

UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE EN UNA
POBLACIÓN DE MENOS DE 500
HABITANTES**

Alumno: Jesús Ruiz Fuentes

Tutor: Prof. D. Francisco José Pérez Latorre
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Septiembre, 2014



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN
DE MENOS DE 500 HABITANTES**

Alumno: Jesús Ruiz Fuentes

Tutor: Prof. D. Francisco José Pérez Latorre

Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Firma de alumno:

Firma de tutor:

NOMBRE PEREZ
LATORRE
FRANCISCO JOSE
- NIF 26465293K

Firmado digitalmente por
NOMBRE PEREZ LATORRE
FRANCISCO JOSE - NIF 26465293K
Nombre de reconocimiento (DN):
c=ES, o=FNMT, ou=FNMT Clase 2
CA, ou=501072765, cn=NOMBRE
PEREZ LATORRE FRANCISCO JOSE
- NIF 26465293K
Fecha: 2014.08.28 10:09:24 +02'00'

Septiembre, 2014



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

1. ANTECEDENTES	9
2. ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES	10
3. OBJETO DEL ESTUDIO	11
4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	13
4.1. Recogida de aguas del canal	13
4.2. Rejillas de desbaste	19
4.2.1. Introducción	19
4.2.2. Cálculo del sistema de desbaste	21
4.3. Desarenador	23
4.3.1. Introducción	23
4.3.2. Cálculo del desarenador	25
4.4. Bomba para conducción impulsada hacia depósito	29
4.5. Filtrado de arena	35
4.5.1. Introducción	35
4.5.2. Cálculo del sistema de filtrado de arena	36
4.6. Depósito y caudales de consumo	40
4.6.1. Introducción	40
4.6.2. Cálculo de Caudales	41
4.6.3. Cálculo del Sistema de Cloración Automático	43
4.7. Tubería de abastecimiento a la población.	46
5. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS	48
6. DOCUMENTOS DEL ESTUDIO	49
7. AUTOR DEL ESTUDIO	51
8. CONCLUSIONES	52



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



DOCUMENTO N° 2: PLANOS

- Plano n° 1: Plano de Situación.
- Plano n° 2: Plano de planta general del sistema.
 - Plano n° 3: Plano de sistema de bombeo.
 - 3.1.: Bombeo vertical.
 - 3.2.: Bombeo horizontal.
 - Plano n° 4: Plano de desarenador.
 - Plano n° 5: Plano de filtros de arena.
 - Plano n° 6: Plano de depósito.
- Plano n° 7: Plano de Alternativas de impulsión.

DOCUMENTO N° 3: ANEJOS

- Anejo n° 1: Estudio de bombeo.
- Anejo n° 2: Estudio de desarenador.
- Anejo n° 3: Estudio de filtrado de arena.
- Anejo n° 4: Cálculo de la tubería de impulsión.
- Anejo n° 5: Cálculo de depósito.
- Anejo n° 6: Material de depósito.
- Anejo n° 7: Cálculo de sistema de cloración.
- Anejo n° 8: Cálculo de tubería de abastecimiento.
- Anejo n° 9: Normativa de agua potable.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



ÍNDICE DE FIGURAS

En el Documento de la Memoria:

- Figura 1: Vista general de la situación de la zona de estudio.	12
- Figura 2: Vista general de la zona de actuación.	13
- Figura 3: Vista del punto de captación del agua en canal.	14
- Figura 4: Imagen de la bomba vertical empleada en la captación.	15
- Figura 5: Punto de funcionamiento de la bomba	16
- Figura 6: Situación de la bomba de eje horizontal .	18
- Figura 7: Sección de la captación con bomba en canal.	18
- Figura 8: Rejillas de desbaste.	19
- Figura 9: Esquema de rejillas de desbaste	20
- Figura 10: Sección de desarenador típico.	22
- Figura 11: Dimensiones de un desarenador.	23
- Figura 12: Curvas de Hazen.	25
- Figura 13: Situación de la bomba horizontal de impulsión.	27
- Figura 14: Bomba Ideal utilizada como bomba de impulsión a depósito.	30
- Figura 15: Punto de funcionamiento de la bomba horizontal.	32
- Figura 16: Filtros cerrados.	35
- Figura 17: Filtros utilizados como solución.	36
- Figura 18: Depósito prefabricado de chapa metálica.	41
- Figura 19: Sistema de dosificación de cloro.	45

En los Anejos:

Anejo 1:

- Figura 1: Bomba vertical Omega.	64
- Figura 2: Campo de aplicación de bombas Omega.	64
- Figura 3: Curva característica de bomba C-80/220.	65
- Figura 4: Bomba vertical INDAR.	66
- Figura 5: Curva característica de la bomba INDAR.	67
- Figura 6: Bomba vertical IDEAL.	68



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



- Figura 7: Punto de funcionamiento de la bomba IDEAL .	70
- Figura 8: Sección y despiece de bomba GNI 80-20.	72
- Figura 9: Punto de funcionamiento de la bomba GNI.	74
- Figura 10: Bomba horizontal ANSICHEM .	75
- Figura 11: Curva característica de la bomba ANSI.	75
- Figura 12: Bomba horizontal Grundfos.	76
- Figura 13: Punto de funcionamiento de la bomba NB.	77

Anejo 4:

- Figura 1: Boceto de la situación de las alternativas de impulsión.	91
- Figura 2: Tipo de conducción en zanja.	96

Anejo 7:

- Figura 1: Elemento clorador.	119
- Figura 2: Sistema de regulación de la dosificación de cloro.	120

Anejo 8:

- Figura 1: Captura de pantalla de cálculo con programa Asetub.	125
- Figura 2: Tipo de conducción en zanja.	126

ÍNDICE DE TABLAS

En el Documento de la Memoria:

- Tabla 1: Características técnicas de la bomba D-1001.	17
- Tabla 2: Determinación de velocidades.	25
- Tabla 3: Características técnicas de las bombas GNI.	31
- Tabla 4: Características técnicas de las alternativas de impulsión.	37
- Tabla 5: Costos de las diferentes alternativas de impulsión.	37



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



En los Anejos:

Anejo 1:

- Tabla 1: Características técnicas de la bomba IDEAL. 69
- Tabla 2: Características técnicas de la bomba GNI. 73

Anejo 3:

- Tabla 1: Comparación de posibilidades con filtros de arena. 88

Anejo 4:

- Tabla 1: Costos de metro lineal de tubería según material. 92
- Tabla 2: Características técnicas de las alternativas de impulsión. 92
- Tabla 3: Costos de las diferentes alternativas de impulsión. 93

Anejo 5:

- Tabla 1: Cálculo de caudal en zona residencial. 104
- Tabla 2: Cálculo de caudal en zona industrial. 104
- Tabla 3: Cálculo de caudal para riego y viales. 105
- Tabla 4: Precio de horas valle, llano y punta. 106
- Tabla 5: Costos para las diferentes franjas horarias. 108
- Tabla 6: Selección de la alternativa más viable. 108

Anejo 6:

- Tabla 1: Costos para las diferentes franjas horarias de depósito prefabricado. 111
- Tabla 2: Selección de la alternativa más viable para depósito prefabricado. 111
- Tabla 3: Costos para las diferentes franjas horarias de depósito de hormigón armado. 113
- Tabla 4: Selección de la alternativa más viable para depósito de hormigón armado. 113



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Anejo 7:

- Tabla 1: Cálculo de caudal para disolución clorada. 118

Anejo 8:

- Tabla 1: Precios por metro lineal de diferente material de tubería. 124

Anejo 9:

- Tabla 1: Parámetros microbiológicos. 140
- Tabla 2: Parámetros químicos. 141
- Tabla 3: Parámetros químicos según especificaciones. 141
- Tabla 4: Parámetros indicadores. 142



***ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES***



MEMORIA



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



1. ANTECEDENTES

Habiendo cursado estudios en la Escuela Politécnica Superior de Linares, y como trabajo fin de grado, se redacta el siguiente trabajo: “Estudio de abastecimiento de agua potable en una población de menos de 500 habitantes”. La ubicación sobre la que centrará este trabajo es sobre la aldea de San Miguel, en el término municipal de Úbeda (Jaén).

Se va hacer un estudio sobre la idea de proponer un sistema de abastecimiento de agua potable a la población de San Miguel utilizando las aguas del canal que hay próximo a dicha pedanía de Úbeda.

Previamente, antes de la redacción del presente estudio, se ha visitado la zona para tomar datos de campo necesarios como pueden ser:

- La ubicación de las casas.
- El lugar idóneo para la instalación del depósito.
- La trayectoria a seguir por la conducción, etc.

Luego, con la ayuda de mapas de topografía de la zona, se ha podido desarrollar los trabajos previos para la redacción del presente estudio. El propósito del estudio es:

- Nueva red de abastecimiento de agua potable a la aldea de San Miguel para el llenado del depósito.
- Disposición de un depósito cilíndrico de chapa (metálico) y con la ubicación precisa para suministrar la presión deseada a la entrada de las viviendas.



***ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES***



2. ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES

En el caso que nos concierne, consideramos una situación tipo que es la siguiente; no se requiere el conocimiento del estado actual de las instalaciones, sino que directamente se pretende calcular un sistema de recogida de aguas y abastecimiento de las mismas a la población. Es decir, cómo si no existiese actualmente ninguna instalación sobre la población (depósito, canalizaciones, tomas de agua, etc) que hagan considerar esta situación.

Se recogen las aguas de una canal que está al Sur de la población de San Miguel, y se elevan hacia un depósito en un cerro al Norte de la población, para que con la caída suficiente sea capaz de dar la Presión mínima necesaria en cada una de las viviendas del pueblo.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



3. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente estudio será:

- a) Captación de agua del canal del Sur de la población mediante una bomba sumergible, por la necesidad de introducirla en el agua que discurre por el canal.
- b) Las aguas extraídas y bombeadas serán dirigidas hacia un desarenador, como primer método de limpieza y depuración de aguas. Previamente al desarenador, se dispondrán de rejillas de desbaste para realizar una primera limpieza.
- c) Cuando las aguas han pasado por el desarenador, se bombearán con una segunda bomba, esta vez de eje horizontal que nos eleve esta agua hacia el depósito ubicado en el cerro Cabeza Mayor situada al Norte de la población de San Miguel, en el término municipal de Úbeda. Dicha bomba, al no ser sumergible, y por economía y utilidad, será la más adecuada.
- d) Tras pasar por la estación de bombeo, el agua se dispondrá en unos filtros de arena y mallas, mecanismo que compone el segundo método de limpieza empleado en el presente estudio.
- e) Se realiza la impulsión al depósito, para la cual, se analizan tres alternativas y se escoge aquella que sea la más viable económica y técnicamente.
- f) Las aguas llegan al depósito instalado al norte de la población. Será tapado para evitar la proliferación de algas y organismos. Cuando las aguas llegan al depósito situado en el cerro comentado, se disponen un tercer método de limpieza, un sistema de cloración automático.
- g) Las aguas serán abastecidas a la población de San Miguel desde el depósito



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



teniendo en cuenta la presión mínima en metros de columna de agua de tal manera que todas las viviendas reciban sin problemas los caudales de consumo requeridos.

- h) Se dispondrá de una tubería de abastecimiento que lleve las aguas del depósito a todos los puntos de la población. Para su cálculo se llevará a cabo considerando el punto más desfavorable al que hay que suministrar el agua.

Las viviendas en San Miguel están distribuidas a lo largo de una calle principal o carretera. Por este tipo de ubicación y configuración de dichas viviendas, sin formar núcleos, se optaría por una red ramificada, aunque el cálculo de esta red no es objetivo de este estudio.

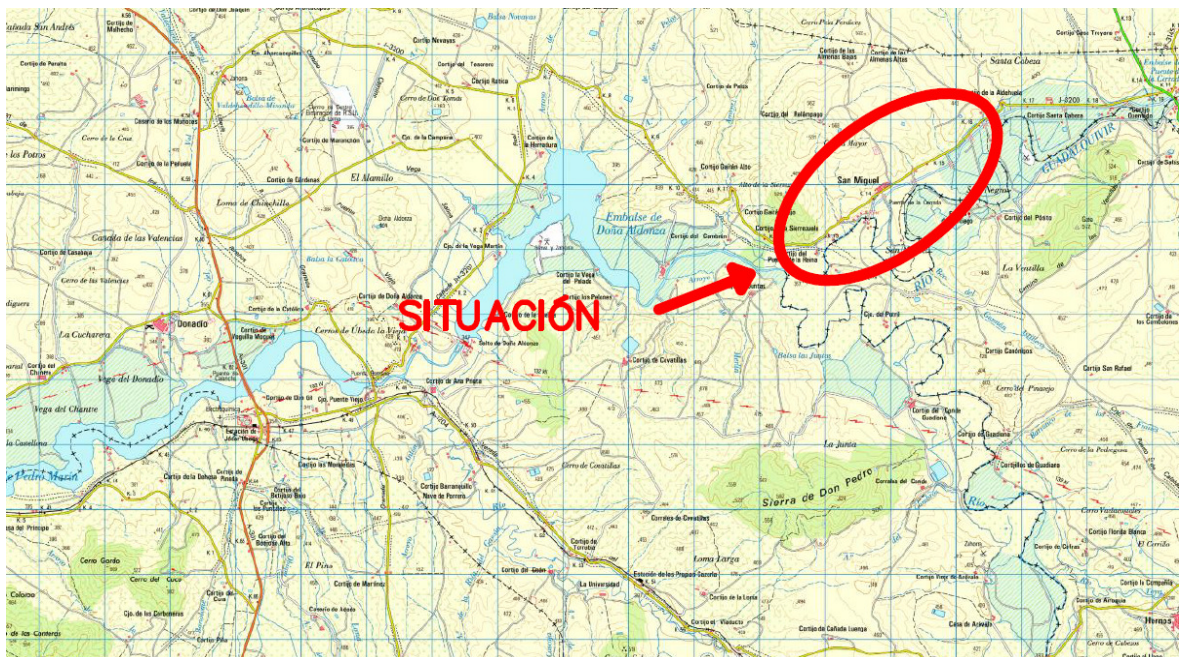


Figura nº 1: Vista general de la situación de la zona de estudio.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

4.1. Recogida de aguas del canal

El caudal que se requerirá para población se tomará del canal que está entre el río Guadalquivir y la carretera J-3200, tal y como se muestra en el gráfico adjunto. La zona de actuación viene claramente reflejada en el Plano n°1 del presente estudio.

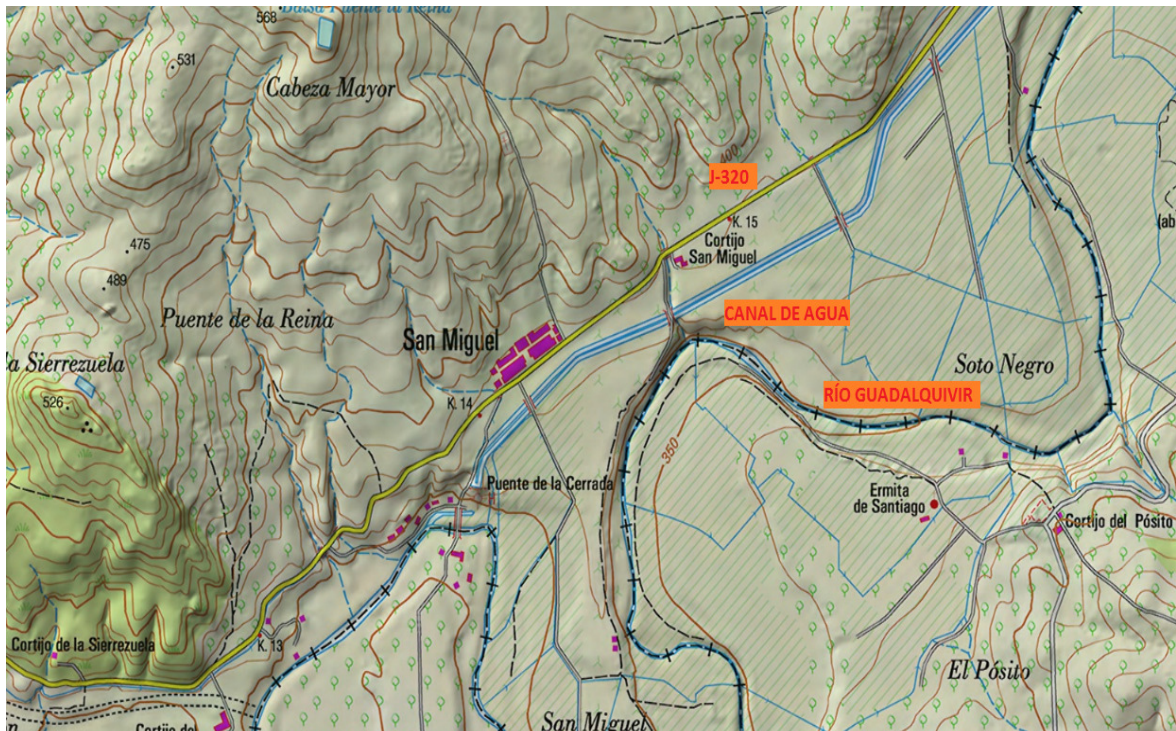


Figura n° 2: Vista de la planta de la zona de actuación.

Se realizará con una bomba vertical sumergible, que sea capaz de elevar el caudal que necesitamos hasta una altura escasa para que sea elevada con otra bomba hasta el depósito situado en el cerro.

El punto de captación de aguas se define con las siguientes coordenadas, y es



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



concretamente el punto marcado en la siguiente fotografía aérea.

X (UTM)=479052,80 m

Y (UTM)=4199952,56 m

Z (UTM)=370 m



Figura nº 3: Vista del punto de captación del agua en canal.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES

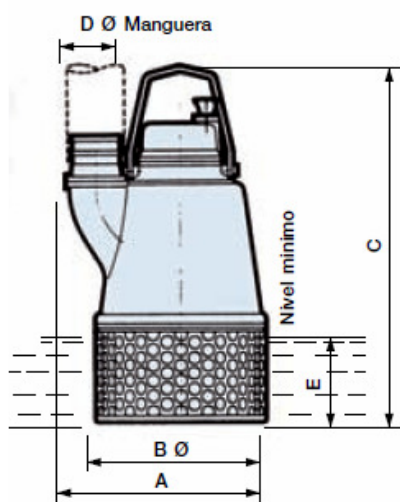


La bomba sumergible escogida será la siguiente, **IDEAL D 1001** con las siguientes características técnicas adecuadas para el presente trabajo. Esta bomba ha sido escogida entre las tres alternativas reflejadas en el capítulo 1 del *Anejo n°1* del presente estudio.

**Q=140 m³/h
H=6 m.c.a.**



Dimensiones



Tipo	A	B Ø	C	D Ø	E
D 151	380	185	475	50	75
D 301	380	185	475	70	75
D 501	450	215	670	70	110
D 521	450	215	670	70	110
D 750	435	370	790	80	175
D 751	435	370	790	100	175
D 1000	435	370	790	80	175
D 1001	435	370	790	100	175
D 1500	500	415	925	100	175
D 1501	500	415	925	125	175
D 2000	500	415	925	100	175
D 2001	500	415	925	125	175

Dimensiones mm.

Figura n° 4: Imagen de la bomba vertical empleada en la captación.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**

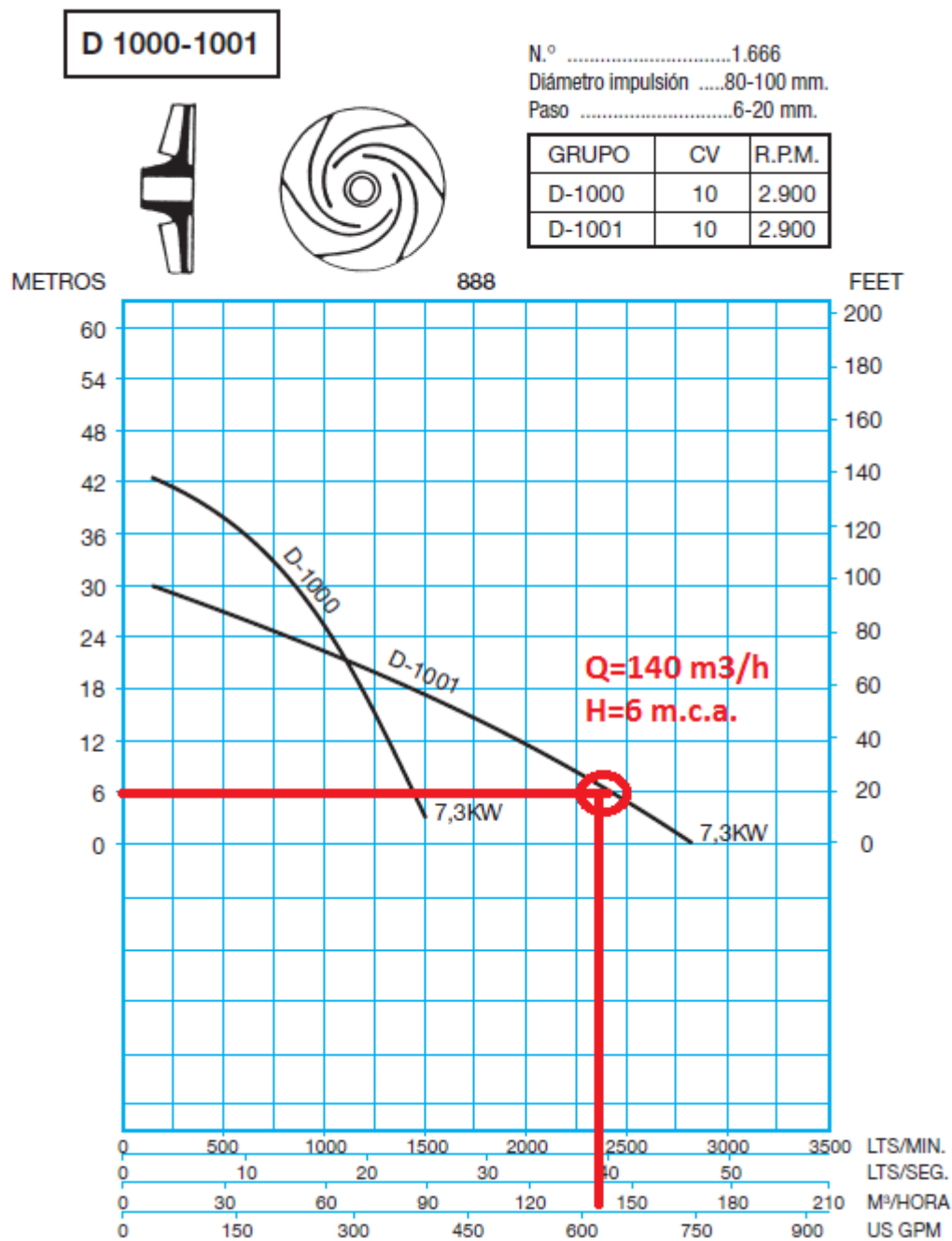


Figura nº 5: Punto de funcionamiento de la bomba.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



DATOS TÉCNICOS • TECHNICAL DATA • DONNÉES TECHNIQUES

	D-151	D-301	D-501	D-521	D-750	D-751	D-1000	D-1001	D-1500	D-1501	D-2000	D-151
Potencia CV.	1,5	3	5	5	7,5	7,5	10	10	15	15	20	20
Velocidad R.P.M.	2.810	2.840	2.820	2.820	2.860	2.860	2.880	2.880	2.865	2.865	2.865	2.865
Tensiones	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Consumo amperios	4,3/2,5	8,2/5	13/8	13/8	22,5/13	22,5/13	28,5/16,5	28,5/16,5	39/22,5	39/22,5	20/52	20/52
Frecuencia en Hz.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Cable mm²	4 x 2,5	4 x 2,5	4 x 2,5	4 x 2,5	4 x 2,5	4 x 2,5	4 x 4	4 x 4	4 x 2,5	4 x 2,5	4 x 4	4 x 4
Número de ramales de cable de 10 m. long.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Ø rodete en mm.	120	130	150	143	205	160	205	160	195	170	195	181
Paso rodete en mm.	12	15	17	18	4	20	6	20	10	24	10	32
Tipo rodete	Canal	Canal	Canal	Canal	Abierto	Abierto	Abierto	Abierto	Abierto	Abierto	Abierto	Abierto
Peso aproximado en Kgs.	20	30	45	45	88	88	98	98	123	123	137	137
Capacidad cámara aceite el litros	1/4	1/4	1/2	1/2	2	2	2	2	2,7	2,7	2,7	2,7
Tipo de aceite	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20	SAE 20

Tabla nº 1: Características técnicas de la bomba D-1001.

Tras comparar las características técnicas de nuestra bomba con las de nuestro estudio, vemos que se ajusta muy bien en altura manométrica a elevar ya que la cota de toma de agua es 370 m y la cota máxima de elevación será hacia la bomba situada a poca distancia con una cota de 372 m, situada en el punto que se marca en la siguiente imagen. El caudal que presta corresponde bastante bien al necesario que se ha calculado, ya que dicho caudal a elevar será de unos 35 l/s (129,27 m³/h).



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Figura nº 6: Situación de la bomba de eje horizontal.

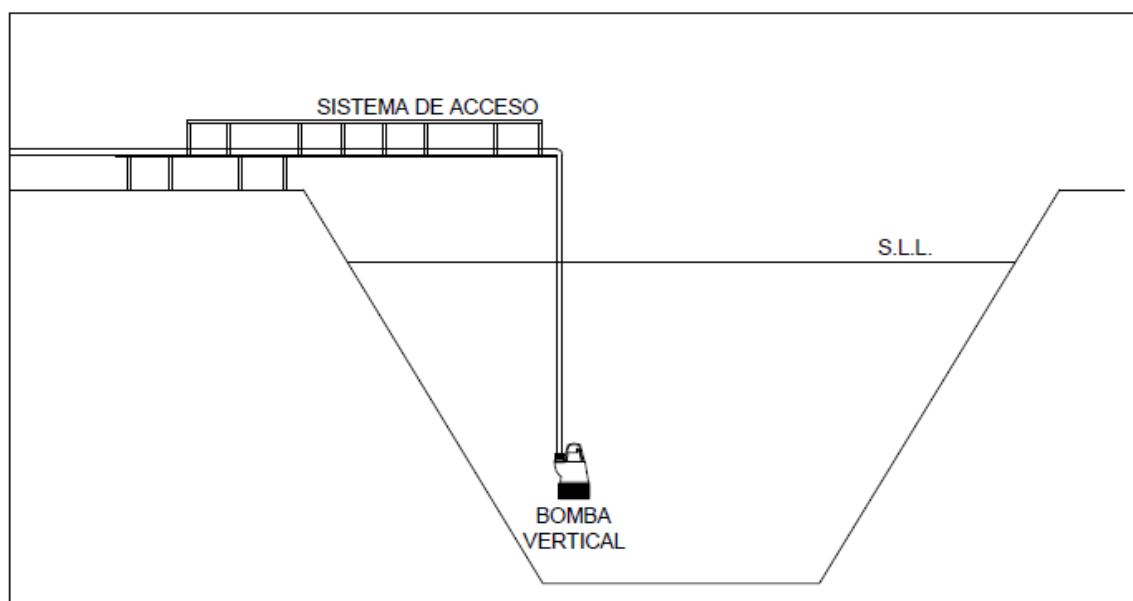


Figura nº 7: Sección de la captación con bomba en canal.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



4.2. Rejillas de desbaste

4.2.1. Introducción

El objetivo es disminuir todos los objetos voluminosos y materias flotantes. Se subdividen las rejillas en función de:

A) en función de la apertura se clasifican en:

- Desbaste grueso: 50-100 mm.
- Desbaste medio: 15-50 mm.
- Desbaste fino: <15 mm.

B) en función del sistema de limpieza que utilicen:

- Manual.
- Mecanizada.

En rejillas mecanizadas:

- Temporizador (con una duración de 5-10 minutos).
- Por presostato: con pérdidas de carga, por ejemplo, midiendo el calado por un sensor cuando este note la diferencia de altura, entonces es cuando actúa.

C) en función de su geometría:

- Rejillas planas (son las normales).
- Rejillas curvas.

La inclinación del plano respecto a la horizontal, las inclinaciones más



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



frecuentes: 30-50° respecto a la horizontal. Algunos criterios tradicionales: los barrotes generalmente deben tener un grosor mínimo de 10 mm.

En el diseño de las rejillas hay que tener en cuenta las condiciones hidráulicas, en primer lugar la velocidad de acercamiento que debe estar por encima de un determinado umbral para evitar que se depositen linos, arenas, se deberá de evitar que el agua circule por debajo de esta velocidad (0,4 m/s), que es la velocidad mínima de acercamiento.

Tampoco deberá ir a una velocidad excesiva, ya que las materias que quedan retenidas las arrastraría el agua. Esta velocidad máxima a caudal medio debe estar en el orden de 1 m/s máximo (0,9-1 m/s); velocidad de acercamiento que lleva el caudal en la inmediación de acercamiento de las rejillas. La velocidad de peso por rejillas debe estar comprendida entre 0,6 m/s a 1,4 m/s.



Figura nº 8: Rejillas de desbaste.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



4.2.2. Cálculo del sistema de desbaste

Las pérdidas de cargas que se van a producir como máximo van a ser, considerando para el estudio rejas gruesas, 0,2 m. Serán para barrotes planos, con una inclinación sobre solera de 30°. La anchura de los barrotes será de 2 cm. La velocidad de paso estará comprendida en 1 m/s. Se admite un valor de colmatación con la reja en un 30 % de la superficie.

Para la pérdida de carga se usará la siguiente fórmula:

$$\Delta h = f \left(\frac{a}{b} \right)^{4/3} - \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{sen } \alpha \quad (1)$$

Donde:

f=coeficiente que depende de la forma del barrote.

Barrotes redondos, f=1,79

Barrotes planos, f=1,6

a=anchura del barrote

b=separación entre barrotes

v=velocidad de aproximación (m/s)

α =Ángulo que forma la rejilla con la solera.

Sustituyendo;

$$\Delta h = f \left(\frac{a}{b} \right)^{4/3} - \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{sen } \alpha = 0,2 \text{ m} \cdot \frac{1}{7} = 1,6 \left(\frac{0,02}{b} \right)^{4/3} - \left(\frac{1^2}{2g} \right) \text{sen } 30^\circ$$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Despejamos separación de los barrotes (b)=0,02 m=2 cm, por lo que nuestra reja queda definida.

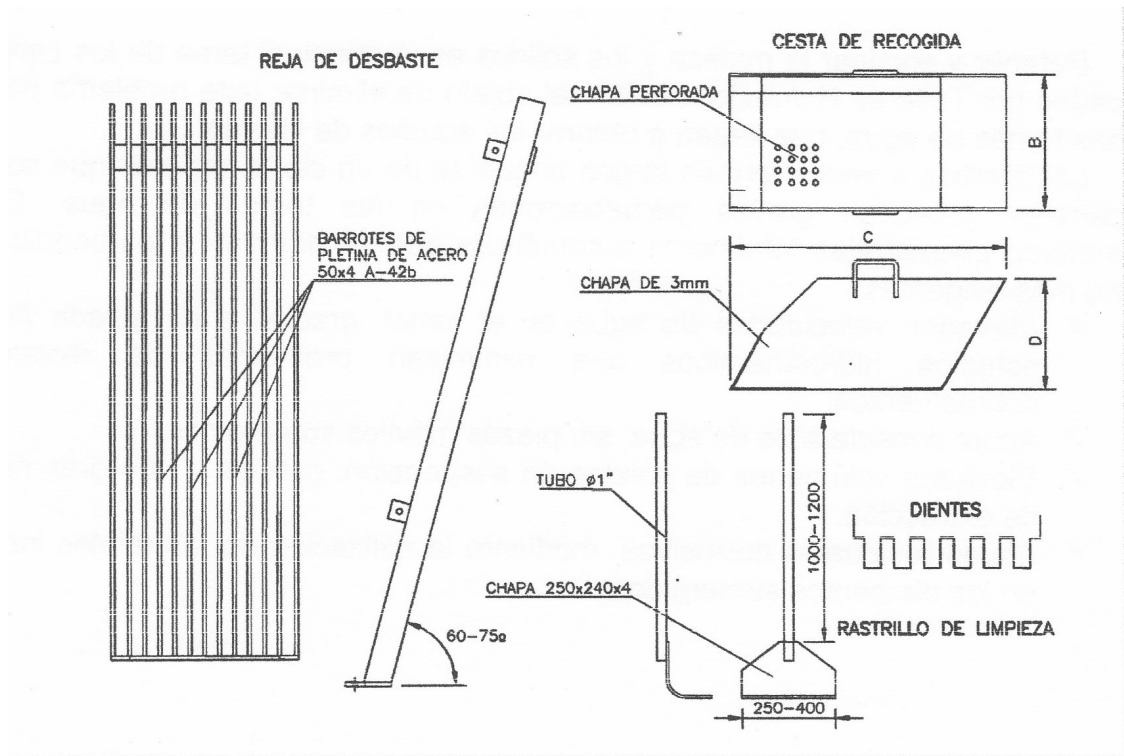


Figura nº 9: Esquema de rejillas de desbaste.



4.3. Desarenador

4.3.1. Introducción

Tras tomar el agua del canal, ésta pasará por un desarenador el cual hará el primer filtro o será la primera etapa en el proceso de depuración y filtración.

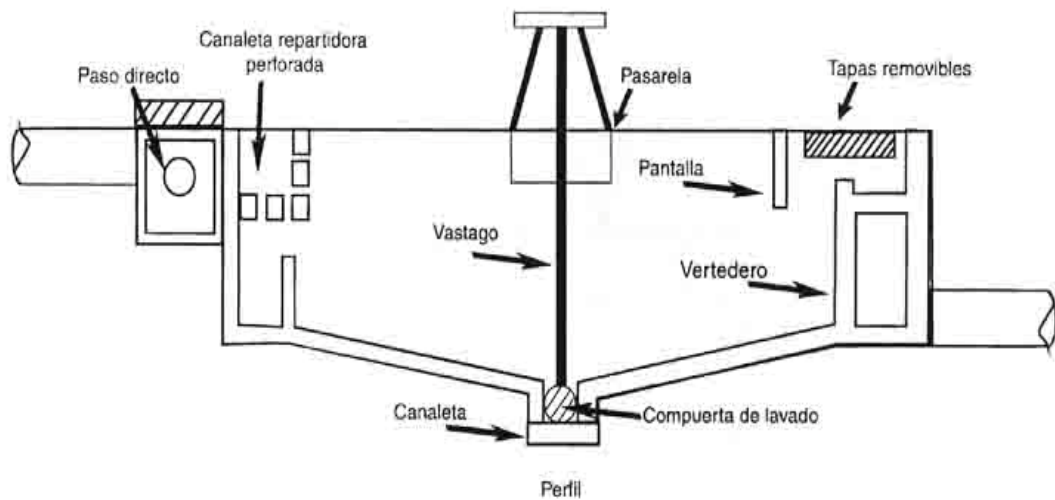


Figura nº 10: Sección de desarenador típico.

Los procesos de sedimentación pueden realizarse según diversos esquemas separativos que dependen, para su puesta en práctica, de la concentración y características de las materias en suspensión. Es posible, así establecer la siguiente tipología de procesos de sedimentación:

- Tipo 1: Sedimentación de partículas discretas. Este tipo es característico en procesos de simple decantación, como el caso de desarenadores.
- Tipo 2: Sedimentación de partículas indiscriminadas. Este tipo se corresponde perfectamente con la acción que se realiza decantación de todo tipo de partículas, sin



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



separar tamaño, densidad o constitución.

- Tipo 3: Sedimentación de partículas floculadas y en floculación. Sedimentación por zonas, cuando la concentración de partículas en el líquido es relativamente elevada.

Es muy difícil determinar, teórica o empíricamente, una fórmula, que sea aplicable al proceso real de decantación, debido a la gran variedad de condiciones que se registran durante el proceso de sedimentación. Entre estas condiciones figuran como determinantes:

- Tamaño de las partículas
- Peso específico de las partículas
- Concentración de sólidos en suspensión
- Temperatura
- Tiempo de retención
- Velocidad ascensional.
- Velocidad de flujo
- Acción del viento sobre la superficie del líquido.
- Fuerzas biológicas y eléctricas
- Cortocircuitos hidráulicos.

El estudio teórico del desarenado está relacionado con el de los fenómenos de sedimentación y en él intervienen las fórmulas de Newton (y su derivación según el n° de Reynolds de Stokes y Halen). Mediante estas fórmulas se calculan las velocidades de sedimentación de las partículas esféricas. Si consideramos una sedimentación de partículas discretas, se puede simplificar la fórmula de Newton, puesto que entendemos que no interaccionan las partículas entre sí.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



4.3.2. Cálculo del desarenador

Este apartado muestra la solución final adoptada tras el estudio reflejado sobre distintas posibilidades en el diseño de un desarenador. Dicho estudio se refleja en el *Anejo n° 2* del presente estudio.

Nuestro caudal es $Q=35,91$ l/s

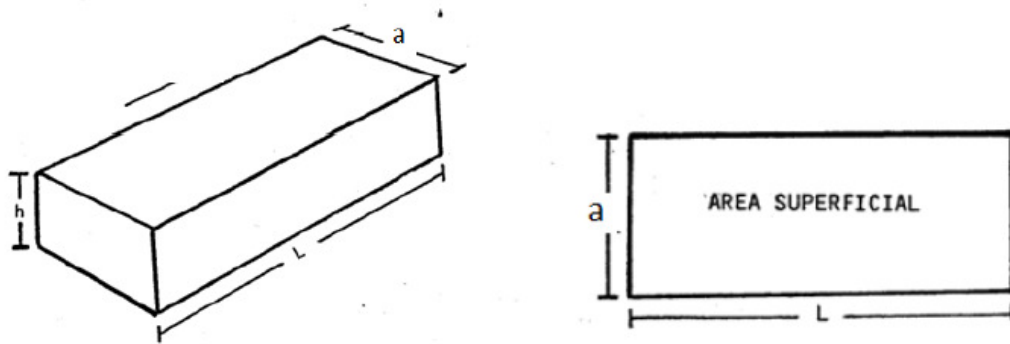


Figura n° 11: Dimensiones de un desarenador.

Datos:

- $Q = 35,91$ l/s = $0,03591$ m³/s
- Temperatura del agua = 16°C
- Diámetro de partícula de arena = 0,02 cm
- Tipo de régimen $d > 1,0$ mm, $Re > 1000$, flujo turbulento

Determinación de velocidades según tablas.

d (cm)	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1.00
Vs (cm/s)	0.2	0.7	2.4	4.0	5.6	7.2	15	27	35	47	74
v*s (cm/s)	0	0.5	1.7	3.0	4.0	5.0	11	21	26	33	
v**s (cm/s)	0	0	1.6	3.0	4.5	6.0	13	25	33	45	65
vI (cm/s)	15	20	27	32	38	42	60	83	100	130	190

Tabla n° 2: Determinación de velocidades.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Donde:

$d \rightarrow$ diámetro de la particular de arena.

$V_s(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para el fluido de velocidad horizontal nula.

$V_s^*(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal igual a v_I

$V_s^{**}(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal de 0,3 m/s.

$VI \rightarrow$ velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada.

Determinación de Sección Transversal.

La condición de relación entre anchura y altura es de $0,8 < (a/h) < 1,0$.

Por Continuidad, $S = Q/V_h = (0,03591 \text{ m}^3/\text{s}) / (0,27 \text{ m/s}) = 0,13 \text{ m}^2$. Por condiciones de pared, se considera la formación de líneas de corriente, debiendo verificarse la relación $(0,8 < (a/h) < 1,0)$, donde a es la anchura de la sección, h es la altura útil donde puede considerarse como posible solución:

$$h = 0,361 \text{ m}$$

$$a = 0,361 \text{ m}$$

$$\text{Y la Sección} = S = a \cdot h = 0,13 \text{ m}^2.$$

LONGITUD DE DESARENADOR

- Conocido el tiempo de sedimentación en reposo y V_s se fija h para determinar la sección transversal $a \cdot h$.
- Una vez conocido a y h , se calcula $t_0 = h/v$ y se establece el rendimiento a obtener.
- Conocido t_0 se deduce el valor de t .



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



- Determinando t/t_0 del ábaco.
- Se deduce la longitud, $L=t \cdot V_h$

Por lo tanto, se define para su cálculo el tiempo de sedimentación en reposo $t_0=h/v_s$, resultando para dicho parámetro (donde $v_s=1,7$ cm/s), dando el siguiente valor:

$$t_0=h/v_s=0,361 \text{ m}/(0,017 \text{ m/s})= 21,24 \text{ segundos}$$

Este tiempo normalmente se mayor en función de la tasa de tratamiento (t/t_0) a partir de las curvas de Hazen, teniendo en cuenta los valores de:

- % de eliminación de arenas: 80% en este caso.
- Tipo de rendimiento: bueno en este caso. Con un valor de $n=3$.

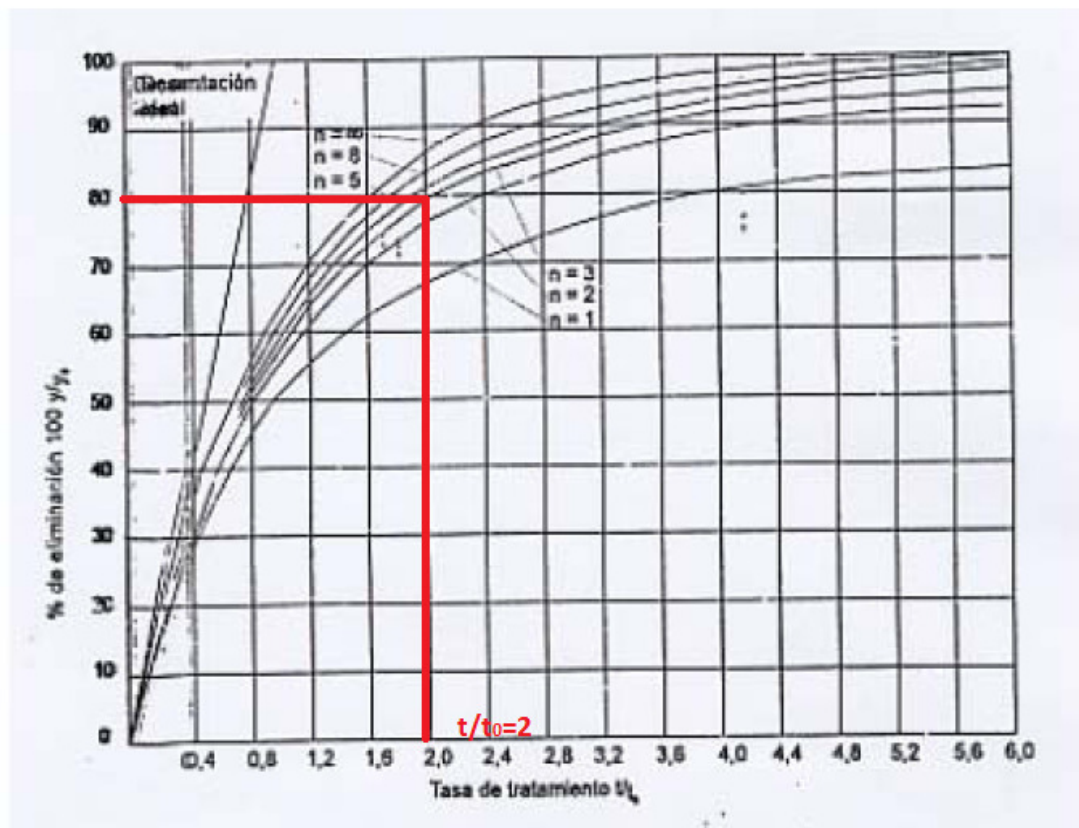


Figura nº 12: Curvas de Hazen.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Tiempo de retención, cálculo de L.

El cálculo del tiempo de retención se obtiene de la relación de t y t_0 , y L de la relación entre t y v_h .

Por tanto, al consultar la gráfica, $t/t_0=2$. Por tanto el tiempo de retención resulta $t=2 \cdot t_0=2 \cdot 21,24=42,5$ segundos.

Así finalmente se obtendría la longitud del desarenador como resultado del producto ($t \cdot v_h$, donde $v_h=0,27$ m/s), así pues:

$L_{\text{desarenador}}=42,5 \times 0,27=11,47 \text{ m}$



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



4.4. Bomba para conducción impulsada hacia depósito

Para suministrar el caudal necesario y la altura determinada hacia el depósito situado en el cerro, el cuál abastecerá a la población de San Miguel, se optará por una bomba de eje horizontal que impulse el agua desde la cota 372 m hasta la cota de depósito que es 419 m. El agua es recogida del desarenador anteriormente comentado y es elevada hacia el depósito. La bomba y desarenador se encuentran a la misma cota. El motor debe estar bien adecuado con respecto a los procesos meteorológicos y climáticos.

Las coordenadas de situación de la bomba horizontal serán las siguientes:

X (UTM)=479045,13 m

Y (UTM)=4199973,08 m

Z (UTM)=372 m



Figura nº 13: Situación de la bomba horizontal de impulsión.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Por lo tanto, la diferencia de altura a elevar será de diferencia entre cota de depósito (419 m) y cota de estación elevadora (372 m). El resultado son unos 47 m de diferencia de cota.

El caudal a suministrar serán los 35 l/s, que se estiman necesarios para abastecer a población que nos atañe en este estudio.

Por lo tanto los datos para escoger la bomba serán:

$Q=35 \text{ l/s}$ $H=47 \text{ m.}$

La bomba escogida será la **IDEAL GNI 80-40**, con las siguientes características técnicas, incluyendo su gráfico estimativa de capacidades de caudales y alturas manométricas. Dicha elección se basa en el estudio reflejado en *Anejo n° 1* del presente estudio, en su capítulo número 2.

Electrobombas centrífugas monobloc DIN 24255



Figura n° 14: Bomba Ideal utilizada como bomba de impulsión a depósito.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	400	450	500	600	700	800	900	1200	1400	1600	1800	2200	2400
	KW	HP		0	24	27	30	36	42	48	54	72	84	96	108	132	144
GNI 80-16	2,2	3	m.c.a.	9,2				8,8	8,7	8,7	8,6	8,2	8	7,4	7		
GNI 80-16	3	4		10,3				10,2	10,1	10	9,9	9,6	9,2	8,8	8,2		
GNI 80-20	3	4		11,4				11,2	11	10,9	10,8	10,2	9,4	8,5	7,3		
GNI 80-20	4	5,5		14,4				14,3	14,2	14,1	14	11,4	12,7	12	11	8,8	
GNI 80-20	5,5	7,5		16,3				16,1	16	15,9	15,8	15,5	15	14,1	13,4	11,2	9,8
GNI 80-26	5,5	7,5		19,5							19,1	18	16,7	15	13,2		
GNI 80-26	7,5	10		21,3							20,8	19,6	18,6	17,5	16	12	
GNI 80-26	11	15		25,2							24,7	24	23	22	21	17,2	14
GNI 80-32	7,5	10		22							21,5	20	19	17,5	15		
GNI 80-32	11	15		32							31,5	31	30,2	29	27	22,5	
GNI 80-32	15	20		36							35	34	33	32,5	31	27	23,5
GNI 80-32	18,5	25		38							37	36,5	36	35	33	30	26,5
GNI 80-40	11	15		34,5								32,5	30	27,5	22		
GNI 80-40	15	20		37,5								36	34	31,8	26		
GNI 80-40	18,5	25		45								44,5	43	41,5	37		
GNI 80-40	22	30		53								53	52	51	48	42	33
GNI 80-40	30	40		59								58,6	58	57	55	50	43

Tabla nº 3: Características técnicas de las bomba GNI.

Por lo tanto, el caudal y altura manométrica que aporta esta bomba es:

Q=132 m³/h

H=50 m.c.a.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



GNI / RNI 80-40

6369B

80/100

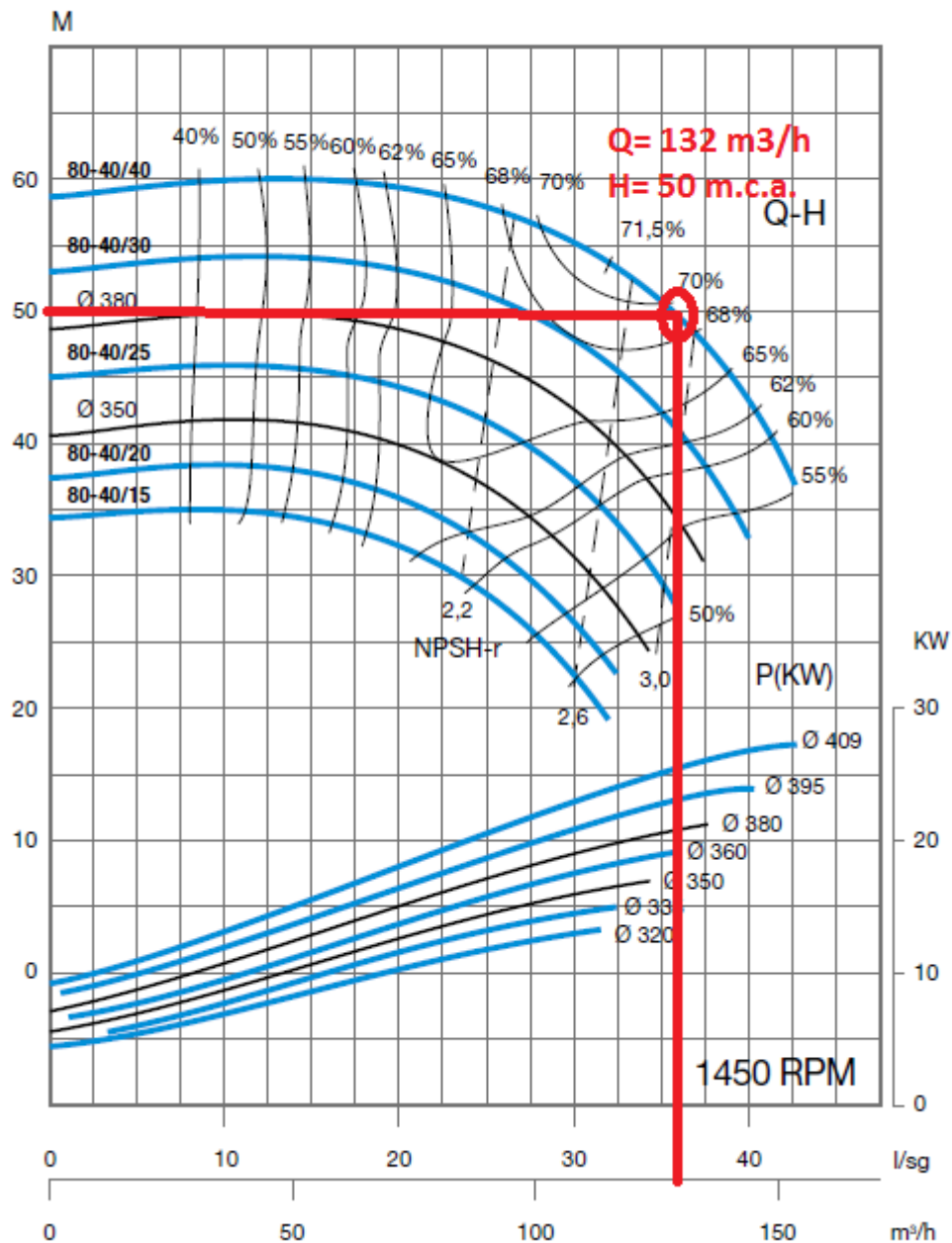


Figura nº 15: Punto de funcionamiento de la bomba.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



CÁLCULO DE LA ALTURA DE ASPIRACIÓN (H_a) DE LA BOMBA

Calcularemos la altura de aspiración (H_a) necesaria para captar el agua procedente del desarenador. Emplearemos esta fórmula:

$$NPSH_r = NPSH_d = \frac{P_0}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} - H_a - H_{rm\acute{a}x} \quad (1)$$

Donde:

$NPSH_r$ -> Altura neta de entrada requerida.

$NPSH_d$ -> Altura neta de entrada disponible.

P_0 -> Presión atmosférica

P_s -> Presión de saturación del agua a cierta temperatura.

H_a -> Altura de aspiración.

$H_{rm\acute{a}x}$ -> Pérdida de carga máxima para aspiración.

$$H_a = \frac{P_0}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} - NPSH_r - H_{rm\acute{a}x} = 10 \text{ m.c.a.} - 0,238 \text{ m.c.a.} - 2,8 \text{ m.c.a.} - H_{rm\acute{a}x}$$

De la fórmula de Hazen-Williams, obtenemos la pérdida de carga máxima.

$$H_{rm\acute{a}x} = \frac{10,7}{C^{1,85} \cdot D^{4,78}} \cdot Q^{1,85} \cdot L = \frac{10,7}{150^{1,85} \cdot 0,2 \text{ m}^{4,78}} \cdot \left(\frac{0,03591 \text{ m}^3}{s} \right)^{1,85} \cdot 21,9 \text{ m}$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

Volvemos a la expresión inicial (1);

$$H_a = \frac{P_0}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} - NPSH_r - H_{rm\acute{a}x} = 10 \text{ m.c.a.} - 0,238 \text{ m.c.a.} - 2,8 \text{ m.c.a.} - 0,1 \text{ m.c.a.}$$

$$= 6,8 \text{ m}$$



***ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES***



Por lo tanto, al no haber tanta diferencia de cota en nuestro caso, consideramos válidos estos cálculos.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



4.5. Filtrado de arena

4.5.1. Introducción

Los filtros cerrados se usan para tratar las aguas de abastecimiento en pequeñas y medianas poblaciones, en las que el caudal requerido no es muy elevado. Para su correcto funcionamiento estos filtros precisan que el agua dispongan de una presión mínima determinada (por ejemplo es corriente el estar en torno a 30 m.c.a.). A veces la utilización de estos filtros permite prescindir de algunos de los pretratamientos anteriores como son los desarenadores, decantadores, etc. Por este motivo resultan rentables, en plantas de tratamiento de agua para pequeñas y medianas poblaciones. En grandes poblaciones sería muy costoso conseguir presiones de 30 m.c.a para grandes caudales de agua, por este motivo los filtros abiertos se utilizan en plantas que abastecen a grandes y medianas poblaciones. Se utilizarán filtros cerrados.



Figura nº 16: Filtros cerrados.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



4.5.2. Cálculo del sistema de filtrado de arena

A continuación se muestra la solución adoptada, pero el cálculo exhaustivo con las alternativas que se disponen para el sistema de filtrado se detalla en el *Anejo n° 3* del presente estudio. Utilizaremos la fórmula que relaciona el caudal con la velocidad en la conducción por su sección. Dicha fórmula es la siguiente:

Sabiendo que nuestro Caudal, Q , es 35,91 l/s. La velocidad es 25 m/hora.

La solución será establecer 2 filtros cerrados de arena de 2000 mm de diámetro, ya que resulta la solución más económica. Ofrece un caudal de 0,043 m³/s, superior a los 0,03591 m³/s mínimos. Además, como seguridad se incluyen filtros de mallas.

Como el caudal ha aumentado, tenemos que calcular la nueva velocidad de paso en la tubería de impulsión, de 200 mm de diámetro.

$$Q = V \cdot S = 0,043 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = V \cdot \frac{\pi \cdot \left(\frac{0,2}{2}\right)^2}{2}; \text{Despejamos } V \rightarrow V = 2,73 \text{ m/s}$$

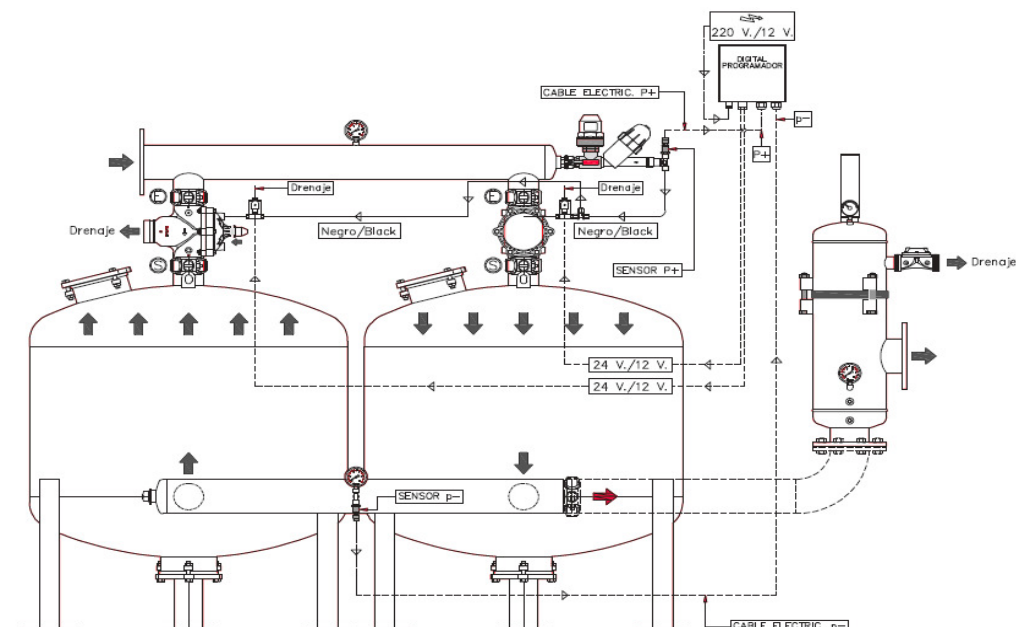


Figura n° 17: Filtros tipo utilizados como solución.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



4.6. Tubería de impulsión

Las diferentes opciones entre materiales y alternativas, dan un resultado de 6 opciones (en función de recorrido y material), y obteniendo el coste anual y de inversión para cada alternativa obtenemos el costo de cada opción.

Alternativa	Diámetro (mm)	Dif. Cota (m)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)
1A	200	50	338,8	1,34
1B	180	50	338,8	1,66
1C	200	50	338,8	1,34
2A	200	49	315	1,34
2B	180	49	315	1,66
2C	200	49	315	1,34
3A	200	53	429,8	1,34
3B	180	53	429,8	1,66
3C	200	53	429,8	1,34

Tabla nº 4: Características técnicas de las alternativas de impulsión.

Alternativa	Material	Costes inversión (€)	Costes anuales (€)	Costes totales (€)
1A	PVC-O	15.805,40	40.974,27	56.779,67
1B	PE	22.098,15	42.986,40	65.084,55
1C	FUNDICIÓN	71.201,62	48.673,81	62.034,35
2A	PVC-O	15.203,92	40.019,65	55.223,57
2B	PE	21.056,39	41.890,58	62.946,97
2C	FUNDICIÓN	54.171,78	43.443,75	97.615,52
3A	PVC-O	18.032,50	44.001,85	62.034,35
3B	PE	26.008,33	46.553,81	72.562,14
3C	FUNDICIÓN	71.201,62	48.673,81	119.875,44

Tabla nº 5: Costos de las diferentes alternativas de impulsión.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Desglosando el valor que económico que da la solución obtenida (remarcado en las anteriores tablas):

Cota depósito: 419 m de altitud

Material: PVC-O

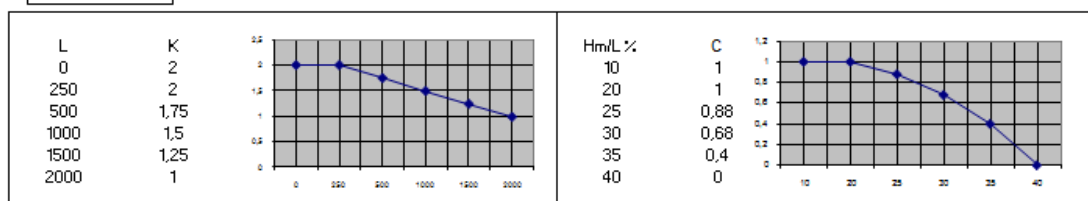
Longitud de Conducción: 315 m.

CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN

Si $L < \frac{a \cdot T}{2}$ entonces la sobrepresión del golpe de ariete es $\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot V}{g \cdot T}$

Si $L > \frac{a \cdot T}{2}$ entonces la sobrepresión del golpe de ariete es $\Delta H = \frac{a \cdot V}{g}$

donde: $a = \frac{9900}{\sqrt{48 + k1 \cdot \frac{D}{e}}}$ velocidad propagación de onda de golpe de Ariete. $T = C + \frac{K \cdot L \cdot V}{g \cdot Hm}$ Tiempo parada bomba T (s) L (m) = Longitud total de la tubería Hm (m) = Altura manométrica a la salida bomba



	k1	Material	a	D/e	E	Material	a	D/e	E
Acero	0,5	Acero	1280	28	2,2 x 10E10	PE 50A			
Fundición	1	Fundición Fe	1300	11	1,1 x 10E10	tubos 0,4 Mpa	185	26	9 x 10E7
Cemento	5	Amianto-cemer	980	10	1,85 x 10E9	tubos 0,6 Mpa	225	17	9 x 10E7
Fibro cementc	5,5	PVC				tubos 1,0 Mpa	280	11	9 x 10E7
Poliéster	6,6	tubos 0,4 Mpa	240	51	3 x 10E8	PE 100			
PVC	33,3	tubos 0,6 Mpa	290	34	3 x 10E8	tubos 0,4 Mpa	170	41	12 x 10E7
PE (alta densidad)	111,11	tubos 1,0 Mpa	365	21	3 x 10E8	tubos 0,6 Mpa	210	26	12 x 10E7
PE (baja densidad)	500	tubos 1,6 Mpa	440	14	3 x 10E8	tubos 1,0 Mpa	260	17	12 x 10E7
						tubos 1,6 Mpa	320	11	12 x 10E7
						PE 32			
						tubos 0,4 Mpa	110	17	2 x 10E7
						tubos 0,6 Mpa	135	11	2 x 10E7
						tubos 1,0 Mpa	170	7	2 x 10E7

Calculamos la velocidad de propagación de onda de golpe de ariete:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + k1 \cdot \frac{D}{e}}} \quad (1)$$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



$$\alpha = \frac{9900}{\sqrt{48 + 33,3 \cdot 21}} = 362,23 \text{ m/s}$$

Calculamos el tiempo de parada:

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot V}{g \cdot H_m} \quad (2)$$

$$T = 1 + \frac{2 \cdot 315 \cdot 1,34}{10 \cdot 47} = 2,79 \text{ s}$$

Como $\frac{\alpha \cdot T}{2} = 505,32 \text{ m} > L (315 \text{ m}) \rightarrow \text{Empleamos la fórmula}$

$$\Delta H = \frac{\alpha \cdot T}{g} \quad (3)$$

$$\Delta H = \frac{362,23 \cdot 1,34}{10} = 48,5 \text{ m}$$

Dispondremos dos válvulas de retención en la instalación:

- La primera a la salida de la estación de bombeo
- La segunda, a mitad de la conducción.

En cuanto a las válvulas, se ubicarán en los siguientes casos:

- A la salida del grupo de bombeo.
- En los cambios de pendiente de la conducción.

La sobrepresión generada no supera los parámetros de seguridad de los timbrajes de la tubería, por lo tanto cumplimos con ese requisito.

Otro aspecto, es que al instalar dos válvulas de retención se asegura la disminución del mismo y la protección de los equipos de la instalación.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



4.7. Depósito y caudales de consumo

4.7.1. Introducción

En la parte superior de la aldea del San Miguel (en el cerro situado al Norte de dicha localidad) se ubicará un depósito regulador de chapa cuya capacidad será de 2900 m³. Dicha capacidad será suficiente para abastecer a los habitantes de esta aldea ubetense.

El hecho de dotar a esta aldea con un depósito, es debido a que si hubiese una avería en el suministro de agua a dicha aldea, hasta que no fuese subsanada carecerían de agua potable.

Dicho depósito estará situado estratégicamente para suministrar el agua a la esta aldea con la presión necesaria en la arqueta de toma, que será como mínimo de 25 m.c.a. por planta y con una presión máxima de 60 m.c.a.

Para el cálculo de la tubería de impulsión, sus datos se detallan en el *Anejo n° 4* del presente estudio.

Se ha escogido el depósito de 2900 m³, ya que se mayorará según cálculos de caudal y volumen de depósito que por cálculo nos da. Todo se explica en el *Anejo n° 5* y 6 de cálculo de depósito. Se trata de un depósito de chapa galvanizada que se ubicará a la cota 419 m.

Será de 23,84 m de diámetro. Será tapado, para evitar posibles contaminaciones y evaporación del agua residente en él. Será de la casa ILURCO. Su altura será de 6,5 m.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Figura nº 18: Depósito prefabricado de chapa metálica.

4.7.2. Cálculo de Caudales

Todo ello se detalla en Anejo 5 de Cálculo de depósito para hallar el volumen correcto del depósito. En resumen, consideraremos tres apartados bien distintos:

- Zona residencial.
- Zona industrial.
- Boca de riego y viales



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Total de Caudal (Q) de zona residencial= **$0,00876 \text{ m}^3/\text{s}=8,76 \text{ l/s}$**

Total de Caudal (Q) de zona industrial= **$0,012 \text{ m}^3/\text{s}=12 \text{ l/s}$**

Total de Caudal (Q) en bocas de riego y viales= **$0,0152 \text{ m}^3/\text{s}=15,2 \text{ l/s}$**

Por lo tanto, la suma del total de los tres caudales calculados anteriormente da un valor de $Q=0,035 \text{ m}^3/\text{s}=35 \text{ l/s}$



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



4.7.3. Cálculo del Sistema de Cloración Automático

La cloración del agua tiene tres distintos componentes básicos:

- a) Almacenamiento del cloro.
- b) Sistema de medición y control.
- c) Sistema de inyección.

En estaciones grandes estos tres componentes pueden quedar separados. En las pequeñas, por lo general, están muy próximos.

El cloro se puede almacenar como líquido, medirse como gas, y aplicarse como solución, o puede almacenarse y aplicarse en alguna de sus sales, lo que se llama hipocloración.

La capacidad de las estaciones de cloración depende de una serie de factores entre los cuales deben considerarse los siguientes:

- a. Demanda de cloro del agua.
- b. Dosis de cloro necesaria para la desinfección.
- c. Punto de aplicación del cloro.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



La demanda debe determinarse en el laboratorio para poder conocer el consumo de cloro que produce el agua durante los diferentes períodos del año. Esta demanda varía de acuerdo con la contaminación de la fuente, del contenido de materia orgánica de la misma y de otros factores que se analizaron a su debido tiempo.

Para determinar la dosis de cloro promedio en base a la cual se va a solicitar el equipo, deben estudiarse los siguientes factores:

- a. Tiempo de contacto disponible (relación concentración-tiempo).
- b. Puntos posibles de aplicación (precloración, postcloración).
- c. Modo como se va a clorar el agua (sobre el punto de quiebre, cloraminación, supercloración y decloración).
- d. Eficiencia que se busca de la cloración (destrucción de coliformes, de quistes o de virus).

Los factores anteriores deben estudiarse en base a consideraciones económicas y con la ayuda de pruebas de laboratorio, a fin de poder llegar a conclusiones acertadas sobre la mejor forma de aplicación del cloro al agua.

Los aparatos cloradores vienen por lo general calibrados en kilogramos o libras por día o en kilogramos o libras por hora.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA DE CLORACIÓN

La dosificación será de 1,5 kg/día o de 3,4 lb/día.

Se dosificará en cilindros cloradores de 50 kg (100 lb).

Su cálculo completo se estudia en el *Anejo n° 7* del presente estudio.

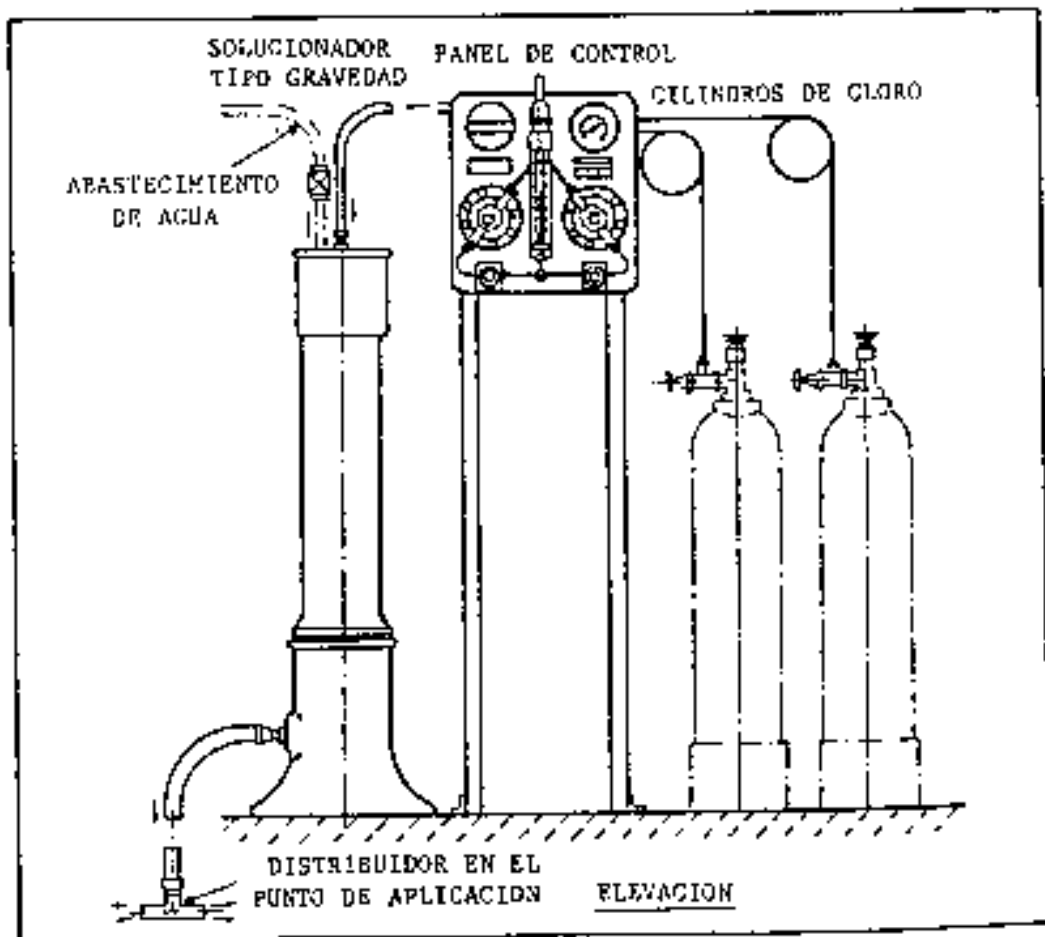


Figura n° 19: Sistema de dosificación de cloro.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



4.8. Tubería de abastecimiento a la población.

El objetivo es calcular el diámetro mínimo y más económico que consiga una presión mínima de 25 m.c.a. en el punto más desfavorable. El cálculo completo se detalla en el *Anejo n° 8* del presente estudio.

Datos:

- Cota depósito: 419 m
- Cota más desfavorable de población: 383 m.
- Caudal: 35,91 l/s.
- Empleamos ecuación de la energía.

Siendo A= Punto de Depósito y B= Punto de Cota más desfavorable.

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + H_{r_{AB}} \quad (1)$$

Utilizamos la ecuación de Hazen-Williams para determinar el diámetro de la tubería a través de las pérdidas de carga.

$$H_r = \frac{10,7}{C^{1,85} \cdot D^{4,75}} \cdot Q^{1,85} \cdot L \quad (2)$$

Sustituyendo para cada tipo de material, despejamos Diámetro.

$$H_r = \frac{10,7}{C^{1,85} \cdot D^{4,75}} \cdot Q^{1,85} \cdot L$$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



$$\text{Fundición} \rightarrow D^{4.75} = \frac{10,7}{148^{1.85} \cdot 11} \cdot (0,03591 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85} \cdot 153 \rightarrow D$$
$$= 113,6 \text{ mm}$$

Observando los resultados anteriores, y buscando un material que resulte más económico debido a que en los tres tipos de material hemos obtenido en cálculo un diámetro de 113 mm. Ese diámetro no existe, por lo que habrá que escoger el que exista comercialmente y de diámetro superior.

Cogiendo como mínimo diámetro comercial existente 125 mm, recordando que 113 mm era el valor de cálculo, podemos decir que optamos por el material PVC-O debido a su inferior coste, 5,59 €/m.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



5. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

Las alternativas que se han estudiado para la redacción de este estudio son:

- a) Una alternativa ha sido la posibilidad de abastecer a la población del Donadío a través de una red de suministro que parta de Úbeda, con una distancia entre poblaciones de 14 km aproximadamente.

El inconveniente es la enorme longitud de la conducción a emplear, y el intentar diseñar una red que sea viable económicamente con la topografía existente.

- b) Otra de las posibilidades podría haber sido bombear el agua desde un río Guadalquivir a poca distancia al Sur del canal. Tratando del caudal que se requiere, y al ser la conducción mayor que en el caso optado, esta alternativa se ve como buena, pero innecesaria teniendo el canal que aporta ese caudal necesario de consumo.
- c) La última alternativa, y por tanto, la escogida en este estudio ha sido la del depósito situado en el cerro para abastecer por gravedad a la aldea que concierne. La captación de aguas será desde el canal, al aportar el caudal necesario y al ser la distancia de impulsión bastante menor que sí es la que se usaría con la idea de captarla del río Guadalquivir. La diferencia de cotas es 47 m, hace que sea la solución óptima.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



6. DOCUMENTOS DEL ESTUDIO

El presente estudio redactado contiene los siguientes documentos:

DOCUMENTO NÚMERO 1: MEMORIA

- Antecedentes.
- Estado actual de las instalaciones.
- Objeto de Estudio.
- Descripción del sistema de abastecimiento.
- Alternativas estudiadas.
- Documentos del Estudio.
- Autor del Estudio.
- Conclusiones.

DOCUMENTO NÚMERO 2: PLANOS

- Plano n° 1: Plano de Situación.
- Plano n° 2: Plano de planta general del sistema.
- Plano n° 3: Plano de sistema de bombeo.
 - 3.1.: Bombeo vertical.
 - 3.2.: Bombeo horizontal.
- Plano n° 4: Plano de desarenador.
- Plano n° 5: Plano de filtros de arena.
- Plano n° 6: Plano de depósito.
- Plano n° 7: Plano de Alternativas de impulsión.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



DOCUMENTO NÚMERO 3: ANEJOS

- Anejo n° 1: Estudio de bombeo.
- Anejo n° 2: Estudio de desarenador.
- Anejo n° 3: Estudio de filtrado de arena.
- Anejo n° 4: Cálculo de la tubería de impulsión.
- Anejo n° 5: Cálculo de depósito.
- Anejo n° 6: Material de depósito.
- Anejo n° 7: Cálculo de sistema de cloración.
- Anejo n° 8: Cálculo de tubería de abastecimiento.
- Anejo n° 9: Normativa de agua potable.



***ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES***



7. AUTOR DEL ESTUDIO

El presente estudio ha sido redactado por Jesús Ruiz Fuentes, alumno de la Escuela Politécnica Superior de Linares, con domicilio en la calle Amistad nº 7 de Úbeda (Jaén).

Cursa la titulación de Grado en Ingeniería Civil de la Universidad de Jaén, y redacta el presente estudio como trabajo de fin de grado para finalizar sus estudios.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



8. CONCLUSIONES

Con lo expuesto, considero pues, que se encuentra suficientemente detallado y justificado el presente estudio con título “Estudio de Abastecimiento de agua potable en una población de menos de 500 habitantes” en el término municipal de Úbeda, concretamente en su pedanía del San Miguel.

Úbeda, 16 de Agosto de 2014

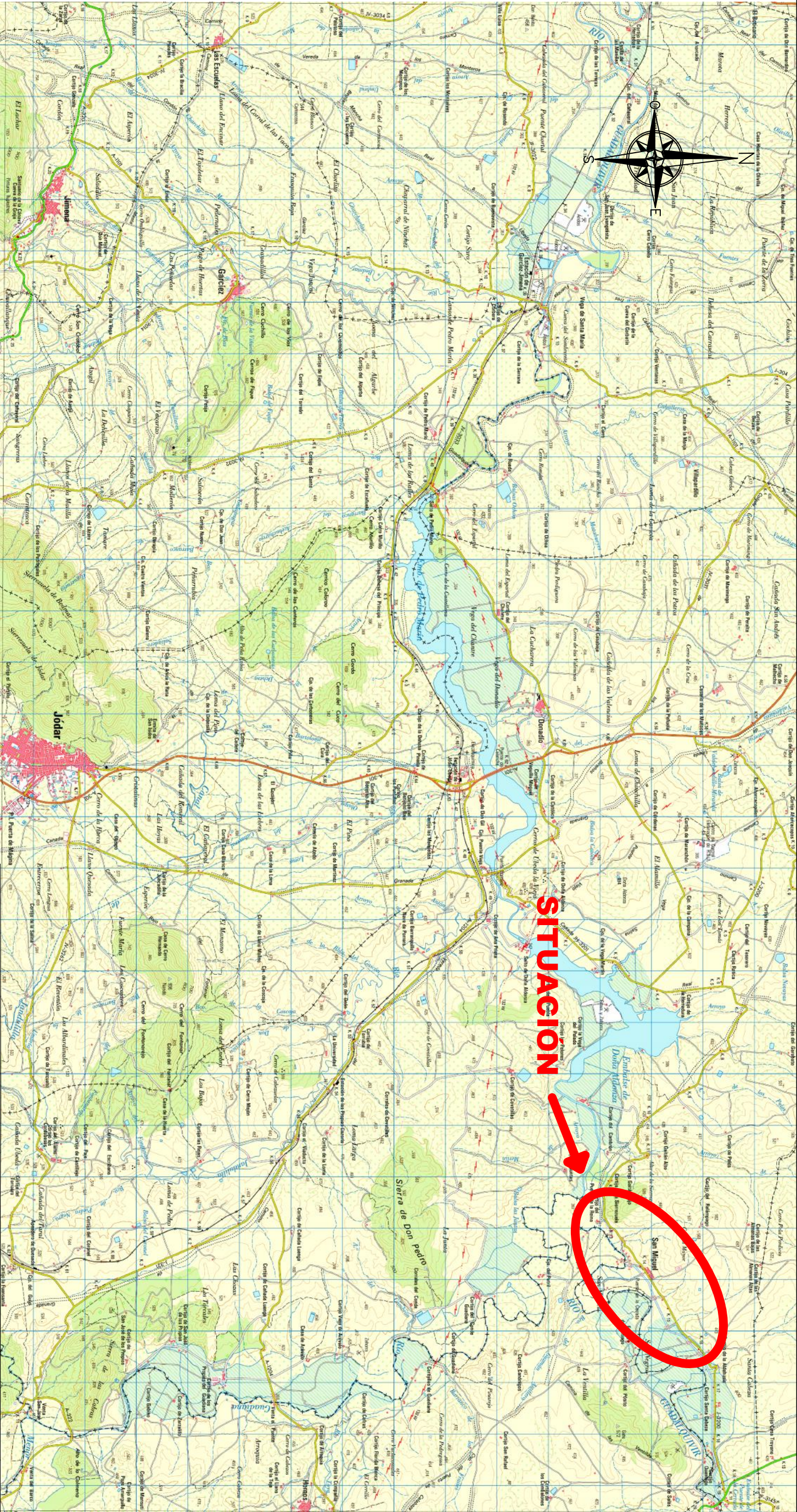
Fdo. JESÚS RUIZ FUENTES



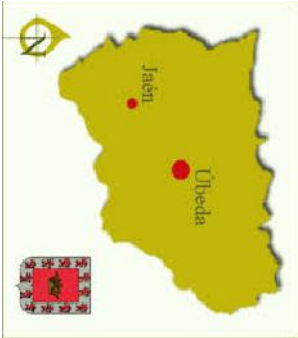
***ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES***



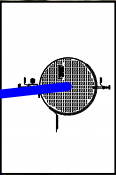
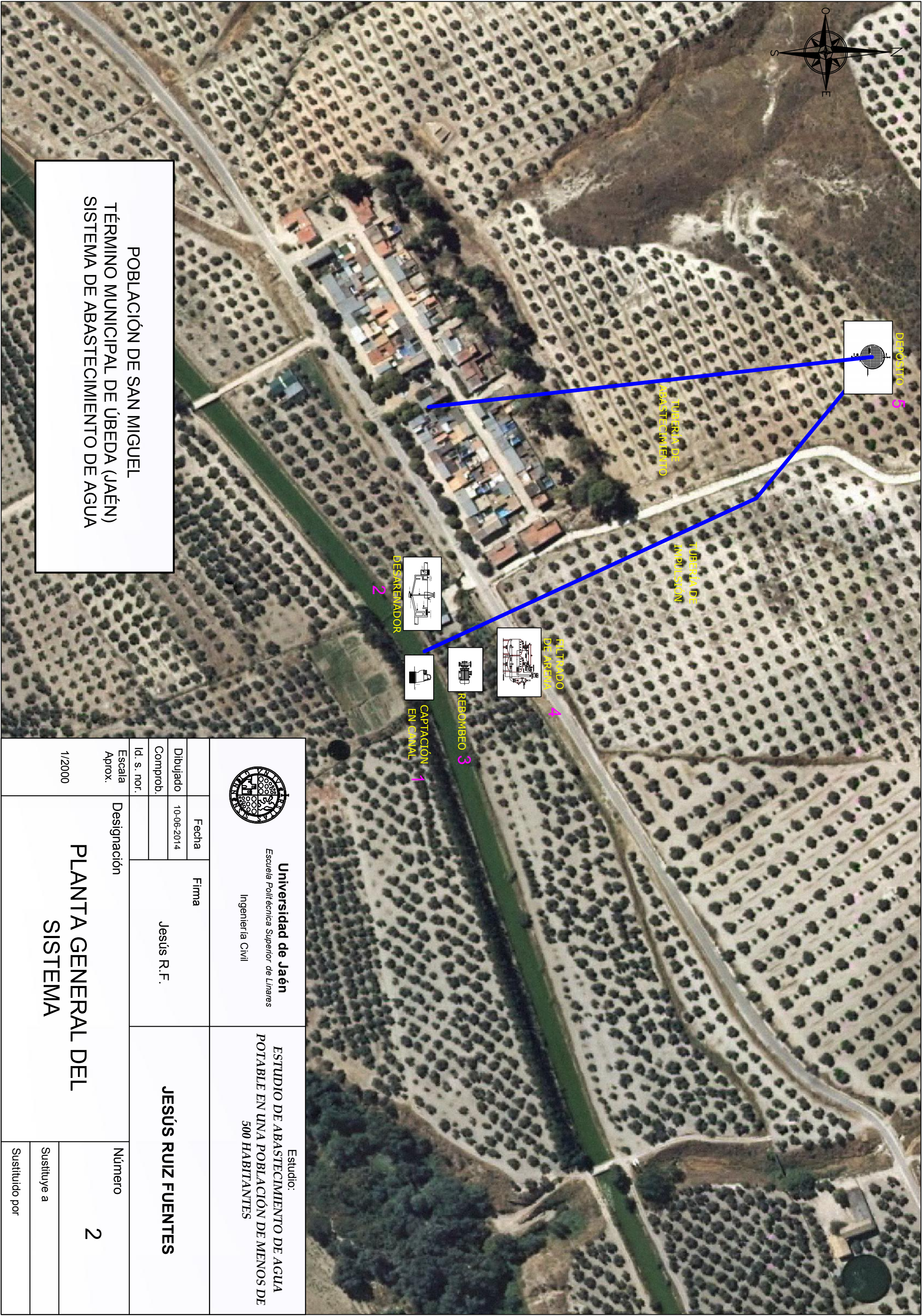
PLANOS



ZONA DE TRABAJO



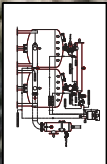
 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería Civil			Estudio: ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES		
	Fecha	Firma Jesús R.F.		JESÚS RUIZ FUENTES	
Dibujado	10-06-2014				
Comprob.					
Id. s. nor.					
Escala Aprox.	Designación	Número 1			
1/75.000	PLANO DE SITUACIÓN		Sustituye a		
			Sustituido por		



DEPÓSITO 5

TUBERÍA DE ABASTECIMIENTO

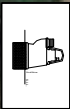
TUBERÍA DE IMPULSIÓN



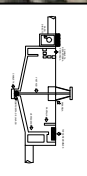
FILTRADO DE ARENA 4



REBOMBEO 3



CAPTACIÓN EN CANAL 1

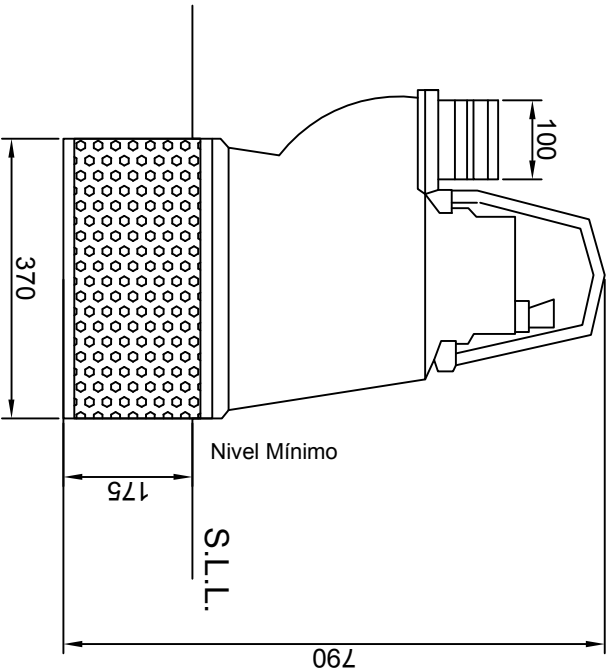
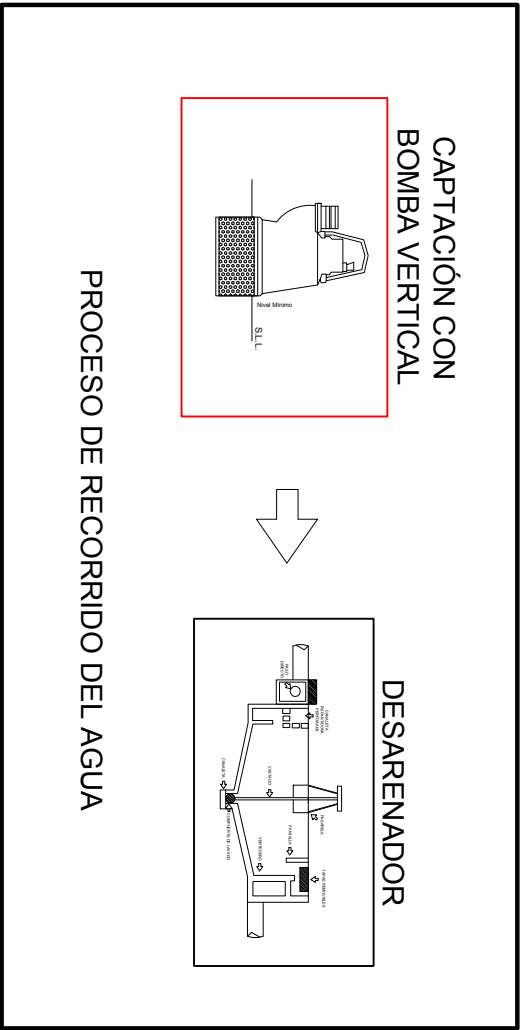


DESARENADOR 2

POBLACIÓN DE SAN MIGUEL
TÉRMINO MUNICIPAL DE ÚBEDA (JAÉN)
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

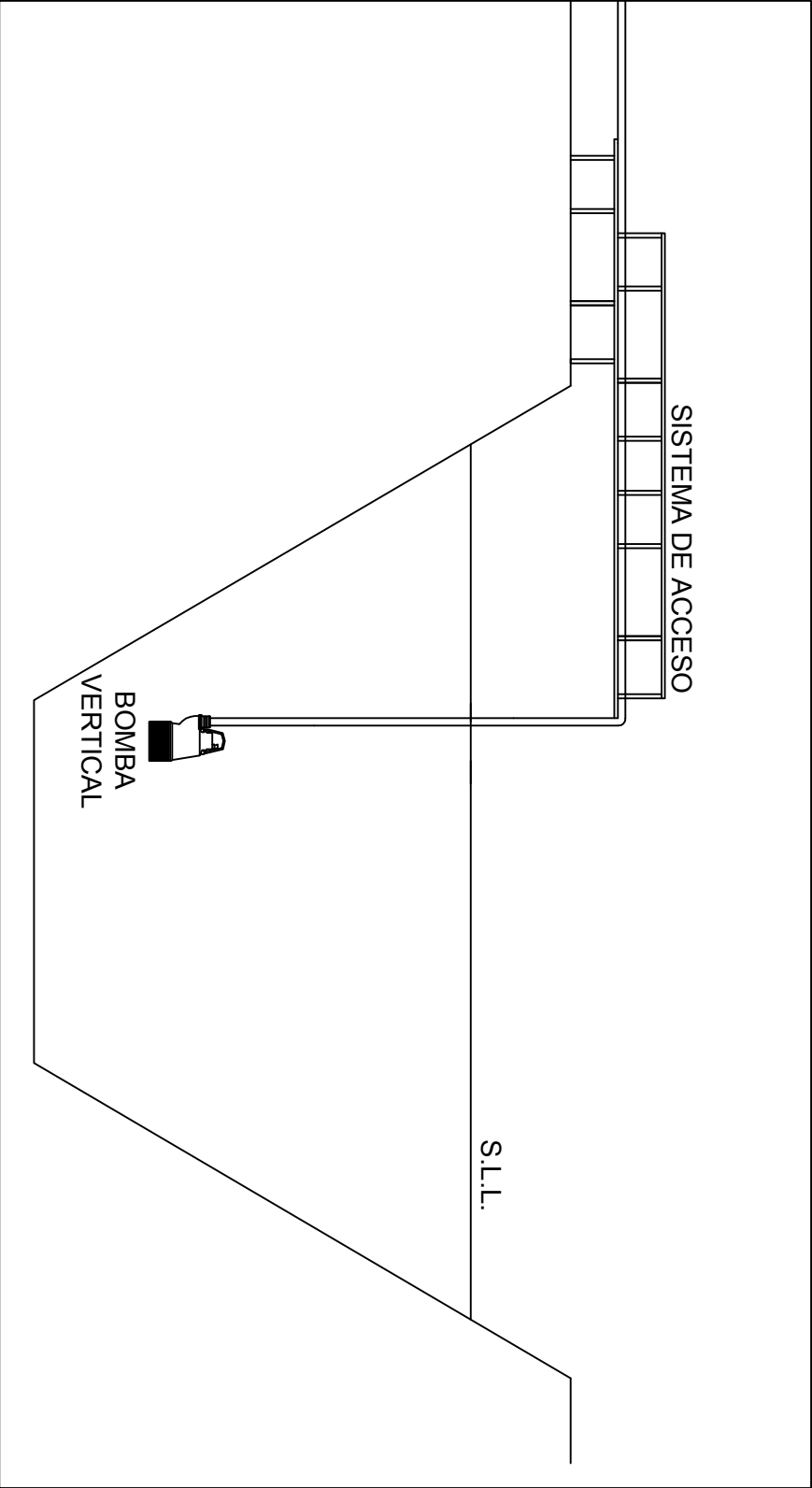
 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería Civil			Estudio: ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES		
	Fecha	Firma		JESÚS RUIZ FUENTES	
Dibujado	10-06-2014				
Comprob.					
Id. s. nor.					
Escala Aprox.	Designación	Número			
1/2000	PLANTA GENERAL DEL SISTEMA	2			
		Sustituye a			
		Sustituido por			

SISTEMA DE BOMBEO VERTICAL



Bomba vertical aguas cargadas

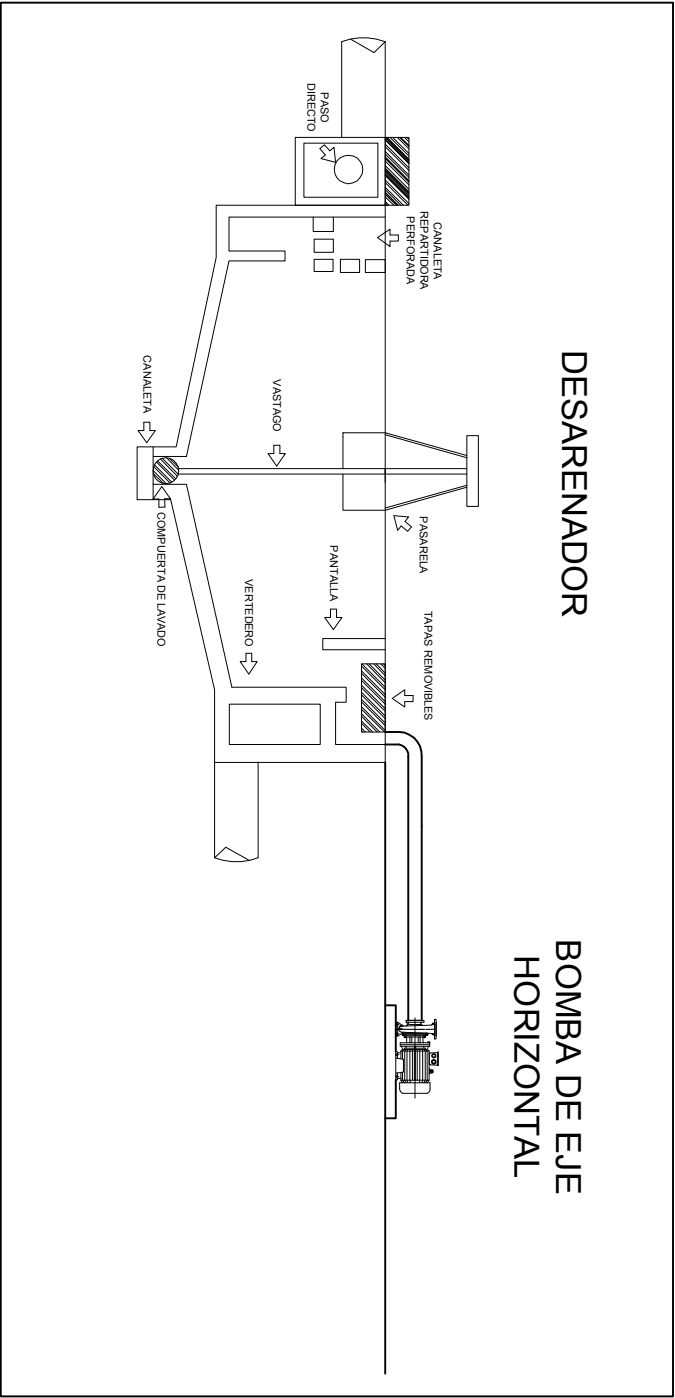
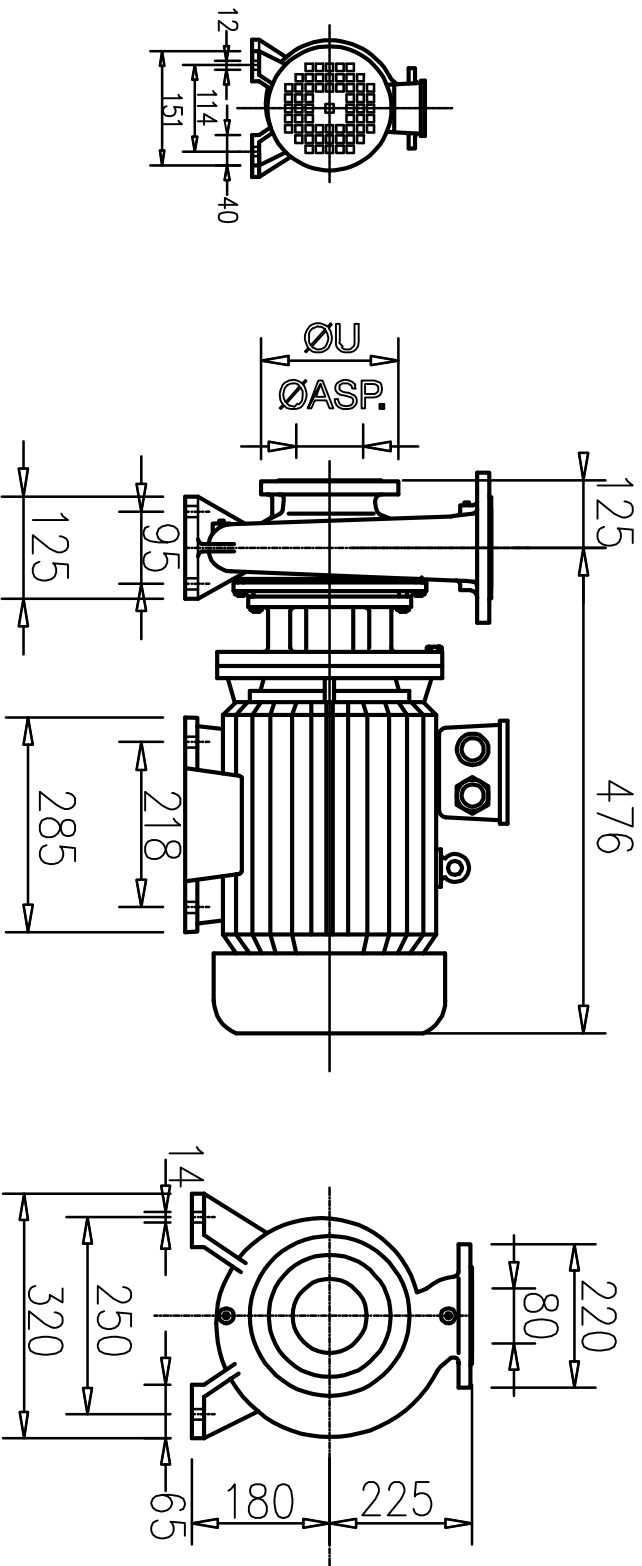
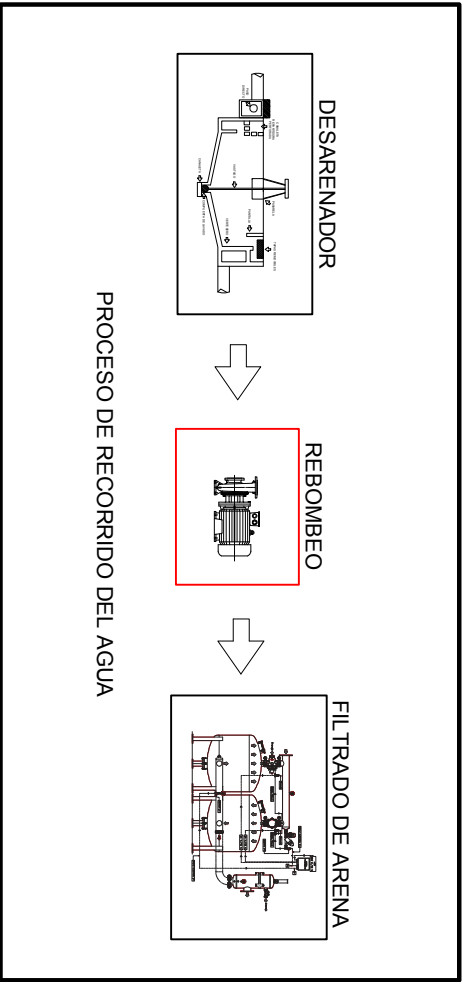
Q= 140 m³/h
H=6 m.c.a.



CROQUIS DE CAPTACIÓN EN CANAL

 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería Civil			Estudio: ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES		
	Fecha	Firma		JESÚS RUIZ FUENTES	
Dibujado	10-06-2014				
Comprob.					
Id. s. nor.					
Escala:	Designación				
1/10	SISTEMA DE BOMBEO		3.1		
Sustituye a					
Sustituido por					

SISTEMA DE BOMBEO HORIZONTAL



Monobloc horizontal

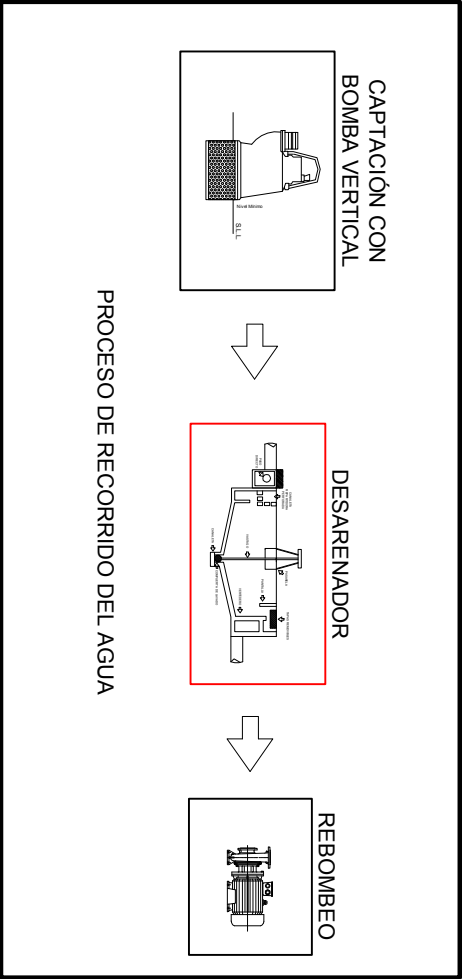
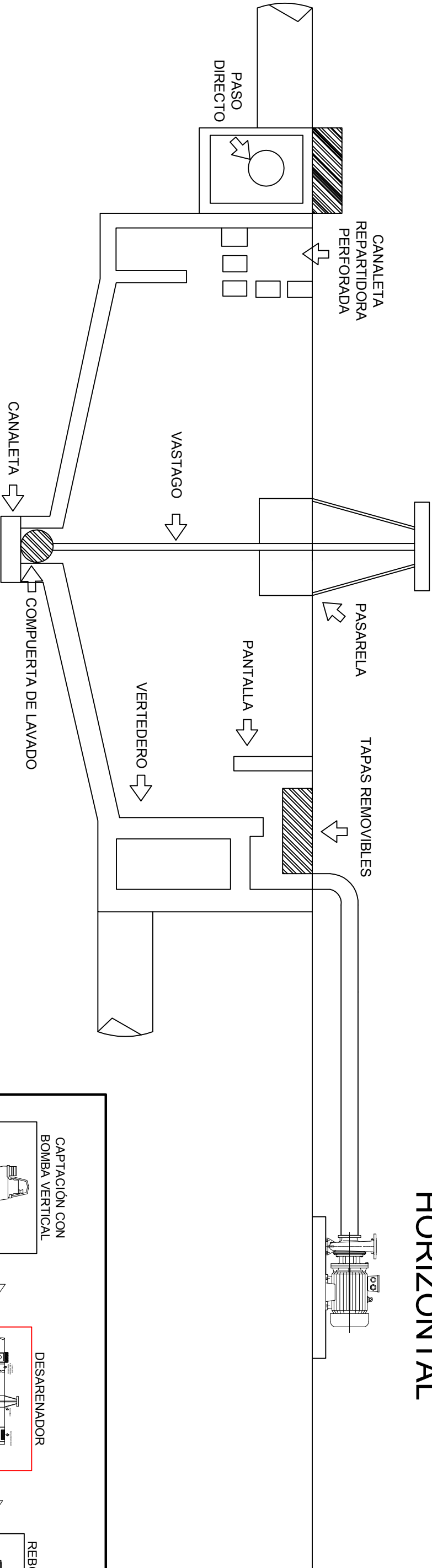
Q= 132 m³/h

H=11,2 m.c.a.

 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería Civil			Estudio: ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES		
	Fecha	Firma	JESÚS RUIZ FUENTES	Número	
Dibujado	10-06-2014				
Comprob.					
Id. s. nor.					
Escala:	Designación				
1/10	SISTEMA DE BOMBEO				
				Sustituye a	
				Sustituido por	

DESARENADOR

BOMBA DE EJE
HORIZONTAL

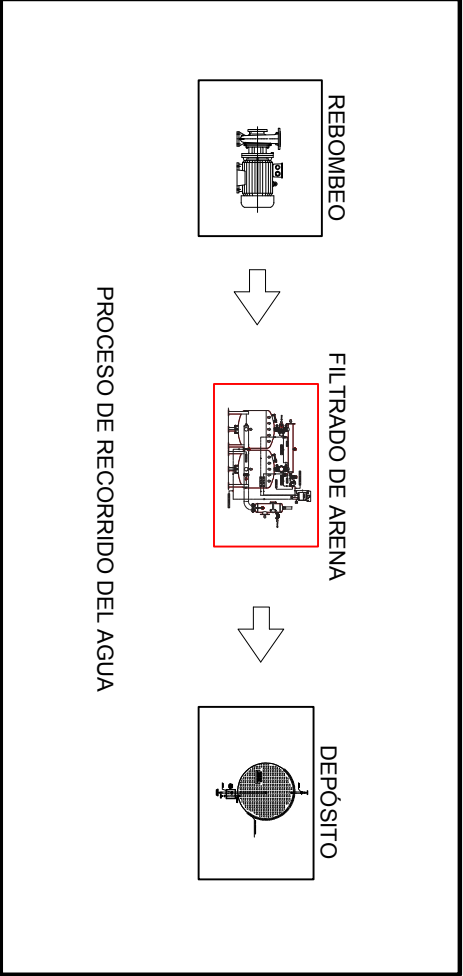
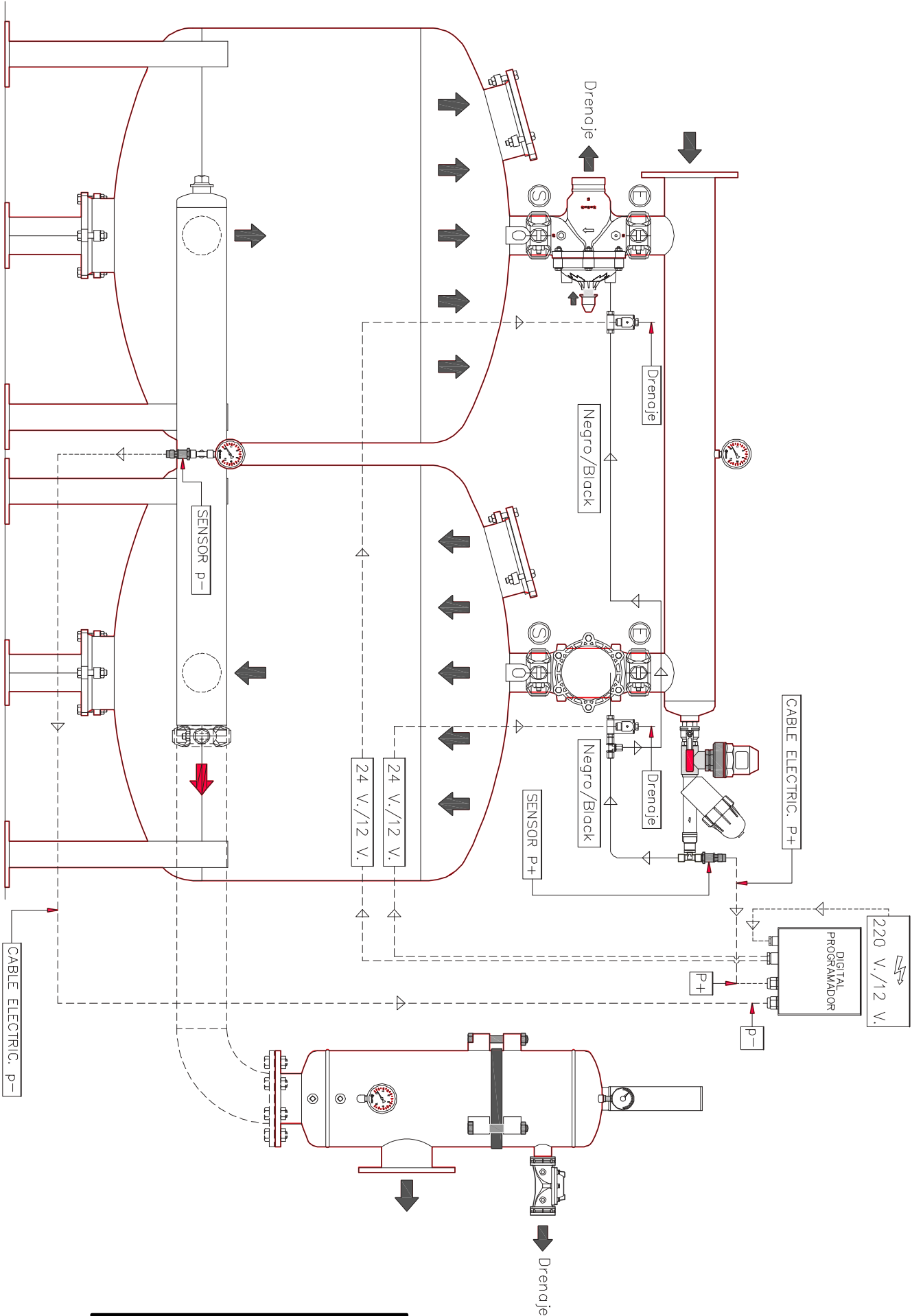


SECCIÓN DEL DESARENADOR

S./E.

Dimensiones reales:
L=11,470 m
h=a=0,361 m

 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería Civil			Estudio: ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES		
	Fecha	Firma		JESÚS RUIZ FUENTES	
Dibujado	10-06-2014				
Comprob.					
Id. s. nor.					
Escala:	Designación				
S.E.	DESARENADOR		Número		
4					
Sustituye a					
Sustituido por					

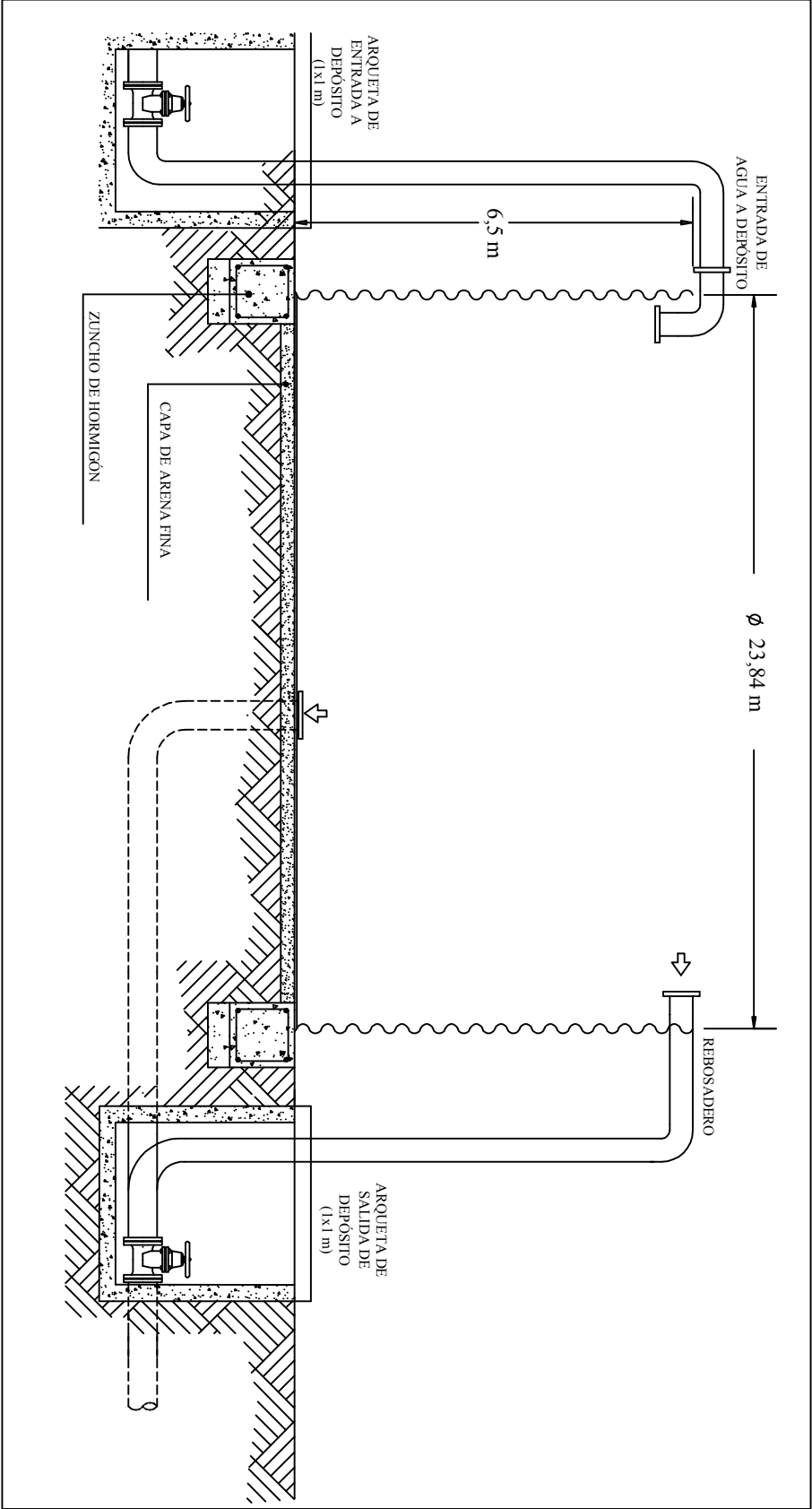
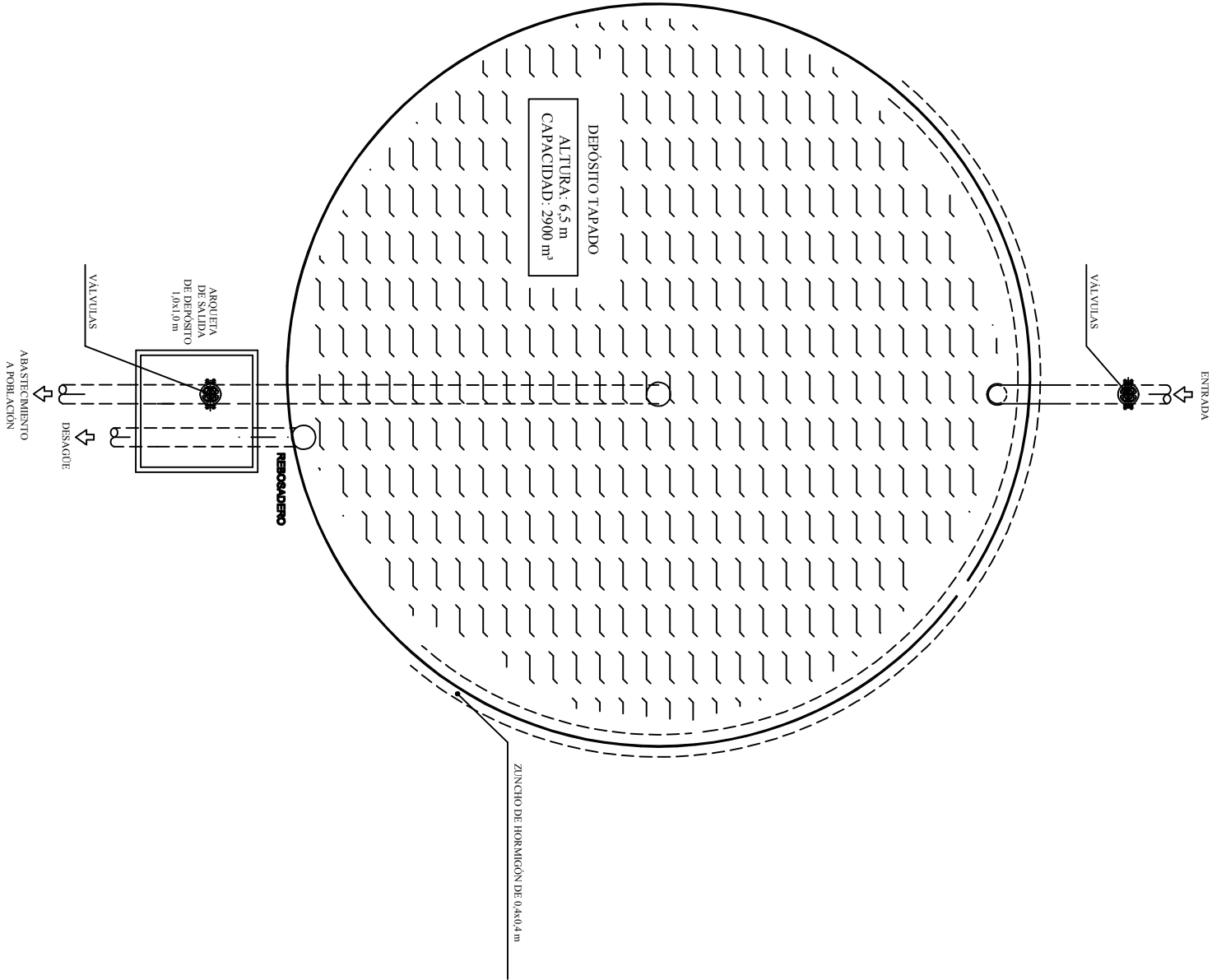


FILTROS CERRADOS

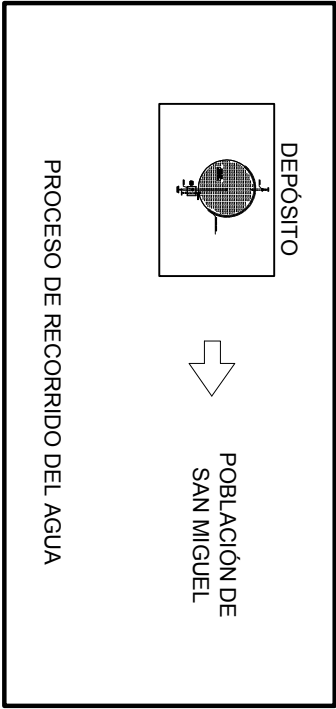
DE ARENA MÁS FILTRO DE SEGURIDAD

Ø=2000 mm

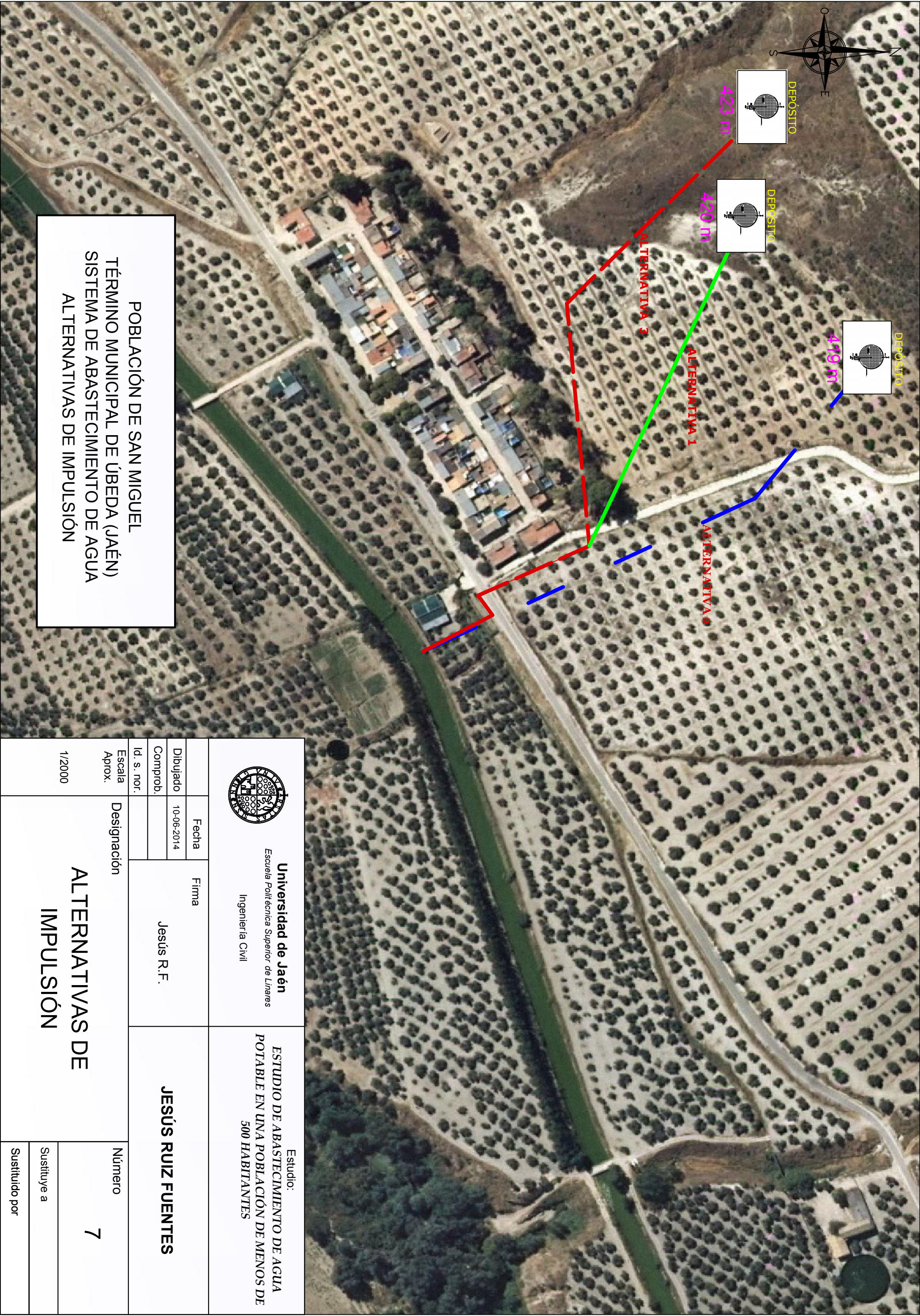
 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería Civil			Estudio: ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES				
	Fecha	Firma					
	Dibujado					10-06-2014	
	Comprob.						
	Id. s. nor.		Jesús R.F.				
Escala:	Designación	FILTROS CERRADOS DE ARENA					
1/25							
	Número			5			
		Sustituye a					
		Sustituido por					



CROQUIS DE LA SECCIÓN
DEL DEPÓSITO



 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería Civil		Estudio: ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES	
	Fecha	Firma	
Dibujado	10-06-2014		
Comprob.			
Id. s. nor.			
Escala:	Designación	JESÚS RUIZ FUENTES	
1/200	DEPÓSITO PREFABRICADO		
	Número	6	
	Sustituye a		
	Sustituido por		



POBLACIÓN DE SAN MIGUEL
TÉRMINO MUNICIPAL DE ÚBEDA (JAÉN)
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
ALTERNATIVAS DE IMPULSIÓN

 Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior de Linares Ingeniería Civil		Estudio: ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES	
	Fecha	Firma Jesús R.F.	
Dibujado	10-06-2014		
Comprob.			
Id. s. nor.		JESÚS RUIZ FUENTES	
Escala Aprox.			
1/2000			
Designación		Número 7	
ALTERNATIVAS DE IMPULSIÓN		Sustituye a	
		Sustituido por	



***ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES***



ANEJOS



ANEJO 1: ESTUDIO DE BOMBEO



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



1. ESTUDIO DE BOMBEO EN CAPTACIÓN EN CANAL

La bomba que se utiliza para la captación en el canal es una bomba de eje vertical sumergible, y para escoger la que mejor se ajusta a las condiciones del presente estudio, se barajaron tres posibilidades:

POSIBILIDAD N° 1 → BOMBA VERTICAL AGUA CARGADA OMEGA C-80/220

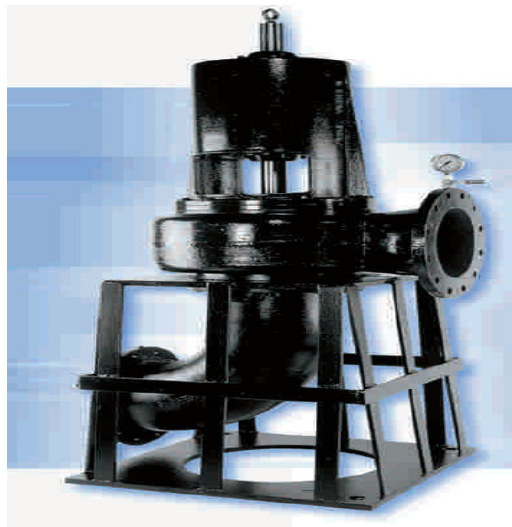


Figura n° 1: Bomba vertical OMEGA.

CAMPO DE APLICACION BOMBAS CANAL 2900 R.P.M.

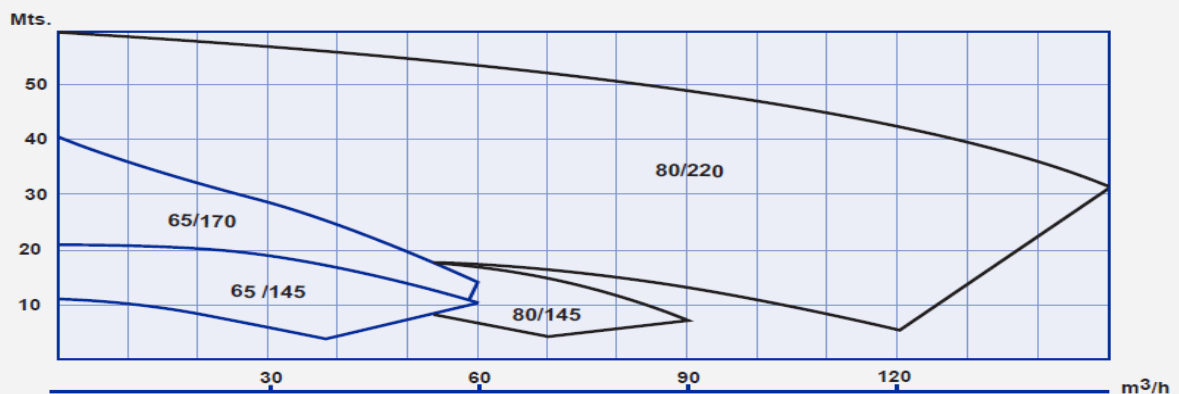


Figura n° 2: Campo de aplicación de bombas OMEGA.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**

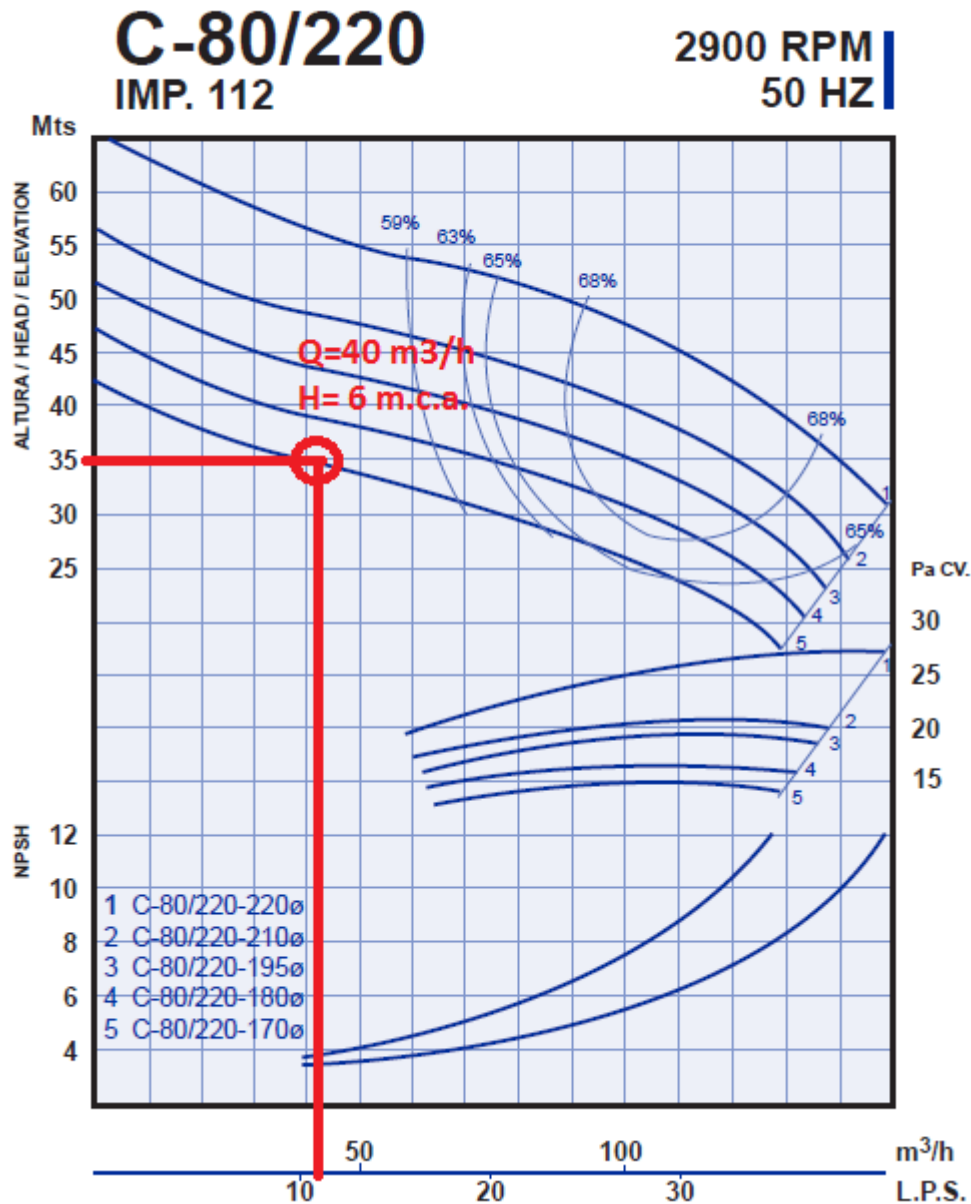


Figura nº 3: Curva característica de la bomba C-80/220.

En el anterior gráfico, los datos de la primera fila corresponden a aquellos de la bomba seleccionada como primera alternativa, con unas características que son las siguientes:



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



$Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$

$H= 6 \text{ m.c.a.}$

POSIBILIDAD N° 2 → BOMBA VERTICAL SUMERGIBLE INDAR SP^{BF} Series

La serie BF de la familia INDAR SP está compuesta de bombas y motores sumergibles diseñados para el bombeo de agua con sólidos, residual o pluvial, en una amplia gama de aplicaciones.

Los grupos BF son mono-celulares, con diseño de impulsor tipo radial, cuyo motor eléctrico está directamente acoplado a la parte de la bomba y es igualmente sumergible. Están especialmente diseñados para trabajos duros con aguas residuales urbanas e industriales y aguas brutas.

Los motores presentan, en su compacto diseño, eficaces sistemas de refrigeración que permiten trabajar al grupo electrobomba continuamente a su potencia nominal, con independencia de si el grupo está al aire o sumergido.

Las bombas tienen impulsores de gran paso de sólidos para evitar el peligro de obstrucción con materias transportadas por las aguas. Dependiendo del tipo de bomba y de la densidad de las partículas con las que está cargada el agua, el impulsor puede ser cerrado o abierto, de uno, dos o más canales.



Figura n° 4: Bomba vertical INDAR.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Su curva es la siguiente:

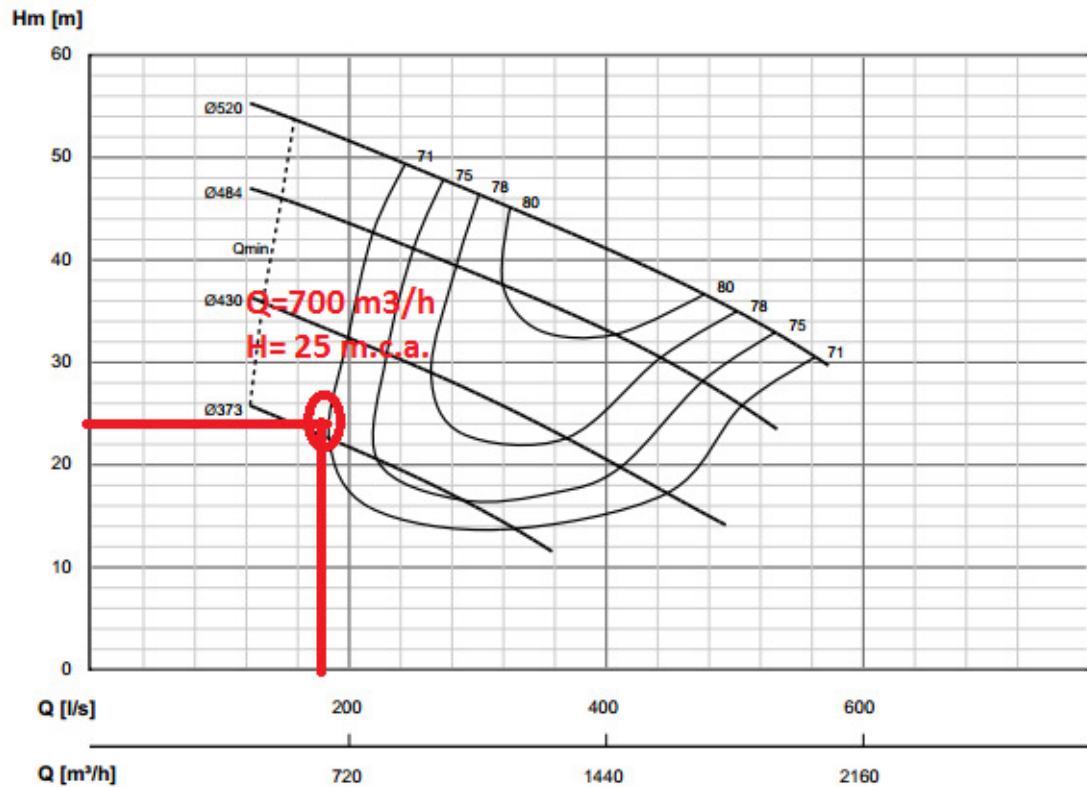


Figura nº 5: Curva característica de la bomba INDAR.

Por lo tanto, las características que ofrece esta bomba para el presente estudio son las siguientes:

$$Q=700 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H=25 \text{ m.c.a.}$$



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES

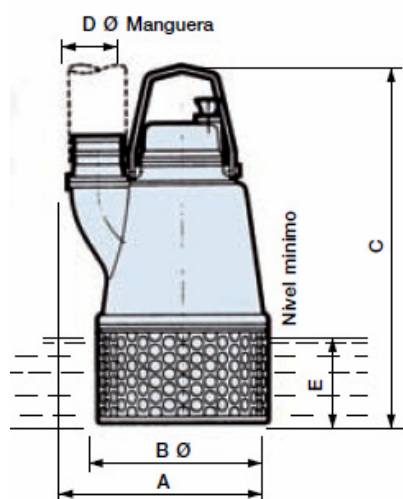


POSIBILIDAD N° 3 → BOMBA VERTICAL SUMERGIBLE IDEAL D1001



Sus características técnicas son:

Dimensiones



Tipo	A	B Ø	C	D Ø	E
D 151	380	185	475	50	75
D 301	380	185	475	70	75
D 501	450	215	670	70	110
D 521	450	215	670	70	110
D 750	435	370	790	80	175
D 751	435	370	790	100	175
D 1000	435	370	790	80	175
D 1001	435	370	790	100	175
D 1500	500	415	925	100	175
D 1501	500	415	925	125	175
D 2000	500	415	925	100	175
D 2001	500	415	925	125	175

Dimensiones mm.

Figura n° 6: Bomba vertical IDEAL.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Datos técnicos

2850 RPM

Tipo	Motor P2		RPM	V	In (A)	l/min m³/h													Kg	Paso (mm)	Arranque
	KW	HP					100	167	250	333	500	833	1500	1917	2333	2833	3333				
D 151	1,1	1,5	2850	230	4,3	m.c.a.	13	11,5	9	6,5	1,8							20	12	Dir.	
D 151	1,1	1,5	2850	400	2,5		13	11,5	9	6,5	1,8								20	12	Dir.
D 301	2,2	3	2850	230	8,2		14	12,5	11,5	10	7	1,8							30	15	Dir.
D 301	2,2	3	2850	400	5		14	12,5	11,5	10	7	1,8							30	15	Dir.
D 501	4	5,5	2850	230	13			22	21	19,5	16,5	10,5							45	17	Dir.
D 501	4	5,5	2850	400	8			22	21	19,5	16,5	10,5							45	17	Dir.
D 521	4	5,5	2850	230	13			20	19,5	19	17	13,5	4,5						88	18	Dir.
D 521	4	5,5	2850	400	8			20	19,5	19	17	13,5	4,5						88	18	Dir.
D 750	5,5	7,5	2850	230	22,5			37	36	35	30	16							88	4	Dir.
D 750	5,5	7,5	2850	400	13			37	36	35	30	16							88	4	Dir.
D 751	5,5	7,5	2850	230	22,5			26	25,5	25	24	20	11	3					98	20	Dir.
D 751	5,5	7,5	2850	400	13			26	25,5	25	24	20	11	3					98	20	Dir.
D 1000	7,5	10	2850	230	28,5					40	38	30	3						98	6	YΔ
D 1000	7,5	10	2850	400	16,5					40	38	30	3						98	6	YΔ
D 1001	7,5	10	2850	230	28,5					28	27	24	17	15	6				123	20	YΔ
D 1001	7,5	10	2850	400	16,5					28	27	24	17	15	6				123	20	YΔ
D 1500	11	15	2850	230	39						38	34	22	6					123	10	YΔ
D 1500	11	15	2850	400	22,5						38	34	22	6					123	10	YΔ
D 1501	11	15	2850	230	39						28	26	22	18	14	8			123	24	YΔ
D 1501	11	15	2850	400	22,5						28	26	22	18	14	8			123	24	YΔ
D 2000	15	20	2850	230	20						39	37	32	27	20				137	10	YΔ
D 2000	15	20	2850	400	52						39	37	32	27	20				137	10	YΔ
D 2001	15	20	2850	230	20						33	31	26	24	22	20	17		137	32	YΔ
D 2001	15	20	2850	400	52						33	31	26	24	22	20	17		137	32	YΔ

Tabla nº 1: Características técnicas de bombas IDEAL.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**

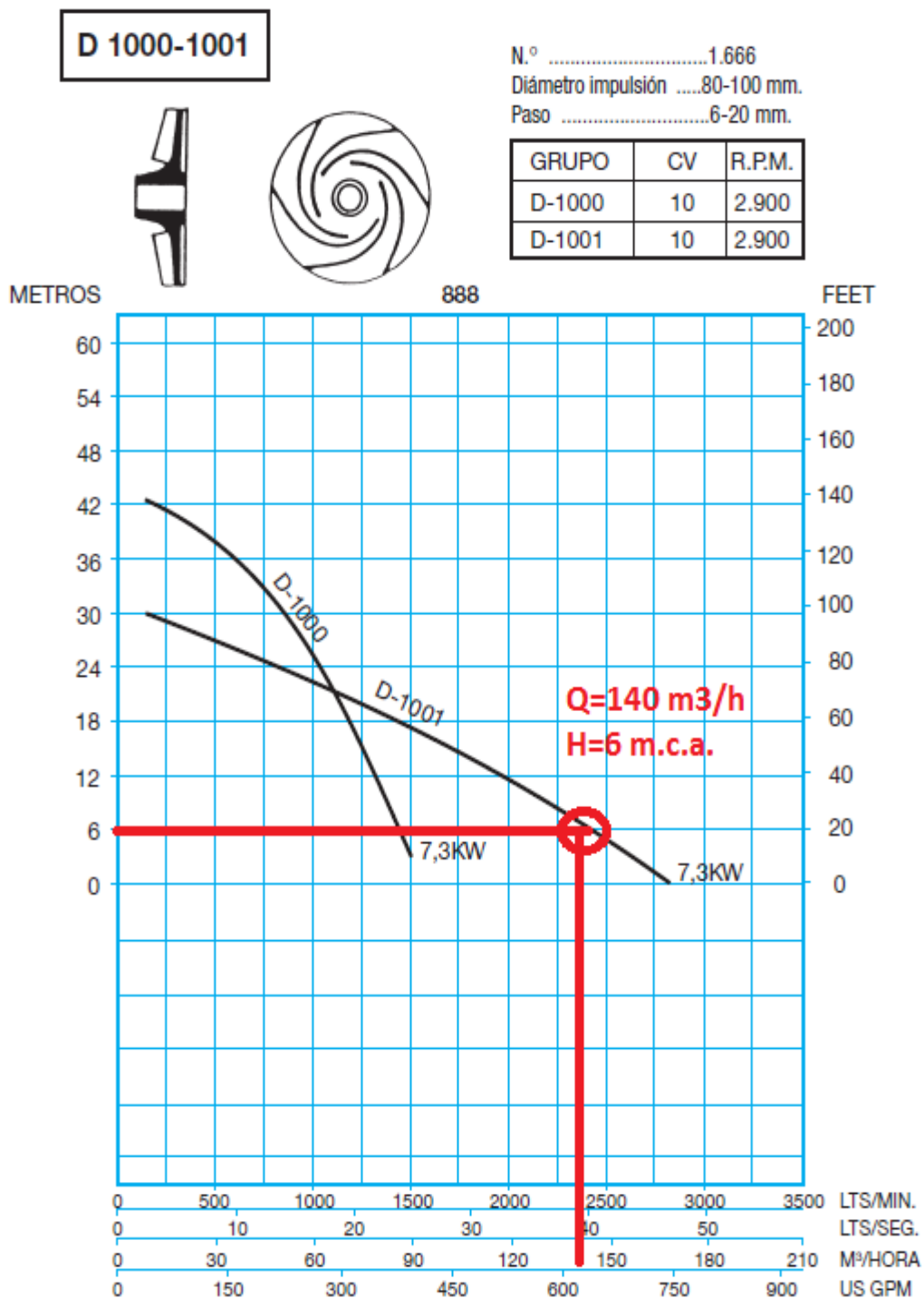


Figura nº 7: Punto de funcionamiento de la bomba IDEAL.



***ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES***



Por lo tanto, el caudal y altura manométrica que aporta esta bomba es:

$Q=140 \text{ m}^3/\text{h}$

$H=6 \text{ m.c.a.}$



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



2. ESTUDIO DE BOMBEO DE IMPULSIÓN A DEPÓSITO

Para el llevar el caudal necesario estudio se precisa una bomba de eje horizontal que se sitúe cerca del canal y que la impulse hasta el depósito situado en el cerro al norte de la población de San Miguel. Para ello se barajaron otras tres posibilidades o alternativas:

POSIBILIDAD N° 1 → BOMBA HORIZONTAL IDEAL GNI 80-20

Electrobombas centrífugas monobloc DIN 24255

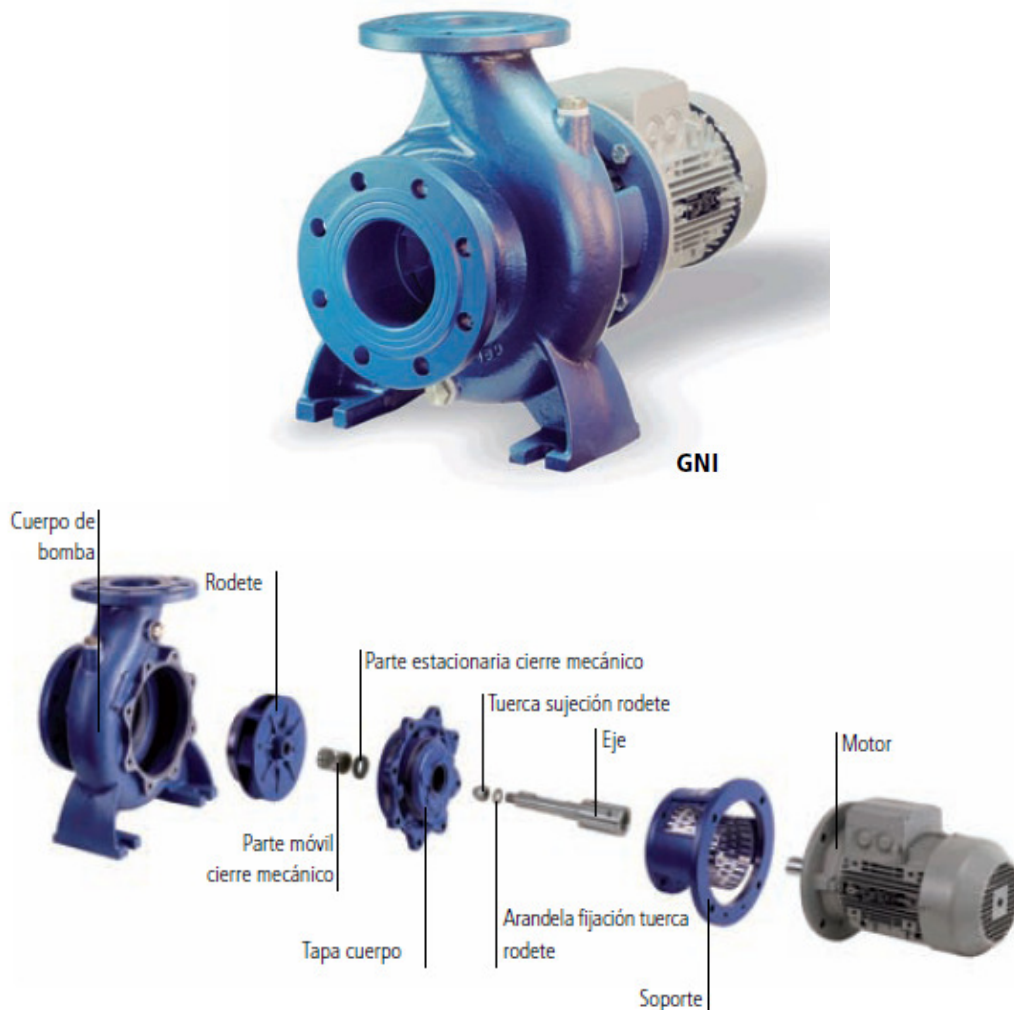


Figura n° 8: Sección y despiece de bomba GNI 80-20.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	400	450	500	600	700	800	900	1200	1400	1600	1800	2200	2400
	KW	HP		0	24	27	30	36	42	48	54	72	84	96	108	132	144
GNI 80-16	2,2	3	m.c.a.	9,2				8,8	8,7	8,7	8,6	8,2	8	7,4	7		
GNI 80-16	3	4		10,3				10,2	10,1	10	9,9	9,6	9,2	8,8	8,2		
GNI 80-20	3	4		11,4				11,2	11	10,9	10,8	10,2	9,4	8,5	7,3		
GNI 80-20	4	5,5		14,4				14,3	14,2	14,1	14	11,4	12,7	12	11	8,8	
GNI 80-20	5,5	7,5		16,3				16,1	16	15,9	15,8	15,5	15	14,1	13,4	11,2	9,8
GNI 80-26	5,5	7,5		19,5							19,1	18	16,7	15	13,2		
GNI 80-26	7,5	10		21,3							20,8	19,6	18,6	17,5	16	12	
GNI 80-26	11	15		25,2							24,7	24	23	22	21	17,2	14
GNI 80-32	7,5	10		22							21,5	20	19	17,5	15		
GNI 80-32	11	15		32							31,5	31	30,2	29	27	22,5	
GNI 80-32	15	20		36							35	34	33	32,5	31	27	23,5
GNI 80-32	18,5	25		38							37	36,5	36	35	33	30	26,5
GNI 80-40	11	15		34,5								32,5	30	27,5	22		
GNI 80-40	15	20		37,5								36	34	31,8	26		
GNI 80-40	18,5	25		45								44,5	43	41,5	37		
GNI 80-40	22	30		53								53	52	51	48	42	33
GNI 80-40	30	40		59								58,6	58	57	55	50	43

Tabla nº 2: Características técnicas de bombas GNI.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



GNI / RNI 80-40

6369B

80/100

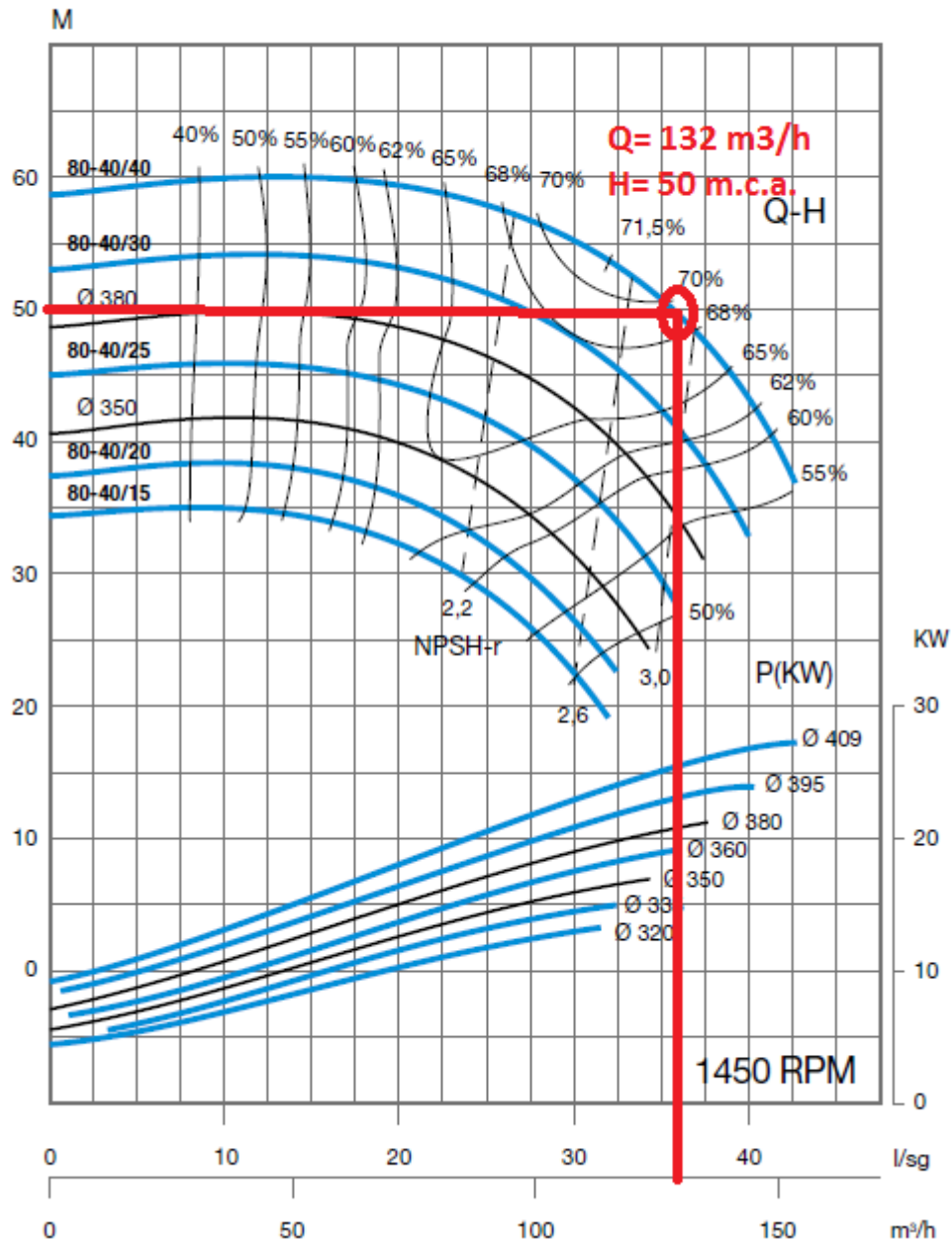


Figura nº 9: Punto de funcionamiento de la bomba GNI.

Por lo tanto, el caudal y altura manométrica que aporta esta bomba es:



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



$Q=132 \text{ m}^3/\text{h}$

$H=50 \text{ m.c.a.}$

POSIBILIDAD N° 2 → BOMBA HORIZONTAL KSB ANSICHEM



Figura n° 10: Bomba horizontal ANSICHEM.

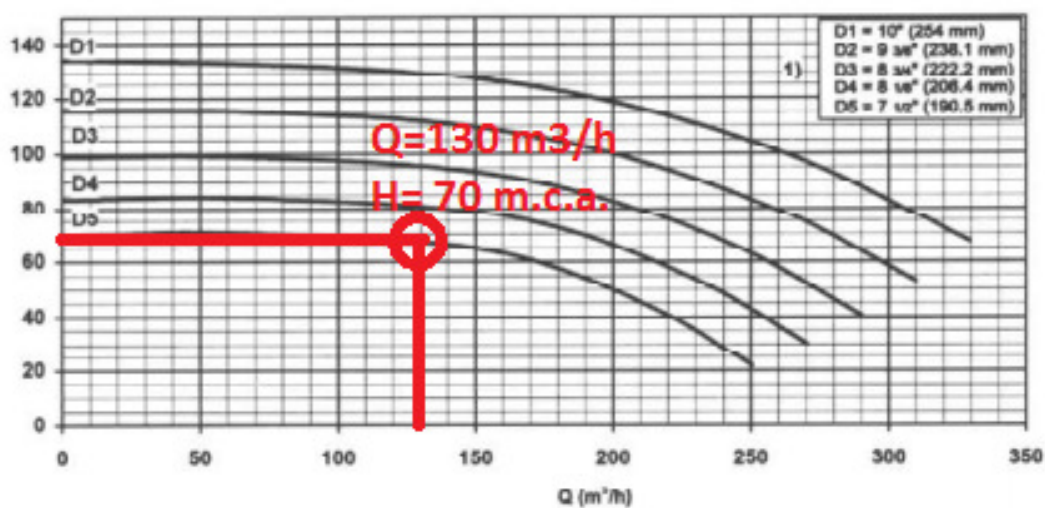


Figura n° 11: Curva característica de la bomba ANSI.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Por lo tanto, el caudal y altura manométrica que aporta esta bomba es:

$Q=130 \text{ m}^3/\text{h}$

$H=70 \text{ m.c.a.}$

POSIBILIDAD N° 3 → BOMBA HORIZONTAL GRUNFOS SERIE NB



Figura n° 12: Bomba horizontal Grundfos.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**

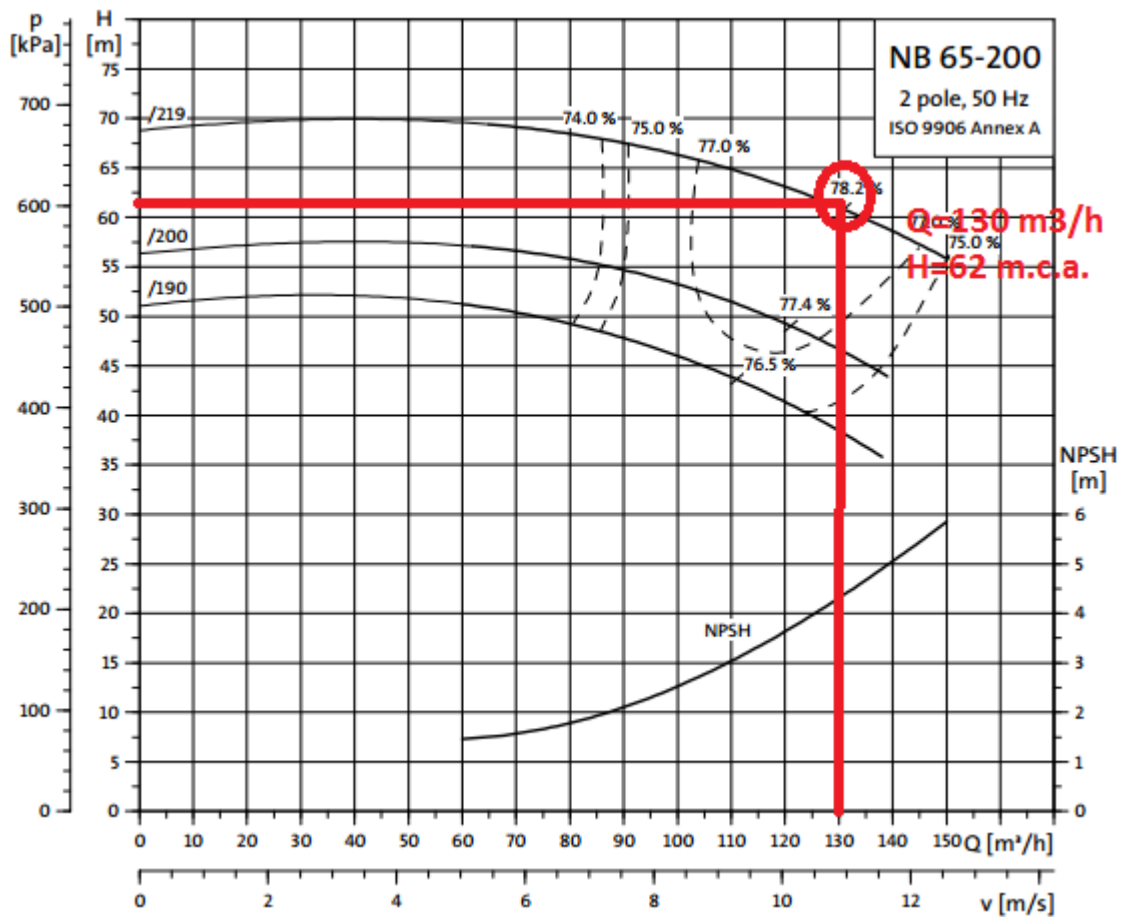


Figura nº 13: Campo de aplicación de la bomba NB.

Por lo tanto, el caudal y altura manométrica que aporta esta bomba es:

$$Q=130 m^3/h$$

$$H=62 m.c.a.$$



ANEJO 2: ESTUDIO DE DESARENADOR

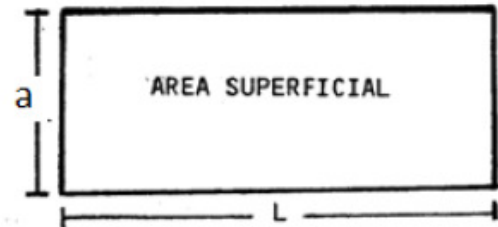
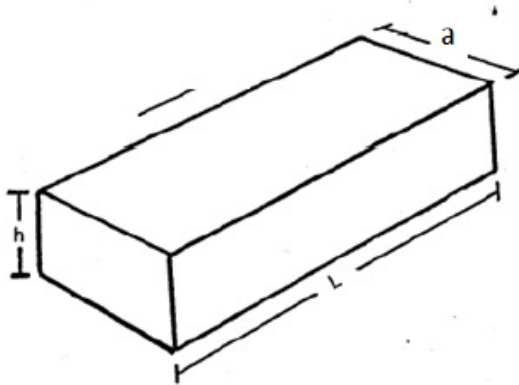


ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



1. ESTUDIO DE DESARENADOR. POSIBILIDAD N°1

Nuestro caudal es $Q=35,91 \text{ l/s}$



Datos:

- $Q = 35,91 \text{ l/s} = 0,03591 \text{ m}^3/\text{s}$
- Temperatura del agua= 16°C
- Diámetro de partícula de arena= $0,02 \text{ cm}$
- Tipo de régimen $d > 1,0 \text{ mm}$, $Re > 1000$, flujo turbulento

Determinación de velocidades según tablas.

d (cm)	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1.00
V_s (cm/s)	0.2	0.7	2.4	4.0	5.6	7.2	15	27	35	47	74
v^*_s (cm/s)	0	0.5	1.7	3.0	4.0	5.0	11	21	26	33	
v^{**}_s (cm/s)	0	0	1.6	3.0	4.5	6.0	13	25	33	45	65
v_l (cm/s)	15	20	27	32	38	42	60	83	100	130	190



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Donde:

$d \rightarrow$ diámetro de la particular de arena.

$V_s(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para el fluido de velocidad horizontal nula.

$V_s^*(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal igual a vI

$V_s^{**}(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal de 0,3 m/s.

$VI \rightarrow$ velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada.

Determinación de Sección Transversal.

La condición de relación entre anchura y altura es de $0,8 < (a/h) < 1,0$.

Por Continuidad, $S = Q/V_h = (0,03591 \text{ m}^3/\text{s}) / (0,27 \text{ m/s}) = 0,13 \text{ m}^2$. Por condiciones de pared, se considera la formación de líneas de corriente, debiendo verificarse la relación $(0,8 < (a/h) < 1,0)$, donde a es la anchura de la sección, h es la altura útil donde puede considerarse como posible solución:

$$h = 0,361 \text{ m}$$

$$a = 0,361 \text{ m}$$

$$\text{Y la Sección} = S = a \cdot h = 0,13 \text{ m}^2.$$

LONGITUD DE DESARENADOR

- Conocido el tiempo de sedimentación en reposo y V_s se fija h para determinar la sección transversal $a \cdot h$.
- Una vez conocido a y h , se calcula $t_0 = h/v$ y se establece el



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



rendimiento a obtener.

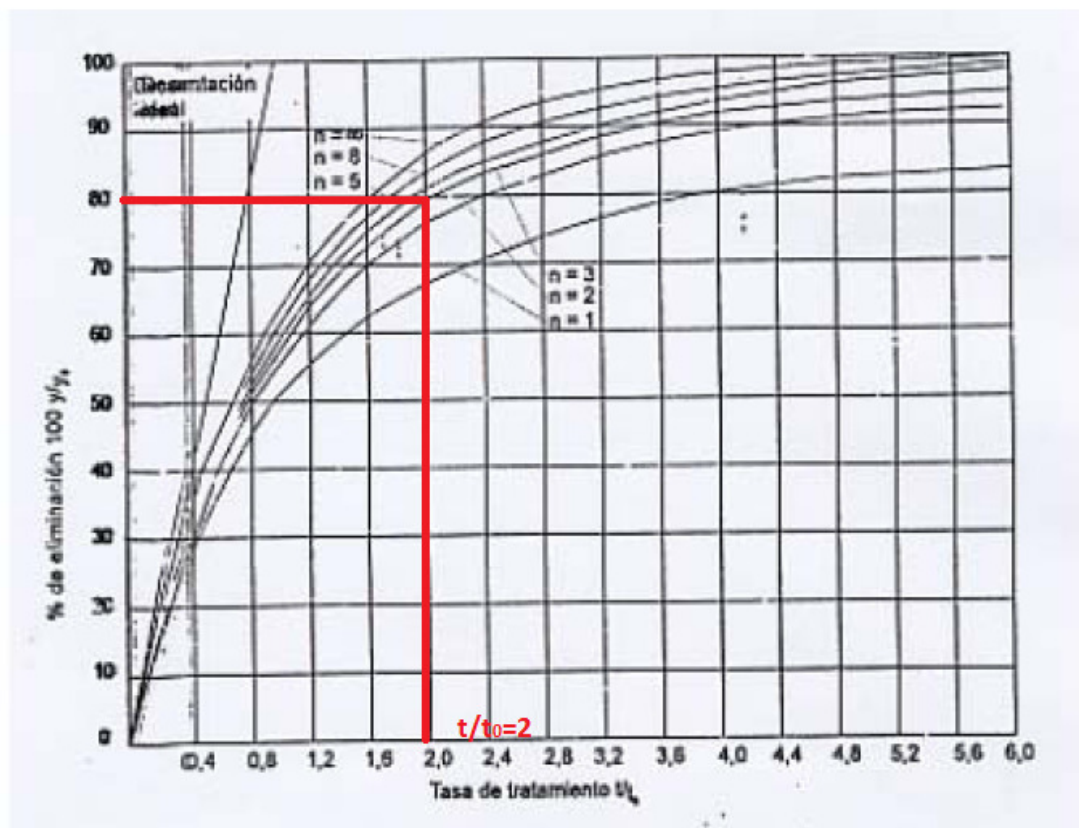
- Conocido t_0 se deduce el valor de t .
- Determinando t/t_0 del ábaco.
- Se deduce la longitud, $L=t \cdot V_h$

Por lo tanto, se define para su cálculo el tiempo de sedimentación en reposo $t_0=h/v_s$, resultando para dicho parámetro (donde $v_s=1,7$ cm/s), dando el siguiente valor:

$$t_0=h/v_s=0,361 \text{ m}/(0,017 \text{ m/s})= 21,24 \text{ segundos}$$

Este tiempo normalmente se mayor en función de la tasa de tratamiento (t/t_0) a partir de las curvas de Hazen, teniendo en cuenta los valores de:

- % de eliminación de arenas: 80% en este caso.
- Tipo de rendimiento: bueno en este caso. Con un valor de $n=3$.





**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Tiempo de retención, cálculo de L.

El cálculo del tiempo de retención se obtiene de la relación de t y t_0 , y L de la relación entre t y v_h .

Por tanto, al consultar la gráfica, $t/t_0=2$. Por tanto el tiempo de retención resulta $t=2 \cdot t_0=2 \cdot 21,24=42,5$ segundos.

Así finalmente se obtendría la longitud del desarenador como resultado del producto ($t \cdot v_h$, donde $v_h=0,27$ m/s), así pues:

$L_{\text{desarenador}}=42,5 \times 0,27=11,47 \text{ m}$

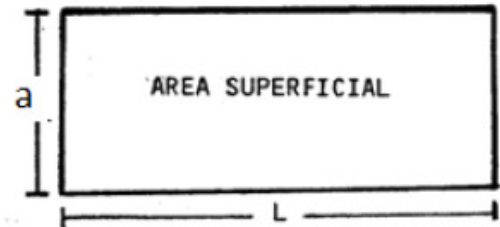
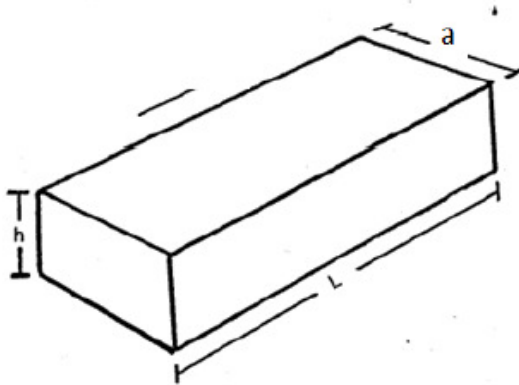


ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



2. ESTUDIO DE DESARENADOR. POSIBILIDAD N°2

Nuestro caudal es $Q=35,91 \text{ l/s}$



Datos:

- $Q= 35,91 \text{ l/s}=0,03591 \text{ m}^3/\text{s}$
- Temperatura del agua= 16°C
- Diámetro de partícula de arena= $0,02 \text{ cm}$
- Tipo de régimen $d>1,0 \text{ mm}$, $Re> 1000$, flujo turbulento

Determinación de velocidades según tablas.

d (cm)	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1.00
$V_s \text{ (cm/s)}$	0.2	0.7	2.4	4.0	5.6	7.2	15	27	35	47	74
$v^*_s \text{ (cm/s)}$	0	0.5	1.7	3.0	4.0	5.0	11	21	26	33	
$v^{**}_s \text{ (cm/s)}$	0	0	1.6	3.0	4.5	6.0	13	25	33	45	65
$v_l \text{ (cm/s)}$	15	20	27	32	38	42	60	83	100	130	190



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Donde:

$d \rightarrow$ diámetro de la particular de arena.

$V_s(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para el fluido de velocidad horizontal nula.

$V_s^*(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal igual a v_I

$V_s^{**}(\text{cm/s}) \rightarrow$ velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal de 0,3 m/s.

$VI \rightarrow$ velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada.

Determinación de Sección Transversal.

La condición de relación entre anchura y altura es de $0,8 < (a/h) < 1,0$.

Por Continuidad, $S = Q/V_h = (0,03591 \text{ m}^3/\text{s}) / (0,27 \text{ m/s}) = 0,13 \text{ m}^2$. Por condiciones de pared, se considera la formación de líneas de corriente, debiendo verificarse la relación $(0,8 < (a/h) < 1,0)$, donde a es la anchura de la sección, h es la altura útil donde puede considerarse como posible solución:

$$h = 0,4 \text{ m}$$

$$a = 0,325 \text{ m}$$

$$\text{Y la Sección} = S = a \cdot h = 0,13 \text{ m}^2.$$

LONGITUD DE DESARENADOR

- Conocido el tiempo de sedimentación en reposo y V_s se fija h para determinar la sección transversal $a \cdot h$.
- Una vez conocido a y h , se calcula $t_0 = h/v$ y se establece el



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



rendimiento a obtener.

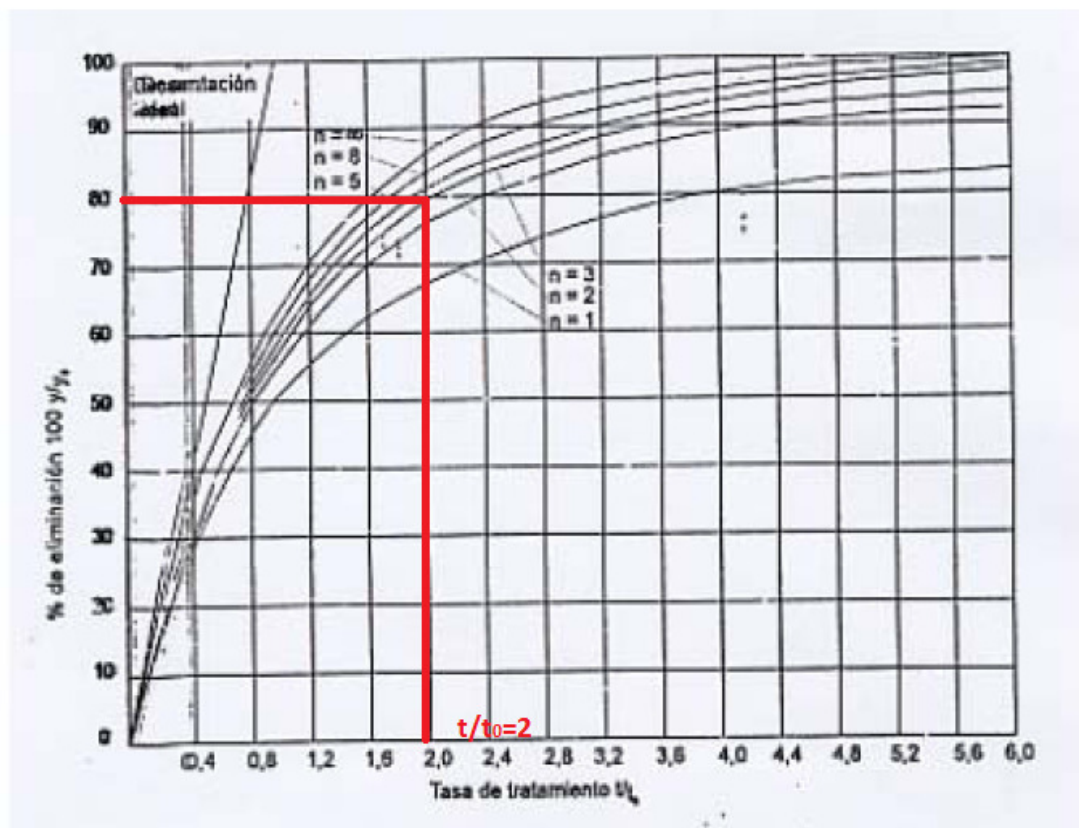
- Conocido t_0 se deduce el valor de t .
- Determinando t/t_0 del ábaco.
- Se deduce la longitud, $L=t \cdot V_h$

Por lo tanto, se define para su cálculo el tiempo de sedimentación en reposo $t_0=h/v_s$, resultando para dicho parámetro (donde $v_s=1,7$ cm/s), dando el siguiente valor:

$$t_0=h/v_s=0,4 \text{ m}/(0,017 \text{ m/s})= 23,5 \text{ segundos}$$

Este tiempo normalmente se mayor en función de la tasa de tratamiento (t/t_0) a partir de las curvas de Hazen, teniendo en cuenta los valores de:

- % de eliminación de arenas: 85% en este caso.
- Tipo de rendimiento: bueno en este caso. Con un valor de $n=3$.





**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Tiempo de retención, cálculo de L.

El cálculo del tiempo de retención se obtiene de la relación de t y t_0 , y L de la relación entre t y v_h .

Por tanto, al consultar la gráfica, $t/t_0=2$. Por tanto el tiempo de retención resulta $t=2 \cdot t_0=2 \cdot 23,5=47$ segundos.

Así finalmente se obtendría la longitud del desarenador como resultado del producto ($t \cdot v_h$, donde $v_h=0,27$ m/s), así pues:

$L_{\text{desarenador}}=47 \times 0,27=12,70 \text{ m}$



ANEJO 3:

ESTUDIO DE

FILTRADO DE

ARENA



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



1. ESTUDIO DE FILTRADO DE ARENA. COMPARATIVA

Utilizaremos la fórmula que relaciona el caudal con la velocidad en la conducción por su sección. Dicha fórmula es la siguiente:

$$Q = V \cdot S \quad (1)$$

Sabiendo que nuestro Caudal, Q , es 35,91 l/s. La velocidad es 25 m/hora.

$$Q = V \cdot S = 0,03591 \frac{m^3}{s} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot 25 \frac{m}{hora} \rightarrow \text{Despejando } D = 2,566 m \text{ para}$$

solo un filtro, pero comercialmente no existe ese diámetro. Se diseñarán colocándolos en número para y que den un caudal superior a los 35,91 l/s mínimos. Se estudiará la solución más económica.

Por tanto, la comparación entre las distintas alternativas será:

FILTROS DE ARENA	Caudal mínimo 35,91 l/s
------------------	----------------------------

Nº de filtros	Diámetro (mm)	Velocidad (m/h)	Caudal (m³/s)	Precio filtro (€)	Precio Total (€)
26	508	25	0,03660	399,02	10374,52
8	914,4	25	0,03648	1212,97	9703,76
6	1219,2	25	0,04864	1729,07	10374,42
4	1400	25	0,04276	2121,83	8487,32
2	2000	25	0,04363	3102,78	6205,56

Tabla nº 1: Comparación de posibilidades con filtros de arena.

Por lo tanto, la solución será establecer 2 filtros de 2000 mm de diámetro, ya que resulta la solución más económica. Ofrece un caudal de 0,043 m³/s, superior a los 0,03591 m³/s mínimos. La primera de ellas resulta inviable por dar un número de 26 filtros necesarios.



ANEJO 4:

CÁLCULO DE

TUBERÍA DE

IMPULSIÓN



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



1. CÁLCULO DE TUBERÍA ÓPTIMA DE IMPULSIÓN

Las características de la instalación son:

- Longitud: según alternativa
- Altura geométrica: según alternativa
- Material: PVC-O, Fundición, PE
- C: 150, 148, 150 respectivamente.
- ΔH_{loc} : 10 %

Las características hidráulicas son:

- Caudal (Q): 35,91 l/s

Las características de la instalación son:

- Plazo de vida: 25 años.
- Tiempo de funcionamiento: 8760 horas/año
- Coste de energía: 0,16 €/Kwh

Con la fórmula de la velocidad siguiente y con los rangos de velocidad establecidos entre 0,5 m/s y 3,0 m/s, más criterios económicos, nos ayudarán para elegir el tipo de diámetro adecuado.

$$V = \frac{4000 * Q}{\pi * \Phi_{INT}^2} \quad (1)$$



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Así pues escogemos el diámetro y se hará en función de los criterios económicos.

En la siguiente imagen, se recogen las tres alternativas que se barajaron para establecer el depósito y así elegir económicamente el más viable y rentable.



Figura nº 1: Boceto de la situación de las alternativas de impulsión.

Los precios unitarios de tuberías para los diferentes materiales se muestran a continuación:



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



PVC-O		FUNDICIÓN		PE	
Diámetro (mm)	Precio (€/m)	Diámetro (mm)	Precio (€/m)	Diámetro (mm)	Precio (€/m)
125	5,59	100	53,52	140	16,04
140	6,84	125	61,06	160	20,93
160	8,79	150	68,97	180	25,39
180	11,23	200	93,50	200	32,71
200	13,70	250	118,67	225	40,77
250	21,53	300	148,39	250	50,75

Tabla nº 1: Costos de metro lineal de tubería según material.

Las diferentes opciones entre materiales y alternativas, dan un resultado de 6 opciones (en función de recorrido y material), y obteniendo el coste anual y de inversión para cada alternativa obtenemos el costo de cada opción.

Alternativa	Diámetro (mm)	Dif. Cota (m)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)
1A	200	50	338,8	1,34
1B	180	50	338,8	1,66
1C	200	50	338,8	1,34
2A	200	49	315	1,34
2B	180	49	315	1,66
2C	200	49	315	1,34
3A	200	53	429,8	1,34
3B	180	53	429,8	1,66
3C	200	53	429,8	1,34

Tabla nº 2: Características técnicas de las alternativas de impulsión.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Alternativa	Material	Costes inversión (€)	Costes anuales (€)	Costes totales (€)
1A	PVC-O	15.805,40	40.974,27	56.779,67
1B	PE	22.098,15	42.986,40	65.084,55
1C	FUNDICIÓN	71.201,62	48.673,81	62.034,35
2A	PVC-O	15.203,92	40.019,65	55.223,57
2B	PE	21.056,39	41.890,58	62.946,97
2C	FUNDICIÓN	54.171,78	43.443,75	97.615,52
3A	PVC-O	18.032,50	44.001,85	62.034,35
3B	PE	26.008,33	46.553,81	72.562,14
3C	FUNDICIÓN	71.201,62	48.673,81	119.875,44

Tabla nº 3: Costos de las diferentes alternativas de impulsión.

Desglosando el valor que económico que da la solución obtenida (remarcado en las anteriores tablas):

Cota depósito: 419 m de altitud

Material: PVC-O

Longitud de Conducción: 315 m.

RANGO DE TUBERÍAS A ESTUDIAR DE PVC-O						
DN	125	140	160	180	200	250
φ ext	125	140	160	180	200	250
φ int	116,6	130,4	149	166,2	184,6	233,6
e	4,2	4,8	5,5	6,9	7,7	8,2
v (m/s)	3,36	2,69	2,06	1,66	1,34	0,84
J (m)	23,3	13,5	7,0	4,1	2,5	0,8
J* (m)	25,6	14,8	7,8	4,6	2,7	0,9



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



COSTES DE INVERSIÓN

	DN	125	140	160	180	200	250	
	COSTE DE INVERSIÓN DE LA TUBERÍA (I1)							
	€/ml tubo	5,59 €	6,84 €	8,79 €	11,23 €	13,70 €	21,53 €	
Coste estimado respecto	Tubería	1.760,85 €	2.154,60 €	2.768,85 €	3.537,45 €	4.315,50 €	6.781,95 €	
30%	Colocación	528,26 €	646,38 €	830,66 €	1.061,24 €	1.294,65 €	2.034,59 €	
20%	Obra civil	352,17 €	430,92 €	553,77 €	707,49 €	863,10 €	1.356,39 €	
5%	Elem. regulación	88,04 €	107,73 €	138,44 €	176,87 €	215,78 €	339,10 €	
	TOTAL COSTE INVERSIÓN I1 =	2.729,32 €	3.339,63 €	4.291,72 €	5.483,05 €	6.689,03 €	10.512,02 €	
	COSTE DE INVERSIÓN EQUIPO IMPULSIÓN (I2)							
	H (mca)	74,6	63,8	56,8	53,6	51,7	49,9	
	η	74%						
	Potencia	49	42	37	35	34	33	C.V.
	Hidráulica	36	31	28	26	25	24	Kw
	Potencia	54	46	41	39	38	36	C.V.
	Eléctrica	40	34	30	29	28	27	Kw
Coste estimado respecto	Bomba	6.360,05 €	5.895,88 €	5.567,41 €	5.412,32 €	5.321,81 €	5.227,60 €	
50%	Cuadro Eléctrico	3.180,02 €	2.947,94 €	2.783,71 €	2.706,16 €	2.660,90 €	2.613,80 €	
10%	Calde. y Valv.	636,00 €	589,59 €	556,74 €	541,23 €	532,18 €	522,76 €	
	TOTAL COSTE INVERSIÓN I2 =	10.176,08 €	9.433,40 €	8.907,86 €	8.659,72 €	8.514,89 €	8.364,17 €	
	COSTE TOTAL INVERSIÓN I	12.905,39 €	12.773,03 €	13.199,58 €	14.142,77 €	15.203,92 €	18.876,19 €	



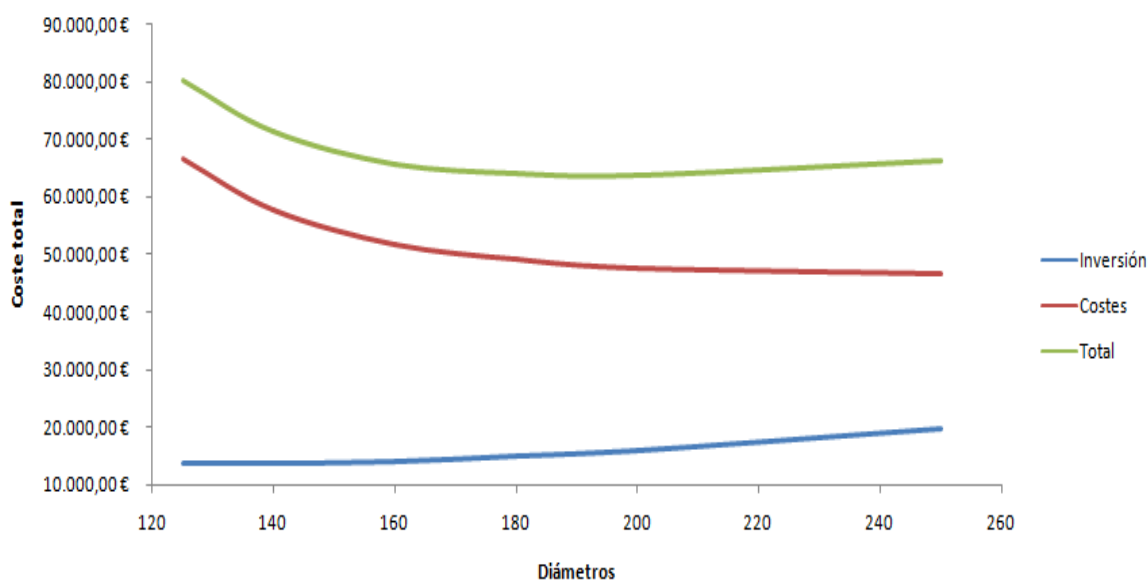
ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



COSTES ANUALES

	DN	125	140	160	180	200	250
	COSTES FIJOS (A1)						
	Inversión	12.905,39 €	12.773,03 €	13.199,58 €	14.142,77 €	15.203,92 €	18.876,19 €
	Tasa interés anual	4%					
	Nº pagos	25 años					
TOTAL COSTE FIJO C1 =	Amortización	794,33 €	786,18 €	812,43 €	870,49 €	935,80 €	1.161,83 €
	COSTES VARIABLES (A2)						
Coste estimado respecto a Inversión							
2,50%	Mantenimiento	322,63 €	319,33 €	329,99 €	353,57 €	380,10 €	471,90 €
	Energía	55.815,26 €	47.768,75 €	42.462,35 €	40.068,15 €	38.703,75 €	37.309,48 €
TOTAL COSTE VARIABLE C2 =		56.137,89 €	48.088,07 €	42.792,34 €	40.421,72 €	39.083,85 €	37.781,39 €
COSTES TOTALES ANUALES C		56.932,22 €	48.874,25 €	43.604,78 €	41.292,21 €	40.019,65 €	38.943,22 €

Costes vs diámetro





2. CÁLCULOS MECÁNICOS CON EL PROGRAMA ASETUB

1. Características del tubo y la instalación.

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)

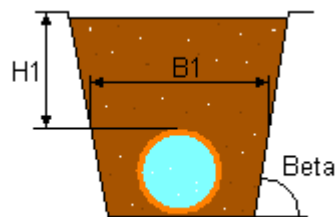


Figura nº 2: Tipo de conducción en zanja.

Instalación en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

Presión nominal: 10 bar

Diámetro nominal: $D_n = 200 \text{ mm}$

Espesor: $e = 7.7 \text{ mm}$

Diámetro interior: $d_i = 184.6 \text{ mm}$

Radio medio: $R_m = 96.15 \text{ mm}$

Módulo de elasticidad: $E_t(lp) = 1750 \text{ N/mm}^2$, $E_t(cp) = 3600 \text{ N/mm}^2$

Peso específico: $P_{\text{esp.}} = 14 \text{ kN/m}^3$

Esfuerzo tang. máximo: $\sigma_t(lp) = 50 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_t(cp) = 90 \text{ N/mm}^2$

Presión agua interior: $P_i = \text{bar}$

Presión agua exterior: $P_e = 0 \text{ bar}$

Altura de la zanja: $H_1 = 0.9 \text{ m}$

Anchura de la zanja: $B_1 = 1 \text{ m}$

Ángulo de inclinación de la zanja: $\beta = 85^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: $2\alpha = 90^\circ$

Tipo de relleno: Medianamente cohesivo



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: $\gamma_1=20 \text{ kN/m}^3$

Módulos de compresión del relleno: $E_1=14 \text{ N/mm}^2$ $E_2= 14 \text{ N/mm}^2$

Módulos de compresión del terreno: $E_3=14 \text{ N/mm}^2$ $E_4= 14 \text{ N/mm}^2$

Distancia entre ruedas: $a= \text{m}$

Distancia entre ejes: $b= \text{m}$

Sobrecarga concentrada: $P_c= \text{kN}$

Sobrecarga repartida: $P_d= \text{kN}$

Zona no pavimentada

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v=11,32861 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt}=11,32861 \text{ kN/m}^2$

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=10,38303 \text{ kN/m}^2$

2.3. Deformación Relativa: $d_v=0,15939 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momentos flectores circunferenciales.

2.4.1. Debidos a la presión vertical total sobre el tubo (M_{qvt})

En Clave: $M_{qvt}(\text{Clave})=0,0287 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M_{qvt}(\text{riñones})=-0,02922 \text{ kN m/m}$

En Base: $M_{qvt}(\text{Base})=0,03289 \text{ kN m/m}$

2.4.2. Debidos a la presión lateral del relleno sobre el tubo (M_{qh})

En Clave: $M_{qh}(\text{Clave})=-0,00743 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M_{qh}(\text{Riñones})=0,00743 \text{ kN m/m}$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



En Base: $M_{qh} \text{ (Base)} = -0,00743 \text{ kN m/m}$

2.4.3. Debidos a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (M_{qht})

En Clave: $M_{qht} \text{ (Clave)} = -0,01737 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M_{qht} \text{ (Riñones)} = 0,01997 \text{ kN m/m}$

En Base: $M_{qht} \text{ (Base)} = -0,01737 \text{ kN m/m}$

2.4.4. Debidos al propio peso del tubo (M_t)

En Clave: $M_t \text{ (Clave)} = 0,00042 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M_t \text{ (Riñones)} = -0,00048 \text{ kN m/m}$

En Base: $M_t \text{ (Base)} = 0,00064 \text{ kN m/m}$

2.4.5. Debidos al peso del agua (M_a)

En Clave: $M_a \text{ (Clave)} = 0,00187 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M_a \text{ (Riñones)} = -0,00216 \text{ kN m/m}$

En Base: $M_a \text{ (Base)} = 0,00285 \text{ kN m/m}$

2.4.6. Debidos a la presión del agua (M_{pa})

En Clave: $M_{pa} \text{ (Clave)} = 0 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M_{pa} \text{ (Riñones)} = 0 \text{ kN m/m}$

En Base: $M_{pa} \text{ (Base)} = 0 \text{ kN m/m}$

2.4.7. Momento flector total (M)

En Clave: $M \text{ (Clave)} = 0,00618 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M \text{ (Riñones)} = -0,00447 \text{ kN m/m}$

En Base: $M \text{ (Base)} = 0,01158 \text{ kN m/m}$

2.5. Fuerzas axiales.

2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo (N_{qvt})

En Clave: $N_{qvt} \text{ (Clave)} = 0,05773 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $N_{qvt} \text{ (riñones)} = -1,08925 \text{ kN m/m}$

En Base: $N_{qvt} \text{ (Base)} = -0,05773 \text{ kN m/m}$

2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo (N_{qh})

En Clave: $N_{qh} \text{ (Clave)} = -0,309 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $N_{qh} \text{ (Riñones)} = 0 \text{ kN m/m}$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



En Base: $N_{qh} \text{ (Base)} = -0,309 \text{ kN m/m}$

2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (N_{qht})

En Clave: $n_{qht} \text{ (Clave)} = -0,57604 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $N_{qht} \text{ (Riñones)} = 0 \text{ kN m/m}$

En Base: $N_{qht} \text{ (Base)} = -0,57604 \text{ kN m/m}$

2.5.4. Debidas al propio peso del tubo (N_t)

En Clave: $N_t \text{ (Clave)} = 0,00345 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $N_t \text{ (Riñones)} = -0,01628 \text{ kN m/m}$

En Base: $N_t \text{ (Base)} = -0,00345 \text{ kN m/m}$

2.5.5. Debidas al peso del agua (N_a)

En Clave: $N_a \text{ (Clave)} = 0,06166 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $N_a \text{ (Riñones)} = 0,01988 \text{ kN m/m}$

En Base: $N_a \text{ (Base)} = 0,12323 \text{ kN m/m}$

2.5.6. Debidas a la presión del agua (N_{pa})

En Clave: $N_{pa} \text{ (Clave)} = 0 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $N_{pa} \text{ (Riñones)} = 0 \text{ kN m/m}$

En Base: $N_{pa} \text{ (Base)} = 0 \text{ kN m/m}$

2.5.7. Fuerza axil total (N)

En Clave: $N \text{ (Clave)} = -0,76219 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $N \text{ (Riñones)} = -1,08565 \text{ kN m/m}$

En Base: $N \text{ (Base)} = -0,82298 \text{ kN m/m}$

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,543 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones: $-0,58127 \text{ kN/mm}^2$

En Base: $1,09597 \text{ kN/mm}^2$

2.7. Verificación del esfuerzo tangencial(coef. de seguridad a rotura)

En Clave: $92,08096$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: $86,01833$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: $45,62182$ --ADMISIBLE: cumple >2.5



***ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES***



2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 140,03408 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua :879,24707 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: 120,79548 --ADMISIBLE: cumple >2.5



ANEJO 5: CÁLCULO DE DEPÓSITO



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



1. CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO PROBABLE Y VOLUMEN DE DEPÓSITO

En la población de San Miguel, existen 59 viviendas unifamiliares de las cuáles analizamos el caudal necesario para el correcto abastecimiento.

Establecemos tres distintas partes en las que actuar para calcular el caudal:

- Población en sí, con sus 59 viviendas unifamiliares. Zona residencial.
- Industrias consideradas en la zona. Zona industrial.
- Bocas de riego y limpieza de viales.

Así pues, establecemos 6 tipos de vivienda en función de los elementos consumidores de caudal de agua potable (tipo A, B, C, D, E y F).

Se basa en la obtención del caudal máximo probable con coeficiente de simultaneidad.

$$q_{prob\ v} = K_v \cdot Q_{IV} \quad (1)$$

La probabilidad de uso conjunto de los diversos aparatos se conoce con el nombre de coeficiente de simultaneidad, K_v :

$$K_v = \sqrt{\frac{1}{n-1}} \quad (2)$$

En la anterior fórmula, n sería el número de aparatos.

El valor Q_{IV} sería el caudal instalado.

Para un cierto número de viviendas, N , el caudal probable se obtendrá de:

$$q_{prob\ N} = K_N \cdot N \cdot q_{prob\ v} \quad (3)$$

El valor K_N es el coeficiente de simultaneidad de las viviendas, y viene determinado por la fórmula siguiente.

$$K_N = \frac{19+N}{10(N+1)} \quad (4)$$

En cuanto a la zona industrial, se disponen de 2 naves industriales dedicadas a la industria de la alimentación y la otra a la industria mobiliaria.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



-
- Industria alimentaria con una demanda de 5 l/s.
 - Industria mobiliaria con una demanda de 7 l/s.

Las bocas de riego y/o limpieza de viales se subdividen en tres apartados:

- Limpieza de viales con demanda de 1,5 l/m² día.
- Riego de jardines en zona pluviométrica media con 6 l/m² día.
- Limpieza de alcantarillado con demanda de 20 l/m² día.

La suma de los tres apartados dará el caudal con el que se abastecerá la población de San Miguel: zona residencial, industrial y bocas de riego.

El volumen de depósito se hallará en función del anterior caudal calculado por un valor en función de abastecimiento en 8 horas de tipo valle.

$$\text{Volumen depósito} = Q \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 0,88 \quad (5)$$



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



ZONA RESIDENCIAL

59 VIVIENDAS

Tipo de vivienda	Fregadero	Lavadero	Office	Lavadora	Lavavajillas	Bañera	Ducha	WC	Lavabo	Bidet	Grifo terraza	Total aparatos (n)	Q_{inst} (l/s)	K_v	$Q_{probable}$ (l/s)	Viviendas (N)	K_n	$Q_{probable}$ N viviendas (l/s)
A	1	1						1	1			4	0,60	0,58	0,35	4	0,46	0,64
B	1	1					1	1	1	1		6	0,90	0,45	0,40	7	0,33	0,92
C	1	1		1		1		1	1	1		7	1,20	0,41	0,49	12	0,24	1,40
D	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1		12	1,95	0,30	0,59	12	0,24	1,68
E	1	1	1	1	1	2	1	3	3	3		17	2,60	0,25	0,65	9	0,28	1,64
F	1	1	1	1	1	3	2	5	5	5	1	26	3,90	0,20	0,78	15	0,21	2,49
TOTAL																		8,76

Tabla nº 1: Cálculo de caudal en zona residencial.

Total de Caudal (Q) de zona residencial= **0,00876 m³/s=8,76 l/s**

ZONA INDUSTRIAL

Consideraremos dos tipos de industrias en la localidad:

- Industria alimentaria
- Industrial mobiliaria

	l/s	Caudal (m ³ /s)
Industria Alimentaria	5	0,005
Industria mobiliaria	7	0,007
TOTAL	12	

Tabla nº 2: Cálculo de caudal en zona industrial.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Total de Caudal (Q) de zona industrial= **0,012 m³/s=12 l/s**

BOCAS DE RIEGO Y VIALES

	l/m ² dia	Superficie	Caudal (m ³ /s)
Limpieza de viales	1,5	47600	0,0008
Riego de jardines zona media	6	47600	0,0033
Limpieza alcantarillado	20	47600	0,0110
		TOTAL	0,0152

Tabla nº 3: Cálculo de caudal para riego y viales.

Total de Caudal (Q) en bocas de riego y viales= **0,0152 m³/s=15,2 l/s**

Por lo tanto, la suma del total de los tres caudales calculados anteriormente da un valor de Q=0,035 m³/s=35 l/s

Ahora hacemos el estudio económico de las posibilidades del cálculo del depósito. Fijaremos unos 25 años para el cálculo, y con un coste inicial de 0,0847€ el kWh para horas valle y con un incremento anual del 5%. Estos precios han sido obtenidos de la página web de endesa energía. Así pues, resulta la siguiente tabla:



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Año	Precio h _{valle} (€)	Precio h _{llano} (€)	Precio h _{punta} (€)
1	0,0867	0,1279	0,1617
2	0,0910	0,1343	0,1698
3	0,0955	0,1410	0,1782
4	0,1003	0,1481	0,1872
5	0,1053	0,1555	0,1965
6	0,1106	0,1632	0,2063
7	0,1161	0,1714	0,2167
8	0,1219	0,1800	0,2275
9	0,1280	0,1890	0,2389
10	0,1344	0,1984	0,2508
11	0,1412	0,2083	0,2634
12	0,1482	0,2188	0,2765
13	0,1556	0,2297	0,2903
14	0,1634	0,2412	0,3049
15	0,1716	0,2532	0,3201
16	0,1802	0,2659	0,3361
17	0,1892	0,2792	0,3529
18	0,1986	0,2931	0,3706
19	0,2086	0,3078	0,3891
20	0,2190	0,3232	0,4085
21	0,2300	0,3394	0,4290
22	0,2414	0,3563	0,4504
23	0,2535	0,3741	0,4729
24	0,2662	0,3928	0,4966
25	0,2795	0,4125	0,5214
Total	4,1363	6,1043	7,7163

Tabla nº 4: Precios de horas valle, llano y punta.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Ahora se realizan los cálculos de volumen de depósito y coste energético para cada franja horaria:

- 24 horas.
- 8 horas valle.
- 12 horas nocturnas
- 20 horas.

24 horas	$Q_m(m^3/s)$	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m^3)	Precio total (€)
h_{valle}	0,036	23,486	68.580,567	0,09		283.670,54
h_{llano}	0,036	23,486	102.870,850	0,13		627.959,05
h_{punta}	0,036	23,486	34.290,283	0,16		264.595,02
Depósito					713,645	8.022,53
Total						118.4247,14
8 h valle	$Q_m(m^3/s)$	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m^3)	Precio total (€)
h_{valle}	0,108	70,459	205.741,701	0,09		851.011,61
h_{llano}	0,000	0,000	0,000	0,13		0,00
h_{punta}	0,000	0,000	0,000	0,16		0,00
Depósito					2730,467	30.694,90
Total						881.706,50
12 h noctur.	$Q_m(m^3/s)$	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m^3)	Precio total (€)
h_{valle}	0,072	46,973	137.161,134	0,09		567.341,07
h_{llano}	0,072	46,973	205.741,701	0,13		1255.918,10
h_{punta}	0,000	0,000	0,000	0,16		0,00
Depósito					2234,018	25.114,01
Total						1.848.373,18



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



20 horas	$Q_m(m^3/s)$	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m^3)	Precio total (€)
h_{valle}	0,061	39,927	116.586,964	0,09		482.239,91
h_{llano}	0,029	18,789	82.296,680	0,13		502.367,24
h_{punta}	0,029	18,789	27.432,227	0,16		0,00
Depósito					1396,261	15.696,25
Total						1.000.303,41

Tabla nº 5: Costos para las diferentes franjas horarias.

Haciendo una comparativa de los diferentes tipos de franjas horarias y comparando costos, elegimos la solución más económica.

Alternativa	Coste energético (€)	Coste de construcción (€)	Precio total (€)
24 horas	117.6224,61	8.022,53	118.4247,14
8 h valle	851.011,61	30.694,90	881.706,50
12 h nocturnas	1823.259,17	25.114,01	1.848.373,18
20 horas	984.607,15	15.696,25	1.000.303,41

**ALTERNATIVA
ESCOGIDA**

Tabla nº 6: Selección de alternativa más viable.

El depósito asociado a la alternativa escogida es de **2.730,47 m³**.



ANEJO 6: MATERIAL DE DEPÓSITO



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



1. ESTUDIO DE PRECIO CON DEPÓSITO PREFABRICADO

PRECIO DEPÓSITO		Metros cúbicos	Costo (€)
Depósito de 1000 m ³ Chapa Galvanizada		1000	11.241,63
Cota a salvar con bomba:	50		
Rendimiento bomba:	0,75		

24 horas	Q _m (m ³ /s)	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m ³)	Precio total (€)
h _{valle}	0,036	23,486	68.580,567	0,09		283.670,54
h _{llano}	0,036	23,486	102.870,850	0,13		627.959,05
h _{punta}	0,036	23,486	34.290,283	0,16		264.595,02
Depósito					713,645	8.022,53
Total						1.184.247,14
8 h valle	Q _m (m ³ /s)	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m ³)	Precio total (€)
h _{valle}	0,108	70,459	205.741,701	0,09		851.011,61
h _{llano}	0,000	0,000	0,000	0,13		0,00
h _{punta}	0,000	0,000	0,000	0,16		0,00
Depósito					2730,467	30.694,90
Total						881.706,50
12 h noctur.	Q _m (m ³ /s)	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m ³)	Precio total (€)
h _{valle}	0,072	46,973	137.161,134	0,09		567.341,07
h _{llano}	0,072	46,973	205.741,701	0,13		1.255.918,10
h _{punta}	0,000	0,000	0,000	0,16		0,00
Depósito					2234,018	25.114,01
Total						1.848.373,18



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



20 horas	$Q_m(m^3/s)$	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m^3)	Precio total (€)
h_{valle}	0,061	39,927	116.586,964	0,09		482.239,91
h_{llano}	0,029	18,789	82.296,680	0,13		502.367,24
h_{punta}	0,029	18,789	27.432,227	0,16		0,00
Depósito					1396,261	15.696,25
Total						1.000.303,41

Tabla nº 1: Costos para las diferentes franjas horarias de depósito prefabricado.

Alternativa	Coste energético (€)	Coste de construcción (€)	Precio total (€)
24 horas	117.6224,61	8.022,53	1.184.247,14
8 h valle	851.011,61	30.694,90	881.706,50
12 h nocturnas	1.823.259,17	25.114,01	1.848.373,18
20 horas	984.607,15	15.696,25	1.000.303,41

**ALTERNATIVA
ESCOGIDA**

Tabla nº 2: Selección de alternativa más viable para depósito prefabricado.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



2. ESTUDIO DE PRECIO CON DEPÓSITO DE HORMIGÓN ARMADO

PRECIO DEPÓSITO		Metros cúbicos	Costo (€)
Depósito de 1000 m ³ Hormigón Armado		1000	181.518,78
Cota a salvar con bomba:	50		
Rendimiento bomba:	0,75		

24 horas	Q _m (m ³ /s)	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m ³)	Precio total (€)
h _{valle}	0,036	23,486	68.580,567	0,09		283.670,54
h _{llano}	0,036	23,486	102.870,850	0,13		627.959,05
h _{punta}	0,036	23,486	34.290,283	0,16		264.595,02
Depósito					713,645	129.539,92
Total						1305.764,52
8 h valle	Q _m (m ³ /s)	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m ³)	Precio total (€)
h _{valle}	0,108	70,459	205.741,701	0,09		851.011,61
h _{llano}	0,000	0,000	0,000	0,13		0,00
h _{punta}	0,000	0,000	0,000	0,16		0,00
Depósito					2730,467	495.630,99
Total						1346.642,59
12 h noctur.	Q _m (m ³ /s)	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m ³)	Precio total (€)
h _{valle}	0,072	46,973	137.161,134	0,09		567.341,07
h _{llano}	0,072	46,973	205.741,701	0,13		1.255.918,10
h _{punta}	0,000	0,000	0,000	0,16		0,00
Depósito					2234,018	405.516,26
Total						2.228.775,43



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



20 horas	$Q_m(m^3/s)$	P(kW)	kWh/Año	kWh (€)	Volúmen (m^3)	Precio total (€)
h_{valle}	0,061	39,927	116.586,964	0,09		482.239,91
h_{llano}	0,029	18,789	82.296,680	0,13		502.367,24
h_{punta}	0,029	18,789	27.432,227	0,16		0,00
Depósito					1396,261	253.447,66
Total						1.238.054,81

Tabla nº 3: Costos para las diferentes franjas horarias de hormigón armado.

Alternativa	Coste energético (€)	Coste de construcción (€)	Precio total (€)
24 horas	1.176.224,61	129.539,92	1.305.764,52
8 h valle	851.011,61	495.630,99	1.346.642,59
12 h nocturnas	1.823.259,17	405.516,26	2.228.775,43
20 horas	984.607,15	253.447,66	1.238.054,81

**ALTERNATIVA
ESCOGIDA**

Tabla nº 4: Selección de alternativa más viable para hormigón armado.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



3. COMPARATIVA GLOBAL DE COSTOS

Los precios señalados en los anteriores apartados, y que son los que se destacan en el presente, son precios finales de depósito, calculados ya para su capacidad e incorporando su instalación.

DEPÓSITO DE HORMIGÓN ARMADO → 1.238.054,81 € DEPÓSITO DE PREFABRICADO DE CHAPA → 881.706,50 €

Por lo tanto, la diferencia de costos es considerable y se escoge el depósito prefabricado de chapa galvanizada.



ANEJO 7: CÁLCULO DE SISTEMA DE CLORACIÓN



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



1. CÁLCULO DE CLORACIÓN

El método de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua, es el que emplea cloro y sus compuestos derivados en el tratamiento. La finalidad principal de la cloración es destruir las bacterias por la acción germicida del cloro. También son importantes otros efectos secundarios como la oxidación del hierro, el manganeso y los sulfuros de hidrógeno, así como la destrucción de algunos compuestos que producen olores y sabores.

Dosis de cloro. Cloro residual

Es necesario añadir la dosis necesaria de cloro para que, a la salida del tratamiento, el agua contenga un mínimo de 0,5 mg/l de cloro libre residual, y se mantenga un mínimo de 0,2 mg/l en todos los puntos de la red de distribución permanentemente. El cloro que existe en el agua en forma de ácido hipocloroso o de iones hipoclorito se conoce con el nombre de cloro libre disponible, pero no todo el cloro que se agrega al agua da lugar a estas formas. La dosis necesaria en la desinfección del agua es la suma de dos factores, la demanda de cloro y el cloro libre residual exigido.

La desinfección es más eficiente con niveles de pH bajos debido a que favorece la formación de ácido hipocloroso, un agente alrededor de 80 veces más eficaz que el ión hipoclorito.

Cuando la desinfección se realice a través de cloración, el tiempo de contacto entre el cloro (o su derivado) y el agua no será inferior a 30 minutos, procurando mantener un pH inferior a 8. El análisis de desinfectante residual se realizará semanalmente a la salida de la ETAP o depósito donde se realice la desinfección, y diariamente en distintos puntos de la red de forma rotativa dando prioridad a puntos terminales de red. Si el valor obtenido se encontrase por debajo de



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



0,2 mg/l, se procederá a tomar muestra por parte del gestor para análisis bacteriológico donde se determinarán *Escherichia coli* y bacterias coliformes, y además se contemplará la instalación de un sistema de reclusión. El intervalo recomendado de cloro libre residual (CLR) en red de distribución se establece entre 0,2 y 0,6 mg/l.

La dosificación depende de la forma en que se presenta el cloro:

- Hipoclorito. Comercialmente el hipoclorito de sodio se suele comercializar como solución acuosa, y el hipoclorito de calcio en polvo, gránulos o tabletas.
- Cloro gaseoso. El gas se presenta licuado almacenado en botellas. La cloración se realiza a través de un reductor a presión normal, en el que el cloro es mezclado con un determinado volumen de agua por unidad de tiempo.
- Dióxido de cloro. El dióxido de cloro es un gas inestable que puede ser generado 'in situ', o ser almacenado estabilizándolo en soluciones acuosas.

La desinfección debe efectuarse mediante un equipo de dosificación automático. Asimismo, se recomienda la implantación progresiva de aparatos automáticos de inyección y de medida de desinfectante residual a la salida de las ETAP y de los depósitos con sistema de cloración.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



CÁLCULO DEL CAUDAL NECESARIO DE DISOLUCIÓN CLORADA	
Producto líquido $M = (D \times Q) / C$ Donde: M (l/h) = Cantidad de cloro a dosificar D (mg/l) = Dosis de cloro Q (l/h) = Caudal de agua a tratar C (mg/l) = Concentración de la solución	Producto sólido $M = D \times Q$ Donde: M (g/h) = Cantidad de cloro a dosificar D (g/l) = Dosis de cloro Q (l/h) = Caudal de agua a tratar

Tabla nº 1: Cálculo de caudal para disolución clorada.

La capacidad será igual a:

$$Capacidad = \frac{Q \cdot C}{1000} \quad (1)$$

- Siendo el caudal, Q, con el que se trabaja de 35 l/s, pero expresado en m³/día.
Por lo tanto, Q= 3102,62 m³/día.
- Siendo C, la dosificación en mg/l, en este caso de 0,5 mg/l.

$$Capacidad \left(\frac{kg}{día} \right) = \frac{Q \cdot C}{1000} = \frac{3102,62 \cdot 0,5}{1000} = 1,551 \text{ kg/día}$$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Por lo tanto, la dosificación será de 1,5 kg/día o de 3,4 lb/día.

Se dosificará en cilindros cloradores de 50 kg (100 lb), para así lograr grandes reservas en un período largo de tiempo.

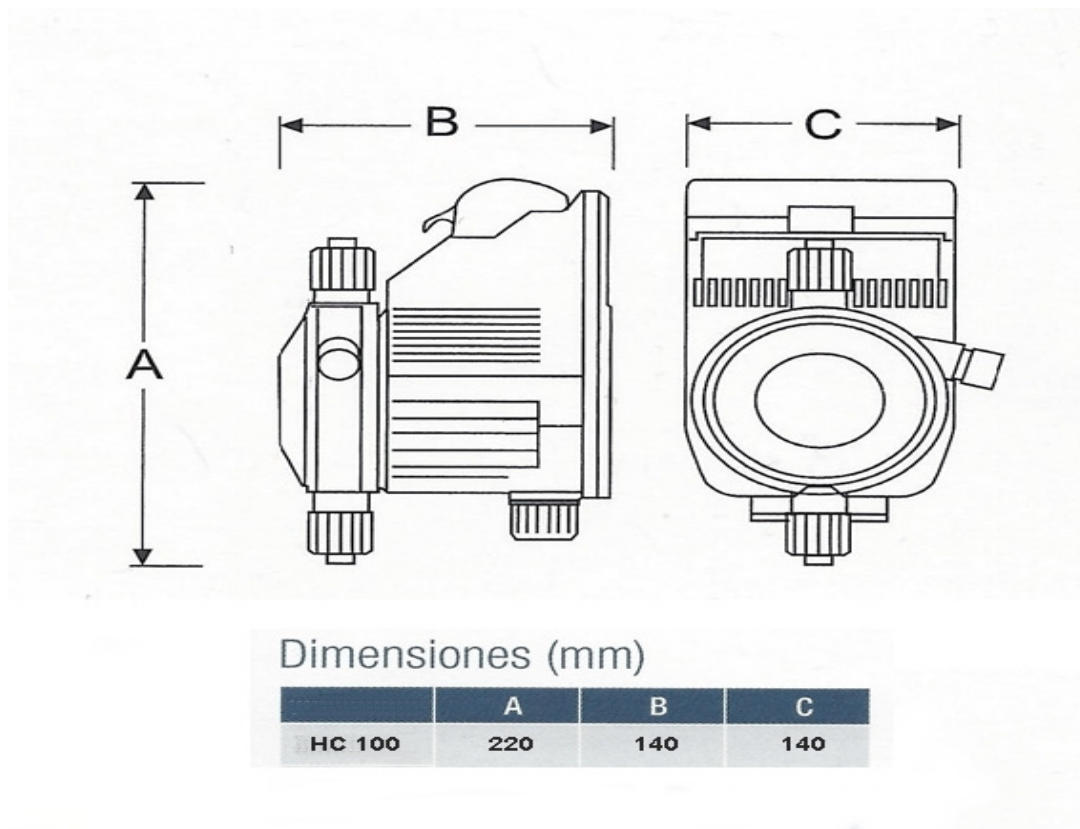


Figura nº 1: Elemento clorador.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**

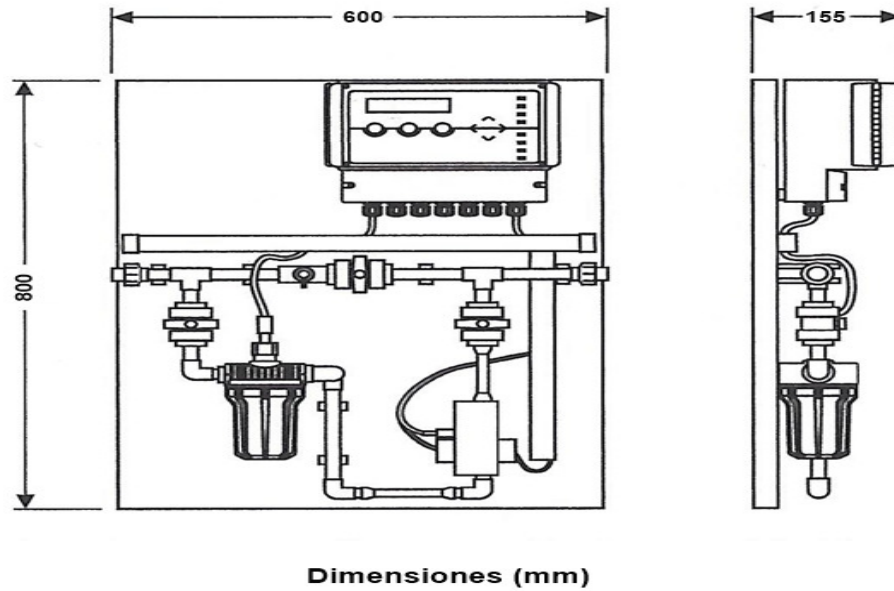


Figura nº 2: Sistema de regulación de la dosificación de cloro.



ANEJO 8: CÁLCULO DE TUBERÍA DE ABASTECIMIENTO



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



1. ESTUDIO DE TUBERÍA DE ABASTECIMIENTO

El objetivo es calcular el diámetro mínimo y más económico que consiga una presión mínima de 25 m.c.a. en el punto más desfavorable. El abastecimiento a la población se hará por tanto, por gravedad, desde el depósito situado en la cota 419 m.

Datos:

- Cota depósito: 419 m
- Cota más desfavorable de población: 383 m.
- Caudal: 35,91 l/s.
- Empleamos ecuación de la energía.

Siendo A= Punto de Depósito y B= Punto de Cota más desfavorable.

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + Hr_{AB} \quad (1)$$

$$0 + 0 + Z_A = 25 \text{ m.c.a.} + 0 + Z_B + Hr_{AB}$$

$$Hr_{AB} = Z_A - Z_B - 25 \text{ m.c.a.}$$

$$Hr_{AB} = 419 - 383 - 25 \text{ m.c.a.} = 11 \text{ m}$$

Utilizamos la ecuación de Hazen-Williams para determinar el diámetro de la tubería a través de las pérdidas de carga.

$$H_r = \frac{10,7}{C^{1,85} \cdot D^{4,75}} \cdot Q^{1,85} \cdot L \quad (2)$$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Coeficiente C para:

Fundición → 148

PVC → 150

PE → 150

Sustituyendo para cada tipo de material, despejamos Diámetro.

$$H_r = \frac{10,7}{C^{1,85} \cdot D^{4,78}} \cdot Q^{1,85} \cdot L$$

$$D^{4,78} = \frac{10,7}{C^{1,85} \cdot H_r} \cdot Q^{1,85} \cdot L$$

$$PVC \rightarrow D^{4,78} = \frac{10,7}{150^{1,85} \cdot 11} \cdot (0,03591 m^3/s)^{1,85} \cdot 153 \rightarrow D = 113 \text{ mm}$$

$$PE \rightarrow D^{4,78} = \frac{10,7}{150^{1,85} \cdot 11} \cdot (0,03591 m^3/s)^{1,85} \cdot 153 \rightarrow D = 113 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Fundición \rightarrow D^{4,78} &= \frac{10,7}{148^{1,85} \cdot 11} \cdot (0,03591 m^3/s)^{1,85} \cdot 153 \rightarrow D \\ &= 113,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Observando los resultados anteriores, y buscando un material que resulte más económico debido a que en los tres tipos de material hemos obtenido en cálculo un diámetro de 113 mm. Ese diámetro no existe, por lo que habrá que escoger el que exista comercialmente y de diámetro superior.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



PVC-O		FUNDICIÓN		PE	
Diámetro (mm)	Precio (€/m)	Diámetro (mm)	Precio (€/m)	Diámetro (mm)	Precio (€/m)
125	5,59	100	53,52	140	16,04
140	6,84	125	61,06	160	20,93
160	8,79	150	68,97	180	25,39
180	11,23	200	93,50	200	32,71
200	13,7	250	118,67	225	40,77
250	21,53	300	148,39	250	50,75

Tabla nº 1: Precios por metro lineal de diferente material de tubería.

Cogiendo como mínimo diámetro comercial existente 125 mm, recordando que 113 mm era el valor de cálculo, podemos decir que optamos por el material PVC-O debido a su inferior coste, 5,59 €/m.

Como ya tenemos el diámetro elegido, 125 mm, calculando la pérdida de carga total de la tubería de abastecimiento con el programa Asetub, referido al diámetro interior de la tubería.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



Asetub PVC: Cálculo hidráulico. Pérdida de carga.

Archivo Acciones Tablas Ayuda

Geometría del tubo

Diametro nominal (mm) Espesor nominal (mm)

Datos de partida (introduzca solo uno de los dos siguientes)

☒ Caudal l/s

☐ Velocidad media

Temperatura grados centígrados (< 45 °C)

salir reiniciar guardar abrir tablas ayuda imprimir C. Mec. calcular

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Temperatura, T	20	° C
Número de Reynolds, Re	404618,8	--
Viscosidad cinemática, v	0,000001	m ² /s
Factor de corrección de la temperatura, Jk	1	--
Pérdida de carga unitaria, Jp	772,05	Pa/m
Pérdida de carga unitaria, Jp	0,079	m.c.a./m.

AseTUB Atención: La norma UNE-EN 805 'Suministro de agua - Requisitos para los sistemas y componentes exteriores a los edificios' recomienda que la velocidad media se encuentre entre 0.5 y 3.5 m/s

Figura nº 1: Captura de pantalla de cálculo con programa Asetub.

Sabiendo que son 0,079 m.c.a. por cada m, y siendo un total de 153 m de conducción, la pérdida de carga total será 12,087 m.



2. CÁLCULO MECÁNICO CON EL PROGRAMA ASETUB

1. Características del tubo y la instalación.

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)

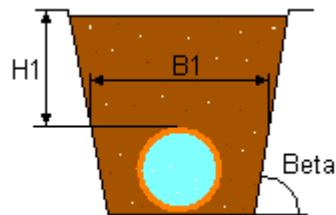


Figura nº 2: Tipo de conducción en zanja.

Material del tubo: PVC-U

Presión nominal: 10 bar

Diámetro nominal: $D_n = 125 \text{ mm}$

Espesor: $e=4.8 \text{ mm}$

Diámetro interior: $d_i= 115,4 \text{ mm}$

Radio medio: $R_m= 60,1 \text{ mm}$

Módulo de elasticidad: $E_t(lp)=1750 \text{ N/mm}^2$, $E_t(cp)=3600 \text{ N/mm}^2$

Peso específico: $P_{esp.}=14 \text{ kN/m}^3$

Esfuerzo tang. máximo: $\sigma_t(lp)= 50 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_t(cp)=90 \text{ N/mm}^2$

Presión agua interior: $P_i = \text{bar}$

Presión agua exterior: $P_e= 0 \text{ bar}$

Instalación en: ZANJA

Cálculo de las acciones a: LARGO PLAZO

Altura de la zanja: $H_1=0.9 \text{ m}$

Anchura de la zanja: $B_1=1 \text{ m}$

Ángulo de inclinación de la zanja: $\text{Beta}=85^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: $2\alpha=90^\circ$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Tipo de relleno: Medianamente cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: $\gamma_1=20 \text{ kN/m}^3$

Módulos de compresión del relleno: $E_1=14 \text{ N/mm}^2$ $E_2= 14 \text{ N/mm}^2$

Módulos de compresión del terreno: $E_3=14 \text{ N/mm}^2$ $E_4= 14 \text{ N/mm}^2$

Distancia entre ruedas: $a= \text{m}$

Distancia entre ejes: $b= \text{m}$

Sobrecarga concentrada: $P_c= \text{kN}$

Sobrecarga repartida: $P_d= \text{kN}$

Zona no pavimentada

2. Determinación de las acciones sobre el tubo.

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v=11,06606 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt}=11,06606 \text{ kN/m}^2$

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=10,03438 \text{ kN/m}^2$

2.3. Deformación Relativa: $d_v=0,15431 \%$ --ADMISIBLE: cumple $d_v \leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M (\text{Clave})=0,00203 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M (\text{Riñones})=-0,00134 \text{ kN m/m}$

En Base: $M (\text{Base})=0,00393 \text{ kN m/m}$

2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: $N (\text{Clave})=-0,48148 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $N (\text{Riñones})=-0,66365 \text{ kN m/m}$



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



En Base: $N \text{ (Base)} = -0,53061 \text{ kN m/m}$

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,44283 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones: $-0,47805 \text{ kN/mm}^2$

En Base: $0,93893 \text{ kN/mm}^2$

2.7. Verificación del esfuerzo tangencial (Coef. seguridad a rotura)

En Clave: 112,91109 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: 104,5923 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: 53,25218 --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 142,77596 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua: 1397,49624 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: 129,54131 --ADMISIBLE: cumple >2.5



ANEJO 9: NORMATIVA DE AGUA POTABLE



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



1. ARTÍCULO 1: OBJETO.

El presente Real Decreto tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

2. ARTÍCULO 3: ÁMBITO DE APLICACIÓN

1. La presente disposición será de aplicación a las aguas definidas en el artículo 2.1.
2. Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este Real Decreto:
 - a) Todas aquellas aguas que se rijan por el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.
 - b) Todas aquellas aguas que se rijan por la Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento.
 - c) Todas aquellas aguas mineromedicinales de establecimientos balnearios que se rijan por el Real Decreto Ley 743/1928, de 25 de abril, que aprueba el Estatuto, sobre la explotación de manantiales de aguas mineromedicinales, y por la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.
 - d) Todas aquellas aguas destinadas exclusivamente a usos para los cuales conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquéllas no afecte, directa ni indirectamente, a la salud de los consumidores que las usan.
 - e) Todas aquellas aguas de la industria alimentaria que conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquéllas no afecta a la salubridad del producto alimenticio.
 - f) Todas aquellas aguas de consumo humano procedentes de un abastecimiento individual y domiciliario o fuente natural que suministre como media menos de 10 m³ diarios de agua, o que abastezca a menos de 50 personas, excepto cuando se perciba un



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



riesgo potencial para la salud de las personas derivado de la calidad del agua, en cuyo caso la autoridad sanitaria requerirá a la Administración local que adopte, para estos abastecimientos, las medidas necesarias para el cumplimiento de lo dispuesto en este Real Decreto.

3. ARTÍCULO 4: RESPONSABILIDADES Y COMPETENCIAS

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, y en la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local, se establecen las siguientes responsabilidades en el ámbito de este Real Decreto:

1. Los municipios son responsables de asegurar que el agua suministrada a través de cualquier red de distribución, cisterna o depósito móvil en su ámbito territorial sea apta para el consumo en el punto de entrega al consumidor.
2. Cuando la captación o la conducción o el tratamiento o la distribución o el autocontrol del agua de consumo lo realice un gestor o gestores distintos del municipio, éste velará por el cumplimiento de este Real Decreto por parte de los mismos. La responsabilidad de los gestores finaliza en el punto de entrega a otro gestor o en la llave de paso general de la acometida del consumidor.
3. Los municipios velarán por el cumplimiento de las obligaciones de los titulares de los establecimientos que desarrollen actividades comerciales o públicas en relación con lo que señala esta disposición. Los titulares de dichos establecimientos deberán poner a disposición de sus usuarios agua apta para el consumo.
4. Corresponde a los municipios el autocontrol de la calidad y el control en grifo del agua que consume la población en su municipio cuando la gestión del abastecimiento sea de forma directa.
5. Cuando la gestión del abastecimiento sea de forma indirecta, el autocontrol de la calidad del agua de consumo humano es responsabilidad de los gestores, cada uno en su propia parte del abastecimiento.
6. Si la calidad del agua de consumo humano sufre modificaciones que impliquen que



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



de forma temporal o permanente no sea apta para el consumo, en cada uno de los casos que señalan los apartados 1, 2 y 3 del presente artículo, el gestor deberá poner en conocimiento de la población y/o de los otros gestores afectados, así como del municipio, en su caso, dicha situación de incumplimiento, las medidas correctoras y preventivas previstas, a través de los medios y en la forma que considere más adecuada, de acuerdo con la autoridad sanitaria, a fin de evitar cualquier riesgo que afecte a la protección de la salud humana.

7. Los propietarios del resto de los inmuebles que no estén recogidos en el apartado 3, son responsables de mantener la instalación interior a efectos de evitar modificaciones de la calidad del agua de consumo humano desde la acometida hasta el grifo.

4. ARTÍCULO 5: CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

El agua de consumo humano deberá ser salubre y limpia. A efectos de este Real Decreto, un agua de consumo humano será salubre y limpia cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I.

5. ARTÍCULO 7: CAPTACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

1. Sin perjuicio de lo que disponga la autoridad sanitaria en cada caso, el agua destinada a la producción de agua de consumo humano podrá proceder de cualquier origen, siempre que no entrañe un riesgo para la salud de la población abastecida. La dotación de agua deberá ser suficiente para las necesidades higiénico-sanitarias de la población y el desarrollo de la actividad de la zona de abastecimiento, como objetivo mínimo debería tener 100 litros por habitante y día.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



2. Los organismos de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las comunidades autónomas facilitarán periódicamente a la autoridad sanitaria y al gestor los resultados analíticos del agua destinada a la producción de agua de consumo humano, de los parámetros descritos en el Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica y de toda aquella legislación que le sea de aplicación. Ante la sospecha de presencia en el agua de contaminantes que entrañen un riesgo para la salud de la población, los organismos de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las comunidades autónomas en coordinación con la autoridad sanitaria determinarán y evaluarán la presencia de dichas sustancias.

3. Todo proyecto de nueva captación deberá contar con un informe sobre las características más relevantes que pudieran influir en la calidad del agua del área de captación, además de lo previsto en el artículo 13. La calidad del agua de la captación deberá ser tal que pueda ser potabilizada con los tratamientos de potabilización previstos en el abastecimiento.

4. La entidad pública o privada responsable de la construcción de la captación deberá instalar las medidas de protección adecuadas y señalizar de forma visible para su identificación como punto de captación de agua destinada al abastecimiento de la población, según establezca la autoridad sanitaria, con el fin de evitar la contaminación y degradación de la calidad del agua. El gestor de la captación mantendrá las medidas de protección propias de su competencia sin perjuicio de las competencias del organismo de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las comunidades autónomas.

6. ARTÍCULO 8: CONDUCCIÓN DEL AGUA

1. Antes de su puesta en funcionamiento, se realizará un lavado y/o desinfección de las tuberías. El material de construcción, revestimiento, soldaduras y accesorios no transmitirán al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren la calidad del agua procedente de la captación.



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



2. En el caso que la conducción fuera abierta, el gestor de la misma deberá proceder a su cerramiento siempre que la autoridad sanitaria considere que existe un riesgo para la salud de la población.

7. ARTÍCULO 10: TRATAMIENTO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

1. Cuando la calidad del agua captada tenga una turbidez mayor de 1 unidad Nefelométrica de Formacina (UNF) como media anual, deberá someterse como mínimo a una filtración por arena, u otro medio apropiado, a criterio de la autoridad sanitaria, antes de desinfectarla y distribuirla a la población. Asimismo, cuando exista un riesgo para la salud, aunque los valores medios anuales de turbidez sean inferiores a 1 UNF, la autoridad sanitaria podrá requerir, en función de la valoración del riesgo existente, la instalación de una filtración previa.

2. Las aguas de consumo humano distribuidas al consumidor por redes de distribución públicas o privadas, cisternas o depósitos deberán ser desinfectadas.

En estos casos, los subproductos derivados de la desinfección deberán tener los niveles más bajos posibles, sin comprometer en ningún momento la eficacia de la desinfección. Cuando no haya riesgo de contaminación o crecimiento microbiano a lo largo de toda la red de distribución hasta el grifo del consumidor, el gestor podrá solicitar a la autoridad sanitaria, la exención de contener desinfectante residual.

3. Los procesos de tratamiento de potabilización no transmitirán al agua sustancias o propiedades que contaminen o degraden su calidad y supongan el incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo I y un riesgo para la salud de la población abastecida, ni deberán producir directa o indirectamente la contaminación ni el deterioro del agua superficial o subterránea destinada a la producción del agua de consumo humano.

4. Los aparatos de tratamiento en edificios no podrán transmitir al agua sustancias, gérmenes o propiedades indeseables o perjudiciales para la salud y deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14. La comercialización de estos aparatos estará sujeta a su



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



homologación previa.

8. ARTÍCULO 11: DEPÓSITO Y CISTERNAS PARA EL AGUA DE CONSUMO HUMANO

1. Los depósitos públicos o privados, fijos o móviles, de la red de abastecimiento, de distribución o de instalaciones interiores y cisternas para agua de consumo humano deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14.

Todo depósito de una instalación interior deberá situarse por encima del nivel del alcantarillado, estando siempre tapado y dotado de un desagüe que permita su vaciado total, limpieza y desinfección.

2. La entidad pública o privada responsable de la construcción del depósito deberá instalar las medidas de protección y señalizar de forma visible, para su identificación como punto de almacenamiento de agua para el abastecimiento, con el fin de que no se contamine o empeore la calidad del agua almacenada. El gestor mantendrá estas medidas de protección.

3. Cuando en un abastecimiento deba recurrirse al uso de cisternas o depósitos móviles, éstos serán sólo para el transporte de agua y tendrán claramente

señalado y suficientemente visible la indicación «para transporte de agua de consumo humano», acompañado del símbolo de un grifo blanco sobre fondo azul.

El gestor de la cisterna o depósito móvil solicitará la autorización administrativa correspondiente para darse de alta en esta actividad.

En cada suministro de este tipo, el gestor deberá contar con el informe vinculante de la autoridad sanitaria. En todo momento, el responsable del transporte del agua adoptará las medidas de protección oportunas para que la calidad del agua de consumo humano no se degrade, así como aquellas medidas correctoras que en su caso señale la autoridad sanitaria.

4. El gestor de los depósitos públicos o privados de la red de abastecimiento o la red de



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



distribución, cisternas, y el propietario de los depósitos de instalaciones interiores, vigilará de forma regular la situación de la estructura, elementos de cierre, valvulería, canalizaciones e instalación en general, realizando de forma periódica la limpieza de los mismos, con productos que cumplan lo señalado en el artículo 9. La limpieza deberá tener una función de desincrustación y desinfección, seguida de un aclarado con agua.

9. ARTÍCULO 12: DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

1. Las redes de distribución pública o privada serán en la medida de lo posible de diseño mallado, eliminando puntos y situaciones que faciliten la contaminación o el deterioro del agua distribuida. Dispondrán de mecanismos adecuados que permitan su cierre por sectores, con objeto de poder aislar áreas ante situaciones anómalas, y de sistemas que permitan las purgas por sectores para proteger a la población de posibles riesgos para la salud.
2. Antes de su puesta en funcionamiento y después de cualquier actividad de mantenimiento o reparación que pueda suponer un riesgo de contaminación del agua de consumo humano, se realizará un lavado y/o desinfección del tramo afectado de tuberías con sustancias que señala el artículo 9, y los productos de construcción de éstas deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14.
3. Las características y funcionamiento de la instalación interior no deberán contaminar o empeorar la calidad del agua de consumo humano con gérmenes o sustancias que puedan suponer un riesgo para la salud de los consumidores.

10. ARTÍCULO 17: CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

1. En términos generales, en cada abastecimiento se controlarán los parámetros fijados en el anexo I. Cuando la autoridad sanitaria lo disponga se controlarán aquellos



ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE 500 HABITANTES



parámetros o contaminantes que se sospeche puedan estar presentes en el agua de consumo humano y suponer un riesgo para la salud de los consumidores.

2. El control de la calidad del agua de consumo humano engloba los siguientes apartados:

- a) Autocontrol del agua de consumo humano.
- b) Vigilancia sanitaria.
- c) Control del agua en grifo del consumidor.

3. Todos los resultados derivados del control de la calidad del agua de consumo deberán estar recogidos en un sistema de registro para cada caso, preferiblemente en soporte informático y en concordancia con el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.

4. En toda muestra de agua de consumo humano para el autocontrol, vigilancia sanitaria y control en grifo del consumidor, el agua se podrá calificar como:

- a) «Apta para el consumo»: cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana; y cumpla con los valores paramétricos especificados en las partes A, B y D del anexo I o con los valores paramétricos excepcionados por la autoridad sanitaria y sin perjuicio de lo establecido en el

artículo 27.7, determinados en el análisis.

- b) «No apta para el consumo»: cuando no cumpla con los requisitos del párrafo a). Si un agua «no apta para el consumo» alcanza niveles de uno o varios parámetros cuantificados que la autoridad sanitaria considere que han producido o puedan producir efectos adversos sobre la salud de la población, se calificará como agua «no apta para el consumo y con riesgos para la salud».



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



11. ARTÍCULO 27: INCUMPLIMIENTOS Y MEDIDAS CORRECTORAS Y PREVENTIVAS

1. Cualquier incumplimiento detectado en el abastecimiento o en la calidad del agua de consumo humano, por el gestor, el municipio, el titular de la actividad o la autoridad sanitaria, deberá ser confirmado. Esta confirmación se realizará, cuando sea necesario, con la toma de una muestra de agua antes de las 24 horas de haberse detectado el incumplimiento.
2. Tras la confirmación del incumplimiento, el gestor o el titular de la actividad, si existe una actividad pública o comercial o el municipio, en el caso de domicilios particulares, investigarán inmediatamente el motivo del mismo, dejando constancia de ello en un libro de incidencias, y notificarán antes de 24 horas a la autoridad sanitaria las características de la situación con un impreso que se ajustará al modelo recogido en el anexo VII y por el medio de transmisión que ésta determine para los parámetros contemplados en las partes A, B y D del anexo I. En el caso de los parámetros de la parte C del anexo I, la comunicación se realizará semanalmente.
3. Una vez notificado el incumplimiento a la autoridad sanitaria o el detectado por ella, ésta valorará la apertura o no de una «situación de alerta». La autoridad sanitaria estimará la importancia del incumplimiento, la repercusión sobre la salud de la población afectada y la realización de un estudio de evaluación del riesgo debido al episodio de incumplimiento, si lo considera necesario.
4. En cada situación de alerta o incumplimiento, la autoridad sanitaria valorará la posibilidad de prohibir el suministro o el consumo de agua, restringir el uso, aplicar técnicas de tratamiento apropiadas para modificar la naturaleza o las propiedades del agua antes de su suministro, con el fin de reducir o eliminar el riesgo del incumplimiento y la presentación de riesgos potenciales para la salud de la población.
5. El gestor, el municipio o el propietario del inmueble con actividad pública o comercial comunicará la situación de alerta, las medidas correctoras y preventivas a los consumidores y a los otros gestores afectados, antes de las 24 horas tras la valoración de la autoridad sanitaria. Además, transmitirán, en coordinación con la autoridad sanitaria,



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



las recomendaciones sanitarias para la población o grupos de población para los que el incumplimiento pudiera representar un riesgo para la salud.

6. Una vez tomadas las medidas correctoras, el gestor o el propietario del inmueble o el municipio realizarán una nueva toma de muestra en el punto que hubiera tenido lugar el problema para verificar la situación de normalidad y lo informarán a la autoridad sanitaria que valorará el cierre de la «situación de alerta», comunicándolo a los consumidores y los otros gestores afectados en un plazo de 24 horas.

7. En el caso de incumplimiento de parámetros del anexo I, parte C, la autoridad sanitaria valorará la calificación del agua como «apta o no apta para el consumo humano» en función del riesgo para la salud.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



12. ANEJOS DE PARÁMETROS Y VALORES PARAMÉTRICOS

A. *Parámetros microbiológicos*

Parámetro	Valor paramétrico
1. Escherichia coli	0 UFC en 100 ml
2. Enterococo	0 UFC en 100 ml
3. Clostridium perfringens (incluidas las esporas) ..	0 UFC en 100 ml

Tabla nº 1: Parámetros microbiológicos.

B.1 *Parámetros químicos*

Parámetro	Valor paramétrico
4. Antimonio	5,0 µg/l
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	
31/12/2008	25 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



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



Parámetro		Valor paramétrico	
25.	Selenio	10	µg/l
26.	Trihalometanos (THMs): Suma de:		
	A partir de 01/01/2009	100	µg/l
	De 01/01/2004 a		
	31/12/2008	150	µg/l
	Hasta el 31/12/2003 ...	—	µg/l
	Bromodiclorometano ...		µg/l
	Bromoformo		µg/l
	Cloroformo		µg/l
	Dibromoclorometano ...		µg/l
27.	Tricloroeteno + Tetraclo- roeteno	10	µg/l
	Hasta el 31/12/2003 ...	—	µg/l
	Tetracloroeteno		µg/l
	Tricloroeteno		µg/l

Tabla nº 2: Parámetros químicos.

B.2 Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto

Parámetro		Valor paramétrico
28.	Acrilamida	0,10 µg/l
29.	Epiclorhidrina	0,10 µg/l
30.	Cloruro de vinilo	0,50 µg/l

Tabla nº 3: Parámetros químicos según especificaciones.



**ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN UNA POBLACIÓN DE MENOS DE
500 HABITANTES**



C. Parámetros indicadores

Parámetro	Valor paramétrico	
31. Bacterias coliformes	0 UFC	En 100 ml
32. Recuento de colonias a 22 °C		
A la salida de ETAP	100 UFC	En 1 ml
En red de distribución	Sin cambios anómalos	
33. Aluminio	200	µg/l
34. Amonio	0,50	mg/l
35. Carbono orgánico total	Sin cambios anómalos	mg/l
36. Cloro combinado residual	2,0	mg/l
37. Cloro libre residual	1,0	mg/l
38. Cloruro	250	mg/l
39. Color	15	mg/l Pt/Co
40. Conductividad	2.500	µS/cm ⁻¹ a 20 °C
41. Hierro	200	µg/l
42. Manganeseo	50	µg/l
43. Olor	3 a 25 °C	Índice de dilución
44. Oxidabilidad	5,0	mg O ₂ /l
45. pH:		
Valor paramétrico mínimo	6,5	Unidades de pH
Valor paramétrico máximo	9,5	Unidades de pH
46. Sabor	3 a 25 °C	Índice de dilución
47. Sodio	200	mg/l

Tabla nº4: Parámetros indicadores.