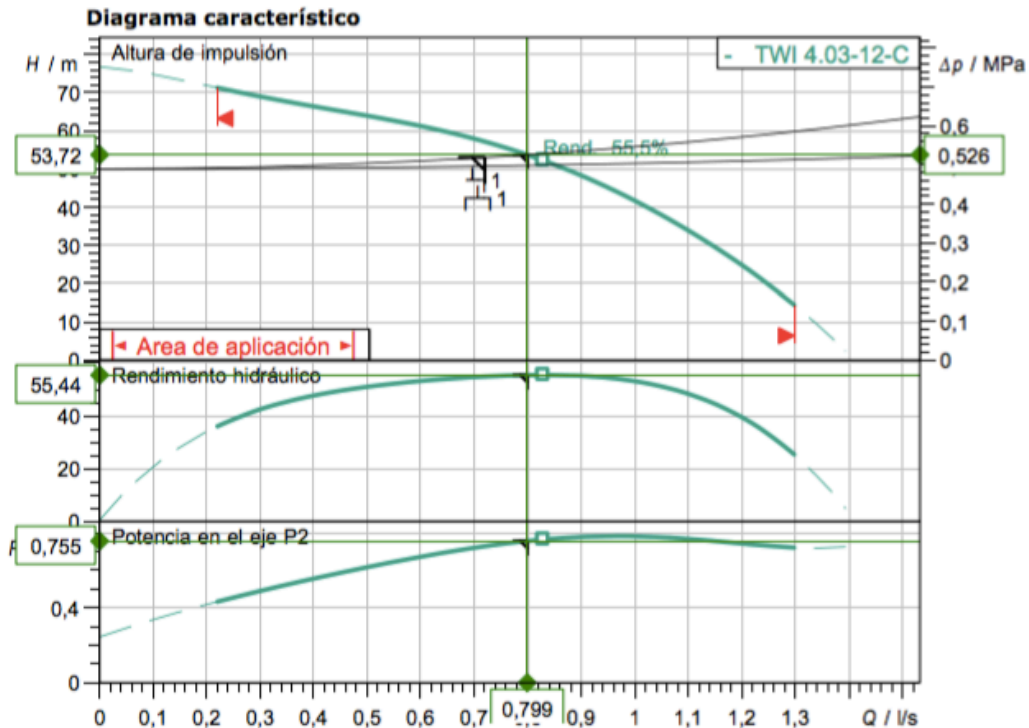


Figura 37: Curvas características del conjunto de bombas en paralelo TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect)

### Especificaciones de la bomba TWI 4.03-12 CI 3~

La bomba seleccionada para el primer sistema de bombeo pertenece a la tipología sumergible multi-etapa e inundable para la impulsión de agua potable y de uso industrial. Posee una estructura modular de rodets radiales o semiaxiales que se pueden instalar en dirección vertical y horizontal. Además, el modelo seleccionado cuenta con una válvula antirretorno de mariposa integrada.

En cuanto a las especificaciones del motor eléctrico, la alimentación puede ser monofásica o trifásica. Presenta resistencia a la corrosión y permite el arranque directo con relleno de agua y glicol.

En lo que se refiere al sellado, este se caracteriza por ser hermético con bobinado aislado con barniz, empapada con resina y cojinetes auto lubricantes. La refrigeración del motor se realiza a través del fluido de impulsión por lo que solo permite el uso sumergido.

La instalación vertical se puede realizar opcionalmente con o sin camisa de refrigeración mientras que la instalación en disposición horizontal requiere el empleo de una camisa de refrigeración.



Figura 38: Bomba sumergible Modelo TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect)

El punto de trabajo del sistema de bombeo seleccionado se resume a continuación:

<b>Caudal</b>	1,60 l/s
<b>Altura</b>	53,72 m
<b>Potencia en el eje P2</b>	1,51 kW
<b>Rendimiento hidráulico</b>	55,44%
<b>Potencia absorbida P1</b>	1,678 kW
<b>Potencia eléctrica consumida</b>	

Tabla 16: Punto de trabajo del sistema de bombeo 1 (Fuente: Selector de bombas WiloSelect)

En cuanto a las especificaciones del motor integrado se muestran a continuación:

<b>Alimentación eléctrica</b>	3~ 400 V/ 50 Hz
<b>Tolerancia de tensión admisible</b>	± 10 %
<b>Régimen nominal</b>	2900 l/min
<b>Potencia nominal P2</b>	1,10 kW
<b>Intensidad absorbida</b>	2,80 A
<b>Factor de potencia</b>	0,73
<b>Grado de protección</b>	IP68
<b>Insulation class</b>	B

Tabla 17: Datos del motor eléctrico acoplado a la bomba TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect)

Finalmente, en cuanto a las dimensiones de acoplamiento de la bomba seleccionada, se resumen en la siguiente tabla:

<b>Boca de impulsión</b>	Rp 1 ¼
<b>Norma de conexión</b>	DIN EN 10226-1

Tabla 18: Dimensiones de acoplamiento (Fuente: WiloSelect)

<b>Precio por unidad</b>	1159 €
<b>Unidades necesarias</b>	3

Tabla 19: Información económica bombas TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: WiloSelect)

### Selección del primer sistema de bombeo (pozos de poca profundidad):

Se selecciona el campo de aplicación destinado a bombeo de aguas limpias y la tipología de bombas sumergibles de captación de recurso hídrico.

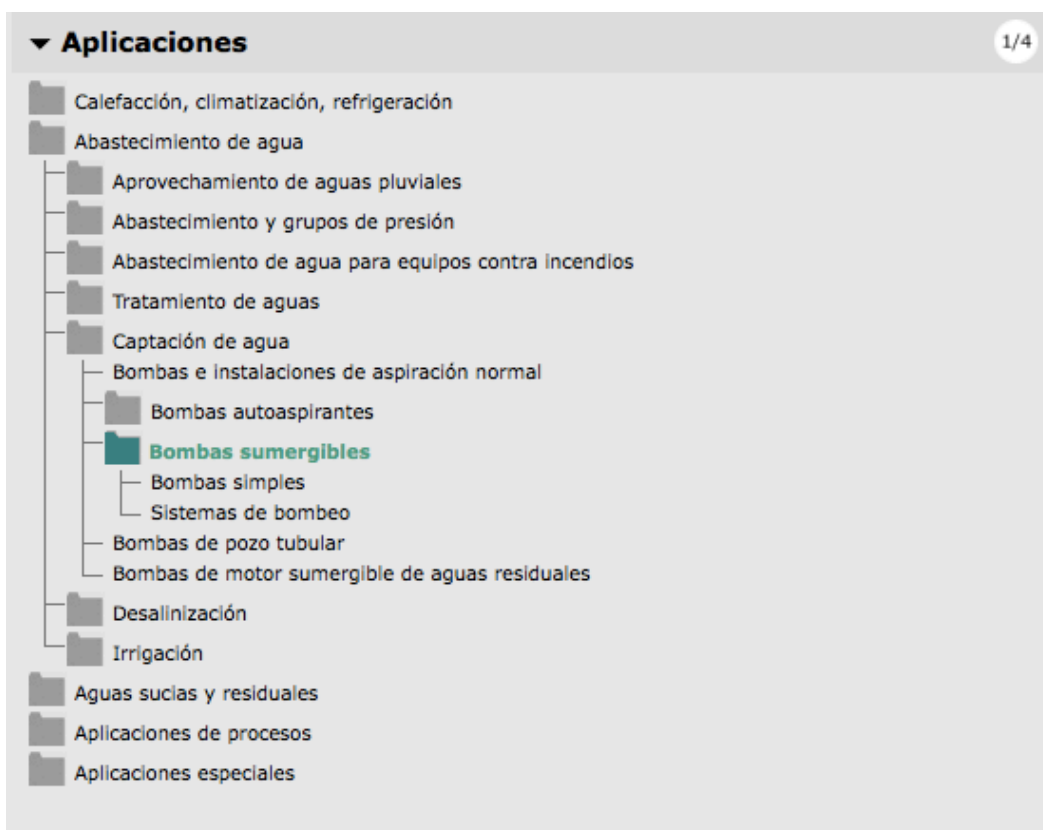


Figura 39: Campo de aplicación del sistema de bombeo 1

Se parte de los siguientes datos de diseño para la selección del primer sistema de bombeo que realiza la captación del recurso hídrico procedente de pozos de poca profundidad:

Clase de circuito	
Tipo de instalación <sup>1</sup>	Bombas simples en paralelo
Nº de bombas <sup>1</sup>	2
Datos de trabajo	
Denominación del punto de trabajo	A1
Caudal ( $Q_t = \Sigma Q_i$ ) <sup>1</sup>	1,44 0,72 l/s
Altura de transporte total sin pérdidas de partes de cadenas (Ht) <sup>1</sup>	179,1 m
Pérdida de carga en tramo parcial (Hi)	0 m
Altura geométrica	170 m
Altura de imp. total	179,1 m
Datos de fluidos	
Fluido <sup>1</sup>	Agua
Temperatura <sup>1</sup>	20 °C
Densidad <sup>1</sup>	998,2 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad <sup>1</sup>	1,001 mm <sup>2</sup> /s
Opciones LCC	
Ajustes LCC	- Estándar -

Figura 40: Datos de partida para la selección del sistema 1 de bombeo

El campo de aplicación del sistema de bombeo será para aguas limpias potables por lo que se selecciona el siguiente grupo de aplicación:

▼ Filtro	
Motor	50 Hz
Nº de polos	Cualquiera
Tipo alimentación	3~
Presión máxima de trabajo	1 MPa

Figura 41: Frecuencia y tipo de alimentación eléctrica para el sistema de bombeo 1

Empleando el software de WILOSELECT, se obtienen las siguientes recomendaciones de posibles bombas a emplear:

Modelo	$\frac{\Delta Q}{Q}$ %	MEI	$\eta$ %	P <sub>1</sub> kW	P <sub>2</sub> kW	Q (l/s)	H (m)	P <sub>2 max</sub> kW
TWU 4.08-45-DM-C	152,6	≥ 0.40	68,62	0,3525	0,2644	1,819	228,1	0,2754
TWU 4.08-39-DM-C	109,6	≥ 0.40	65,29	0,3287	0,2498	1,509	210	0,2754
TWU 4.08-34-DM-C	70,17	≥ 0.40	59,59	0,3062	0,2327	1,225	196,4	0,2754
TWI 4.03-39 CI 3~	8,044	≥ 0.70	59,41	5,223	4,701	0,7779	180,6	4,855
TWU 4-0444-C 3~	64,84	≥ 0.70	59,4	7,444	6,699	1,074	190,3	4,855

Tabla 20: Recomendaciones para la selección de bombas (Fuente: WILOSELECT, selector de bombas del fabricante WILO)

Por lo tanto, siguiendo los criterios de selección de rendimiento máximo, caudal de desplazamiento mínimo y consumo mínimo de potencia se seleccionará la bomba TWI 4.03-39 CI 3~ya que es la bomba que mejor equilibrio presenta en los que se refiere a los tres criterios anteriores a pesar de tener un consumo de potencia más elevado. La curva de trabajo de la misma se muestra a continuación:

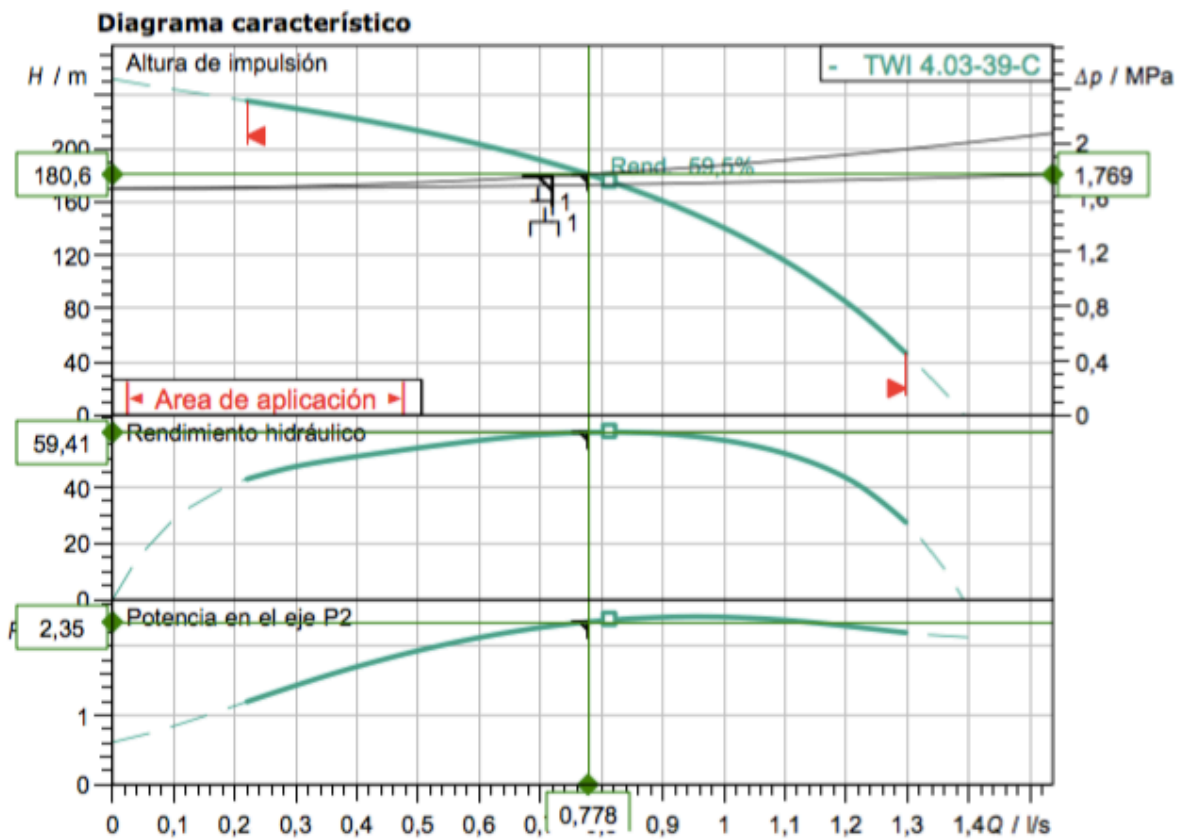


Figura 42: Curvas características del conjunto de bombas en paralelo TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect)

### Especificaciones de la bomba TWI 4.03-39 CI 3~

La bomba seleccionada para el primer sistema de bombeo pertenece a la tipología sumergible multi-etapa e inundable para la impulsión de agua potable y de uso industrial. Posee un estructura modular de rodets radiales o semiaxiales que se pueden instalar en dirección vertical y horizontal. Además, el modelo seleccionado cuenta con una válvula antirretorno de mariposa integrada.

En cuanto a las especificaciones del motor eléctrico, la alimentación puede ser monofásica o trifásica. Presenta resistencia a la corrosión y permite el arranque directo con relleno de agua y glicol.

En lo que se refiere al sellado, este se caracteriza por ser hermético con bobinado aislado con barniz, empapada con resina y cojinetes auto lubricantes. La refrigeración del motor se realiza a través del fluido de impulsión por lo que solo permite el uso sumergido.

La instalación vertical se puede realizar opcionalmente con o sin camisa de refrigeración mientras que la instalación en disposición horizontal requiere el empleo de una camisa de refrigeración.



Figura 43: Bomba sumergible Modelo TWI 4.03-39 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect)

El punto de trabajo del sistema de bombeo seleccionado se resume a continuación:

<b>Caudal</b>	1,56 l/s
<b>Altura</b>	180,62 m
<b>Potencia en el eje P2</b>	4,701 kW
<b>Rendimiento hidráulico</b>	59,41 %
<b>Potencia absorbida P1</b>	5,223 kW

Tabla 21: Punto de trabajo del sistema de bombeo 1 (Fuente: Selector de bombas WiloSelect)

En cuanto a las especificaciones del motor integrado se muestran a continuación:

<b>Alimentación eléctrica</b>	3~ 400 V/ 50 Hz
<b>Tolerancia de tensión admisible</b>	± 10 %

<b>Régimen nominal</b>	2900 l/min
<b>Potencia nominal P2</b>	3 kW
<b>Intensidad absorbida</b>	7,40 A
<b>Factor de potencia</b>	0,73
<b>Grado de protección</b>	IP68
<b>Insulation class</b>	B

Tabla 22: Datos del motor eléctrico acoplado a la bomba TWI 4.03-12 CI 3~ (Fuente: Selector de bombas WiloSelect)

<b>Precio por unidad</b>	2159 €
<b>Unidades necesarias</b>	3

Tabla 23: Información económica bombas TWI 4.03-39 CI 3~ (Fuente: WiloSelect)

### Selección de válvulas

- **Válvulas de cierre de compuerta:** Se emplean como herramientas para restringir el paso del fluido cuando se precise. Estos elementos se encontrarán por lo tanto o completamente abiertos o completamente cerrados. Se emplean como elementos de seguridad que permiten el mantenimiento modular de la instalación de bombeo.

Se dispondrá una válvula de compuerta tras cada bomba y después de la unión de los dos posibles sistemas de bombeo en té. Por lo tanto, se necesitarán un total de siete válvulas de cierre. Se ha seleccionado el fabricante Salvador Escoda y éstas estarán fabricadas en fundición nodular con recubrimiento de EPDM.



Figura 44: Válvula de cierre de compuerta (Fuente: Salvador Escoda)

VÁLVULAS DE COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo fundición nodular GGG40</li> <li>• Compuerta fundición nodular con recubrimiento EPDM</li> <li>• Presión máx. 16 bar</li> <li>• Temp. máx. 90°C</li> <li>• Conexión: Bridas taladradas s/DIN 2502 (PN16) de DN50 hasta DN150 s/DIN 2576 (PN10) de DN200 a DN300</li> </ul>	
AA 01 120	DN 40	89,04
AA 01 121	DN 50	111,46
AA 01 122	DN 65	121,76
AA 01 123	DN 80	164,82
AA 01 124	DN 100	221,51
AA 01 125	DN 125	274,29
AA 01 126	DN 150	383,36
AA 01 127	DN 200 TAL PN10	609,30
AA 01 128	DN 250 TAL PN10	889,55
AA 01 129	DN 300 TAL PN10	1.131,12
AA 01 135	DN 200 TAL PN16	609,30
AA 01 136	DN 250 TAL PN16	889,55
AA 01 137	DN 300 TAL PN16	1.131,12



Figura 45: Válvulas de compuerta con cierre elástico (Fuente: Catálogo Salvador Escoda)

- **Válvulas de cierre de bola:** Se emplean para impedir o cortar el suministro desde los depósitos, por lo que constituyen un elemento de seguridad. Se colocará una válvula de este tipo tras cada depósito por lo que la instalación de bombeo contará en total con dos válvulas de cierre de bola. Se ha seleccionado el fabricante Salvador Escoda. Las válvulas seleccionadas estarán fabricadas en PVC y poseerán un diámetro exterior de 40 mm para poder ajustar a las redes hidráulicas.



Figura 46: Válvula de cierre de bola (Fuente: Salvador Escoda)

Código	Artículo	€
	• Cuerpo: PVC • Bola: PVC • Anillos de cierre: Teflón • Juntas: EPDM • Pres. Máx.: 10bar • Temp. Máx.: 60°C	
<b>ENCOLAR</b>		
AA 03 331	Encolar a tubo diam. ext. 20 mm	6,11
AA 03 332	Encolar a tubo diam. ext. 25 mm	8,76
AA 03 333	Encolar a tubo diam. ext. 32 mm	13,89
AA 03 334	Encolar a tubo diam. ext. 40 mm	17,52
AA 03 335	Encolar a tubo diam. ext. 50 mm	19,95
AA 03 336	Encolar a tubo diam. ext. 63 mm	32,47
AA 03 337	Encolar a tubo diam. ext. 75 mm	93,35
AA 03 338	Encolar a tubo diam. ext. 90 mm	157,69
AA 03 339	Encolar a tubo diam. ext. 110 mm	235,41

Figura 47: Válvulas de bola en PVC a encolar (Fuente: Catálogo Salvador Escoda)

- Válvulas antirretorno de mariposa:** Se emplearán para asegurar el correcto sentido del flujo a lo largo de la instalación. Dado que las bombas sumergibles ya incluyen en su esquema una válvula antirretorno, solo será necesario seleccionar válvulas de mariposa para la entrada a cada depósito. Por ello, se requieren dos válvulas en total para la instalación de bombeo. Se ha seleccionado el fabricante Salvador Escoda y el material empleado será el hierro. El diámetro seleccionado es el de 40 mm.



Figura 48: Válvula antirretorno de mariposa ( Fuente: Salvador Escoda)

Código	Artículo	€
	• Presión Máx.: 16 bar • Cuerpo: fundición GG-25 • Mariposa: fundición dúctil niquelada • Elastómero: EPDM	
AA 04 101	DN - 32/40 (1-1/4" - 1-1/2")	37,26
AA 04 102	DN - 50 (2")	39,93
AA 04 103	DN - 65 (2-1/2")	46,66
AA 04 104	DN - 80 (3")	50,85
AA 04 105	DN - 100 (4")	66,56
AA 04 106	DN - 125 (5")	91,67
AA 04 107	DN - 150 (6")	101,83
AA 04 108	DN - 200 (8")	164,62
AA 04 109	DN - 250 (10")	270,09
AA 04 110	DN - 300 (12")	340,21

Figura 49: Válvulas antirretorno de mariposa de hierro niqueladas (Fuente: Catálogo de Salvador Escoda)

- Válvulas de aireación:** Se trata de válvulas de venteo que evitan problemas de sobrepresiones. En nuestro caso, se colocarán a lo largo de la instalación cada 300 metros para asegurar la aireación del circuito hidráulico especialmente en los puntos más elevados. Por ello, se requerirán un total de 2 válvulas ya que la longitud total de las tuberías en la instalación es de

337 metros. Se ha seleccionado el fabricante Salvador Escoda y el material empleado para las mismas será el PVC. El diámetro escogido es de 40 mm.



Figura 50: Válvula de Aireación en PVC (Salvador Escoda)

Código Code	Medida Size		Uds. Caja pcs. box	Precio €/ud. Price €/pc.
AA 18 011	DN15	1/2"	40	9,59
AA 18 012	DN20	3/4"	40	11,99
AA 18 013	DN25	1"	40	14,38
AA 18 014	DN32	1-1/4"	40	27,19
AA 18 015	DN40	1-1/2"	16	30,21
AA 18 016	DN50	2"	16	36,40

Figura 51: Válvulas de aireación (Fuente: Catálogo Salvador Escoda)

Válvula	Material	DN (mm)	Unidades	Precio (€/unidad)
Válvula de compuerta con cierre elástico	Fundición nodular	40	7	89,04
Válvula de cierre de bola	PVC	40	2	17,52
Válvula antirretorno de tipo mariposa	Fundición dúctil niquelada	40	2	37,26
Válvulas de venteo	PVC	40	2	30,21

Figura 52: Resumen de selección de válvulas para el sistema de bombeo

### Selección de accesorios

La instalación de bombeo precisa de una serie de elementos de unión y distribución que se seleccionarán en este apartado.

### Selección de codos a 90°

Para modificar la dirección de circulación del flujo de agua, emplearemos codos a 90°. Emplearemos codos de Polietileno de Alta Densidad PE100. El fabricante seleccionado es MASA y los accesorios presentan las siguientes ventajas:

- Es buen aislante y previene posibles congelaciones del líquido en el interior de la tubería.
- Presenta flexibilidad y dureza.
- Presenta resistencia a la abrasión, a la corrosión y a los ataques químicos.
- Es ligero por lo que reduce los costes de transporte y de inversión en maquinaria pesada.
- Permiten la unión por electrosoldadura.
- Presenta las siguientes propiedades mecánicas:

Clasificación ISO PE	Resistencia Mínima Requerida	Resistencia Hidroestática a largo plazo a 20° C
PE80	8 Mpa	6,3 Mpa
PE100	10 Mpa	8 Mpa

Figura 53: Propiedades de PE100 (Fuente: Catálogo MASA)

Dado que las tuberías que conectan los codos poseen un diámetro exterior de 40 mm, se seleccionarán los codos del mismo diámetro como se muestra en la siguiente tabla:

CODOS 90°		Máxima presión de trabajo permitida 16 bar (agua) / 10 bar (gas)					
PE100 / SDR 11		Diámetro	Referencia	€/Ud	Diámetro	Referencia	€/Ud
		20	3702020	5,88	125	3702125	41,71
		25	3702025	7,66	160	3702160	70,68
		32	3702032	5,88	180	3702180	85,91
		40	3702040	7,50	200	3702200	138,33
		50	3702050	8,56	225	3702225	169,17
		63	3702063	8,85	250	3702250	990,67
		75	3702075	21,65	280	3702280	1.317,13
		90	3702090	18,23	315	3702315	1.742,06
		110	3702110	26,69			

Figura 54: Selección de accesorios para tuberías. Codos 90° (Fuente: Catálogo fabricante MASA)

Se necesitarán un total de once codos a 90° en la instalación de bombeo.

### Selección de codos a 45°

Para realizar la conexión entre los distintos elementos de la instalación, se emplearán codos a 45°. El material seleccionado para este tipo de accesorios será el Polietileno (PE100) y se seleccionará MASA como fabricante de los mismos. El material seleccionado presenta las siguientes ventajas:

- Es buen aislante y previene posibles congelaciones del líquido en el interior de la tubería.
- Presenta flexibilidad y dureza.

- Presenta resistencia a la abrasión, a la corrosión y a los ataques químicos.
- Es ligero por lo que reduce los costes de transporte y de inversión en maquinaria pesada.
- Permiten la unión por electrosoldadura.
- Presenta las siguientes propiedades mecánicas:

Clasificación ISO PE	Resistencia Mínima Requerida	Resistencia Hidroestática a largo plazo a 20° C
PE80	8 Mpa	6,3 Mpa
PE100	10 Mpa	8 Mpa

Figura 55: Propiedades de PE100 (Fuente: Catálogo MASA)

Debido a que las tuberías de unión presentan un diámetro exterior de 40 mm, se seleccionarán los accesorios de este diámetro como se muestra en el catálogo de MASA a continuación:

PE100 / SDR 11		Máxima presión de trabajo permitida 16 bar (agua) / 10 bar (gas)					
	Diámetro	Referencia	€/Ud	Diámetro	Referencia	€/Ud	
		25	3502025	5,88	125	3502125	41,71
	32	3502032	6,92	160	3502160	70,68	
	40	3502040	7,50	180	3502180	85,91	
	50	3502050	8,56	200	3502200	138,33	
	63	3502063	8,85	225	3502225	169,17	
	75	3502075	20,88	250	3502250	990,67	
	90	3502090	17,20	280	3502280	1.317,13	
	110	3502110	26,69	315	3502315	1.742,06	

Figura 56: Selección de codos a 45° (Fuente: Catálogo MASA)

A lo largo de la instalación, serán necesarios tres codos a 45°.


### Selección de té


Se emplearán té iguales ya que tanto la tubería de salida de la unión como las posibles tuberías de entrada del flujo poseen el mismo diámetro. El material seleccionado será el Polietileno SDR 11 que presenta las siguientes características:

- Alta resistencia, siendo capaz de soportar una presión de servicio continua de hasta 16 bar.
- Representa un accesorio inyectado.
- Presenta alta flexibilidad y dureza
- Es ligero y presenta un coste reducido.
- Presenta resistencia a la abrasión, a la corrosión y a los ataques químicos.

Dado que las tuberías de la unión presentan un diámetro exterior de 40 mm, se seleccionarán térs de esta misma dimensión como se muestra en la siguiente tabla:

**TES IGUALES**



Aplicación  


**SDR 11**  
Máxima presión de trabajo permitida  
16 bar (agua) / 10 bar (gas)

Diámetro	Referencia	€/Ud
20	3113020	4,24
25	3113025	4,57
32	3113032	2,17
40	3113040	3,29
50	3113050	8,72
63	3113063	6,76
75	3113075	17,41
90	3113090	13,86
110	3113110	22,18
125	3113125	28,41
140	3113140	71,95
160	3113160	76,96
180	3113180	108,86
200	3113200	118,99
225	3113225	153,78
250	3113250	286,65
280	3113280	431,58
315	3113315	498,20
355	3113355	1.291,95
400	3113400	1.930,80
450	3113450	2.738,06
500	3113500	3.477,75

Figura 57: Selección de Térs para la instalación de bombeo (Fuente: Catalogo MASA)

Se dispondrán tres térs a lo largo de la instalación.

Accesorio	Material	Diámetro mm	Precio (€/unidad)
Codos a 90°	PE100	40	7,50
Codos a 45°	PE100	40	7,50
Unión de sistemas de bombeo en té	PE100 SDR 11	40	3,29

Tabla 24: Resumen de selección de accesorios para tuberías

### Selección de reductores de acoplamiento de tuberías

Dado que existen cambio de diámetros en la instalación de bombeo, serán necesario adquirir accesorios de acoplamiento de las redes hidráulicas:

- Acoplamiento de  $\varnothing 40$  mm a  $\varnothing 32$  mm a la salida de las bombas. Se necesitarán por lo tanto 6 unidades.
- Acoplamiento de  $\varnothing 40$  mm a  $\varnothing 25$  mm en la salida a los grifos de suministro. Se necesitarán por lo tanto 10 unidades.

Se comprarán las piezas de polietileno a través de Amazon en paquetes de 2 unidades:

Los reductores de acoplamiento para la salida de las bombas tienen un precio de **6,07 euros** cada dos unidades.

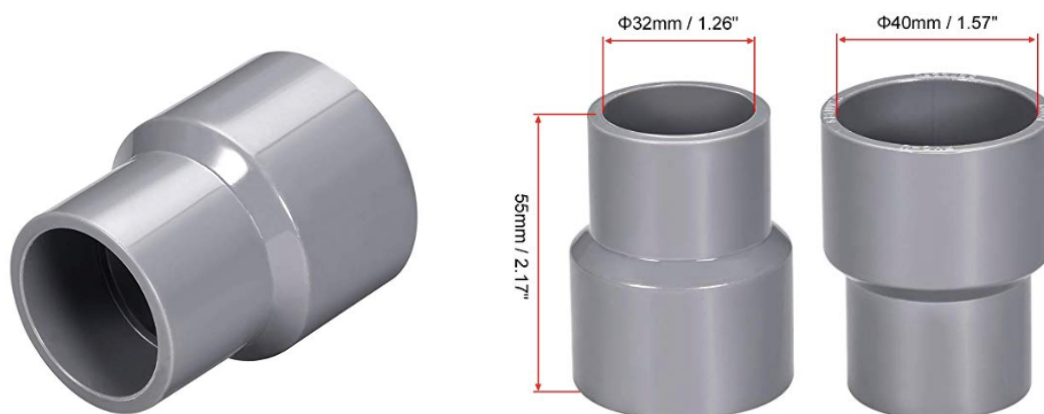


Figura 58: Reductor de acoplamiento 40-32 mm (Fuente Amazon)

Los reductores de acoplamiento para la salida hacia los grifos tienen un precio de **5,98 euros** cada dos unidades.



Figura 59: Reductor de acoplamiento 40-25 mm (Fuente Amazon)

## Selección de accesorios para los depósitos

### Selección de flotadores para el primer depósito

Se encargarán de controlar la orden de marcha y paro de los sistemas de bombeo, por lo que serán de tipo eléctrico. Se ha seleccionado el fabricante de medidores de nivel para líquidos ATMI, ya que ofrece una gama de productos certificados a un precio competitivo. El funcionamiento de los interruptores de nivel de tipo flotador o boyas de nivel está basado en la conexión al sistema de bombeo mediante un relé. El nivel de agua en el tanque, determinará la inclinación de los flotadores, lo que dará lugar a la apertura o cierre de un circuito eléctrico que controlará la activación y parada del sistema de captación de agua. La distancia existente entre el flotador y el punto de fijación del cable eléctrico, determinará la conmutación.

Se determinarán dos parámetros para cada boya de nivel:

- La distancia existente entre el flotador y el contrapeso. La longitud determinará la sensibilidad para la orden de activación y desactivación del sistema de bombeo. Así, cuanto menor sea, un menor descenso/aumento del nivel del tanque, supondrá el envío de la orden de marcha/paro del sistema de bombeo.
- La altura del contrapeso en el tanque, lo que determinará los niveles máximo y mínimo de control.

De los modelos existentes, se ha seleccionado el flotador de nivel de tipo pera y de accionamiento eléctrico BIP STOP, dado que está indicado para la automatización de bombas pequeñas de aguas limpias o residuales. Posee un ángulo diferencial de  $\pm 110^\circ$  y protege a los motores de las bombas de encendidos en seco (especialmente útil para los fluidos en régimen turbulento). Se caracteriza por ser un modelo económico, bicónico y ecológico.



Figura 60: Interruptor de nivel BIP STOP (Fuente: Fabricante Atmi)

Las especificaciones eléctricas y técnicas del interruptor de nivel se muestran a continuación:

Ángulo diferencial	+/- 110°
Densidad fluidos	0,70 a 1,15
Características eléctricas	250 - 400 VAC /VDC 50/60 Hz
Corte de energía	20 (8) A (20 A resistivos; 8 A inductivos)
Presión permitida	3,5 bares
Temperatura permitida	85 °C
Protección de índice	IP 68
Material del boya	Copolímero de polipropileno
Cable 3 x 1 mm <sup>2</sup>	Neopreno, HR HY
Peso	105 g
Dimenssion	Altura : 130. mm - Ø : 70 mm
Lastre	175 g resina cargada;
Longitud del cable	5, 6, 10,13, 15, 20, 25 et 30

Figura 61: Especificaciones técnicas interruptores de nivel del primer depósito (Fuente: Atmi)

El esquema de conexión eléctrica del accesorio BIP STOP es el siguiente:

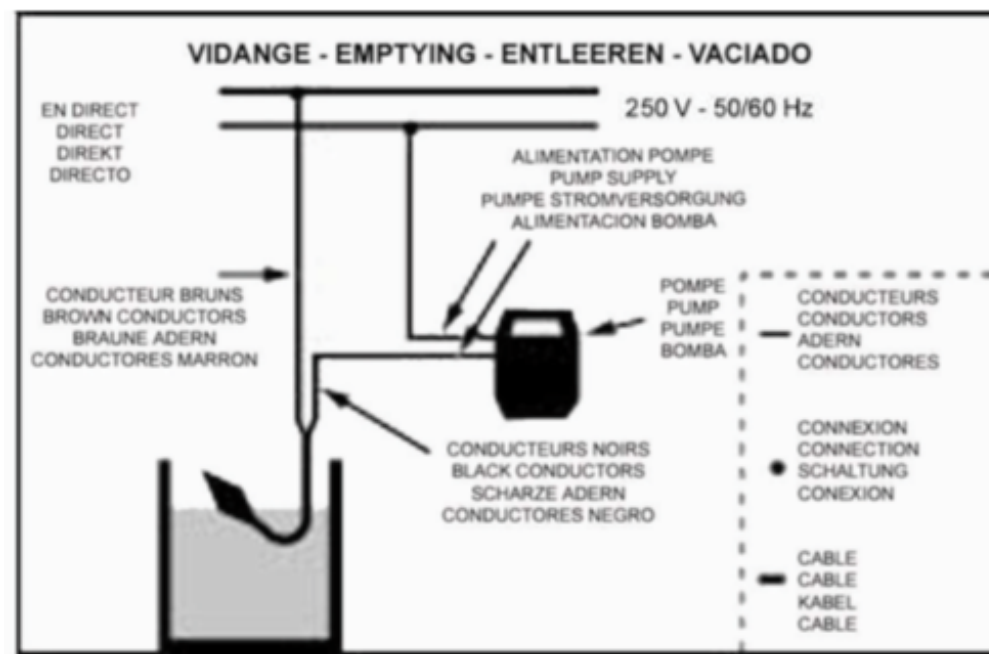


Figura 62: Esquema de conexión de vaciado BIP STOP (Fuente: Atmi)

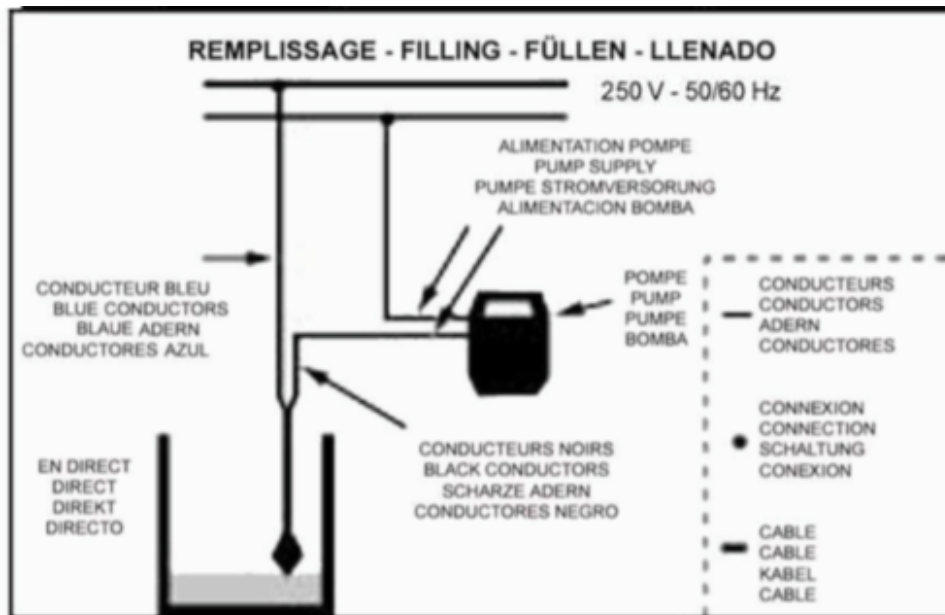


Figura 63: Esquema de llenado BIP STOP (Fuente: Atmi)

En cuanto al número de válvulas de flotador eléctricas necesarias, se emplearán dos, para controlar cada uno de los dos sistemas de bombeo. El precio por unidad de las mismas es de 73,44 €.

#### Selección de las válvulas de flotador para el segundo depósito

Para el segundo depósito, se emplearán válvulas de flotador de tipo mecánico, que controlarán la apertura o cierre de la válvula de suministro:

Existen válvulas de flotador de acción directa, que controlan la apertura o cierre de la válvula de suministro en función de la fuerza ejercida por el pistón que se transmite desde el flotador mediante el brazo en función del nivel del agua en el depósito. Por otro lado, existen aquellas de acción pilotada, controladas por la acción de las fuerzas hidráulicas sobre el pistón y que permiten la opción de apertura diferida, es decir, dan la posibilidad de asignar dos niveles a un mismo flotador, uno para dar orden de corte del suministro (cierre de la válvula) y otro para dar orden de apertura del mismo (apertura de la válvula).



Figura 64: Válvula de flotador de control de nivel de acción pilotada (Fuente: Valvulería Ross)

El pistón de la misma se acciona mecánicamente debido al efecto de la flotación de la boya. El cierre y apertura del suministro con respecto a las variaciones del nivel de líquido en el depósito, estará determinado por la relación del brazo de la palanca de la válvula de flotador, siendo más gradual a mayor relación. De esta manera, la secuencia de funcionamiento de la válvula de flotador de accionamiento mecánico se describe a continuación:

- Al descender por debajo del nivel mínimo fijado para el segundo depósito, el flotador desciende y la leva unida al mismo asciende, por lo que empuja al pistón en dirección ascendente. Así, se corta el flujo de agua hacia el exterior del depósito tras cerrarse la válvula.
- En el caso en el que el nivel del agua se encuentre por encima de un nivel máximo fijado, el flotador asciende y la leva unida al mismo desciende, por lo que empuja el pistón en dirección descendente. Así, tras la apertura de la válvula, se permite el flujo de fluido desde el segundo depósito hasta la zona de consumo.

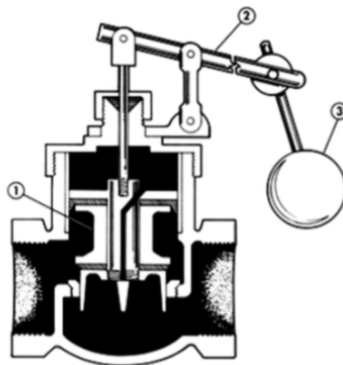


Figura 65: Esquema de válvula de flotador de accionamiento mecánico (Fuente: Valvulería Ross)

### Selección de las válvulas de seguridad

Se encargarán de cerrar o permitir la circulación del fluido hacia el exterior de los depósitos (hacia la potabilizadora compacta en el caso del primer depósito y hacia el consumo en el caso del segundo depósito). La tipología de válvulas elegidas es de bola como se ha mostrado en el apartado de selección de válvulas.

### Selección de los grifos y pilas

La distribución de agua potable, se realizará mediante el uso de diez grifos dispuesto en fila a partir de un punto común de suministro. En primer lugar se seleccionarán las pilas del fabricante roca:



Figura 66: Pila para consumo de agua potable (Fuente: Roca)

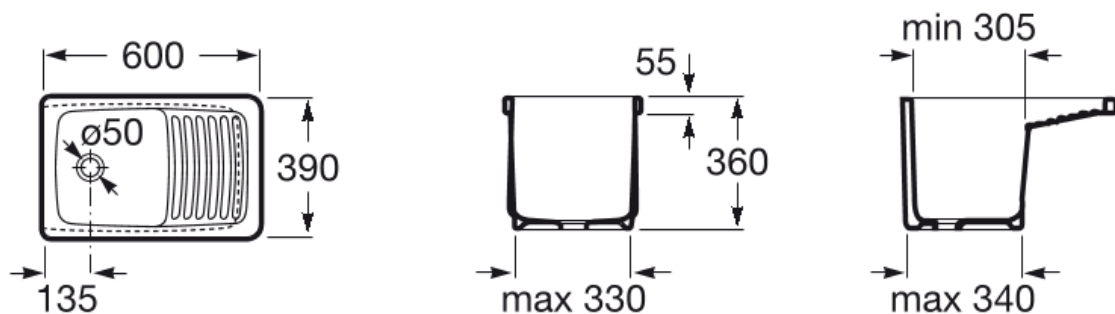


Figura 67: Dimensiones de la pila seleccionada para la instalación de bombeo (Fuente: Roca)

Las características de la pila seleccionada se muestran a continuación:

<b>Número de pilas</b>	10
<b>Precio por unidad</b>	124,63 €
<b>Longitud de la pila</b>	600 mm
<b>Ancho de la pila</b>	390 mm
<b>Altura de la pila</b>	360 mm
<b>Material</b>	Porcelana

*Tabla 25: Especificaciones de las pilas seleccionadas*

Además, será necesario seleccionar los grifos para el suministro de agua. Se elige el fabricante Leroy Merlín y se debe considerar que se encontrarán expuestos a la intemperie por lo que se elegirá un material que presente resistencia a la corrosión y que no presente problemas de operación para el posible rango de temperaturas de operación exteriores. El grifo seleccionado será de polipropileno y con propiedades anti-hielo (capaces de operar hasta treinta grados por debajo de cero).



*Figura 68: Grifo exteriores instalación de bombeo (Fuente: Leroy Merlín)*

Los grifos poseen las siguientes características:

<b>Número de grifos</b>	10
<b>Precio por unidad</b>	8,95 €
<b>Diámetro de entrada</b>	½ "
<b>Diámetro de salida</b>	¾ "
<b>Número de vías</b>	1
<b>Tipo de cierre</b>	¼ vuelta de esfera

<b>Número de salidas</b>	1
<b>Material</b>	Polipropileno Copolímero

Tabla 26: Especificaciones técnicas de los grifos seleccionados para la instalación de bombeo

La disposición de los grifos y pilas se muestra a continuación:

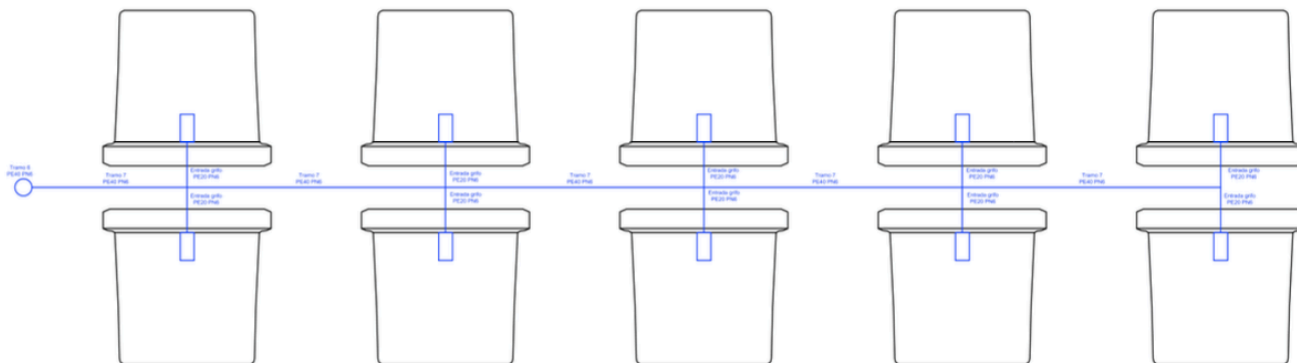


Figura 69: Disposición de grifos en la instalación de bombeo

Por lo tanto, se necesitarán 10 metros de tubería en total para alimentar a todos los grifos de la instalación.

### Selección del grupo electrógeno

Para accionar el sistema de bombeo, debemos tener en cuenta que nos encontramos en una zona con acceso limitado al suministro eléctrico por lo que será necesario utilizar el un grupo electrógeno que accione el generador eléctrico a través de un motor de combustión interna que representa la fuente de energía mecánica que permite el giro del alternador, generándose electricidad. El motor de combustión interna puede ser de gasolina o diésel (motor de gasoil). Generalmente, se seleccionan los motores diésel ya que presentan ventajas en lo que se refiere al ámbito económico, medioambiental y mecánico.

Para su instalación, se debe tener en cuenta que debe presentar una buena aireación (se debe facilitar entrada de aire) y que no debe estar situado a la intemperie a menos que posea un grado de protección IP24. Si se desea instalar el grupo electrógeno en el interior de una envolvente prefabricada, se deberán evitar problemas de retención de gases que produzcan daños tales como los asociados a la formación de carbonilla. Así, se debe asegurar la evacuación de los humos mediante un tubo de prolongación que se encuentre dispuesto verticalmente o lo más aproximado posible y que posea un diámetro del doble como mínimo de la salida de escape. Además, si el grupo electrógeno se encuentra

situado en el interior de una caseta, se colocará un extractor de gases en la esquina opuesta al grupo electrógeno, asegurando el correcto funcionamiento del mismo al proporcionar una atmósfera óptima para la circulación del aire en el interior de la misma.

Para la selección del grupo electrógeno se tendrán en cuenta los siguientes datos de partida:

- Frecuencia de alimentación: En nuestro caso, tomaremos una frecuencia de 50 Hz.
- Potencia necesaria para el arranque y funcionamiento del sistema de bombeo: Se tomará la potencia de arranque de las bombas expuesta en las especificaciones de la bomba y la potencia de funcionamiento de las bombas obtenida mediante la siguiente ecuación:

$$P = Q \times \rho \times g \times h$$

*Ecuación 40:Potencia útil del sistema de bombeo*

Siendo:

Q: El caudal a impulsar por el sistema de bombeo

$\rho$  : La densidad del fluido impulsado (densidad del agua en este caso)

g: aceleración de la gravedad

h: Altura manométrica del sistema de bombeo

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{real}}}$$

*Ecuación 41:Rendimiento del sistema de bombeo*

### Sistema de bombeo 1

Los datos de partida para este sistema de bombeo son:

- 50 Hz de frecuencia
- Potencia del sistema de bombeo:

$$P = Q \times \rho \times g \times h = 0,00144 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 53,02 \text{ m} = 748,98 \text{ W}$$

$$P_{\text{real}} = \frac{P}{\eta} = \frac{748,98}{0,5707} = 1312,39 \text{ W}$$

Además, se tendrá en cuenta una reserve de potencia del 25% por lo que la potencia de funcionamiento para el primer sistema de bombeo será: 1640,49 W

Por otro lado, de la ficha de especificaciones técnicas de la bomba seleccionada (VSM4) se obtiene la potencia necesaria para el arranque: 1,1 kW

<b>Motor</b>	
Alimentación eléctrica	: 3~400V/50 Hz
Potencia nominal P2	: 1,1 kW
Velocidad nominal	: 2900 1/min
Intensidad nominal	: 2,8 A
Corriente de arranque	: -
Tipo de arranque	: Arranque directo
Factor de potencia	: 0,73
Clase de aislamiento	: B
Frecuencia máx. de arranque	: 20 1/h
Diámetro de motor	: 101,6 mm
Velocidad de flujo mín. en el motor	: m/s

Figura 70: Especificaciones técnicas del motor de la bomba TWI 4.03-12 CI 3~

Por lo tanto, se necesitará una potencia mínima de 3 kW para poder arrancar el motor. Se empleará el fabricante de grupos electrógenos diésel Genesal Energy, ya que están certificados bajo normativa y ofrecen productos de alta fiabilidad, niveles sonoros reducidos y bajo consumo. Por lo tanto se seleccionará la familia XS insonorizado:



Figura 71: Grupo electrógeno diésel XS (Fuente: Genesal Energy)

El grupo electrógeno seleccionado presenta las siguientes especificaciones técnicas:

Descripción	
<b>Motor</b>	
<b>Modelo:</b> KOHLER KDI 2504 M	<b>R.P.M:</b> 1500
<b>Combustible:</b> Diesel	
<b>Potencia</b>	
<b>PRP/STP (kVA):</b> 25/27	<b>Cont. PRP (kVA/kWe):</b> 25/20
<b>Emerg. STP (kVA/kWe):</b> 27/22	<b>Cons. 75% PRP (l/h):</b> 5.18
<b>Dimensiones (LxAnxAI):</b> 2250x930x1627	<b>Peso (kg):</b> 821
<b>Depósito (l):</b> 250	<b>Voltaje (V):</b> 400/230 – 415/240 – 380/220

Figura 72: Especificaciones técnicas del grupo electrógeno para el primer sistema de bombeo

**Sistema de bombeo 2**

Los datos de partida para este sistema de bombeo son:

- 50 Hz de frecuencia
- Potencia del sistema de bombeo:

$$P = Q \times \rho \times g \times h = 0,00144 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 179,14 \text{ m} = 2530,6 \text{ W}$$

$$P_{\text{real}} = \frac{P}{\eta} = \frac{2530,6}{0,5853} = 4323,6 \text{ W}$$

Además, se tendrá en cuenta una reserve de potencia del 25% por lo que la potencia de funcionamiento para el primer sistema de bombeo será: 5404,5 W

Por otro lado, de la ficha de especificaciones técnicas de la bomba seleccionada (VMS 6) se obtiene la potencia necesaria para el arranque: 3kW

**Datos del motor**

Alimentación eléctrica	3~ 400 V / 50 Hz
Tolerancia de tensión admisible	±10 %
Régimen nominal	2900 1/min
Potencia nominal P2	3,00 kW
Intensidad absorbida	7,40 A
Factor de potencia	0,73
Grado de protección	IP68

Figura 73: Especificaciones técnicas del motor de la bomba TWI 4.03-39 CI 3~

Por lo tanto, se necesitará una potencia mínima de 5,4 kW para poder arrancar el motor del sistema de bombeo. Se empleará el fabricante de grupos electrógenos diésel Genesal Energy, ya que están certificados bajo normativa y ofrecen productos de alta fiabilidad, niveles sonoros reducidos y bajo consumo. Por lo tanto se seleccionará la familia XS insonorizado:



Figura 74: Grupo electrógeno diésel XS (Fuente: Genesal Energy)

El grupo electrógeno seleccionado presenta las siguientes especificaciones técnicas:












Descripción	
<b>Motor</b>	
 <b>Modelo:</b> KOHLER KDI 2504 M	 <b>R.P.M:</b> 1500
 <b>Combustible:</b> Diesel	
<b>Potencia</b>	
 <b>PRP/STP (kVA):</b> 25/27	 <b>Cont. PRP (kVA/kWe):</b> 25/20
 <b>Emerg. STP (kVA/kWe):</b> 27/22	 <b>Cons. 75% PRP (l/h):</b> 5.18
 <b>Dimensiones (LxAnxAI):</b> 2250x930x1627	 <b>Peso (kg):</b> 821
 <b>Depósito (l):</b> 250	 <b>Voltaje (V):</b> 400/230 – 415/240 – 380/220

Figura 75: Especificaciones técnicas del grupo electrógeno para el primer sistema de bombeo

## Selección del depósito de gasolina para

El motor del grupo electrógeno posee un consumo de 1,3 litros/hora de combustible y posee un depósito de 250 litros de gasolina. Se estima que el sistema estará en funcionamiento unas 8 horas diarias por lo que en total se requerirán un total de 10,4 litros diarios de diésel. Dado que la capacidad del depósito integrado en el grupo electrógeno es superior, no será necesario añadir depósitos de combustible adicionales.

### III. Planos

## Índice de planos

Plano 01: Vista aérea de El Salado, Colombia

Plano 02: Esquema de la instalación de bombeo

Plano 03: Redes hidráulicas de la instalación

Plano 04: Esquema de disposición de los grifos

Plano 05: 1º Sistema de Bombeo: TWI 4.03-12 CI 3~

Plano 06: 2º Sistema de Bombeo: TWI 4.03-39 CI 3~

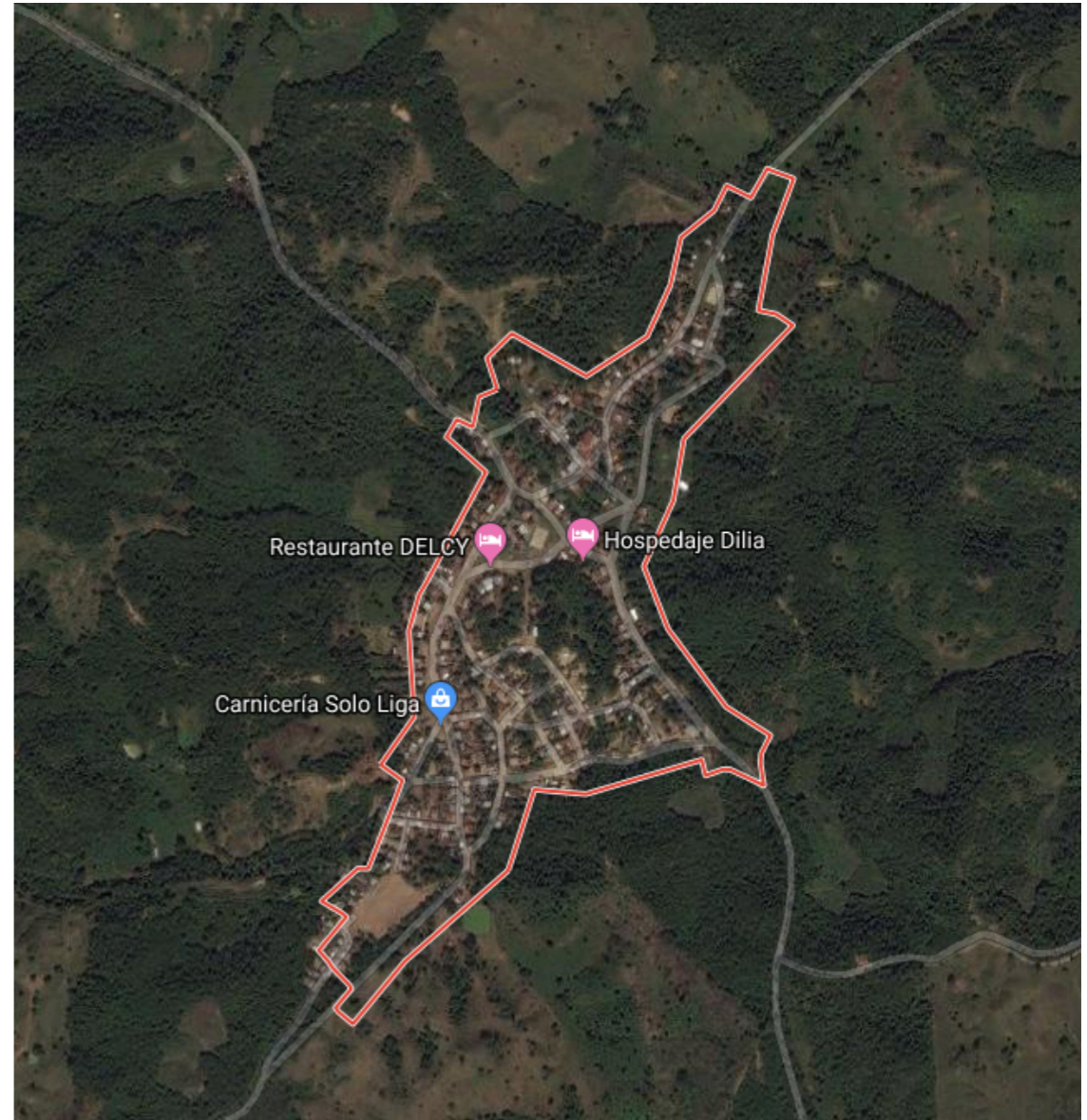
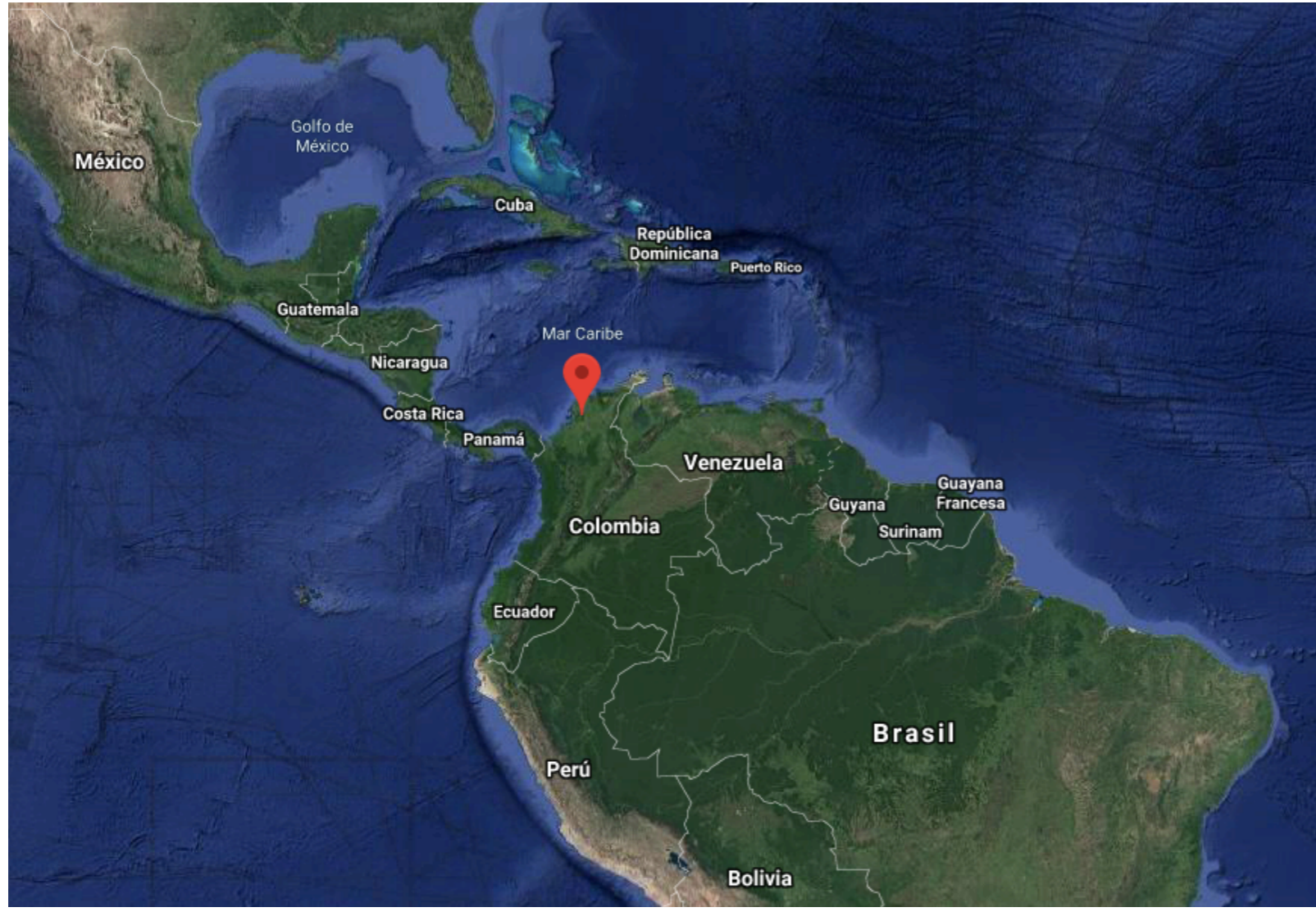
Plano 07: Esquema de las válvulas de flotador



Plano 08: Esquema de las válvulas de mariposa

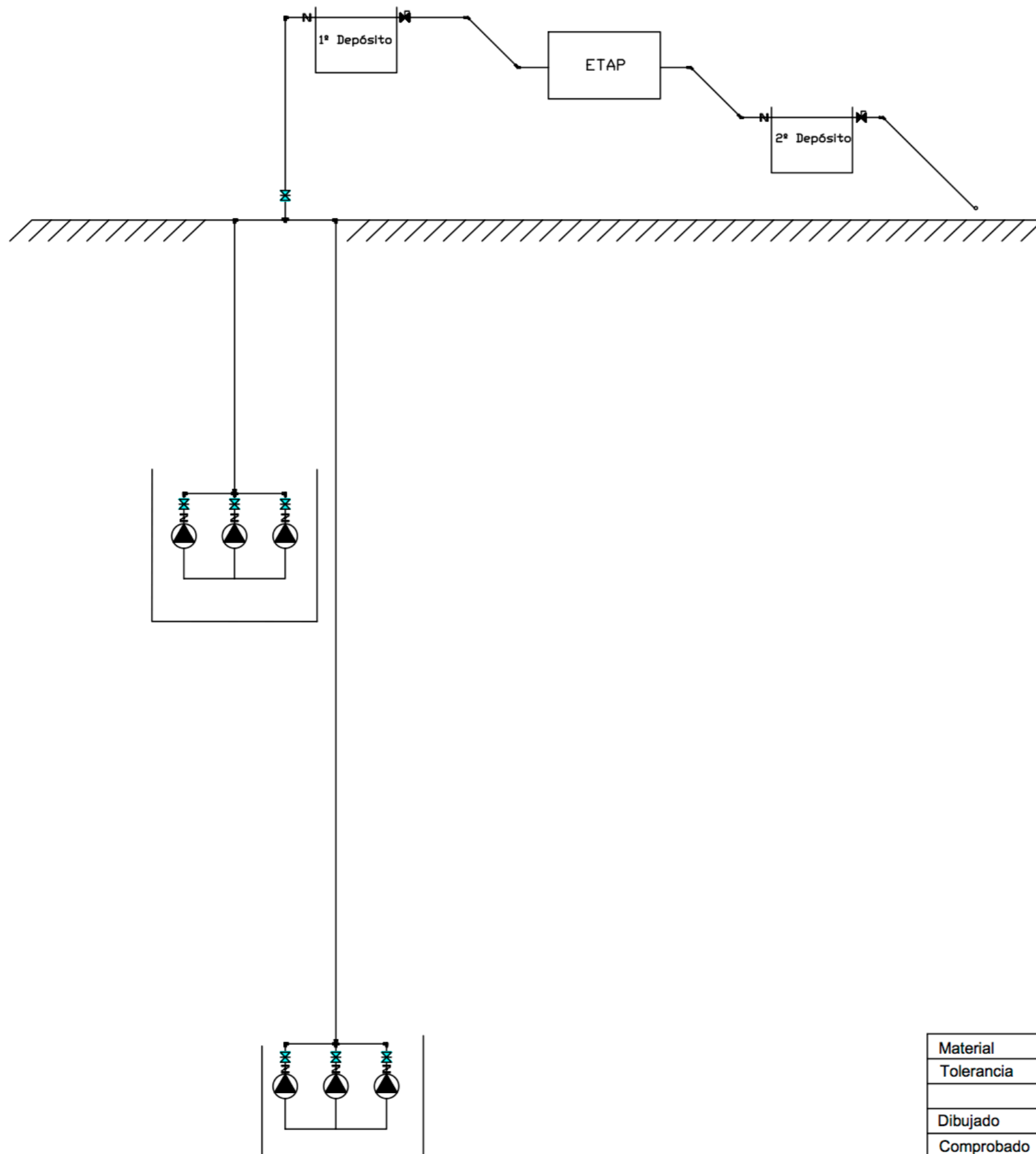
Plano 09: Dimensiones de los pozos de captación de agua

Plano 10: Esquema unifilar 1

Plano 11: Esquema unifilar 2

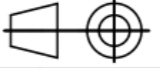



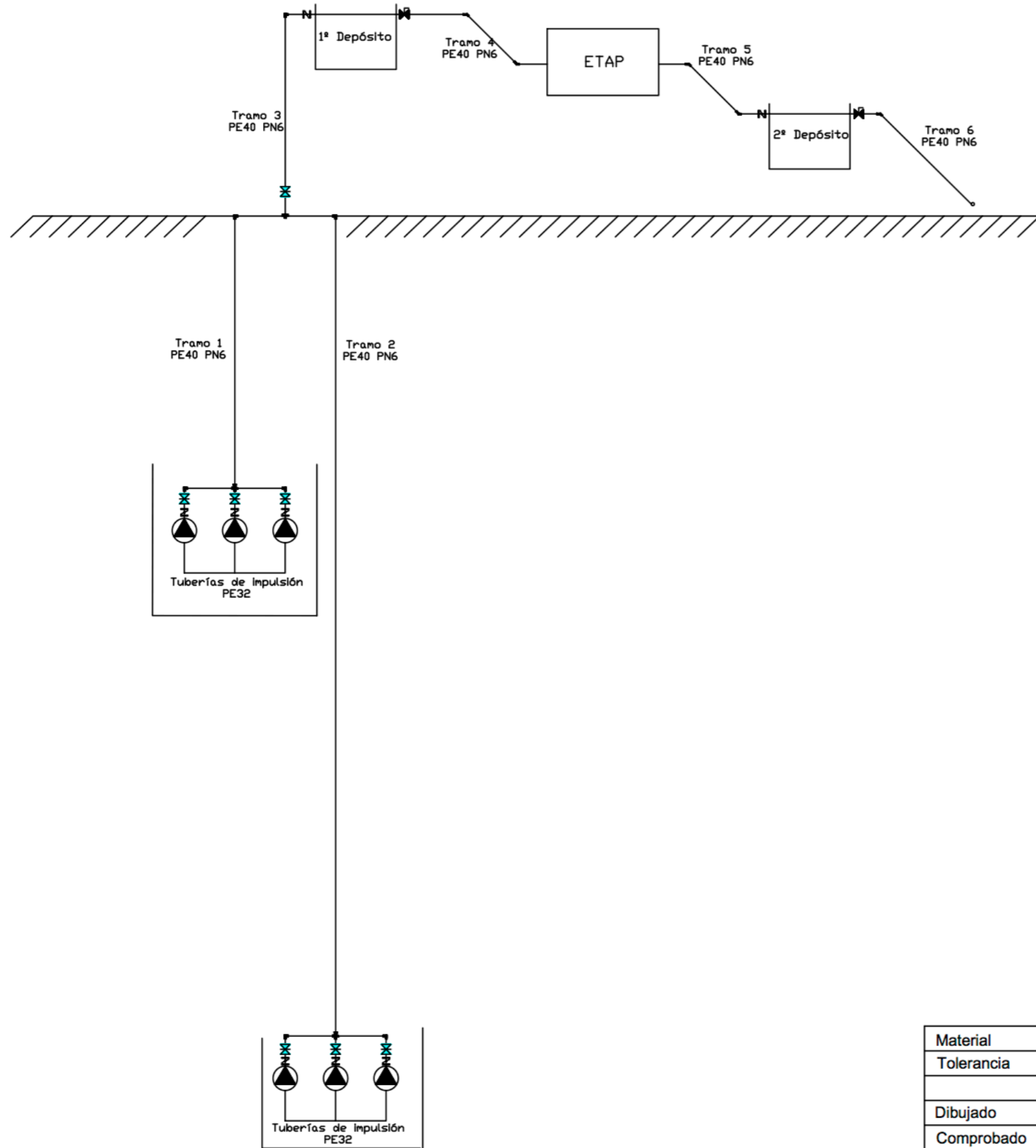
MATERIAL	-		Instalación de bombeo	
TOLERANCIA	-		Vista aérea de El Salado, Colombia	
	NOMBRE	FECHA		
DIBUJADO	Beatriz Barandiarán	11/08/2019		
COMPROBADO	Íñigo Sanz	18/08/2019		
ESCALA:	FIRMA:			Nº Plano:
-		I.C.A.I.		01



LEYENDA DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

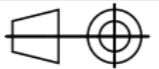

-  VÁLVULA DE CIERRE DE BOLA
-  VÁLVULA DE CIERRE DE COMPUERTA
-  VÁLVULA ANTIRRETORNO DE MARIPOSA
-  REDUCTOR DE DIÁMETRO
-  CODOS A 90°
-  CODOS A 45°

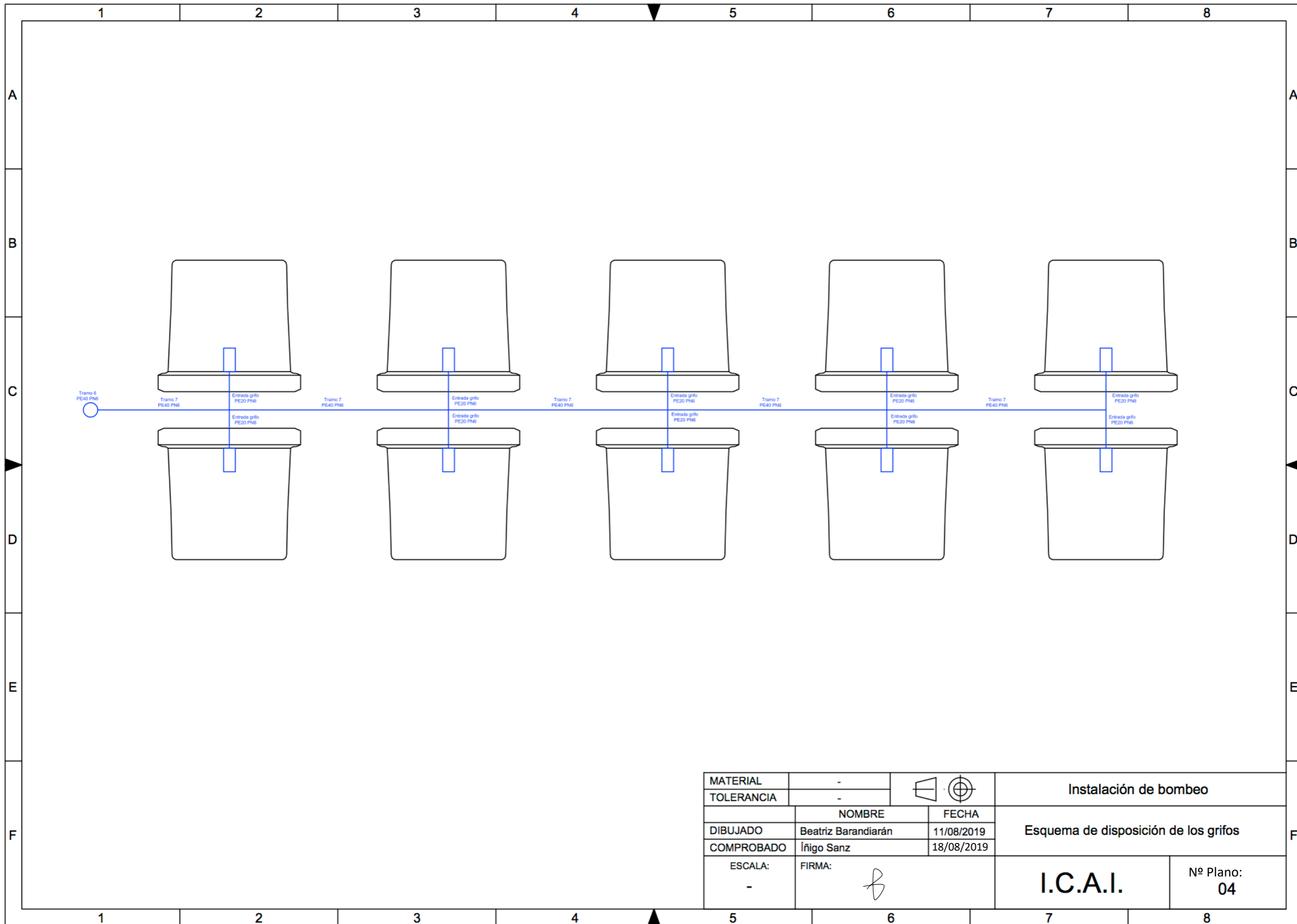
Material	-		Instalación de bombeo en El Salado	
Tolerancia	-		Esquema de la instalación de bombeo	
	NOMBRE	FECHA		
Dibujado	Beatriz Barandiarán	11/08/2019		
Comprobado	Íñigo Sanz	18/08/2019		
ESCALA:	Firma:		<b>I.C.A.I.</b>	Nº Plano:
-				02



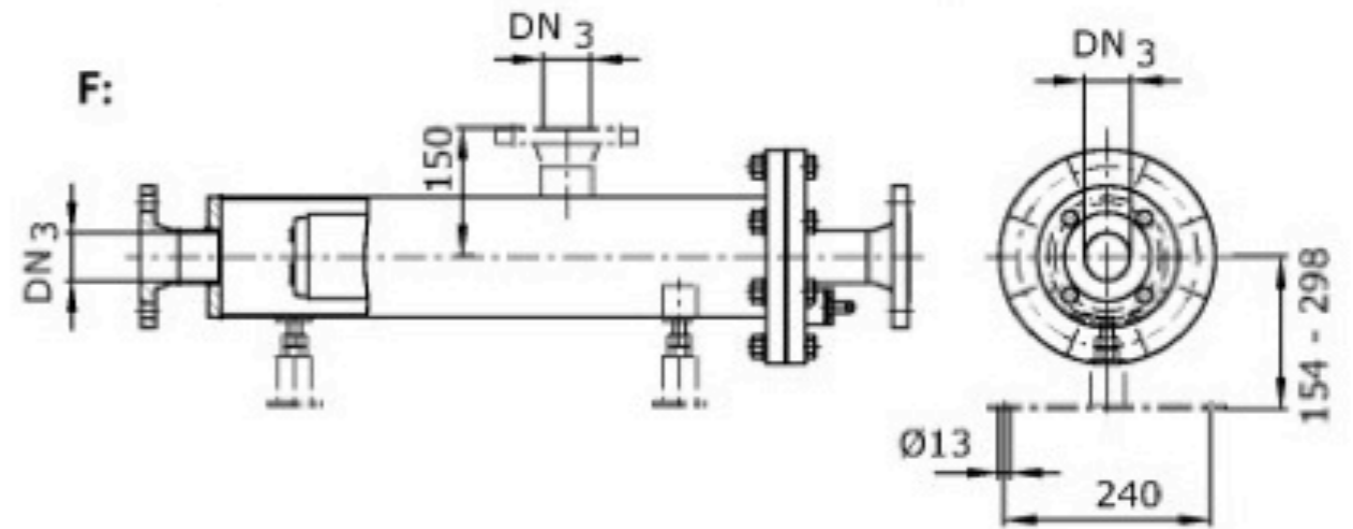
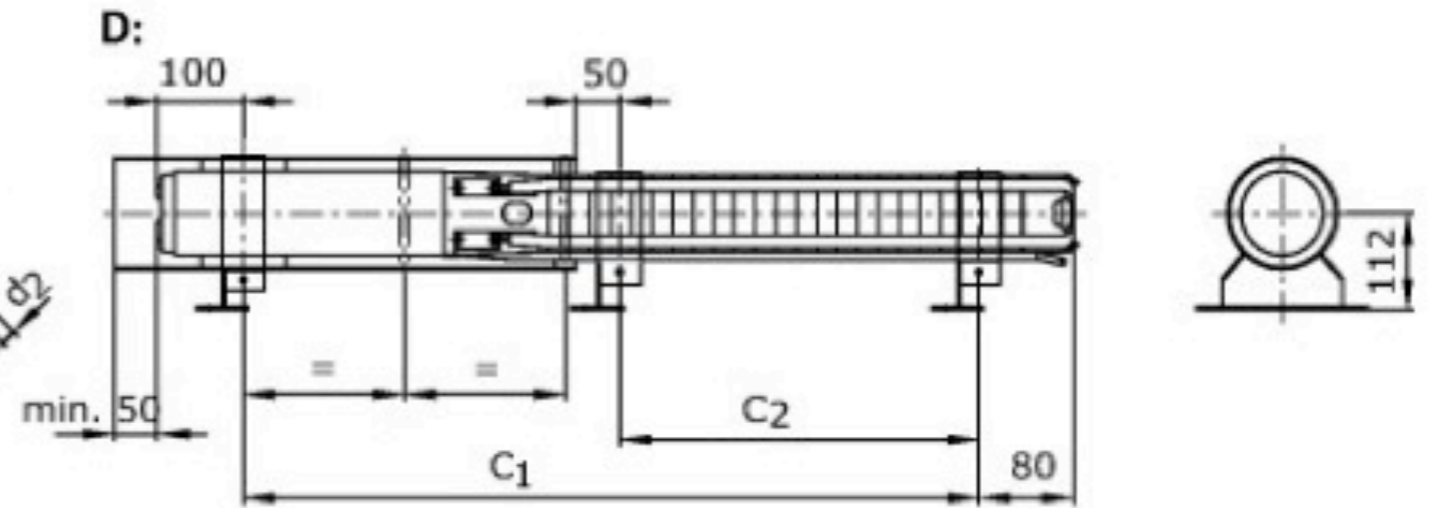
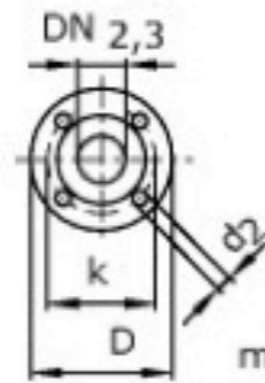
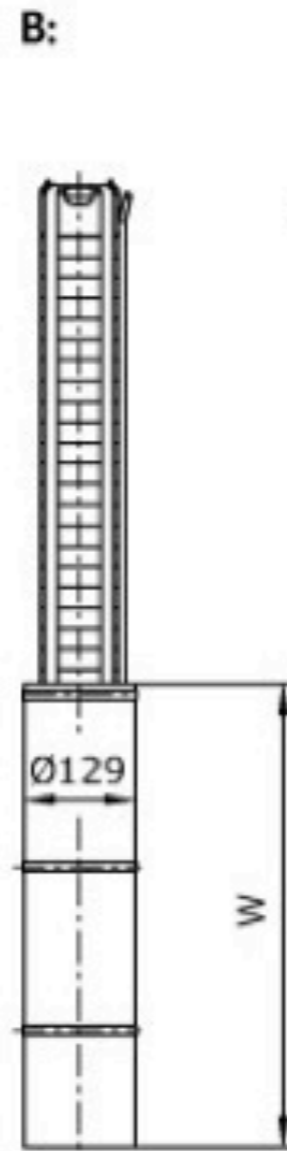
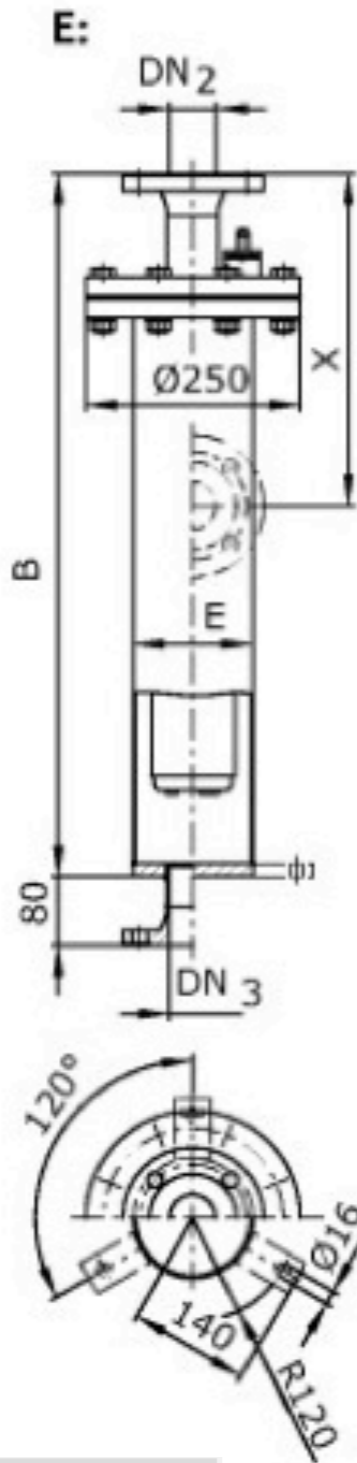
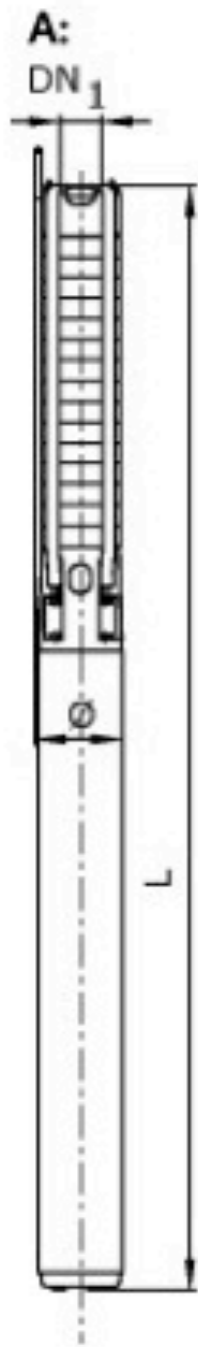
LEYENDA DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

-  VÁLVULA DE CIERRE DE BOLA
-  VÁLVULA DE CIERRE DE COMPUERTA
-  VÁLVULA ANTIRRETORNO DE MARIPOSA
-  REDUCTOR DE DIÁMETRO
-  CODOS A 90°
-  CODOS A 45°

Material	-		Instalación de bombeo en El Salado	
Tolerancia	-		Redes Hidráulicas de la instalación	
	NOMBRE	FECHA		
Dibujado	Beatriz Barandiarán	11/08/2019		
Comprobado	Íñigo Sanz	18/08/2019		
ESCALA:	Firma:		<b>I.C.A.I.</b>	Nº Plano:
-				03

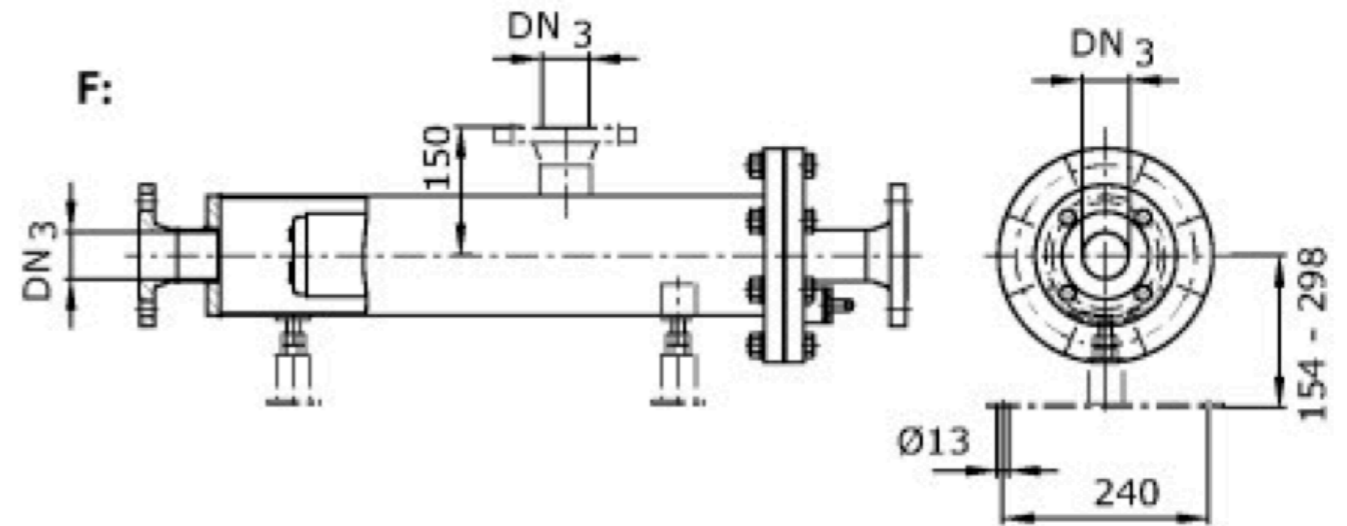
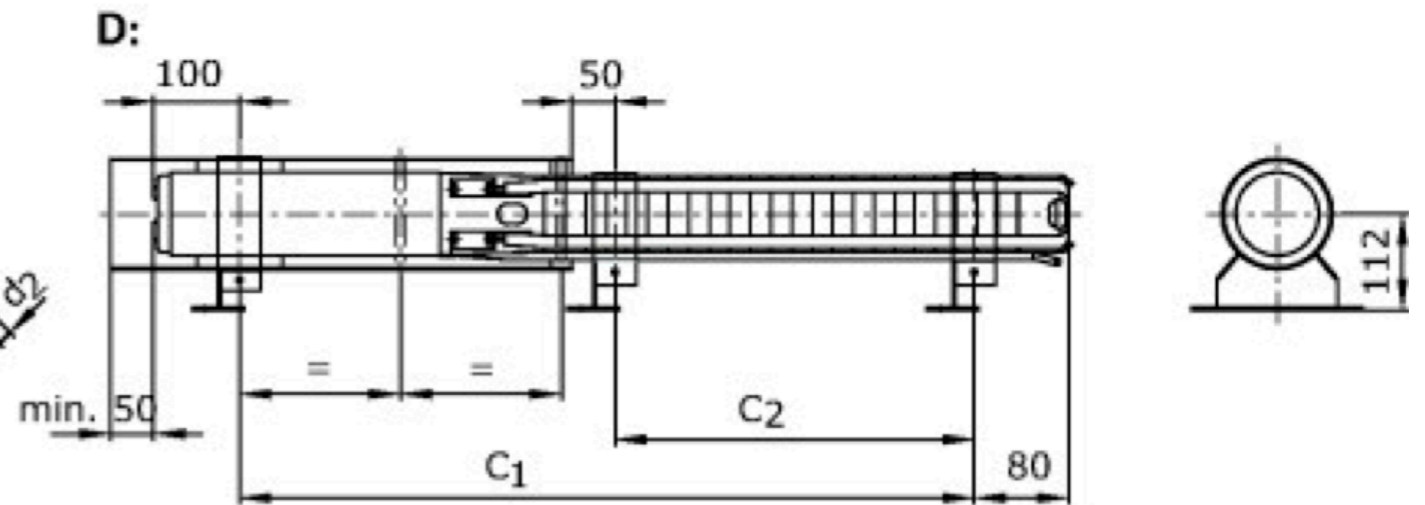
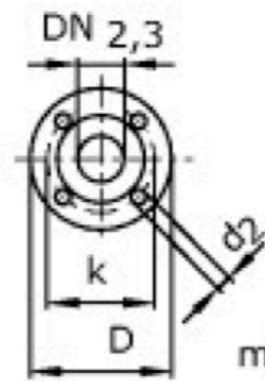
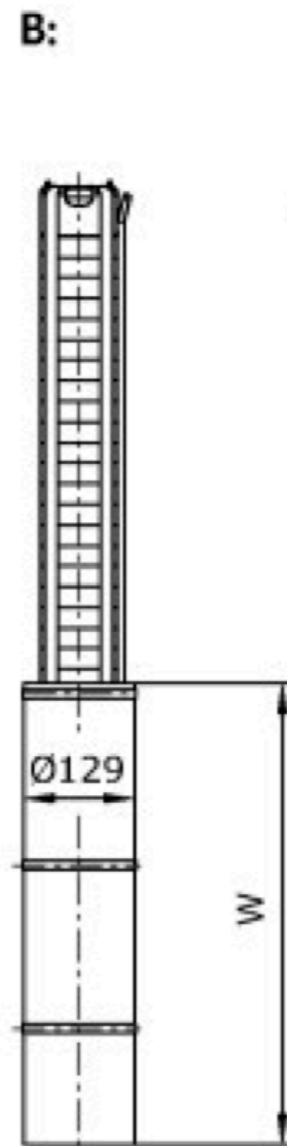
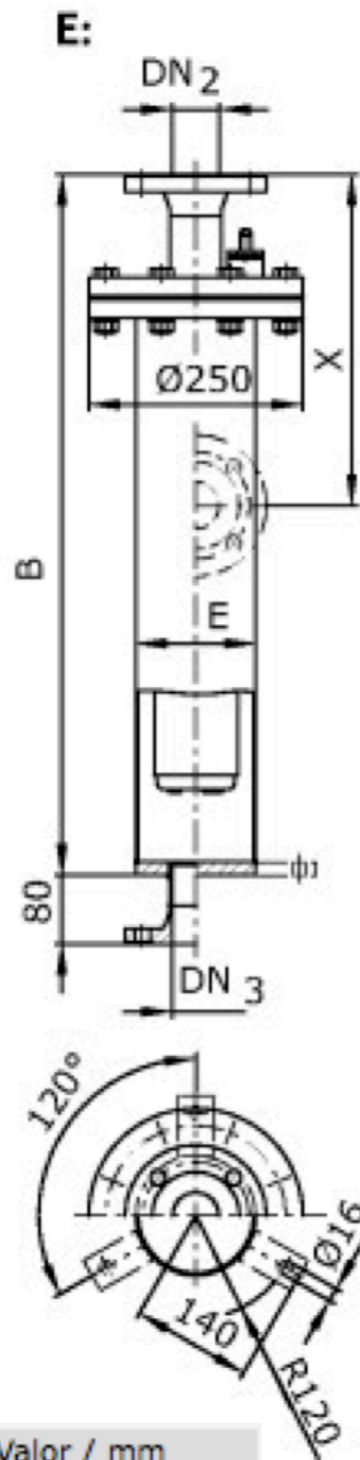
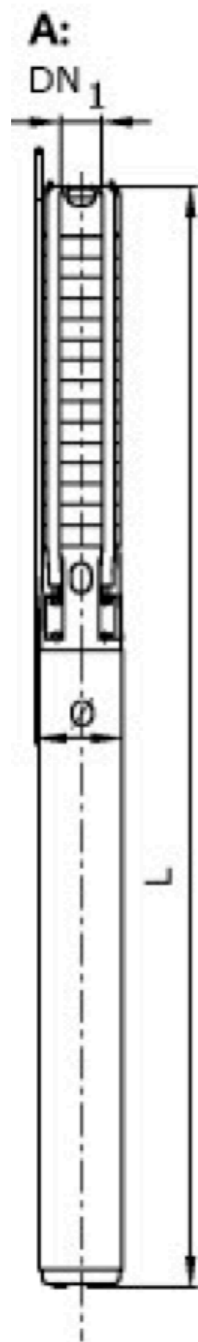


MATERIAL	-		Instalación de bombeo	
TOLERANCIA	-		Esquema de disposición de los grifos	
DIBUJADO	Beatriz Barandiarán	FECHA	11/08/2019	I.C.A.I.
COMPROBADO	Íñigo Sanz	FECHA	18/08/2019	
ESCALA:	FIRMA:			Nº Plano: 04
-				



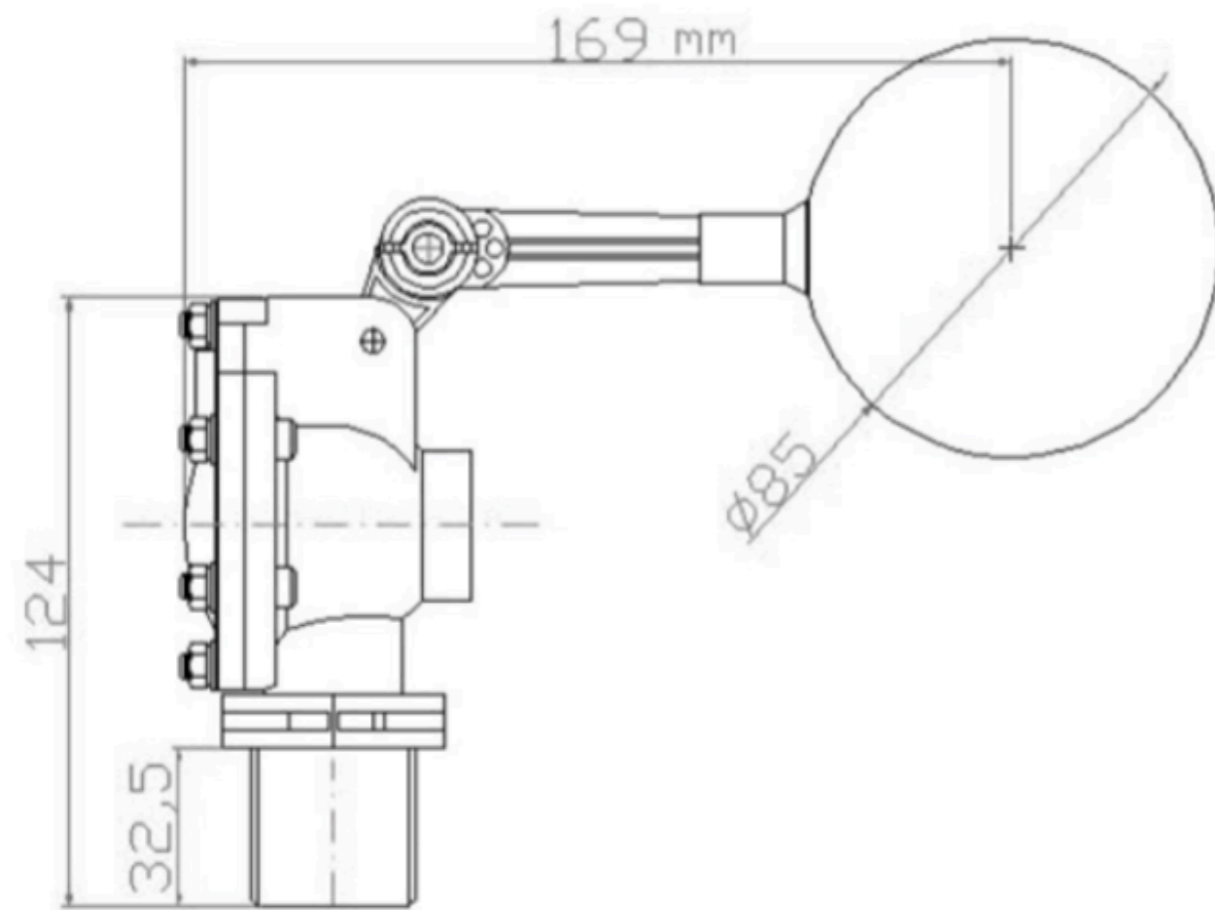
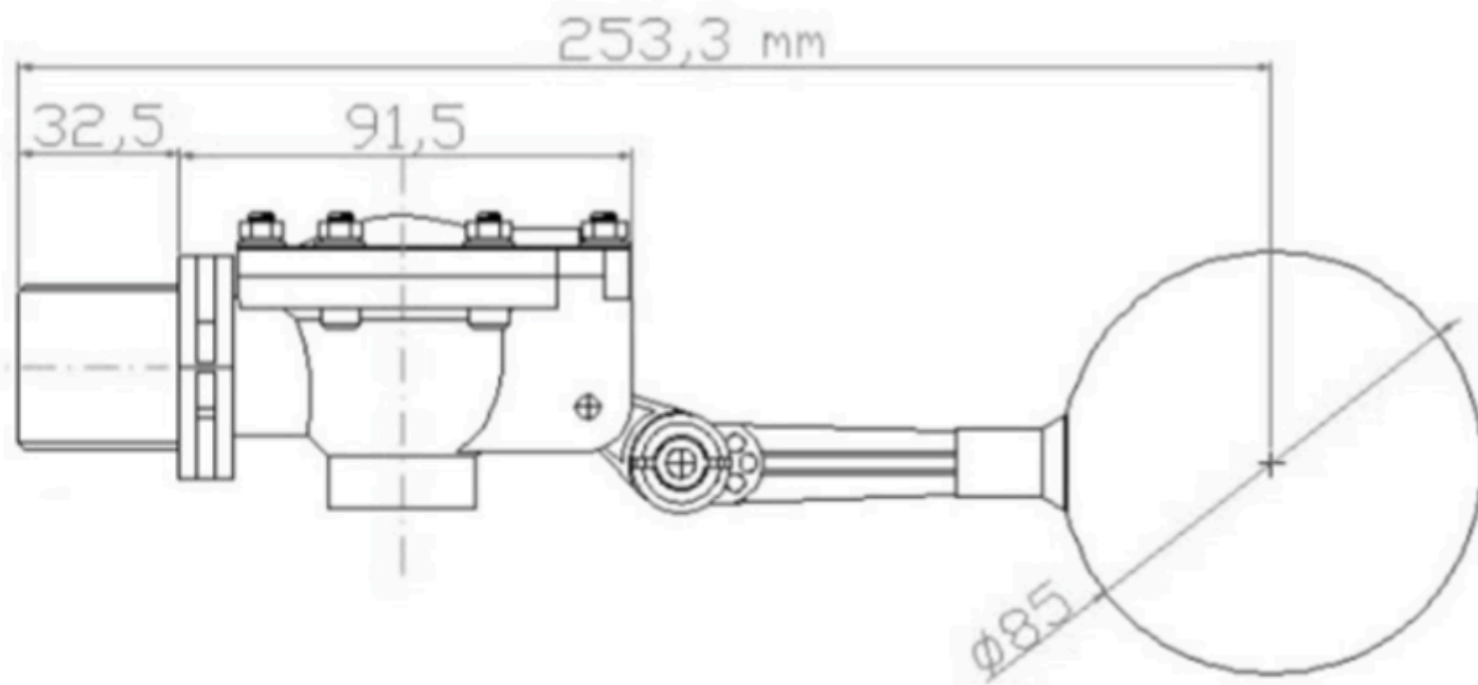
Nombre	Valor / mm
B	1220
C1	531
C2	0.0
E	139.7
L	716
Ø	98
W	500

MATERIAL	-		Instalación de bombeo	
TOLERANCIA	-		1º Sistema de bombeo: TWI 4.03 -12 CI 3 ~	
DIBUJADO	Beatriz Barandiarán	NOMBRE	FECHA	
COMPROBADO	Iñigo Sanz		11/08/2019	
ESCALA:	-	FIRMA:	18/08/2019	
			I.C.A.I.	Nº Plano: 05



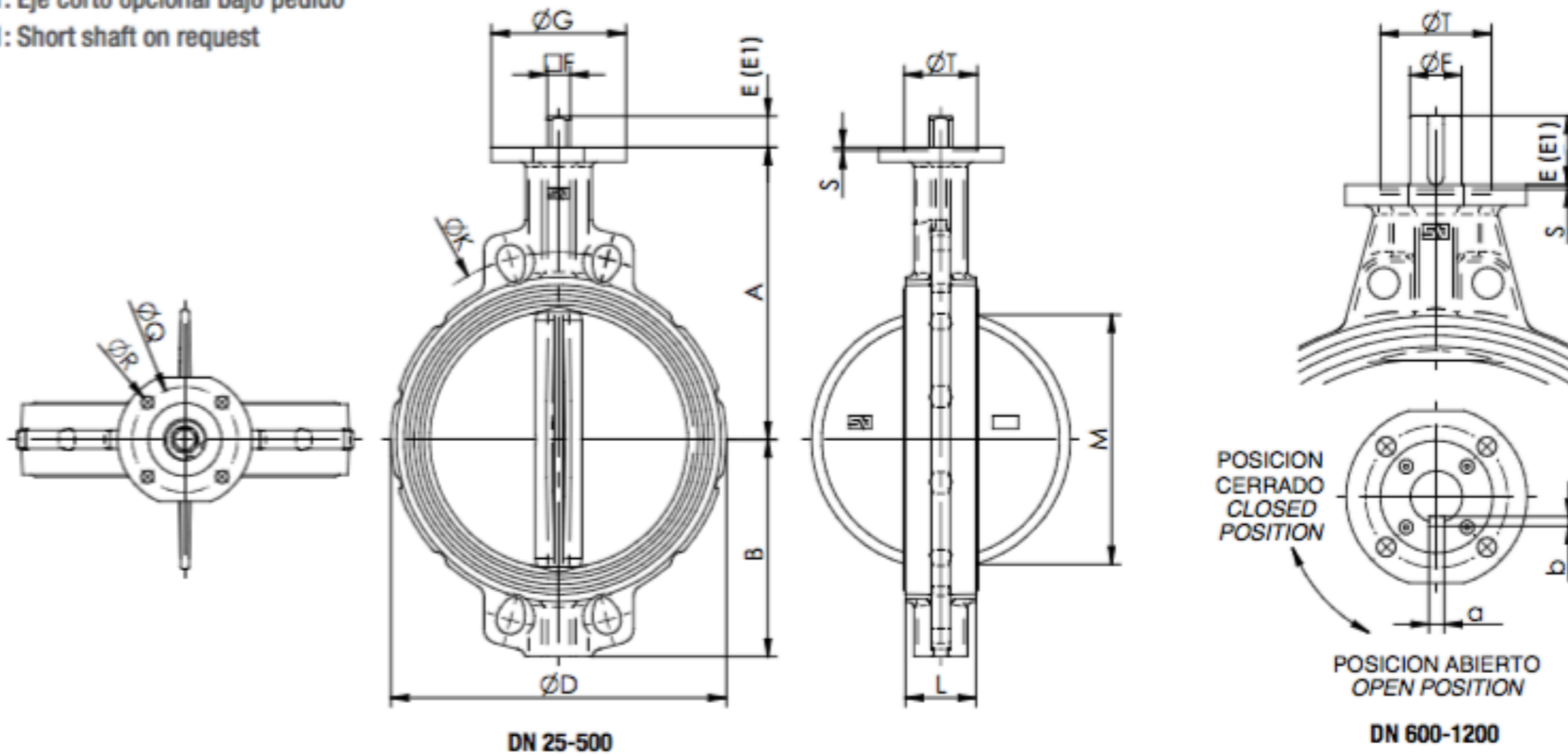
Nombre	Valor / mm
B	1820
C1	1327
C2	753
E	139.7
L	1417
Ø	98
W	750

MATERIAL	-		Instalación de bombeo	
TOLERANCIA	-		2º Sistema de bombeo: TWI 4.03 -39 CI 3 ~	
DIBUJADO	Beatriz Barandiarán	FECHA	11/08/2019	I.C.A.I.
COMPROBADO	Íñigo Sanz	FECHA	18/08/2019	
ESCALA:	-	FIRMA:		



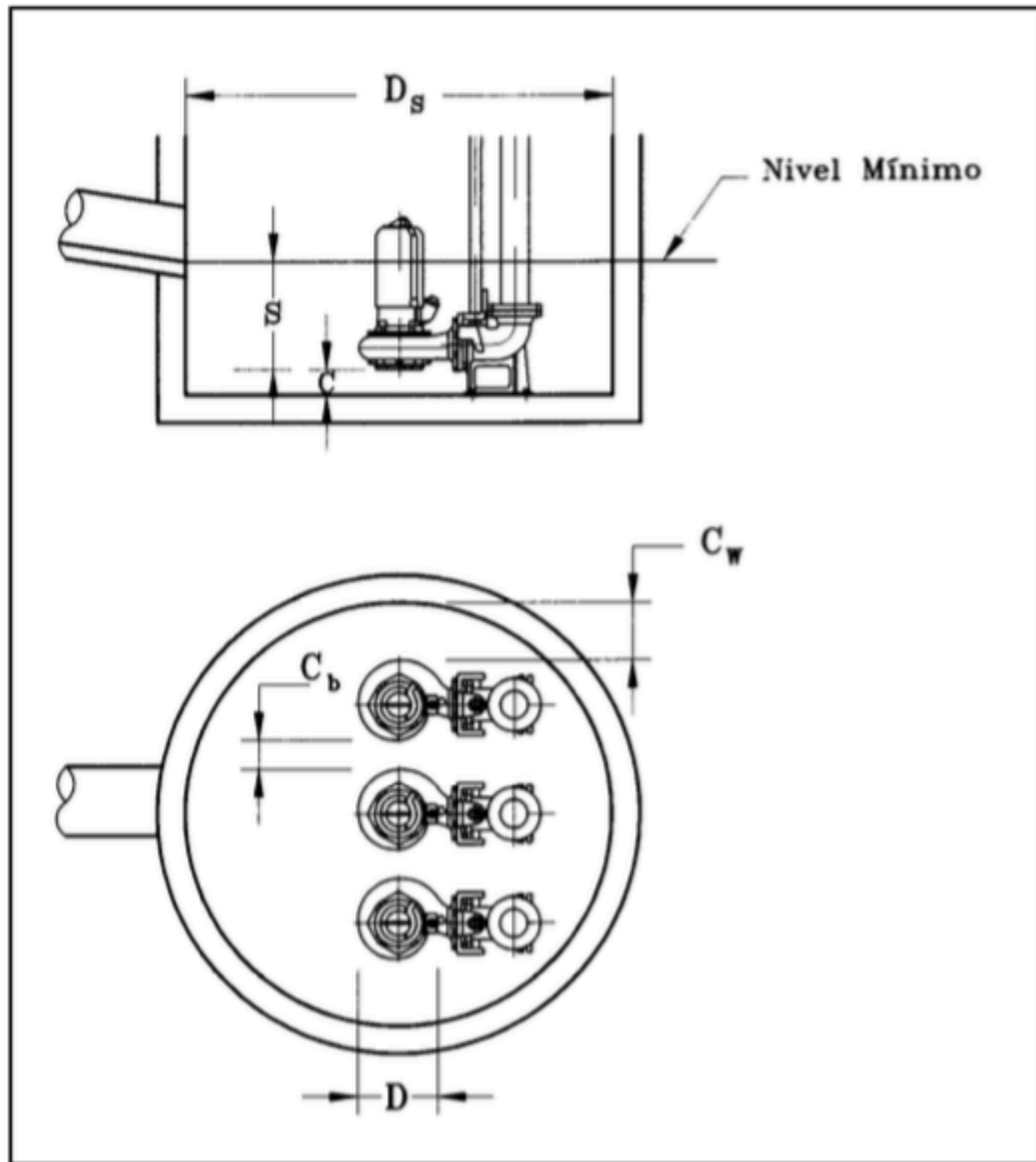
Material	-		Instalación de bombeo en El Salado	
Tolerancia	-		Esquema de las válvulas de flotador	
	NOMBRE	FECHA		
Dibujado	Beatriz Barandiarán	11/08/2019		
Comprobado	Íñigo Sanz	18/08/2019		
ESCALA:	Firma:		<b>I.C.A.I.</b>	Nº Plano: 07
-				

E1: Eje corto opcional bajo pedido  
 E1: Short shaft on request

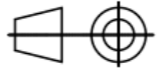



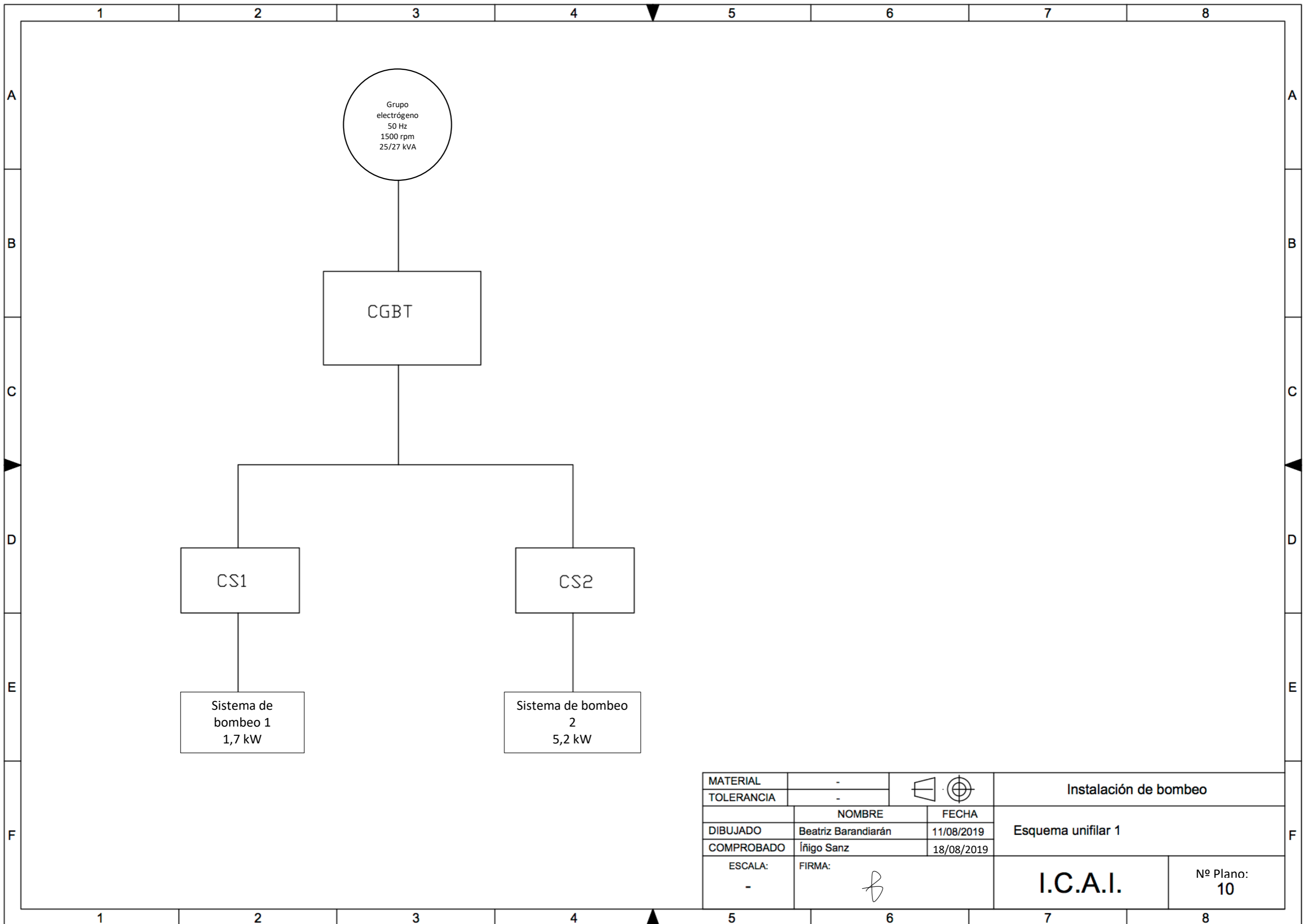
DN		Dimensiones Generales													Brida de Cabeza						
mm	Pulgadas	A	B	D	E	E1	F	G	PN10	K PN16	CL150	L	M	Kg	ISO	Q	R	S	T	a x b	
25	1"	103	50	130	30	16	11	90	85	85	74,4	33	14	1.9	F-07	70	4x9				
32	1 ¼"	103	50	130	30	16	11	90	100	100	88,9	33	14	1.9	F-07	70	4x9				
40	1 ½"	110	54	140	30	16	11	90	110	110	98,4	33	26	2.0	F-07	70	4x9				

Material	-		Instalación de bombeo en El Salado		
Tolerancia	-		Esquema de las válvulas de mariposa		
Dibujado	Beatriz Barandiarán	FECHA		11/08/2019	
Comprobado	Íñigo Sanz	FECHA		18/08/2019	
ESCALA:	-	Firma:		<b>I.C.A.I.</b>	Nº Plano: <b>08</b>



Dimensiones del pozo de captación de agua	
D (mm)	240
C (mm)	96
<u>C<sub>w</sub></u> (mm)	60
<u>C<sub>b</sub></u> (mm)	60
S (mm)	251,5
<u>D<sub>s</sub></u> (mm)	720

Material	-		Instalación de bombeo en El Salado	
Tolerancia	-		Dimensiones de los pozos de captación de agua	
	NOMBRE	FECHA		
Dibujado	Beatriz Barandiarán	11/08/2019		
Comprobado	Íñigo Sanz	18/08/2019		
ESCALA:	Firma:		<b>I.C.A.I.</b>	Nº Plano: 09
-				



Grupo  
electrógeno  
50 Hz  
1500 rpm  
25/27 kVA


CGBT

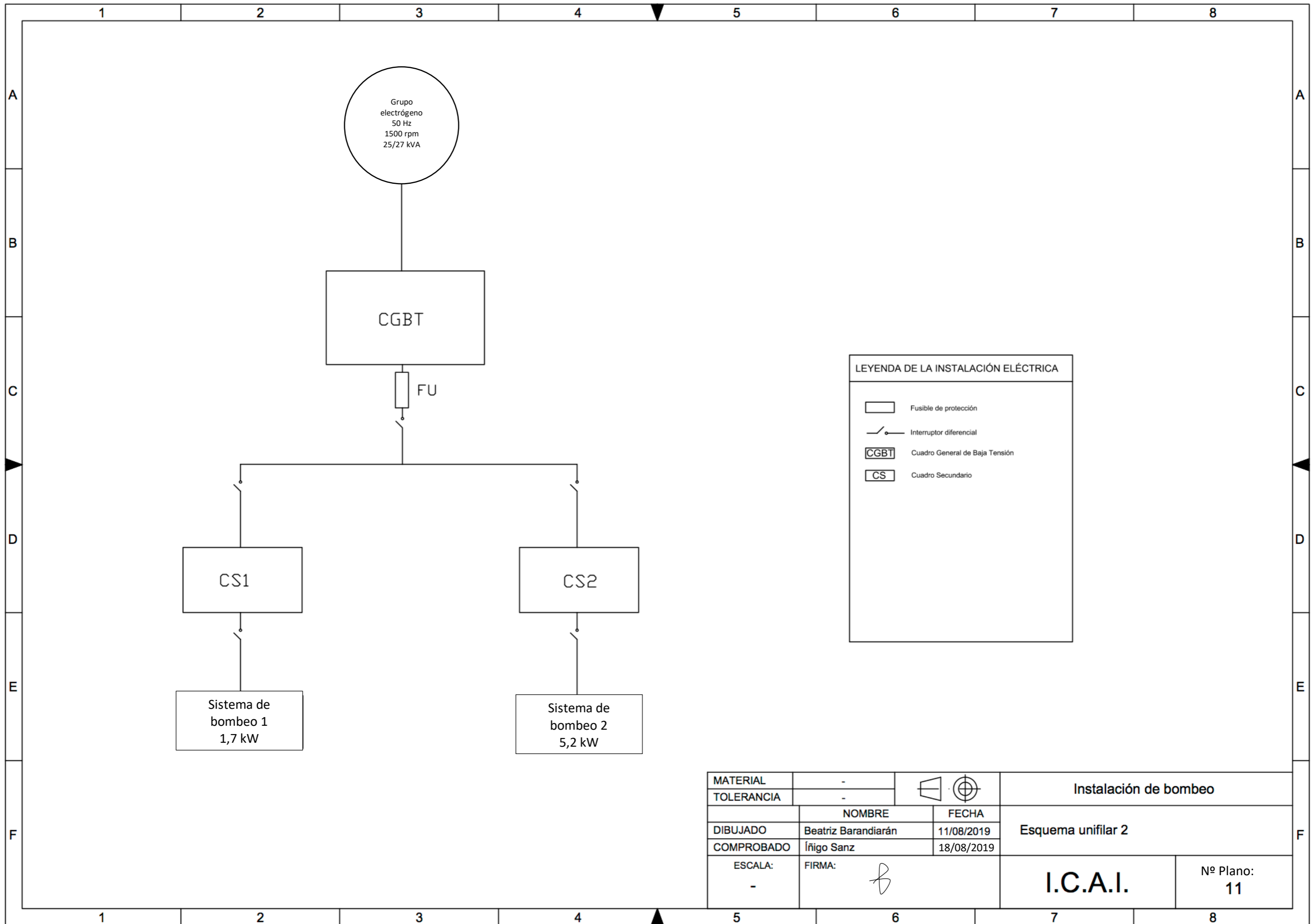
CS1

CS2

Sistema de  
bombeo 1  
1,7 kW

Sistema de bombeo  
2  
5,2 kW

MATERIAL	-		Instalación de bombeo	
TOLERANCIA	-		Esquema unifilar 1	
DIBUJADO	Beatriz Barandiarán	FECHA	11/08/2019	
COMPROBADO	Íñigo Sanz	FECHA	18/08/2019	
ESCALA:	FIRMA:			Nº Plano: 10
-		I.C.A.I.		



Grupo  
electrógeno  
50 Hz  
1500 rpm  
25/27 kVA

CGBT

FU

CS1

CS2

Sistema de  
bombeo 1  
1,7 kW

Sistema de  
bombeo 2  
5,2 kW

LEYENDA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
	Fusible de protección
	Interruptor diferencial
	Cuadro General de Baja Tensión
	Cuadro Secundario

MATERIAL	-		Instalación de bombeo
TOLERANCIA	-		
	NOMBRE	FECHA	Esquema unifilar 2
DIBUJADO	Beatriz Barandiarán	11/08/2019	
COMPROBADO	Íñigo Sanz	18/08/2019	
ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I.
-			
			Nº Plano: 11

## IV. Presupuesto

## Contenido

Introducción.....	4
Análisis del Coste inicial ( $C_{ic}$ ) de la instalación de bombeo .....	4
Análisis del Coste de instalación y puesta en marcha ( $C_{in}$ ).....	12
Análisis del Coste energético ( $C_e$ ) de la instalación de bombeo .....	13
Análisis del Coste de operación ( $C_o$ ) de la instalación de bombeo .....	14
Análisis del Coste de mantenimiento ( $C_m$ ) de la instalación de bombeo .....	14
Análisis del Coste medioambientales ( $C_{amb}$ ) de la instalación de bombeo .....	15
Análisis del Coste de retirada de equipos ( $C_d$ ) de la instalación de bombeo .....	15
Presupuesto total.....	15

### Índice de figuras

Figura 76: Catálogo de tuberías de polietileno (Fuente: Masa Flexipol) .....	6
------------------------------------------------------------------------------	---

### Índice de tablas

Tabla 27: Información económica bombas TWI 4.03-12 CI 3~. (Fuente: Wilo Select) .....	6
Tabla 28: Información económica bombas TWI 4.03-39 CI 3~ (Fuente: WiloSelect).....	6
Tabla 29: Longitudes de tuberías de polietileno Masa Flexipol.....	7
Tabla 30: Especificaciones del primer depósito de la instalación de bombeo (Fuente: Enduratank) ....	8
Tabla 31: Especificaciones del segundo depósito (Fuente: Enduratank) .....	8
Tabla 32: Especificaciones técnicas de la unidad potabilizadora (Fuente:Sahler).....	8
Tabla 33: Resumen de selección de válvulas para el sistema de bombeo .....	9
Tabla 34: Resumen de selección de codos y téns .....	10
Tabla 35: Especificaciones técnicas de los grifos seleccionados para la instalación de bombeo .....	10
Tabla 36: Especificaciones de las pilas seleccionadas.....	11
Tabla 37: Resumen de coste inicial de la instalación .....	12
Tabla 38: Resumen de los costes de instalación y puesta en marcha de los sistemas de bombeo .....	13
Tabla 39: Consumo energético vida útil de la instalación .....	13
Tabla 40: Consumo de combustible vida útil de la instalación.....	14
Tabla 41: Resumen de los costes de operación de la instalación de bombeo .....	14
Tabla 42: Presupuesto final de la instalación de bombeo en El Salado .....	15

### Índice de ecuaciones

Ecuación 42: Coste del Ciclo de Vida, LCC (Fuente: Coste de Ciclo de Vida de Bombas, Íñigo Sanz) .....	4
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

## Introducción

La metodología empleada para el cálculo del presupuesto es el Coste de Ciclo de Vida (LCC Life Cycle Costs) que incluye la compra, instalación, funcionamiento, mantenimiento y retirada de los equipos de la instalación. Se emplea dicha metodología ya que permite obtener la solución más rentable desde el punto de vista económico, aspecto de gran importancia en nuestro proyecto ya que los recursos son limitados al encontrarnos en una zona en vías de desarrollo y se pretende reducir los costes de la instalación al máximo.

Para la aplicación de esta metodología, se considerará el ciclo de vida medio de las bombas que es de quince años dado que el resto de equipos ( la Potabilizadora compacta y los depósitos) presentan una vida media útil superior.

Así, la metodología LCC considera todos los costes incurridos por la instalación desde el punto de compra hasta la retirada de la misma.

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{amb} + C_d$$

*Ecuación 42: Coste del Ciclo de Vida, LCC (Fuente: Coste de Ciclo de Vida de Bombas, Íñigo Sanz)*

Siendo:

$C_{ic}$ : Coste de la inversión inicial

$C_{in}$ : Coste de instalación y puesta en marcha de los equipos

$C_e$ : Coste energético

$C_o$ : Coste de operación o funcionamiento

$C_m$ : Costes de mantenimiento de la instalación

$C_{amb}$ : Costes medioambientales

$C_d$ : Costes de retirada de equipos incluida la restitución medioambiental

## Análisis del Coste inicial ( $C_{ic}$ ) de la instalación de bombeo

El coste inicial de la instalación incluye las siguientes consideraciones:

- **Estudio técnico:** Diseño, planos y especificaciones iniciales de la instalación.
- **Proceso de licitación:** Proceso de presentación de una necesidad, solicitud de ofertas para satisfacerlas, evaluación de las mismas y selección de una de las alternativas.
- Orden de **compra de equipos y accesorios** necesarios
- Proceso de **testing** de los mismos
- **Inventario de piezas de repuesto** para posibilitar el mantenimiento de la instalación.
- **Adquisición de equipos auxiliares** para el correcto funcionamiento de la instalación( refrigeración, sellado...).

Para minimizar el coste inicial de la instalación, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Selección de diámetros para las redes hidráulicas lo más pequeños posible, ya que supone un menor coste de compra y de instalación. Sin embargo, se debe equilibrar la reducción del diámetro de las tuberías con el aumento de la potencia de las bombas asociada a la misma debido al aumento de las pérdidas de carga y a la reducción del NPSH admisible.
- Selección de la calidad de los materiales y equipos para la instalación: Resistencia, acabado de las superficies, sellado mecánico de los aparatos, selección de elementos de control que reducen el coste del ciclo de vida de la instalación pero incrementan la inversión inicial.

## **Costes de los equipos empleados en la instalación**

### **Bombas**

Para la captación de agua y su bombeo hasta el primer depósito de almacenamiento, se emplearán dos sistemas de bombeo compuestos por un sistema de tres bombas cada uno (2 + 1 de reserva). Se han seleccionado ambos sistemas de bombeo con el fabricante Wilo. Se emplearán dos modelos de bomba distintos según la profundidad de los pozos de captación de agua subterránea. Todas las bombas empleadas en la instalación contarán con válvulas antirretorno, motor trifásico de arranque directo y guarda-motor o interruptor de apagado y encendido.

- **Pozos de poca profundidad:** El modelo de bombas seleccionado para el primer sistema de bombeo será el **TWI 4.03-12 CI 3~**.

<b>Precio por unidad</b>	1159 €
<b>Unidades necesarias</b>	3
<b>Precio total</b>	<b>3477 €</b>

Tabla 27: Información económica bombas TWI 4.03-12 CI 3~. (Fuente: Wilo Select)

- **Pozos de gran profundidad:** El modelo de bombas seleccionado para el segundo sistema de bombeo será el **TWI 4.03-39 CI 3~**.

<b>Precio por unidad</b>	2159 €
<b>Unidades necesarias</b>	3
<b>Precio total</b>	<b>6477 €</b>

Tabla 28: Información económica bombas TWI 4.03-39 CI 3~ (Fuente: WiloSelect)

Por lo tanto, la inversión inicial en bombas para la instalación asciende a los **9954 euros**.

### Tuberías

En la instalación se emplearán tramos de tubería de polietileno (PE) de 40 mm de diámetro exterior, de 32 mm de diámetro exterior para la conexión con las bombas y de 20 mm de diámetro exterior para la distribución de agua potable hasta los grifos. El fabricante seleccionado es MASA Flexipol.

El formato de suministro del producto seleccionado presenta la siguiente disponibilidad:

- Hasta un diámetro de tubo de  $\varnothing$  50 mm, el suministro se realiza en rollos de 100 metros.
- A partir de  $\varnothing$  63 mm y hasta  $\varnothing$  90 mm, el suministro se realiza mediante rollos de 50 metros.

Por lo tanto, el formato elegido será en rollos de 100 metros, que se podrán cortar según las necesidades.

También se puede realizar un pedido de forma personalizada.

■ PN6 / SDR 11				■ PN10 / SDR 7,4			
Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml	Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
032020006	20	2,0	0,53	033020010	20	3,0	0,68
032025006	25	2,3	0,70	033025010	25	3,5	0,95
032032006	32	3,0	1,10	033032010	32	4,4	1,50
032040006	40	3,7	1,73	033040010	40	5,5	2,36
032050006	50	4,6	2,70	033050010	50	6,9	3,70
032063006	63	5,8	4,17	033063010	63	8,6	5,70
032075006	75	6,8	6,20	033075010	75	10,3	8,55
032090006	90	8,2	8,83	033090010	90	12,3	12,07

Figura 76: Catálogo de tuberías de polietileno (Fuente: Masa Flexipol)

PE40	
Tramo 1	32 metros
Tramo 2	152 metros
Tramo 3	22 metros
Tramo 4	22 metros
Tramo 5	22 metros
Tramo 6	47 metros
Longitud Total	297 metros
PE32	
Longitud Total	30 metros
PE20	
Longitud Total	10 metros

Tabla 29: Longitudes de tuberías de polietileno Masa Flexipol

Por lo tanto, se adquirirán 300 metros de tubería de diámetro PE40 (tres rollos de 100 metros) que se cortarán según las necesidades de la instalación. Por lo tanto, el coste total de tuberías de 40 mm de diámetro asciende a **519 euros**.

Por otro lado, se adquirirán 30 metros de tuberías PE32 al corte, ascendiendo el coste total a **33 euros**.

Finalmente, será necesario comprar 10 metros de tuberías PE20 al corte personalizado, por lo que el coste total será de **5,3 euros**.

Así, el coste total de los tubos de polietileno que constituirán las redes hidráulicas de la instalación será de **557,3 euros**.

### Depósitos

En lo que se refiere al primer depósito, las especificaciones del mismo se muestran a continuación:

Material	Polietileno de densidad media
Dimensiones	Ø 1200 mm / Altura: 1200 mm
Capacidad	1250 litros
Precio/unidad	<b>273,13 €</b>

Tabla 30: Especificaciones del primer depósito de la instalación de bombeo (Fuente: Enduratank)

En cuanto al segundo depósito seleccionado, las especificaciones del mismo se muestran a continuación:

<b>Material</b>	Polietileno de densidad media
<b>Dimensiones</b>	Ø 1200 mm / Altura: 1200 mm
<b>Capacidad</b>	1250 litros
<b>Precio/unidad</b>	273,13 €

Tabla 31: Especificaciones del segundo depósito (Fuente: Enduratank)

Por lo tanto, el coste total de los depósitos asciende hasta los **546,26 euros**.

### Potabilizadora compacta

En cuanto a las especificaciones técnicas de la unidad compacta de potabilización, se resumen en la siguiente tabla:

<b>Caudal máximo tratable</b>	10 m <sup>3</sup> /h
<b>Origen del agua a tratar</b>	Agua dulce: Superficiales (rio, embalse, lagos, estanques), pozos.
<b>Dimensiones</b>	2200 mm x 2100 mm x 2450 mm
<b>Potencia instalada</b>	5,3 kW / 400V
<b>Precio</b>	7538 €/ unidad

Tabla 32: Especificaciones técnicas de la unidad potabilizadora (Fuente:Sahler)

Por lo tanto, el precio de adquisición de la unidad de potabilización compacta asciende hasta los **7538 euros**, incluyendo los gastos de transporte hasta El Salado.

### Grupos electrógenos

En lo que se refiere al precio de los grupos electrógenos, éste asciende a los 1100 euros por grupo, por lo que el presupuesto total destinado a los mismos será de **2200 euros**.

### Costes de los accesorios de la instalación

- **Válvulas**

Como se ha mostrado anteriormente las el resumen de las válvulas seleccionadas se muestra a continuación:

Válvula	Material	DN (mm)	Unidades	Precio (€/unidad)
Válvula de compuerta con cierre elástico	Fundición nodular	40	7	89,04
Válvula de cierre de bola	PVC	40	2	17,52
Válvula antirretorno de tipo mariposa	Fundición dúctil niquelada	40	2	37,26
Válvulas de venteo	PVC	40	2	30,21

Tabla 33: Resumen de selección de válvulas para el sistema de bombeo

Además de las válvulas necesarias para la instalación, se adquirirá una válvula de repuesto de cada tipo para cubrir posibles averías en las mismas. Por lo tanto, el coste total de las válvulas necesarias para la intalacion de bombeo asciende a los **967,29 euros**.

#### Válvulas de flotador para el primer depósito

En lo que se refiere a las válvulas de flotador eléctricas empleadas en el primer depósito de agua, se emplearán dos, para controlar cada uno de los dos sistemas de bombeo. El precio por unidad de las mismas es de 73,44 €. Por lo tanto, el coste total invertido en válvulas de flotador eléctricas para el primer depósito asciende hasta los **146,88 euros**.

#### Válvulas de flotador para el segundo depósito

En cuanto a las válvulas de flotador mecánicas empleadas en el segundo depósito de agua, se empleará una, para controlar el suministro de agua potable de la instalación de bombeo. El precio por unidad de las mismas es de **138,52 €**.

#### Codos y té

A continuación, se presenta un resumen de los codos y té empleados para las redes hidráulicas de la instalación.

Accesorio	Material	Diámetro mm	Unidades	Precio (€/unidad)
Codos a 90°	PE100	40	7	7,50
Codos a 45°	PE100	40	5	7,50

<b>Unión de sistemas de bombeo en té</b>	PE100 SDR 11	40	3	3,29
------------------------------------------	--------------	----	---	------

Tabla 34: Resumen de selección de codos y té

Se tendrá un inventario de dos piezas de repuesto de cada tipo para solucionar los problemas de averías en la instalación. Por lo tanto, el coste total de los accesorios (codos y té) de la instalación ascenderá a los **136,45 euros**.

#### Reductores de diámetro para redes hidráulicas

Se mantendrá un inventario de dos reductores de acoplamiento de cada tipo de repuesto para cubrir posibles necesidades de sustitución.

- Los reductores de acoplamiento para la salida de las bombas (40-32 mm) tienen un precio de **6,07 euros** cada dos unidades. Se necesitarán un total de 8 unidades por lo que el coste total será de **48,56 euros**.
- Los reductores de acoplamiento para la salida hacia los grifos (40-25 mm) tienen un precio de **5,98 euros** cada dos unidades. Se necesitarán un total de 12 unidades por lo que el coste total será de **71,76 euros**.

Por lo tanto el precio total para los accesorios de acoplamiento es de **120,32 euros**

#### Grifos

Los grifos de exterior seleccionados para el suministro de agua potable en El Salado poseen las siguientes características:

<b>Número de grifos</b>	10
<b>Precio por unidad</b>	8,95 €
<b>Diámetro de entrada</b>	½ "
<b>Diámetro de salida</b>	¾ "
<b>Número de vías</b>	1
<b>Tipo de cierre</b>	¼ vuelta de esfera
<b>Número de salidas</b>	1
<b>Material</b>	Polipropileno Copolímero

Tabla 35: Especificaciones técnicas de los grifos seleccionados para la instalación de bombeo

Se tendrá un inventario de dos grifos de repuesto para solventar posibles averías en la instalación de bombeo. Por lo tanto, el coste total que suponen los grifos en la instalación es de **107,4 euros**.

### Pilas

Las especificaciones de las pilas seleccionadas para la distribución del agua potable en El Salado se muestran a continuación:

<b>Número de pilas</b>	10
<b>Precio por unidad</b>	124,63 €
<b>Longitud de la pila</b>	600 mm
<b>Ancho de la pila</b>	390 mm
<b>Altura de la pila</b>	360 mm
<b>Material</b>	Porcelana

*Tabla 36: Especificaciones de las pilas seleccionadas*

Así, el coste total asociado a las pilas necesarias en la instalación de bombeo es de **1246,3 euros**.

Por lo tanto, los costes asociados a la inversión inicial se resumen a continuación:

Bombas	9954 euros
Potabilizadora compacta	7538 euros
Grupos electrógenos	2200 euros
Depósitos	546,26 euros
Tuberías	557,3 euros
Válvulas	967,29 euros
Válvulas de flotador 1º depósito	146,88 euros
Válvulas de flotador 2º depósito	138,52 euros
Codos y té	136,45 euros
Reductores	120,32 euros
Grifos	107,4 euros
Pilas	1246,3 euros
<b>Coste total inicial de la instalación</b>	<b>6166,72 euros</b>

*Tabla 37: Resumen de coste inicial de la instalación*

### Análisis del Coste de instalación y puesta en marcha ( $C_{in}$ )

Al analizar los costes de instalación y puesta en marcha del sistema, se considerará el sueldo por horas de los operarios requeridos para la misma y la duración de las jornadas laborales. Se estima que la hora trabajada por un operario se remunerará a **35 euros/ hora** y que se emplearán **tres operarios** en total para el montaje y puesta en marcha de la instalación de bombeo.

Se comienza analizando el tiempo que será necesario para instalar los dos sistemas en paralelo de bombas. Se considerará que cada sistema de bombeo requiere un tiempo de instalación aproximado de **cuatro horas** ya que solo se deben anclar los amarres a tierra y completar la colocación del paralelo de bombas completamente sumergidas en los pozos de captación de agua.

En lo que se refiere a la conexión entre las redes hidráulicas con los depósitos y la potabilizadora compacta, se estima que se necesitarán **cinco días laborales completos**, es decir, **40 horas trabajadas** por los operarios ya que las jornadas diarias serán de ocho horas diarias.

Se debe considerar los gastos de transporte de los equipos, tuberías y accesorios de la instalación de bombeo que se realizarán por vía marítima hasta el puerto de Cartagena y posteriormente mediante el uso de camiones hasta El Salado. Algunos de los costes de traslado, se incluyen en el precio de venta de los equipos. En efecto, se deberá calcular únicamente el precio de coste de traslado de tuberías, bombas, depósitos y accesorios. El coste total se estima en los **4 500 euros**.

Además, se deben considerar los gastos asociados al transporte de los operarios hasta la zona del El Salado. El precio medio de un billete de avión directo desde Madrid hasta Medellín, uno de los principales aeropuertos más cercanos a la región a la que se desea acceder , se estima en torno a los **80 euros** y los gastos de transporte hasta el poblado se estiman en **80 euros**.

Por otro lado, se debe considerar el coste ligado a la formación de los habitantes de El Salado para que puedan realizar el mantenimiento necesario para la instalación de bombeo. Dado que se trata de un proyecto de carácter voluntario, los técnicos encargados de la puesta en marcha de la instalación impartirán las formaciones necesarias de manera voluntaria sin recibir remuneración a cambio.

El resumen de los gastos de instalación y puesta en marcha del sistema de bombeo se muestra a continuación:

Número de operarios	3 operarios
Horas totales trabajadas por operario	44 horas
<b>Coste total de mano de obra</b>	<b>4620 euros</b>
<b>Coste total de transporte de equipos</b>	<b>4500 euros</b>
<b>Coste total de traslado de operarios</b>	<b>2640 euros</b>
<b>Coste total de la formación</b>	<b>0 euros</b>
<b>Coste total de instalación y puesta en marcha</b>	<b>11760 euros</b>

Tabla 38: Resumen de los costes de instalación y puesta en marcha de los sistemas de bombeo

### Análisis del Coste energético ( $C_e$ ) de la instalación de bombeo

Se deben considerar los costes energéticos a lo largo de la vida útil de la instalación de bombeo (15 años). Para estimar dicho coste, se analizará la potencia requerida por las bombas y las horas de funcionamiento de las mismas.

En primer lugar, se resumen las horas de funcionamiento medias de los sistemas de bombeo de la instalación:

Horas de funcionamiento diarios del sistema de bombeo 1	3,5 horas
Horas de funcionamiento diarios del sistema de bombeo 2	3,5 horas
<b>Horas de funcionamiento totales diarias</b>	<b>7 horas</b>

Tabla 39: Consumo energético vida útil de la instalación

A continuación se estudia el consumo de combustible a lo largo de la vida útil de la instalación, que en el caso de nuestro proyecto, representa el único coste energético de la instalación.

El consumo del combustible por parte del grupo electrógeno funcionando al 75% de carga es de 5,18 litros por hora.

Consumo de combustible	5,18 l/hora
Horas de funcionamiento diarias	7 horas
Consumo diario de combustible	36,26 l/día
Consumo anual de combustible	13234,9 l/año
Consumo a lo largo de la vida útil combustible	198523,5 l/15 años
Precio del combustible	0,611 euros/l

<b>Coste de combustible total de la instalación en su vida útil</b>	<b>121297,86 euros</b>
---------------------------------------------------------------------	------------------------

Tabla 40: Consumo de combustible vida útil de la instalación

### Análisis del Coste de operación ( $C_o$ ) de la instalación de bombeo

En lo que se refiere a los costes de operación de la instalación de bombeo, se incluirán aquellos asociados a las revisiones mensuales periódicas que se realizarán para asegurar el correcto funcionamiento de la misma. Estas revisiones preventivas, serán realizadas por dos operarios formados previamente por los técnicos encargados de la puesta en marcha inicial del sistema y tendrán una remuneración horaria de **5 euros/ hora**. Se realizará una revisión mensual con una duración aproximada de dos horas por lo que el coste total de operación ascenderá hasta los **240 euros anuales**, lo que implica un coste total de operación de **3600 euros a lo largo de la vida útil** de la instalación de bombeo (15 años).

Coste por hora y operario	5 euros / hora
Número de operarios	2 operarios
Coste total mensual de operación	20 euros
Coste total anual de operación	240 euros
<b>Coste total de operación vida útil</b>	<b>3600 euros</b>

Tabla 41: Resumen de los costes de operación de la instalación de bombeo

### Análisis del Coste de mantenimiento ( $C_m$ ) de la instalación de bombeo

La tipología de mantenimiento seleccionada para la instalación de bombeo es la preventiva para los equipos de bombeo y correctiva para el resto de elementos de la instalación ya que el mantenimiento preventivo implica un coste anual superior.

El coste de mantenimiento preventivo por equipo de bombeo se estima en torno a los 2500 euros anuales en la Península Ibérica pero se reduce considerablemente en Colombia. Dado que el mantenimiento lo llevarán acabo habitantes de El Salado, formados voluntariamente por los técnicos encargados de la puesta en marcha de la instalación, no existirán costes adicionales de técnicos encargados del mantenimiento en caso de reparación o avería.

En lo que se refiere al mantenimiento correctivo, se deben considerar los gastos de repuestos y bombas de reserva para la instalación. Por lo tanto, estos ya se han considerado en los gastos iniciales de la misma. Dado que no existe un coste de oportunidad asociado a la parada o detención de funcionamiento de la instalación de bombeo, no se deben considerar al calcular el coste de mantenimiento correctivo.

La estimación del ciclo de vida de la instalación es de quince años si se siguen las pautas de mantenimiento de la misma especificadas anteriormente.

### Análisis del Coste medioambientales ( $C_{amb}$ ) de la instalación de bombeo

En este apartado se considerarán los costes asociados a penalizaciones por contaminación e impacto medioambiental aplicados por el Gobierno del país en el que se desarrolla el proyecto, Colombia. Dado que se trata de una obra social para garantizar el acceso al agua a los habitantes de la región, no se aplicarán penalizaciones por impacto medioambiental ya que se prioriza garantizar una condiciones de vida salubres a los ciudadanos.

### Análisis del Coste de retirada de equipos ( $C_d$ ) de la instalación de bombeo

No se considerarán el coste de retirada de los equipos a la hora de estimar el presupuesto total ya que estos serán reutilizados para otras aplicaciones en la medida de lo posible.

### Presupuesto total

Atendiendo a los apartados anteriores que resumen los costes incurridos, se obtiene el siguiente presupuesto final para la vida útil del sistema de bombeo:

Coste inicial total	6166,72 euros
Coste de instalación y puesta en marcha total	11760 euros
Coste energético total	121297,36 euros
Coste de operación total	3600 euros
Coste medioambiental total	0 euros
Coste de retirada de equipos total	0 euros
<b>Coste total de la instalación</b>	<b>142824,58 euros</b>

Tabla 42: Presupuesto final de la instalación de bombeo en El Salado

Por lo tanto, el coste total de la instalación a lo largo de su vida útil es de ciento cuarenta y dos mil ochocientos veinticuatro euros y cincuenta y ocho céntimos, 142824, 58 euros.

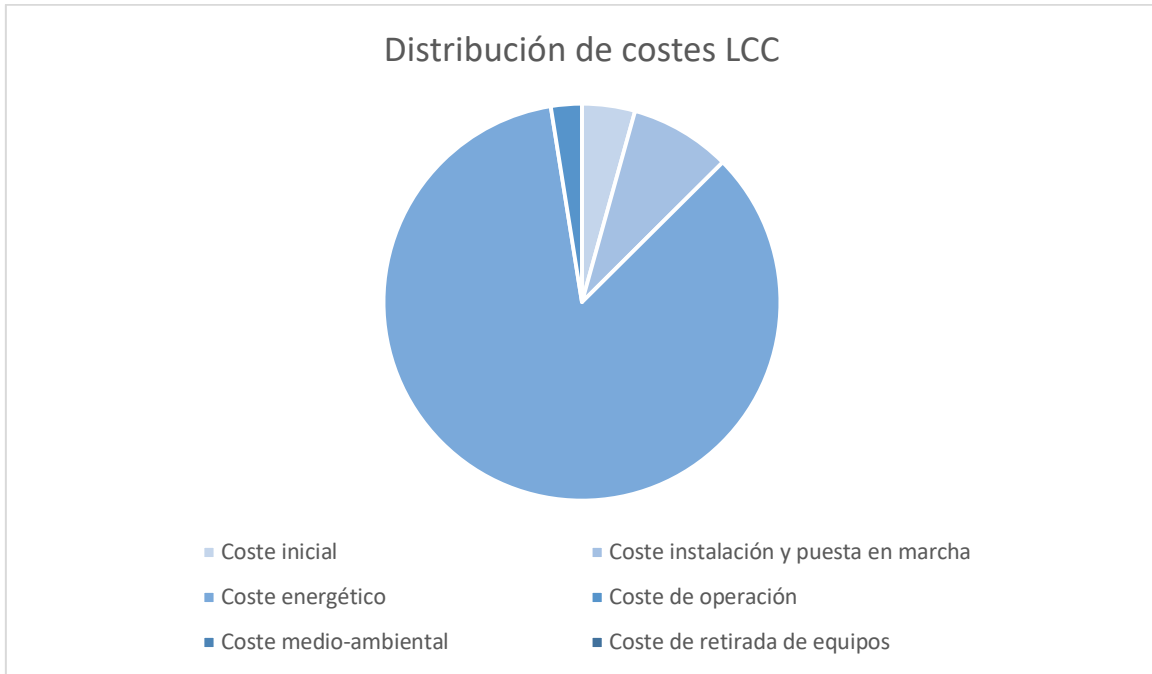


Figura 77: Gráfico de distribución de costes

## V. Bibliografía

ABS Manual del Projectista. Guía de aplicación (n.d.). Retrieved November 2003.

AseTub. Guía Técnica. Las Tuberías Plásticas en las Obras Hidráulicas. Retrieved 2009.

Bombas sumergibles. Retrieved January 2019.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_sumergible](https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_sumergible)

Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS de Salubridad(n.d.).Retrieved January 2017 - <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf>

Depósitos para el almacenamiento de agua potable.  
<https://www.enduratank.co.uk/tanks/vertical-storage-tanks/wras-approved-potable-tanks/6000-litre-wras-approved-potable-water-tank/>

Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI (n.d.). Curso Turbomáquinas.Pérdidas, potencias y rendimientos en bombas. Retrieved April 2017- <https://sifo.comillas.edu>

Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI (n.d.). Curso de turbomáquinas. Turbomaquicas térmicas e hidráulicas. Representación y elementos de las bombas. Retrieved April 2017- <https://sifo.comillas.edu>

Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI (n.d.). Curso de Ingeniería y Desarrollo Sostenible. Retrieved April 2017- <https://sifo.comillas.edu>

Guía Técnica de Agua Caliente Sanitaria Central. Ahorro y Eficiencia energética en la climatización. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (n.d.). Retrieved February 2017- [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_08\\_Guia\\_tecnica\\_agua\\_caliente\\_sanitaria\\_central\\_906c75b2.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_08_Guia_tecnica_agua_caliente_sanitaria_central_906c75b2.pdf)

Ideam, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.  
<http://www.ideam.gov.co/>

Íñigo Sanz Fernández (n.d.). Coste del Ciclo de vida de las bombas. Retrieved May 2017.

Leroy Merlin – Bricolaje, Construcción, Decoración y Jardinería. <http://www.leroymerlin.es>

Ministerio de desarrollo económico, República de Comolia. Resolución N0.1096 de 17 de Noviembre de 2000. Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS

Objetivos de Desarrollo Sostenible. 6. Agua Limpia y Saneamiento. Naciones Unidas.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Sotelo, G. Hidráulica General. Limusa, México, 1998.  
<https://es.slideshare.net/lorenchoIII/hidraulica>

Tuberías y redes hidráulicas para agua. Masa Flexipol. Retrieved June 2017 -  
<http://www.masa.es/tubos-de-polietileno-flexipol/>

Universidad Experimental Francisco de Miranda. Máquinas Hidráulicas. Funcionamiento de bombas.

Universidad de Sevilla. Retrieved December 2008. Tipos de Bombas Centrífugas.

Ventajas de las tuberías de polietileno para el transporte de agua.  
<https://www.aristegui.info/10-ventajas-de-las-tuberias-de-polietileno-para-el-transporte-de-agua/>

WHO. Domestic Water Quantity, Service Level and Health. Retrieved 2003.

WHO (n.d.). Agua. Retrieved April 2007.

Wilo (n.d.).Principios Fundamentales de las bombas Centrífugas. Retrieved March 2017.

Wilo Select. Asesor de Selección de Bombas. <https://www.wilo-select.com>

Zavaleta, J. (n.d.). Bombas y compresores. Retrieved April 2017.

## VI. Anexos

## Documento VI. Anexos

- A. Pérdidas de carga en tuberías de PVC/Polietileno
- B. Catálogo de tuberías de MASA Flexipol
- C. Ficha técnica de la bomba
- D. Ficha técnica de la bomba
- E. Catálogo de válvulas Salvador Escoda
- F. Ficha técnica de las válvulas de flotador eléctricas del primer depósito
- G. Ficha técnica de las válvulas de flotador mecánicas para el segundo depósito
- H. Ficha técnica Potabilizadora Compacta
- I. Ficha técnica Grupos Electrógenos
- J. Ficha técnica de las pilas
- K. Normativa de Tratamiento de Agua
- L. ODS de las Naciones Unidas

## **Anexo A**

## INFORMACIÓN TÉCNICA

### Tabla de pérdidas de carga (Tuberías de PVC / Polietileno)

Por rozamiento del agua en las tuberías, expresada en metros por cada 100 m de tubería recta.

Advertimos que para el cálculo de pérdidas de carga, debe tenerse en cuenta que, cada curva de 90° equivale a 5 m de recorrido de tubería, cada válvula de compuerta a 5 m y cada válvula de pie a 15 m.

Q(l/h)	Diámetro interior de la tubería en mm.											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
Metros de columna de agua por 100 m de recorrido recto												
500	8,9	2,1	0,6									
800	20,2	4,7	1,3	0,4								
1000	29,8	7	1,9	0,6								
1500		14,2	3,9	1,2	0,5							
2000		23,5	6,4	2	0,9							
2500			9,4	2,9	1,3	0,4						
3000			13	4	1,8	0,5	0,2					
3500			17	5,3	2,3	0,6	0,2					
4000			21,5	6,6	2,9	0,8	0,3	0,1				
4500				8,2	3,6	1	0,3	0,1				
5000				9,8	4,3	1,2	0,4	0,2				
5500				11,6	5,1	1,4	0,5	0,2				
6000				13,5	6	1,6	0,5	0,2				
6500				15,5	6,9	1,9	0,6	0,3				
7000				17,7	7,8	2,1	0,7	0,3				
8000				22,4	9,9	2,7	0,9	0,4	0,2			
9000					12,1	3,3	1,1	0,5	0,2			
10000					14,6	4	1,3	0,6	0,3	0,1		
12000					20,1	5,5	1,8	0,8	0,4	0,2		
15000					29,7	8,1	2,7	1,2	0,5	0,3		
18000						11,1	3,7	1,6	0,7	0,4	0,1	
20000						13,3	4,5	1,9	0,9	0,5	0,2	
25000						19,7	6,6	2,9	1,3	0,7	0,3	
30000							9	4	1,8	1	0,3	9,1
35000							11,8	5,2	2,3	1,3	0,5	0,2
40000							15	6,5	2,9	1,7	0,6	0,2
45000							18,4	8	3,6	2	0,7	0,3
50000								9,7	4,3	2,5	0,9	0,4
60000								13,3	5,9	3,4	1,2	0,5
70000									7,7	4,4	1,5	0,6
80000									10,4	5,6	1,9	0,8
90000									12,9	7,3	2,4	1
100000										8,9	2,9	1,2
125000											4,5	1,8
150000											6,3	2,6
175000											8,4	3,5
200000											10,7	4,4
250000												6,7
300000												9,3

Para otras tuberías recomendamos multiplicar los valores obtenidos en la tabla por los siguientes coeficientes:  
 Tuberías de fibrocemento: 1,2  
 Tuberías de hierro galvanizado: 1,5

## **Anexo B**



# CATÁLOGO Y LISTA DE PRECIOS 2013



an *Aliaxis* company

Tubos de PE Flexipol

Sistema Push Fast

Tubos de PE CASVPO

Tubos de PE para Telecomunicaciones

Manipulados

Bridas, Portabridas y Juntas

Accesorios de Unión Electrosondables

Accesorios Inyectados

Accesorios Metálicos

Valvulas y Accesorios de Fundición



**MASA**  
tubos y sistemas  
an O Aliaxis company

## Tubos de Polietileno MASA-Flexipol Pgs. 7 a 12

Flexipol PE100 AENOR.....	Pgs 7-8
Flexipol PE100 NF.....	Pg. 9
Flexipol PE80 AENOR.....	Pgs. 10-11
Flexipol PE80 NF.....	Pg. 11
Flexipol PE40 AENOR.....	Pg. 12
Excel Plus y PE100RD.....	Pg. 8

## Sistema MASA-PUSH FAST Pgs. 13-15

## Tubos de Polietileno MASA-Gasypol Pg. 16

Gasypol PE 80.....	Pg. 16
Gasypol PE100.....	Pg. 16

## Tubos de Polietileno MASA para Comunicaciones Pg. 17

## Manipulados MASA de PE Pgs. 18 a 24

## Bridas, Portabridas y Juntas Pgs. 25 a 28

## Accesorios de Unión Electrosoldable Innoge Pgs 29-40

## Accesorios de PE Inyectados Pgs. 41 a 46

## Accesorios Metálicos VIKING JOHNSON Pgs. 47 a 62

Soluciones para Polietileno.....	Pgs. 50-51
Soluciones de Gran Tolerancia.....	Pgs. 51 a 56
Soluciones Especializadas.....	Pgs. 57 a 59
Soluciones para Reparación.....	Pgs. 60 a 62

## Válvulas y Accesorios de Fundición FUCOLI SOMEPAL Pgs. 63 a 86

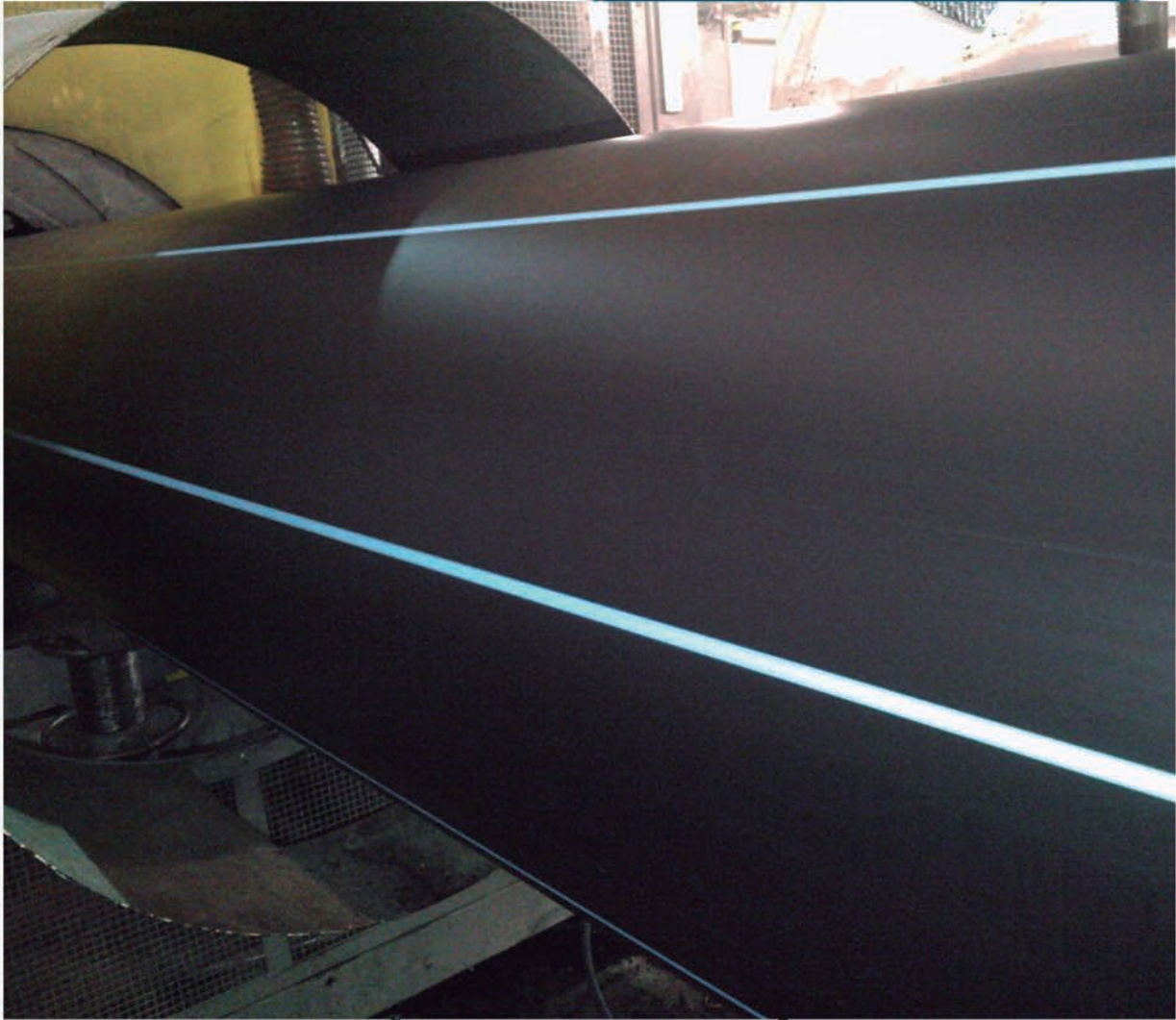
Válvulas de Compuerta.....	Pgs. 65 a 68
Válvulas de Acometida-Registro.....	Pg. 69
Trampillones y Accesorios Válvulas.....	Pg. 70
Válvulas de Retención.....	Pgs. 71-72
Otras Válvulas.....	Pgs. 72 a 74
Ventosas.....	Pg. 74
Hidrantes y Bocas de Riego.....	Pg. 75
Accesorios de Fundición.....	Pgs. 76 a 83
Accesorios de Fundición con Brida.....	Pgs. 83 a 86

## Certificaciones de Empresa Pgs 87-97



FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE PE

## TUBERÍAS DE POLIETILENO (PE)



an *Aliaxis* company

La vocación de **MASA**, desde su fundación en 1961, ha sido la fabricación de distintos tipos de tubos para dar cobertura global a diferentes sectores de la industria y la construcción en general.

En MASA somos especialistas en la fabricación de tubos de polietileno (PE) para la conducción de agua y combustibles gaseosos, dando a nuestros clientes una cobertura total para el asesoramiento, fabricación e instalación posterior de los tubos.

Somos conscientes de que la garantía y fiabilidad de la calidad de nuestros productos está sustentada sobre la base de unos medios productivos altamente cualificados. Por ello no hemos escatimado esfuerzos, y hemos realizado las inversiones necesarias para dotarnos de un equipo productivo innovador.

Nuestra factoría, sita en Okondo (Alava), dispone de instalaciones con una gran capacidad de transformación del PE pudiendo fabricar tubos de hasta  $\varnothing$  1000, con presiones que van desde 4 hasta 25 Atm. No obstante, dentro de nuestro grupo, ALIAXIS, podemos fabricar, en distintas factorías, tubos de PE hasta 1.200 mm.

La utilización de tubos de polietileno (PE) tiene grandes ventajas con respecto a otros tubos tradicionales:

#### ■ **Durabilidad**

Entre éstas, cabe citar como una de las más significativas su gran durabilidad: se considera vida útil del tubo de PE un periodo de 50 años como mínimo.

#### ■ **Atoxicidad**

Además de su larga vida útil, los tubos de PE son totalmente inodoros, insípidos y atóxicos. Estas características hacen del PE un material idóneo para la conducción de agua potable.

#### ■ **Resistencia**

El polietileno es resistente a la corrosión y a la mayor parte de los agentes químicos.

#### ■ **Baja pérdida de carga**

Debido a la superficie lisa de los tubos de PE, la pérdida de carga por rozamiento es casi nula con respecto a otros materiales.

#### ■ **Flexibilidad y elasticidad**

Significa una gran ventaja para las instalaciones de redes de conducción, dado que facilita los trazados más sinuosos. Así mismo, debido a su gran elasticidad y flexibilidad, la resistencia al golpe de ariete de las tuberías de PE aumenta considerablemente respecto a otros materiales rígidos.

#### ■ **Insensibles a la congelación**

La gran capacidad como aislante de los tubos de PE hace que los mismos tengan una gran resistencia a la congelación. En el caso de que el agua se hiele en el interior del tubo, el aumento del volumen no provocará la rotura del tubo gracias a la flexibilidad del mismo.

#### ■ **Grandes longitudes**

La flexibilidad del tubo de PE hace posible la fabricación y suministro del mismo en grandes longitudes.

#### ■ **Fácil instalación**

Además del tendido convencional, y apertura de zanja, los tubos de PE pueden ser instalados por diversos sistemas, como son el arado topo, entubados (relining) en tubos ya existentes, instalación sin apertura de zanja, etc

#### ■ **Ausencia de sedimentos e incrustaciones**

Las paredes lisas del PE hacen imposible el depósito de algas u otro tipo de incrustaciones o adherencias. Ello significa que el tubo de PE mantiene constante durante años el diámetro interior del tubo

#### ■ **Ligeros**

El fácil manejo de los tubos PE, debido a su poco peso, supone una gran ventaja para la instalación en zonas difíciles.



## ■ Clasificación y Definición de los tubos de PE

La progresiva incorporación de nuevos tipos de PE desarrollados en los últimos años, y con unas propiedades mejoradas con respecto a los PE tradicionales, ha hecho que el Comité Europeo de Normalización (CEN) haya realizado una clasificación de los tubos de PE basada en la norma ISO/DIS 12162. De acuerdo con ella, existen una serie de conceptos que determinan la clasificación de los tubos:

### ■ Límite inferior de Confianza (LCL):

Es el valor de la tensión tangencial, en megapascales, que puede ser considerado como una propiedad del material y que representa el 97,5% del límite inferior de confianza de la tensión hidrostática a largo plazo a 20° y para 50 años.

### ■ Tensión Mínima Requerida (MRS):

Es el valor del límite inferior de confianza (LCL) redondeado al valor inferior más próximo de:

- La serie de números de Renard R10 si el LCL es inferior a 10 MPa.
- La serie de números de Renard R20 si el LCL es superior a 10 MPa.

### ■ Coeficiente de Servicio C (Diseño):

Es un coeficiente con un valor superior a la unidad, tomando de la serie R20 y que considera las condiciones de servicio, así como las propiedades de los componentes de los sistemas de la tubería, que no se han tenido en cuenta en el cálculo del LCL. El valor mínimo considerado para el polietileno es 1,25.

### ■ Tensión de Diseño $\sigma$ :

Es la tensión admisible para una aplicación determinada, expresada en megapascales, y que se obtiene dividiendo el valor del MRS entre el coeficiente C, y redondeando al valor más próximo de la serie R20.

$$\sigma = \frac{MRS}{C}$$

### ■ Diámetro Nominal:

Es un número convencional, expresado en mm. que coincide teóricamente con el  $\emptyset$  exterior de los tubos.

### ■ Presión Nominal:

Es un número que corresponde a la presión máxima de trabajo a 20°C, expresada en MPa o bar.

### ■ Espesor Nominal (e):

Designación numérica del espesor del tubo, aproximadamente igual a la dimensión fabricada en mm. Se obtiene por la fórmula siguiente:

$$e = \frac{PN \times DN}{2\sigma + PN}$$

Donde:  
PN = Presión Nominal  
DN = Diámetro Nominal  
 $\sigma$  = Tensión Tangencial de Diseño

### ■ Otras clasificaciones son:

Relación de Dimensiones Estándars (SDR) es el cociente entre el  $\emptyset$  exterior nominal DN y el espesor nominal e.

Serie (s) es un número para la designación de un tubo. De acuerdo con la ISO 4065 se obtiene:

$$s = \frac{\sigma}{PN}$$

La relación entre la serie y SDR es:  $SDR = 2s + 1$

## RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE TUBERÍA

**La elección del tipo de tubería de Polietileno viene condicionada, fundamentalmente, en base a los diámetros y presiones nominales que se requieran en cada instalación de abastecimiento de agua.**

### PE40

Esta tubería es adecuada para acometidas a las redes hasta el  $\emptyset$  90 y 10 bar de presión. La unión de los tubos se debe realizar mediante accesorios de compresión, tanto metálicos como termoplásticos. Los tubos son negros con banda azul.

### PE80

Tubos fabricados en PE80 de acuerdo a la norma UNE-EN-12201.

Tubería aconsejable para redes de agua potable en diámetros y presiones medias.

Se fabrica en presiones de 4 - 6 -10 y 12,5 bar hasta 1000 mm  $\emptyset$ .

Tubo especialmente indicado para tubería enrollada por su mayor espesor y mejor flexibilidad que el PE100.

Soldable tanto a testa como por electrofusión.

### PE100

Es el PEAD llamado de última generación. Su elección óptima es a partir de 140 mm  $\emptyset$ . Su orientación puede variar sensiblemente en base a las presiones que requiere la instalación y teniendo presente en las decisiones el SDR, relación entre el diámetro exterior y el espesor nominal. Se fabrica hasta el  $\emptyset$  1000.

### PE100 AGUAS NO POTABLES

Fabricamos tubería en PE100 para aguas no potables en color negro, negro banda marrón y negro banda morada. Esta tubería es de reciente implantación en el mercado y tiene la marca de calidad AENOR.

### NOTA.-

Tanto nuestro departamento comercial como nuestro departamento técnico se encuentran a su entera disposición para colaborar en la elección óptima del tipo de tubería para cada red de abastecimiento.

## FLEXIPOL - TUBOS DE POLIETILENO PE100



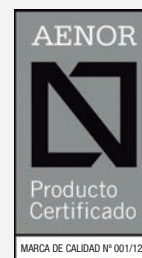
Conducción de Agua a Presión  
Fabricados según Norma UNE-EN 12201

### COLOR Y APLICACIONES

Negro Banda Azul: Agua Potable  
Negro-Negro Banda Marrón: Agua no Potable  
Negro Banda Morada: Agua Reciclada

### MARCAJE:

MASA FLEXIPOL



### FORMATO DE SUMINISTROS\*:

Hasta Ø 90 en rollos de 100 metros  
Ø 110 en rollos de 50 metros y 100 metros  
Desde Ø 20 hasta Ø 110 barras de 6 metros  
Desde Ø 90 hasta Ø280 en barras de 12 metros  
Desde Ø 315 hasta Ø 1000 en barras de 13 metros  
*\* Otros formatos, presiones y aplicaciones consultar*

### PN10 / SDR 17 Rollos

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
0590320102	32	2,0	0,510
0590400102	40	2,4	0,828
0590500102	50	3,0	1,287
0590630102	63	3,8	1,969
0590750102	75	4,5	2,713
0590900102	90	5,4	3,813
0591100102	110	6,6	5,651

### PN16 / SDR 11 Rollos

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
0600200162	20	2,0	0,357
0600250162	25	2,3	0,479
0600320162	32	3,0	0,718
0600400162	40	3,7	1,182
0600500162	50	4,6	1,844
0600630162	63	5,8	2,797
0600750162	75	6,8	3,829
0600900162	90	8,2	5,433
0601100162	110	10,0	7,980

### PN10 / SDR 17 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
059063010	63	3,8	1,912
059075010	75	4,5	2,650
059090010	90	5,4	3,772
059110010	110	6,6	5,447
059125010	125	7,4	7,034
059140010	140	8,3	8,714
059160010	160	9,5	11,281
059180010	180	10,7	14,583
059200010	200	11,9	17,577
059225010	225	13,4	22,400
059250010	250	14,8	27,496
059280010	280	16,6	34,936
059315010	315	18,7	44,125
059355010	355	21,1	55,804
059400010	400	23,7	69,931
059450010	450	26,7	88,543
059500010	500	29,7	109,971
059560010	560	33,2	136,271
059630010	630	37,4	175,890
059710010	710	42,1	219,121
059800010	800	47,4	275,497
059900010	900	53,3	353,043
059100010	1000	59,3	432,567

### PN16 / SDR 11 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
060063016	63	5,8	2,763
060075016	75	6,8	3,796
060090016	90	8,2	5,437
060110016	110	10	7,884
060125016	125	11,4	10,304
060140016	140	12,7	12,671
060160016	160	14,6	16,481
060180016	180	16,4	21,316
060200016	200	18,2	25,720
060225016	225	20,5	32,828
060250016	250	22,7	40,321
060280016	280	25,4	50,944
060315016	315	28,6	64,294
060355016	355	32,2	81,033
060400016	400	36,3	102,258
060450016	450	40,9	129,231
060500016	500	45,4	159,821
060560016	560	50,8	198,593
060630016	630	57,2	255,301

## PN6 / SDR 26 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
058160006	160	6,2	7,746
058180006	180	6,9	9,908
058200006	200	7,7	11,945
058225006	225	8,6	15,090
058250006	250	9,6	18,733
058280006	280	10,7	23,636
058315006	315	12,1	30,018
058355006	355	13,6	37,752
058400006	400	15,3	47,265
058450006	450	17,2	59,829
058500006	500	19,1	74,454
058560006	560	21,4	91,906
058630006	630	24,1	119,524
058710006	710	27,2	148,249
058800006	800	30,6	185,426
058900006	900	34,4	239,980
058100006	1000	38,2	291,312

## PN8 / SDR 21 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
063160008	160	7,7	9,350
063180008	180	8,6	12,033
063200008	200	9,6	14,532
063225008	225	10,8	18,456
063250008	250	11,9	22,631
063280008	280	13,4	28,883
063315008	315	15,0	36,213
063355008	355	16,9	45,720
063400008	400	19,1	57,678
063450008	450	21,5	72,960
063500008	500	23,9	90,642
063560008	560	26,7	111,999
063630008	630	30,0	144,663
063710008	710	33,9	180,338
063800008	800	38,1	226,237
063900008	900	42,9	290,813
063100008	1000	47,7	355,552

## PN25 / SDR 7,4 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
061063025	63	8,6	3,875
061075025	75	10,3	5,431
061090025	90	12,3	7,678
061110025	110	15,1	11,223
061125025	125	17,1	14,571
061140025	140	19,2	18,062
061160025	160	21,9	23,276

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
061180025	180	24,6	30,052
061200025	200	27,4	36,410
061225025	225	30,8	46,351
061250025	250	34,2	57,173
061280025	280	38,3	72,411
061315025	315	43,1	91,319

## TUBOS CON RESISTENCIA A LA DESINFECCIÓN

### EXCEL PLUS



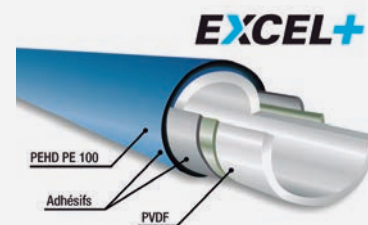
Sistema Multicapa de PE y PVDF para un óptimo comportamiento en lugares de desinfección concentrada.

Mejora en la estabilización de los antioxidantes.  
Gran resistencia a los terrenos corrosivos.  
Mayor resistencia mecánica que las resinas convencionales PE80 y PE100.

La capa interior en PVDF confiere al tubo una mayor resistencia a los ataques químicos y alta temperatura.  
Impermeable a hidrocarburos (WIS 4-32-19).  
Fácil instalación debido a su flexibilidad.

**Medidas:** desde diámetro 25 a 63.

*Para más información consultar red comercial.*



### PE 100 RD

Tubos de Polietileno con materia prima aditivada con productos resistentes a la desinfección. Diámetros y espesores conformes a la norma UNE-EN-12201 (ESPAÑA) y Reglas de Certificación NF-114 (FRANCIA).

*Para más información consultar red comercial.*

## FLEXIPOL - TUBES DE POLYÉTHYLÈNE PE100



Fabriqué sous Norme EN 12201-2 et Règles de Certification NF 114

### COLORIER ET APPLICATION

Noir Bande Bleu-Gruppe 2: Application Eau Potable  
 Noir-Gruppe 4: Applications Industrie et Eau non Potable  
 Noir Bande Marron-Gruppe 4: Applications assainissement sous pression



### MARQUAGE

MASA FLEXIPOL

### FOURNITURE

Barres de 12 mètres

### PN10 / SDR 17

Référence	Ø Ext.	Épaisseur
*G76090	90	5,4
*G76110	110	6,6
*G76125	125	7,4
G76140	140	8,3
*G76160	160	9,5
*G76180	180	10,7
*G76200	200	11,9
*G76225	225	13,4
*G76250	250	14,8
*G76180	280	16,6
*G76315	315	18,7
*G76355	355	21,1
*G76400	400	23,7
G76450	450	26,7
G76500	500	29,7
G76560	560	33,2
G76630	630	37,4
G76710	710	42,1
G76800	800	47,4
G76900	900	53,3
G76100	1000	59,3

### PN16 / SDR 11

Référence	Ø Ext.	Épaisseur
*G77090	90	8,2
*G77110	110	10,0
*G77125	125	11,4
G77140	140	12,7
*G77160	160	14,6
*G77180	180	16,4
*G77200	200	18,2
*G77225	225	20,5
*G77250	250	22,7
*G77280	280	25,4
*G77315	315	28,6
*G77355	355	32,2
*G77400	400	36,3
G77450	450	40,9
G77500	500	45,4
G77560	560	50,8
G77630	630	57,2

### PN20 / SDR 9 – Avec résine PE100 RD

Référence	Ø Ext.	Épaisseur
*G78020	20	3,0
*G78025	25	3,0
*G78032	32	3,6
*G78040	40	4,5
*G78050	50	5,6
*G78063	63	7,1
*G78075	75	8,4

(\*Ces références possèdent marque de qualité NF. Code d'identification: MA.

L'application de cette marque aux autres références est soumise à la présentation d'une demande d'extension d'admission de gamme dimensionnelle et le postérieur accord du droit d'usage de la marque pour la LNE.

## FLEXIPOL - TUBOS DE POLIETILENO PE80



Conducción de Agua a Presión  
Fabricados según Norma UNE-EN 12201

### COLOR Y APLICACIONES

Negro Banda Azul: Agua Potable

### FORMATO DE SUMINISTROS\*

Hasta Ø 90 en rollos de 100 metros  
Ø 110 en rollos de 50 metros  
Desde Ø 20 hasta Ø 110 barras de 6 metros  
Desde Ø 90 hasta Ø280 en barras de 12 metros  
Desde Ø 315 hasta Ø 1000 en barras de 13 metros

\* *Otros formatos, presiones y aplicaciones consultar*



### PN10 / SDR 13,6 Rollos

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
0700250102	25	2,0	0,475
0700320102	32	2,4	0,663
0700400102	40	3,0	1,078
0700500102	50	3,7	1,617
0700630102	63	4,7	2,519
0700750102	75	5,6	3,546
0700900102	90	6,7	4,979
0701100102	110	8,1	7,335

### PN16 / SDR 9 Rollos

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
0720200162	20	2,3	0,444
0720250162	25	3,0	0,670
0720320162	32	3,6	0,929
0720400162	40	4,5	1,500
0720500162	50	5,6	2,280
0720630162	63	7,1	3,552
0720750162	75	8,4	4,947
0720900162	90	10,1	7,014
0721100162	110	12,3	10,370

### PN10 / SDR 13,6 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
070090010	90	6,7	4,878
070110010	110	8,1	7,162
070125010	125	9,2	9,198
070140010	140	10,3	11,431
070160010	160	11,8	14,896
070180010	180	13,3	19,158
070200010	200	14,7	22,863
070225010	225	16,6	29,177
070250010	250	18,4	35,363
070280010	280	20,6	44,550
070315010	315	23,2	57,107
070355010	355	26,1	72,084
070400010	400	29,4	90,924
070450010	450	33,1	115,343
070500010	500	36,8	143,778
070560010	560	41,2	178,698
070630010	630	46,3	229,046

### PN16 / SDR 9 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
072090016	90	10,1	6,966
072110016	110	12,3	10,316
072125016	125	14,0	13,251
072140016	140	15,7	16,470
072160016	160	17,9	21,398
072180016	180	20,1	27,468
072200016	200	22,4	33,079
072225016	225	25,2	42,194
072250016	250	27,9	50,910
072280016	280	31,3	64,153
072315016	315	35,2	82,073
072355016	355	39,7	103,703
072400016	400	44,7	131,096
072450016	450	50,3	166,072
072500016	500	55,8	206,294

## PN6 / SDR 21 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
075125006	125	6,0	6,248
075140006	140	6,7	7,760
075160006	160	7,7	10,163
075180006	180	8,6	12,984
075200006	200	9,6	15,608
075225006	225	10,8	19,827
075250006	250	11,9	23,892
075280006	280	13,4	30,299
075315006	315	15,0	38,534
075355006	355	16,9	48,760
075400006	400	19,1	61,640
075450006	450	21,5	78,196
075500006	500	23,9	97,788
075560006	560	26,7	120,867
075630006	630	30,0	155,639
075710006	710	33,9	195,922
075800006	800	38,1	246,022
075900006	900	42,9	315,910
075100006	1000	47,7	386,637

## PN12,5 / SDR 11 Barras

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
071090125	90	8,2	5,833
071110125	110	10,0	8,622
071125125	125	11,4	11,100
071140125	140	12,7	13,723
071160125	160	14,6	17,971
071180125	180	16,4	23,077
071200125	200	18,2	27,698
071225125	225	20,5	35,350
071250125	250	22,7	42,674
071280125	280	25,4	53,591
071315125	315	28,6	68,610
071355125	355	32,2	86,674
071400125	400	36,3	109,565
071450125	450	40,9	138,874
071500125	500	45,4	172,904

## PN12,5 / SDR 11 Rollos

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
0710201252	20	2,0	0,392
0710251252	25	2,3	0,543
0710321252	32	3,0	0,795
0710401252	40	3,7	1,275
0710501252	50	4,6	1,940
0710631252	63	5,8	2,997
0710751252	75	6,8	4,157
0710901252	90	8,2	5,910
0711101252	110	10,0	8,719

## FLEXIPOL - TUBES DE POLYÉTHYLÈNE PE80



Fabriqué sous Norme EN 12201-2 et Règles de Certification NF 114

### COLORIER ET APPLICATION

Noir Bande Bleu Groupe 2-Application Eau Potable

### MARQUAGE

MASA FLEXIPOL

### FOURNITURE

Ø20 à Ø50 couronnes de 25 ou 100 mètres

Ø 63 à Ø 75 couronnes de 50 mètres

Pour tout les Ø barres de 6 mètres



## PN12,5

Référence*	Ø Ext.	Épaisseur	SDR
E76020	20	3,0	7,4
E76025	25	3,0	9
E76032	32	3,0	11
E76040	40	3,7	11
E76050	50	4,6	11
E76063	63	5,8	11
E76075	75	6,8	11
E76090	90	8,2	11

## PN16

Référence*	Ø Ext.	Épaisseur	SDR
E77020	20	3,0	7,4
E77025	25	3,0	9
E77032	32	3,6	9
E77040	40	4,5	9
E77050	50	5,6	9
E77063	63	7,1	9
E77075	75	8,4	9
E77090	90	10,1	9

(\*)Cettes références possèdent marque de qualité NF.Code d'identification:MA.

L'ampliation de cette marque aux restes des references est soumis à la présentation d'une demande d'extension d'admission de gamme dimensionnelle et le postérieur accord du droit d'usage de la marque pour la LNE.

## FLEXIPOL - TUBOS DE POLIETILENO PE40



Conducción de Agua a Presión  
Fabricados según Norma UNE-EN 12201

### COLOR Y APLICACIONES

Negro Banda Azul: Agua Potable

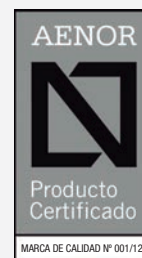
### MARCAJE

MASA FLEXIPOL

### FORMATO DE SUMINISTROS\*

Hasta Ø 50 en rollos de 100 metros  
Desde Ø63 hasta Ø90 en rollos de 50 metros

\* *Otros formatos, presiones y aplicaciones consultar*



### ■ PN6 / SDR 11

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
032020006	20	2,0	0,526
032025006	25	2,3	0,699
032032006	32	3,0	1,099
032032006	40	3,7	1,723
032050006	50	4,6	2,698
032063006	63	5,8	4,166
032075006	75	6,8	6,198
032090006	90	8,2	8,822

### ■ PN10 / SDR 7,4

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
033020010	20	3,0	0,677
033025010	25	3,5	0,945
033032010	32	4,4	1,498
033040010	40	5,5	2,357
033050010	50	6,9	3,696
033063010	63	8,6	5,694
033075010	75	10,3	8,541
033090010	90	12,3	12,068

## SISTEMA DE UNIÓN DE TUBOS PUSH FAST

El sistema de unión de tubos Push Fast es una innovación ya que facilita la unión de tuberías de PE por el sistema tradicional de "enchufe de campana", simplificando la unión de los tubos de PE.

### COLORES

Cabezal: Negro

Tubo: Negro, Negro Banda Azul, Negro Banda Morada, Negro Banda Marrón, Negro Banda Roja....

### VENTAJAS

Unión rápida, sencilla y eficaz: No requiere maquinaria.

No requiere anclajes ni mordazas.

Disponible hasta 16 bares en PE100.

Compatible con PE100, PE80, monotubo....

Fabricados con tubo 6m ó 12 m de longitud.

### Ventajas propias del tubo de PE

- Resistencias a los agentes químicos
- Inalterables a la acción de terrenos agresivos
- Ligeros y flexibles

Fácil transporte y manipulación.

Adaptable a terrenos sinuosos.

Excelente comportamiento al golpe de ariete.

Se puede instalar en condiciones adversas:

lluvia, presencia de agua en zanja...

La estanqueidad mejora al entrar en carga.

Vida útil de 50 años.

### LA UNIÓN



Cabezal en PE Adaptable

Junta incorporada de EPDM

Anillo de Anclaje de Poliaetetal, en cuña, autoblocante



### Normativas y Certificaciones

Tubos fabricados según Norma UNE-EN 12201 para conducciones de agua a presión.

Tubos PE100 y PE80 con certificación de producto AENOR y/o AFNOR.

### Informe del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja:

Ensayos Funcionales del Sistema de Unión de Tubos PE100, con junta elástica para conducciones de agua a presión



CONSEJO SUPERIOR  
DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS

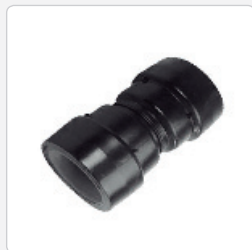
INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCION  
EDUARDO TORROJA

## TUBO PUSH FAST PE100 PN16 / SDR 11



Referencia	Ø Ext.	PN/SDR	Espesor	Barras de 6 m €/Ud	Barras de 12 m €/Ud
059090010P	90	10/17	5,4	52,12	77,48
060090016P	90	16/11	8,2	62,34	99,36
059110010P	110	10/17	6,6	74,07	111,25
060110016P	110	16/11	10,0	90,05	144,18
059125010P	125	10/17	7,4	85,72	132,87
060125016P	125	16/11	11,4	107,53	177,33
059160010P	160	10/17	9,5	154,25	230,74
060160016P	160	16/11	14,6	188,54	301,57
059180010P	180	10/17	10,7	157,00	253,34
060180016P	180	16/11	16,4	202,47	344,70
059225010P	225	10/17	13,4	245,55	396,78
060225016P	225	16/11	20,5	315,11	537,79
059250010P	250	10/17	14,8	300,15	484,93
060250016P	250	16/11	22,7	253,34	659,23

## MANGUITO PN16 / SDR 11



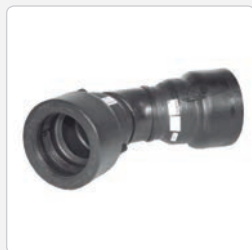
Referencia	Ø	€/Ud
PMF1P	90	58,40
PMF1P	110	77,37
PMF1P	125	78,90
PMF1P	160	169,56
PMF1P	180	125,56
PMF1P	225	201,41
PMF1P	250	248,04

## CODOS 45° MACHO HEMBRA PN16 / SDR 11



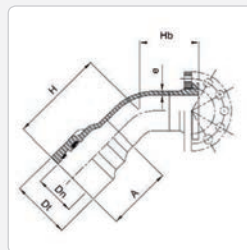
Referencia	Ø	€/Ud
PC4M1P	90	69,75
PC4M1P	110	83,86
PC4M1P	125	89,86
PC4M1P	160	167,68
PC4M1P	180	155,52
PC4M1P	225	237,25
PC4M1P	250	297,32

## CODOS 45° HEMBRA HEMBRA PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PC4F1P	90	89,18
PC4F1P	110	112,77
PC4F1P	125	119,46
PC4F1P	160	240,46
PC4F1P	180	206,11
PC4F1P	225	322,52
PC4F1P	250	405,24

## CODOS 45° HEMBRA EMBRIDADO PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PC4B1P	90	105,00
PC4B1P	110	107,89
PC4B1P	125	142,26
PC4B1P	160	279,70
PC4B1P	180	241,26
PC4B1P	225	367,81
PC4B1P	250	496,84

## CODOS 90° MACHO HEMBRA PN16 / SDR 11



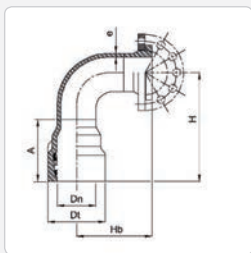
Referencia	Ø	€/Ud
PC9M1C	90	66,10
PC9M1C	110	78,84
PC9M1C	125	82,80
PC9M1C	160	158,40
PC9M1C	180	150,04
PC9M1C	225	228,15
PC9M1C	250	294,84

## CODOS 90° HEMBRA HEMBRA PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PC9F1P	90	88,74
PC9F1P	110	112,02
PC9F1P	125	118,58
PC9F1P	160	243,82
PC9F1P	180	217,41
PC9F1P	225	344,60
PC9F1P	250	446,72

## ■ CODOS 90° HEMBRA ENBRIDADO PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PC9B1P	90	103,97
PC9B1P	110	102,37
PC9B1P	125	131,14
PC9B1P	160	267,91
PC9B1P	180	231,44
PC9B1P	225	354,52
PC9B1P	250	458,19

## ■ TE HEMBRA HEMBRA HEMBRA PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PTF1P	90	125,89
PTF1P	110	160,32
PTF1P	125	167,01
PTF1P	160	343,37
PTF1P	180	300,11
PTF1P	225	454,36
PTF1P	250	574,40

## ■ TE HEMBRA ENBRIDADA HEMBRA PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PTB1P	90	143,02
PTB1P	110	182,72
PTB1P	125	190,81
PTB1P	160	381,36
PTB1P	180	339,82
PTB1P	225	513,16
PTB1P	250	669,26

## ■ TE HEMBRA ENBRIDADA MACHO PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PTMB1P	90	123,59
PTMB1P	110	153,80
PTMB1P	125	161,21
PTMB1P	160	308,58
PTMB1P	180	289,23
PTMB1P	225	427,89
PTMB1P	250	561,34

## ■ BRIDA-PORTABRIDA MACHO PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PCOB1P	90	36,68
PCOB1P	110	41,94
PCOB1P	125	43,50
PCOB1P	160	61,99
PCOB1P	180	59,90
PCOB1P	225	74,63
PCOB1P	250	127,05

## ■ BRIDA-PORTABRIDA HEMBRA PN16 / SDR 11



Referencia	Ø	€/Ud
PBE1P	90	56,11
PBE1P	110	70,85
PBE1P	125	73,10
PBE1P	160	134,77
PBE1P	180	110,50
PBE1P	225	159,90
PBE1P	250	234,98

Fichas de cotas disponibles bajo consulta

## GASYPOL-TUBOS DE POLIETILENO PE80



Para Conducción de Combustibles Gaseosos  
Fabricados según Norma UNE-EN 1555

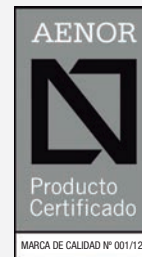
**COLOR**  
Amarillo

**MARCAJE**  
MASA GASYPOL

**FORMATO DE SUMINISTROS\***

Hasta Ø63 en rollos de 100 metros  
Ø90 y Ø110 (SDR 11) en rollos de 50 metros  
Hasta Ø90 barras de 6 m  
A partir de Ø110 consultar

\* *Otros diámetros, longitudes y SDR consultar*



### SDR 11

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
F2C020	20	3,0	0,99
F2A032	32	3,0	1,52
F2A040	40	3,7	2,37
F2A063	63	5,8	5,85
F2A090	90	8,2	11,80
F2A110	110	10,0	17,39
F2A160	160	14,6	37,16
F2A200	200	18,2	57,39
F2A250	250	22,7	88,23

### SDR 17,6

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
F2B063	63	3,6	3,82
F2B090	90	5,2	7,72
F2B110	110	6,3	11,54
F2B160	160	9,1	24,09
F2B200	200	11,4	37,50
F2B250	250	14,2	57,01
F2B315	315	17,9	90,86

## GASYPOL - TUBOS DE POLIETILENO PE100



Para Conducción de Combustibles Gaseosos  
Fabricados según Norma UNE-EN 1555

**COLORES**  
Naranja y Negro Banda Naranja

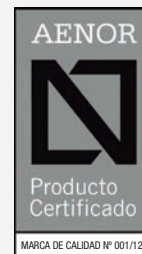
**MARCAJE\***  
MASA GASYPOL

\**Personalizados bajo petición*

**FORMATO DE SUMINISTROS\***

Hasta Ø63 en rollos de 100 metros  
Ø90 y Ø110 (SDR 11) en rollos de 50 metros  
Desde Ø110 barras de 8 y 12 metros

\* *Otros diámetros, longitudes y SDR consultar*



### SDR 11

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
H3A032	32	3,0	1,80
H3A040	40	3,7	2,70
H3A063	63	5,8	6,10
H3A090	90	8,2	12,33
H3A110	110	10,0	18,28
H3A160	160	14,6	38,79
H3A200	200	18,2	60,49
H3A250	250	22,7	94,14

### SDR 17,6

Referencia	Ø Ext.	Espesor	€/ml
H3B063	63	3,6	3,97
H3B090	90	5,2	8,17
H3B110	110	6,3	12,06
H3B160	160	9,1	25,27
H3B200	200	11,4	39,45
H3B250	250	14,2	61,40
H3B315	315	17,9	97,25

## TUBOS DE POLIETILENO PARA COMUNICACIONES



### COLORES

Negro  
Personalizados bajo consulta

### FORMATO DE SUMINISTROS

Personalizados: rollos y/o bobinas

### TIPOS

Monotubo, Bitubo y Tritubo

### MONOTUBO

Referencia	Ø Ext.	Espesor
011032	32	2,0
010040	40	3,0
011040	40	3,5
012040	40	3,7
010050	50	3,0
011050	50	4,0
011063	63	3,8

### BITUBO

Referencia	Ø Ext.	Espesor
L11040	40	3,0

### TRITUBO

Referencia	Ø Ext.	Espesor
P11040	40	3,0
P11050	50	3,0



## **Anexo C**

**Cliente**

## Datos técnicos

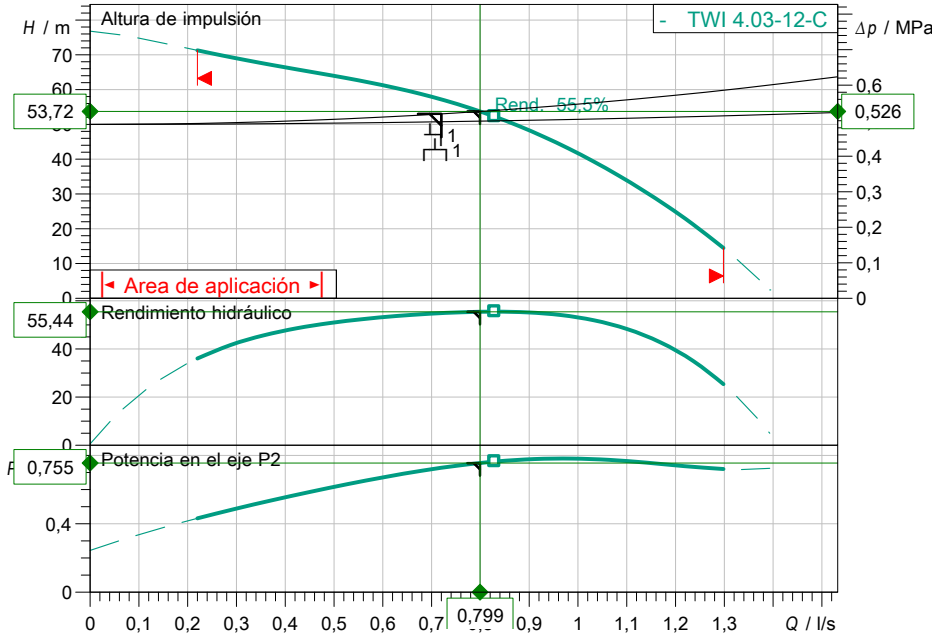
### Bomba sumergible TWI 4.03-12-CI 3~

Nombre del proyecto Proyecto sin nombrar 2019-08-09 21:08:05.137

ID proyecto  
Lugar de montaje  
Número de posición de cliente

Fecha 09.08.2019

#### Diagrama característico



#### Datos proyectados

Caudal	1,44 l/s
Altura	53,02 m
Fluidos	Agua 100 %
Temperatura del fluido	20,00 °C
Densidad	998,20 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática	1,00 mm <sup>2</sup> /s

#### Datos hidráulicos (Punto de trabajo)

Caudal	1,60 l/s
Altura	53,72 m
Potencia en el eje P2	1,51 kW
Rendimiento hidráulico	55,44 %
Potencia absorbida P1	1,678 kW

#### Datos de los productos

Bomba sumergible TWI 4.03-12-CI 3~	
Presión máxima de trabajo	4 MPa ... +30 °C
Temperatura del fluido	3 °C
índice de eficiencia mínima (MEI)	≥ 0.70

#### Datos del motor

Alimentación eléctrica	3~ 400 V / 50 Hz
Tolerancia de tensión admisible	±10 %
Régimen nominal	2900 1/min
Potencia nominal P2	1,10 kW
Intensidad absorbida	2,80 A
Factor de potencia	0,73
Grado de protección	IP68
Insulation class	B

#### Cable

Longitud del cable de conexión	
Cable type	

#### Medidas de acoplamiento

Boca impulsión	Rp 1¼
Norma de conexión	DIN EN 10226-1

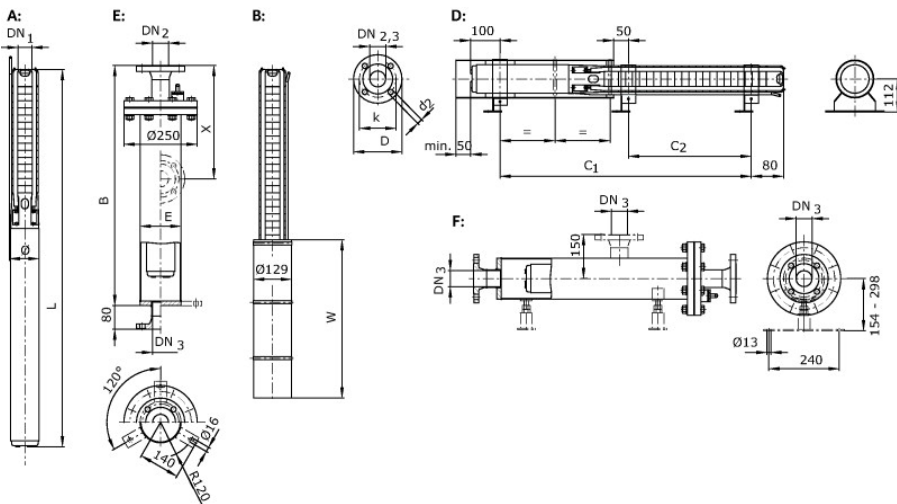
#### Materiales

Carcasa del motor	1.4301
Carcasa de la bomba	1.4301 [AISI304]
Eje de bomba	1.4057 [AISI431]
Eje del motor	1.4305
Rodete	1.4301 [AISI304]

#### Información de pedido

Peso aprox.	12,9 kg
Referencia	6079255

#### Autorización



#### Dimensiones

Dimensiones	mm
B	1220
C1	531
C2	0
E	139,7
L	716
Ø	98

**Cliente**

## Texto de especificación

Nombre del proyecto Proyecto sin nombrar 2019-08-09 21:08:05.137

ID proyecto

Fecha 09.08.2019

Pos.	Cant.	Denominación	PG	P. Ud. / EUR	Precio / EUR
------	-------	--------------	----	--------------	--------------

**Denominación: Bomba sumergible**

2		TWI 4.03-12-CI 3~	PG5	Consultar	Consultar
---	--	-------------------	-----	-----------	-----------

Bomba sumergible multietapas e inundable para la impulsión de agua potable y de uso industrial (autorización ACS) con rodets radiales o semiaxiales en módulos para la instalación vertical y horizontal, con válvula antirretorno integrada. Motor monofásico o trifásico resistente a la corrosión para arranque directo con relleno de agua y glicol. Sellada herméticamente con bobinado aislado con barniz, empapada con resina y cojinetes autolubrificantes. El motor se refrigera a través del fluido de impulsión. Por este motivo, el complemento siempre debe utilizarse sumergido. Se deben respetar los valores límite de la temperatura máx. del fluido y de la velocidad mín. de flujo. La instalación vertical se puede realizar opcionalmente con o sin camisa de refrigeración. En cambio, la instalación horizontal siempre debe contar con una camisa de refrigeración.  
Suministro:

- Bomba sumergible con cable de conexión y autorización ACS
- Variante monofásica incl. caja de bornes con condensador, protección térmica del motor e interruptor ON/OFF
- Instrucciones de instalación y funcionamiento

**Datos de funcionamiento**

Fluido : Agua 100 %  
Temperatura del fluido : 20 °C  
Caudal : 1,44 l/s  
Altura de impulsión : 53,02 m  
Altura de impulsión con Q=0 : 76,80 m

**Complemento**

índice de eficiencia mínima (MEI) : ≥ 0.70  
Conexión de impulsión : Rp 1¼  
Presión máxima de trabajo : 40 bar  
Contenido máx. de arena: : 50 g/m<sup>3</sup>  
Tipo de protección : IP68  
Profundidad de inmersión máx. : 350 m  
Temperatura mín. del fluido : 3 °C  
Temperatura máx. del fluido : 30 °C  
Peso aprox. : 12,9 kg

**Motor**

Alimentación eléctrica : 3~400V/50 Hz  
Potencia nominal P2 : 1,1 kW  
Velocidad nominal : 2900 1/min  
Intensidad nominal : 2,8 A  
Corriente de arranque : -  
Tipo de arranque : Arranque directo  
Factor de potencia : 0,73  
Clase de aislamiento : B  
Frecuencia máx. de arranque : 20 1/h  
Diámetro de motor : 101,6 mm  
Velocidad de flujo mín. en el motor : m/s

**Cable**

Longitud del cable de conexión :  
Sección de cable :

**Materiales**



Contacto  
Correo electrónico  
Teléfono  
Telefax

**Ciente**

Contacto  
Correo electrónico  
Teléfono

## Texto de especificación

Nombre del proyecto Proyecto sin nombrar 2019-08-09 21:08:05.137

ID proyecto

Fecha 09.08.2019

Pos.	Cant.	Denominación	PG	P. Ud. / EUR	Precio / EUR
		Carcasa del motor		: 1.4301	
		Carcasa de la bomba		: 1.4301 [AISI304]	
		Eje de bomba		: 1.4057 [AISI431]	
		Eje del motor		: 1.4305	
		Rodete		: 1.4301 [AISI304]	
		<b>Información de pedido</b>			
		Marca		: Wilo	
		Tipo : TWI 4.03-12-CI 3~			
		<b>Referencia</b>		<b>: 6079255</b>	

Precio total Consultar  
Más 21% IVA Consultar  
**Precio total más IVA Consultar**

**Ciente**

## Datos hidráulicos

Bomba sumergible  
TWI 4.03-12-CI 3~

Nombre del proyecto Proyecto sin nombrar 2019-08-09 21:08:05.137

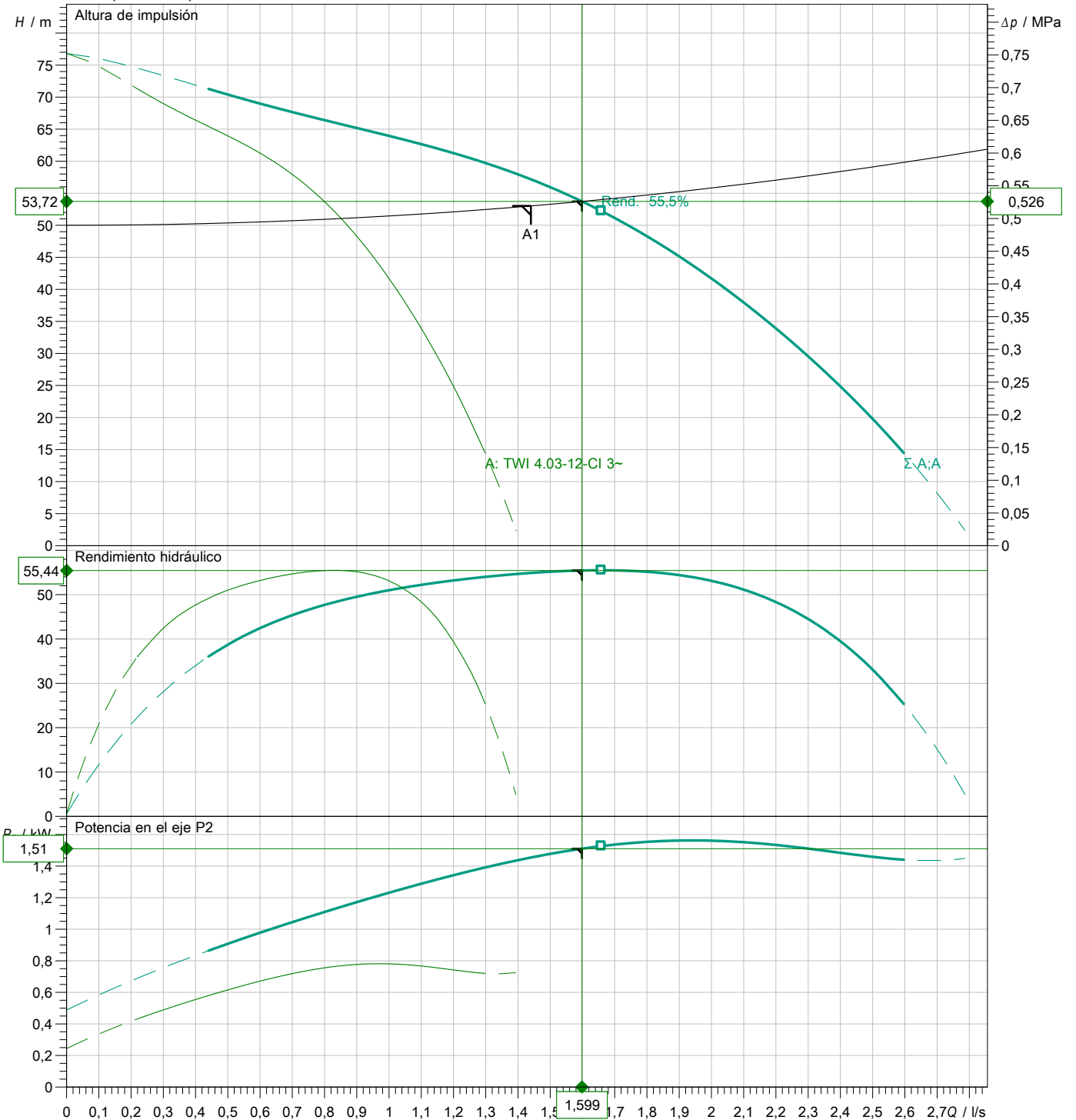
ID proyecto  
Lugar de montaje  
Número de posición de cliente

Fecha 09.08.2019

## Datos de funcionamiento

Velocidad	Frecuencia	Punto de funcionamiento	Boca de aspiración	Boca impulsión
<b>2900 1/min</b>	<b>50 Hz</b>	<b>Q = 1,44 l/s</b> <b>H = 53,02 m</b>		<b>Rp 1 1/4</b>

Datos de potencia para:



**Cliente**

## Datos técnicos

### Bomba sumergible

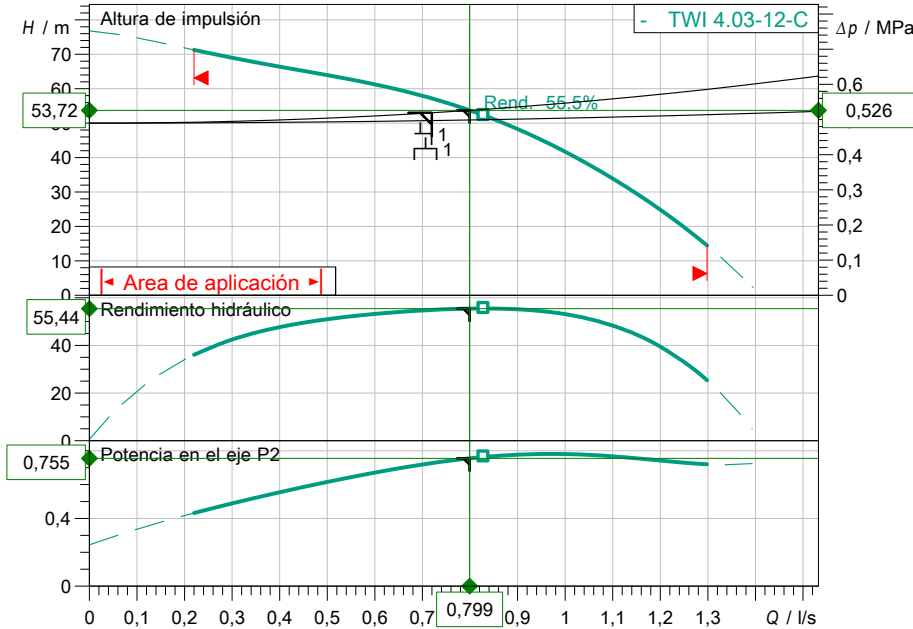
TWI 4.03-12-CI 3~

Nombre del proyecto Proyecto sin nombrar 2019-08-09 21:08:05.137

ID proyecto  
Lugar de montaje  
Número de posición de cliente

Fecha 09.08.2019

#### Diagrama característico



#### Datos proyectados

Caudal	1,44 l/s
Altura	53,02 m
Fluidos	Agua 100 %
Temperatura del fluido	20,00 °C
Densidad	998,20 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática	1,00 mm <sup>2</sup> /s

#### Datos hidráulicos (Punto de trabajo)

Caudal	1,60 l/s
Altura	53,72 m
Potencia en el eje P2	1,51 kW
Rendimiento hidráulico	55,44 %
Potencia absorbida P1	1,678 kW

#### Datos de los productos

Bomba sumergible	TWI 4.03-12-CI 3~
Presión máxima de trabajo	4 MPa ... + 30 °C
Temperatura del fluido	3 °C
índice de eficiencia mínima (MEI)	≥ 0.70

#### Datos del motor

Alimentación eléctrica	3~ 400 V / 50 Hz
Tolerancia de tensión admisible	±10 %
Régimen nominal	2900 1/min
Potencia nominal P2	1,10 kW
Intensidad absorbida	2,80 A
Factor de potencia	0,73
Grado de protección	IP68
Insulation class	B

#### Cable

Longitud del cable de conexión	
Cable type	

#### Medidas de acoplamiento

Boca impulsión	Rp 1¼
Norma de conexión	DIN EN 10226-1

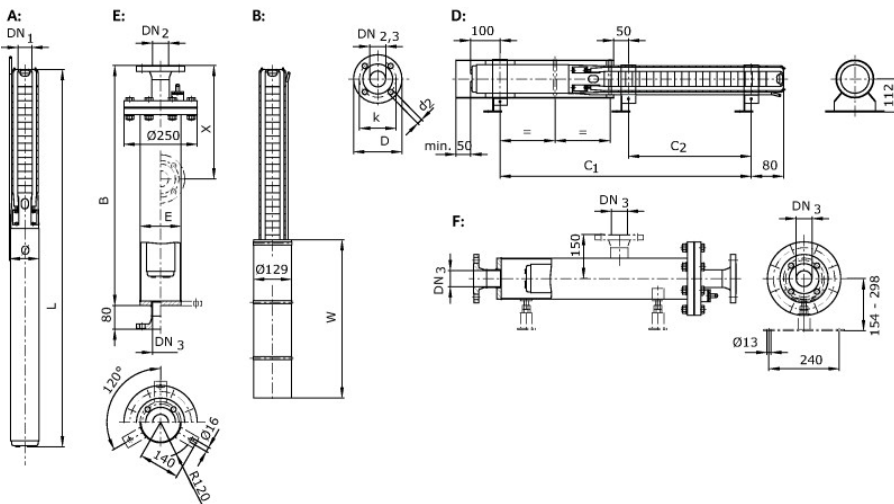
#### Materiales

Carcasa del motor	1.4301
Carcasa de la bomba	1.4301 [AISI304]
Eje de bomba	1.4057 [AISI431]
Eje del motor	1.4305
Rodete	1.4301 [AISI304]

#### Información de pedido

Peso aprox.	12,9 kg
Referencia	6079255

#### Autorización



#### Dimensiones

	mm	
B	1220	W 500
C1	531	
C2	0	
E	139,7	
L	716	
Ø	98	

## **Anexo D**

**Cliente**

## Datos técnicos

### Bomba sumergible TWU 4-0405-C 3~

Nombre del proyecto

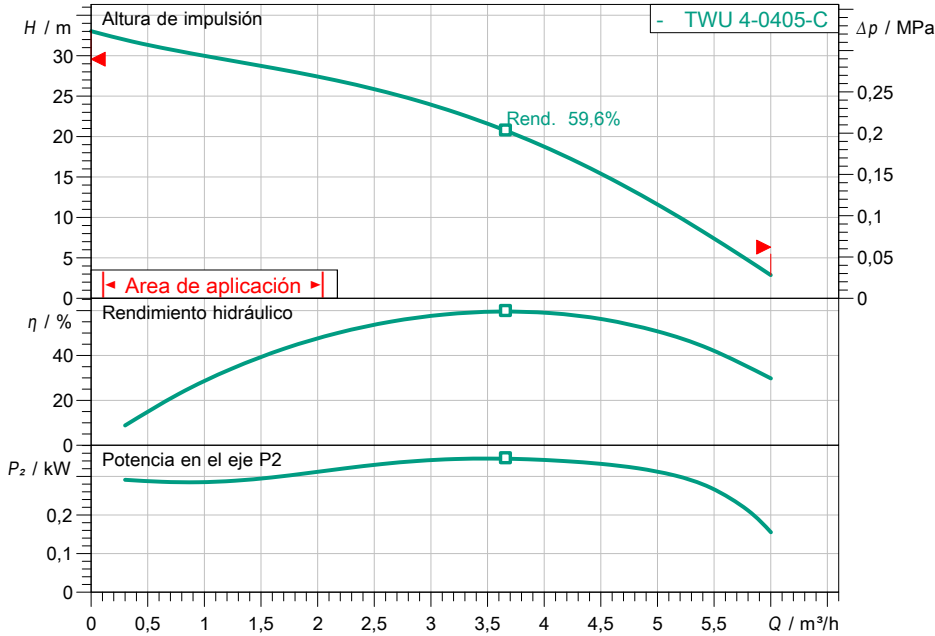
ID proyecto

Lugar de montaje

Número de posición de cliente

Fecha 22.08.2019

#### Diagrama característico



#### Datos proyectados

Caudal	
Altura	
Fluidos	Agua 100 %
Temperatura del fluido	20,00 °C
Densidad	998,30 kg/m³
Viscosidad cinemática	1,00 mm²/s

#### Datos hidráulicos (Punto de trabajo)

Caudal	
Altura	
Potencia en el eje P2	
Rendimiento hidráulico	
Potencia absorbida P1	

#### Datos de los productos

Bomba sumergible	
TWU 4-0405-C 3~	
Presión máxima de trabajo	0,36 MPa. + 35 °C
Temperatura del fluido	3 °C
índice de eficiencia mínima (MEI)	≥ 0.70

#### Datos del motor

Alimentación eléctrica	3~ 400 V / 50 Hz
Tolerancia de tensión admisible	±5 %
Régimen nominal	2840 1/min
Potencia nominal P2	0,37 kW
Intensidad absorbida	1,17 A
Factor de potencia	0,73
Grado de protección	IP68
Insulation class	B

#### Cable

Longitud del cable de conexión	1,75 m
Cable type	4G1,5

#### Medidas de acoplamiento

Boca impulsión	Rp 1¼
Norma de conexión	DIN EN 10226-1

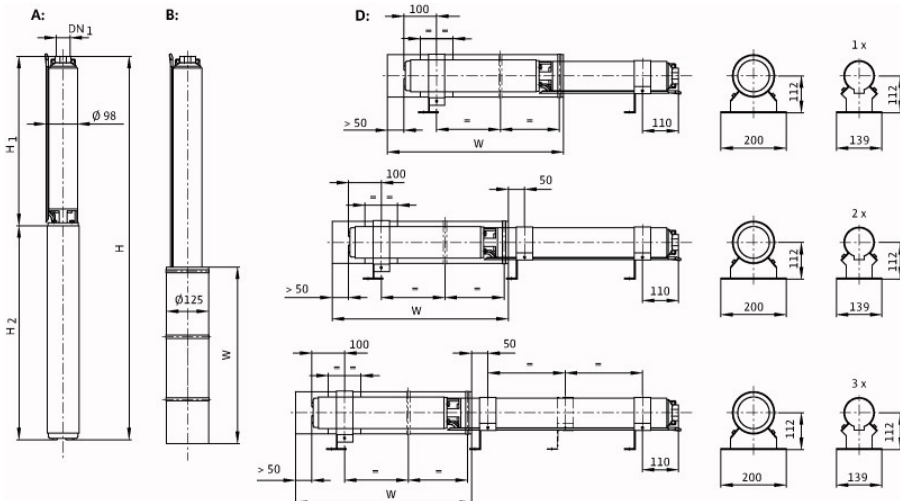
#### Materiales

Carcasa del motor	1.4301
Carcasa de la bomba	1.4301 [AISI304]
Eje de bomba	1.4104 [AISI430F]
Eje del motor	1.4305
Rodete	Noryl

#### Información de pedido

Peso aprox.	8,5 kg
Referencia	6049348

#### Autorización



#### Dimensiones

mm

H	492
H1	257
H2	235

## **Anexo E**

**01 VÁLVULAS DE COMPUERTA**

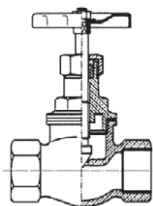


Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS DE COMPUERTA</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de latón</li> <li>• Compuerta de latón</li> </ul>	
AA 01 041	Rosca 1/2"	5,42
AA 01 042	Rosca 3/4"	5,58
AA 01 043	Rosca 1"	8,20
AA 01 044	Rosca 1-1/4"	14,04
AA 01 045	Rosca 1-1/2"	16,61
AA 01 046	Rosca 2"	26,62
AA 01 047	Rosca 2-1/2"	54,48
AA 01 048	Rosca 3"	87,36
AA 01 049	Rosca 4"	153,58
<b>VÁLVULAS DE COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de latón</li> <li>• Compuerta de latón + NBR</li> <li>• Temp. máx. 90°C</li> </ul>	
AA 01 031	Rosca 1/2"	10,54
AA 01 032	Rosca 3/4"	14,38
AA 01 033	Rosca 1"	23,04
AA 01 034	Rosca 1-1/4"	38,94
AA 01 035	Rosca 1-1/2"	53,49
AA 01 036	Rosca 2"	75,20
AA 01 037	Rosca 2-1/2"	154,61
AA 01 038	Rosca 3"	214,46
<b>VÁLVULAS DE COMPUERTA BRONCE/LATÓN</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo de bronce</li> <li>• Compuerta de latón</li> </ul>	
AA 01 403	Rosca 1/2"	16,75
AA 01 404	Rosca 3/4"	22,76
AA 01 405	Rosca 1"	28,45
AA 01 406	Rosca 1-1/4"	44,22
AA 01 407	Rosca 1-1/2"	56,90
AA 01 408	Rosca 2"	77,11
AA 01 409	Rosca 2-1/2"	142,72
AA 01 410	Rosca 3"	177,58
AA 01 411	Rosca 4"	298,68
<b>VÁLVULAS DE COMPUERTA CIERRE ELÁSTICO</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo fundición nodular GGG40</li> <li>• Compuerta fundición nodular con recubrimiento EPDM</li> <li>• Presión máx. 16 bar</li> <li>• Temp. máx. 90°C</li> <li>• Conexión: Bridas taladradas s/DIN 2502 (PN16) de DN50 hasta DN150 s/DIN 2576 (PN10) de DN200 a DN300</li> </ul>	
AA 01 120	DN 40	89,04
AA 01 121	DN 50	111,46
AA 01 122	DN 65	121,76
AA 01 123	DN 80	164,82
AA 01 124	DN 100	221,51
AA 01 125	DN 125	274,29
AA 01 126	DN 150	383,36
AA 01 127	DN 200 TAL PN10	609,30
AA 01 128	DN 250 TAL PN10	889,55
AA 01 129	DN 300 TAL PN10	1.131,12
AA 01 135	DN 200 TAL PN16	609,30
AA 01 136	DN 250 TAL PN16	889,55
AA 01 137	DN 300 TAL PN16	1.131,12

## 02 VÁLVULAS DE ASIENTO



Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS DE ASIENTO INCLINADO DE LATÓN</b>		
AA 02 011	Rosca 1/2"	12,15
AA 02 012	Rosca 3/4"	17,21
AA 02 013	Rosca 1"	27,81
AA 02 014	Rosca 1-1/4"	45,55
AA 02 015	Rosca 1-1/2"	61,73
AA 02 016	Rosca 2"	98,63
<b>VÁLVULAS DE VACIADO DE LATÓN</b>		
AA 02 401	Rosca 3/8"	14,47
AA 02 402	Rosca 1/2"	20,25
AA 02 403	Rosca 3/4"	29,08
AA 02 404	Rosca 1"	47,93
<b>VÁLVULAS DE VACIADO DE LATÓN CON PORTAGOMA Y TAPÓN DE CIERRE</b>		
AA 02 411	Rosca 3/8"	9,08
AA 02 412	Rosca 1/2"	10,20
AA 02 413	Rosca 3/4"	19,70
<b>VÁLVULAS "JENKINS" DE BRONCE CIERRE TEFLÓN, PN-16</b>		
AA 02 071	Rosca 1/4"	33,46
AA 02 072	Rosca 3/8"	33,46
AA 02 073	Rosca 1/2"	34,73
AA 02 074	Rosca 3/4"	39,94
AA 02 075	Rosca 1"	50,61
AA 02 076	Rosca 1-1/4"	81,14
AA 02 077	Rosca 1-1/2"	108,53
AA 02 078	Rosca 2"	179,65
AA 02 079	Rosca 2-1/2"	379,82
AA 02 080	Rosca 3"	506,35
<b>VÁLVULAS DE ASIENTO CÓNICO (REGULACIÓN) DE BRONCE, PN-16</b>		
AA 02 111	Rosca 3/8"	38,02
AA 02 112	Rosca 1/2"	38,02
AA 02 113	Rosca 3/4"	43,90
AA 02 114	Rosca 1"	60,30
AA 02 115	Rosca 1-1/4"	99,60
AA 02 116	Rosca 1-1/2"	128,97
AA 02 117	Rosca 2"	286,04



## 02 VÁLVULAS DE ASIENTO



Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS DE ASIENTO DE HIERRO, CIERRE INOX. CON BRIDAS PN-16</b>		
AA 02 131	DN - 15	94,30
AA 02 132	DN - 20	110,03
AA 02 133	DN - 25	117,88
AA 02 134	DN - 32	145,37
AA 02 135	DN - 40	165,03
AA 02 136	DN - 50	208,24
AA 02 137	DN - 65	263,27
AA 02 138	DN - 80	349,69
AA 02 139	DN - 100	436,15
AA 02 140	DN - 125	678,20
AA 02 141	DN - 150	880,15
AA 02 142	DN - 200	1.779,95
<b>VÁLVULAS DE FUELLE DE HIERRO FUNDIDO CON BRIDAS PN - 16, TEMPERATURA: 300°C</b>		
AA 02 301	DN - 15	182,84
AA 02 302	DN - 20	197,88
AA 02 303	DN - 25	276,46
AA 02 304	DN - 32	270,48
AA 02 305	DN - 40	305,56
AA 02 306	DN - 50	385,58
AA 02 307	DN - 65	515,98
AA 02 308	DN - 80	661,25
AA 02 309	DN - 100	861,63
AA 02 310	DN - 125	1.365,08
AA 02 311	DN - 150	1.723,24
AA 02 312	DN - 200	3.972,52

## VÁLVULAS DE ASIENTO CON ACTUADOR NEUMÁTICO

### Características técnicas:

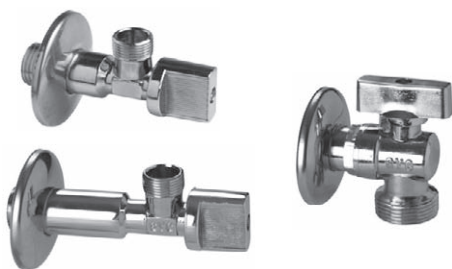
- Función: normalmente cerrada
- Cuerpo: bronce o inox.
- Asiento de cierre: teflón
- Presión de pilotaje: 4-10 bar
- E.V. piloto: 3/2 vías N.C. 1/8
- Presiones de trabajo: ver tablas
- Temperaturas de trabajo: -40 a 200°C
- Viscosidad máxima: 600 cst

Funcionamiento: Accionada mediante operador 3/2NC, sin corriente no pasa aire comprimido al cabezal de la válvula; ésta permanece cerrada. Al dar corriente, pasa aire al cabezal, levantando el pistón de la válvula, abriendo el paso de fluido aguas abajo.



Código	Artículo	Presión de trabajo	€
<b>CUERPO DE BRONCE</b>			
AA 02 521	Rosca 1/2"	0-16 bar	159,36
AA 02 522	Rosca 3/4"	0-16 bar	175,86
AA 02 523	Rosca 1"	0-16 bar	221,26
AA 02 524	Rosca 1-1/4"	0-16 bar	296,37
AA 02 525	Rosca 1-1/2"	0-16 bar	336,89
AA 02 526	Rosca 2"	0-11 bar	410,33
<b>CUERPO DE INOX. AISI-316 Ti</b>			
AA 02 531	Rosca 1/2"	0-16 bar	196,57
AA 02 532	Rosca 3/4"	0-16 bar	217,30
AA 02 533	Rosca 1"	0-16 bar	304,56
AA 02 534	Rosca 1-1/4"	0-16 bar	368,25
AA 02 535	Rosca 1-1/2"	0-16 bar	419,00
AA 02 536	Rosca 2"	0-11 bar	509,90
<b>ELECTROVÁLVULA PILOTO</b>			
	• 3/2 N.C. 1/8" • Presión: 0-10 bar		
CO 01 072	• Cuerpo válvula sin bobina PM-141 BV	Descuentos CO...	69,54
CO 01 525	• Bobinas ZB-09 220 VCA		19,00
CO 01 522	ZB-09 24 VCA		21,40
CO 01 801	Conector bipolar DIN 43650		2,00

### 03 VÁLVULAS DE ESCUADRA



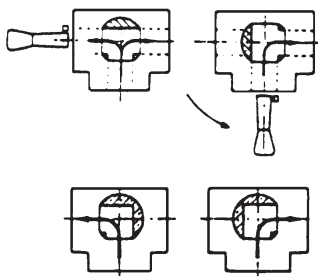
Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS DE ESCUADRA</b>		
AA 03 761	Rosca 1/2" x 3/8"	3,40
<b>VÁLVULAS DE ESCUADRA LARGA</b>		
AA 03 763	Rosca 1/2" x 3/8"	4,10
<b>VÁLVULAS DE ESCUADRA LAVADORA</b>		
AA 03 765	Rosca 1/2" x 3/4"	4,52

### VÁLVULAS DE BOLA LATÓN



Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN HEMBRA / HEMBRA PRESIÓN MÁX.: 25 BAR - TEMPERATURA: -10 / + 130°C</b>		
AA 03 799	Rosca 1/4"	4,25
AA 03 800	Rosca 3/8"	4,55
AA 03 801	Rosca 1/2"	5,34
AA 03 802	Rosca 3/4"	7,76
AA 03 803	Rosca 1"	13,15
AA 03 804	Rosca 1-1/4"	18,20
AA 03 805	Rosca 1-1/2"	30,60
AA 03 806	Rosca 2"	43,40
AA 03 689	Rosca 2-1/2"	84,52
AA 03 690	Rosca 3"	119,00
AA 03 691	Rosca 4"	184,56
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN MACHO / HEMBRA PRESIÓN MÁX.: 25 BAR - TEMPERATURA: -10 / + 130°C</b>		
AA 03 810	Rosca 3/8"	4,73
AA 03 811	Rosca 1/2"	5,85
AA 03 812	Rosca 3/4"	8,83
AA 03 813	Rosca 1"	14,54
AA 03 814	Rosca 1-1/4"	19,61
AA 03 815	Rosca 1-1/2"	32,50
AA 03 816	Rosca 2"	46,66
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN M.MARIPOSA HEMBRA / HEMBRA PRESIÓN MÁX.: 25 BAR - TEMPERATURA: -10 / + 130°C</b>		
AA 03 820	Rosca 3/8"	4,55
AA 03 821	Rosca 1/2"	5,34
AA 03 822	Rosca 3/4"	7,76
AA 03 823	Rosca 1"	13,15
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN M.MARIPOSA MACHO / HEMBRA PRESIÓN MÁX.: 25 BAR - TEMPERATURA: -10 / + 130°C</b>		
AA 03 824	Rosca 3/8"	4,73
AA 03 825	Rosca 1/2"	5,85
AA 03 826	Rosca 3/4"	8,83
AA 03 827	Rosca 1"	14,54
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN M.MARIPOSA C/RACOR PRESIÓN MÁX.: 25 BAR - TEMPERATURA: -10 / + 130°C</b>		
AA 03 671	Rosca 1/2"	7,47
AA 03 672	Rosca 3/4"	11,22

**03 VÁLVULAS DE BOLA LATÓN**



Código	Artículo	€	
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN C/RACOR MANGUERA PRESIÓN MÁX.: 25 BAR - TEMPERATURA: -10 / + 130°C</b>			
AA 03 831	Rosca 1/2"		
AA 03 832	Rosca 3/4"		
AA 03 670	Rosca 1"		
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN C/EXTREMOS PARA SOLDAR PRESIÓN MÁX.: 25 BAR - TEMPERATURA: -10 / + 130°C</b>			
AA 03 211	15 mm	7,89	
AA 03 212	18 mm	8,21	
AA 03 213	22 mm	11,66	
AA 03 214	28 mm	19,23	
AA 03 215	35 mm	34,66	
AA 03 216	42 mm	51,88	
AA 03 217	54 mm	84,70	
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN "MINI" PRESIÓN MÁX.: 10 BAR - TEMPERATURA MÁX.: 80°C</b>			
<b>MACHO / HEMBRA</b>			
AA 03 038	Rosca 1/8"		4,33
AA 03 051	Rosca 1/4"		4,33
AA 03 052	Rosca 3/8"		4,33
AA 03 053	Rosca 1/2"		5,42
AA 03 054	Rosca 3/4"	8,79	
<b>HEMBRA / HEMBRA</b>			
AA 03 039	Rosca 1/8"		4,75
AA 03 055	Rosca 1/4"		4,75
AA 03 056	Rosca 3/8"		4,75
AA 03 057	Rosca 1/2"		5,67
AA 03 058	Rosca 3/4"	9,67	
<b>VÁLVULAS DE BOLA LATÓN, 3 VÍAS PRESIÓN MÁX.: 16 BAR - TEMPERATURA MÁX.: 130°C</b>			
<b>PASO "T"</b>			
AA 03 062	Rosca 3/8"		22,08
AA 03 063	Rosca 1/2"		22,77
AA 03 064	Rosca 3/4"		37,25
AA 03 065	Rosca 1"		54,87
AA 03 066	Rosca 1-1/4"		79,82
AA 03 067	Rosca 1-1/2"		116,84
AA 03 068	Rosca 2"		201,36
<b>PASO "L"</b>			
AA 03 072	Rosca 3/8"		22,13
AA 03 073	Rosca 1/2"		23,50
AA 03 074	Rosca 3/4"		38,43
AA 03 075	Rosca 1"		55,55
AA 03 076	Rosca 1-1/4"		82,97
AA 03 077	Rosca 1-1/2"		113,61
AA 03 078	Rosca 2"		203,91

### 03 VÁLVULAS DE BOLA - RETENCIÓN



Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS DE BOLA CON RETENCIÓN INCORPORADA PN-16</b>		
AA 03 401	Rosca 1/2"	12,31
AA 03 402	Rosca 3/4"	18,14
AA 03 403	Rosca 1"	27,71

### VÁLVULAS DE BOLA DE PVC



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> PVC</li> <li>• <b>Anillos de cierre:</b> Teflón</li> <li>• <b>Pres. Máx.:</b> 10bar</li> <li>• <b>Bola:</b> PVC</li> <li>• <b>Juntas:</b> EPDM</li> <li>• <b>Temp. Máx.:</b> 60°C</li> </ul>	
<b>ENCOLAR</b>		
AA 03 331	Encolar a tubo diam. ext. 20 mm	6,11
AA 03 332	Encolar a tubo diam. ext. 25 mm	8,76
AA 03 333	Encolar a tubo diam. ext. 32 mm	13,89
AA 03 334	Encolar a tubo diam. ext. 40 mm	17,52
AA 03 335	Encolar a tubo diam. ext. 50 mm	19,95
AA 03 336	Encolar a tubo diam. ext. 63 mm	32,47
AA 03 337	Encolar a tubo diam. ext. 75 mm	93,35
AA 03 338	Encolar a tubo diam. ext. 90 mm	157,69
AA 03 339	Encolar a tubo diam. ext. 110 mm	235,41
<b>ROSCAR</b>		
AA 03 341	Rosca 1/2"	6,41
AA 03 342	Rosca 3/4"	9,19
AA 03 343	Rosca 1"	14,57
AA 03 344	Rosca 1-1/4"	18,37
AA 03 345	Rosca 1-1/2"	20,93
AA 03 346	Rosca 2"	34,09
AA 03 347	Rosca 2-1/2"	98,01
AA 03 348	Rosca 3"	165,60
AA 03 349	Rosca 4"	247,20
<b>BRIDAS (TALADRADAS PN10 s/DIN 2576)</b>		
<b>CON PALANCA</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Anillos de cierre:</b> EPDM</li> </ul>	
AA 03 361	Brida DN15 (para tubo diam. ext. 20 mm)	11,58
AA 03 362	Brida DN20 (para tubo diam. ext. 25 mm)	13,54
AA 03 364	Brida DN32 (para tubo diam. ext. 40 mm)	23,11
AA 03 365	Brida DN40 (para tubo diam. ext. 50 mm)	26,96
AA 03 367	Brida DN65 (para tubo diam. ext. 75 mm)	68,36
AA 03 369	Brida DN100 (para tubo diam. ext. 110 mm)	140,99
AA 03 370	Brida DN150 (para tubo diam. ext. 160 mm)	320,43
<b>CON REDUCTOR MANUAL</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Anillos de cierre:</b> EPDM</li> </ul>	
AA 03 375	DN200 (para tubo diam. ext. 200 ó 225 mm)	1.538,07
AA 03 376	DN250 (para tubo diam. ext. 250 mm)	1.794,41

### 03 VÁLVULAS DE BOLA DE INOXIDABLE



Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS BOLA INOX. 2 PIEZAS PN-69</b>		
AA 03 261	• <b>Cuerpo:</b> Inox. • <b>Bola:</b> Inox. • <b>Anillos cierre:</b> Teflón Rosca 1/4"	14,89
AA 03 262	Rosca 3/8"	14,89
AA 03 263	Rosca 1/2" (AA 03 253)	16,11
AA 03 264	Rosca 3/4" (AA 03 254)	21,01
AA 03 265	Rosca 1"	32,08
AA 03 266	Rosca 1-1/4" (AA 03 256)	47,28
AA 03 267	Rosca 1-1/2"	66,55
AA 03 268	Rosca 2"	112,66
AA 03 269	Rosca 2-1/2"	215,38
AA 03 270	Rosca 3"	333,81
<b>VÁLVULAS DE BOLA INOX. 3 PIEZAS PN-69</b>		
AA 03 271	• <b>Cuerpo:</b> Inox. • <b>Bola:</b> Inox. • <b>Anillos cierre:</b> Teflón Rosca 1/4"	19,34
AA 03 272	Rosca 3/8" (AA 03 282)	19,34
AA 03 273	Rosca 1/2" (AA 03 283)	24,02
AA 03 274	Rosca 3/4" (AA 03 284)	30,44
AA 03 275	Rosca 1"	44,49
AA 03 276	Rosca 1-1/4" (AA 03 286)	66,22
AA 03 277	Rosca 1-1/2"	84,90
AA 03 278	Rosca 2"	135,29
AA 03 279	Rosca 2-1/2" (AA 03 289)	269,93
AA 03 280	Rosca 3"	383,45



### VÁLVULAS DE BOLA HIERRO/INOX.



Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS DE BOLA CON BRIDAS PN-16</b>		
AA 03 141	• <b>Cuerpo:</b> Hierro • <b>Bola:</b> Inox. • <b>Anillos cierre:</b> Teflón DN - 15	83,35
AA 03 142	DN - 20	96,25
AA 03 143	DN - 25	109,10
AA 03 144	DN - 32	150,90
AA 03 145	DN - 40	173,40
AA 03 146	DN - 50	204,90
AA 03 147	DN - 65	292,75
AA 03 148	DN - 80	371,60
AA 03 149	DN - 100	507,05
AA 03 151	DN - 125 long. 200 mm.	830,00
AA 03 152	DN - 150 » 210 mm.	1.216,10
AA 03 153	DN - 200 » 400 mm.	2.029,00



### VÁLVULAS DE BOLA MOTORIZADAS



AA 03 086

BLOKSFER  
1/2" a 1-1/2"

Código	Artículo	€
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN 2 VÍAS CON MOTOR ELÉCTRICO 220V "COMPACT"</b>		
AA 03 741	Rosca 1/2" (50 seg.)	116,42
AA 03 742	Rosca 3/4" (50 seg.)	121,21
AA 03 743	Rosca 1" (50 seg.)	131,71
<b>VÁLVULAS DE BOLA DE LATÓN 2 VÍAS CON MOTOR ELÉCTRICO 220V "BLOKSFER"</b>		
AA 03 711	Rosca 1/2" (90 seg.)	192,48
AA 03 712	Rosca 3/4" (90 seg.)	199,85
AA 03 713	Rosca 1" (90 seg.)	214,22
AA 03 714	Rosca 1-1/4" (90 seg.)	228,76
AA 03 715	Rosca 1-1/2" (90 seg.)	287,14
AA 03 086	Rosca 2" (180 seg.)	734,16

\* El código AA 03 086 no lleva contactos auxiliares

## 04 VÁLVULAS DE MARIPOSA DE HIERRO



### • Tipo FE/FE/N

Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión Máx.: 16 bar</li> <li>• Mariposa: fundición dúctil niquelada</li> <li>• Elastómero: EPDM</li> </ul>	
AA 04 101	DN - 32/40 (1-1/4" - 1-1/2")	37,26
AA 04 102	DN - 50 (2")	39,93
AA 04 103	DN - 65 (2-1/2")	46,66
AA 04 104	DN - 80 (3")	50,85
AA 04 105	DN - 100 (4")	66,56
AA 04 106	DN - 125 (5")	91,67
AA 04 107	DN - 150 (6")	101,83
AA 04 108	DN - 200 (8")	164,62
AA 04 109	DN - 250 (10")	270,09
AA 04 110	DN - 300 (12")	340,21



### • Tipo FE/INOX/N

Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión Máx.: 16 bar</li> <li>• Mariposa: INOX AISI-316</li> <li>• Elastómero: EPDM</li> </ul>	
AA 04 111	DN - 32/40 (1-1/4" - 1-1/2")	49,68
AA 04 112	DN - 50 (2")	52,82
AA 04 113	DN - 65 (2-1/2")	61,09
AA 04 114	DN - 80 (3")	70,00
AA 04 115	DN - 100 (4")	96,59
AA 04 116	DN - 125 (5")	135,82
AA 04 117	DN - 150 (6")	168,18
AA 04 118	DN - 200 (8")	285,18
AA 04 119	DN - 250 (10")	514,22
AA 04 120	DN - 300 (12")	723,03



### • Tipo FE/FE/N CON REDUCTOR MANUAL

Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión Máx.: 16 bar</li> <li>• Mariposa: fundición dúctil niquelada</li> <li>• Elastómero: EPDM</li> </ul>	
AA 04 131	DN - 32/40 (1-1/4" - 1-1/2")	87,73
AA 04 132	DN - 50 (2")	90,59
AA 04 133	DN - 65 (2-1/2")	97,82
AA 04 134	DN - 80 (3")	102,32
AA 04 135	DN - 100 (4")	118,36
AA 04 136	DN - 125 (5")	159,82
AA 04 137	DN - 150 (6")	170,72
AA 04 138	DN - 200 (8")	277,22
AA 04 139	DN - 250 (10")	501,58
AA 04 140	DN - 300 (12")	570,76



### • Tipo FE/INOX/N CON REDUCTOR MANUAL

Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión Máx.: 16 bar</li> <li>• Mariposa: INOX AISI-316</li> <li>• Elastómero: EPDM</li> </ul>	
AA 04 141	DN - 32/40 (1-1/4" - 1-1/2")	97,41
AA 04 142	DN - 50 (2")	100,54
AA 04 143	DN - 65 (2-1/2")	108,82
AA 04 144	DN - 80 (3")	117,73
AA 04 145	DN - 100 (4")	143,50
AA 04 146	DN - 125 (5")	197,22
AA 04 147	DN - 150 (6")	229,59
AA 04 148	DN - 200 (8")	385,68
AA 04 149	DN - 250 (10")	725,85
AA 04 150	DN - 300 (12")	928,57

## 04 VÁLVULAS DE MARIPOSA DE ALUMINIO



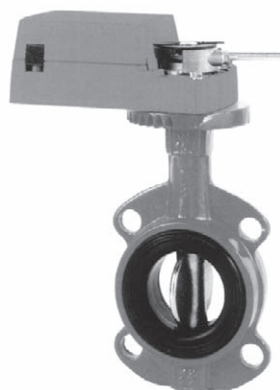
Código	Artículo	€
<b>TIPO AL</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Presión Máxima:</b> 10 bar</li> <li>• <b>Cuerpo:</b> aluminio con recubrimiento epoxi</li> <li>• <b>Mariposa:</b> fundición nodular</li> <li>• <b>Elastómero:</b> EPDM</li> </ul>	
AA 04 053	DN - 40/50 (1 1/2"-2")	74,60
AA 04 054	DN - 65 (2-1/2")	81,13
AA 04 055	DN - 80 (3")	89,92
AA 04 056	DN - 100 (4")	103,69
AA 04 057	DN - 125 (5")	126,43
AA 04 058	DN - 150 (6")	147,05
AA 04 059	DN - 200 (8")	218,47

## VÁLVULAS DE MARIPOSA PVC



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> PVC</li> <li>• <b>Elastómero:</b> EPDM</li> <li>• <b>Temp. máxima:</b> 60°C</li> <li>• <b>Palanca:</b> PVC</li> <li>• <b>Mariposa:</b> PVC</li> <li>• <b>Presión Máxima:</b> 10bar</li> </ul>	
<b>CON PALANCA</b>		
AA 04 301	DN50 (para tubo diam. ext. 63 mm)	47,29
AA 04 302	DN65 (para tubo diam. ext. 75 mm)	59,98
AA 04 303	DN80 (para tubo diam. ext. 90 mm)	78,73
AA 04 304	DN100 (para tubo diam. ext. 110 mm)	94,34
AA 04 305	DN125 (para tubo diam. ext. 125 ó 140 mm)	134,16
AA 04 306	DN150 (para tubo diam. ext. 160 mm)	142,75
AA 04 307	DN200 (para tubo diam. ext. 200 ó 225 mm)	244,64
<b>CON REDUCTOR MANUAL</b>		
AA 04 312	DN200 (para tubo diam. ext. 200 ó 225 mm)	337,50
AA 04 314	DN300 (para tubo diam. ext. 315 mm)	637,49
AA 04 315	DN350 (para tubo diam. ext. 350 mm)	2.858,59

## VÁLVULAS DE MARIPOSA MOTORIZADAS

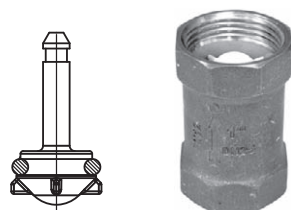


Código	Artículo	Presión dif. máx.	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Aluminio</li> <li>• <b>Eje:</b> inox AISI-420</li> <li>• <b>Mariposa:</b> Fundición nodular</li> <li>• <b>Elastómero:</b> EPDM</li> <li>• <b>Temp.:</b> -15° a 90°C</li> <li>• <b>Montaje:</b> entre bridas PN10/16</li> <li>• <b>Alimentación motor:</b> 230V</li> <li>• <b>2 contactos auxiliares</b></li> </ul>		
AA 04 171	DN - 40 (80 seg.)	12 bar	500,95
AA 04 172	DN - 50 (80 seg.)	10 bar	502,39
AA 04 173	DN - 65 (80 seg.)	8 bar	512,05
AA 04 174	DN - 80 (80 seg.)	8 bar	528,60
AA 04 175	DN - 100 (80 seg.)	6 bar	555,45
AA 04 176	DN - 125 (125 seg.)	6 bar	740,94
AA 04 177	DN - 150 (125 seg.)	4 bar	818,21

**05 VÁLVULAS DE RETENCIÓN**



DN-15 a DN-65



**HASTA AGOTAR STOCK**





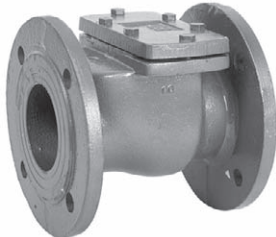




Código	Artículo	Temp. máx (°C)	€
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN UNIVERSAL</b>			
AA 05 180	Rosca 3/8"	90°C	4,59
AA 05 181	Rosca 1/2"		4,59
AA 05 182	Rosca 3/4"		6,98
AA 05 163	Rosca 1"		8,01
AA 05 164	Rosca 1-1/4"		13,30
AA 05 165	Rosca 1-1/2"		17,74
AA 05 166	Rosca 2"		27,29
AA 05 167	Rosca 2 - 1/2"		54,75
AA 05 168	Rosca 3"		82,04
AA 05 169	Rosca 4"		123,06
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN "YORK"</b>			
AA 05 001	Rosca 3/8"	90°C	6,88
AA 05 002	Rosca 1/2"		6,92
AA 05 003	Rosca 3/4"		9,54
AA 05 004	Rosca 1"		12,21
AA 05 005	Rosca 1-1/4"		18,18
AA 05 006	Rosca 1-1/2"		26,96
AA 05 007	Rosca 2"		37,06
AA 05 008	Rosca 2-1/2"		69,88
AA 05 009	Rosca 3"		97,32
AA 05 010	Rosca 4"		171,13
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN BLOCK</b>			
AA 05 041	Rosca 1/2"	90°C	4,57
AA 05 042	Rosca 3/4"		6,22
AA 05 043	Rosca 1"		8,05
AA 05 044	Rosca 1-1/4"		11,83
AA 05 045	Rosca 1-1/2"		15,68
AA 05 046	Rosca 2"		21,60
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN CON OBTURADOR METÁLICO</b>			
AA 05 171	Rosca 1/2"	90°C	5,15
AA 05 172	Rosca 3/4"		7,85
AA 05 173	Rosca 1"		9,90
AA 05 174	Rosca 1-1/4"		14,90
AA 05 175	Rosca 1-1/2"		22,50
AA 05 176	Rosca 2"		32,85
AA 05 177	Rosca 2-1/2"		70,60
AA 05 178	Rosca 3"		95,40
<b>VÁLVULA DE RETENCIÓN EURO</b>			
AA 05 151	Rosca 3/8"	90°C	5,50
AA 05 153	Rosca 3/4"		8,42
AA 05 157	Rosca 2"		40,78
AA 05 159	Rosca 3"		131,52
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE LATÓN "EUROPA"</b>			
AA 05 090	Rosca 3/8"	90°C	9,26
AA 05 091	Rosca 1/2"		9,53
AA 05 092	Rosca 3/4"		12,81
AA 05 093	Rosca 1"		17,57
AA 05 094	Rosca 1-1/4"		27,58
AA 05 095	Rosca 1-1/2"		36,94
AA 05 096	Rosca 2"		57,20
AA 05 097	Rosca 2-1/2"		131,56
AA 05 098	Rosca 3"		197,38
AA 05 099	Rosca 4"		324,71

**05 VÁLVULAS DE RETENCIÓN**



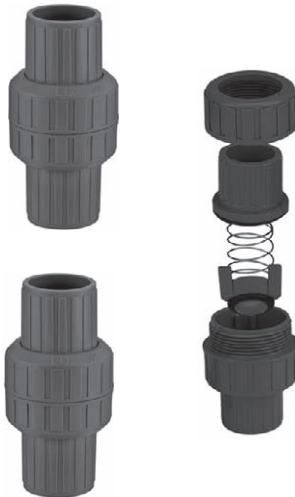
Código	Artículo	Presión máx. (bar)	Temp. (°C)	€
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN "ROMA" CIERRE VITÓN</b>				
AA 05 011	Rosca 3/8"	25	0-150°C	14,96
AA 05 012	Rosca 1/2"	25		15,55
AA 05 013	Rosca 3/4"	25		19,90
AA 05 014	Rosca 1"	25		26,78
AA 05 015	Rosca 1-1/4"	18		37,67
AA 05 016	Rosca 1-1/2"	18		52,13
AA 05 017	Rosca 2"	18		78,80
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE PLÁSTICO CON ROSCAS</b>				
AA 05 035	Rosca 3/8"			25,94
AA 05 036	Rosca 1/2"			26,71
AA 05 037	Rosca 3/4"			27,90
AA 05 038	Rosca 1"			42,31
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN DOBLE CLAPETA "INOX-CHECK" PN-16</b>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Fundición GG-25</li> <li>• <b>Clapetas:</b> Inox AISI - 304</li> <li>• <b>Junta de cierre:</b> EPDM</li> </ul>			
AA 05 052	DN - 40 (1-1/2")			34,13
AA 05 053	DN - 50 (2")			39,06
AA 05 054	DN - 65 (2-1/2")			44,93
AA 05 055	DN - 80 (3")			59,88
AA 05 056	DN - 100 (4")			74,85
AA 05 057	DN - 125 (5")			101,55
AA 05 058	DN - 150 (6")			147,76
AA 05 059	DN - 200 (8")			247,32
AA 05 060	DN - 250 (10")			360,57
AA 05 070	DN - 300 (12")			489,48
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE DISCO. INOX</b>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Inox CF8M / WCB</li> <li>• <b>Disco:</b> Inox AISI - 316</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 200° C</li> <li>• <b>Pres. max:</b> 40 BAR</li> </ul>			
AA 05 071	DN - 15			15,10
AA 05 072	DN - 20			19,22
AA 05 073	DN - 25			28,16
AA 05 074	DN - 32			41,89
AA 05 075	DN - 40			52,16
AA 05 076	DN - 50			78,96
AA 05 077	DN - 65			121,51
AA 05 078	DN - 80			151,71
AA 05 079	DN - 100			245,77
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE BRONCE, CIERRE CLAPETA DESLIZANTE. PN-16</b>				
AA 05 211	Rosca 3/8"			29,27
AA 05 212	Rosca 1/2"			30,49
AA 05 213	Rosca 3/4"			34,81
AA 05 214	Rosca 1"			50,22
AA 05 215	Rosca 1-1/4"			81,56
AA 05 216	Rosca 1-1/2"			106,99
AA 05 217	Rosca 2"			150,40
<b>VÁLVULA DE CLAPETA CIERRE GOMA</b>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Latón</li> <li>• <b>Clapeta:</b> Latón</li> <li>• <b>Junta de cierre:</b> NBR</li> <li>• <b>Temp. máx:</b> 90° C</li> </ul>			
AA 05 241	Rosca 1/2"			8,13
AA 05 242	Rosca 3/4"			11,46
AA 05 243	Rosca 1"			16,43
AA 05 244	Rosca 1-1/4"			26,00
AA 05 245	Rosca 1-1/2"			33,49
AA 05 246	Rosca 2"			57,21
AA 05 247	Rosca 2 - 1/2"			89,02
AA 05 248	Rosca 3"			134,66
AA 05 249	Rosca 4"			233,97

## 05 VÁLVULAS DE RETENCIÓN

Código	Artículo	€		
<b>VÁLVULA DE CLAPETA CIERRE METAL</b>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Latón</li> <li>• <b>Clapeta:</b> Latón</li> <li>• <b>Junta de cierre:</b> Latón</li> <li>• <b>Temp. máx:</b> 90° C</li> <li>• <b>Junta:</b> PTFE</li> </ul>			
	AA 05 251		Rosca 1/2"	8,13
	AA 05 252		Rosca 3/4"	11,46
	AA 05 253		Rosca 1"	16,43
	AA 05 254		Rosca 1 - 1/4"	26,00
	AA 05 255		Rosca 1 1/2"	33,49
	AA 05 256		Rosca 2"	57,21
	AA 05 257		Rosca 2 1/2"	89,02
	AA 05 258		Rosca 3"	134,66
AA 05 259	Rosca 4"	233,97		
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE HIERRO/BRONCE CIERRE CLAPETA OSCILANTE. PN-10/16</b>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bridas taladradas</b></li> </ul>			
	AA 05 232		DN - 70	230,10
	AA 05 233		DN - 80	274,01
	AA 05 234		DN - 100	320,10
	AA 05 235		DN - 125	463,25
	AA 05 236		DN - 150	646,10
	AA 05 238		DN - 200	1.051,85
	AA 05 239		DN - 250	1.551,74
AA 05 240	DN - 300	2.335,08		
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE HIERRO CIERRE POR MEMBRANA, PN-16 - TEMP. MÁX.: 60° C</b>				
	AA 05 341	Rosca 1/2"	158,36	
	AA 05 342	Rosca 3/4"	158,36	
	AA 05 343	Rosca 1"	183,06	
	AA 05 344	Rosca 1 - 1/4"	219,18	
	AA 05 345	Rosca 1 - 1/2"	275,04	
	AA 05 346	Rosca 2"	396,44	
<b>VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE HIERRO CIERRE POR BOLA, PN-10- TEMP. MÁX.: 80° C</b>				
  	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> GGG40</li> <li>• <b>Bola:</b> Metal + NBR</li> </ul>			
	AA 05 361		Rosca 1"	43,93
	AA 05 362		Rosca 1 - 1/4"	46,72
	AA 05 363		Rosca 1 - 1/2"	57,87
	AA 05 364		Rosca 2"	85,77
	AA 05 365		Rosca 2-1/2"	124,12
	AA 05 366	Rosca 3"	170,18	
	AA 05 371	Bridas DN - 50	107,39	
	AA 05 372	Bridas DN - 65	137,36	
	AA 05 373	Bridas DN - 80	175,76	
	AA 05 374	Bridas DN - 100	232,21	
	AA 05 375	Bridas DN - 125	351,47	
	AA 05 376	Bridas DN - 150	467,22	
	AA 05 377	Bridas DN - 200	877,28	
AA 05 378	Bridas DN - 250	1.615,78		
AA 05 379	Bridas DN - 300	2.246,89		

## 05 VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE PVC

### • Retención - cierre muelle



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo: PVC</li> <li>• Muelle: Inox AISI304</li> <li>• Presión máx.: 10 bar</li> <li>• Disco de cierre: PVC/EPDM</li> <li>• Juntas: EPDM</li> <li>• Temp. máx.: 60° C</li> </ul>	
<b>ENCOLAR</b>		
AA 05 401	Encolar a tubo diam. ext. 20 mm	3,74
AA 05 402	Encolar a tubo diam. ext. 25 mm	4,48
AA 05 403	Encolar a tubo diam. ext. 32 mm	5,80
AA 05 404	Encolar a tubo diam. ext. 40 mm	8,79
AA 05 405	Encolar a tubo diam. ext. 50 mm	11,60
AA 05 406	Encolar a tubo diam. ext. 63 mm	15,47
AA 05 407	Encolar a tubo diam. ext. 75 mm	39,55
AA 05 408	Encolar a tubo diam. ext. 90 mm	48,34
<b>ROSCAR</b>		
AA 05 411	Rosca 1/2"	3,91
AA 05 412	Rosca 3/4"	4,70
AA 05 413	Rosca 1"	6,11
AA 05 414	Rosca 1-1/4"	9,23
AA 05 415	Rosca 1-1/2"	12,17
AA 05 416	Rosca 2"	16,26
AA 05 417	Rosca 2-1/2"	41,53
AA 05 418	Rosca 3"	50,76

### • Retención - cierre bola



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo: PVC</li> <li>• Bola: PVC</li> <li>• Presión máx.: 10 bar</li> <li>• Juntas: EPDM</li> <li>• Temp. máx.: 60° C</li> </ul>	
<b>ENCOLAR</b>		
AA 05 441	Encolar a tubo diam. ext. 20 mm	9,45
AA 05 442	Encolar a tubo diam. ext. 25 mm	11,41
AA 05 443	Encolar a tubo diam. ext. 32 mm	14,71
AA 05 444	Encolar a tubo diam. ext. 40 mm	22,33
AA 05 445	Encolar a tubo diam. ext. 50 mm	29,42
AA 05 446	Encolar a tubo diam. ext. 63 mm	39,23
AA 05 427	Encolar a tubo diam. ext. 75 mm	125,68
<b>ROSCAR</b>		
AA 05 451	Rosca 1/2"	9,94
AA 05 452	Rosca 3/4"	11,99
AA 05 453	Rosca 1"	15,47
AA 05 454	Rosca 1-1/4"	23,45
AA 05 455	Rosca 1-1/2"	30,89
AA 05 456	Rosca 2"	41,19
AA 05 437	Rosca 2-1/2"	131,83
AA 05 438	Rosca 3"	137,11

### • Retención - cierre clapeta



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo: PVC</li> <li>• Presión máx.: 10 bar</li> <li>• Clapeta: DN50 a DN 80 - PVC y DN100 a DN 250 - ABS</li> <li>• Temp. máx.: 60° C</li> <li>• Juntas: EPDM</li> <li>• Bridas taladradas: PN10</li> </ul>	
<b>BRIDAS</b>		
AA 05 461	Bridas DN - 50	41,02
AA 05 462	Bridas DN - 65	90,23
AA 05 463	Bridas DN - 80	90,23
AA 05 465	Bridas DN - 150	451,17
AA 05 466	Bridas DN - 200	1.066,39
AA 05 467	Bridas DN - 250	1.353,50

**06 VÁLVULAS DE PIE**


Código	Artículo		€
<b>VÁLVULA DE PIE UNIVERSAL</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo: Latón</b></li> <li>• <b>Disco: Nylon</b></li> <li>• <b>Junta de cierre: NBR</b></li> <li>• <b>Malla: Acero Inoxidable AISI 304</b></li> <li>• <b>Temperatura máx.: 90°C</b></li> </ul>		
AA 06 041	Rosca 1/2"		3,22
AA 06 042	Rosca 3/4"		4,76
AA 06 043	Rosca 1"		6,09
AA 06 044	Rosca 1-1/4"		9,51
AA 06 045	Rosca 1-1/2"		14,44
AA 06 046	Rosca 2"		19,03
AA 06 047	Rosca 2-1/2"		37,15
AA 06 048	Rosca 3"		55,53
AA 06 049	Rosca 4"		88,00
<b>VÁLVULAS DE PIE "YORK"</b>			
AA 06 001	Paso 3/8"	Malla inox.	5,82
AA 06 002	Paso 1/2"	Malla inox.	5,83
AA 06 003	Paso 3/4"	Malla inox.	7,44
AA 06 004	Paso 1"	Malla inox.	9,24
AA 06 005	Paso 1-1/4"	Malla inox.	13,34
AA 06 006	Paso 1-1/2"	Malla inox.	19,50
AA 06 007	Paso 2"	Malla inox.	27,73
AA 06 008	Paso 2-1/2"	Malla inox.	53,55
AA 06 009	Paso 3"	Malla inox.	73,17
AA 06 010	Paso 4"	Malla inox.	126,61
<b>VÁLVULAS DE PIE DE PLÁSTICO CON ROSCAS</b>			
AA 06 011	Paso 3/8"		10,67
AA 06 012	Paso 1/2"		12,90
AA 06 013	Paso 3/4"		21,32
AA 06 016	Paso 1-1/2"		44,78
AA 06 017	Paso 2"		62,87
<b>VÁLVULAS DE PIE, DE HIERRO FUNDIDO CON BRIDAS. PN-10</b>			
AA 06 101	DN - 50	Colador de polipropileno	451,55
AA 06 102	DN - 65	Colador de polipropileno	479,05
AA 06 103	DN - 80	Colador de inox.	453,02
AA 06 104	DN - 100	Colador de inox.	536,90
AA 06 105	DN - 125	Colador de inox.	697,51
AA 06 106	DN - 150	Colador de inox.	822,14
AA 06 108	DN - 200	Colador de inox.	1.176,88



## 06 VÁLVULAS DE PIE DE PVC

### • Pie - cierre muelle



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo y filtro:</b> PVC</li> <li>• <b>Muelle:</b> Inox AISI304</li> <li>• <b>Presión máx.:</b> 10 bar</li> <li>• <b>Disco de cierre:</b> PVC/EPDM</li> <li>• <b>Juntas:</b> EPDM</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 60° C</li> </ul>	
<b>ENCOLAR</b>		
AA 06 301	Encolar a tubo diam. ext. 25 mm	4,13
AA 06 302	Encolar a tubo diam. ext. 32 mm	5,32
AA 06 303	Encolar a tubo diam. ext. 40 mm	7,51
AA 06 304	Encolar a tubo diam. ext. 50 mm	10,63
AA 06 305	Encolar a tubo diam. ext. 63 mm	14,50
AA 06 306	Encolar a tubo diam. ext. 75 mm	39,55
AA 06 307	Encolar a tubo diam. ext. 90 mm	48,34
<b>ROSCAR</b>		
AA 06 311	Rosca 3/4"	4,35
AA 06 314	Rosca 1-1/2"	11,16
AA 06 315	Rosca 2"	15,25
AA 06 316	Rosca 2-1/2"	41,53
AA 06 317	Rosca 3"	50,76

### • Pie - cierre bola



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo y filtro:</b> PVC</li> <li>• <b>Juntas:</b> EPDM</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 60° C</li> <li>• <b>Bola:</b> PVC</li> <li>• <b>Presión máx.:</b> 10 bar</li> </ul>	
<b>ENCOLAR</b>		
AA 06 321	Encolar a tubo diam. ext. 20 mm	10,72
AA 06 322	Encolar a tubo diam. ext. 25 mm	12,92
AA 06 323	Encolar a tubo diam. ext. 32 mm	16,70
AA 06 324	Encolar a tubo diam. ext. 40 mm	25,31
AA 06 325	Encolar a tubo diam. ext. 50 mm	33,35
AA 06 326	Encolar a tubo diam. ext. 63 mm	44,47
AA 06 327	Encolar a tubo diam. ext. 75 mm	144,58
AA 06 328	Encolar a tubo diam. ext. 90 mm	150,29
<b>ROSCAR</b>		
AA 06 331	Rosca 1/2"	11,25
AA 06 332	Rosca 3/4"	13,58
AA 06 333	Rosca 1"	17,53
AA 06 334	Rosca 1-1/4"	26,59
AA 06 335	Rosca 1-1/2"	35,02
AA 06 336	Rosca 2"	46,71
AA 06 337	Rosca 2-1/2"	151,61

### • Pie - cierre clapeta



HASTA AGOTAR STOCK

Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> PVC</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 60°C</li> <li>• <b>Juntas:</b> EPDM</li> <li>• <b>Clapeta:</b> DN50 a DN80 - PVC DN100 a DN250 - ABS</li> <li>• <b>Presión máx.:</b> 10 bar</li> </ul>	
<b>ENCOLAR</b>		
AA 06 361	Encolar a tubo diam. ext. 75 mm	61,52
AA 06 362	Encolar a tubo diam. ext. 90 mm	65,92
AA 06 363	Encolar a tubo diam. ext. 110 mm	83,50
<b>BRIDAS (taladradas PN10 s/DIN 2576)</b>		
AA 06 381	Bridas DN - 65 (para tubo diam. ext. 75 mm)	79,10
AA 06 382	Bridas DN - 80 (para tubo diam. ext. 90 mm)	79,10

## 07 FILTRO VÁLVULA PIE



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Malla:</b> Acero inoxidable AISI 304</li> <li>• <b>Racor:</b> nylon</li> </ul>	
AA 07 031	Rosca 1/2"	0,50
AA 07 032	Rosca 3/4"	0,60
AA 07 033	Rosca 1"	0,82
AA 07 034	Rosca 1-1/4"	1,30
AA 07 035	Rosca 1-1/2"	1,67
AA 07 036	Rosca 2"	2,07
AA 07 037	Rosca 2-1/2"	3,83
AA 07 038	Rosca 3"	4,77
AA 07 039	Rosca 4"	7,04



## 08 FILTROS c/ROSCAS



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Latón</li> <li>• <b>Tamiz:</b> Acero Inoxidable Ø 0,5 mm (3/8" - 2") / Ø 0,8 (2 1/2" - 4")</li> <li>• <b>Filtro:</b> Acero Inoxidable</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 110°C</li> </ul>	
AA 08 111	Rosca 3/8"	6,28
AA 08 112	Rosca 1/2"	4,21
AA 08 113	Rosca 3/4"	6,69
AA 08 114	Rosca 1"	9,12
AA 08 115	Rosca 1-1/4"	18,67
AA 08 116	Rosca 1-1/2"	24,23
AA 08 117	Rosca 2"	51,58
AA 08 118	Rosca 2-1/2"	75,11
AA 08 119	Rosca 3"	91,09
AA 08 120	Rosca 4"	154,54



## FILTROS c/BRIDAS



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Fundición GG-25 c/recubrimiento epoxi</li> <li>• <b>Tamiz:</b> Acero Inoxidable AISI-304 Ø 1,5 mm</li> <li>• <b>Presión máx.:</b> 16 bar</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 120°C</li> <li>• <b>Conexión:</b> Bridas taladradas s/DIN 2502 (PN16)</li> </ul>	
AA 08 081	DN 15	22,73
AA 08 082	DN 20	25,63
AA 08 083	DN 25	34,38
AA 08 084	DN 32	40,23
AA 08 085	DN 40	46,13
AA 08 086	DN 50	76,13
AA 08 087	DN 65	109,08
AA 08 088	DN 80	124,44
AA 08 089	DN 100	163,24
AA 08 090	DN 125	237,90
AA 08 091	DN 150	330,82
AA 08 092	DN 200	584,84
AA 08 093	DN 250	1.000,58
AA 08 094	DN 300	1.479,33



## 17 MANGUITOS A COMPRESIÓN DE PVC



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> PVC.</li> <li>• <b>Presión máx.:</b> 10 bar.</li> <li>• <b>Juntas:</b> EPDM</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 60°C</li> </ul>	
AA 17 001	DN15 para tubo de PVC Øext. 20 mm	1,32
AA 17 002	DN20 para tubo de PVC Øext. 25 mm	1,87
AA 17 003	DN25 para tubo de PVC Øext. 32 mm	2,56
AA 17 004	DN32 para tubo de PVC Øext. 40 mm	4,41
AA 17 007	DN65 para tubo de PVC Øext. 75 mm	16,51

**LD**

## 18 VENTOSAS DE PVC



Código	Artículo	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> PVC.</li> <li>• <b>Junta de cierre:</b> EPDM</li> <li>• <b>Presión máx.:</b> 10 bar</li> <li>• <b>Cabezal:</b> PVC</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 60°C</li> </ul>	
AA 18 011	Rosca 1/2" macho	9,05
AA 18 012	Rosca 3/4" macho	11,31
AA 18 013	Rosca 1" macho	13,57
AA 18 014	Rosca 1-1/4" macho	25,65
AA 18 015	Rosca 1-1/2" macho	28,50
AA 18 016	Rosca 2" macho	34,34

**LD**

## 19 TUBOS FLEXIBLES AGUA



Código	Artículo	€
	<b>TUBO FLEXIBLE PARA AGUA</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Exterior:</b> Trenzado de acero inoxidable AISI 304</li> <li>• <b>Interior:</b> Caucho EPDM</li> <li>• <b>Conexiones:</b> M-H</li> <li>• Casquillo en acero inoxidable AISI 304</li> <li>• Racores de latón</li> <li>• Junta EPDM Incorporadas</li> <li>• <b>Temperatura máx.:</b> 100° C</li> <li>• <b>Presión máx.:</b> 16 bar</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rosca 1/2"</b></li> </ul>	
AA 19 121	Longitud 200 mm	6,84
AA 19 122	Longitud 300 mm	7,19
AA 19 123	Longitud 400 mm	8,32
AA 19 124	Longitud 500 mm	9,25
AA 19 125	Longitud 600 mm	11,06
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rosca 3/4"</b></li> </ul>	
AA 19 221	Longitud 200 mm	7,78
AA 19 222	Longitud 300 mm	8,34
AA 19 223	Longitud 400 mm	9,09
AA 19 224	Longitud 500 mm	10,10
AA 19 225	Longitud 600 mm	11,03
	Aplicaciones: Calentadores, acumuladores, fan coils, termos, climatización placas solares	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rosca 1"</b></li> </ul>	
AA 19 711	Longitud 300 mm	20,45
AA 19 712	Longitud 400 mm	23,57
AA 19 713	Longitud 500 mm	27,31
AA 19 714	Longitud 600 mm	30,50
	Aplicaciones: Baterías de contadores, grupo de presión, climatización	
	<b>TUBO FLEXIBLE PARA QUEMADORES</b>	
AA 19 8••	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Goma especial Gasóleo</li> <li>• Ejecución sobre pedido en ambos extremos</li> </ul>	

## 29 VÁLVULAS DE FLOTADOR DE PVC



Código	Artículo	€
AA 29 301	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> PVC</li> <li>• <b>Boya:</b> Polietileno (PE)</li> <li>• <b>Presión máx.:</b> 10 bar</li> </ul> Rosca 1/2"	16,17
AA 29 302	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Brazo:</b> Inox. AISI304</li> <li>• <b>Junta de cierre:</b> EPDM</li> <li>• <b>Temp. máx.:</b> 60°C</li> </ul> Rosca 3/4"	17,66
AA 29 303	Rosca 1"	27,91

## VÁLVULAS DE FLOTADOR



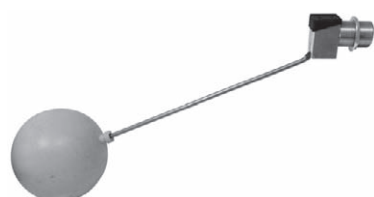
Código	Artículo	€
<b>CON BOYA ESFÉRICA ROSCADA</b>		
AA 29 001	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Latón</li> <li>• <b>Obturador:</b> Goma</li> <li>• <b>Boya:</b> Latón</li> </ul> Rosca 1/2" pres. máx. 6 bar	41,74
AA 29 002	Rosca 3/4" pres. máx. 6 bar	58,19
AA 29 003	Rosca 1" pres. máx. 6 bar	78,18
AA 29 004	Rosca 1-1/4" pres. máx. 8 bar	130,09
AA 29 005	Rosca 1-1/2" pres. máx. 8 bar	183,64
AA 29 006	Rosca 2" pres. máx. 5 bar	264,92



Código	Artículo	€
<b>CON BOYA PLANA CORREDERA (Tipo Madrid)</b>		
AA 29 011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Latón</li> <li>• <b>Obturador:</b> Goma</li> <li>• <b>Boya:</b> Latón</li> </ul> Rosca 1/2" pres. máx. 8 bar	53,38
AA 29 012	Rosca 3/4" pres. máx. 8 bar	67,14
AA 29 013	Rosca 1" pres. máx. 8 bar	87,74
AA 29 014	Rosca 1-1/4" pres. máx. 8 bar	162,37
AA 29 015	Rosca 1-1/2" pres. máx. 8 bar	192,20
AA 29 016	Rosca 2" pres. máx. 8 bar	260,65
AA 29 017	Rosca 2-1/2" pres. máx. 5 bar	969,32
AA 29 018	Rosca 3" pres. máx. 5 bar	1.336,15



Código	Artículo	€
<b>DE ACERO INOXIDABLE CON BOYA INOXIDABLE</b>		
AA 29 101	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Inox. AISI-304</li> <li>• <b>Obturador:</b> Silicona</li> <li>• <b>Cierre:</b> Inox. AISI-304</li> <li>• <b>Boya:</b> Inox. AISI-316</li> </ul> Rosca 3/8" Ø 90	131,88
AA 29 102	Rosca 1/2" Ø 110	143,84
AA 29 103	Rosca 3/4" Ø 160	200,58
AA 29 104	Rosca 1" Boya Ø 160	227,08
AA 29 105	Rosca 1-1/4" Ø 160	268,29
AA 29 106	Rosca 1-1/2" Ø 200	808,17
AA 29 107	Rosca 2" Ø 200	955,39
AA 29 108	Rosca 2-1/2" Ø 200	1.210,16



Código	Artículo	€
<b>DE ACERO INOXIDABLE CON BOYA DE POLITENO</b>		
AA 29 121	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cuerpo:</b> Inox. AISI-304</li> <li>• <b>Obturador:</b> Silicona</li> <li>• <b>Cierre:</b> Inox. AISI-304</li> <li>• <b>Boya:</b> Politeno</li> </ul> Rosca 3/8" Ø 90	44,38
AA 29 122	Rosca 1/2" Ø 110	50,87
AA 29 123	Rosca 3/4" Boya Ø 160	76,51
AA 29 124	Rosca 1" Ø 160	102,71
AA 29 125	Rosca 1-1/4" Ø 160	145,81

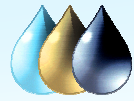
## **Anexo F**

## **Anexo F**

**SCHEMAS DE BRANCHEMENT avec ou sans relais - CONNECTION  
DIAGRAMS with or without relay - SCHALTSCHEMAS mit oder  
ohne relais - ESQUEMAS DE CONEXION con o sin relé**



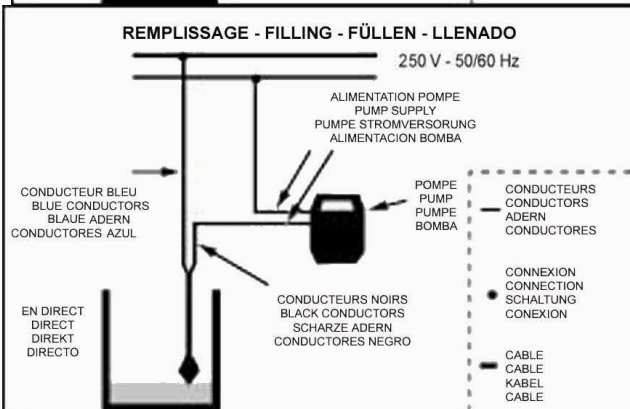
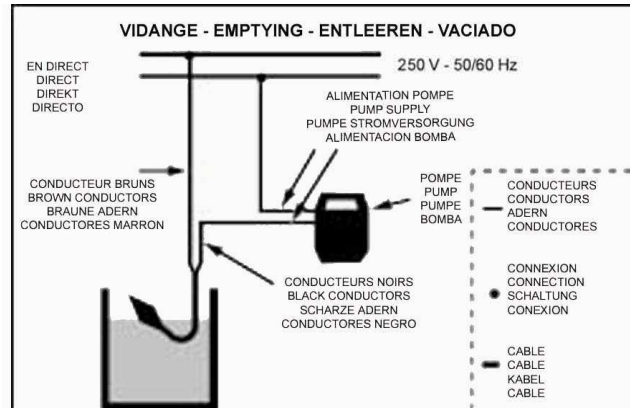
2 avenue des Bosquets, 78180 Montigny-le-Bx, France  
Tél: 33 (0)1 61 37 35 60 - Fax: 33 (0)1 61 37 35 69  
E-mail: [sales@atmi.fr](mailto:sales@atmi.fr) - Site Internet: [www.atmi.fr](http://www.atmi.fr)



**BIP STOP - AT 120 - AT 120 HR HY  
ATS 165 - ATS 165 EP**



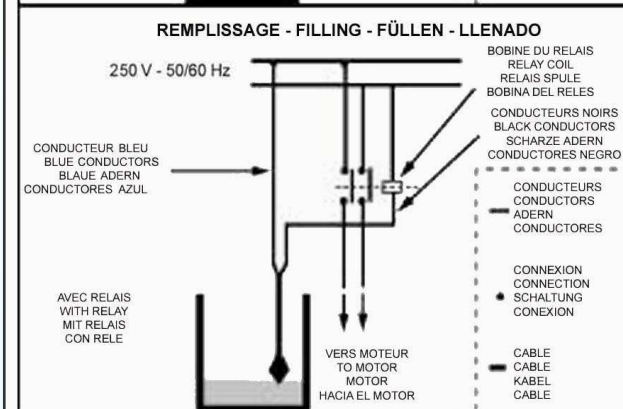
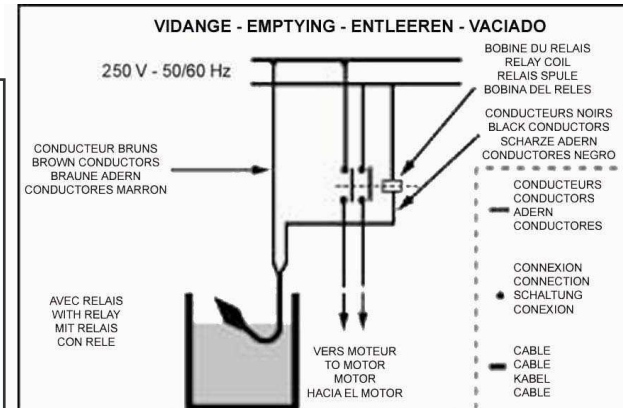
**INTERRUPTEURS DE NIVEAU - FLOAT LEVEL  
SWITCHES - SCHWIMMER-NIVEAUSCHALTER  
REGULADORES DE NIVEL**



maxi 20 (8) A



- N'oubliez pas d'utiliser les attache-câbles vivement conseillés.
- Using the cable clamps is highly advised.
- Die Verwendung der Kabelklemmen wird stark empfohlen.
- Se recomienda utilizar sujetadores de cables.



**IMPORTANT - WICHTIG - IMPORTANTE**

- Par capillarité, l'eau peut entrer dans les appareils par l'extrémité du câble électrique. Ne jamais immerger l'extrémité du câble même quelques instants. Le fabricant dégage sa responsabilité en cas de non-respect par l'utilisateur des réglementations concernant la protection en rapport avec les risques sanitaires, d'incendie ou d'explosion et se réserve la possibilité de modifier sans préavis les constituants et caractéristiques techniques des appareils proposés.
- By capillarity, water may get into the devices through the extremity of the electrical cable. Never immerse the extremity of the cable, not even a few minutes. The manufacturer does not take any responsibility in the case the user does not respect the regulations regarding sanitary, fire or explosion risks and reserves the right to modify without former notice the components and technical characteristics of these devices.
- Mit kapillarität, kan das Wasser in dem Gerät durch Kabel entreten. Niemals die Kabeln eintauchen, nicht einmal für eine kurze Zeit. Der Hersteller ubemimmt nicht die Verantwortung, falls der Verbraucher die Regeln über den Schutz in Bezug auf Sanitär, Feuer un Explosionsrisiken nicht respektiert, und behält sich die Möglichkeit vor, die Bestandteilen und die technischen Charakteristiken der angebotenen Geräte fristlos zu verändern.
- Por capilaridad, el agua puede ingresar en los aparatos a través del cable eléctrico. No sumergir los cables bajo ninguna circunstancia. El fabricante no se hace responsable en caso de incumplimiento, por parte del usuario, de las normas vigentes en lo relativo a seguridad contra riesgos sanitarios, de incendio o de explosión y se reserva el derecho de modificar sin previo aviso, los componentes y características técnicas de estos equipos.

**Longueur de câble**



**BIP STOP**  
VR  V+T  VS

- 3m Néo  3m HR HY
- 5m Néo  5m HR HY
- 10m Néo  10m HR HY
- 20m Néo  20m HR HY
- m Néo  m HR HY



**AT 120**  
VR  V+T  VS

- 3m Néo  3m HR HY
- 5m Néo  5m HR HY
- 10m Néo  10m HR HY
- 20m Néo  20m HR HY
- m Néo  m HR HY



**AT 120 HR HY VR**

- 3m HR HY
- 5m HR HY
- 10m HR HY
- 20m HR HY
- m HR HY



**ATS 165 VR**

- 3m Néo  3m HR HY
- 5m Néo  5m HR HY
- 10m Néo  10m HR HY
- 20m Néo  20m HR HY
- m Néo  m HR HY



**ATS 165 EP VR**

- 3m EPDM
- 5m EPDM
- 10m EPDM
- 20m EPDM
- m EPDM



# BIP STOP

## INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR

Regulación con un solo aparato

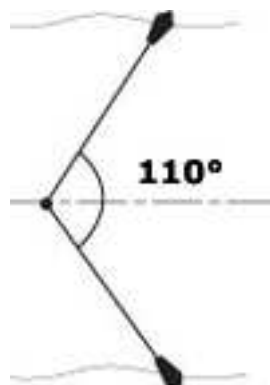
### UTILIZACIÓN

- VR - Vaciado / Llenado
- VT - Vaciado + Tierra
- VS - Vaciado + enchufe multi función

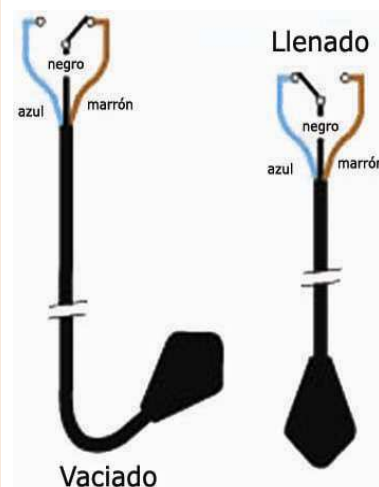
### DIMENSIONES

Altura: 130 mm - Diámetro: 70 mm

### ÁNGULO DIFERENCIAL



### CONEXIÓN



Consultar el esquema de conexión entregado con cada aparato.

### APLICACIONES

Para pequeñas bombas y sistemas de vaciado en líquidos poco agitados. Aparato económico con las ventajas técnicas de un material de uso intensivo. Dispone de un ángulo de funcionamiento de 110°. Se emplea también para la detección de nivel "ALARMA".

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

<b>Funcionamiento</b>	Omnidireccional
<b>Densidad fluidos</b>	0,70 a 1,15
<b>Presión máxima</b>	3,5 bar
<b>Temperatura máxima</b>	85 C
<b>Índice de protección</b>	IP 68
<b>Características eléctricas</b>	250 VCA - 50/60 Hz
<b>Capacidad de corte</b>	20 (8) A (20 A resistivos - 8 A inductivos)
<b>Contactador (microruptor inversor)</b>	Contactos plata/óxido de cadmio
<b>Envoltorio bicónico</b>	Polipropileno copolímero
<b>Cables normalizados</b>	Neopreno o HR HY (hypalon) H07RN8-F
<b>Tipo de cable</b>	2 o 3 conductores 1 mm <sup>2</sup> (con o sin Tierra, según las versiones)
<b>Peso flotador sin cable</b>	105 g
<b>Peso cable</b>	Neopreno 115g/m - HR HY 110 g/m
<b>Lastre ajustable sobre cable (serie)</b>	Resina cargada 175 g o 250 g o plástico 200 g o clip ecológico 275 g
<b>Longitud de cable (serie)</b>	0,40; 0,50; 1; 3; 5; 10 y 20 m (otras longitudes a pedido)



ATMI - Z.A. de l'Observatoire - 2 avenue des Bosquets - 78180 Montigny le Bretonneux - France

Tél: +33 (0)1 61 37 35 60

Fax: +33 (0)1 61 37 35 69

Site Internet: [www.atmi.fr](http://www.atmi.fr)

E-Mail: [info@atmi.fr](mailto:info@atmi.fr)

## **Anexo G**

### Descripción

La válvula de flotador de la marca **Ross**, Modelo **20F** con leva facilita el control del nivel de agua en un tanque, cangilón o depósito, cerrando automáticamente para evitar el desbordamiento o comenzar la apertura automática para evitar que éstos se queden vacíos.

El diseño: internamente, la válvula está equilibrada de manera que las diferencias de presión hidráulicas no desarrollan ninguna tensión tales como la experimentada con válvulas de compuerta o de otras válvulas no balanceadas. Tal diseño contribuye a la facilidad de trabajo y control sensible.

El funcionamiento del pistón se desarrolla mecánicamente por el efecto de flotación de la boya flotador actuando a través de una palanca y la disposición de punto de apoyo. Cuanto mayor sea la relación del brazo de la palanca mayor es la potencia desarrollada, y más gradual el cierre y la apertura del pistón con respecto al ascenso y la caída del nivel del agua.

**NOTA:** El Modelo 20F válvula de flotador se recomienda para una presión máxima de entrada de 25 PSI, que es indicativo de baja presión diferencial.



### Características:

**Diámetro:** 1/2" – 3"

**Tipo:** Acción Directa

**Controlado por:** acción directa

**Localización:** Cerca o dentro del depósito.

**Uso:** Control económico del nivel del agua en el depósito.  
*Para climas cálidos o donde no hiela.*

**Flotadores:**

Diámetros 1/2" – 2" = Plástico

Diámetros 2 1/2" – 3" = Cobre

**Levas:** Metal

**Extremos:** Rosca

**Presión de entrada máxima:** 6,2 bar

**Presión de entrada mínima:** 0 bar

**Materiales:**

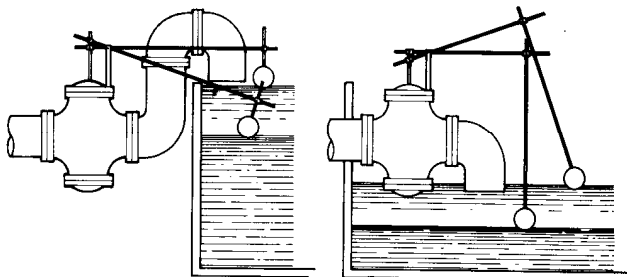
Diámetros 1/2" – 2" = Todo de bronce

Diámetros 2 1/2" – 3" = Cuerpo de hierro

Partes internas de bronce.

### Aplicaciones esenciales

Entrada al depósito

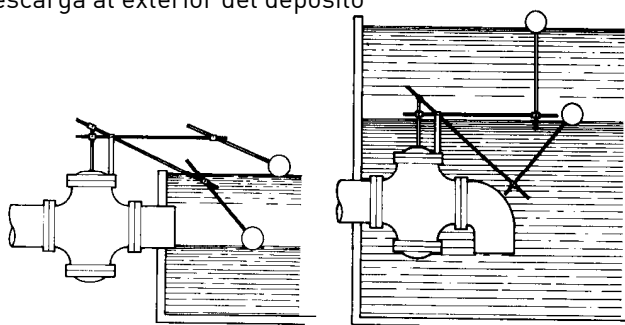


1. Entra agua al depósito.
2. Controla el nivel en el depósito.

Si el agua en el depósito alcanza el máximo nivel regulado, la válvula Ross 20F se cerrará totalmente para interrumpir el flujo hacia el depósito.

Si el nivel en el depósito desciende, la válvula Ross 20F se abrirá para aumentar el flujo hacia el depósito. Al mismo tiempo que el nivel aumenta, la válvula Ross 20F disminuirá gradualmente el caudal.

Descarga al exterior del depósito



1. Envía agua del depósito.
  2. Controla el nivel en el depósito
- Si el agua en el depósito alcanza el máximo nivel regulado, la válvula Ross 20F se abrirá totalmente para permitir que el flujo salga del depósito.

Si el nivel en el depósito disminuye, la válvula Ross 20F se cerrará para permitir un menor flujo hacia el usuario. Al mismo tiempo que el nivel aumenta, la válvula aumentará gradualmente el caudal.

## Funcionamiento

Un sencillo sistema mecánico controla la posición de apertura y cierre de la válvula.

Este funcionamiento consiste en:

1. Un flotador conectado a una leva y a un punto de apoyo.  
Flota en el agua dentro del depósito.
2. Una leva y un punto de apoyo. Controla la apertura y cierre de la válvula.

El punto de apoyo puede ser regulado de modo que la válvula introduzca o descargue agua del depósito.

### Flujo entrando al depósito

Mediante el control del flujo entrante, el funcionamiento mecánico de la unidad de control asegura un control exacto del nivel en el depósito,

Cuando el agua en el depósito aumenta,

El flotador asciende.

La leva desciende, empujando el pistón hacia abajo.

La válvula se cierra.

Cuando el agua en el depósito disminuye,

El flotador desciende

La leva asciende, empujando el pistón hacia arriba.

La válvula se abre.

### Flujo saliendo del depósito

Mediante el control del flujo saliente, el funcionamiento mecánico de la unidad de control asegura un control exacto del nivel en el depósito,

Cuando el agua en el depósito sube,

El flotador asciende.

La leva asciende, empujando el pistón hacia arriba.

La válvula se abre.

Cuando el agua en el depósito disminuye,

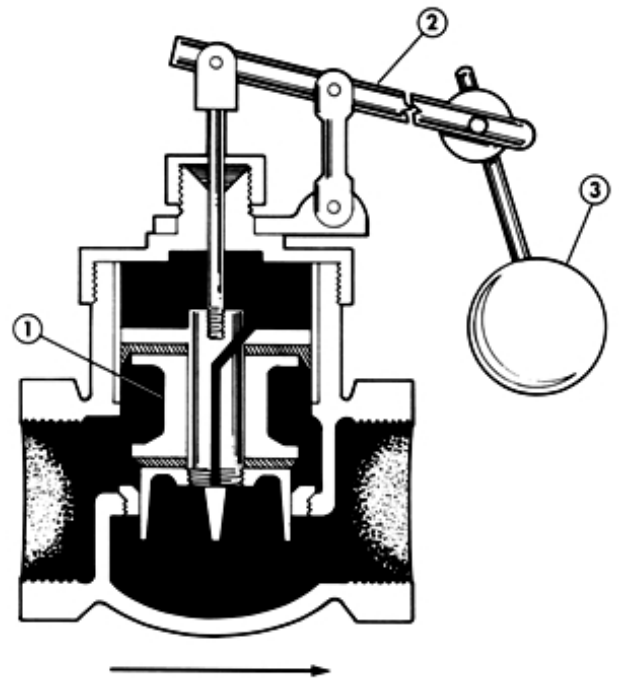
El flotador desciende

La leva desciende, empujando el pistón hacia abajo.

La válvula se cierra.

**Nota:** A mayor brazo de palanca, mayor potencia y un funcionamiento más gradual en la apertura y cierre del pistón.

**Precaución:** Si la válvula está situada en el interior del depósito, será necesario vaciar éste último para la revisión.



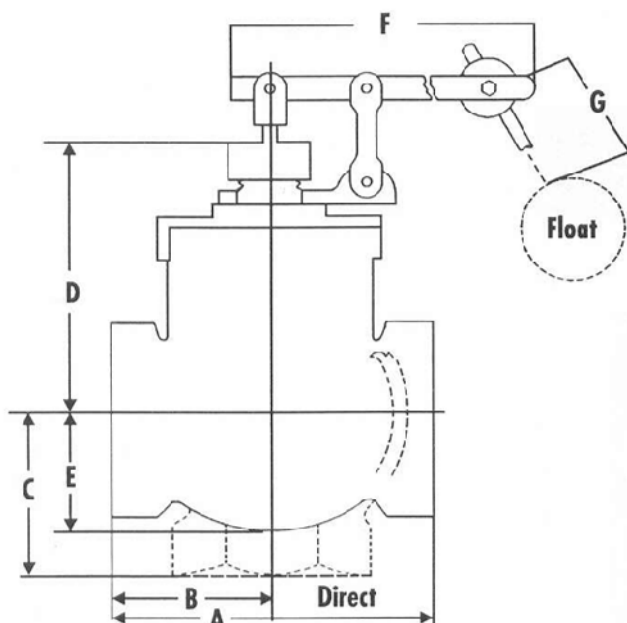
### PARTES

- 1 Pistón
- 2 Brazo de leva
- 3 Flotador

### Opciones:

Flotadores especiales – Para regular los niveles máximos/mínimos del depósito.

## Dimensiones



Diám (mm)	1/2" a 1"	1.1/4"-1.1/2"	2"	2.1/2"-3"
A	89	114	127	191
B	44	57	51	95
C	51	64	76	114
D	114	127	127	184
E	29	44	51	89
Flotador	152	178	203	203
F	457	508	508	610
G	457	508	508	610

**Este modelo se suministra con entrada y salida rosca NPT**

\*en diámetros hasta 2", se suministra con machón NPT que enrosca en hembra GAS

\*\*en diámetros de 2.1/2" y 3", se suministra con brida rosca DN65 y DN80 PN16 resp.

## Especificaciones

Válvula básica: Flotador de funcionamiento con leva (20F)

La válvula de flotador de funcionamiento con leva controlará automáticamente el nivel de agua cerrándose para evitar desbordamientos y abriéndose para permitir un nuevo llenado. La apertura y cierre de la válvula será el resultado del movimiento de un flotador que asciende y desciende con los cambios en el nivel de agua.

La válvula de flotador de funcionamiento con leva será resistente con un diámetro de \_\_\_\_\_ pulgadas, con un diseño de cuerpo de globo roscado, estará totalmente montada en bronce, mandada mediante un flotador y una leva, de funcionamiento directo (actuado sin muelles o diafragmas). Tendrá un asiento único de diámetro igual al diámetro de la entrada y salida de la válvula.

El pistón debe tener un desplazamiento del 25% del diámetro del asiento.

La válvula tendrá empaquetadura de cuero (u otro material blando idóneo) para obtener un cierre estanco e impedir la fricción o asiento metal-metal.

La válvula estará diseñada de tal forma que se puede reparar y desmontar sin tener que retirar de la conducción el cuerpo de la misma.

**Propiedades físicas y químicas:** Las partes construidas en bronce cumplirán con la norma ASTM especificación B-62.

Para diámetros 1/2" - 2"

La válvula será construida en bronce.

El flotador será de plástico.

Para diámetros 2 1/2" - 3"

La válvula será construida en hierro de fundición gris de primera calidad.

El hierro de fundición gris estará libre de repliegues fríos, puntos defectuosos o esponjosos y cumplirá con la norma ASTM especificación A-126 Clase B.

El flotador será de cobre.

Para todos los diámetros

El piloto interno, las tuercas del eje, la camisa inferior serán de bronce.

La leva será de latón rígido.

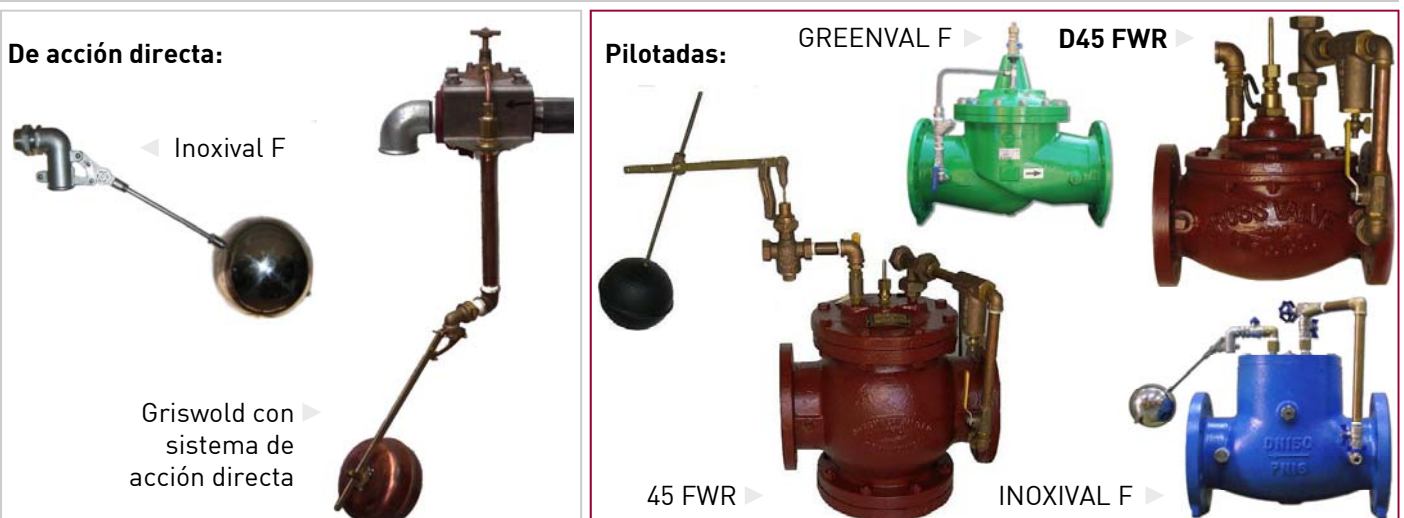
La empaquetadura será de cuero u otro material blando.

**Ensayos:** La válvula terminada deberá ser ensayada en fábrica. Estos ensayos pueden ser observados por un representante de los ingenieros para condiciones simuladas y una prueba hidrostática de al menos 100% por encima de la presión máxima prevista.

**Pintura:** Todas las piezas de hierro fundido son revestidas en todos sus lados con por lo menos dos capas de resina sintética especial.

**Referencia:** La válvula debe ser igual en todos sus aspectos al modelo 20F válvula de flotador de funcionamiento con leva fabricada por Ross Valve Mfg. Co., Inc., 6 Oakwood Ave., Troy, NY 12181.

## Otras válvulas de flotador



## **Anexo H**

## TRATAMIENTOS DE FILTRACIÓN

### PLANTAS COMPACTAS DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS DE BAJA CARGA CONTAMINANTE

► REF: PUR-F

#### Función:

- Eliminación de sólidos en suspensión, turbidez y microorganismos patógenos.
- Tratamiento de agua de calidad media, normalmente agua superficial procedente de ríos, lagos y embalses. Características del agua de entrada:
  - \* Concentración de sólidos en suspensión y turbidez: TSS < 200 mg/l ; Turbidez < 20 NTU
  - \* Concentración de sólidos disueltos: TDS < 1500 mg/l
  - \* No presencia de contaminantes en concentración superior a los límites admisibles.

#### Opcionales:

- Alternativas a filtro multicapa silex-antracita:
  - \* Filtración mediante zeolita. Ref.: PUR-F-Z (CONSULTAR)
  - \* Filtración mediante vidrio activado. Ref.: PUR-F-V (CONSULTAR)
- Dosificación de oxidante en pretratamiento para desinfección y oxidación de materia orgánica y reducción de Fe/Mn.
- Depósito de agua bruta. Permite independizar el funcionamiento de la planta de la alimentación de agua.
- Depósito de acumulación de agua tratada.
- Control y regulación de pH del agua tratada de forma automática.
- Sistema alternativo de desinfección del agua tratada en postratamiento.

#### Características:

- Equipos compactos para potabilización de aguas, en cumplimiento de la normativa R.D. 140/2003 y recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Sistema de potabilización, marca Salher, con posibilidad de montaje en estructura fabricada en Acero al carbono, compuesto por los siguientes componentes, según aplicaciones:
  - \* Filtros de alto rendimiento, en PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio), con sistema de limpieza automático, dotados de material de relleno de silex y antracita, de granulometrías seleccionadas según aplicaciones.
  - \* Filtro de anillas con diferentes grados de filtraje, según aplicaciones.
  - \* Sistema de alimentación al tratamiento de filtración compuesto por bombas centrífugas, dotadas de sistema de regulación y control de caudal, reguladores de nivel, etc.
  - \* Sistema de desinfección y control de calidad de agua en depósito constituido por bomba de recirculación autoaspirante, dotada de estación de cloración automática.
  - \* Cuadro eléctrico para control y mando del tratamiento.
  - \* Conjunto de accesorios compuesto por tuberías de interconexión entre equipos, valvulería, tomas de muestras, sistemas de regulación y control, etc.
- ESTRUCTURA-SKID DE PRFV con interconexión hidráulico y eléctrico de los diferentes elementos.

## TRATAMIENTOS DE FILTRACIÓN

PLANTAS COMPACTAS DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS DE BAJA CARGA CONTAMINANTE



5

M3/H	LARGO [MM]	ANCHO [MM]	ALTO [MM]	POTENCIA INSTALADA	PESO* [KG]
0,5	2.000	1.000	1.500	2,4KW / 400V	175
1	2.000	1.100	1.500	2,4KW / 400V	307
3	2.100	1.320	1.700	2,4KW / 400V	403
5	2.200	1.800	1.700	3,2KW / 400V	693
10	2.300	2.100	1.900	5,3KW / 400V	1.318
15	2.300	2.200	2.000	7,0KW / 400V	1.668
20	2.500	2.500	2.000	8,5KW / 400V	2.213
25	2.800	2.700	2.100	9,5KW / 400V	2.893
30	2.800	2.700	2.100	11,5KW / 400V	2.914
35	2.900	2.850	2.200	11,5KW / 400V	3.907
40	3.300	3.200	2.300	14,5KW / 400V	5.347
45	3.300	3.200	2.300	14,5KW / 400V	5.363
50	4.200	2.600	1.600	16,5KW / 400V	5.548
60	4.200	2.800	1.600	18,5KW / 400V	6.035
70	4.200	3.100	1.700	22,5KW / 400V	7.698
80	4.800	3.100	1.800	27,5KW / 400V	8.921
90	4.800	3.300	2.000	29,5KW / 400V	10.699
100	5.300	3.300	2.200	33,0KW / 400V	12.219

\*Incluido carga de relleno de filtros + estructura en PRFV.

# **Anexo I**

FICHAS TÉCNICAS  
DE PRODUCTOS

# Creamos productos para cada necesidad energética



## GRUPOS ELECTRÓGENOS DIÉSEL

- ⊗ Gran flexibilidad para su aplicación industrial o doméstica.
- ⊗ Desde 5 kVA hasta 3.900 kVA, 50 Hz o 60 Hz.
- ⊗ Suministro fiable y eficiente en aplicaciones de potencia principal, potencia continua o potencia de emergencia.



## GRUPOS ELECTRÓGENOS A GAS

- ⊗ Motor a GNL o GLP.
- ⊗ Potencias desde 8 kVA hasta 425 kVA, 50 Hz o 60 Hz.
- ⊗ Gran fiabilidad y un menor gasto en combustible.



## GRUPOS ELECTRÓGENOS ESPECIALES

- ⊗ Ingeniería conceptual y básica del proyecto.
- ⊗ Grupos electrógenos completamente personalizados.
- ⊗ Gestión del proyecto desde preventa hasta la instalación final del equipo.
- ⊗ Proyectos llave en mano, para ofrecer a nuestros clientes los sistemas de generación de energía idóneos.



## GRUPOS ELECTRÓGENOS MARINOS

- ⊗ Diseñados para operar en los entornos más exigentes de humedad y corrosión.
- ⊗ Tamaño compacto y bajo nivel de sonoridad.
- ⊗ Diseño eléctrico para aplicaciones marinas.
- ⊗ Compañías de certificación y sociedades de clasificación tales como Lloyd's Register, DNV, Bureau Veritas, ABS, RINA, etc.



## GRUPOS ELECTRÓGENOS HÍBRIDOS

- ⊗ Producto especialmente diseñado para implantación en smart grid.
- ⊗ Concebido para instalaciones off-grid y necesidad de generación aislada.
- ⊗ La autonomía proporcionará un eficiente suministro de potencia para cualquier instalación aislada.
- ⊗ Gran capacidad de autonomía e hibridación energética con baterías u otras fuentes renovables.



## TORRES DE ILUMINACIÓN

- ⊗ Diseñadas para trabajar bajo las condiciones ambientales y climatológicas más adversas.
- ⊗ Proporciona hasta 180.000 lúmenes de flujo luminoso.
- ⊗ Diseño robusto, compacto y de fácil transporte y almacenaje.
- ⊗ Lámparas especiales de bajo consumo y alta luminosidad (LED).

5-3.900 kVA 50/60 Hz  
1.500/1.800 rpm

# GRUPOS ELECTRÓGENOS DIÉSEL



## Configuración estándar

### Motor.

- ☒ Batería de plomo/ácido 12/24 V y alternador de carga de baterías.
- ☒ Resistencia de caldeo de bloque del motor.
- ☒ Protecciones específicas de partes móviles y calientes.
- ☒ Radiador y ventilador.

### Alternador.

- ☒ Regulación de voltaje automática (AVR).
- ☒ Acoplamiento directo con discos flexibles.
- ☒ Capacidad de cortocircuito: 300 % (3 IN) durante 10 seg.
- ☒ Protección IP23.
- ☒ Aislamiento clase H.

### Panel de control y operaciones.

- ☒ Panel de control y operaciones automático digital GEINTEL.
- ☒ Modos auto/manual/test/off.
- ☒ Autotest de arranque periódico configurable.
- ☒ Sistema automático de registro con amplio historial de eventos.
- ☒ Cargador de baterías por red electrónico en la variante AA (arranque automático).
- ☒ Compatibilidad con motores EFI.
- ☒ Detección trifásica de red y de grupo con medidas RMS.
- ☒ Sistemas de protección mecánico y eléctrico avanzado (códigos ANSI).
- ☒ Comunicación Modbus RTU.

### Cabina.

- ☒ Fabricada en acero galvanizado.
- ☒ Paneles acústicos interiores ignífugos y fonoabsorbentes.
- ☒ 2 cáncamos de izado para grupo.
- ☒ Amplias puertas de acceso para facilitar labores de mantenimiento.
- ☒ Cerraduras con llave única.
- ☒ Bisagras de acero inoxidable.
- ☒ Acabado de pintura bicapa según especificaciones del cliente.

### Contenedor 20'/40' y HC.

- ☒ Contenedor aprobado para ambientes marinos.
- ☒ Paneles acústicos interiores ignífugos y fonoabsorbentes.
- ☒ 4 puntos de izado.
- ☒ Puerta lateral con barra antipánico / pulsador mecánico de seta.
- ☒ Pintura y acabado según especificaciones del cliente (según código RAL).

### Otros.

- ☒ Interruptor magnetotérmico automático de 4 polos.
- ☒ Depósito de combustible diario.
- ☒ Sistema de escape silencioso con unión flexible y silenciador residencial.

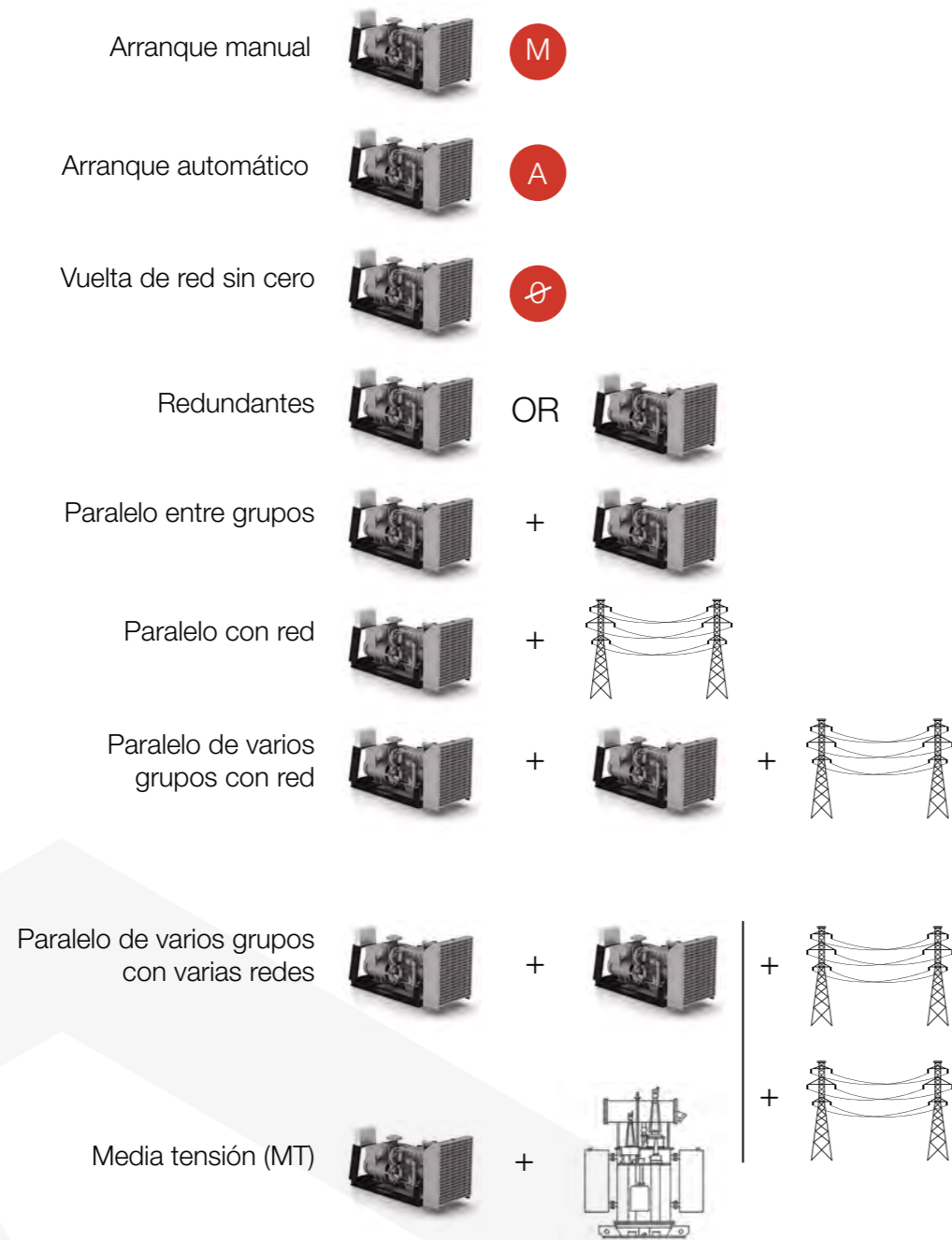
## 50 Hz

	kVA		kW		kVA		kW	
	CONTINUA	EMERGENCIA	CONTINUA	EMERGENCIA	CONTINUA	EMERGENCIA	CONTINUA	EMERGENCIA
XS	5 - 20	5,5 - 22	4 - 16	4,4 - 17,6	6 - 28	6,6 - 31	4,8 - 22,4	5,3 - 24,8
S	25 - 100	27 - 110	20 - 80	21,6 - 88	33 - 135	36 - 150	26,4 - 108	28,8 - 120
M	125 - 325	138 - 350	100 - 260	110,4 - 280	145 - 360	160 - 395	116 - 288	128 - 316
L	350 - 750	385 - 825	280 - 600	308 - 660	385 - 850	425 - 940	308 - 680	340 - 752
XL	800 - 3000	880 - 3300	640 - 2400	704 - 2640	880 - 3500	970 - 3900	704 - 2800	776 - 3120

Factor de potencia (φ): 0,8

## 60 Hz

# Configuración eléctrica



# Cabinas por gamas de potencia

## S POWER



## M POWER



## L POWER



## XL POWER



## **Anexo J**



Una propuesta que respeta la esencia de un pasado no muy lejano. Esta colección es la recuperación de una pieza sólida y de carácter vestida de elegancia, versatilidad y comodidad. Redefine lo clásico para hacerlo atemporal y resistente a cualquier moda. Porque lo práctico siempre vuelve.

## Lavadero de porcelana

Tipo de instalación: Encastrado / De encimera

### Colores y acabados

Cómo obtener la referencia completa

Sustituya los ".." en la referencia por el código del acabado deseado de la lista siguiente.



00 Blanco

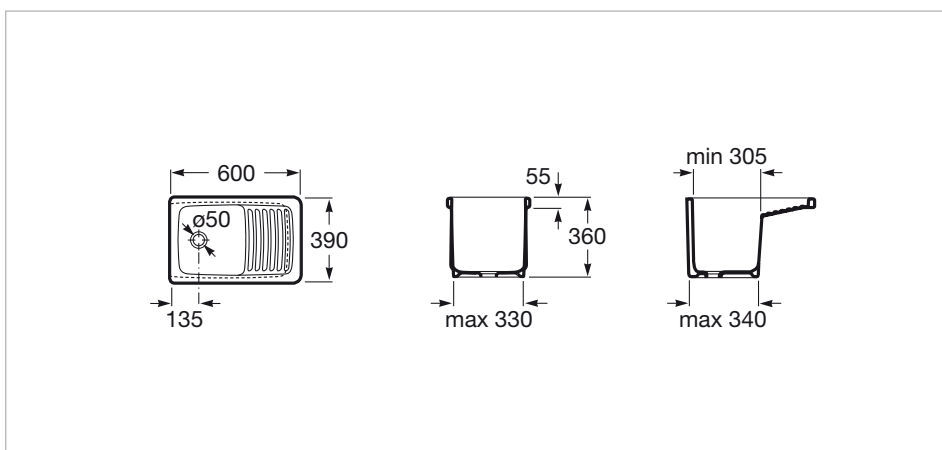
### Medidas

Longitud: 600 mm.

Anchura: 390 mm.

Altura: 360 mm.

### Dibujos técnicos



## **Anexo K**

**REPUBLICA DE COLOMBIA**

**MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO**

**RESOLUCIÓN NO. 1096 de 17 de Noviembre de 2000**

**"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS."**

**EL MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO**

en ejercicio de las facultades que le confiere la Ley 142 de 1.994 y en especial las consagradas por los artículos 3º y 17º del Decreto 219 de 2.000, y

**CONSIDERANDO:**

Que corresponde al Ministerio de Desarrollo Económico, formular la política de Gobierno en materia social del país relacionada con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos del agua potable y saneamiento básico y expedir resoluciones, circulares y demás actos administrativos de carácter general o particular necesarios para el cumplimiento de sus funciones.

Que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico –CRA, solicitó al Ministerio de Desarrollo Económico, el señalamiento mediante acto administrativo de los requisitos técnicos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos que utilicen las Empresas de Servicios Públicos del Sector Agua potable y Saneamiento básico, con el fin de promover el mejoramiento de la calidad de éstos servicios, siempre y cuando dicho señalamiento no implique restricción indebida a la competencia.

Que una vez surtidos los trámites de notificación del presente Reglamento Técnico conforme con lo dispuesto en el Decreto 1112 de 1996, lo dispuesto en la Decisión 419 de la Comunidad Andina y en la Ley 172 de 1994: ante la Organización Mundial del Comercio, ante la Comunidad Andina y ante el Tratado de Libre Comercio entre los gobiernos de los Estados Unidos Mexicanos, la República de Venezuela y la República de Colombia, respectivamente; no se produjeron observaciones a su contenido y alcance.

Que de conformidad con el Decreto 1112 de 1.996, por medio del cual se crea el Sistema Nacional de Información sobre Medidas de Normalización y Procedimientos de Evaluación de la Conformidad, se dictan normas para armonizar la expedición de reglamentos técnicos y se cumplen algunos compromisos internacionales adquiridos por Colombia:

**RESUELVE:**

**ARTICULO 1.-** Adoptar el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-, con el siguiente contenido general:

Titulo I

CONDICIONES GENERALES

Titulo II

## REQUISITOS TÉCNICOS

### Título III

#### CONTROL Y RÉGIMEN SANCIONATORIO

### Título IV

#### CERTIFICACIÓN, LICENCIAS Y PERMISOS

### Título V

#### DEFINICIONES

**ARTÍCULO 2.- OBJETO:** El presente Reglamento tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las Entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces.

**ARTÍCULO 3.- ALCANCE:** Por diseño, obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico se entienden los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

## TITULO I

### CONDICIONES GENERALES

#### CAPITULO I

#### CONDICIONES GENERALES DEL REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

**ARTÍCULO 4.- DE LA SUJECCIÓN A LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL:** La ejecución de obras relacionadas con el sector de agua potable y saneamiento básico se debe llevar a cabo con sujeción al Plan de Ordenamiento Territorial de cada localidad, en los términos del Capítulo III de la Ley 388 de 1997. En aquellos eventos en los cuales las empresas de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo acrediten a plenitud que por motivos ambientales, técnicos o económicos no sea posible localizar parte de las infraestructuras en el territorio de su jurisdicción y sea necesario ubicarlas en el territorio de otro municipio, el Alcalde de esta última entidad territorial autorizará tal localización y brindará las garantías indispensables para asegurar la prestación del servicio, previo cumplimiento de las normas vigentes.

**ARTÍCULO 5.- IDONEIDAD Y EXPERIENCIA DE LOS PROFESIONALES:** Las autoridades territoriales y/o empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico, exigirán para la ejecución de

diseños, consultorías, interventorías, obras y servicios propios del sector, que la persona natural o jurídica ejecutora, acredite los requisitos de idoneidad y experiencia fijados en el presente Reglamento Técnico.

**ARTÍCULO 6.- SOBRE LAS NORMAS TÉCNICAS INTERNAS DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS:** El presente Reglamento no afecta la aplicación de normas y especificaciones técnicas que internamente emitan las empresas prestadoras de los servicios, siempre que no vayan en detrimento de la calidad del servicio y no contradigan el presente Reglamento Técnico.

**ARTÍCULO 7.- SOBRE OTROS REGLAMENTOS TÉCNICOS:** El presente Reglamento hace referencia al Decreto 475 de 1998 expedido por los Ministerios de Salud y Desarrollo Económico por el cual se expiden las normas técnicas de calidad del agua potable, las Normas de Calidad de los vertimientos a los cuerpos de agua contenidas en el Decreto 1594 de 1984 expedido por el Ministerio de Salud y las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98) de la Ley 400 de 1997 y el Decreto 33 de 1998, por el cual se establece los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes.

**ARTÍCULO 8.- COMPETENCIA DE LA DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DEL MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO:** Corresponde a la Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico en relación con el presente Reglamento y de acuerdo al numeral 13 del artículo 17 del Decreto 219 del 15 de febrero de 2000, por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Desarrollo Económico:

1. Atender y absolver las consultas que le formulen las entidades oficiales y particulares.
2. Asistir técnica e institucionalmente a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios mediante la conformación de comisiones de estudio, las cuales serán enviadas a los sitios donde se presenten situaciones anómalas en relación con el cumplimiento de los objetivos de este Reglamento y que ameriten su concurso.
3. Organizar y realizar seminarios y cursos de actualización sobre las normas relacionadas con el sector de agua potable y saneamiento básico.
4. Coordinar estudios dirigidos a detectar las causas de fallas de los sistemas de acueductos, potabilización de agua, recolección y disposición de aguas, tratamientos de aguas residuales y aseo urbano a fin de emitir conceptos relacionados con la aplicación del presente Reglamento y sugerir las medidas correctivas que se estimen convenientes.
5. Servir de órgano consultivo del Gobierno Nacional para efectos de sugerir las actualizaciones en los aspectos técnicos que demande el desarrollo de las normas relacionadas con el sector de agua potable y saneamiento básico.
6. Orientar y asesorar la elaboración de estudios sobre sistemas de acueducto, potabilización, recolección, disposición y tratamiento de aguas residuales domésticas y aseo urbano y fijar los alcances de los mismos.
7. Nombrar delegados ad-honorem ante instituciones nacionales y extranjeras que traten temas afines con el sector de agua potable y saneamiento básico para lograr desarrollos y actualizaciones de las presentes normas.
8. Asistir técnica e institucionalmente a los organismos seccionales y locales con el fin de asegurar el adecuado cumplimiento del presente Reglamento.
9. Divulgar ampliamente y en forma didáctica el presente Reglamento

10. Apoyar y prestar la asesoría necesaria a los proyectos que adelanten entidades del orden nacional, departamental, municipal y del sector privado en materia de agua potable y saneamiento básico cuando así se le solicite.
11. Efectuar las modificaciones que sean aprobadas por la Junta Técnica del presente Reglamento en su calidad de Secretaría Técnica de la misma.
12. Las demás que fije la ley y las que le asigne el Gobierno Nacional según su competencia.

**ARTICULO 9.- DE LA JUNTA TÉCNICA ASESORA DEL REGLAMENTO:** El Ministerio de Desarrollo Económico, con el fin de mantener actualizadas las disposiciones de este Reglamento, integrará una Junta Técnica Asesora, y regulará sus actuaciones y procedimientos. Dicha Junta estará presidida por el Ministro de Desarrollo Económico y estará conformada por un (1) representante de cada uno de las entidades y los gremios que se relacionan a continuación:

- Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico, quien actuará como secretaria técnica.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD.
- Comisión de Regulación del Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - ACODAL.
- Asociación Colombiana de Empresas de Ingeniería y Consultoría - AICO.
- El Organismo Nacional de Normalización.
- Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios y Actividades Complementarias e Inherentes - ANDESCO.
- Asociación Colombiana de Ingenieros Constructores - ACIC.
- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería – ACOFI.

Igualmente, participarán dos representantes de las industrias del sector, las cuales serán escogidas por el Ministro de Desarrollo Económico de una terna concertada por los diferentes gremios.

**PARÁGRAFO: FUNCIONES:** Serán funciones generales de la Junta Técnica Asesora del Reglamento las siguientes:

Asesorar en forma permanente, la revisión, modificación y actualización del Reglamento Técnico de oficio o a solicitud de la parte interesada, previo estudio de la viabilidad y conveniencia de la petición.

Recomendar la incorporación al Reglamento Técnico de métodos y tecnologías de punta aplicables al sector de agua potable y saneamiento básico.

Participar en la elaboración de normas técnicas que afecten al sector de agua potable y saneamiento básico.

## **CAPITULO II**

### **PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

**ARTICULO 10.-** Los proyectos que se lleven a cabo en el territorio nacional en el sector de agua potable y saneamiento básico, cubiertos por el alcance de este Reglamento deberán ser ejecutados por profesionales que tengan las calidades y los requisitos de idoneidad que trata el Título II y deberán seguir el siguiente procedimiento general :

**PASO 1-** Definición del nivel de complejidad del sistema. Debe definirse el nivel de complejidad del sistema, según se establece en el Capítulo III para cada uno de los componentes del sistema.

**PASO 2-** Justificación del proyecto y definición de su alcance. Todo componente de un sistema del sector de agua potable y saneamiento básico debe justificarse con la identificación de un problema de salud pública, del medio ambiente o de bienestar social, el cual tiene solución, ya sea mediante la ejecución del sistema propuesto, la ampliación de cobertura de un servicio o mejoramiento de su calidad y eficiencia. Además, el proyecto debe cumplir los criterios de priorización establecidos en el Capítulo V

**PASO 3-** Conocimiento del marco institucional. El consultor y/o el diseñador y el interventor del diseño deben conocer las diferentes entidades relacionadas con la prestación del servicio público referente al sistema, estableciendo las responsabilidades y funciones de cada una. Las entidades y aspectos que deben identificarse son :

1. Entidad responsable del proyecto.
2. Papel del municipio, ya sea como prestador directo o indirecto del servicio.
3. Entidad Prestadora del servicio. (Oficial, mixta o privada)
4. Entidades territoriales competentes.
5. Entidades de planeación. (Departamento Nacional de Planeación DNP, Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico DGAPSB, etc.)
6. Entidad reguladora. (Comisión de regulación de Agua Potable CRA)
7. Entidad de control, inspección y vigilancia. (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD u otra)
8. Operador.
9. Acciones proyectadas de la comunidad en el sistema.
10. Autoridad ambiental competente. (Ministerio del Medio Ambiente, corporaciones autónomas regionales y municipales del medio ambiente, etc.)

**PASO 4-** Acciones legales. El consultor y/o el diseñador y el interventor del diseño deben conocer las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización, diseño, operación, construcción, mantenimiento, supervisión técnica y operación de un sistema o cada uno de sus componentes en particular.

**PASO 5-** Aspectos ambientales. Debe presentarse un estudio sobre el impacto ambiental generado por el proyecto, ya sea negativo o positivo, en el cual se incluya una descripción de las obras y acciones de mitigación de los efectos en el medio ambiente generados por el proyecto, según el presente Reglamento.

**PASO 6-** Ubicación dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano previstos. El consultor y/o diseñador y el interventor del diseño deben conocer los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial planteados en términos de la Ley 388 de 1997 y establecer las implicaciones que el proyecto de un sistema, o cualquiera de sus componentes, tendría dentro del desarrollo urbano.

En particular, el diseño de un sistema, o cualquiera de sus componentes, debe contemplar la dinámica de desarrollo urbano prevista en el corto, mediano y largo plazo de las áreas habitadas y las proyectadas en los próximos años, teniendo en cuenta la utilización del suelo, la estratificación socioeconómica, el plan vial y las zonas de conservación y protección de recursos naturales y ambientales entre otros aspectos.

**PASO 7-** Estudios Previos. Todo proyecto de cualquier sistema del sector de agua potable y saneamiento básico debe llevar a cabo los estudios previos mencionados en el capítulo IX.

**PASO 8-** Estudios Socioeconómicos. El diseño de cualquier sistema en el sector de agua potable y saneamiento básico debe someterse a una evaluación socioeconómica y estar sujeto a un plan de construcción, operación, mantenimiento y expansión de costo mínimo, siguiendo lo establecido en el capítulo IX

**PASO 9-** Diseño y requerimientos técnicos. El diseño de cualquier componente de un sistema de agua potable y saneamiento básico debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos en los capítulos X y el Título II del presente Reglamento Técnico.

**PASO 10-** Selección de Materiales y Equipos. Las empresas prestadoras de los servicios de agua potable y saneamiento básico o quien haga sus veces, deberán cerciorarse que el proveedor de tuberías, accesorios y equipos utilizados en la construcción de cualquier componente de un sistema de agua potable y saneamiento básico cumplan con lo dispuesto en los artículos 7° y 8° del Decreto 2269 de noviembre de 1993 expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico, o aquel que lo sustituya o adicione, en lo concerniente al cumplimiento del presente Reglamento Técnico.

**PASO 11-** Construcción e interventoría. Los procesos de construcción, supervisión técnica e interventoría se ajustarán a los requisitos establecidos en la Ley y a los establecidos en el presente Reglamento Técnico.

**PASO 12-** Puesta en marcha, operación y mantenimiento. Los procedimientos y medidas pertinentes a la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los diferentes componentes de un sistema de agua potable y saneamiento básico seguirán los requerimientos establecidos en los Planos de Construcción y los Manuales de puesta en marcha, operación y mantenimiento suministrados por el diseñador, constructor, fabricante o proveedor al entregar a la entidad contratante las obras, bienes o servicios que le fueron contratados. Sin perjuicio de la exigencia de las pólizas de Garantía de Cumplimiento y Estabilidad, cuando se utilicen métodos alternativos de diseño y construcción y/o suministros que incorporen tecnologías no institucionalizadas aún en el país, el constructor, fabricante o proveedor deberá poner en marcha y operar, o acompañar la operación al menos durante seis meses en la nueva tecnología, de forma que se verifique su correcta operación y se asegure la capacitación del personal que se encargará posteriormente de su administración, operación y mantenimiento.

### **CAPITULO III**

## DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

**ARTICULO 11.- NIVELES DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.** Para todo el territorio nacional se establecen los siguientes niveles de complejidad: **Bajo, Medio, Medio Alto y Alto**

La clasificación del proyecto en uno de estos niveles depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica o el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto, de acuerdo con lo establecido en la tabla número 1:

Tabla número 1

<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Población en la zona urbana <sup>(1)</sup> (habitantes)</b>	<b>Capacidad económica de los usuarios<sup>(2)</sup></b>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

**Notas :** (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

**ARTICULO 12.- ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.** La asignación del nivel de complejidad de todo proyecto objeto del presente reglamento debe hacerse según las siguientes disposiciones:

1. La población que debe utilizarse para clasificar el nivel de complejidad corresponde a la proyectada en la zona urbana del municipio en el periodo de diseño de cada sistema o cualquiera de sus componentes. Debe considerarse la población flotante.
2. El nivel de complejidad del sistema adoptado debe ser el que resulte mayor entre la clasificación obtenida por la población urbana y la capacidad económica. La clasificación anterior solamente puede ser superada si se demuestra que el grado de exigencia técnica es alto y cumple con el requisito 3 del Artículo 13.
3. En ningún caso se permite la adopción de un nivel de complejidad del sistema más bajo que el establecido según los anteriores numerales.
4. Para determinar la capacidad económica de los usuarios debe utilizarse alguna de las siguientes metodologías:
  - a. La estratificación de los municipios de acuerdo con la metodología establecida por el DNP.
  - b. Salarios promedio del municipio.
  - c. Ingreso personal promedio del municipio.

Además, para todos los niveles de complejidad del sistema debe cumplirse lo siguiente :

1. El estándar mínimo establecido en el presente Reglamento corresponde al nivel de complejidad del sistema Bajo para todos los casos.
2. Los proyectos de abastecimiento de agua potable deben cumplir con las normas técnicas de calidad del agua potable establecidas en el Decreto 475 de 1998 de Minsalud y Mindesarrollo Económico o el que lo reemplace o adicione, en todos los niveles de complejidad de los acueductos .

**ARTICULO 13.-MODIFICACIONES DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD.** Se permite la adopción de un nivel de complejidad más alto al determinado en el artículo anterior, siempre y cuando el municipio o la empresa de servicios cumpla con los siguientes requisitos:

1. Se justifique técnicamente que en las condiciones establecidas para el nivel de complejidad inicialmente propuesto no se logra la solución necesaria para el problema de salud pública o de medio ambiente existente en la localidad y que es conveniente la adopción de un nivel de complejidad superior. En este caso, el nivel de complejidad propuesto será válido únicamente para un sistema en particular y no podrá extenderse a los demás sistemas existentes o a todo el municipio.
2. Se demuestre capacidad de inversión y capacidad técnica de operación y mantenimiento para desarrollar el sistema en un nivel de complejidad superior.
3. Cuando el grado de exigencia técnica del proyecto sea tal que no hay otra solución económicamente viable para alcanzar el objetivo del proyecto. Se deberá demostrar que es necesario manejar equipos, procesos costosos y mano de obra especializada para la operación y el mantenimiento.

La adopción de un nivel de complejidad diferente debe ser autorizada por la Comisión de Regulación de Agua Potable.

## **CAPITULO IV**

### **IDENTIFICACION Y JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS**

**ARTICULO 14.- COMPETENCIA:** Las entidades territoriales, las ESP y otras que promuevan y desarrollen inversiones en el sector, deben identificar claramente los proyectos de infraestructura cuyo desarrollo es prioritario en su jurisdicción, en relación con el sector de agua potable y saneamiento básico, con el propósito de satisfacer necesidades inherentes al sector, racionalizando los recursos e inversiones, de forma que se garantice la sostenibilidad del proyecto.

**ARTICULO 15.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:** La entidad territorial correspondiente debe presentar en forma concreta el (los) problema(s) o la(s) necesidad(es) que se va(n) a abordar con el proyecto de agua potable o saneamiento básico, con el fin de justificar su ejecución en la medida en que se obtengan beneficios sociales en al área de su jurisdicción. El problema debe expresarse en términos de alguna o varias de las siguientes condiciones:

1. Carencia de los servicios de agua potable, recolección y evacuación de aguas residuales y/o aseo urbano por inexistencia de la infraestructura física necesaria.
2. Prestación insuficiente del servicio objeto del sistema en cuanto a cobertura, continuidad y/o calidad.
3. Deficiencia en la prestación del servicio causada por malas condiciones de la infraestructura existente. En la medida de lo posible debe cuantificarse físicamente la deficiencia en términos de variables como continuidad y/o cobertura.

4. Existencia de problemas de salud pública solucionables con la ejecución de un proyecto de agua potable o saneamiento básico.
5. Existencia de problemas relacionados con el deterioro del medio ambiente, los recursos hídricos y los ecosistemas naturales, o aquellos causados por el incumplimiento de las normas ambientales.

**ARTICULO 16.- DETERMINACIÓN DEL OBJETIVO DEL PROYECTO** La entidad territorial correspondiente, la ESP u otra entidad que promueva y desarrolle inversiones en el sector, debe definir un objetivo concreto del proyecto, el cual debe estar dirigido a solucionar el problema identificado, sus causas y consecuencias, así como las características de la población y de la zona que está siendo afectada por el mismo. El objetivo debe indicar claramente el estado deseado que se espera obtener a través de la ejecución del proyecto y expresarse en términos de resultados. Como regla general, el objetivo debe cumplir con las siguientes condiciones:

1. Tener un peso significativo dentro de los costos y beneficios del proyecto.
2. Ser realista y realizable bajo las condiciones externas que lo afectan y debe contar con los recursos previstos.
3. Ser medible y cuantificable en el tiempo a través de uno o más indicadores.
4. Estar delimitado en el tiempo.
5. Permitir la comparación de la situación actual y futura en forma clara y precisa.
6. Incorporar beneficiarios o grupos objetivo.
7. Insertarse en los lineamientos (marco de referencia) a largo plazo previstos en los planes maestros de los servicios de acueducto y alcantarillado.
8. Estar de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial de la zona, de tal manera que se eviten desarrollos urbanos caóticos y descontrolados.

**ARTICULO 17.- DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN AFECTADA:** Como complemento a la justificación de un proyecto de agua potable o saneamiento básico, la entidad territorial debe determinar la población directa o indirectamente afectada por el problema detectado en el artículo anterior, así como la población objetivo o beneficiada con la ejecución del proyecto, calculada dentro del periodo de diseño del mismo.

**ARTICULO 18.- CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA Y/O NECESIDADES:** La entidad territorial del proyecto, la ESP o cualquier otra entidad que promueva y desarrolle inversiones en el sector, debe calcular las demandas actuales y futuras de su sistema con el objetivo de estimar la capacidad necesaria de las obras por construirse, así como de planear adecuadamente las expansiones de cada uno de los componentes. Para esto, deben llevarse a cabo las siguientes actividades:

1. Estimar la demanda del servicio objeto del sistema y las necesidades reales de capacidad en el periodo de evaluación, considerando el efecto de las diferentes actividades económicas permanentes y temporales dentro del periodo de análisis que puedan implicar un aumento en la demanda.
2. Definir un periodo de diseño, que será el periodo de tiempo durante el cual la capacidad del sistema debe permitir satisfacer la demanda de la población.
3. Estimar la población actual y futura del municipio con base en el periodo de diseño.

4. Realizar una estimación del nivel máximo de servicios y/o capacidad que será posible atender cada cuatro o cinco años del periodo de diseño, utilizando la información de la capacidad instalada en el momento del diseño y los planes de expansión previstos.
5. Obtener un estimativo del déficit en la prestación de los servicios en cada año durante el periodo analizado, el cuál es calculado como la diferencia entre la oferta y la demanda.

**ARTICULO 19.- EVALUACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE:** En el caso de ampliaciones de un sistema, la entidad territorial, la ESP o cualquier otra entidad que promueva o desarrolle inversiones en el sector, debe realizar una evaluación del mismo, buscando obtener información sobre el funcionamiento general, la capacidad máxima real, la eficiencia y los criterios operacionales. Después del análisis debe diagnosticar si es posible mejorar o no los niveles de eficiencia del sistema.

La evaluación de los sistemas existentes debe realizarse en los componentes mostrados en la tabla No. 2:

tabla numero 2

Sistema	Parámetros sujetos de la evaluación
Servicio de suministro de agua potable	Calidad y continuidad de la fuente Evaluación de las dotaciones Captación y pretratamientos Capacidad y estado general de la aducción y/o conducción Capacidad de la PTAP Calidad actual del agua en planta y en la red de distribución Estado de la red de distribución Porcentaje de pérdidas técnicas Cobertura del servicio Capacidad del almacenamiento Continuidad del servicio Tarifas Cobertura de la Macromedición Cobertura de Micromedición
Servicio de recolección y disposición de aguas residuales y pluviales	Cobertura actual Estimación de conexiones erradas Estimación de infiltraciones Capacidad de la PTAR Tarifas Caracterización de las aguas residuales Calidad de agua en la fuente receptora
Servicio de aseo urbano	SISTEMA DE RECOLECCIÓN

	<p>Cobertura y frecuencia de la recolección</p> <p>Capacidad y calidad de los vehículos</p> <p>Eficiencia</p> <p>Tarifas</p> <p>DISPOSICIÓN FINAL</p> <p>Evaluación de la operación</p> <p>Manejo de lixiviados</p> <p>Problemas de contaminación en aguas superficiales y subterráneas</p> <p>Vida útil del sitio de disposición final</p> <p>Impacto ambiental dentro del servicio de aseo urbano</p> <p>Cerramiento y clausura.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**ARTICULO 20.- DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE:**

Antes de la ejecución de cualquier proyecto, la entidad territorial correspondiente debe evaluar las condiciones físicas y de operación de la infraestructura actual, buscando el máximo aprovechamiento de estas obras dentro del proyecto propuesto, o modificación en sus procedimientos de operación para mejorar la eficiencia.

El análisis debe cubrir los siguientes puntos :

1. Nivel y estado actual de los servicios.
2. Estado del catastro de la red
3. Información general relacionada con la situación actual que se desea cambiar.
4. Descripción del estado de las obras físicas.
5. Información sobre labores de mantenimiento realizadas en los 2 últimos años, donde se incluyan, en lo posible, los daños ocurridos de forma imprevista, su causa y métodos de reparación.

En todo caso, debe evaluarse la posibilidad de la utilización de obras existentes como parte de las obras civiles e infraestructura necesarias para el proyecto.

**CAPITULO V**

**PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS**

**ARTÍCULO 21.- DEFINICIÓN DE PARAMETROS:** Las entidades territoriales, las ESP y otras que promuevan y desarrollen inversiones en el sector, deben identificar claramente los proyectos de infraestructura cuyo desarrollo es prioritario en su jurisdicción en relación con el sector de agua potable y saneamiento básico con el propósito de satisfacer necesidades inherentes al sector, racionalizando los recursos e inversiones, de forma que se garantice la sostenibilidad económica de los proyectos. Para la aplicación de este Reglamento, la tabla No. 3 define los límites mínimos de cobertura de algunos parámetros utilizados en el proceso de priorización, utilizando la siguiente nomenclatura:

AP-AL = rezago entre cobertura de alcantarillado sanitario respecto a la de agua potable

Cob.AP = cobertura de agua potable

Cob RDS = cobertura de recolección de desechos sólidos

CE Plu/San = porcentaje de conexiones erradas del alcantarillado pluvial al sanitario

CE San/Plu = porcentaje normal de conexiones erradas sanitario al pluvial

%Inf = porcentaje de Infiltración Normal

mic = cobertura de micromedición

MAC = cobertura de macromedición

Per Adu = pérdidas en aducción

Per Dis = pérdidas en distribución

tabla número 3

Parámetro	Símbolo	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Cobertura mínima de agua potable	Cob.AP	95%	90%	90%	85%
Rezago máximo entre cobertura de alcantarillado respecto al agua potable	AP-AL	10%	10%	15%	15%
Cobertura mínima de recolección de desechos sólidos	Cob RDS	95%	85%	85%	80%

Se entenderá por cobertura la relación entre la población que cuenta con el servicio público en cuestión y la población total.

**ARTICULO 22.- ESQUEMA DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS:** La primera prioridad para una entidad territorial, una ESP u otra entidad que promueva o desarrolle inversiones en el sector, será llevar a cabo inversiones que tengan un efecto positivo manifiesto en la salud pública de los habitantes y de su medio ambiente, razón por la cual, tienen preferencia la ejecución de obras de suministro de agua potable de adecuada calidad, según el Decreto 475 de 1998, y la recolección y disposición de aguas residuales. En un nivel inferior de prioridad, se sitúan el manejo de desechos sólidos y el tratamiento de las aguas residuales.

Se presenta a continuación una metodología para seleccionar los proyectos prioritarios en materia de agua potable y saneamiento básico, definiendo las actividades complementarias. Dicha metodología podrá hacerse por sectores del municipio.

Así, los proyectos y acciones de las entidades territoriales, las ESP o las que desarrollen o promuevan inversiones en el sector de agua potable y saneamiento básico deben ejecutarse evaluando el cumplimiento de las siguientes condiciones que indican el orden obligatorio de prioridades, empezando por el de mayor preferencia:

1. Si la cobertura actual del servicio de agua potable (Cob AP) es menor que el porcentaje establecido en la tabla No. 3, debe ser de mayor prioridad de ejecución un proyecto de ampliación en la cobertura de agua potable.

2. Si la diferencia entre la cobertura actual del servicio de agua potable y la cobertura actual del servicio de alcantarillado sanitario (AP-AL) es mayor que el valor establecido en la tabla No. 3, debe seguir en orden de prioridades de ejecución un proyecto de ampliación en la cobertura del sistema de recolección de aguas residuales.
3. Si la cobertura actual del servicio de aseo urbano (Cob RDS) es menor que el valor establecido en la tabla No. 3, debe seguir la ejecución de un proyecto de ampliación de la cobertura de recolección de desechos sólidos.
4. En caso de no tener sitio de disposición final adecuado y controlado de desechos sólidos, debe seguirse con la formulación de un proyecto de relleno sanitario
5. En caso de tener problemas de calidad de agua en las fuentes receptoras, debe incluirse la ejecución de proyecto de tratamiento de aguas residuales
6. En caso de ser necesario, puede incluirse la ejecución de un programa de manejo de desechos sólidos, ubicado en el último orden de prioridad.

La figura No. 1 resume el procedimiento para establecer prioridades en las inversiones en el sector de agua potable y saneamiento básico.

co.

FIGURA Número 1

**Diagrama general de priorización de proyectos**

<b>Valores límites de los parámetros de cobertura</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio Alto</b>	<b>Alto</b>
Cobertura mínima de agua potable	Cob.AP	95%	90%	90%	85%
Rezago máximo entre cobertura de alcantarillado respecto al agua potable	AP-AL	10%	10%	15%	15%
Cobertura mínima de recolección de desechos sólidos	Cob RDS	95%	85%	85%	80%

ENTRADA



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## CAPITULO VI

### ALCANCE Y DETERMINACIÓN DE ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

**ARTÍCULO 23.- PARÁMETROS BÁSICOS.** Todo proyecto debe presentarse con actividades complementarias destinadas a mejorar la eficiencia del servicio y a cumplir con las disposiciones de este Reglamento y otras autoridades competentes del sector. Para efectos de este Reglamento, en la tabla No. 4 se definen los parámetros que el diseñador debe tener en cuenta en la determinación de las características del proyecto, según el nivel de complejidad del sistema establecido.

TABLA número 4

Parámetros		Valores según el nivel de complejidad del sistema (Porcentaje)			
		Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Cobertura mínima de agua potable	Cob.AP	95%	90%	90%	85%
Rezago máximo entre cobertura de alcantarillado sanitario respecto a la de agua potable	AP-AL	10%	10%	15%	15%
Cobertura mínima de recolección de desechos sólidos	Cob RDS	95%	85%	85%	80%
Porcentaje mínimo de Conexiones Erradas Pluvial/Sanitario	CE Plu/San	0%	5%	10%	10%
Porcentaje mínimo Normal de Conexiones Erradas Sanitario/Pluvial	CE San/Plu	0%	5%	10%	10%
Cobertura mínima de micromedición	Mic	100%	100%	100%	100%
Cobertura mínima de macromedición	MAC	100%	100%	100%	100%
Pérdidas máximas en aducción	Per Adu	5%	5%	5%	5%
Pérdidas Máximas Totales	Per Total.	30%	30%	30%	30%

**ARTÍCULO 24.- SUMINISTRO DE AGUA POTABLE:** Cualquier proyecto dirigido a la ampliación de la cobertura o mejoramiento del servicio de suministro agua potable debe complementarse con las siguientes actividades, en caso de que se presenten algunas de las condiciones establecidas en la figura 1.A:

1. Ampliación de cobertura de alcantarillado.
2. Plan de mejoramiento de la calidad del agua.
3. Plan de incremento de los niveles de macromedición.
4. Programa de ampliación de cobertura de la micromedición.
5. Programa de reducción de pérdidas

6. Verificación de dotaciones y plan dirigido a reducir el consumo de agua, según la Ley 373 de 1997. Utilización de instrumentos de bajo consumo y campañas de ahorro de agua.

**ARTICULO 25.- SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.** Un proyecto de ampliación de cobertura de alcantarillado sanitario deberá incluir además del desarrollo de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas, el de las pluviales, ya sea en sistemas independientes o en sistemas combinados.

**PARAGRAFO.- Sobre la pavimentación de calles.** No se debe permitir pavimentar una calle antes de la construcción de sus redes de alcantarillado sanitario y/o pluvial o combinado, a menos que la pavimentación sea hecha con adoquines. Se exceptúan algunos casos de alcantarillados condominiales, cuando se demuestre que la recolección de las aguas residuales, no afectará la calzada que se va a pavimentar.

**ARTÍCULO 26.- ALCANTARILLADO SANITARIO O COMBINADO.** Se necesita llevar a cabo un sistema de recolección de aguas residuales domésticas cuando la diferencia entre las coberturas de acueducto y de alcantarillado sanitario sea mayor que el porcentaje establecido en algunas áreas de la localidad, según la tabla No. 4

El proyecto de recolección y disposición de aguas residuales domésticas debe complementarse con los siguientes programas, cuando se den las condiciones expuestas en la figura 2

1. Revisión del sistema de agua potable cuando se presenten dotaciones por fuera de los rangos establecidos.
2. Programa de mantenimiento preventivo y reparación de redes de alcantarillado sanitario.
3. Programa de ampliación del alcantarillado pluvial.

**ARTÍCULO 27.- ALCANTARILLADO PLUVIAL O COMBINADO.** Se considera necesario llevar a cabo un proyecto de recolección de aguas pluviales mediante la ejecución de un proyecto de alcantarillado pluvial o combinado cuando existan problemas de drenaje de las aguas lluvias.

En caso de que el porcentaje de conexiones erradas del sistema sanitario al pluvial sea mayor que el valor establecido, el proyecto debe contener un programa de mantenimiento y reparación del alcantarillado sanitario de acuerdo a las condiciones establecidas en la figura 3

**ARTÍCULO 28.- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.** Un proyecto de tratamiento de aguas residuales debe llevarse a cabo cuando un estudio de calidad de agua en la fuente receptora demuestre que existe o existirá un problema de salud pública o de carácter ambiental, cuya magnitud amerite la construcción de dicho sistema.

Un proyecto de tratamiento de aguas residuales debe complementarse con las siguientes actividades cuando se cumplan las condiciones expuestas en la figura 4:

1. Estudios de calidad de agua de la fuente receptora.
2. Caracterización de las aguas residuales domésticas a vertirse en la fuente.
3. Sistema separado de aguas residuales domésticas y pluviales.

4. Programa dirigido a la corrección de conexiones erradas, construcción de interceptores de aguas residuales y reparación y/o construcción de aliviaderos.
5. Plan de mantenimiento preventivo y reparación total del sistema de alcantarillado.
6. Sistema de pretratamiento industrial para remoción de tóxicos.

**ARTÍCULO 29.- SISTEMAS DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.** Todo proyecto destinado a la disposición de residuos sólidos debe contener las siguientes actividades, dadas las condiciones expuesta en la figura 5:

1. Alternativas de relocalización
2. Plan de mejoramiento y rehabilitación existente
3. Plan de minimización de impactos

**ARTÍCULO 30.- MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS.** En todo programa de manejo integral de desechos sólidos debe incluirse los siguientes planes cuando se cumplan las condiciones expuestas en la figura 6:

1. Plan de optimización de las rutas de recolección.
2. Plan de optimización del tamaño y número de vehículos
3. Posibilidad de reducir los residuos en la fuente.
4. Posibilidad de introducir la clasificación de la basura. Sólo para los niveles medio alto y alto.
5. Disposición final.

FIGURA 1.a

**Diagrama para determinación de programas complementarios en un sistema de abastecimiento de agua potable**

Valores máximos de los parámetros de cobertura					
Parámetro	Símbolo	Nivel de complejidad			
		Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Rezago máximo entre cobertura de alcantarillado respecto a la de agua potable	AP-AL	10%	10%	15%	15%
Cobertura mínima de macromedición	MAC	100%	100%	100%	100%
Cobertura mínima de micromedición	Mic	100%	100%	100%	100%
Pérdidas máximas en aducción	Per Adu	5%	5%	5%	5%
Pérdidas Totales Máximas	Per Tec	30%	30%	30%	30%

ENTRADA

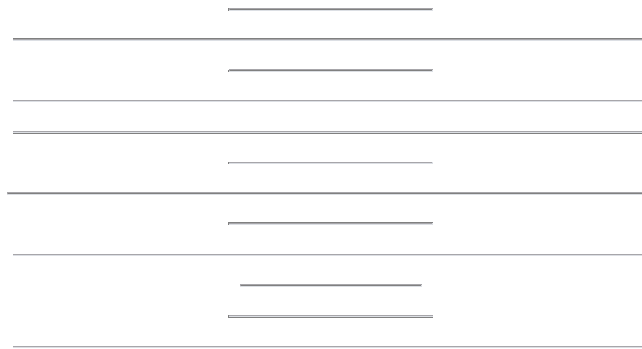
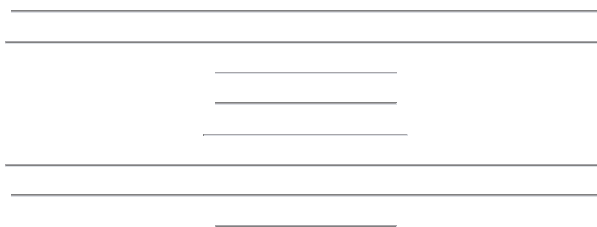


FIGURA 2

**Diagrama para determinación de componentes complementarios en un sistema de alcantarillado sanitario o combinado**

Valores máximos de los parámetros de cobertura					
Parámetro	Símbolo	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Rezago entre cobertura de alcantarillado respecto al agua potable	AP-AL	10%	10%	15%	15%
Conexiones erradas de aguas lluvias al sistema sanitario	CE San/Plu	15%	15%	15%	15%
Porcentaje de infiltraciones	%Inf	15%	15%	20%	20%



ENTRADA



FIGURA 3

**Diagrama para determinación de componentes complementarios en un sistema de alcantarillado pluvial o combinado**

Valores máximos de los parámetros de cobertura					
Parámetro	Símbolo	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Rezago de cobertura de alcantarillado sanitario respecto a la de agua potable	AP-AL	10%	10%	15%	15%

Conexiones erradas del sistema sanitario al pluvial	CE San/Plu	0%	5%	10%	10%
-----------------------------------------------------	------------	----	----	-----	-----

ENTRADA



FIGURA 4

**Diagrama para determinación de componentes complementarios en un sistema de tratamiento de aguas residuales**

Valores máximos de los parámetros de cobertura					
Parámetro	Símbolo	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Conexiones erradas del sistema pluvial al sanitario	CE Plu/San	10%	10%	10%	10%
Conexiones erradas del sistema sanitario al pluvial (CE San/Plu)	CE San/Plu	15%	15%	15%	15%

ENTRADA



FIGURA 5

**Diagrama para determinación de componentes complementarios en un sistema de disposición de residuos sólidos en relleno sanitario**

ENTRADA



FIGURA 6

**Diagrama para determinación de componentes complementarios en un sistema de recolección de residuos sólidos**

**ENTRADA**



## **CAPITULO VII**

### **PRESENTACIÓN DE PLANOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO**

**ARTÍCULO 31.- PLANOS.** Todos los planos arquitectónicos, hidráulicos, sanitarios, estructurales, eléctricos, mecánicos y de instalaciones especiales deben ser firmados y rotulados por profesionales debidamente facultados para realizar los diseños respectivos.

Los planos que se elaboren en cada una de las especialidades anteriores, deben incluir toda la información básica necesaria para la construcción, tales como :

1. Referenciación planimétrica y altimétrica por el IGAC o en su defecto por sistemas de posicionamiento geodésico o satelital.
2. Parámetros de calidad para la construcción.
3. Características y propiedades mínimas de los materiales a utilizar en la construcción
4. Especificaciones e instrucciones de instalación de maquinaria y equipo.

5. Detalles de conexiones, empalmes, juntas y demás casos que merecen explicación particular.
6. Identificación de las redes existentes de acueducto, alcantarillado, gas, energía y teléfonos
7. Suposiciones básicas utilizadas en el diseño y que puedan afectar el uso futuro de la construcción, como cargas supuestas en los análisis, tipo de uso supuesto en el diseño, presiones máximas y mínimas de utilización, precauciones especiales que deben tenerse en cuenta en la construcción o instalación de elementos.
8. Demás instrucciones y explicaciones que se requieran para poder realizar la construcción e instalación de maquinaria y equipo acorde con el diseño previsto.

Además, los planos deben especificar el nivel de complejidad del sistema asignado al proyecto y algunos aspectos que faciliten la comprensión de los manuales de operación y mantenimiento.

Aquellos planos que contengan errores aritméticos, de dibujo, cotas, abscisados, transcripción, copia u otras fallas imputables al descuido o falta de revisión por parte del firmante de los mismos, deberán ser corregidos en el original, si es posible, y esto deberá quedar registrado en el mismo plano con la fecha y la firma del responsable de la corrección o modificación. Las copias tomadas de los originales defectuosos deberán ser destruidas para ser reemplazadas por unas nuevas tomadas a partir de los planos originales corregidos. Los planos deben ser elaborados en medios magnéticos para facilitar su corrección, actualización y edición inmediata, permitiendo adicionalmente establecer distintas escalas de impresión de acuerdo a los procedimientos constructivos.

**ARTÍCULO 32.- MEMORIAS.** Los planos arquitectónicos, hidráulicos, sanitarios, estructurales, eléctricos, mecánicos, de instalaciones especiales y demás que sean necesarios para la ejecución de la obra, deben ir acompañados por las memorias detalladas de diseño y cálculo que describan los procedimientos por medio de los cuales se realizaron dichos diseños.

Las memorias deben incluir entre otros:

1. Las suposiciones utilizadas en los diseños.
2. Las metodologías empleadas.
3. La verificación del cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por el presente Reglamento
4. Referencia a normas técnicas nacionales o internacionales para los materiales, equipos y procedimientos específicos.
5. Los esquemas con base en los cuales se realizan los planos de construcción.
6. Especificaciones detalladas e instrucciones de instalación de maquinaria y equipo.
7. Las memorias deben especificar en Manuales impresos para tal fin, los procedimientos detallados para puesta en marcha, operación y mantenimiento de cada uno de los sistemas, así como, el nivel de complejidad del sistema asignado al proyecto.
8. Referencia a códigos nacionales.
9. En el caso que se utilice procesamiento automático de información, debe entregarse una descripción detallada de los principios en que se basa el procesamiento automático, así como una descripción de los datos de entrada y salida en el proceso.
10. Manuales de puesta en marcha, operación y mantenimiento.

11. Presupuesto detallado, soportado por un análisis de precios unitarios con la fecha precisa de su elaboración.

Al igual que los planos, las memorias deben indicar claramente el nivel de complejidad del sistema utilizado en los diseños, en los procedimientos detallados y demás actividades del proyecto.

Las memorias que contengan errores aritméticos, cotas, abscisados, transcripción, copia u otras fallas imputables al descuido o falta de revisión por parte del diseñador, deberán ser corregidas en el original, si es posible, y las copias procedentes del documento defectuoso deberán ser destruidas.

**ARTÍCULO 33.- ARCHIVO DE MANUALES, PLANOS Y CATASTROS PARA CONTINGENCIAS POR DESASTRE NATURAL O PROVOCADO.** Para todos los niveles de complejidad del sistema, los Manuales de puesta en marcha, operación y mantenimiento; los planos de construcción de redes primarias y secundarias de acueducto y/o alcantarillado, así como los planos de catastro de las redes de acueducto y alcantarillado ejecutados a partir de la fecha de expedición del presente Reglamento, con o sin inversión estatal, deberán ser emitidos en medio magnético, magneto-óptico u óptico, compatibles con tecnologías convencionales que permitan ser fácilmente archivados y almacenados para su consulta posterior en caso de pérdida irremediable del original o por desastre natural. Una copia en cualquiera de estos medios deberá ser enviada al Ministerio de Desarrollo Económico que será el encargado de salvaguardar este bien público directamente o mediante delegación a una entidad privada sin ánimo de lucro.

## **CAPITULO VIII**

### **ESTUDIOS PREVIOS**

**ARTÍCULO 34.- DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD Y DE LA ZONA DEL PROYECTO.** El consultor y/o el diseñador debe describir las condiciones físicas, económicas y sociales de la localidad en la cual se planea llevar a cabo el proyecto de agua potable y saneamiento básico, dentro de un estudio que cumpla como mínimo los aspectos mencionados en este capítulo, sin excluir las demás actividades particulares que se indiquen en este Reglamento y hacer las conclusiones pertinentes. Deberá tener en cuenta además la división de usos del suelo e identificar el tipo de consumo predominante del área.

El detalle de los estudios previos deberá quedar establecido en los términos de referencia para su elaboración y de acuerdo al nivel de complejidad del sistema.

**ARTÍCULO 35.- CLIMATOLOGÍA.** Para proyectos de nivel de complejidad medio alto y alto y siempre que sea justificable, deberán contemplarse estudios de climatología y meteorología de utilidad, relacionada con su propósito.

**ARTÍCULO 36.- GEOLOGÍA Y SUELOS.** Para proyectos de municipios de nivel de complejidad alto, es necesario establecer de manera general las características de las principales formaciones geológicas, geomorfológicas y fisiográficas de la región, del

paisaje y topografía asociada con la localidad, con el fin de identificar las fallas geológicas activas que se localicen en el área circundante del proyecto y el grado de sismicidad a que puede estar sometido.

Los estudios de suelos deben contemplar el reconocimiento general del terreno afectado por el proyecto, para evaluar sus características en un estudio que incluya como mínimo lo siguiente: clasificación de los suelos, permeabilidad, nivel freático, características físico-mecánicas y características químicas que identifiquen la posible acción corrosiva del subsuelo para elementos metálicos y no metálicos que van a quedar localizados en el subsuelo.

El diseñador puede establecer la necesidad de llevar a cabo estudios más detallados de geología y/o suelos, justificando las razones por las cuales se formula dicha recomendación.

En proyectos municipales del nivel de complejidad bajo, medio y medio alto, es suficiente el concepto de un profesional idóneo en la materia, que identifique la climatología local, las características físico - mecánicas del subsuelo y los posibles riesgos de falla geológica y de sismicidad a que está sometido el proyecto. El diseñador puede establecer la necesidad de llevar a cabo estudios más detallados de suelos, justificando las razones por las cuales se formula dicha recomendación.

**ARTÍCULO 37.- TOPOGRAFÍA.** Deben elaborarse estudios topográficos con un nivel de detalle y precisión de acuerdo con el tipo de obra que se proyecte.

**ARTÍCULO 38.- RECURSOS HÍDRICOS.** Deben identificarse las fuentes de agua principales para el abastecimiento de agua potable y vertimiento de agua residual, así como las formaciones acuíferas existentes, estableciendo la forma en la cual el proyecto puede afectarlas en su continuidad y en la calidad de agua.

**ARTÍCULO 39.-DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.** Deben identificarse las principales obras de infraestructura construidas y proyectadas dentro de la zona de influencia del sistema por desarrollar, tales como carreteras, puentes, líneas de transmisión de energía y cualquier otra obra de importancia. Se deben identificar las redes de otros servicios públicos en la zona, tales como redes de gas, teléfono, energía y oleoductos y sus respectivas áreas de servidumbre con los cuales podrían presentarse interferencias.

**ARTÍCULO 40.-CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.** Deben determinarse las condiciones socioeconómicas de la localidad, con base en información primaria y/o secundaria, su estratificación, distribución espacial, niveles de ingreso y actividades económicas predominantes. Es necesario establecer el crecimiento y las tendencias de desarrollo industrial y comercial. Se debe tener en cuenta los períodos del año en que se presentan incrementos de la población flotante con motivo de celebraciones típicas propias de la región.

**ARTÍCULO 41.- COMUNICACIONES.** Se debe identificar el tipo, calidad y cobertura de los servicios de telefonía, correo, radio aficionados y similares, en particular en municipios alejados y de difícil acceso, con el fin de conocer la oferta de los mismos y su relación con el proyecto.

**ARTÍCULO 42.- VÍAS DE ACCESO.** Debe realizarse un inventario de las carreteras, caminos, ferrocarriles, así como de las rutas de navegación aérea, fluvial y lacustre de

acceso a la localidad, estableciendo las distancias a las áreas urbanas más cercanas. Esto permitirá establecer la facilidad del transporte requerido de materiales y equipos para la ejecución de las obras.

**ARTÍCULO 43.- DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA.** Se debe analizar la disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada para la construcción de las obras y de personal técnico para labores de operación y mantenimiento, al igual que los salarios vigentes en la localidad

**ARTÍCULO 44.- DISPONIBILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.** Se debe establecer la disponibilidad y capacidad de producción local, regional y nacional de materiales y equipos requeridos para la construcción de las obras.

Disponibilidad de energía eléctrica. Deben determinarse la disponibilidad y confiabilidad del suministro de energía eléctrica en la localidad, lo mismo que las características de tensión, potencia y frecuencia del servicio. Las tarifas de consumo también deben ser analizadas dentro del estudio socio-económico.

**ARTÍCULO 45.- DEFINICIÓN INSTITUCIONAL DE RESPONSABILIDADES.** Debe definirse el tipo de concertación y coordinación entre el responsable del proyecto, la comunidad, las empresas de servicios públicos y otras entidades involucradas en el desarrollo del proyecto, definiendo las responsabilidades y acciones concretas de cada una de ellas.

**ARTÍCULO 46.-CARACTERÍSTICAS DE LA ENTIDAD EJECUTORA.** Para cada proyecto debe especificarse la entidad ejecutora, o persona(s) natural(es) y el carácter de la entidad territorial, indicando la naturaleza y experiencia de cada entidad en proyectos similares. En todo caso, debe estudiarse la posibilidad de reorganización de la entidad ejecutora.

**ARTÍCULO 47.- PARTICIPACIÓN COMUNITARIA.** Debe estudiarse la participación de la comunidad en los diferentes aspectos del proyecto conforme a la Ley, tales como identificación de problemas, procesos de fiscalización en ciertas etapas del proyecto, entre otros.

## **CAPITULO IX**

### **EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA**

**ARTÍCULO 48.- ALCANCE.** La evaluación socioeconómica de proyectos debe realizarse con el objeto de medir el aporte neto de un proyecto o política de inversión social al bienestar de una comunidad. Es decir, tendrá la capacidad de establecer la bondad del proyecto o programa para la economía nacional en su conjunto. En éstos términos, el valor de cualquier bien, factor o recurso a ser generado o utilizado por el proyecto debe valorarse según su contribución al bienestar nacional. Para proyectos de agua potable y saneamiento básico se permiten los siguientes tipos de estudios socio económicos:

1. Análisis costo-eficiencia.
2. Análisis de costo mínimo, de expansiones de capacidad

Los estudios de evaluación socioeconómica se deben ejecutar para los niveles de complejidad medio, medio alto y alto.

**ARTÍCULO 49.- ANÁLISIS COSTO DE EFICIENCIA.** Se elaborará una comparación de los costos de varias alternativas factibles de proyectos, con el fin de seleccionar aquella que tenga el menor valor presente de los costos de inversión, operación y mantenimiento.

El análisis de costo-eficiencia debe partir de las siguientes suposiciones:

1. Que debe utilizarse la tasa social de descuento establecida
2. Que los beneficios derivados de las alternativas estudiadas son los mismos
3. Que los beneficios son mayores que los costos en cada alternativa.

El análisis debe seleccionar el proyecto que presente el menor valor presente neto entre las alternativas posibles.

**ARTÍCULO 50.- ANÁLISIS DE COSTO MÍNIMO DE EXPANSIÓN DE CAPACIDAD.** Se deberán fijar los años que resulten óptimos para la ejecución de expansiones de capacidad de un sistema, teniendo en cuenta el efecto opuesto que se presenta entre las economías de escala y el costo de oportunidad de capital.

El periodo óptimo de expansión de capacidad para un sistema debe ser definido con base en los siguientes criterios:

Debe buscarse el equilibrio entre el periodo de expansión fijado por las economías de escala que prefieren un periodo largo, buscando componentes de capacidad grande, y el periodo determinado por el costo de oportunidad de capital que tiende a ser un periodo corto con componentes de poca capacidad, buscando la inversión inmediata de los recursos en otros proyectos.

El periodo de expansión debe escogerse para todo el sistema global y no para cada componente particular, de tal forma que se minimice el impacto causado por las ampliaciones puntuales de cada componente, evitando sobrecostos administrativos.

El periodo seleccionado puede ajustarse en cada etapa de expansión cuando existan estudios de demanda realizados durante dos expansiones sucesivas que demuestren cambios en las funciones de demanda, y en general, en las condiciones bajo las cuales se formuló el periodo de expansión inicialmente previsto. El nuevo periodo de expansión debe ser obtenido con base en la metodología aquí expuesta.

## **CAPITULO X**

### **DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INTERVENTORIA**

**ARTÍCULO 50.-** Toda acción relacionada con el diseño, la construcción, la interventoría técnica, la operación y el mantenimiento de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico, debe seguir los procedimientos generales presentados en el Capítulo II de este Reglamento.

**ARTÍCULO 51.- DISEÑOS.** Para todos los niveles de complejidad, los diseños para construir las obras de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico son obligatorios y deben garantizar el cumplimiento de los requisitos, parámetros y normas técnicas establecidas en el presente Reglamento. Estos diseños deben contemplar todos los estudios hidráulicos, sanitarios, estructurales, geotécnicos, mecánicos, eléctricos, ambientales y en general todas actividades propias de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico.

**ARTÍCULO 52.- INTERVENTORÍA.** De conformidad con lo dispuesto por los artículos 334, 365 y 366 de la Constitución Política, que le asignan al Estado la dirección general de la economía y la intervención, por mandato de la Ley, en los servicios públicos, los cuales son inherentes a la finalidad social del Estado, siendo objetivo fundamental el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población, entre los que se encuentra la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de saneamiento ambiental y de agua potable, para la ejecución de obras y/o diseños propios del sector, será obligatoria la interventoría permanente o transitoria.

En este caso, la interventoría deberá ser adelantada por funcionarios dependientes laboralmente de la entidad contratante o ejecutora de lo obra y/o diseño, o por personas naturales y/o jurídicas independientes laboralmente de la entidad contratante o ejecutora. De todas maneras estas personas deberán reunir la idoneidad, experiencia y calidades exigidas en el presente Reglamento Técnico.

La interventoría tendrá las funciones técnicas y administrativas previstas en el presente Reglamento y será responsable civilmente por la omisión o deficiencia en el desempeño de las mismas, así como por los hechos y omisiones que le fueren imputables y que causen daño o perjuicio a las entidades prestadoras y/o a los usuarios del servicio.

**PARAGRAFO:** La interventoría o revisión de los diseños debe realizarse en los niveles de complejidad medio, medio alto y alto.

## **CAPITULO XI**

### **CALIDADES Y REQUISITOS DE LOS PROFESIONALES**

**ARTÍCULO 53.- CALIDAD DE LOS DISEÑADORES Y DE LOS INTERVENTORES O REVISORES DE DISEÑO.** El diseñador y el interventor o revisor de diseño, deben ser ingenieros civiles o sanitarios cuando se trate de diseños hidráulicos y sanitarios, ingenieros civiles cuando se trate de diseños estructurales o geotécnicos, arquitectos o ingenieros civiles en el caso de diseños de elementos no estructurales, ingenieros mecánicos para las instalaciones mecánicas, ingenieros electricistas para las instalaciones eléctricas o ingenieros electrónicos para los equipos electrónicos. Las personas naturales o jurídicas que elaboren proyectos deben contar con profesionales con las calidades antes mencionadas. En todos los casos deben tener vigente la matrícula profesional y los requisitos de experiencia que se señalan en el Artículo a continuación.

**ARTÍCULO 54.- EXPERIENCIA DE LOS DISEÑADORES Y DE LOS INTERVENTORES O REVISORES DE DISEÑO.** Los diseñadores y los interventores o revisores de diseño deben poseer una experiencia mayor o igual a la

especificada en la tabla No. 5 en el ejercicio de la actividad correspondiente al diseño en cuestión, demostrable por trabajos ejecutados directamente o bajo la dirección de un profesional facultado para tal fin, contada a partir de la expedición de la Matricula Profesional.

tabla número 5

**Experiencia mínima de los diseñadores y de los interventores o revisores de diseño**

<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Diseños hidráulicos y sanitarios</b>	<b>Diseños estructurales</b>	<b>Diseños geotécnicos</b>	<b>Diseños eléctricos, electrónicos y mecánicos</b>
Bajo	1 año	1 año	1 año	1 año
Medio	1 año	1 año	2 años	1 año
Medio Alto	2 años	3 años	4 años	3 años
Alto	4 años	6 años	6 años	4 años

**ARTÍCULO 55.- DIRECTORES DE CONSTRUCCIÓN.** El director de construcción debe ser un ingeniero civil en el caso de la ejecución de obras civiles, un ingeniero civil o sanitario en el caso de obras sanitarias, un ingeniero mecánico para las instalaciones de equipos mecánicos o un ingeniero electricista para las instalaciones eléctricas.

**ARTÍCULO 56.- EXPERIENCIA DE LOS DIRECTORES DE CONSTRUCCIÓN.** El director de construcción debe acreditar una experiencia mayor a la especificada en la tabla No. 6 en el ejercicio profesional correspondiente a la construcción en cuestión, contados a partir de la expedición de la matrícula profesional, bajo la dirección de un profesional facultado para tal fin.

tabla número 6

**Experiencia de los directores de la construcción**

<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Experiencia mínima</b>
Bajo	2 años
Medio	3 años
Medio Alto	5 años
Alto	6 años

**ARTÍCULO 57.- INTERVENTORIA DE CONSTRUCCIÓN U OPERACIÓN.**

Los trabajos de interventoría incluyen las actividades relacionadas con el control administrativo y la revisión técnica de construcción de proyectos, montaje de equipos, suministros llave en mano o interventoría a la operación de sistemas de agua potable y

saneamiento básico, según sea el caso. En los aspectos administrativos el interventor debe supervisar y controlar entre otros: el cronograma de ejecución de la obra y el desarrollo de las actividades programadas, las cantidades de obra contratadas, los costos unitarios, alcance de los proyectos, y el cumplimiento de las condiciones y obligaciones contractuales de los trabajos de construcción u operación. En los aspectos técnicos el interventor deberá ejercer la supervisión y control que garanticen el correcto cumplimiento de los procedimientos y Normas Técnicas establecidos en el presente Reglamento ya sea para la construcción de proyectos, el montaje de equipos, suministros llave en mano y/o a la operación de los sistemas de agua potable y saneamiento básico cuando esta es contratada por el municipio con un tercero.

**ARTÍCULO 58.- CALIDADES DEL INTERVENTOR.** Los interventores deben ser ingenieros civiles o ingenieros sanitarios con matrícula profesional vigente. Podrán ser personas jurídicas siempre y cuando cuenten con profesionales con las calidades exigidas en esta sección.

**ARTÍCULO 59.- INTERVENTORÍA ESPECIALIZADA.** En el caso de que las actividades a realizar en los campos de la ingeniería mecánica, eléctrica o electrónica tengan peso significativo en un proyecto de agua potable y saneamiento básico, los interventores deben ser ingenieros mecánicos, electricistas o electrónicos.

**ARTÍCULO 60.- EXPERIENCIA DEL INTERVENTOR.** El interventor debe poseer una experiencia mayor o igual a la indicada en la tabla No. 7, contada a partir de la expedición de la matrícula profesional, demostrable con trabajos de interventoría ejecutados directamente o bajo la dirección de un profesional con experiencia en el área de construcción, en una o varias actividades, como obras civiles, hidráulicas y/o sanitarias, estructurales, geotécnicas, o en la operación de sistemas de agua potable y saneamiento básico, según el caso.

Tabla NUMERO 7

**Experiencia de los interventores**

<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Experiencia mínima</b>
Bajo	2 años
Medio	3 años
Medio Alto	5 años
Alto	6 años

**ARTÍCULO 61.- GRADOS DE SUPERVISIÓN DE LA INTERVENTORÍA TÉCNICA.** En la construcción de proyectos de acueductos, recolección y disposición de aguas residuales, potabilización, tratamiento de aguas residuales y aseo, se establecen dos grados de Supervisión: Supervisión técnica continua y Supervisión técnica itinerante. El grado de supervisión técnica que se debe emplear está determinado por el **Nivel de Complejidad del Sistema** y se especifica en la Tabla No. 8.

tabla número. 8

### Grado de supervisión técnica según el Nivel de Complejidad del Sistema

Grado de Supervisión Técnica	NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA			
	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
A – Continua	-----	-----	Obligatorio	Obligatorio
B – Itinerante	Obligatorio	Obligatorio	-----	-----

Adicionalmente, el diseñador hidráulico, sanitario, estructural, o el ingeniero geotecnista, puede exigir cualquier grado de supervisión técnica según el grado de innovación, complejidad, procedimientos constructivos y materiales especiales empleados, o condiciones en las que la obra la hagan necesaria.

**ARTÍCULO 62.- ALCANCE DE LA SUPERVISIÓN DE LA INTERVENTORÍA técnica.** La supervisión de la interventoría técnica debe, como mínimo, cubrir los siguientes aspectos:

1. Control permanente y supervisión técnica de todos los trabajos realizados de manera que se garantice que éstos se llevan a cabo siguiendo los requisitos del presente Reglamento. La supervisión técnica incluye trabajos de construcción, trabajos geotécnicos, trabajos estructurales y en general todos los trabajos técnicos relacionados con el alcance del presente Reglamento.
2. Aprobación del plan de calidad de la construcción de los elementos estructurales y no estructurales cuando su grado de desempeño así lo requiera. Este plan de calidad debe ser propuesto por el constructor.
3. Aprobación del laboratorio, o laboratorios, que realicen los ensayos de control de calidad.
4. Realización de los controles exigidos por éste Reglamento Técnico.
5. Aprobación de los procedimientos constructivos propuestos por el constructor.
6. Exigir a los diseñadores el complemento o corrección de los planos cuando estos estén incompletos, indefinidos, o tengan omisiones.
7. Solicitar al ingeniero estructural o no estructural, hidráulico, geotécnico, sanitario, mecánico o eléctrico, las recomendaciones complementarias a su diseño o estudio cuando se encuentren situaciones no previstas.
8. Mantener actualizado un registro escrito de todas las labores realizadas, en un libro diario de obra.
9. Velar en todo momento por la obtención de la mejor calidad de la obra.
10. Prevenir por escrito al constructor sobre posibles deficiencias en la mano de obra, equipos, procedimientos constructivos, materiales inadecuados, y vigilar para que se tomen los correctivos necesarios.
11. Recomendar la suspensión de labores de construcción de la obra cuando el constructor no cumpla o se niegue a cumplir con los planos, especificaciones y controles exigidos, informando, por escrito, a las autoridades municipales o distritales que expidieron la licencia de construcción.
12. Rechazar los elementos estructurales o no estructurales, que no cumplan con los planos y especificaciones previstas por este Reglamento o por las normas referenciadas por este, salvo

cuando existan estudios profundos que soporten condiciones aceptables diferentes a las estipuladas en este Reglamento.

13. Ordenar los estudios necesarios para evaluar la seguridad de la parte o partes afectadas y ordenar las medidas correctivas correspondientes, supervisando los trabajos de reparación.
14. En caso de no ser posible la reparación, recomendar la remoción o demolición de los elementos de la obra a las autoridades municipales o distritales que expidieron la licencia de construcción.
15. Expedir la constancia especificada en el artículo siguiente.

**ARTÍCULO 63.- DOCUMENTACIÓN A EMPLEAR POR PARTE DE LA INTERVENTORIA TÉCNICA.** El interventor debe llevar un registro histórico en donde se incluyan todos los controles realizados. El registro escrito comprende, como mínimo, los siguientes documentos :

1. Las especificaciones de construcción y sus adendos si existen.
2. El programa de control de calidad exigido por el supervisor técnico debidamente confirmado en su alcance por las oficinas o dependencias distritales o municipales, o entidades de servicios públicos contratantes y por la compañía o profesional constructor
3. Resultados e interpretación de los ensayos de materiales exigidos por este Reglamento.
4. Toda correspondencia derivada de las labores de supervisión técnica incluyendo: las notificaciones del constructor acerca de las posibles deficiencias en los materiales, procedimientos constructivos, equipos, mano de obra, los correctivos ordenados, las contestaciones, informes acerca de las medidas correctivas o tomadas, o descargos del constructor a las notificaciones emanadas por el interventor
5. Los conceptos emitidos por los diseñadores a las notificaciones del supervisor técnico o del constructor
6. Todos los demás documentos que por su contenido permitan establecer que la construcción de los elementos estructurales o no estructurales se realizó de acuerdo con los requisitos referenciados y especificados en este Reglamento.
7. Una constancia expedida por el supervisor técnico en la cual manifieste inequívocamente que la construcción de los elementos estructurales y no estructurales fue efectuada de acuerdo con las normas y calidad de los materiales especificados o referenciados por este Título, y que las medidas correctivas tomadas durante la construcción, si las hubiere, llevaron a la obra construida al nivel de calidad y seguridad requerido por este Reglamento. Esta constancia debe ser suscrita además por el constructor y por las oficinas o dependencias distritales o municipales, o entidades de servicios públicos contratantes.
8. El supervisor técnico debe entregar como culminación de sus labores una copia del registro escrito a la entidad contratante y a las oficinas o dependencias distritales o municipales, o entidades de servicios públicos contratantes. El supervisor técnico debe conservar este registro escrito al menos por 5 años contados a partir de la terminación de la construcción y de su entrega a las oficinas o dependencias distritales o municipales, o entidades de servicios públicos contratantes y al constructor.

**ARTÍCULO 64.- CONTROLES EXIGIDOS EN LA INTERVENTORIA TÉCNICA.** El interventor debe realizar dentro del alcance de sus trabajos los que se establecen a continuación :

1. Control de planos. El control de planos para los dos grados de supervisión técnica debe consistir, como mínimo, en la constatación de la existencia de todas las indicaciones necesarias para poder realizar la construcción de una forma adecuada con los planos del proyecto.

2. Control de especificaciones. El control de las especificaciones de la construcción de la obra debe llevarse a cabo cumpliendo, como mínimo, las especificaciones técnicas contenidas dentro de la presente norma, y las particularidades contenidas en los planos y especificaciones producidas por los diseñadores, las cuales en ningún caso podrían ser contrarias a lo dispuesto en este Reglamento.
3. Control de materiales. El interventor debe exigir que la construcción de la obra se realice utilizando materiales que cumplan con los requisitos generales y con las normas técnicas de calidad establecidas y referenciadas por este documento. El interventor debe solicitar los certificados de conformidad con las normas correspondientes cuando el Reglamento lo exija.
4. Ensayos de control de calidad durante la construcción. El interventor aprobará al constructor la frecuencia de toma de muestras y el número de ensayos prescritos por esta normativa, que deben realizarse en un laboratorio o laboratorios previamente aprobados por el interventor. El interventor debe realizar una interpretación de los resultados de los ensayos ejecutados definiendo explícitamente la conformidad de los materiales con las normas técnicas exigidas.
5. Control de la ejecución
6. El interventor debe inspeccionar y vigilar todo lo relacionado con cada una de las etapas de ejecución o procedimientos en la construcción, en concordancia con los requisitos de los planos y especificaciones del diseño de la obra, con la ayuda del personal auxiliar, y según el grado de supervisión recomendado.
7. Procedimientos adicionales de control

Se recomienda implantar un programa de aseguramiento de la calidad para la supervisión técnica continua. El interventor debe verificar que el constructor disponga para la obra los medios adecuados de dirección, mano de obra, maquinaria y equipos, suministro de materiales, y en especial de un programa de aseguramiento de calidad que sea llevado a cabo con el fin de :

- Definir la calidad que debe ser alcanzada
- Obtener dicha calidad
- Verificar que la calidad ha sido alcanzada
- Demostrar que la calidad ha sido definida, obtenida y verificada.

**ARTÍCULO 65.- SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL.** La supervisión geotécnica y estructural debe ejecutarse para todas las actividades de construcción, con todos los requisitos y funciones de la supervisión técnica. Adicionalmente, el supervisor técnico estructural debe cumplir con los requerimientos establecidos por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-98-, Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998 o los decretos que lo reemplacen o complementen. Todos los trabajos relacionados con la supervisión técnica hacen parte integral de los trabajos de interventoría.

**ARTÍCULO 66.- PERSONAL AUXILIAR PROFESIONAL Y NO PROFESIONAL.** Las calificaciones y experiencia requeridas del personal profesional y no profesional, como los inspectores, controladores y técnicos, se dejan a juicio del supervisor técnico, pero deben ser conmensurables con las labores que se le encomienden y el tamaño, importancia y dificultad de la obra.

## TITULO II

### REQUISITOS TÉCNICOS

El presente Título del Reglamento Técnico tiene por objeto señalar los requisitos, parámetros y procedimientos técnicos mínimos que obligatoriamente deben reunir los diferentes procesos involucrados en la concepción, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de que garanticen su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

### CAPITULO XII

#### SISTEMAS DE ACUEDUCTO

Para este Reglamento Técnico por Sistemas de Acueducto se entiende el conjunto de instalaciones que conducen el agua desde su captación en la fuente de abastecimiento hasta la acometida domiciliaria en el punto de empate con la instalación interna del predio a servir y comprende los siguientes componentes: la(s) fuente(s) de abastecimiento, la(s) captación(es) de agua superficial y/o agua subterránea y sus anexidades, la(s) aducción(es) y conducción(es), las redes de distribución, las estaciones de bombeo y los tanques de compensación. Los procesos de tratamiento del agua para su potabilización, se tratan en el Capítulo XIII de este Reglamento Técnico.

**ARTÍCULO 67.- DOTACIÓN NETA MÍNIMA Y MÁXIMA.** La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema y sus valores mínimo y máximo se establecen de acuerdo con la tabla No. 9:

tabla número 9

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Dotación neta mínima (L/hab·día )</b>	<b>Dotación neta máxima (L/hab·día)</b>
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

En el caso de ampliaciones de sistemas de acueducto, la dotación neta mínima debe fijarse con base en el análisis de los datos de producción y consumo del sistema sin incluir las pérdidas.

**ARTÍCULO 68.- CAPACIDAD DE LA FUENTE SUPERFICIAL.** Si el caudal mínimo histórico de la fuente superficial es insuficiente para cumplir con el caudal de

diseño de la estructura de captación, pero el caudal promedio durante un periodo que abarque el intervalo más seco del que se tenga registro, es suficiente para cubrir la demanda, esta debe satisfacerse mediante la construcción de uno o más embalses de compensación. En todos los casos, la fuente debe tener un caudal tal que garantice un caudal mínimo remanente aguas abajo de las estructuras de toma con el fin de no interferir con otros proyectos, tanto de abastecimiento de agua para consumo humano como de agricultura y piscicultura, preservando en todos los casos el ecosistema aguas abajo. Por consiguiente, el diseñador debe conocer los proyectos presentes y futuros que utilicen agua de la misma fuente del proyecto que está diseñando o construyendo.

**ARTÍCULO 69.- PERIODO DE DISEÑO DE LA CAPTACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL.** Para el caso de las obras de captación de agua superficial, los periodos máximos de diseño que se deben utilizar, se especifican en la tabla No. 10:

Tabla Número 10

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio alto	25 años
Alto	30 años

**PARÁGRAFO:** Para los niveles de complejidad medio alto y alto, las obras de captación de agua superficial deberán ser analizadas y evaluadas teniendo en cuenta el período de diseño máximo, llamado también horizonte de planeamiento de proyecto; y si técnicamente es posible, se deberán definir las etapas de construcción, según las necesidades del proyecto, basados en la metodología de costo mínimo.

**ARTÍCULO 70.- CAPACIDAD DE DISEÑO DE LA CAPTACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL.** La obra de captación debe diseñarse tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Para los niveles bajo y medio de complejidad, la capacidad de las estructuras de toma debe ser igual al caudal máximo diario (QMD), más la pérdidas en la aducción y las necesidades en la planta de tratamiento si existe almacenamiento; o igual al caudal máximo horario si no existe almacenamiento.

Para el nivel medio alto de complejidad, la capacidad de las estructuras de captación debe ser igual a dos veces el caudal máximo diario (QMD).

Para el nivel alto de complejidad, la capacidad de captación deben ser igual a 2.5 veces el caudal máximo diario (QMD).

**ARTÍCULO 71.- CAPACIDAD DE LA FUENTE SUBTERRÁNEA.** El diseñador debe realizar todos los estudios previos que garanticen un conocimiento pleno de las características de la zona de captación, la geología, la geotecnia, la topografía, la hidrología, la hidrogeología, la calidad del agua en la zona de captación y la capacidad del acuífero.

La capacidad de la fuente subterránea debe ser como mínimo igual al caudal máximo diario (QMD) cuando se tenga almacenamiento, y al caudal máximo horario(QMH) cuando no se tenga almacenamiento. En ambos casos deben considerarse las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

**ARTÍCULO 72.- PERIODO DE DISEÑO DE POZOS PROFUNDOS DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.** Para el caso de obras de captación de agua subterránea, el período máximo de diseño que se debe utilizar, se especifica en la tabla No. 11:

tabla número 11

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de Diseño
Bajo	15 años
Medio	15 años
Medio alto	20 años
Alto	25 años

**PARÁGRAFO:** Para los niveles de complejidad medio alto y alto, las obras de captación de agua subterránea deberán ser analizadas y evaluadas teniendo en cuenta el período de diseño máximo, llamado también horizonte de planeamiento de proyecto; y se deberán definir las etapas de construcción de los pozos profundos, según las necesidades del proyecto, basados en la metodología de costo mínimo.

**ARTÍCULO 73.- PERIODO DE DISEÑO DE POZOS EXCAVADOS PARA CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.** Los pozos excavados tendrán un período de diseño de 15 años para los niveles bajo y medio de complejidad.

**ARTÍCULO 74.- CAUDAL DE DISEÑO PARA CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA.** Las obras de captación de agua subterránea deben tener una capacidad mínima igual al caudal máximo diario, QMD, si se cuenta con almacenamiento. En el caso de no tener almacenamiento, la capacidad de la obra debe ser igual al caudal máximo horario, QMH.

**ARTÍCULO 75.- NÚMERO MÍNIMO DE POZOS PROFUNDOS PARA CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.**

Para el nivel bajo de complejidad se permite la construcción de un único pozo.

Para los niveles medio y medio alto de complejidad debe contarse con un mínimo de dos pozos más un pozo de redundancia. El número de pozos debe tener una capacidad sumada igual al caudal de diseño. El pozo de redundancia debe tener una capacidad igual a la de los demás.

Para el nivel alto de complejidad, debe construirse un mínimo de dos pozos de operación normal con una capacidad sumada igual al caudal de diseño más las pérdidas en la aducción y las necesidades en la planta de tratamiento. Debe colocarse un pozo de reserva por cada 5 pozos de operación normal, con igual capacidad.

**ARTÍCULO 76.- DESINFECCIÓN DE LOS POZOS ANTES DE PONERLOS EN FUNCIONAMIENTO.** Todo pozo debe desinfectarse antes de colocarlo en funcionamiento como captación de agua subterránea para sistemas de acueducto. La desinfección debe hacerse con compuestos clorados, con una concentración de 50 p.p.m. de cloro en el agua y una duración mínima de 24 horas de contacto. Después de la desinfección, el agua debe estar libre de cloro residual .

Antes de dar al servicio el pozo, deben tomarse muestras de agua, para asegurar que no se presenten efectos de la perforación y/o excavación sobre la calidad del agua.

**ARTÍCULO 77.- PERÍODO DE DISEÑO DE LAS ADUCCIONES O CONDUCCIONES.** El período máximo de diseño de las aducciones o conducciones es función del nivel de complejidad del sistema y se debe aplicar el establecido en la tabla No. 12:

tabla número 12

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio alto	25 años
Alto	30 años

**PARÁGRAFO:** Para los niveles de complejidad medio, medio alto y alto, las aducciones o conducciones deberán ser analizadas y evaluadas teniendo en cuenta el periodo de diseño máximo, para definir las etapas de construcción, según las necesidades del proyecto, basadas en la metodología de costo mínimo.

**ARTÍCULO 78.- CAUDAL DE DISEÑO DE LAS ADUCCIONES O CONDUCCIONES.** Para calcular el caudal de diseño de las obras de aducción o conducción deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

1. Para los niveles bajo y medio de complejidad, la aducción o conducción debe diseñarse para el caudal máximo diario, (QMD) del año horizonte del proyecto, si se cuenta con almacenamiento; en caso contrario, debe diseñarse para el caudal máximo horario (QMH). En caso de sistemas con bombeo, debe diseñarse para el caudal medio diario y en los días de mayor consumo se aumentará el tiempo de bombeo.
2. Para los niveles medio alto y alto de complejidad, la aducción o conducción debe diseñarse para el caudal máximo diario (QMD) del año horizonte del proyecto más las pérdidas en la conducción o aducción y las necesidades en la planta de tratamiento. En estos casos se supone que existe almacenamiento.
3. En todos los casos debe adicionarse el caudal estimado para el consumo de agua de lavado, de filtros y sedimentadores y el consumo interno de la planta
4. En el caso de aducciones en canales abiertos deben calcularse las pérdidas por evaporación y si el canal no está revestido también deben considerarse pérdidas por infiltración.

**ARTÍCULO 79.- DESINFECCIÓN DE LA CONDUCCIÓN ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA.** En el caso de las conducciones de agua tratada, éstas deben ser desinfectadas antes de ponerlas en servicio. La desinfección debe ser hecha con

compuestos clorados, con una concentración mínima de 50 p.p.m. de cloro en el agua y una duración mínima de 24 horas de contacto, al final de las cuales se debe proceder al drenaje total del agua de lavado. Si el cloro residual libre del agua de lavado al final de las 24 horas es inferior a 0,4 mg/l, se debe repetir la operación con 25 p.p.m.

**ARTÍCULO 80.- PERÍODO DE DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.**  
El período de diseño de las redes de distribución de agua potable es función del nivel de complejidad del sistema y se encuentra establecido en las siguientes tablas:

tabla número 13

**Período de diseño de la red matriz o red primaria**

Nivel de complejidad del sistema	Período de diseño
Medio	20 años
Medio alto	25 años
Alto	30 años

tabla número 14

**Período de diseño de la red de distribución secundaria o red local**

Nivel de complejidad del sistema	Período de diseño
Bajo	15 años
Medio	15 años
Medio alto	20 años
Alto	25 años

tabla número 15

**Período de diseño de redes menores de distribución o red terciaria o red local**

Nivel de complejidad	Período de diseño
Bajo	15 años
Medio	20 años

Para los niveles complejidad Medio Alto y Alto, en los cuales pueden existir redes menores de distribución, el período de diseño debe corresponder al tiempo esperado para alcanzar la población de saturación. Para los niveles de complejidad Bajo y Medio, el período de diseño para redes menores no puede ser superior al tiempo establecido en la tabla anterior .

**PARÁGRAFO:** Para todos los niveles de complejidad, los proyectos de redes de distribución de acueducto deberán ser analizados y evaluados teniendo en cuenta el período de diseño, llamado también horizonte de planeamiento del proyecto, con el fin de definir las etapas de diseño según las necesidades del proyecto, basadas en la metodología de costo mínimo.

**ARTÍCULO 81.-CAUDAL DE DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.** El caudal de diseño depende del nivel de complejidad del sistema, tal como se discrimina a continuación :

1. Para el nivel bajo de complejidad, el caudal de diseño será el caudal máximo horario (QMH) del año horizonte del proyecto.
2. Para los niveles medio y medio alto de complejidad, el caudal de diseño debe ser el caudal máximo horario (QMH) del año horizonte del proyecto el caudal medio diario (Qmd) más el caudal de incendio, el que resulte mayor de cualquiera de los dos.
3. Para el nivel alto de complejidad, el caudal de diseño debe ser el caudal máximo horario (QMH) del año horizonte del proyecto.

**ARTÍCULO 82.-PRESIONES DE SERVICIO MINIMAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.**

La presión de servicio mínimas en la red depende del nivel de complejidad del sistema, y debe ser como mínimo el que se especifica a continuación en la tabla No 16:

tabla número 16

Nivel de complejidad	Presión mínima (kPa)	Presión mínima (metros)
Bajo	98.1	10
Medio	98.1	10
Medio alto	147.2	15
Alto	147.2	15

**PARAGRAFO:** Las presiones de servicio mínimas establecidas en este artículo deben obtenerse cuando por la red de distribución esté circulando el caudal de diseño.

**ARTÍCULO 83.- PRESIONES MÁXIMAS EN LA RED MENOR DE DISTRIBUCIÓN.** El valor de la presión máxima a tener en cuenta para el diseño de las redes menores de distribución, para todos los niveles de complejidad del sistema, debe ser de 588.6 kPa (60 mca). Cualquier valor mayor debe ser justificado ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

**PARAGRAFO:** La presión máxima establecida en este artículo corresponde a los niveles estáticos, es decir, cuando no haya flujo en movimiento a través de la red de distribución, pero sobre ésta esté actuando la máxima cabeza producida por los tanques de abastecimiento o por estaciones elevadoras de presión. La presión máxima no debe superar la presión de trabajo máxima de las tuberías de las redes de distribución.

**ARTÍCULO 84.- DIÁMETROS INTERNOS MÍNIMOS EN LA RED MATRIZ.** Para aquellos casos de los niveles bajo y medio de complejidad en los cuales exista una

red matriz y para los niveles medio alto y alto de complejidad, los diámetros internos mínimos de las tuberías que deben utilizarse en la red matriz se indican en la tabla No. 17:

tabla número 17

Nivel de complejidad de sistema	Diámetro mínimo
Bajo	64 mm (2.5 pulgadas)
Medio	100 mm (4 pulgadas)
Medio alto	150 mm (6 pulgadas)
Alto	300 mm (12 pulgadas) o más según diseño

**ARTÍCULO 85.- DIÁMETROS INTERNOS MÍNIMOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.** El valor del diámetro interno mínimo de las tuberías que deben utilizarse en las redes menores de distribución depende del nivel de complejidad del sistema y del usos del agua, tal como se muestra en la tabla No. 18

tabla número 18

Nivel de complejidad	Diámetro mínimo
Bajo	38.1 mm (1.5 pulgadas)
Medio	50.0 mm (2.0 pulgadas)
Medio alto	100 mm (4 pulgadas). Zona comercial e industrial 63.5 mm (2 ½ pulga) Zona residencial
Alto	150 mm (6 pulgadas) Zona comercial e industrial 75 mm (3 pulgadas) Zona residencial

**ARTÍCULO 86.- MACROMEDIDORES.** Debido a que los volúmenes entregados al sistema de distribución de agua potable son un parámetro importante que debe ser considerado en la realización del balance de distribución, en las labores de operación y mantenimiento y en la planeación futura, debe preverse la instalación de macromedidores para la correspondiente obtención de datos de consumo fidedignos.

Los macromedidores deben ser de tipo de presión diferencial, o ultrasonido, o electromagnético, o de hélice, o de turbina. Para los niveles de complejidad del sistema medio alto y alto los macromedidores deben estar provistos de sistemas de telemetría.

Para la instalación de macromedidores deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Los puntos de medición del caudal entregado deben estar situados a la salida de las plantas de tratamiento de agua y aguas arriba de cualquier salida de agua a los usuarios.
2. Los macromedidores deben estar situados preferiblemente en la entrega a tanques de compensación que formen parte del sistema de distribución de agua potable, teniendo en cuenta la necesidad de contabilizar el rebosamiento en los mismos, y también para utilizarlos en las operaciones de rutina del sistema de abastecimiento de agua.

3. Para los niveles medio alto y alto de complejidad en los que la red de distribución sea operada por empresas diferentes, al inicio de la red concedida a cada uno de las empresas prestadoras del servicio debe existir un macromedidor con el fin de contabilizar el agua que está siendo entregada a cada uno de ellos.
4. En el caso de redes de distribución correspondientes a zonas de abastecimiento bien diferenciadas y que pueden ser susceptibles de aislamiento por medio de una o dos tuberías de alimentación, deben tenerse macromedidores en dichas tuberías.

**ARTÍCULO 87.- MICROMEDICIÓN.** Sin perjuicio de lo establecido en la Ley 373 de 1997 y la Ley 142 de 1194, para todos los niveles de complejidad del sistema es obligatorio colocar medidores domiciliarios para cada uno de los suscriptores individuales del servicio del acueducto. Las excepciones a esta regla serán las establecidas en dichas leyes.

**ARTÍCULO 88.- DISPOSICIÓN DE LOS HIDRANTES.** Se tendrá en cuenta que la presión requerida para la protección contra incendios puede obtenerse mediante el sistema de bombas del equipo del cuerpo de bomberos y no necesariamente de la presión en la red de distribución. Los hidrantes se instalarán preferiblemente en las tuberías matrices. La Entidad Prestadora de servicio de acueducto de común acuerdo con el cuerpo de Bomberos local o regional, dispondrá de las distancias mínimas entre los hidrantes para zonas residenciales, pero estas no deben ser superiores a 300 metros. Para zonas industriales y/o comerciales, la distancia mínima deberá ser determinada por el cuerpo de bomberos local o en su defecto por la entidad prestadora del servicio de acueducto local. La disposición final de los hidrantes debe ser recomendada por el diseñador de acuerdo con las exigencias de la zonificación urbana.

**ARTÍCULO 89.- DIAMETROS MÍNIMOS DE LOS HIDRANTES.** Los diámetros mínimos de los hidrantes contra incendios, colocados en la red de distribución de agua potable, dependen del nivel de complejidad del sistema, tal como se especifica a continuación:

Para los niveles bajo y medio de complejidad, el diámetro mínimo de los hidrantes será de 75 mm (3 pulgadas).

Para los niveles medio alto y alto de complejidad, los diámetros mínimos de los hidrantes serán de 100 mm (4 pulgadas), para sectores comerciales e industriales, o zonas residenciales con alta densidad. Para las zonas residenciales con densidades menores a 200 hab/Ha, el diámetro mínimo de los hidrantes debe ser de 75 mm (3 pulgadas).

**ARTÍCULO 90.- DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE LAS TUBERÍAS DE AGUA POTABLE Y LAS OTRAS REDES DE SERVICIOS.** Las distancias mínimas entre las tuberías que conforman la red de distribución de agua potable y las tuberías de alcantarillado y las redes de teléfonos, energía y gas domiciliario dependen del nivel de complejidad del sistema tal como se especifica en las tablas a continuación. Allí la distancia vertical se entiende como la distancia entre la cota batea de la tubería de acueducto y la cota clave de la tubería de alcantarillado o del ducto de cualquiera de los otros servicios, y la distancia horizontal se refiere a la distancia libre entre bordes de estas tuberías y ductos.

tabla número 19

**Distancias mínimas al alcantarillado de aguas negras o combinadas.**

Nivel de complejidad del sistema	Distancias mínimas
Bajo	1 m horizontal; 0.3 m vertical
Medio	1 m horizontal; 0.3 m vertical
Medio alto	1.5 m horizontal; 0.5 m vertical
Alto	1.5 m horizontal; 0.5 m vertical

tabla número 20

### Al alcantarillado de aguas lluvias

Nivel de complejidad del sistema	Distancias mínimas
Bajo	1.0 m horizontal; 0.3 m vertical
Medio	1.0 m horizontal; 0.3 m vertical
Medio alto	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical
Alto	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical

tabla número 21

### A los ductos de telefonos o energía

Nivel de complejidad del Sistema	Distancias Mínimas
Bajo	1.0 m horizontal; 0.2 m vertical
Medio	1.0 m horizontal; 0.2 m vertical
Medio alto	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical
Alto	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical

tabla número 22

### A las Redes domiciliarias de gas

Nivel de complejidad del sistema	Distancias mínimas
Bajo	1.0 m horizontal; 0.3 m vertical
Medio	1.0 m horizontal; 0.3 m vertical

Medio alto	1.5 m horizontal; 0.5 m vertical
Alto	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical

**PARAGRAFO 1:** Las tuberías de acueducto no pueden estar ubicadas en la misma zanja de una tubería de alcantarillado sanitario o pluvial, y su cota de batea debe estar por encima de la cota clave del alcantarillado. En general, las tuberías de acueducto deben colocarse hacia uno de los costados de las vías, preferiblemente los costados norte y este, opuesto a aquel donde se coloquen las tuberías de alcantarillado sanitario.

**PARAGRAFO 2:** En el caso que por falta física de espacio o por un obstáculo insalvable, sea imposible cumplir con las distancias mínimas anteriormente relacionadas, la tubería de acueducto deberá ser revestida exteriormente con una protección a todo lo largo de la zona de interferencia, que garantice su estanqueidad ante la posibilidad de contaminación por presiones negativas.

**ARTÍCULO 91.- PROFUNDIDAD MÍNIMA DE LA INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN.** La profundidad mínima a la cual deben instalarse las tuberías de la red de distribución no debe ser menor de 1.0 m, medido desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno.

**PARAGRAFO:** Para los casos críticos de instalación donde sea necesario colocar la clave de la tubería entre 0.60 m y 1.0 m de profundidad, debe efectuarse un análisis estructural teniendo en cuenta las cargas exteriores debidas al peso de tierras, cargas vivas, impacto y otras que puedan presentarse durante el proceso de instalación. Se exceptúan las zonas en donde se garantice que no habrá flujo vehicular, previa aprobación por parte de la Oficina de Planeación del Municipio o de la Entidad Prestadora del servicio de agua potable.

**ARTÍCULO 92.- PROFUNDIDAD MÁXIMA DE LA INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN.** La profundidad de instalación de las tuberías que conforman la red de distribución, en términos generales, no debe exceder de 1.50 m., medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno. Los casos especiales deben consultarse con la Oficina de Planeación del Municipio o con la Entidad Prestadora del servicio de acueducto.

**ARTICULO 93.- PERÍODO DE DISEÑO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO.** El período de diseño depende del nivel de complejidad del sistema, y debe ser el establecido en la tabla No. 23

tabla número 23

Nivel de complejidad del sistema	Período de diseño
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio alto	25 años
Alto	30 años

**PARAGRAFO.-** Los Proyectos para las Estaciones de Bombeo deberan ser analizados y evaluados teniendo en cuenta el período de diseño, llamado también horizonte de planeamiento del Proyecto, para definir las etapas de construcción de las obras civiles y las de instalación de equipos, según las necesidades del proyecto, basadas en la metodología de Costo Mínimo.

**ARTICULO 94.- NÚMERO MÍNIMO DE UNIDADES DE BOMBEO.** La instalación de las unidades de bombeo se puede hacer por etapas pero se debe tener en cuenta el número de unidades mínimo a instalar en la etapa inicial. De todas maneras el número de bombas a colocar debe definirse de acuerdo con la capacidad requerida y la energía disponible, según las siguientes disposiciones:

1. En el nivel bajo de complejidad deben colocarse dos bombas, cada una con una capacidad igual a la capacidad requerida.
2. En el nivel medio de complejidad debe colocarse un mínimo de dos bombas. Cuando se utilicen únicamente dos bombas, cada una de ellas debe tener una capacidad igual al caudal de diseño de la estación.

En los niveles medio alto y alto de complejidad el número de bombas debe ser determinado por el análisis de costo mínimo, colocando un mínimo de dos bombas. Cuando se utilicen únicamente dos bombas, cada una de ellas debe tener una capacidad igual al caudal de diseño de la estación.

Para todos los niveles de complejidad, cuando el número de bombas sea mayor que dos, la capacidad debe distribuirse equitativamente entre ellas. Además, deben preverse unidades de reserva del mismo tipo.

Para todos los niveles de complejidad que requieran tres o más bombas, debe colocarse una unidad adicional como reserva por cada tres bombas empleadas.

**ARTICULO 95.-CAUDAL DE DISEÑO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO.** La capacidad de la estación debe ser el caudal máximo diario, QMD, si el bombeo es de 24 horas. Si se bombea menos horas al día la capacidad de la estación debe ser el caudal máximo diario dividido por el porcentaje del tiempo de bombeo. Siempre debe bombearse a un tanque de almacenamiento o compensación.

**PARAGRAFO:** No se permite el bombeo directo hacia la red de distribución. De igual forma, no se permite el bombeo directo desde la red de distribución. Se exceptúan de las consideraciones anteriores las estaciones de bombeo de refuerzo, llamadas también Booster, para elevar la presión de la red en un determinado sector de servicio, con bombas de velocidad variable.

**ARTICULO 96.-PERÍODO DE DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y COMPENSACIÓN.** El período de diseño depende del nivel de complejidad del sistema, y debe ser el establecido en la tabla No. 24:

tabla número 24

Nivel de complejidad del sistema	Período de diseño
Bajo	20 años

Medio	25 años
Medio alto	30 años
Alto	30 años

**PARAGRAFO:** Partiendo de un análisis de costo mínimo de expansión de capacidad, el diseño de los tanques de almacenamiento debe considerar un desarrollo de construcción por módulos o etapas, hasta completar la capacidad diseñada al final del periodo de diseño, llamado también horizonte de planeamiento del proyecto.

**ARTICULO 97.-NÚMERO MÍNIMO DE TANQUES.** El número mínimo de tanques debe ser establecido de acuerdo con las siguientes disposiciones:

1. Para los niveles bajo, medio y medio alto de complejidad, la red de distribución debe tener como mínimo un tanque de almacenamiento.
2. En el nivel alto de complejidad, el número de tanques debe determinarse según los requerimientos de presión y almacenamiento previstos para la red de distribución. En todos los casos, la red de distribución debe tener como mínimo dos tanques o al menos uno con dos módulos o compartimentos iguales que operen en forma independiente ante la posibilidad de que uno de ellos quede fuera de servicio y/o para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza sin suspender el servicio.

**ARTICULO 98.- CAUDAL DE DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.** El tanque debe proveer el caudal máximo horario (QMH), teniendo en cuenta la variación del consumo que se entrega a la zona que está abasteciendo.

**ARTICULO 99.- VOLUMEN DEL TANQUE.** Para el nivel bajo de complejidad, el volumen del tanque debe ser igual a la capacidad de regulación. Para los niveles medio, medio alto y alto de complejidad, el volumen del tanque debe ser la mayor cantidad obtenida entre la Capacidad de regulación y la Capacidad para satisfacer la demanda contra incendio. En todos los casos debe dejarse un borde libre con el fin de permitir la ventilación. Este borde debe tener como mínimo 0.30 m.

**ARTICULO 100.- DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO ANTES DE SU PUESTA EN MARCHA.** Antes de poner en servicio cualquier tanque de distribución, este debe ser desinfectado. La desinfección debe ser hecha con compuestos clorados, llenando el tanque con una concentración de 50 p.p.m. de cloro en el agua y una duración mínima de 24 horas de contacto, al final de las cuales se debe proceder al drenaje total del agua de lavado al sistema de alcantarillado. Si el cloro residual libre del agua de lavado al final de las 24 horas es inferior a 0,4 mg/lt, se debe repetir la operación con 25 p.p.m. de cloro en el agua.

**ARTICULO 101.- LIMPIEZA PERIÓDICA DE LOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO.** Los tanques de almacenamiento y/o compensación deben limpiarse y desinfectarse por lo menos una vez al año siguiendo el procedimiento del artículo anterior.

**ARTÍCULO 102.- CATASTRO DE REDES.** Debe contarse con un catastro de la red actualizado que incluya un inventario de las tuberías existentes, su localización y el mayor número de anotaciones posible para cada accesorio considerado estratégico en la operación

como: tipo de accesorio, material, profundidad y año de instalación. Este catastro debe incluir además las válvulas e hidrantes que formen parte de la red de distribución.

## CAPITULO XIII

### SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS

El presente capítulo esta dirigido al desarrollo de estudios y diseños de los componentes de un sistema de potabilización de agua dirigido a la construcción de obras nuevas o a la rehabilitación, ampliación y/u optimización de obras existentes: prefiltros, microtamices, trampas de grasas y aceites, aireador, unidades de mezcla rápida y floculación, sedimentación, flotación, filtración, desinfección, estabilización, ablandamiento, adsorción sobre carbón activado, desferrización, desmanganetización, manejo de lodos, floculación lastrada, flotación, tanque de contacto del desinfectante, dispositivos de control de las unidades de la planta e instrumentación, laboratorio, sala de dosificación y almacenamiento de los productos. Igualmente se referencian los productos químicos que pueden ser empleados en el tratamiento del agua potable.

**ARTICULO 103.- REQUISITOS MÍNIMOS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS NUEVOS DE POTABILIZACIÓN.** Entre los aspectos que deben tenerse en cuenta para el desarrollo de proyectos de potabilización de agua nuevos, se encuentran los siguientes:

*Dotación y caudal de diseño:* Deben satisfacerse los requerimientos mínimos de agua para la población objetivo, considerando la dotación bruta. El caudal de diseño de la planta de tratamiento debe ser el caudal máximo diario cuando se cuente con almacenamiento, o en su defecto el caudal máximo horario.

*Ubicación de la planta:* Los aspectos que deben considerarse en la ubicación de la planta son los siguientes: 1) Disponibilidad de la tierra; 2) Investigación geotécnica previa para establecer las condiciones geológicas del sitio en función de riesgos de desplazamiento de masa, evitando las fallas geológicas y teniendo en cuenta además el riesgo de sismicidad de la región; 3) En lo posible el sitio seleccionado debe permitir la llegada del agua cruda por gravedad. En caso de no ser posible, se debe buscar el sitio de menor cabeza hidráulica de bombeo; 4) El sitio seleccionado debe tener fácil acceso a conexión de energía eléctrica; 5) El terreno seleccionado debe estar alejado de toda posibilidad de inundación, debe tener un buen drenaje y adicionalmente garantizar la evacuación de agua de lavado de filtros y sedimentadores; 6) La vía de ingreso debe permitir el uso de camiones de carga

*Diseño conceptual:* El diseño debe contener la siguiente información: 1) Estudio de Tratabilidad del agua; 2) Los criterios y parámetros adoptados para establecer alternativas de procesos de tratamiento; 3) Planos de las unidades del sistema a nivel prediseño; 4) Presupuesto estimativo por etapas y componentes, costos ambientales, de inversión, de operación y de mantenimiento; 5) Selección del tratamiento de acuerdo a la calidad del agua; y 6) Alternativas técnicas, dentro del tratamiento seleccionado, con los correspondientes estudios de costos, eficiencia, simplicidad, etc. Para la selección de las alternativas de tratamiento para sistemas de potabilización de poblaciones menores de 30.000 hab, debe usarse el programa de Selección de Tecnología y Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización (Seltec), del Ministerio de Desarrollo Económico.

Para la selección de la alternativa de tratamiento óptima, deben considerarse los factores técnicos, económicos, financieros, institucionales y ambientales. Además, deben evaluarse los siguientes criterios:

*Nivel tecnológico apropiado:* Debe ser el más conveniente de acuerdo con la capacidad técnico - administrativa y financiera de la comunidad, del nivel de desarrollo y la capacidad técnico – administrativa de la entidad responsable de la operación y mantenimiento de los sistemas; además, debe tenerse en cuenta que sea de simple construcción, fácil manejo, bajo costo de operación y que el sistema sea sostenible.

*Capacidad de operación y mantenimiento.* Debe considerarse la capacitación del personal en el control y manejo del proceso seleccionado. Lo anterior tiene como objetivo evitar, siempre que sea posible, la implantación de tecnologías que excedan la capacidad técnica local para su operación.

*Simplificación del sistema y nivel de financiación.* La alternativa seleccionada debe ofrecer soluciones óptimas que reduzcan el uso de energía eléctrica, combustible, mecanismos complejos o sofisticados, tecnología importada, periodos cortos de construcción con el fin de buscar un tratamiento que ofrezca la mayor eficiencia con los menores costos de construcción, operación y mantenimiento.

*Estudio de recursos locales.* Este estudio consta de dos partes: Recursos materiales y equipos. Se deben identificar los materiales y equipos disponibles localmente para emplearlos durante la construcción; esto permite obtener un diseño más económico; y Recursos humanos y administrativos. Debe evaluarse la capacidad local y de organización que permita la supervisión, construcción, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de acuerdo con la tecnología seleccionada. Este estudio debe ir acompañado de un análisis de la capacidad económica de la comunidad para determinar si cuenta con los recursos financieros necesarios que garanticen la sostenibilidad del proyecto.

*Adecuación hidráulica de la planta:* Debe adecuarse la hidráulica general de la planta, respecto a la pérdida de carga necesaria para un funcionamiento correcto de cada uno de los procesos que la componen. Deben considerarse la topografía del sitio, las pérdidas de cabeza producidas por los filtros y las conexiones entre unidades, entre otros aspectos. Hidráulicamente la planta debe estar en capacidad de transportar el caudal de diseño a través de todos sus procesos.

**ARTICULO 104.- PROCESOS MÍNIMOS DE TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE UNA FUENTE ACEPTABLE .** En fuentes superficiales o subterráneas, que durante el 90% del tiempo ( $t_{90}$ ) en una serie estadística de análisis que cubra por lo menos un ciclo de lluvias y un ciclo seco, mantengan los parámetros de calidad de la tabla No. 25, los procesos de tratamiento mínimos a diseñar, construir y operar deben ser: remoción del material flotante de las fuentes superficiales mediante cribado con rejillas, seguido de los procesos de desinfección y ajuste de pH si se justifica.

tabla número 25

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis en $t_{90}$
DBO 5 días		

Promedio mensual	mg/L	≤ 1.5
Máximo diario	mg/L	1 – 3
<b>Coliformes totales</b> Promedio mensual	(NMP/100 mL)	0 – 50
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/L	≥ 4
<b>PH promedio</b>		6.0 – 8.5
<b>Turbiedad</b>	(UNT)	< 2
<b>Color verdadero</b>	(UPC)	< 10
<b>Gusto y olor</b>		Inofensivo
<b>Cloruros</b>	(mg/L - Cl)	< 50
<b>Fluoruros</b>	(mg/L - F)	< 1.2

**ARTICULO 105.- PROCESOS MÍNIMOS DE TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE UNA FUENTE REGULAR.** En fuentes superficiales o subterráneas, que durante el 90% del tiempo ( $t_{90}$ ) en una serie estadística de análisis que cubra por lo menos un ciclo de lluvias y un ciclo seco, mantengan los parámetros de calidad de la tabla No. 26, los procesos de tratamiento mínimos a diseñar, construir y operar deben ser: remoción del material flotante en las fuentes superficiales mediante un cribado con rejillas, seguido de desarenación si se justifica, filtración lenta sencilla o de múltiples etapas; o filtración rápida directa para valores de turbiedad hasta un máximo de 10 UNT; o floculación, sedimentación y filtración rápida, seguida de desinfección y ajuste de pH si se justifica. En este último caso los procesos de coagulación y sedimentación deben diseñarse para obtener una eficiencia tal que permitan reducir la turbiedad a un valor máximo de 10 UNT antes del proceso de filtración rápida.

tabla número 26

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis en $t_{90}$
<b>DBO 5 días</b>		
Promedio mensual	mg/L	1.5 – 2.5
Máximo diario	mg/L	3 – 4
<b>Coliformes totales</b> Promedio mensual	(NMP/100 mL)	50 – 500

<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/L	≥ 4
<b>PH promedio</b>		5.0 – 9.0
<b>Turbiedad</b>	(UNT)	2 – 40
<b>Color verdadero</b>	(UPC)	10 – 20
<b>Gusto y olor</b>		Inofensivo
<b>Cloruros</b>	(mg/L – Cl)	50 – 150
<b>Fluoruros</b>	(mg/L – F)	< 1.2

**ARTICULO 106.- PROCESOS MÍNIMOS DE TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE UNA FUENTE DEFICIENTE.** En fuentes superficiales que durante el 90% del tiempo ( $t_{90}$ ) en una serie estadística de análisis que cubra por lo menos un ciclo de lluvias y un ciclo seco, mantengan los parámetros de calidad de la tabla No. 27; los procesos de tratamiento mínimos a diseñar, construir y operar deben ser: remoción del material flotante mediante cribado con rejillas, desarenación si se justifica, coagulación, sedimentación, filtración rápida seguida de desinfección y ajuste de pH. Los procesos de coagulación y sedimentación deben diseñarse para obtener una eficiencia tal que permitan reducir la turbiedad a un valor máximo de 10 UNT y el color a un valor máximo de 20 UC.

tabla número 27

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados de los análisis en <math>t_{90}</math></b>
<b>DBO 5 días</b>		
Promedio mensual	Mg/L	2.5 – 4
Máximo diario	Mg/L	4 – 6
<b>Coliformes totales</b>		
Promedio mensual	(NMP/100 mL)	500 – 5000
<b>Oxígeno disuelto</b>	Mg/L	≥ 4
<b>PH promedio</b>		3.8 – 10.5
<b>Turbiedad</b>	(UNT)	40 – 150
<b>Color verdadero</b>	(UPC)	20 – 40
<b>Gusto y olor</b>		Inofensivo
<b>Cloruros</b>	(mg/L - Cl)	150 – 200

Fluoruros	(mg/L - F)	< 1.2
-----------	------------	-------

**ARTICULO 107.- PROCESOS MÍNIMOS DE TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE UNA FUENTE MUY DEFICIENTE.** En fuentes superficiales que en promedio, mantengan los parámetros de la tabla No. 28, los procesos de tratamiento mínimos utilizados deben ser los mismos del artículo anterior más los pretratamientos y post-tratamientos específicos para producir una calidad de agua que satisfaga los valores admisibles de todos los parámetros físicos – químicos, microbiológicos y organolépticos contemplados por el Decreto 475 del 10 de marzo de 1998.

tabla número 28

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis en t <sub>90</sub>
<b>DBO 5 días</b>		
Promedio mensual	mg/L	> 4
Máximo diario	mg/L	> 6
<b>Coliformes totales</b> Promedio mensual	(NMP/100 mL)	>5000
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/L	< 4
<b>PH promedio</b>		3.8 – 10.5
<b>Turbiedad</b>	(UNT)	≥ 150
<b>Color verdadero</b>	(UPC)	≥ 40
<b>Gusto y olor</b>		Inaceptable
<b>Cloruros</b>	(mg/L - Cl)	300
<b>Fluoruros</b>	(mg/L - F)	> 1.7

**ARTICULO 108.- ESTUDIO DE TRATABILIDAD.** Deben realizarse estudios estadísticos de la calidad del agua cruda que cubran por lo menos un periodo de lluvias y uno seco. Para la selección de los procesos de tratamiento previos o paralelos al diseño de una planta, deben realizarse ensayos en el laboratorio siendo obligatorio entre estos, el Ensayo de Jarras; y posteriormente, si se justifica, realizar ensayos en planta piloto para determinar el tratamiento al que debe ser sometida el agua. Para los niveles bajo y medio de complejidad no se recomienda la realización de los ensayos de planta piloto, a menos que se estudie un nuevo proceso o variables desconocidas que no pueden ser analizadas en el laboratorio. El Ensayo de jarras es obligatorio para cualquier nivel de complejidad, no solamente en los estudios de tratabilidad del proceso de diseño, sino también diariamente, durante la operación normal de la planta, y cada vez que se presenten cambios en la calidad del agua cruda.

**ARTICULO 109.- DESARENACIÓN.** Siempre que sea necesario, debe construirse un desarenador lo mas cerca posible a la captación de agua superficial, diseñado al menos con dos módulos que operen en forma independiente ante la posibilidad de que uno de ellos quede fuera de servicio. Cada módulo debe tener una capacidad hidráulica igual al caudal máximo diario (QMD) más las pérdidas que ocurran en el sistema y el consumo de la planta de tratamiento. El periodo de retención del agua en este componente no será menor a 20 minutos en cualquier nivel de complejidad

**ARTICULO 110.- COAGULACIÓN – MEZCLA RÁPIDA.** El diseño, operación y construcción de la mezcla rápida ya sea hidráulica o mecánica, debe garantizar la dispersión rápida y homogénea de los coagulantes, auxiliares de coagulación y alcalinizantes los cuales deben ser aplicados de acuerdo con las dosis mínimas óptimas determinadas por el Ensayo de Jarras.

**ARTICULO 111.- FLOCULACIÓN CONVENCIONAL.** Las unidades de mezcla rápida y floculación deben ubicarse lo más cerca posible. En caso de que esto no sea posible, el flujo del agua a través del canal o ducto de transporte entre las dos unidades no debe tener una velocidad menor de 1 m/s. El diseño, construcción y operación de los floculadores hidráulicos o mecánicos, en cualquiera de las tecnologías que se utilicen debe permitir que la velocidad del agua a través de estas unidades sea de 0.2 m/s a 0.6 m/s. De todas maneras los tiempos de detención y gradientes de velocidad deben obtenerse mediante Ensayos de Jarras previos.

**ARTICULO 112.- SEDIMENTACIÓN.** Deben realizarse estudios estadísticos de la calidad del agua cruda que cubran por lo menos un periodo de lluvias y uno seco. Si la turbiedad alcanza valores mayores de 1000 UNT por periodos continuos mayores de quince días debe adoptarse un proceso de presedimentación. Para los niveles bajo y medio de complejidad, el proceso de sedimentación debe tener como mínimo dos unidades. Para los niveles medio alto y alto de complejidad debe tener como mínimo tres unidades. Para todos los niveles de complejidad del sistema, deben realizarse estudios de tratabilidad en el laboratorio y/o planta piloto para determinar los procesos necesarios y sus parámetros de diseño. En caso de no realizar ensayos previos las unidades deben diseñarse teniendo en cuenta los criterios de la tabla No. 29 :

tabla número 29

Tipo de sedimentador	Carga Superficial $m^3/m^2 \cdot día$	Tiempo de detención Horas	Altura Nivel de Agua m.	Dimensiones
De flujo horizontal	15 – 30	2 – 4	4 – 5	Ancho : Largo 1:4 A 1:8
De flujo ascendente	20 – 30, max 60	2 – 4	4 – 5	Diámetro <40 m
De alta tasa	120 – 185 placa angosta 200 – 300 placa profunda	0,16 – 0,25	4 – 5,5	Espacio entre placas 0,05 m
Con manto de lodos	Concentración de sólidos 10 a 20 % vol	1 – 1,5	Altura del manto 1 – 3 m	Altura tanque 4 – 7 m

**ARTICULO 113.- FILTRACIÓN RÁPIDA.** Para todos los niveles de complejidad del sistema, deben realizarse estudios de tratabilidad en el laboratorio y/o planta piloto para determinar los parámetros de diseño. Deben adoptarse las siguientes tasas de filtración:

Para lechos de arena sola o antracita sola con Te de 0.45 mm a 0.55 mm y una profundidad de 0.75 m máxima, la tasa de filtración debe ser inferior a  $120 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$ .

Para lechos mixtos de antracita y arena y profundidad estándar de 0,60 a 0,75 m, la tasa de filtración máxima es de  $300 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$ , siempre y cuando la calidad del floc lo permita.

Para lechos de arena sola o antracita sola de tamaño grueso, con profundidad mayor de 0.9 m, la tasa de filtración máxima es de  $400 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$ .

**PARAGRAFO:** Cuando el lavado de los filtros se hace con fuente externa o tanque de lavado, el número mínimo de unidades deben ser tres; y para lavado mutuo el número mínimo de unidades debe ser cuatro.

**ARTICULO 114.- FILTRACIÓN LENTA.** El número mínimo de unidades de filtración lenta que debe tener la planta es dos. La tasa de filtración de la unidad debe estar entre  $2.4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$  a  $7.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$ .

**ARTICULO 115.- DESINFECCIÓN.** Es obligatorio en todos los niveles de complejidad, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización. Entre los procesos de desinfección que pueden realizarse esta la cloración, ozonación y desinfección con dióxido de cloro. Para la desinfección por cloración, deben emplearse tanques de contacto en todos los niveles de complejidad. El tanque debe proporcionar el tiempo de contacto necesario que garantice la desinfección del agua.

Para la determinación de la dosis óptima de desinfectante, debe emplearse el valor Ct Concentración aplicada por tiempo de detención igual a K. Si la operación de la planta permite durante el 90% de su operación, la remoción del 95 al 99% de coliformes totales en los procesos previos de sedimentación y filtración y la turbiedad del agua filtrada se mantiene durante el 95% del tiempo menor de 1,0 UNT, debe usarse la tabla No. 30 para determinar K en función de la temperatura del agua y su pH

tabla número 30

**Valores de Ct = K en mg·min/l para inactivación de coliformes por cloro libre para log2**

C	10°C				15°C				20°C				25°C			
Dosis de Cloro	pH				pH				pH				pH			
Aplicada																
mg/l	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
≤0.4	24	29	35	42	16	20	23	28	12	15	17	21	8	10	12	14
0,6	25	30	36	43	17	20	24	29	13	15	18	21	8	10	12	14

0,8	26	31	37	44	17	20	24	29	13	15	18	22	9	10	12	15
1	26	31	37	45	18	21	25	30	13	16	19	22	9	10	12	15
1,2	27	32	38	46	18	21	25	31	13	16	19	23	9	11	13	15
1,4	27	33	39	47	18	22	26	31	14	16	19	23	9	11	13	16
1,6	28	33	40	48	19	22	26	32	14	17	20	24	9	11	13	16
1,8	29	34	41	49	19	23	27	33	14	17	20	25	10	11	14	16
2	29	35	41	50	19	23	28	33	15	17	21	25	10	12	14	17
2,2	30	35	42	51	20	23	28	34	15	18	21	26	10	12	14	17
2,4	30	36	43	2	20	24	29	35	15	18	22	26	10	12	14	17
2,6	31	37	44	53	20	24	29	36	15	18	22	27	10	12	15	18
2,8	31	37	45	54	21	25	30	36	16	19	22	27	10	12	15	18
3	32	38	46	55	21	25	30	37	16	19	23	28	11	13	15	18

Si la operación de la planta permite el 90 al 95% de la remoción de coliformes totales en los procesos previos de sedimentación y filtración y la turbiedad del agua filtrada está entre 1,0 y 2,0 UNT, debe usarse la tabla No. 31 para determinar el valor de K en función de la temperatura del agua y su pH.

tabla número 31

**Valores de Ct = K en mg·min/l para inactivación de coliformes por cloro libre para log3**

C	10°C				15°C				20°C				25°C			
Dosis de Cloro	pH				pH				pH				pH			
Aplicada																
mg/l	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,4	37	44	52	63	25	30	35	42	18	22	26	31	12	15	18	21
0,6	38	45	54	64	25	30	36	43	19	23	27	32	13	15	18	22
0,8	39	46	55	66	26	31	37	44	20	23	28	33	13	16	19	22
1	40	47	56	67	27	32	38	45	20	24	28	34	13	16	19	23
1,2	40	48	57	69	27	32	38	46	20	24	29	35	14	16	19	23
1,4	41	49	58	70	28	33	39	47	21	25	29	35	14	17	20	24

1,6	42	50	60	72	28	33	40	48	21	25	30	36	14	17	20	24
1,8	43	51	61	74	39	34	41	49	22	26	31	37	15	17	21	25
2	44	52	62	75	29	35	42	50	22	26	31	38	15	18	21	25
2,2	45	53	64	77	30	35	43	51	22	27	32	39	15	18	21	26
2,4	45	54	65	79	30	36	43	53	23	27	33	39	15	18	22	26
2,6	46	55	66	80	31	37	44	54	23	28	33	40	16	19	22	27
2,8	47	56	67	82	31	37	45	55	24	28	34	41	16	19	23	27
3	48	57	69	83	32	38	46	56	24	29	34	42	16	19	23	28

Para el caso de plantas que usen una fuente altamente contaminada o que en la operación de los procesos previos de sedimentación y filtración se remueva menos del 90% de los coliformes totales y la turbiedad del agua filtrada este entre 2,0 y 5,0 UNT, se debe utilizar la tabla No. 32 para determinar el valor de K en función de la temperatura del agua y su pH.

tabla número 32

**Valores de Ct = K en mg·min/l para inactivación de coliformes por cloro libre para log4**

C	10°C				15°C				20°C				25°C			
Dosis de Cloro	pH				pH				pH				pH			
Aplicada																
mg/l	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,4	49	59	69	83	33	39	47	55	24	29	35	41	16	19	23	28
0,6	50	60	71	85	33	40	48	57	25	30	36	43	17	20	24	29
0,8	52	61	73	87	35	41	49	59	26	31	37	44	17	21	25	29
1	53	63	75	89	35	42	50	60	26	31	37	45	17	21	25	30
1,2	53	63	76	91	36	43	51	61	27	32	38	46	18	21	25	31
1,4	55	65	77	93	37	43	52	63	27	33	39	47	18	22	26	31
1,6	55	66	79	96	37	44	53	64	28	33	39	48	19	22	27	32
1,8	57	67	81	98	38	45	54	65	29	34	41	49	19	23	27	33
2	58	69	83	100	39	46	55	67	29	35	41	50	19	23	27	33
2,2	59	70	85	102	39	47	57	68	29	35	42	51	20	23	28	34
2,4	60	71	86	105	40	48	57	70	30	36	43	52	20	24	29	35

2,6	61	73	87	107	41	49	59	71	31	37	44	53	21	25	29	35
2,8	62	74	89	109	41	49	59	73	31	37	45	54	21	25	30	36
3	63	75	91	111	42	51	61	74	31	38	45	55	21	25	31	37

Las tablas anteriores están elaboradas para desinfección con cloro libre, entendiéndose por tal el que queda después de satisfecha la demanda.

El Ministerio de Salud podrá exigir una remoción mayor para aguas con alta contaminación.

**ARTICULO 116.- PRETRATAMIENTO PARA CONTROL DE SABOR Y OLOR.** Los requisitos mínimos de diseño para llevar a cabo el proceso de control de las características organolépticas como sabor y olor son aplicables a los cuatro niveles de complejidad del sistema, a no ser que se especifique lo contrario. Los procesos que deben analizarse para el control organoléptico son la aeración, adsorción sobre carbón activado granular, adsorción sobre carbón activado pulverizado y oxidación química. Los oxidantes que pueden utilizarse como medida de tratamiento del sabor y el olor pueden ser el cloro, el ozono, el permanganato de potasio, el dióxido de cloro, el peróxido de hidrógeno, el sulfato de cobre y el carbón activado extruído. En caso de emplear algún proceso para el control organoléptico y estético distinto a los mencionados en este título, el diseñador debe pedir permiso especial en los términos del presente Reglamento.

**ARTICULO 117.- PRETRATAMIENTO PARA DESFERRIZACIÓN Y DESMANGANETIZACIÓN.** En este Artículo se establecen los requisitos mínimos de diseño para llevar a cabo el proceso de desferrización y desmanganetización aplicables a los cuatro niveles de complejidad del sistema, a no ser que se especifique lo contrario. El valor admisible de hierro total presente en el agua es 0.3 mg/L y para el manganeso es 0.1 mg/L. Los procesos de pretratamiento que deben analizarse para la remoción del hierro y manganeso presentes en el agua son los siguientes: Oxidación química; Aeración a presión seguida de filtración; Aeración a presión con tanque de contacto y filtración; Aeración en torres de múltiples bandejas con tanque de contacto y filtración; Filtración sobre zeolita mangánica; y Aeración, sedimentación y filtración. En caso de emplear algún proceso para la desferrización y desmanganetización distinto a los mencionados en este título, el diseñador debe pedir permiso especial en los términos del presente Reglamento.

**ARTICULO 118.- DESALINIZACIÓN.** Cuando la fuente de agua superficial o subterránea tenga un contenido de cloruros superior al valor admisible de 250 mg/L, y no habiendo otra fuente económicamente disponible, deberá usarse la ósmosis inversa, la electrodiálisis (inversa) o la nanofiltración para remover los cloruros. Estos procesos de desalinización usuales para el tratamiento del agua de mar o agua salobre, deben utilizarse cuando previamente se haya demostrado que son los que presentan un menor costo de producción del agua potable respecto a otros sistemas (como evaporadores). Si un proceso de separación por membranas es seleccionado para efectuar la desalinización, el estudio previo debe presentar por lo menos dos configuraciones alternativas de las membranas (paso sencillo o doble o sistema por etapas).

**ARTICULO 119.- TRATAMIENTO Y MANEJO DE LODOS.** Los requisitos mínimos para el tratamiento y manejo de los lodos producidos en los procesos de

sedimentación, y filtración producto de la operación de las plantas de tratamiento, son aplicables a los cuatro niveles de complejidad del sistema. La descarga de los lodos debe sujetarse a las siguientes especificaciones:

Para devolverlos directamente a la corriente de agua o descargarlos en alcantarillados, previo tratamiento, debe adquirirse un permiso de las autoridades competentes y deben realizarse estudios de impacto ambiental en el que se demuestre que no contravienen los artículos 72 y 73 del Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 expedido por el Ministerio de Salud - Normas sobre vertimiento a cuerpos de agua o alcantarillados públicos y el Decreto 302 de 2000 expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico.

Si no es posible lo anterior, se deben llevar a lagunas de almacenamiento en donde se decanten y por extrafiltración y evaporación se elimine el agua de arrastre hasta dejar el lodo semisolidificado. De allí debe extraerse por sistema mecánico y transportarlo al punto de disposición final.

Concentrar el lodo en concentradores, extraer dicho lodo y llevarlo a lagunas de secado en donde debe ser solidificado para luego transportarlo y depositarlo en el sitio que se acuerde.

Secar el lodo por sistemas mecánicos: filtros prensa, centrifugado, filtros al vacío, o camas de secado, extraer la pasta desecada que se produce en ellos y transportarla hasta el lugar de almacenamiento.

La descarga final del agua lixiviada, si se hace a un cuerpo de agua, debe cumplir con las normas de vertimiento que trata el artículo 72 del Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 del Ministerio de Salud.

**ARTICULO 120.- EDIFICIO DE OPERACIÓN.** En este Artículo se establecen los requisitos mínimos y las condiciones con las que se debe diseñar cada una de las áreas que conforman el edificio de operación. Se establecen las condiciones para los cuatro **niveles de complejidad** del sistema. Todas las normas son aplicables a los cuatro niveles del sistema, a no ser que se especifique lo contrario

Nivel bajo de complejidad. Dentro del diseño del edificio de operación deben contemplarse los siguientes ambientes: Sala de dosificación y cloración; Oficina del administrador; Laboratorio de servicio; Bodega general para productos químicos y repuestos; Baño.

Nivel medio de complejidad. Dentro del diseño del edificio de operación deben contemplarse los siguientes ambientes: Sala de dosificación y almacenamiento de productos químicos; Sala de cloración y de cilindros de cloro; Oficina del administrador; Laboratorio de servicio y análisis básicos; y Baño.

Nivel medio - alto de complejidad. Dentro del diseño del edificio de operación deben contemplarse los siguientes ambientes: Sala de dosificación; Bodega de almacenamiento; Sala de cloración; Bodega de almacenamiento de cilindros de cloro; Laboratorio de servicios; Sala de operadores; Oficina del laboratorista y depósitos de reactivos; Laboratorio fisicoquímico y microbiológico; Oficina del administrador de la planta con su baño; Oficina del jefe de mantenimiento y auxiliares; Batería de baños; Cocineta; Cuarto de aseo; Zonas de esparcimiento y Parqueaderos.

Nivel alto de complejidad. Dentro del diseño del edificio de operación deben contemplarse los siguientes ambientes: Sala de dosificación; Bodega de almacenamiento junto con su baño; Sala de cloración; Cuarto de depósito para la cloración (incluye equipos de seguridad); Bodega de almacenamiento de cilindros de cloro; Sala de control; Sala de operadores con laboratorio de servicios; Depósito de reactivos y material de laboratorio; Oficina del laboratorista con su baño; Laboratorio físicoquímico y microbiológico; Oficina del administrador de la planta con su baño; Sala de planoteca y reuniones; Oficina del jefe de mantenimiento; Oficina del ingeniero electrónico o similar; Batería de baños; Facilidades de cocina y cafetería según las necesidades; Cuarto de aseo; Zonas de esparcimiento; y Parqueaderos.

**PARAGRAFO 1:** La dosificación de los productos químicos puede ser de dos tipos de acuerdo con las características del material a dosificar, si el material está en polvo o a granel deben emplearse dosificadores en seco, los cuales pueden ser volumétricos o gravimétricos. Si la sustancia está en solución deben emplearse los dosificadores en solución, los cuales pueden ser rotatorios, por bombeo o por gravedad u otro de tecnología conocida y de aceptación extendida

**PARAGRAFO 2:** Para cualquier nivel de complejidad, las instalaciones deberá contar además con: Servicios de agua potable, Alcantarillado o tratamiento individual, gas para el uso del laboratorio, energía eléctrica o planta y radioteléfono, teléfono o celular si es posible para comunicar emergencias.

**ARTICULO 121.- SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.** Los requisitos mínimos que deben presentar las plantas de tratamiento para tener un sistema de instrumentación y control, que permita un adecuado y permanente control de la calidad del agua tratada y operación de la planta, son aplicables a los cuatro niveles de complejidad del sistema, a no ser que se especifique lo contrario.

Los niveles bajo y medio de complejidad deben tener un grado de instrumentación manual suficientemente adecuado para controlar los procesos. Las plantas de tratamiento que se encuentren dentro de estos niveles y que tengan la suficiente capacidad económica pueden implementar sistemas automáticos de instrumentación y control.

Los niveles medio alto y alto de complejidad deben tener un nivel de automatización tal que ofrezcan soluciones rápidas a problemas y permitan los ajustes requeridos a variables del proceso que se necesiten modificar.

**ARTICULO 122.- CALIDAD DEL AGUA TRATADA.** El agua producida en un sistema de potabilización no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud. Por tanto, el agua para consumo humano debe cumplir los Requisitos de Calidad microbiológicos, organolépticos y físico-químicos exigidos en el Decreto 475 de marzo 10 de 1998, de los Ministerios de Salud y de Desarrollo Económico por el cual se expiden las Normas Técnicas de Calidad del Agua Potable, o en su defecto el que lo reemplace. La calidad del agua no debe deteriorarse ni caer por debajo de los límites establecidos durante el periodo de tiempo de transporte de la planta de tratamiento al consumidor.

## **CAPITULO XIV**

## **SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y PLUVIALES**

El presente capítulo incluye los elementos de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales que conforman los alcantarillados sanitarios, pluviales y combinados, sus diferentes componentes y estaciones de bombeo. Se consideran además nuevas tecnologías y sistemas de disposición *in situ* como alternativas a los sistemas convencionales. No incluye los sistemas de tratamiento de aguas residuales, ni las instalaciones internas domiciliarias de aguas residuales pluviales o domésticas.

**ARTICULO 123.- ACTIVIDADES PARA EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES.** Las actividades que de manera general deben realizarse en el desarrollo de un proyecto completo de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales se enumeran a continuación. Para el caso de expansiones el diseñador debe establecer cuáles de estas actividades son relevantes para el caso específico.

1. Información básica. Se debe obtener la información relevante citando las fuentes respectivas. Se debe incluir la descripción y diagnóstico del sistema existente de abastecimiento de agua potable y el de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias
2. Delimitación del perímetro sanitario municipal. Es necesario establecer el límite del perímetro sanitario municipal o la porción relevante de éste, y su relación con el área del proyecto.
3. Delimitación del área del proyecto. Se debe definir el área para la cual debe ser proyectado el sistema.
4. Definición del periodo de análisis. Se debe establecer el periodo de planeamiento del sistema y el año inicial de operación
5. Estimación de la población. En el caso de sistemas sanitarios se debe estimar la población a lo largo del periodo de planeamiento del sistema. La población estimada en el área del proyecto debe considerar las densidades de saturación con base en los planes de ordenamiento territorial de la localidad.
6. Delimitación de áreas de drenaje. Se debe delimitar las áreas de drenaje contenidas en el área de planeamiento
7. Determinación de las características del sistema. Se deben determinar las características del sistema existente, y de las aguas residuales y/o pluviales en función de las tendencias de ocupación de la tierra y del ordenamiento territorial.
8. Generación de alternativas de sistemas para la recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales. Es necesario evaluar cada alternativa desde el punto de vista de impacto ambiental.
9. Aprovechamiento de componentes existentes. Debe establecerse la posibilidad de aprovechar total o parcialmente elementos del sistema de recolección y evacuación existente.
10. Análisis de sitios de descarga. Se deben identificar las poblaciones localizadas aguas abajo de los posibles sitios de vertimiento y/o disposición de las aguas residuales evacuadas de la localidad y se deben analizar las características y capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua receptores (ríos, quebradas, arroyos, humedales, lagos, ciénagas, embalses y mar) y los posibles efectos ambientales de las descargas con y sin tratamiento, con base en la legislación vigente.
11. Predimensionamiento de los componentes de las alternativas. Se deben dimensionar de manera preliminar los componentes de cada una de las alternativas.

12. Definición de criterios para la estimación de costos. Se deben recopilar funciones de costos de componentes similares a los considerados en las diferentes alternativas, citando las fuentes bibliográficas que avalen su validez. Estas funciones deben considerar costos de construcción, operación y mantenimiento.
13. Determinación de etapas de construcción. Se deben determinar las etapas de construcción o periodos óptimos de expansión de capacidad de los componentes de cada alternativa considerada, con base en análisis de costo mínimo si éste es apropiado para el tipo de componente, la tasa social de descuento, los factores de economías de escala implícitos en el literal anterior y el análisis de capacidad actual limitante de componentes.
14. Selección de la mejor alternativa. Con base en consideraciones técnicas, económicas, financieras, culturales y ambientales se debe seleccionar la mejor alternativa para ser diseñada, construida, operada y mantenida. La alternativa seleccionada debe contar con licencia ambiental si esta se requiere, o plan de manejo ambiental.
15. Diseño de la alternativa seleccionada. La alternativa debe ser dimensionada completamente y sus costos de construcción totalmente cuantificados dentro de un cronograma preciso de ejecución de obras, incluyendo aspectos específicos requeridos de manejo ambiental y urbano durante su construcción, tales como estudios prediales y de servidumbres, licencias ambientales, plan de manejo ambiental, impacto urbano y especificaciones técnicas. El diseño debe generar además obligatoriamente Manuales, programas y procedimientos de operación y mantenimiento apropiados para garantizar la efectividad y sostenibilidad del sistema a lo largo de su vida útil y minimizar efectos ambientales negativos.

**ARTICULO 124.- COEFICIENTES DE RUGOSIDAD CUANDO SE UTILICE LA FÓRMULA DE MANNING PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADOS.**

Para los niveles de complejidad de sistema medio alto y alto, el valor del coeficiente n de rugosidad de Manning en tuberías de pared lisa debe definirse entre 0.009 y 0.013, previa aprobación de la Entidad Prestadora del servicio de recolección y evacuación de aguas residuales. Este valor será establecido bajo la responsabilidad del diseñador con base en: a) una sustentación técnico - económica incluidos los factores antes mencionados; b) la predicción razonable de que el alcantarillado va a ser adecuadamente construido, operado y mantenido, c) un diseño que tenga en cuenta estimaciones reales de caudal pico diario.

Para los niveles de complejidad de sistema bajo y medio, donde las condiciones de mantenimiento preventivo se hacen en forma ocasional, el coeficiente n de rugosidad de Manning se debe establecer con base en la tabla No. 33

tabla número 33

Valores del coeficiente de rugosidad de Maning para varios materiales	
Material	N
<i>CONDUCTOS CERRADOS</i>	
Asbesto – cemento	0.011 – 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 – 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 – 0.017

Concreto fundido en sitio, formas lisas	0,012 – 0,015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 – 0,017
Gres vitrificado	0.011 – 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 – 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 – 0.015
<i>Metal corrugado</i>	0.022 – 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 – 0.017
<b>CONDUCTOS ABIERTOS</b>	
Canal revestido en ladrillo	0.012 – 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 – 0.020
Canal excavado	0.018 – 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 – 0.035

En todos los casos el diseñador deberá sustentar adecuadamente el valor del "n" que utilice en su diseño asumiendo la responsabilidad por sus análisis y recomendaciones y debe utilizar en sus cálculos el diámetro real interno.

#### **ARTICULO 125.- DISTANCIAS MÍNIMAS A OTRAS REDES.**

1. Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser 1,0 m en la dirección horizontal medidos entre las superficies externas de los dos conductos y 0,3 m en la dirección vertical.
2. En todos los casos, la distancia vertical se mide entre la cota de clave de la tubería de la red de alcantarillado y la cota de batea de la tubería de otros servicios.
3. Los cruces de redes deben analizarse de manera individual para establecer la necesidad de diseños especiales, en particular en aquellos casos donde la distancia mínima vertical sea menor a la establecida anteriormente.

**ARTICULO 126.- DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO DE LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS.** En las redes de recolección y evacuación de aguas residuales, la sección circular es la más usual para los colectores, principalmente en los tramos iniciales. El diámetro interno real mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado sanitario Convencional es 200 mm (8 plg).

**PARÁGRAFO:** El diámetro interno real mínimo permitido en las redes de sistemas de recolección para alcantarillados tipo Condominial o de Flujo Decantado o

Convencionales para niveles de complejidad del sistema Bajo, éste puede reducirse a 150 mm (6 plg), requiriéndose una justificación detallada por parte del diseñador.

**ARTICULO 127.- VELOCIDAD MÍNIMA EN ALCANTARILLADOS**

**SANITARIOS.** Si las aguas residuales fluyen por un periodo largo a bajas velocidades, los sólidos transportados pueden depositarse dentro de los colectores. En consecuencia, se debe disponer regularmente de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para lograr esto, se establece la velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en el colector es 0,45 m/s. Cuando el sistema considerado corresponda a un sistema de alcantarillado simplificado, el valor de la velocidad mínima real es de 0,4 m/s o la correspondiente a un esfuerzo cortante mínimo de 1,0 N/m<sup>2</sup> (0,10 Kg/m<sup>2</sup>). Para un sistema de colectores sin arrastre de sólidos se obvia el criterio de autolimpieza, y por lo tanto, el de velocidad mínima. Los colectores que transporten aguas residuales típicamente industriales deben ceñirse a la legislación y normatividad vigentes sobre vertimientos de este tipo. Para estos colectores la velocidad mínima real aceptable para evitar la formación de sulfuros depende de la demanda bioquímica de oxígeno. Estos valores se definen en la tabla No. 34:

tabla número 34

<b>DBO efectiva (mg/l)</b>	<b>Velocidad mínima real (m/s)</b>
Hasta 225	0,50
De 226 a 350	0,65
De 351 a 500	0,75
De 501 a 690	0,90
De 691 a 900	1,00

**ARTICULO 128.- VELOCIDAD MÁXIMA EN ALCANTARILLADOS**

**SANITARIOS.** La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5 m/s. Los valores mayores deben justificarse apropiadamente para ser aceptados por la Entidad Prestadora del servicio.

**ARTICULO 129.- PENDIENTE MÍNIMA EN ALCANTARILLADOS**

**SANITARIOS.** El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de autolimpieza y de control de gases adecuadas de acuerdo con los criterios del Artículo 127.

**ARTICULO 130.- PENDIENTE MÁXIMA EN ALCANTARILLADOS**

**SANITARIOS.** El valor de la pendiente máxima admisible es aquel para el cual se tenga una velocidad máxima real, según el Artículo 128.

**ARTICULO 131.- PROFUNDIDAD HIDRÁULICA MÁXIMA EN**

**ALCANTARILLADOS SANITARIOS.** Para permitir aeración adecuada del flujo de

aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad hidráulica para el caudal de diseño en un colector debe estar entre 70 y 85% del diámetro real de éste.

**ARTICULO 132.- PROFUNDIDAD MÍNIMA DE INSTALACIÓN EN ALCANTARILLADOS SANITARIOS.** Los valores mínimos permisibles de cubrimiento de los colectores, con relación a la rasante definitiva, se definen en la tabla No. 35

tabla número 35

Servidumbre	Profundidad a la clave del colector (m)
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,20

**ARTICULO 133.- PROFUNDIDAD MÁXIMA DE INSTALACIÓN EN ALCANTARILLADOS SANITARIOS.** En general la máxima profundidad de instalación de los colectores, con relación a la rasante definitiva, es del orden de 5 m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores durante y después de su construcción. Los cruces subterráneos de lagos, ríos y corrientes superficiales deberán acompañarse de un diseño apropiado e idóneo que justifique las dimensiones, los atraques y las profundidades empleadas y deberán proveerse de medios para impedir su destrucción por efectos de la socavación de la corriente atravesada.

**ARTICULO 134.- VELOCIDAD MÍNIMA EN ALCANTARILLADOS PLUVIALES.** La velocidad mínima real permitida en el colector es 0,75 m/s para el caudal de diseño.

**ARTICULO 135.- VELOCIDAD MÁXIMA EN ALCANTARILLADOS PLUVIALES.** Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión. Valores típicos de velocidad máxima permisible para algunos materiales se presentan en la tabla No. 36. Valores superiores requieren una justificación técnica y aprobación de la Entidad Prestadora del servicio.

tabla número 36

Tipo de material	V (m/s)
Ladrillo común	3,0
Ladrillo vitrificado y gres	5,0
Concreto	5,0
PVC	10,0

**ARTICULO 136.- Pendiente mínima EN alcantarillados pluviales.** El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de autolimpieza, de acuerdo con los criterios del Artículo 134.

**ARTICULO 137.- Pendiente máxima EN alcantarillados pluviales.** El valor de la pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tenga una velocidad máxima real, según el Artículo 135.

**ARTICULO 138.- Profundidad mínima de instalación EN alcantarillados pluviales.** La profundidad mínima de instalación de los colectores de aguas lluvias, con relación a la rasante definitiva, deben seguir los mismos criterios del Artículo 129. Las conexiones domiciliarias y los colectores de aguas lluvias deben localizarse por debajo de las tuberías de acueducto. Los colectores de aguas lluvias deben localizarse a una profundidad que no interfiera con las conexiones domiciliarias de aguas residuales al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. En general deben considerarse las interferencias con otras redes.

**ARTICULO 139.- Profundidad máxima de instalación.** La máxima profundidad de los colectores de aguas lluvias debe seguir los mismos parámetros del Artículo 133.

**ARTICULO 140.- Parámetros de diseño de Alcantarillados combinados.** El diseño debe tener en cuenta los requerimientos para los sistemas de aguas residuales y pluviales, cuya agregación lo conforman. Los valores máximos y mínimos que gobiernan el diseño de sistemas combinados corresponden a los de redes pluviales.

**ARTICULO 141.- Parámetros de diseño de pozos de inspección**

1. Diámetro. En los pozos comunes el diámetro interior es generalmente de 1,20 m. Para casos especiales, el diámetro debe estar entre 1,5 y 2 m , dependiendo de las dimensiones de los colectores afluentes. Para pozos comunes construidos para colectores con diámetros menores que 0,6 m, su diámetro interior debe ser de 1,2 m para permitir el manejo de varillas y demás elementos de limpieza. Para pozos especiales construidos para colectores hasta de 1,1 m de diámetro, su diámetro interior es 1,5 m. De igual manera, para colectores de 1,20 m o más de diámetro, el diámetro interior del pozo debe ser 2 m , con el fin de permitir el empleo de equipos de limpieza.
2. Profundidad. La profundidad mínima de los pozos de inspección debe ser 1 m sobre la cota clave del colector afluente más superficial.
3. Diámetro de acceso. El diámetro del orificio de entrada es generalmente 0,6 m. Sin embargo, si la altura del pozo es menor que 1,8 m, el cuerpo del cilindro puede ser extendido hasta la superficie, donde debe disponerse de una losa como acceso.
4. Distancia entre pozos. La distancia máxima entre pozos, cuando la limpieza es manual, está entre 100 y 120 m, y para métodos mecánicos o hidráulicos de limpieza, puede llegar a los 200 m . En el caso de alcantarillados sanitarios sin arrastre de sólidos, la distancia entre pozos o cajas puede ser de este orden. En emisarios finales o en colectores principales, donde las entradas son muy restringidas o inexistentes, la distancia máxima entre estructuras de inspección puede incrementarse en función del tipo de mantenimiento, la cual debe ser del orden de 300 m. En cualquier caso, las distancias adoptadas deben ser sustentadas con base en los criterios expuestos.

**ARTICULO 142.- Parámetros de diseño de las cámaras de caída.** Todos los colectores que lleguen a una estructura de conexión, con una diferencia mayor de 0.75

m con respecto a la batea del colector de salida, deben entregar al pozo mediante una cámara de caída. Para colectores afluentes menores de 300 mm (12 pulg.) de diámetro puede analizarse la alternativa de no construir la cámara de caída pero debe proveer un colchón de agua en la parte inferior del pozo que amortigüe la caída. El diámetro del tubo bajante debe ser del mismo diámetro que el tubo de entrada, pero en ningún caso menor que 200 mm (8 pulg.). Si la tubería de entrada tiene un diámetro mayor que 900 mm (36 pulg.), en lugar de tubo de caída debe diseñarse una transición escalonada entre el tubo y la cámara.

**ARTICULO 143.- Parámetros de diseño de sumideros.** Los sumideros deben ubicarse en los cruces de las vías, de tal manera que intercepten las aguas lluvias de las cunetas antes de las zonas de tránsito de los peatones y en los puntos intermedios bajos. El diseñador debe justificar los métodos y aproximaciones utilizadas en la estimación de caudales y en el análisis del comportamiento hidráulico de cunetas y sumideros. El dimensionamiento de la tubería de conexión del sumidero al sistema de alcantarillado, ya sea un pozo o fuentes receptoras, debe tener un diámetro mínimo de 200 mm (8 pulg.), pendiente superior al 2% y, en general, no debe tener una longitud mayor de 15 m.

**ARTICULO 144.- Parámetros de diseño de aliviaderos.** El caudal de alivio debe corresponder al caudal medio diario de aguas residuales que llegan a la estructura de alivio multiplicado por el factor de dilución, el cual debe ser mayor que 1. El factor de dilución es la relación entre el caudal a partir del cual el aliviadero comienza a derivar agua y el caudal medio diario de las aguas residuales.

**ARTICULO 145.- Parámetros de diseño para canales de aguas lluvias.** Para canales revestidos, la velocidad máxima del agua no debe ser mayor que 8 m/s, y si la pendiente es elevada, deben diseñarse escalones en los canales, de tal forma que la energía disminuya a un valor razonable y si es necesario se dotarán de tanque amortiguador en la llegada, diseñado con el criterio de disipación de energía. Los canales revestidos deben diseñarse de tal manera que sus colectores tributarios descarguen por encima de las aguas máximas del canal y para que los aliviaderos trabajen libremente. Deben efectuarse las provisiones apropiadas de borde libre. Si eventualmente el canal funcionase como conducto cerrado, la profundidad hidráulica no debe exceder el 90 % de la altura del conducto. En curvas horizontales deben proveerse las consideraciones apropiadas de los peraltes necesarios, con las justificaciones del caso. La velocidad máxima en el canal deberá cumplir con lo especificado en el diseño de alcantarillado pluvial. La concepción, el trazado y el dimensionamiento hidráulico del canal deben estar plenamente justificados. Deben hacerse las consideraciones correspondientes al efecto o impacto ambiental del canal. En el diseño de los canales deben tenerse en cuenta los caudales vertidos por otros canales y colectores de aguas lluvias existentes o proyectados dentro del sistema básico de drenaje. Cuando los canales entreguen el agua a cuerpos de agua naturales, deberá tenerse en cuenta la cota con la que debe llegar el canal para hacer el empalme hidráulico.

**ARTICULO 146.- Parámetros de diseño para sifones invertidos.** Los sifones invertidos están conformados por dos o más tuberías, dependiendo de la magnitud del caudal de diseño que se requiera conducir. Estas tuberías deben constar de facilidades de limpieza. La velocidad mínima de flujo para el caso de alcantarillado sanitario debe ser 1 m/s y el diámetro mínimo debe ser 200 mm (8 pulg.). Para el sistema pluvial o combinado la velocidad mínima es 1,2 m/s y el diámetro mínimo de 300 mm (12 pulg.).

En cualquier caso, la velocidad mínima debe ser superior a la velocidad de autolimpieza determinada por esfuerzo cortante. Las entradas a los conductos auxiliares deben ser reguladas por vertederos, de tal forma que las tuberías puedan entrar en servicio progresivamente.

**ARTICULO 147.- Periodo de diseño para estaciones de bombeo o elevadoras.** El periodo de diseño depende del nivel de complejidad del sistema, según lo establecido en la tabla No. 37.

tabla número 37

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño (años)
Bajo	15
Medio	20
Medio alto	25
Alto	30

**PARAGRAFO.-** Los Proyectos para las Estaciones de Bombeo o estaciones elevadoras deberán ser analizados y evaluados teniendo en cuenta el período de diseño, llamado también horizonte de planeamiento del Proyecto, para definir las etapas de construcción de las obras civiles y las de instalación de equipos, según las necesidades del proyecto, basadas en la metodología de Costo Mínimo.

**ARTICULO 148.- Caudales de diseño para estaciones de bombeo o elevadoras.** Para el diseño de una estación de bombeo o elevadora de aguas residuales se deben tener en cuenta el caudal promedio diario, los caudales diarios mínimos y máximos y el caudal pico horario. Tanto para aguas residuales como pluviales, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Caudal máximo al final del periodo de diseño.
- Caudal mínimo al final del periodo de diseño.
- Caudal máximo al final de cada etapa del periodo de diseño.
- Caudal mínimo al final de cada etapa del periodo de diseño.
- Caudal máximo al inicio de la operación de la estación.
- Caudal máximo al final de la operación de la estación

## CAPITULO XV

### SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

El presente capítulo incluye la caracterización de las aguas residuales, sistemas de tratamiento en el sitio de origen, sistemas centralizados y emisarios submarinos.

**ARTICULO 149.- Caracterización de aguas residuales.** A continuación se establece el procedimiento que debe seguirse para la caracterización de las aguas residuales. Las prescripciones establecidas a continuación deben aplicarse a los cuatro niveles de complejidad del sistema a menos que se especifique lo contrario. Si ya existen alcantarillados debe medirse el caudal y debe determinarse las concentraciones de las aguas residuales mediante análisis de laboratorio de muestras tomadas del agua por tratar.

1. Medición de caudales. Para la determinación del caudal de las descargas deben efectuarse por lo menos 3 jornadas de medición horaria durante las 24 horas del día y en cada uno de los emisarios que se consideren representativos. Con estos datos deben determinarse los caudales medio y máximo horario representativos de cada descarga y el factor de mayoración correspondiente. Deben efectuarse mediciones para determinar la cantidad de agua de infiltración y otros caudales afluentes asociados a conexiones erradas al sistema de alcantarillado sanitario. Deben encontrarse factores para caudales de infiltración (en términos de área o de longitud de la red L/s-ha ó L/s-km) de modo que se pueda proyectar el caudal esperado. Así mismo deben tenerse en cuenta los periodos de sequía y de lluvia. Al mismo tiempo que se efectúan las mediciones de caudales máximos en los colectores, debe estimarse el caudal máximo horario con base en los factores de mayoración. Los aportes asociados a periodos de lluvia deben ser tomados en consideración al determinar el caudal de diseño, para lo cual debe hacerse un estudio de infiltración y afluentes. La tasa de infiltración permisible será la estipulada en la tabla No. 38.

tabla número 38

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (L / s·ha)	Infiltración media (L / s·ha)	Infiltración baja (L / s·ha)
Bajo y medio	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2
Medio alto y alto *	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

Para los desechos industriales debe efectuarse una encuesta sobre las industrias existentes y luego se seleccionan los tipos de industrias más relevantes. Deben efectuarse campañas de muestreo en las descargas de los procesos hasta completar el ciclo total de producción en la industria. En los procesos con descargas continuas, deben efectuarse mediciones de caudal, temperatura y pH, y deben tomarse muestras integradas

2. Caracterización físico – química de las aguas residuales mediante muestras simples. Los parámetros que deben medirse para caracterizar el agua residual mediante muestras instantáneas para cada nivel de servicio, aparecen en la tabla No. 39.

tabla número 39

Nivel	Parámetro
Bajo	Oxígeno disuelto, temperatura, pH.
Medio	Oxígeno disuelto, temperatura, pH.

Medio Alto	Oxígeno disuelto, temperatura, pH.
Alto	Oxígeno disuelto, temperatura, pH, alcalinidad, acidez.

3. Caracterización físico – química de las aguas residuales mediante muestras compuestas. Son la mezcla de varias muestras instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma. La tabla No. 40 determina los parámetros que deben medirse para caracterizar el agua residual para cada nivel de complejidad del sistema en muestras compuestas.

tabla número 40

Nivel de complejidad del sistema	Parámetro
Bajo	DBO <sub>5</sub> total y soluble; sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables; DQO soluble y total; nitrógeno total Kjeldahl; fósforo (soluble y particulado)
Medio	DBO <sub>5</sub> total y soluble; sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables; DQO soluble y total; nitrógeno total Kjeldahl; fósforo (soluble y particulado)
Medio alto	DBO <sub>5</sub> total y soluble; sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables; DQO soluble y total; fósforo (soluble y particulado); aceites; detergentes; grasas y nitrógeno total Kjeldahl.
Alto	DBO <sub>5</sub> total y soluble; sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables; DQO soluble y total; nitrógeno total Kjeldahl; fósforo (soluble y particulado); aceites y grasas; fósforo; metales pesados: Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Hg, Cu, Ag, y sustancias orgánicas volátiles, cloruros, detergentes.

4. Las muestras integradas deben usarse en alguno o varios de los siguientes casos:
- Para caracterizar el caudal de un río, el cual varía su composición a lo largo de su trayecto y su ancho. Se toman varias muestras para diferentes puntos de sección transversal y se mezclan en proporción a los flujos relativos para cada sección.
  - En tratamientos combinados para diferentes corrientes de aguas residuales separadas.
  - Para cálculo de las cargas (kg/d) de las sustancias contaminantes en la corriente de agua.
  - La integración debe hacerse de manera proporcional a los caudales medidos al toma la muestra.

**ARTICULO 150.- Parámetros mínimos de calidad del agua que deben medirse.**

Para la caracterización de aguas residuales debe procederse, para cada descarga importante, a realizar por lo menos cinco jornadas de medición y muestreo horario de 24 horas de duración, con determinaciones de caudal y temperatura en el campo. Las

campañas deben efectuarse en días diferentes. En la tabla No. 41 se especifican los parámetros mínimos que deben medirse para cada nivel de complejidad

tabla número 41

Parámetro	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Oxígeno disuelto	X	X	X	X
DBO <sub>5</sub>	X	X	X	X
<i>Soluble</i>	X	X	X	X
<i>Total</i>				
SS	X	X	X	X
SST	X	X	X	X
SSV				
DQO	X	X	X	X
<i>Soluble</i>	X	X	X	X
<i>Total</i>				
NITRÓGENO	X			
<i>Total</i>		X		
<i>Orgánico</i>			X	X
<i>Soluble</i>			X	X
<i>Particulado</i>			X	X
<i>Amoniacal</i>			X	X
<i>Soluble</i>			X	X
<i>Particulada</i>			X	X
<i>Nitritos</i>				
<i>Nitratos</i>				
FOSFORO TOTAL	X	X	X	X
<i>Soluble</i>	X	X	X	X
<i>Particulado</i>				
CLORUROS			X	X
ALCALINIDAD				X
ACEITES Y GRASAS			X	X

COLIFORMES				X
<i>Fecales</i>			X	X
<i>Totales</i>			X	
PH	X	X	X	X
ACIDEZ	X	X	X	X
DETERGENTES			X	X

**ARTICULO 151.- Caudal de diseño.** El diseño de proceso de las unidades de tratamiento debe basarse en el caudal máximo semanal para el periodo de diseño, excepto en casos especiales. El diseño hidráulico de la planta debe hacerse para el caudal máximo horario. Los caudales industriales deben calcularse para los periodos críticos de producción. La modularización de caudales para la expansión futura de la planta de tratamiento debe asociarse a estudios de costo mínimo de acuerdo con lo indicado en el capítulo IX, con excepción del nivel bajo de complejidad. Para comunidades sin alcantarillado sanitario debe determinarse el caudal medio de diseño con base en la dotación de agua potable multiplicada por la población y un factor de retorno entre 0.70 y 0.80, más los caudales de infiltración, conexiones erradas y aportes institucionales comerciales e industriales. Para el calculo de la dotación se deben seguir las recomendaciones contempladas en el Artículo 67.

**ARTICULO 152.- Estudios de tratabilidad y/o Toxicidad.** Se debe hacer un estudio de tratabilidad de las aguas residuales para los niveles de complejidad medio, medio alto y alto. El estudio de tratabilidad debe identificar la(s) tecnología(s) de tratamiento de mayor probabilidad de eficiencia en el tratamiento de los siguientes parámetros de interés: pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos (SS), Demanda Química de oxígeno (DQO), grasas y/o aceites, definidos en la normatividad de vertimientos del Decreto 1594 de 1984 de MinSalud. Este estudio se debe hacer a escala laboratorio. Deben efectuarse estudios de toxicidad a los microorganismos aerobios y anaerobios en plantas de tratamiento biológico en el nivel alto de complejidad del sistema. En otros niveles los pueden hacer de considerarse necesario. Deben medirse metales pesados, ya que en altas concentraciones son tóxicos para los organismos degradadores y para el cuerpo de agua receptor. Estos son cromo (Cr), plomo (Pb), níquel (Ni), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cobre (Cu), zinc (Zn). Para el tratamiento biológico se considera tóxica una concentración total acumulada de metales pesados mayor de 2 mg/L. También los elementos y compuestos químicos tóxicos como el arsénico (As) y el Cianuro (CN). También deben medirse los compuestos orgánicos volátiles (VOC). En aguas residuales domésticas, el contenido de VOC es comúnmente menor de 400 mg/L. Deben hacerse análisis de toxicidad de parámetros que se presumen pueden ser descargados aún cuando no estén incluidos en la lista anterior. Al finalizar la caracterización debe efectuarse un análisis estadístico de los datos generados; en caso de resultar no representativos, debe procederse a ampliar las campañas de caracterización.

**ARTICULO 153.- Estudios mínimos para tratamientos en el sitio de origen.** Los sistemas de tratamiento en el sitio son aquellos que se utilizan en lugares aislados, donde no existen redes de alcantarillado o no es posible construir un sistema integrado

de alcantarillado, o donde se requiere remover la cantidad de sólidos suspendidos antes de verter el agua residual al sistema de alcantarillado. Para comunidades de más de 200 habitantes, antes de proceder a implantar un sistema de tratamiento en el sitio, deben realizarse los siguientes estudios: Inspección visual; Estudio de impacto ambiental: manejo de lodos, olores, tratamiento de patógenos; Estudio de suelos: humedad, permeabilidad, granulometría, conductividad hidráulica saturada; Topográficos: pendiente del terreno; Hidrológicos: precipitación (promedio máximo mensual), evapotranspiración y evaporación (promedio mensual); Revisión de estudios previos hechos en la zona; Vulnerabilidad sísmica e inundaciones.

**ARTICULO 154.- Trampas de Grasa.** Son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. Recibe nombres específicos según al tipo de material flotante que vaya a removerse. El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto. El tanque debe tener 0.25m<sup>2</sup> de área por cada litro por segundo, una relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:18 y una velocidad ascendente mínima de 4mm/s.

**ARTICULO 155.- Tanques sépticos.** El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios: rendimiento del proceso de tratamiento; almacenamiento de lodos y amortiguamiento de caudales pico. Los tanques pueden ser cilíndricos o prismáticos rectangulares. Los cilíndricos se utilizan cuando se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, y los prismáticos rectangulares en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad. La profundidad útil debe estar entre los valores mínimos y máximos dados en la Tabla No. 42, de acuerdo con el volumen útil obtenido.

tabla número 42

Volumen útil (m <sup>3</sup> )	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

El diámetro interno mínimo para los cilíndricos es de 1.10 m. Para los tanques prismáticos rectangulares, el largo interno mínimo es de 0.80 m y la relación ancho / largo mínima es de 2:1 y máxima de 4:1 Los tanques sépticos deben conservar las siguientes distancias mínimas: 1.50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración; 3.0 m distantes de arboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua y 15.0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

**ARTICULO 156.- Campos de infiltración.** Consiste en una serie de trincheras angostas y relativamente superficiales rellenas con un medio poroso (normalmente grava). Deben localizarse aguas abajo de los tanques sépticos y deben ubicarse en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual que sale de los tanques sépticos a fin de no contaminar las aguas subterráneas. Los canales de infiltración deben localizarse en un lecho de piedras limpias cuyo diámetro debe estar comprendido entre 10 y 60 mm. Debe evitarse la proximidad de arboles, para prevenir la entrada de raíces. En la tabla No. 43 aparecen las dimensiones que se deben usar.

tabla número 43

<b>Parámetro</b>	<b>Dimensión</b>
Diámetro de canales	0.10 – 0.15 m
Pendiente	0.3 – 0.5%
Largo máximo	30 m
Ancho del fondo	0.45 a 0.75 m

El área de absorción necesaria debe obtenerse con base en las características del suelo, que se determinan en los ensayos de infiltración. Se recomienda utilizar una tasa de aplicación menor que o igual a 100 L/día/m<sup>2</sup> para los efluentes de tanques sépticos, y periodos de aplicación no mayores de 6 horas.

**ARTICULO 157.- Filtros intermitentes.** La filtración intermitente puede definirse como la aplicación intermitente de agua residual previamente sedimentada, como el efluente de un pozo séptico, en un lecho de material granular (arena, grava, etc) que es drenado para recoger y descargar el efluente final. Los filtros deben localizarse aguas abajo del tanque séptico y aguas arriba de la desinfección si se requiere. Para los filtros intermitentes de arena se deben usar los parámetros de diseño de la tabla No. 44

tabla número 44

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
Carga hidráulica	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d	0.3 - 0.6
Carga orgánica	KgDBO <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> /d	0.002 - 0.010
Frecuencia de dosificación	Veces/día	3 - 6
Volumen del tanque de dosificación	Caudal día	0.5 - 1.0
Pasos a través del filtro	No.	1
Temperatura del medio filtrante	° C	>15

Para los filtros de medio granular recirculante se debe usar los parámetros de diseño de la tabla No. 45

tabla número 45

Parámetro	Unidad	Rango
Carga hidráulica	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d	0.13 - 0.2
Carga orgánica	kgDBO <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> /d	0.010 - 0.040
Tasa de recirculación		3 :1 - 5 :1
Frecuencia de dosificación	min/30min	1 - 10
Volumen del tanque de dosificación	caudal día	0.5 - 1.0
Pasos a través del filtro	No.	2 - 8
Temperatura del medio filtrante	° C	>15

**ARTICULO 158.- Humedales artificiales de flujo sumergido.** Los humedales deben localizarse aguas abajo de un tanque séptico. Para esto, debe hacerse una evaluación de las características del suelo, localización de cuerpos de agua, topografía, localización geográfica, líneas de propiedad y vegetación existente para localizar adecuadamente el humedal. El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios: Conductividad hidráulica, Granulometría, Flujo sumergido para todas las condiciones de caudales.

**ARTICULO 159.- Filtros sumergidos aireados.** Deben colocarse aguas abajo del tanque séptico que sirve como sedimentador. Para su dimensionamiento el diseñador debe seleccionar una metodología que garantice el correcto funcionamiento de la cámara de reacción con un tiempo de retención hidráulica que produzca las eficiencias de remoción esperadas. El lecho filtrante de la cámara de reacción debe ser llenado con material que permita el crecimiento de los microorganismos en su superficie y su espesor debe ser de 40 mm como mínimo. En la cámara de sedimentación debe seleccionar una metodología que garantice la acumulación de biomasa en el reactor y produzca un efluente con concentración de sólidos suspendidos compatibles con el nivel de tratamiento exigido por el diseño. El área superficial debe permitir el acceso para limpieza. El ángulo de inclinación del dispositivo de sedimentación no debe ser superior de 40° con relación a la horizontal y la disposición de los sedimentadores deber ser tal que permita su lavado periódico.

**ARTICULO 160.- Tanques Imhoff.** El tanque Imhoff debe utilizarse para poblaciones con nivel bajo de complejidad. Deben mantenerse las mismas distancias mínimas de los tanques sépticos. Los tanques Imhoff se dividen en tres cámaras que son: Cámara de

sedimentación, cámara de digestión de lodos y el respiradero o área de ventilación del gas. El compartimento de sedimentación debe estar diseñado con una tasa de desbordamiento superficial de 25 a 40 (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d) y un tiempo de retención de 2 a 4 horas. La cámara de digestión debe tener una capacidad de almacenamiento de lodo para 6 meses

**ARTICULO 161.- Estudios mínimos para sistemas centralizados.** La información mínima deberá tener en cuenta: Inspección visual; Estudio de impacto ambiental; Estudio de suelos: humedad, permeabilidad, granulometría, conductividad hidráulica saturada, nivel freático; Topográficos: Curvas de nivel; Hidrogeológicos: Por ejemplo, precipitación (promedio máximo mensual), evapotranspiración y evaporación (promedio mensual); Revisión de estudios previos hechos en la zona; Vulnerabilidad sísmica; Inundaciones y dirección de los vientos

**ARTICULO 162.- Estudios de Calidad de la Fuente Receptora.** Las características de calidad del agua que garantizan el uso deseado o actual están definidas por el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, o el que lo reglamente o lo sustituya, y se debe hacer un tratamiento tal al agua residual antes de verterla a la fuente receptora, que se logren los criterios allí estipulados para situaciones hidrológicas críticas de bajos caudales y descargas máximas de diseño del vertimiento y en los tramos aguas abajo en la corriente. Los análisis de calidad de agua del cuerpo receptor deben considerar los vertimientos que se realizan por reboses del alcantarillado, o alcantarillados en caso de que existan sistemas independientes, junto con los vertimientos directos antes y después del tratamiento. Los parámetros a modelar en el cuerpo de agua receptor serán aquellos que afecten las calidades de agua estipuladas en los usos definidos en el Decreto 1594 de 1984 o aquel que los sustituya. Como mínimo, se deben realizar los siguientes estudios de calidad de la fuente receptora: Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Totales y Fecales, Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) y Sólidos Suspendidos.

**ARTICULO 163.- Selección de Sitios de Ubicación de los Sistemas Centralizados.** Se deben considerar de manera específica los siguientes aspectos: Puntos de emisión de olores y cantidad de emisión en cada uno de ellos; Modelación de la dispersión atmosférica; Evaluación de concentraciones de H<sub>2</sub>S y/o otras sustancias olorosas en las zonas aledañas considerando concentraciones pico con frecuencias inferiores a 15 minutos y Medidas de mitigación. Se deben considerar los requerimientos por la demanda actual y futura en el momento de la selección del sitio. El área requerida para una planta de una capacidad depende de las siguientes consideraciones: Grado de tratamiento requerido; Proceso a ser usado; Grado de redundancia requerido; Requerimientos de espacio para instalaciones secundarias y de soporte, y requerimientos de espacio para acceso, circulación y mantenimiento. La distancia mínima de amortiguamiento para zonas residenciales debe ser de 75 m. Para sistemas particulares pueden exigirse aislamientos superiores. En las zonas susceptibles a inundación, se debe proveer una protección adecuada por medio de diques de tierra u otro método, alrededor del perímetro de la planta. Como mínimo la planta debe permanecer operacional para una creciente con un periodo de retorno de 25 años. Para cualquier nivel de complejidad del sistema, la selección del sitio debe considerar la posibilidad de actividad sísmica en la zona. Se debe revisar las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 (Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998) para determinar en que zona de amenaza sísmica se encuentra el proyecto para de esta manera tomar los controles que sean necesarios. No se permite la localización de

plantas cerca a hábitats especiales como humedales naturales u otro tipo de ecosistemas críticos, así como tampoco cerca a zonas de recreación a menos que se pueda garantizar la ausencia de impactos. En los casos que se considere necesario, se recomienda evaluar la presencia de recursos culturales, históricos o arqueológicos del sitio.

**ARTICULO 164.- Selección del tratamiento - Estudios de Análisis de Alternativas.**

De acuerdo con el nivel de tratamiento deseado existen diferentes alternativas para lograr el objetivo. La tabla No. 46 presenta un resumen de los rendimientos típicos que se deben lograr con las diferentes etapas y procesos de tratamiento:

tabla número 46

	Unidades de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción de constituyentes, Porcentaje						
		DBO	DQO	Sólidos Suspendidos	P	N Org	NH <sub>3</sub> -N	Patógenos
Pre-tratamiento	Rejillas	desp.	Desp	Desp.	Desp	Desp.	desp.	Desp.
	Desarenadores	0-5	0-5	0-10	Desp	Desp.	desp.	Desp.
Trat. Primario	Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0	Desp.
	Lagunas de oxidación	50-70	---	20-60	---	---	---	90-99.99
	Lagunas anaerobias	80-95	---	85-95	---	---	---	90-99.99
	Lagunas aireadas	80-90	---	63-75	30	---	---	90-99.99
	Lagunas facultativas	60-80	---	85-95	---	---	---	90-99.99
	Lagunas de maduración							
Trat. Secundario	Reactor UASB (RAFA)	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	Desp.
	Reactor anaerobio RAP	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	Desp.
	Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	Desp.
	Lodos activados (convencional)	80-95	80-95	80-90	10-25	15-20	8-15	Desp.
	Filtros percoladores de alta tasa, roca.	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15	Desp.
	de super tasa, plástico	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15	
Desinfección	Rayos Ultravioleta	Desp.	Desp	Desp.	Desp	Desp.	Desp.	100
	Cloración	Desp.	Desp	Desp.	Desp	Desp.	Desp.	100

Se deben evaluar los siguientes parámetros de la red de alcantarillado de tal manera que se asegure la integración entre la planta de tratamiento y el sistema de recolección de aguas servidas: Cobertura poblacional del sistema de alcantarillado, proyección de expansión de cobertura para el periodo de diseño de la planta, porcentaje de infiltración y afluentes, porcentaje de conexiones erradas, porcentaje de recolección real de aguas

residuales producidas por la población, aporte industrial de caudales y cargas contaminantes, y ubicación y cuantificación de reboses de excesos.

**ARTICULO 165.- Requisitos mínimos de diseño para rejillas.** Las rejillas deben colocarse aguas arriba de las estaciones de bombeo o de cualquier dispositivo de tratamiento subsecuente que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae el agua residual sin tratar. Se recomienda un espaciamiento entre las barras de la rejilla de 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente, y entre 3 y 77 mm para rejillas limpiadas mecánicamente. La velocidad de aproximación a las rejillas debe estar entre 0.3 y 0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente, y entre 0.3 y 0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente. Se debe usar un rango de velocidades entre 0.3 y 0.6 m/s y entre 0.6 y 1.2 m/s para rejillas limpiadas manualmente y mecánicamente respectivamente. Para ninguno de los dos casos de limpieza manual o mecánica se permitirá una pérdida de cabeza mayor a 75 cm.

**ARTICULO 166.- Requisitos mínimos de diseño para desarenadores.** Independiente de las características geométricas de los desarenadores, estos deben localizarse después de rejillas y antes de los tanques de sedimentación primaria y estaciones de bombeo. Los desarenadores deben diseñarse de manera tal que la velocidad pueda controlarse. La velocidad debe estar en un rango entre 0.2 m/s y 0.4 m/s. Se debe construir un mínimo de dos unidades en cualquiera de los niveles de complejidad. Cada unidad debe tener la capacidad para operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad está en limpieza. Se recomienda un rango entre 700 y 1600 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día de tasa de desbordamiento superficial. Estos valores pueden ser expresados en términos de velocidad de sedimentación, variando aproximadamente entre 30 m/h y 65 m/h. El tiempo de retención hidráulico debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse.

**ARTICULO 167.- Requisitos mínimos de diseño para sedimentadores primarios.** El tanque debe diseñarse para el caudal máximo horario esperado. Para el caso de tanques rectangulares la relación longitud:ancho debe estar entre 1.5:1 y 15:1. Para el caso de tanques circulares se recomienda un diámetro entre 3 y 60 m, una pendiente de fondo entre 6 y 17%. Debe escogerse la mayor de las áreas calculadas, de acuerdo con las siguientes tasas de desbordamiento superficial mínimas recomendadas: 1) Para caudal medio utilizar 33 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día; 2) Para caudal pico sostenido por tres horas utilizar 57 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, y 3) Para caudal pico utilizar 65 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.

El tiempo de retención debe basarse en el caudal medio de aguas negras y en el volumen del tanque. El diseñador debe escoger una Tasa de Desbordamiento Superficial según el tipo de suspensión que va a separarse y siempre y cuando se demuestre que es apropiada para lograr una eficiencia acorde con el nivel de complejidad de servicio en que se encuentre la planta. La profundidad depende del tipo de limpieza de lodos que se practique en la planta. Los sedimentadores primarios pueden usarse adicionalmente como sistemas de remoción de grasas, en dicho caso debe asegurarse que exista la capacidad de almacenamiento y los dispositivos mecánicos que permitan la evacuación del sobrenadante de forma segura y oportuna para evitar interferencias en los procesos posteriores y generación de malos olores por acumulación prolongada.

**ARTICULO 168.- Requisitos mínimos de diseño para tamices.** Para el diseño de estos dispositivos se recomienda los siguientes rangos de capacidad hidráulica, en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d, que aparecen a continuación: Rotativos de bandeja de 0.6 a 2.5; Rotativos cilíndricos de 0.005 a 0.04 y de Disco de 0.004 a 0.04. Debe obtenerse una remoción de

sólidos suspendidos mínima de 15 a 30% para los microtamices rotativos de bandeja y rotativos cilíndricos y de 40 a 50% para los de disco. Los microtamices rotativos cilíndricos deben remover 55% de sólidos sedimentables, 37% de remoción de grasas y 95% de sólidos flotantes.

**ARTICULO 169.- Requisitos mínimos de diseño para procesos de lodos activados.**

El diseñador está en libertad de seleccionar el proceso de lodos activados que considere conveniente, siempre y cuando se garantice la eficiencia operacional, la minimización de impactos por ruidos y olores, adecuado manejo de lodos y eficiencia económica. El proceso de lodos activados requiere atención cuidadosa y una operación de supervisión competente, incluido un control rutinario de laboratorio. En la tabla No. 47 se resumen la características de operación típicas de los procesos de lodos activados y las eficiencias mínimas en remoción de DBO que se deben cumplir.

tabla número 47

Modificación al proceso	Modelo de flujo	Sistema de aeración	Eficiencia en remoción de DBO, %
Convencional	Flujo pistón	Aire difuso, aireadores mecánicos	85 – 95
Completamente mezclado	Flujo continuo reactor agitado	Aire difuso, aireadores mecánicos	85 – 95
Aeración escalonada	Flujo pistón	Aire difuso	85 – 95
Aeración modificada	Flujo pistón	Aire difuso	60 – 75
Estabilización por contacto	Flujo pistón	Aire difuso, aireadores mecánicos	80 – 90
Aeración extendida	Flujo pistón	Aire difuso, aireadores mecánicos	75 – 95
Aeración de alta tasa	Flujo continuo reactor agitado	Aireadores mecánicos	85 – 95
Oxígeno puro	Flujo continuo reactores en serie agitados	Aireadores mecánicos	85 – 95
Zanjón de oxidación	Flujo pistón	Aireador mecánico (tipo eje horizontal)	75 – 95
Reactor SBR	Flujo intermitente reactor agitado	Aire difuso	85 – 95

**ARTICULO 170.- Requisitos mínimos de diseño para filtros percoladores.**

Los filtros percoladores se utilizan en casos donde no se necesite una eficiencia muy alta en la remoción de DBO. El reactor o filtro consta de un recipiente cilíndrico o rectangular con diámetros variables, hasta de 60 m y con profundidades entre 1.50 y 12 m. El medio filtrante puede ser piedra triturada o un medio plástico manufacturado especialmente para tal fin. El medio debe ser durable, resistente al resquebrajamiento, insoluble, y no debe aportar sustancias indeseables al agua tratada. La escoria de roca o cualquier medio filtrante no debe contener más de un 5% por peso de materia cuya dimensión mayor sea tres veces su dimensión menor. No deberá contener material delgado alargado y achatado, polvo, barro, arena o material fino. Deben estar conforme a los

tamaños y granulometría presentados en la tabla No. 48, cuando se clasifiquen mecánicamente a través de tamices vibratorios con aberturas cuadradas.

tabla número 48

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje por peso</b>
Pasando tamiz de 11.4cm (4 ½")	100% por peso
Retenido en tamiz de 7.62 cm (3")	95 – 100% por peso
Pasando por tamiz de 5.08cm (2")	0 - 2% por peso
Pasando por tamiz de 2.54 cm (1")	0 - 1% por peso

Las dimensiones máxima de la piedra serán 12.7 cm (5") y las dimensiones mínimas de piedra, 7.62 cm (3"). Si se utiliza medio plástico manufacturado, la suficiencia de este medio se evalúa con base en la experiencia previa con instalaciones que traten aguas y cargas similares. Si se efectúa la recirculación, es importante determinar si es antes o después del clarificador primario. El diseñador debe sustentar claramente el tipo de recirculación a usar, su objeto, sus ventajas y las implicaciones operacionales, de diseño y económicas que se tiene en cada caso. Los valores de tasa de carga hidráulica que se deben usar para cada tipo de filtro se encuentran en la tabla No. 49. En caso de usar valores diferentes se debe sustentar adecuadamente con base en estudios piloto o experiencias anteriores adecuadamente evaluadas por la parte de la autoridad competente.

tabla número 49

	<b>Tasa baja</b>	<b>Tasa intermedia</b>	<b>Tasa alta</b>	<b>Super alta tasa</b>	<b>Rugoso</b>	<b>Dos etapas</b>
Medio filtrante	Roca, escoria	Roca, escoria	Roca	Plástico	Plástico, madera roja	Roca, plástico
Carga hidráulica, m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·d)	0.9 - 3.7	3.7 - 9.4	9.4 - 37.4	14.0 - 84.2	46.8 - 187.1 (no incluye recirculación)	9.4 - 37.4 (no incluye recirculación)
Carga orgánica, KgDBO <sub>5</sub> /(m <sup>3</sup> ·d)	0.1 - 0.4	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	0.5 - 1.6	1.6 - 8.0	1.0 - 1.9
Profundidad, m	1.8 - 2.4	1.8 - 2.4	0.9 - 1.8	3.0 - 12.2	4.6 - 12.2	1.8 - 2.4
Tasa de recirculación	0	0 – 1	1 – 2	1 – 2	1 - 4	0.5 – 2
Eficiencia de remoción de DBO <sub>5</sub> , %	80 - 90	50 – 70	65 - 85	65 - 80	40 - 65	85 – 95
Efluente	Bien nitrificado	Parcialmente nitrificado	Poca nitrificación	Poca nitrificación	No nitrificación	Bien nitrificado

Desprendimiento	Intermitente	Intermitente	Continuo	Continuo	Continuo	Continuo
-----------------	--------------	--------------	----------	----------	----------	----------

**ARTICULO 171.- Manejo de gases en tratamientos anaerobios.** Toda planta de tratamiento anaerobio debe contar con un sistema que permita el manejo y disposición final del biogás que no genere impactos negativos en la comunidad residente en los alrededores de la planta de tratamiento, bien sea por explosiones o malos olores. En la tabla No.49 se presentan los valores que se deben usar para el análisis de impactos de emisiones de sulfuro de hidrógeno o gases que lo contengan.

tabla número 49

Concentración de sulfuro de hidrogeno ppm (v / v)	Tiempo de exposición Minutos	Impacto sobre los seres humanos
0.0005	30	No produce molestias por olor.
10 – 100	2 –15	Puede producir pérdida del olfato.
900 – 1500	30	Efectos pulmonares severos y aún la muerte.

**ARTICULO 172.- Control de olores en tratamientos anaerobios.** Debe cumplirse con lo siguiente: Minimizar la turbulencia y evitar caídas mayores a 5 cm. Seleccionar adecuadamente el sitio de la planta. Buscar que se produzcan sumergencias en las tuberías que conecten los diferentes sistemas del reactor. Recoger los gases secundarios y tratarlos. Quemar o tratar los gases primarios. Minimizar escapes de gases de los reactores y sistemas de manejo. Colocar separadas las cajas de entrada y salida de caudales. Colocación de barreras vivas. Colocar plantas aromatizantes. La distancia mínima a la residencia más próxima de la planta de tratamiento debe ser de 500 m, a menos que el estudio de impacto ambiental demuestre la ausencia de efectos indeseables a la comunidad.

**ARTICULO 173.- Lagunas de oxidación o estabilización. Requisitos de aplicabilidad.** El tratamiento por lagunas de oxidación es aplicable en los casos en los cuales la biomasa de algas y los nutrientes que se descargan en el efluente puedan ser asimilados sin problema por el cuerpo receptor. En caso de que las algas descargadas al cuerpo receptor no pueden sobrevivir en el, generando una demanda de oxígeno adicional, que impida cumplir con los objetivos de calidad estipulados en el Decreto 1594 de 1984 de MinSalud, debe incluirse en el proyecto la remoción de éstas en el efluente final, antes de ser descargado. En los niveles bajo, medio y medio alto de complejidad deben siempre considerarse las lagunas de oxidación dentro de la evaluación de alternativas que se realiza para la selección del sistema de tratamiento. Para el tratamiento de aguas residuales domésticas se consideran únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aireadas, facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades que lo justifique el proyecto.

**ARTICULO 174.- Localización de las lagunas de oxidación o estabilización.** La ubicación del sitio para un sistema de lagunas de oxidación debe estar aguas abajo de la cuenca hidrográfica, cuando se trate de valles aluviales, en un área extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a inundaciones y avenidas. En el caso de no ser posible,

deben proyectarse obras de protección. El área debe estar lo más alejada posible de urbanizaciones con viviendas ya existentes; se recomiendan las siguientes distancias: 1) 1000 m como mínimo para lagunas anaerobias y reactores descubiertos, 2) 500 m como mínimo para lagunas facultativas y reactores cubiertos, y 3) 100 m como mínimo para sistemas con lagunas aireadas.

**ARTICULO 175.- Desinfección de los efluentes de las PTAR.** El proceso de desinfección debe realizarse en el efluente de plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), cuando éste último pueda crear peligros para la salud de las comunidades aguas abajo de la descarga. El proceso de desinfección que se utilice debe seleccionarse después de la debida consideración de: Caudal de aguas residuales a tratar; Calidad final deseada de desinfección; Razón de aplicación y demanda; El pH del agua que va a desinfectarse; Costos del equipo y suministros y disponibilidad.

**ARTICULO 176.- Manejo de Lodos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.** Todos los niveles de complejidad deben contemplar el manejo de lodos en su sistema de tratamiento de aguas residuales. Para esto, deben presentarse balances de masa de los procesos con los trenes de tratamiento de agua y lodos. Los efluentes líquidos del tren de lodos deben integrarse en los balances de masa del tren líquido. Además deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones: No deben descargarse dichos efluentes a cuerpos de agua superficiales o subterráneos; Los lodos primarios deben estabilizarse; Se debe establecer un programa de control de olores; Se debe establecer un programa de control de vectores. Además se debe hacer una caracterización de los siguientes parámetros en los lodos: Sólidos suspendidos, sólidos totales, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo y metales; adicionalmente para el nivel alto de complejidad, Cromo, Plomo, Mercurio, Cadmio, Níquel, Cobre y Zinc.

**ARTICULO 177.- Emisarios Submarinos. Definición:** Los emisarios submarinos son tuberías instaladas sobre el lecho marino las cuales transportan aguas residuales domésticas hasta una profundidad y distancia de la costa tal, que la carga orgánica y contaminante resultante de su vertimiento no debe provocar daños sanitarios y/o ecológicos a los ecosistemas marinos y terrestres, ni a las poblaciones costeras circundantes, ni a las playas de recreación pública, ni a la industria pesquera.

**ARTICULO 178.- Estudios previos de los emisarios submarinos.** Se deben hacer los siguientes estudios previos antes de proyectar un emisario submarino: Caracterización de las aguas residuales con el fin de establecer el tipo de tratamiento primario que es necesario efectuar antes del vertimiento. Como mínimo, se debe efectuar un cribado con rejillas para separar objetos flotantes no biodegradables que puedan regresar a las playas. Hidrografía y batimetría del área de vertimiento. Estudio estadístico de las corrientes oceánicas y su correlación con la velocidad y la dirección del viento por lo menos cada hora, las mareas y los ecosistemas existentes. Determinación del tiempo  $T_{90}$  o sea el necesario para la desaparición del 90% de los coliformes, en horas. Estudios de la geología del fondo marino con el fin de determinar la mejor ruta de instalación de la tubería del emisario, evitando al máximo formaciones de rocas irregulares y formaciones corales, de ser posible. Se debe buscar una profundidad tal en el vertimiento que garantice una dilución de 1:100 como mínimo.

**ARTICULO 179.- Diseño y construcción de los emisarios submarinos.** En el diseño deben establecerse sus dimensiones: longitud, diámetro, ubicación y profundidad de descarga. Asimismo es obligatorio tener completo el diseño hidráulico del difusor antes de iniciar la construcción. En el diseño final estructural se deben especificar los

materiales de tubería, las técnicas de construcción y requerimientos para sostener la tubería en el fondo.

El sistema de instalación debe garantizar la estanqueidad de las juntas y el anclaje seguro de la tubería en el fondo. El difusor debe quedar instalado de tal forma que garantice el grado de dilución esperado.

**ARTICULO 180.- Tratamiento primario previo al vertimiento con emisarios submarinos.** Se debe diseñar, construir y operar una planta de tratamiento primario de aguas residuales que garantice una eficiencia de remoción de la DBO<sub>5</sub> como mínimo del 60%.

## CAPITULO XVI

### SISTEMAS DE ASEO URBANO

El presente capítulo contiene los requisitos técnicos de obligatorio cumplimiento para el diseño de sistemas de recolección, diseño de sistemas con y sin aprovechamiento, transporte y estaciones de transferencia, incineración, rellenos sanitarios y residuos peligrosos que forman parte de los sistemas de aseo urbano.

**ARTICULO 181.- Requisitos que deben cumplir las actividades de recolección.** La recolección de residuos sólidos debe cumplir con los siguientes requisitos:

La recolección debe efectuarse de modo que se minimicen los efectos ambientales, en especial el ruido y la caída de residuos en la vía pública. En caso de que se viertan residuos durante la recolección es deber del recolector realizar inmediatamente la limpieza correspondiente.

La entidad prestadora del servicio debe contar con equipos de reserva para garantizar la normal prestación del servicio de aseo urbano en caso de averías. El servicio de recolección de residuos sólidos no debe ser interrumpido por fallas mecánicas de los vehículos. Sólo podrá suspenderse por los motivos de fuerza mayor o caso fortuito contemplados en las leyes ó decretos vigentes.

El servicio de recolección se prestará en las frecuencias y horarios definidos en el contrato de condiciones uniformes celebrado entre la Entidad prestadora del servicio y el usuario.

En las zonas en las cuales se utilice el sistema de recolección por contenedores, los usuarios o los operadores, deben instalarlos en la cantidad que sea necesaria para que los residuos sólidos depositados no desborden su capacidad y esté acorde con la frecuencia de recolección.

La operación de compactación debe efectuarse en zonas donde cause la mínima molestia a los residentes. En ningún caso esta operación puede realizarse frente a centros educativos, hospitales, clínicas o cualquier clase de centros asistenciales.

**ARTICULO 182.- Aspectos de diseño de sistemas sin aprovechamiento.** En el sistema de recolección y transporte deben definirse claramente los siguientes aspectos:  
1) Tipo de servicio de recolección a proporcionar: en la aceras frente a cada unidad de

almacenamiento. Solo debe permitirse la recolección en esquinas cuando haya imposibilidad de acceso del vehículo recolector porque las calles son muy angostas o porque se trata de vías peatonales. De todas maneras debe existir un diseño para controlar la recolección por esquinas; 2) Tipo de sistema de recolección y equipos utilizados en la actualidad; 3) Cantidad, tipo y tamaño de los vehículos recolectores; 4) Tamaño de la cuadrilla; 5) Metodología general para la puesta en marcha rutas de recolección.

**ARTICULO 183.- Aspectos de diseño en sistemas con aprovechamiento.** Debe cumplir los mismo aspectos que aparecen en el artículo anterior, incluyendo la frecuencia y horarios de recolección para la ruta de reciclaje.

**ARTICULO 184.- Especificaciones para residuos sólidos aprovechables.** Las siguientes especificaciones corresponden a los requerimientos mínimos que deben tenerse en cuenta para la utilización de los residuos sólidos en las diferentes actividades de aprovechamiento. Los compradores de los residuos sólidos aprovechables pueden solicitar especificaciones adicionales a las presentadas en este artículo. Todos los residuos sólidos deben estar limpios y homogéneos. 1) Aluminio. Se recomienda que las latas sean aplastadas y empacadas. Deben estar libres de humedad y contaminación; 2) Papel y cartón. No deben tener contaminantes como papel quemado por el sol, metal, vidrio y residuos de comida. Deben estar libres de humedad; 3) Plásticos. Deben ser clasificados de acuerdo a las categorías de uso internacional y deben estar libres de humedad; 4) Vidrio. Debe clasificarse por colores, no debe contener contaminantes como piedras, cerámicas o según especificaciones del mercado. No se debe reciclar vidrio de automóvil laminado. Si el uso es para fibra de vidrio, no deberá contener materiales orgánicos, metales o refractarios; 5) Metales férreos. Se recomienda separar las etiquetas de papel, lavar las latas preferiblemente con detergente y aplastarlas. Las tapas de botellas y botes pueden reciclarse junto con latas de acero. Pueden aceptarse las latas de aerosoles vacías; 6) Metales no férreos. Varían según las necesidades y los mercados; 7) Residuos de jardín. Varían según el uso; 8) Construcción y demolición. Varían según las necesidades y los mercados; 9) Madera. Varían según las necesidades y los mercados; 10) Neumáticos. Varían según las necesidades y los mercados; 11) Textiles. Tipo de material; grado de limpieza, y 12) Pilas domésticas. Las pilas reciclables son las de botón de óxido de mercurio y óxido de plata y las pilas de níquel cadmio. No se pueden reciclar pilas alcalinas y de zinc plomo.

**ARTICULO 185.- Localización de la planta de incineración.** Entre los criterios de localización que deben tenerse en cuenta están: 1) La planta debe ubicarse en una zona donde se disponga de la infraestructura vial necesaria para facilitar el acceso permanente a la misma. 2) Es necesario localizar las plantas de incineración en lugares donde se puedan mantener zonas adecuadas de seguridad alrededor de la instalación. Para tal fin se recomienda la localización de las plantas en zonas o áreas de uso industrial, o en los alrededores de las ciudades. 3) Las condiciones climatológicas, los factores ambientales y los factores socioeconómicos deben tenerse en cuenta como criterios importantes de localización para determinar las direcciones de dispersión de los contaminantes, ver los impactos que se van a generar sobre el medio ambiente y la salud de las personas y finalmente ver la factibilidad económica o no de localizar la planta en un determinado lugar. La localización de la planta de incineración en zona rural o urbana debe regirse por lo establecido en los artículos 8 y 9 del Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud o el que lo reemplace. Debe presentarse un estudio de impacto ambiental para la instalación de la planta de incineración en la localización escogida.

Dicho estudio debe estar acompañado de un análisis de riesgos de los posibles efectos que tengan las emisiones de la planta sobre la salud y el bienestar de las personas. Los puntos del estudio de impacto ambiental se regirán por lo establecido en el artículo 126 del Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud o el que lo reemplace

**PARÁGRAFO:** Cualquiera que sea el sistema de tratamiento y disposición de los residuos sólidos, éste debe contemplar lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento Territorial en lo que se refiere a su definición y localización como sistema estructurante del territorio municipal o distrital y como integrante de la estructura ecológica principal y del urbanismo primario del municipio.

**ARTICULO 186.- Emisiones de los contaminantes del proceso de incineración.** La altura mínima de la chimenea de la planta de incineración debe estar de acuerdo con lo establecido en el artículo 40 del Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud, altura mínima de descarga de contaminantes a la atmósfera, o el que lo reemplace. Debe realizarse un análisis de riesgo para determinar los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes.

**ARTICULO 187.- Parámetros de diseño de plantas de incineración.** Los principales parámetros que deben tenerse en cuenta en el diseño de la planta de incineración son: 1) Sistema de descarga y almacenamiento de los residuos, 2) Sistema de entrada de los residuos al incinerador, 3) Sistema de entrada de aire al incinerador, 4) Cámara de combustión, 5) Sistema de recuperación del calor, 6) Sistema de remoción de partículas, 7) Sistema de remoción de gases, 8) Sistema de descarga y almacenamiento de cenizas residuales, 9) Chimenea. La altura mínima de la chimenea de la planta de incineración debe estar acorde con lo establecido en el artículo 40 del Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud o el que lo reemplace.

**ARTICULO 188.- Parámetros de control de las plantas de incineración.** Los parámetros que deben ser determinados, registrados y monitoreados de manera continua por parte de los operadores de la planta de incineración son: 1) Cantidad de los residuos, 2) Calidad de los residuos, 3) Temperatura de los gases de combustión, 4) Cantidad de aire utilizado en la combustión, 5) Presión dentro de la cámara de combustión, 6) Oxígeno (O<sub>2</sub>) en la salida de los gases de la planta, 7) Monóxido de carbono (CO) en los gases de salida, 8) Opacidad a la salida, 9) Cantidad de cenizas residuales, 10) cantidad de agua utilizada, 11) Energía generada y utilizada, 12) Combustible auxiliar. Los propietarios y operadores de las plantas de incineración deben realizar tanto mediciones en continuo como mediciones individuales o en discontinuo para el control de ciertos parámetros. En las mediciones deben utilizarse procedimientos y dispositivos de medida apropiados y acordes con el estado de la técnica, según las disposiciones detalladas por la planta misma y/o por el Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud o el que lo reemplace.

**ARTICULO 189.- Parámetros de diseño de rellenos sanitarios.** La selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario debe realizarse con base en las condiciones topográficas, geotécnicas y geohidrológicas del sitio seleccionado para la disposición final de los residuos. Debe establecerse el perfil estratigráfico del suelo y el nivel de acuíferos freáticos permanentes y transitorios. Los métodos que se deben utilizar son: Método de zanja o trinchera, Método de área, Método de rampa y Método combinado. Para los niveles medio y bajo de complejidad, al relleno sanitario debe llegarse por una vía pública de acceso, la cual debe ser una vía principal de uso permanente y debe reunir las condiciones aceptables de diseño. Para los niveles alto y

medio alto de complejidad, en el trazado de las vías internas debe tenerse en cuenta las dimensiones de las celdas, submódulos y módulos; la metodología operativa y las condiciones climáticas, de manera que bajo cualquier condición deben recibirse los residuos. Las vías externas deben cumplir como mínimo con las siguientes especificaciones: El acceso al relleno sanitario debe ser por una vía pública, deben ser de trazado permanente y deben garantizar el tránsito en cualquier época del año, a todo tipo de vehículos que acudan al relleno sanitario. Todo relleno sanitario debe tener un sistema de impermeabilización en el fondo. Todo relleno sanitario debe contar con un sistema de recolección y evacuación de aguas de escorrentía y lixiviados. Para el dimensionamiento de las celdas, el ancho debe estar definido por el número de vehículos que llegan simultáneamente o con intervalos de 5 minutos y el largo debe estar definido por la cantidad de residuos sólidos que llega al relleno en un día. Para los niveles medio y bajo de complejidad la altura se debe limitar a 1.5 m. incluido el material de cobertura, si este es manual. Para los niveles alto y medio alto de complejidad la altura máxima de la celda diaria debe ser de 3 m incluidos el espesor de los residuos a disponer y el material de cubierta requerido, pero de todas maneras la altura depende de la estabilidad del sitio. La estabilidad de los taludes que conforman el relleno sanitario debe ser verificada teniendo en cuenta la caracterización de los residuos y el esfuerzo cortante a lo largo de las interfaces para lo cual debe ensayarse el material y evaluar el ángulo de fricción en la interfase. Finalmente debe realizarse el análisis de taludes teniendo en cuenta la aceleración máxima presentada en el sitio según la Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998 Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo – Resistente NSR – 98.

**ARTICULO 190.- Control Ambiental en la operación de rellenos sanitarios.** Debe instrumentarse un programa de monitoreo ambiental, que cubra aguas subterráneas y superficiales, biogas, y partículas aerotransportadas. Este debe incluir medición y control de los impactos generados en el sitio de disposición final. La frecuencia de los monitoreos deberá hacerse con relación del nivel de complejidad del relleno sanitario en función de la población atendida por el sistema.

Los parámetros que se deben determinar en el Programa de Monitoreo de Acuíferos son: pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Metales Pesados, DQO, DBO, Materia Orgánica, Amoníaco, Nitritos y Nitratos. Para los niveles de complejidad Medio Alto y Alto, debe hacerse el monitoreo de acuíferos con una frecuencia de muestreo semestral, y los de nivel de complejidad Bajo y Medio, con una frecuencia de muestreo anual.

Los parámetros que se deben determinar en el Programa de Monitoreo de Biogas son: Composición de biogas ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) que debe hacerse bimestral para los niveles de complejidad Medio Alto y Alto. El de explosividad debe ser diario para el nivel de complejidad Alto y mensual para el nivel de complejidad Medio Alto.

Los parámetros que se deben determinar en el Programa de Monitoreo de las Partículas Aerotransportables son: Partículas suspendidas totales y Partículas respirables. El monitoreo de éstas debe ser mensual para los niveles de complejidad Medio Alto y Alto y semestral para el nivel de complejidad Medio.

La información obtenida a partir del monitoreo de los impactantes ambientales generados en el relleno sanitario, debe almacenarse en un banco de datos para analizarla y tomar las medidas adecuadas para el control de dichos impactantes.

## CAPITULO XVII

### ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

El presente Capítulo incluye las siguientes actividades que forman parte de los aspectos complementarios: Aspectos geotécnicos, Aspectos estructurales en tuberías de acueducto y alcantarillado, Aspectos de construcción y Vulnerabilidad.

**ARTICULO 191.- Obligatoriedad de los estudios geotécnicos.** Los estudios geotécnicos son de obligatorio cumplimiento en todas aquellas obras o trabajos de excavación destinados a la instalación de ductos o redes, construcciones de tanques de almacenamiento, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento y en general estructuras propias del sector de Agua potable y saneamiento básico, correspondientes a todos los Niveles de Complejidad del Sistema. El cumplimiento de este artículo, no exime al ingeniero geotecnista de realizar todas las investigaciones y los análisis adicionales necesarios para garantizar un adecuado conocimiento del subsuelo, la estabilidad de la excavación, las construcciones vecinas, de la infraestructura preexistente y de las obras a construir.

**ARTÍCULO 192.- CONSIDERACIONES SISMICAS DE LOS DISEÑOS GEOTÉCNICOS.** Cuando existan estudios particulares de microzonificación sísmica deben emplearse los espectros de diseño recomendados según los mapas de microzonificación respectivos además de los requerimientos especiales de diseño sísmico que se establecen para cada zona en particular. De lo contrario se deben adoptar las consideraciones sísmicas estipuladas en el H.4.3.2.1. de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente NSR-98- Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998, o los decretos que lo reemplacen o complementen.

**ARTÍCULO 193.- CARGAS Y DISEÑO SÍSMICO DE TUBERÍAS.** Todos los sistemas de tuberías para acueductos y alcantarillados que se encuentren ubicadas en zona de amenaza sísmica intermedia y alta según las de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente NSR-98, deben resistir los sismos de diseño establecidos en las zonas respectivas. En el diseño sísmico deben utilizarse todas las disposiciones aplicables establecidas en las de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente NSR-98, Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998, o los decretos que lo reemplacen o complementen.

**ARTÍCULO 194.- DISEÑO DE TANQUES Y COMPARTIMIENTOS ESTANCOS EN CONCRETO REFORZADO.** El diseño de tanques y compartimientos estancos en concreto reforzado debe realizarse de acuerdo a lo establecido en el capítulo C.20 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente NSR-98, Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998, o los decretos que lo reemplacen o complementen.

**ARTÍCULO 195.- DISEÑO DE TANQUES DE ACERO.** El diseño y montaje de tanques de acero soldado debe realizarse de acuerdo con normas internacionales existentes, y el diseñador debe realizar consideraciones especiales para considerar el grado de exposición a que se verán sometidos los elementos de acero y debe justificar claramente esta consideraciones en la memoria de cálculo. Se deben cumplir igualmente los requerimientos aplicables del título F. de las Normas Colombianas de Diseño y

Construcción Sismo-Resistente NSR-98, Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998, o los decretos que lo reemplacen o complementen.

**ARTÍCULO 196.- TANQUES DE OTROS MATERIALES.** Se permite el uso de tanques de otros materiales siempre y cuando el fabricante demuestre que cumple con requisitos equivalentes para tanques de concreto y acero, en cuanto a estanqueidad, resistencia estructural, resistencia sísmica, resistencia al ataque de químicos, materiales o resultantes de los procesos, funcionalidad y durabilidad. El diseñador debe aprobar la utilización particular de un tanque determinado.

**ARTÍCULO 197.- ANALISIS DE VULNERABILIDAD.** Debe realizarse un análisis de vulnerabilidad para cada sistema el cual servirá de base para la realización del plan de contingencias. Para estimar la vulnerabilidad de un sistema o componente se deben seguir los siguientes pasos:

1. Identificación y evaluación de amenazas.
2. Identificación de componentes del sistema.
3. Estimación del potencial de daños.
4. Categorización de la severidad de los daños potenciales estimados.

## **CAPITULO XVIII**

### **PUESTA EN MARCHA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

**ARTÍCULO 198.- PUESTA EN MARCHA.** Los procedimientos y medidas pertinentes a la puesta en marcha de los diferentes componentes de un sistema de agua potable y saneamiento básico seguirán los requerimientos establecidos en los Planos de Construcción y los Manuales de puesta en marcha suministrados por el diseñador, constructor, fabricante o proveedor al entregar a la entidad contratante las obras, bienes o servicios que le fueron contratados. Cuando se utilicen métodos alternativos de diseño y construcción y/o suministros que incorporen tecnologías no institucionalizadas aún en el país, el constructor, fabricante o proveedor deberá poner en marcha y operar, o acompañar la operación al menos durante seis meses en la nueva tecnología, de forma que se verifique su correcta operación y se asegure la capacitación del personal que se encargará posteriormente de su administración, operación y mantenimiento.

**ARTÍCULO 199.- OPERACIÓN.** Los procedimientos y medidas pertinentes a la operación continua y permanente de los diferentes componentes de un sistema de agua potable y saneamiento básico seguirán los requerimientos establecidos en los Planos de Construcción y los Manuales de operación que deben tener disponibles en todo momento los operadores de las Entidades Prestadoras de los servicios municipales de acueducto, alcantarillado y aseo para cada uno de sus componentes, con el fin de brindar a los usuarios el respectivo servicio con los patrones de calidad y continuidad exigidos en el presente Reglamento Técnico.

**PARAGRAFO 1: Presiones en la red:** Una vez que la red de distribución, o su ampliación, entre en operación, y durante todo el período de vida útil del proyecto, deben verificarse las presiones en diferentes puntos de la red, teniendo en cuenta los manuales de operación y mantenimiento.

**PARAGRAFO 2: Calidad de agua en la red.** Una vez que la red de distribución se encuentre en operación y durante todo el período de vida útil de ésta, deben verificarse la calidad del agua en la red, teniendo en cuenta lo establecido en el Capítulo III del Decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud Pública, o el que lo reemplace.

**ARTICULO 200.- SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.** Los requisitos mínimos de instrumentación y control, que permitan un adecuado y permanente control de la calidad del servicio de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo son aplicables a los cuatro niveles de complejidad del sistema, a no ser que se especifique lo contrario.

Los niveles bajo y medio de complejidad deben tener un grado de instrumentación manual suficientemente adecuado para controlar los procesos. Los servicios que se encuentren dentro de estos niveles y que tengan la suficiente capacidad económica pueden implementar sistemas automáticos de instrumentación y control.

Los niveles medio alto y alto de complejidad deben tener un nivel de automatización tal que ofrezcan soluciones rápidas a problemas y permitan los ajustes requeridos a variables de los procesos que se necesiten modificar.

**ARTÍCULO 201.- Plan de Contingencias.** Todo plan de contingencias se debe basar en los potenciales escenarios de riesgo del sistema, que deben obtenerse del análisis de vulnerabilidad realizado de acuerdo con las amenazas que pueden afectarlo gravemente durante su vida útil. El plan de contingencia debe incluir procedimientos generales de atención de emergencias y procedimientos específicos para cada escenario de riesgo identificado

**ARTÍCULO 202.- MANTENIMIENTO.** Los procedimientos y medidas pertinentes para llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo de los diferentes componentes de un sistema de agua potable y saneamiento básico seguirán los requerimientos establecidos en los Planos de Instalación y los Manuales de Operación y Mantenimiento que deben tener disponibles en todo momento los operadores de las Entidades Prestadoras de los servicios municipales de acueducto, alcantarillado y aseo para cada uno de sus componentes en el caso de sistemas que están en operación. O los suministrados por el diseñador, constructor, fabricante o proveedor al entregar a la entidad contratante las obras, bienes o servicios que le fueron contratados, para el caso de las obras nuevas a partir de la vigencia de este Reglamento

## **TITULO III**

### **CONTROL Y REGIMEN SANCIONATORIO DEL REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

**ARTICULO 203.- COMPETENCIA DEL CONTROL, INSPECCIÓN Y LA VIGILANCIA.** Compete de manera general a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en los términos del artículo 79 de la Ley 142 de 1994, numeral 79.12, verificar el cumplimiento de los requisitos previstos en el presente Reglamento,

sin perjuicio de la función de control, inspección y vigilancia que corresponde a las entidades competentes en relación con los reglamentos técnicos vigentes.

Las funciones que correspondan a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en relación con el presente Reglamento, podrán ser delegadas en otras autoridades administrativas del orden departamental o municipal, en ejercicio de la facultad conferida por el artículo 105, numeral 105.4 de la Ley 142 de 1994.

**ARTÍCULO 204.- RESPONSABILIDAD.** La responsabilidad civil, penal o fiscal originada en la inobservancia de las disposiciones contenidas en el presente Reglamento, será la que determine la Ley y recaerá en forma individual en los contratantes, profesionales que elaboren los diseños, constructores que ejecuten las obras, interventores que supervisen los diseños y las obras y autoridades que las autoricen sin diligenciar los requisitos aquí previstos.

**ARTÍCULO 205.- SANCIONES.** Los diseñadores, constructores, interventores, operadores, entidades o personas contratantes y/o autoridades públicas que elaboren, adelanten y/o permitan diseños, ejecución de obras, operen y mantengan obras, instalaciones o sistemas propios del sector de agua potable y saneamiento básico sin observar las disposiciones previstas en este Reglamento, serán sancionados por la autoridad competente, de acuerdo a lo previsto por la Ley.

## **TITULO IV**

### **CERTIFICACIÓN, LICENCIAS Y PERMISOS EN EL REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

**ARTÍCULO 206.- LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN.** De conformidad con lo establecido en el artículo 20 del Decreto 1504 de 1.998, modificado por el artículo 1° del Decreto 796 de 1.999, corresponde a las oficinas de planeación municipal o distrital o a la autoridad municipal o distrital que cumpla sus funciones, la expedición del permiso o licencia de ocupación y utilización del espacio público cuando para la provisión de servicios públicos, se utilice el espacio aéreo o el subsuelo de inmuebles o áreas pertenecientes al espacio público, de conformidad con los mecanismos establecidos por el municipio o distrito titular del derecho de propiedad sobre los mismos.

A la solicitud de permiso o licencia deberán acompañarse los siguientes documentos:

Estudio de la factibilidad técnica y ambiental y del impacto urbano de la construcción propuesta.

Estudio de la coherencia y sujeción de las obras a los planes de ordenamiento territorial y los instrumentos que los desarrollen.

Dos (2) copias heliográficas de los planos del proyecto firmados y rotulados por el diseñador, quien se hará responsable de la veracidad de la información contenida en ellos.

Los planos y estudios permanecerán en los archivos de la autoridad municipal o distrital competente para expedir la autorización o licencia de la que trata el presente artículo.

El incumplimiento de esta obligación, dará lugar a la imposición de las sanciones previstas por la Ley.

**ARTÍCULO 207.- LICENCIAS AMBIENTALES.** Para la ejecución de las obras inherentes a la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias, obtendrán Licencia Ambiental aquellas actividades que pueden producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al paisaje, tal como lo expresen las disposiciones legales vigentes

Todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, deberá observar y contemplar el pago de las Tasas por Utilización de Aguas prevista en el artículo 43 de la Ley 99 de 1993.

**ARTÍCULO 208.- PERMISOS ESPECIALES.** La modificación al nivel de complejidad del sistema establecido en el artículo 14 del presente Reglamento Técnico debe ser autorizado por la Comisión de Regulación de Agua Potable en los términos del artículo 73, numeral 73.5 y artículo 74, numeral 74.2, literal b de la Ley 142 de 1994. Los oferentes de bienes y/o servicios para sistemas de agua potable y saneamiento básico que incorporen tecnologías no institucionalizadas aun en el país deberán presentar, además del Certificado de Conformidad expedido por un organismo acreditado o reconocido por la Superintendencia de Industria y Comercio, los permisos especiales de los Ministerios del Medio Ambiente y/o Salud, si estos bienes y/o servicios pueden producir efectos contaminantes en el medio ambiente o utilizan sustancias químicas que puedan ser nocivas para la salud.

**ARTÍCULO 209.- CERTIFICADOS DE CONFORMIDAD.** Las empresas prestadoras de los servicios de agua potable y saneamiento básico, o quien haga sus veces, exigirán los Certificados de Conformidad con los Reglamentos Técnicos de los Ministerios del Medio Ambiente, Salud y/o de otras entidades competentes para expedirlos, si estos bienes y/o servicios pueden producir efectos contaminantes en el medio ambiente o utilizan sustancias químicas que puedan ser nocivas para la salud o porque estos Reglamentos Técnicos buscan proteger al consumidor y garantizar la seguridad en su uso. También se deberá solicitar a los oferentes de bienes y servicios, el certificado de conformidad con Norma Técnica Colombiana, en concordancia con lo estipulado en el Decreto 2269 de noviembre de 1993 expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico y la Resolución 6050 de 1999 de la Superintendencia de Industria y Comercio.

## **TITULO V**

### **DEFINICIONES**

**ARTÍCULO 210-** Para la aplicación del presente Reglamento Técnico se definen los siguientes conceptos:

## **Anexo L**



© UN Photo / Kibae Park

# AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO: POR QUÉ ES IMPORTANTE

## ¿Cuál es el objetivo en este caso?

Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos

## ¿Por qué?

El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, y sin embargo, miles de millones de personas siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales.

Aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua potable

que está contaminada por restos fecales. Unos 2.400 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes y letrinas. La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y este porcentaje podría aumentar. Más del 80% de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierte en los ríos o en el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación.

6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO



La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y este porcentaje podría aumentar.

## ¿Qué efectos produce esta contaminación?

Las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento siguen estando entre las principales causas de fallecimiento de niños menores de 5 años; más de 800 niños mueren cada día por enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene.

La prestación de servicios adecuados de agua y saneamiento es esencial para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluidos los relativos a la salud y a la igualdad de género.

Mediante la gestión sostenible de nuestros recursos hídricos, podemos también gestionar mejor nuestra producción de alimentos y energía y contribuir al trabajo decente y al crecimiento económico. Además, podemos preservar nuestros ecosistemas hídricos y su diversidad biológica, y adoptar medidas para combatir el cambio climático.

## ¿Cuánto costaría corregir el problema?

Un estudio realizado por el Grupo Banco Mundial, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que la ampliación de los servicios básicos de agua y

saneamiento a las poblaciones desatendidas costaría 28.400 millones de dólares al año entre 2015 y 2030, o el 0,10% de la producción total de los 140 países incluidos en el estudio.

## ¿Cuánto costaría no corregir el problema?

El costo sería enorme, tanto para las personas como para la economía.

Más de 2 millones de personas mueren cada año por enfermedades diarreicas en todo el mundo. La falta de higiene y el agua insalubre son responsables de casi el 90% de estas muertes, y afectan principalmente a los niños.

El impacto económico de no invertir en agua y saneamiento se calcula en el 4,3% del producto interno bruto (PIB) de toda África Subsahariana. El Banco Mundial estima que el PIB de la India se reduce en un 6,4% debido a las consecuencias y los costos económicos de la falta de saneamiento.

Sin mejores infraestructuras y sin una gestión más eficaz, millones de personas seguirán muriendo cada año y se seguirá perdiendo diversidad biológica y resiliencia de los ecosistemas, socavando la prosperidad y los esfuerzos realizados en pro de un futuro más sostenible.

## ¿Qué podemos hacer?

Las organizaciones de la sociedad civil deben trabajar para exigir que los gobiernos rindan cuentas, invertir en investigación y desarrollo de los recursos hídricos y promover la inclusión de las mujeres, los jóvenes y las comunidades indígenas en la gobernanza de los recursos hídricos.

Concienciar sobre estos cometidos y convertirlos en medidas concretas producirá resultados ventajosos para todos y conllevará una mayor sostenibilidad e integridad de los sistemas humanos y ecológicos.

También podemos colaborar en las campañas del Día Mundial del Agua y el Día Mundial del Retrete, que tienen por objeto proporcionar información e inspiración para adoptar medidas sobre cuestiones de higiene.

Para obtener más información sobre el Objetivo 6 y los demás Objetivos de Desarrollo Sostenible, consúltese la web:

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>



**OBJETIVO 6 DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

17 OBJETIVOS PARA TRANSFORMAR NUESTRO MUNDO