ANEJO Nº12

Dimensionamiento de las estaciones de bombeo

Índice

1 Introducción 1

2 Dimensionamiento hidráulico de las impulsiones 2

2.1 Proceso de cálculo 2

2.1.1 Fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook 2

2.1.2 Determinación del caudal circulante por la impulsión y de la pérdida de carga 3

2.2 Caudales de diseño 4

3 Diseño de la estación de bombeo de E.D.A.R. - Gernika 5

3.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión 5

3.2 Altura geométrica 8

3.3 Diseño de la impulsión 8

4 Diseño de la Estación de Bombeo de Murueta-2 11

4.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión 11

4.2 Altura geométrica 12

4.3 Diseño de la impulsión 12

4.4 Mecanismos 13

4.4.1 Compuertas 13

4.5 Otros equipos 14

5 Diseño de la Estación de Bombeo de Murueta-3 15

5.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión 15

5.2 Altura geométrica 16

5.3 Diseño de la impulsión 16

5.4 Mecanismos 17

5.4.1 Compuertas 17

5.5 Otros equipos 18

6 Diseño de la Estación de Bombeo de Murueta-4 19

6.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión 19

6.2 Altura geométrica 20

6.3 Diseño de la impulsión 20

6.4 Mecanismos 21

6.4.1 Compuertas 21

6.5 Otros equipos 22

7 Diseño de la Estación de Bombeo de Murueta-5 23
7.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión 23
7.1.1 Altura geométrica 24
7.1.2 Diseño de la impulsión 24
7.2 Mecanismos 25
7.2.1 Compuertas 25
7.3 Otros equipos 26
8 Cálculo del golpe de ariete 27
8.1 Impulsión de diámetro 400 mm 27
8.1.1 Presiones máximas y mínimas 28
8.1.2 Curva de distribución de presiones 30
8.1.3 Curva de atenuación de la onda de presión a lo largo del tiempo 31
8.1.4 Curva de nivel de agua 31
8.2 Impulsión de diámetro 800 mm 32
8.2.1 Presiones máximas y mínimas 33
8.2.2 Curva de distribución de presiones 34
8.2.3 Curva de atenuación de la onda de presión a lo largo del tiempo 35
8.2.4 Curva de nivel de agua 35
9 Cotas de inundabilidad de bombeos según el P.I.P.I.V. 36

1 Introducción

En el presente Anejo se analizan las Estaciones de Bombeo de Gernika-E.D.A.R., Murueta-2, Murueta-3, Murueta-4 y Murueta-5, dimensionando los equipos de bombeo y especificando los diferentes elementos a instalar.

El dimensionamiento de los equipos de bombeo se realiza en base a los criterios y caudales de diseño especificados en el **Anejo nº6: Criterios Generales de Diseño** y en el **Anejo nº7: Estudio de caudales de aguas residuales y pluviales.**

En el dimensionamiento de los diferentes elementos se definirán:

- Caudales de dimensionamiento.
- Dimensionamiento hidráulico de las impulsiones.
- Tipología del bombeo.
- Mecanismos.

2 Dimensionamiento hidráulico de las impulsiones

El dimensionamiento de los equipos de bombeo se realiza en base a los caudales de diseño. Los parámetros que definen los regímenes hidráulicos en distintas hipótesis se obtienen utilizando las conocidas fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook, para determinar las pérdidas de energía por rozamiento a lo largo de las conducciones, y la ecuación de la continuidad.

Las hipótesis de cálculo se escogen de forma que se asegura que las pérdidas de carga de la conducción sean compatibles con la potencia de las bombas escogidas.

2.1 Proceso de cálculo

La determinación de los parámetros hidráulicos de interés (velocidad, pérdida de carga) se realiza en los conductos de sección circular mediante un proceso iterativo que se describe a lo largo de este capítulo.

2.1.1 Fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook

La expresión de la fórmula de Darcy-Weisbach es la siguiente:

$$J = \frac{\lambda \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

El valor de λ se obtiene de la fórmula de Colebrook la cual es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \log_{10}\left(\frac{k}{3{,}71\ D} + \frac{2{,}51}{Re\ \sqrt{\lambda}}\right)$$

donde:

- V Velocidad media del agua en el conducto en metros por segundo.
- k Coeficiente de rugosidad equivalente en metros (Fórmula de Colebrook).
- λ Coeficiente de pérdida de carga.
- D Diámetro de la conducción en metros.
- g Aceleración de la gravedad, 9,81 metros por segundo por segundo.
- Re Número de Reynolds: $Re=V \cdot D/\nu$.
- ν Viscosidad cinemática. Agua: $1{,}302 \cdot 10^{-6}$ metros cuadrados por segundo.
- J Pendiente de la línea de energía.

El coeficiente de rugosidad de Colebrook depende de muchas variables, siendo la más importante el tipo de material de la tubería. En los presentes cálculos se ha adoptado un valor constante 0,15 milímetros para conducciones de fundición.

2.1.2 Determinación del caudal circulante por la impulsión y de la pérdida de carga

La determinación del caudal circulante por la conducción se efectúa a partir de las curvas características de las bombas a utilizar, a las cuales se ajusta una pareja de valores caudal impulsado-altura manométrica a impulsar, mediante un proceso iterativo.

Para obtener la altura manométrica es preciso sumar la pérdida de energía en la impulsión a la altura geométrica. Para obtener la pérdida de energía es preciso resolver la fórmula de Colebrook, mediante otro proceso iterativo, hasta obtener el valor del coeficiente de pérdida de carga, λ, el cual se introduce en la fórmula de Darcy-Weisbach para obtener la pendiente de la línea de energía, J.

2.2 Caudales de diseño

El diámetro de los tubos a emplear en las impulsiones y la potencia de los equipos de bombeo se determina teniendo en cuenta los caudales máximos de dimensionamiento, los cuales se obtienen en base a los criterios y caudales de diseño especificados en el **Anejo nº6: Criterios Generales de Diseño** y en el **Anejo nº7: Estudio de caudales de aguas residuales y pluviales.**

En el cuadro siguiente se reflejan los caudales de diseño, en litros segundo, con los cuales se dimensionan las Estaciones de Bombeo.

ESTACIÓN DE BOMBEO	CAUDAL DE DISEÑO(l/s)
E.D.A.R.-Gernika	926,62
Murueta-2	10,23
Murueta-3	0,90
Murueta-4	2,36
Murueta-5	2,49

3 Diseño de la estación de bombeo de E.D.A.R.-Gernika

3.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión

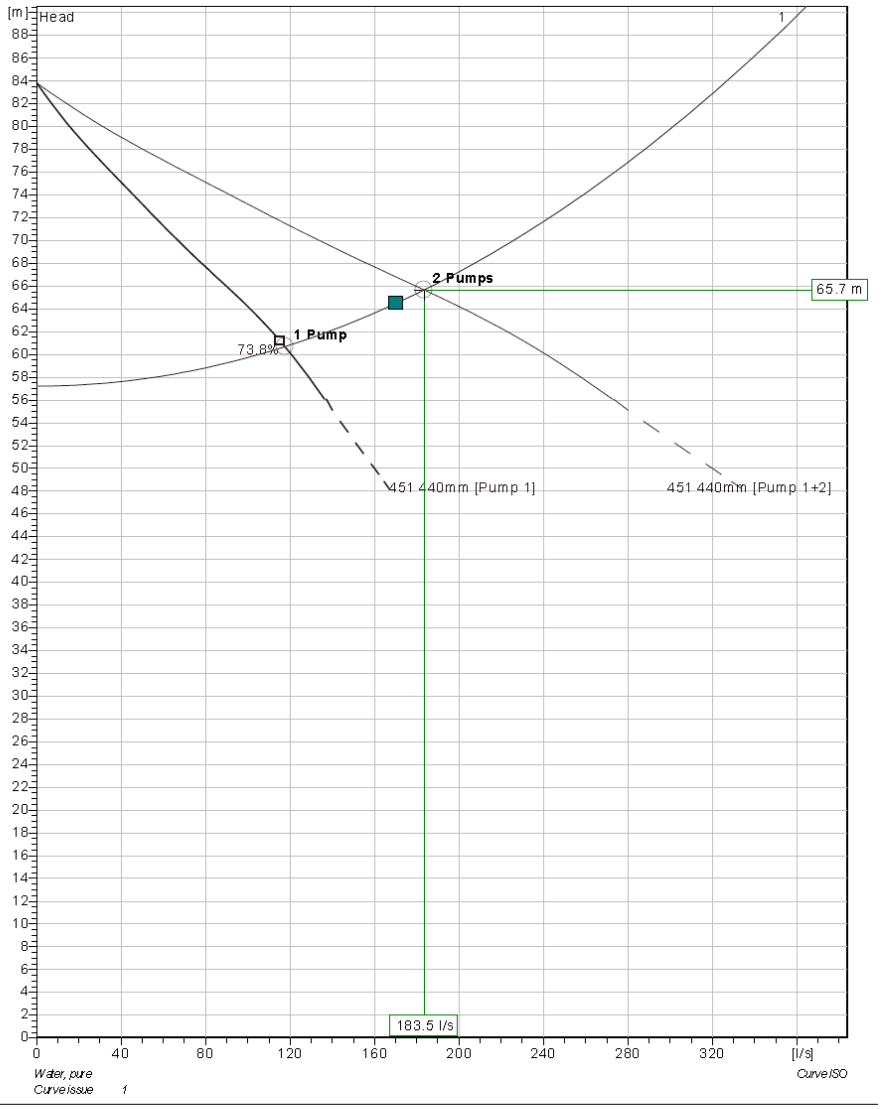
Los caudales de diseño, en litros segundo, con los cuales se dimensiona la Estación de Bombeo son los siguientes:

ESTACIÓN DE BOMBEO	CAUDAL MEDIO(l/s)	CAUDAL DE DISEÑO(l/s)
E.D.A.R.-GERNIKA	129,63	926,62

Debido a las diferencias existentes entre el caudal medio y el caudal máximo de diseño se ha optado por colocar dos líneas de impulsión de forma que una de ellas pueda conducir correctamente caudales del orden del caudal medio, y otra línea sea capaz de conducir, correctamente, la diferencia de caudal hasta completar el caudal máximo de diseño.

De la misma manera, se han dispuesto dos pozos de aspiración, uno para cada línea de impulsión, con el fin de facilitar las posteriores labores de limpieza y manteniemiento de los mismos.

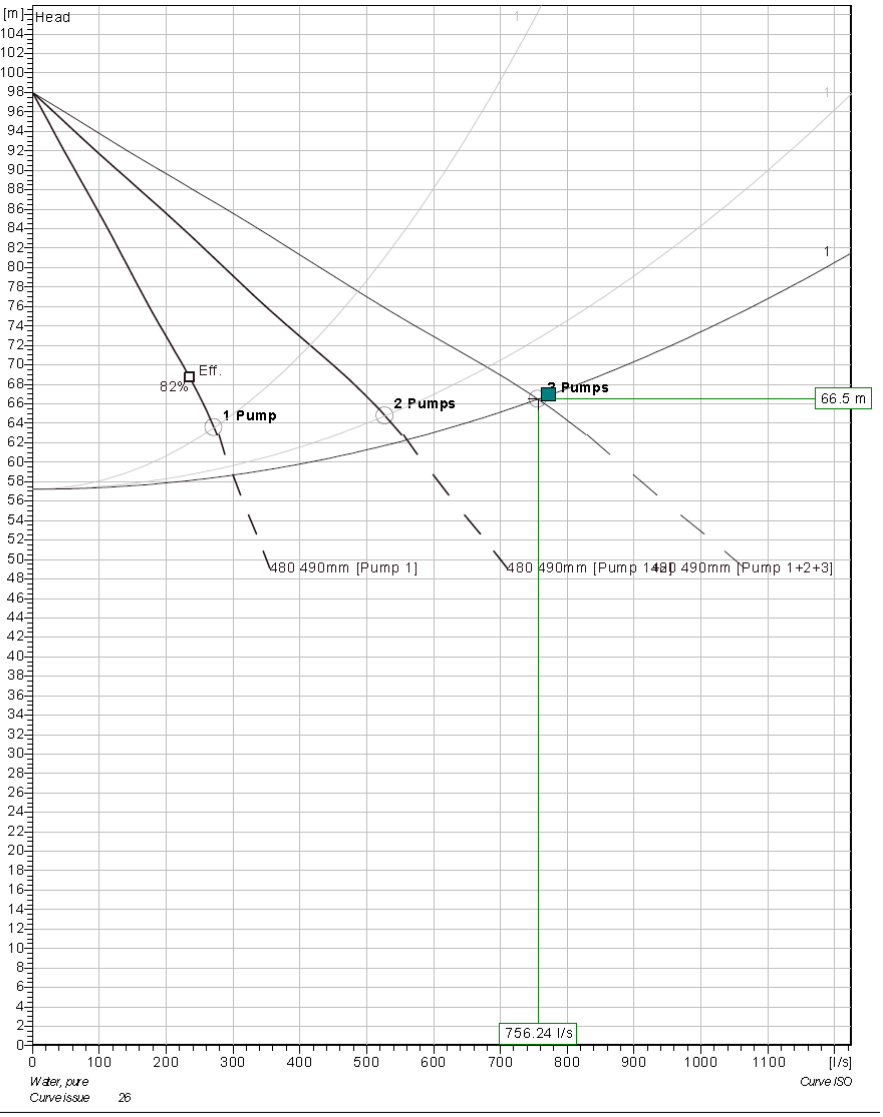
Así, la primera línea se ha diseñado con dos grupos de bombeo (más otro de reserva) capaces de bombear un caudal algo superior al caudal medio, cuando funcionan conjuntamente los dos grupos. La curva característica de la bomba se incluye a continuación:



Pumps running /System	Individual pump Flow	Head	Shaft power	Total Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
2 / 1	91.8 l/s	65.7 m	83.7 kW	184 l/s	65.7 m	167 kW	70.6 %	0.268 kWh/m³	3.72 m
1 / 1	118 l/s	60.7 m	94.8 kW	118 l/s	60.7 m	94.8 kW	73.8 %	0.236 kWh/m³	6.87 m

En cuanto a la impulsión, para que la tubería funcione correctamente para el caudal de diseño, se ha previsto una conducción de 400 milímetros de diámetro.

La segunda línea se ha diseñado con tres grupos de bombeo (más otro de reserva) capaces de bombear un caudal que complete el caudal máximo de diseño cuando funcionan conjuntamente los dos grupos de esta segunda línea y los tres grupos de la primera línea. La curva característica de la bomba se incluye a continuación:



Pumps running /System	Individual pump Flow	Head	Shaft power	Total Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
3 / 1	252 l/s	66.5 m	202 kW	756 l/s	66.5 m	605 kW	81.5 %	0.236 kWh/m³	8.69 m
2 / 1	264 l/s	64.8 m	208 kW	528 l/s	64.8 m	416 kW	80.6 %	0.232 kWh/m³	9.57 m
1 / 1	272 l/s	63.5 m	212 kW	272 l/s	63.5 m	212 kW	79.7 %	0.231 kWh/m³	10.2 m

En cuanto a la impulsión, se ha previsto una conducción de fundición de 800 milímetros de diámetro.

3.2 Altura geométrica

La altura geométrica de la conducción se obtiene a partir de los siguientes datos:

- *Cota del agua en la Estación de Bombeo*: La entrada del agua al pozo de bombeo se produce a la cota -4,31, adoptándose como cota de arranque para la primera bomba la -6,15 y a intervalos de 0,25 metros, las cotas de arranque de los otros cuatro grupos de bombeo. Por otra parte, entre la cota de arranque de una bomba y la cota de parada de la misma se debe dejar una separación mínima para evitar los arranques y paradas muy seguidas. Esta separación, según se determina más adelante, es de 0,75 metros, por lo cual se ha adoptado como cota de parada del primer grupo de la Estación de Bombeo la -6,90 y a intervalos de 0,25 metros el resto de grupos, estando situado el fondo del pozo de bombas a la cota -8,35.
- *Cota máxima de la línea de energía del agua a la salida de la impulsión*: La cota de la tubería en la salida es la 49,27, el diámetro interior es de 0,80 metros y la energía de velocidad a caudal máximo es 0,15 metros, por lo que la línea de energía en este punto puede alcanzar la cota 50,22.

3.3 Diseño de la impulsión

En base a lo indicado en los apartados anteriores, se han diseñado las impulsiones y los equipos. Los datos más significativos respecto a la primera de las líneas de impulsión, se recogen en el siguiente cuadro, para los dos grupos previstos:

Número de bombas en uso	1	2
Número de tuberías en uso	1	1
Nivel del agua en el pozo	-6,90	-6,90
Caudal total (l/s)	118,00	183,50
Velocidad (m/seg)	0,94	1,46
Número de Reynolds	288.484	448.616
Coeficiente de pérdida de carga	0,01752	0,01689
Pérdida de carga (%)	0,197	0,459
Altura manométrica (m)	60,70	65,70
Potencia de cada bomba (Kw)	94,80	83,70
Rendimiento de la bomba (%)	73,80	70,60

Los datos más significativos respecto a la segunda de las líneas de impulsión, se recogen en el siguiente cuadro, para los dos grupos previstos:

Número de bombas en uso	1	2	3
Número de tuberías en uso	1	1	1
Nivel del agua en el pozo	-6,40	-6,40	-6,40
Caudal total (l/s)	272,00	528,00	756,00
Velocidad (m/seg)	0,54	1,05	1,50
Número de Reynolds	332.490	645.421	924.125
Coeficiente de pérdida de carga	0,01596	0,01498	0.01461
Pérdida de carga (%)	0,03	0,105	0,211
Altura manométrica (m)	63,50	64,80	66,50
Potencia de cada bomba (Kw)	212,00	208,00	202,00
Rendimiento de la bomba (%)	79,70	80,60	81,50

Los caudales totales, en litros por segundo, bombeados dependiendo del número de grupos que entren en funcionamiento serán:

Grupo 1	Grupo 1+2	Grupo 1+2+3	Grupo 1+2+3+4	Grupo 1+2+3+4+5
118,00	183,50	455,50	711,50	939,50

El dimensionamiento del pozo se efectúa de tal forma que no se produzcan en una hora más de cuatro arranques por bomba, lo cual equivale a que el volumen de agua entre el nivel de arranque y de parada de las bombas debe ser superior a la diferencia de caudales de bombeo de la tercera bomba (primera de la segunda línea) y la segunda bomba (segunda de la primera línea) durante un periodo de 60 minutos / 4 arranques / 3 bombas (las tres bombas grandes son las que se turnan para ser la primera de la segunda línea, suponiendo que la de reserva está fuera de servicio) = 5 minutos. El caudal de la tercera bomba es de 272,50 l/seg. Por tanto, la capacidad del pozo entre el arranque y la parada debe ser superior a 20,43 m^3. Como el pozo tiene una superficie útil de 39,37 m^2, se obtiene un valor de 0,52 metros, adoptando 0,75 metros de separación entre arranque y parada.

En base al caudal de diseño en el año horizonte y a la altura a salvar, se ha realizado el diseño con unos equipos de bombeo sumergibles de la casa Flygt instalados en cámara seca.

En la primera línea, la solución óptima son dos equipos de bombeo con impulsor tipo N autolimpiante, con un diámetro de impulsor de 440 milímetros y descarga de 150 milímetros. La bomba es la NT 3315.180 HT con la curva 53-451.

La potencia del motor de dichas bombas es de 105 Kw cada una, con un rendimiento del conjunto bomba-motor del orden del 74 % en la primera bomba y 71 % en la segunda. Los motores funcionarán a 1.480 revoluciones por minuto.

En la segunda línea, la solución óptima son tres equipos de bombeo con impulsor N anti atascos, con un diámetro de impulsor de 490 milímetros y descarga de 200 milímetros. La bomba es la NT 3231.765 con la curva 53-480.

La potencia del motor de las bombas es de 215 Kw cada una, con un rendimiento del conjunto bomba-motor del orden del 82 % en la primera bomba, 81 % en la segunda y 80 % en la tercera. Los motores funcionarán a 1485 revoluciones por minuto.

Se dispondrán válvulas de cierre y válvulas de retención en la impulsión dotadas del correspondiente carrete de desmontaje, con el objeto de evitar el vaciado de la misma. Las válvulas anteriores a las bombas serán motorizadas.

Cada pozo de aspiración irá dotado de sistema de medida de nivel formado por una sonda capacitivo-manométrica VEGA a 4-20 mA, que regulará los arranques y las paradas de los grupos de bombeo, según la siguiente tabla:

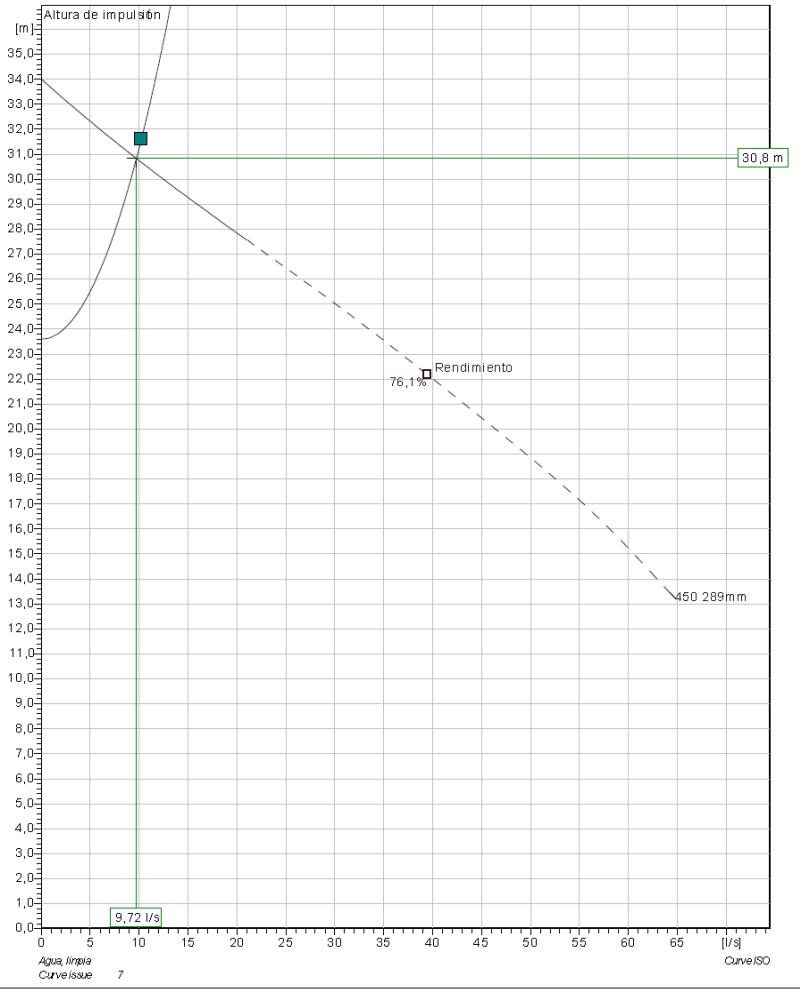
Grupo	Parada	Arranque
1	-6,90	-6,15
2	-6,65	-5,90
3	-6,40	-5,65
4	-6,15	-5,40
5	-5,90	-5,15

Asimismo, estarán dotados de un interruptor de control de nivel mínimo por sistema de placas, contrapeso, flotador y barreras Zener, situado a la cota -7,00, pararía la bomba en el supuesto de que no se hubiese parado antes, y de otro interruptor de nivel máximo.

4 Diseño de la Estación de Bombeo de Murueta-2

4.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión

El caudal máximo de diseño hace que se adopte una tipología de bombeo con un grupo de bombeo (más otro de reserva). La curva característica de la bomba se incluye a continuación:



Pumps running /System	Individual pump			Total					
	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
1	9,73 l/s	30,8 m	7,56 kW	9,73 l/s	30,8 m	7,56 kW	38,9 %	0,000248 kWh/l	3,61 m

En cuanto a la impulsión, para que la tubería funcione correctamente para el caudal de diseño se ha previsto una conducción de 100 milímetros de diámetro.

4.2 Altura geométrica

La altura geométrica de la conducción se obtiene a partir de los siguientes datos:

- *Cota del agua en la Estación de Bombeo*: La entrada del agua al pozo de bombeo se produce a la cota 1,55, adoptándose como cota de arranque para la bomba la cota 0,80. Por otra parte, entre la cota de arranque de una bomba y la cota de parada de la misma se debe dejar una separación mínima para evitar los arranques y paradas muy seguidas. Esta separación, según se determina más adelante, es de 0,50 metros, por lo cual se ha doptado como cota de parada del grupo de la Estación de Bombeo es la 0,30 estando situado el fondo del pozo de bombas a la cota -0,15.
- *Cota máxima de la línea de energía del agua a la salida de la impulsión*: La cota de la tubería en la salida es la 23,38, el diámetro es de 0,10 metros y la energía de velocidad a caudal máximo es 0,12 metros, por lo que la línea de energía en este punto puede alcanzar la cota 23,60.

4.3 Diseño de la impulsión

En base a lo indicado en los apartados anteriores, se han diseñado la impulsión y los equipos. Los datos más significativos se recogen en el siguiente cuadro, para cada grupo de bombeo previsto:

Número de bombas en uso	1
Número de tuberías en uso	1
Nivel del agua en el pozo	0,30
Caudal total (l/s)	9,73
Velocidad (m/seg)	1,23
Número de Reynolds	95.151
Coeficiente de pérdida de carga	0,02381
Pérdida de carga (%)	1,863
Altura manométrica (m)	30,795
Potencia de cada bomba (Kw)	7,56
Rendimiento de la bomba(%)	38,90

El dimensionamiento del pozo se efectúa de tal forma que no se produzcan en una hora más de cuatro arranques por bomba lo cual equivale a que el volumen de agua entre el nivel de arranque y de parada de la bomba debe ser superior a la capacidad de bombeo de la bomba más grande durante un período de 60 minutos/ 4 arranques / 1 bomba = 15 minutos. Por lo tanto, la capacidad del pozo entre el arranque y la parada debe ser superior a 2,19 m^3. Como el pozo tiene una superficie útil de 6,25 m^2 se obtiene un valor de 0,35 metros, adoptándose 0,50 metros.

En base al caudal de diseño en el año horizonte y a la altura a salvar, se ha realizado el diseño con un equipo de bombeo de la casa Flygt con impulsor tipo N autolimpiante, con un diámetro de impulsor de 289 milímetros y descarga de 100 milímetros. La bomba es la NP 3153.090 HT con la curva 53-274-00-1070. Las bombas tendrán protección antideflagrante Eex dIIB T3.

La potencia de los motores de las bombas es de de 13,5 Kw cada una, con un rendimiento del conjunto bomba-motor del orden del 39%. Los motores funcionarán a 1.450 revoluciones por minuto.

Se dispondrán válvulas de cierre y válvulas de retención en la impulsión dotadas del correspondiente carrete de desmontaje, con el objeto de evitar el vaciado de la misma.

El pozo de aspiración irá dotado de sistema de medida de nivel formado por una sonda capacitivo-manométrica VEGA a 4-20 mA, que regulará los arranques y las paradas del grupo de bombeo, según la siguiente tabla:

Grupo	Parada	Arranque
1	0,30	0,80

Asimismo, estará dotado de un interruptor de control de nivel por sistema de placas, contrapeso, flotador y barreras Zener, situado a la cota 0,20, pararía la bomba en el supuesto de que no se hubiese parado antes, y de otro interruptor de nivel máximo.

4.4 Mecanismos

4.4.1 Compuertas

Para los trabajos de mantenimiento a realizar en la estación de bombeo, se dispondrá una compuerta que aísle el pozo de bombas. La compuerta a instalar, debido a la fuerte agresividad potencial de las aguas residuales, se construirá utilizando acero inoxidable AISI 316, y se reforzará con perfiles laminados de refuerzo angular.

Los bastidores y marcos estarán, asimismo, fabricados en acero inoxidable AISI-316.

Los asientos de guía estarán fijados mecánicamente, siendo sensibles a la presión. Serán de Etileno-Propileno (E.P.D.M.), dada la superior resistencia frente a los rayos ultravioletas, en comparación con los neoprenos.

El asiento de cierre será elástico y estará fijado mecánicamente a la base de la compuerta.

Los pasadores serán, igualmente, de acero inoxidable AISI-316.

Los husillos serán ascendentes, realizados en acero inoxidable AISI-316.

La compuerta será de dimensiones 300x300 mm de tipo mural y accionamiento manual dotada de finales de carrera.

4.5 Otros equipos

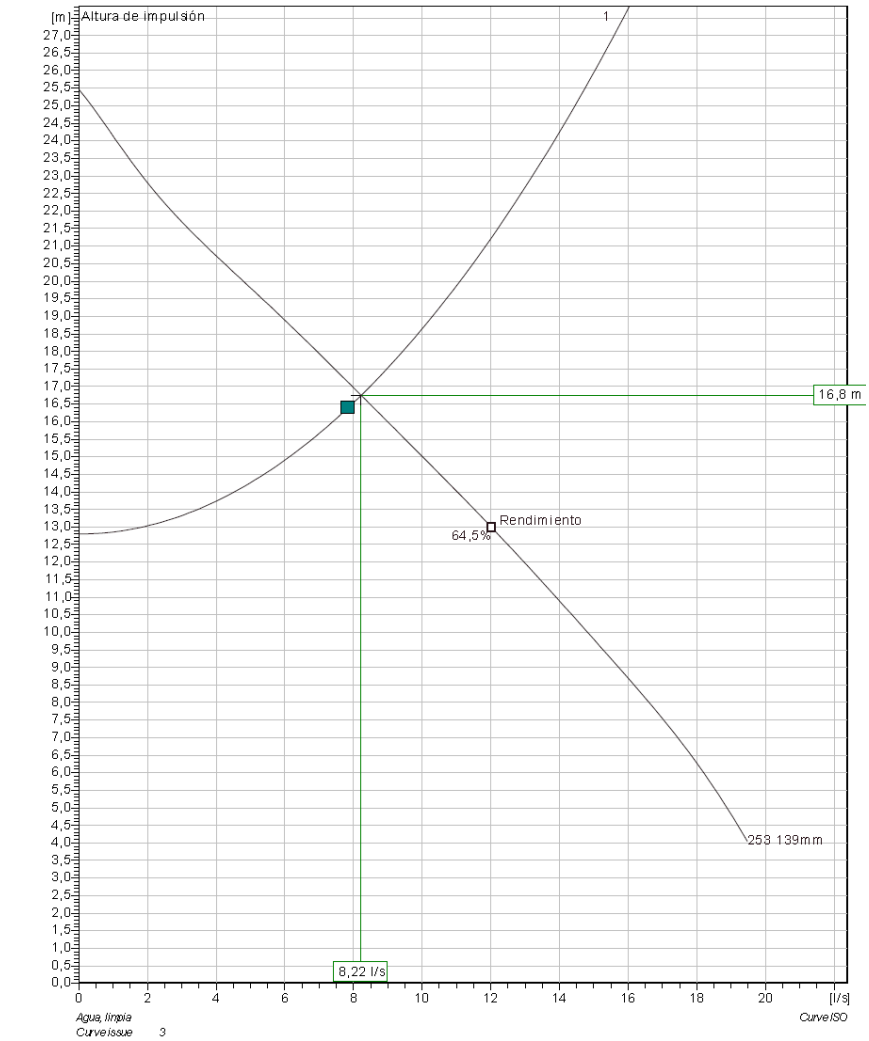
Para facilitar la evacuación del agua residual en la impulsión, cara a su limpieza, se dispone de una conducción de vaciado regulada por una válvula de compuerta de accionamiento manual.

El aliviadero de la Estación de Bombeo estará dotado de una pantalla deflectora de flotantes para evitar su vertido al cauce de la tajea que discurre paralela a las vías del ferrocarril frente a las instalaciones de la empresa Astilleros de Murueta.

5 Diseño de la Estación de Bombeo de Murueta-3

5.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión

El caudal máximo de diseño hace que se adopte una tipología de bombeo con un grupo de bombeo (más otro de reserva). La curva característica de la bomba se incluye a continuación:



Pumps running /System	Individual pump			Total					
	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
1	8,22 l/s	16,8 m	2,27 kW	8,22 l/s	16,8 m	2,27 kW	59,6 %	9,47E-5 kWh/l	3,58 m

En cuanto a la impulsión, para que la tubería funcione correctamente para el caudal de diseño se ha previsto una conducción de 100 milímetros de diámetro.

5.2 Altura geométrica

La altura geométrica de la conducción se obtiene a partir de los siguientes datos:

- *Cota del agua en la Estación de Bombeo*: La entrada del agua al pozo de bombeo se produce a la cota 14,75, adoptándose como cota de arranque para la bomba la cota 14,35. Por otra parte, entre la cota de arranque de una bomba y la cota de parada de la misma se debe dejar una separación mínima para evitar los arranques y paradas muy seguidas. Esta separación, según se determina más adelante, es de 0,50 metros, por lo cual se ha doptado como cota de parada del grupo de la Estación de Bombeo es la 13,85 estando situado el fondo del pozo de bombas a la cota 13,35.
- *Cota máxima de la línea de energía del agua a la salida de la impulsión*: La cota de la tubería en la salida es la 26,04, el diámetro es de 0,10 metros y la energía de velocidad a caudal máximo es 0,13 metros, por lo que la línea de energía en este punto puede alcanzar la cota 26,27.

5.3 Diseño de la impulsión

En base a lo indicado en los apartados anteriores, se han diseñado la impulsión y los equipos. Los datos más significativos se recogen en el siguiente cuadro, para cada grupo de bombeo previsto:

Número de bombas en uso	1
Número de tuberías en uso	1
Nivel del agua en el pozo	13,85
Caudal total (l/s)	8,22
Velocidad (m/seg)	1,05
Número de Reynolds	80.384
Coeficiente de pérdida de carga	0,02414
Pérdida de carga (%)	1,348
Altura manométrica (m)	16,80
Potencia de cada bomba (Kw)	2,27
Rendimiento de la bomba(%)	59,60

El dimensionamiento del pozo se efectúa de tal forma que no se produzcan en una hora más de cuatro arranques por bomba lo cual equivale a que el volumen de agua entre el nivel de arranque y de parada de la bomba debe ser superior a la capacidad de bombeo de la bomba más grande durante un período de 60 minutos/ 4 arranques / 1 bomba = 15 minutos. Por lo tanto, la capacidad del pozo entre el arranque y la parada debe ser superior a 1,85 m^3. Como el pozo tiene una superficie útil de 6,25 m^2 se obtiene un valor de 0,30 metros, adoptándose 0,50 metros.

En base al caudal de diseño en el año horizonte y a la altura a salvar, se ha realizado el diseño con un equipo de bombeo de la casa Flygt con impulsor tipo N adaptativo, con un diámetro de impulsor de 139 milímetros y descarga de 80 milímetros. La bomba es la NP 3085.160 SH con la curva 53-253. Las bombas tendrán protección antideflagrante Eex dIIB T4.

La potencia de los motores de las bombas será del orden de 2,4 Kw cada una, con un rendimiento del conjunto bomba-motor del orden del 60%. Los motores funcionarán a 2.855 revoluciones por minuto.

Se dispondrán válvulas de cierre y válvulas de retención en la impulsión dotadas del correspondiente carrete de desmontaje, con el objeto de evitar el vaciado de la misma.

El pozo de aspiración irá dotado de sistema de medida de nivel formado por una sonda capacitivo-manométrica VEGA a 4-20 mA, que regulará los arranques y las paradas del grupo de bombeo, según la siguiente tabla:

Grupo	Parada	Arranque
1	13,85	14,35

Asimismo, estará dotado de un interruptor de control de nivel por sistema de placas, contrapeso, flotador y barreras Zener, situado a la cota 13,75, pararía la bomba en el supuesto de que no se hubiese parado antes, y de otro interruptor de nivel máximo.

5.4 Mecanismos

5.4.1 Compuertas

Para los trabajos de mantenimiento a realizar en la estación de bombeo, se dispondrá una compuerta que aísle el pozo de bombas. La compuerta a instalar, debido a la fuerte agresividad potencial de las aguas residuales, se construirá utilizando acero inoxidable AISI 316, y se reforzará con perfiles laminados de refuerzo angular.

Los bastidores y marcos estarán, asimismo, fabricados en acero inoxidable AISI-316.

Los asientos de guía estarán fijados mecánicamente, siendo sensibles a la presión. Serán de Etileno-Propileno (E.P.D.M.), dada la superior resistencia frente a los rayos ultravioletas, en comparación con los neoprenos.

El asiento de cierre será elástico y estará fijado mecánicamente a la base de la compuerta.

Los pasadores serán, igualmente, de acero inoxidable AISI-316.

Los husillos serán ascendentes, realizados en acero inoxidable AISI-316.

La compuerta será de dimensiones 300x300 mm de tipo mural y accionamiento manual con finales de carrera.

5.5 Otros equipos

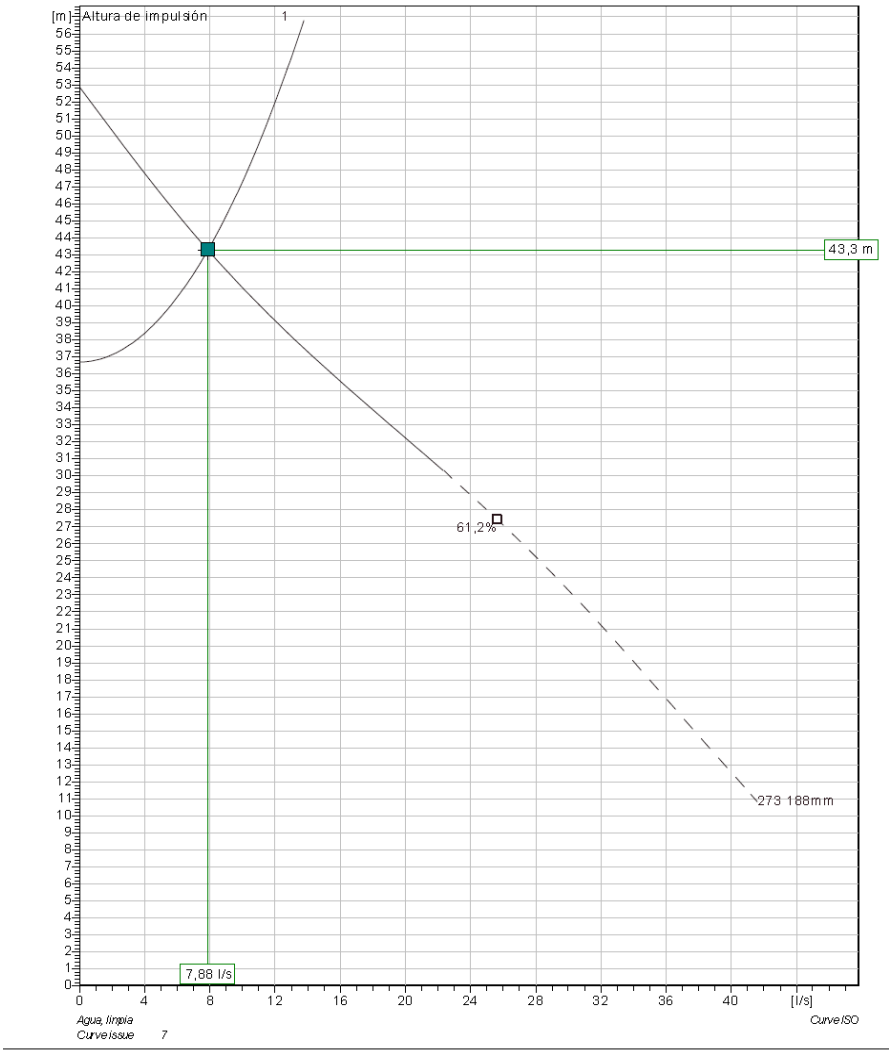
Para facilitar la evacuación del agua residual en la impulsión, cara a su limpieza, se dispone de una conducción de vaciado regulada por una válvula de compuerta de accionamiento manual.

El aliviadero de la Estación de Bombeo estará dotado de una pantalla deflectora de flotantes para evitar su vertido al cauce del arroyo del río Oka que discurre por las cercanías del bombeo.

6 Diseño de la Estación de Bombeo de Murueta-4

6.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión

El caudal máximo de diseño hace que se adopte una tipología de bombeo con un grupo de bombeo (más otro de reserva). La curva característica de la bomba es:



Pumps running /System	Individual pump			Total					
	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
1	7,89 l/s	43,3 m	9,34 kW	7,89 l/s	43,3 m	9,34 kW	35,8 %	0,000361 kWh/l	2,8 m

En cuanto a la impulsión, para que la tubería funcione correctamente para el caudal de diseño se ha previsto una conducción de 100 milímetros de diámetro.

6.2 Altura geométrica

La altura geométrica de la conducción se obtiene a partir de los siguientes datos:

- *Cota del agua en la Estación de Bombeo*: La entrada del agua al pozo de bombeo se produce a la cota 1,20, adoptándose como cota de arranque para la bomba la cota 0,80. Por otra parte, entre la cota de arranque de una bomba y la cota de parada de la misma se debe dejar una separación mínima para evitar los arranques y paradas muy seguidas. Esta separación, según se determina más adelante, es de 0,50 metros, por lo cual se ha doptado como cota de parada del grupo de la Estación de Bombeo es la 0,30 estando situado el fondo del pozo de bombas a la cota -0,20.
- *Cota máxima de la línea de energía del agua a la salida de la impulsión*: La cota de la tubería en la salida es la 35,22, el diámetro es de 0,10 metros y la energía de velocidad a caudal máximo es 0,09 metros, por lo que la línea de energía en este punto puede alcanzar la cota 35,41.

6.3 Diseño de la impulsión

En base a lo indicado en los apartados anteriores, se han diseñado la impulsión y los equipos. Los datos más significativos se recogen en el siguiente cuadro, para cada grupo de bombeo previsto:

Número de bombas en uso	1
Número de tuberías en uso	1
Nivel del agua en el pozo	0,30
Caudal total (l/s)	7,88
Velocidad (m/seg)	1,00
Número de Reynolds	77.059
Coeficiente de pérdida de carga	0,02423
Pérdida de carga (%)	1,243
Altura manométrica (m)	43,30
Potencia de cada bomba (Kw)	9,34
Rendimiento de la bomba(%)	35,80

El dimensionamiento del pozo se efectúa de tal forma que no se produzcan en una hora más de cuatro arranques por bomba lo cual equivale a que el volumen de agua entre el nivel de arranque y de parada de la bomba debe ser superior a la capacidad de bombeo de la bomba más grande durante un período de 60 minutos / 4 arranques / 1 bomba= 15 minutos. Por lo tanto, la capacidad del pozo entre el arranque y la parada debe ser superior a 1,77 m^3. Como

el pozo tiene una superficie útil de 6,25 m^2 se obtiene un valor de 0,28 metros, adoptándose 0,50 metros.

En base al caudal de diseño en el año horizonte y a la altura a salvar, se ha realizado el diseño con un equipo de bombeo de la casa Flygt con impulsor tipo N autolimpiante, con un diámetro de impulsor de 188 milímetros y descarga de 100 milímetros. La bomba es la NP 3153.181 SH con la curva 53-273. Las bombas tendrán protección antideflagrante Eex dIIB T3.

La potencia de los motores de las bombas será del orden de 11 Kw cada una, con un rendimiento del conjunto bomba-motor del orden del 36%. Los motores funcionarán a 2.910 revoluciones por minuto.

Se dispondrán válvulas de cierre y válvulas de retención en la impulsión dotadas del correspondiente carrete de desmontaje, con el objeto de evitar el vaciado de la misma.

El pozo de aspiración irá dotado de sistema de medida de nivel formado por una sonda capacitivo-manométrica VEGA a 4-20 mA, que regulará los arranques y las paradas del grupo de bombeo, según la siguiente tabla:

Grupo	Parada	Arranque
1	0,30	0,80

Asimismo, estará dotado de un interruptor de control de nivel por sistema de placas, contrapeso, flotador y barreras Zener, situado a la cota 0,20, pararía la bomba en el supuesto de que no se hubiese parado antes, y de otro interruptor de nivel máximo.

6.4 Mecanismos

6.4.1 Compuertas

Para los trabajos de mantenimiento a realizar en la estación de bombeo, se dispondrá una compuerta que aísle el pozo de bombas. La compuerta a instalar, debido a la fuerte agresividad potencial de las aguas residuales, se construirá utilizando acero inoxidable AISI 316, y se reforzará con perfiles laminados de refuerzo angular.

Los bastidores y marcos estarán, asimismo, fabricados en acero inoxidable AISI-316.

Los asientos de guía estarán fijados mecánicamente, siendo sensibles a la presión. Serán de Etileno-Propileno (E.P.D.M.), dada la superior resistencia frente a los rayos ultravioletas, en comparación con los neoprenos.

El asiento de cierre será elástico y estará fijado mecánicamente a la base de la compuerta.

Los pasadores serán, igualmente, de acero inoxidable AISI-316.

Los husillos serán ascendentes, realizados en acero inoxidable AISI-316.

La compuerta será de dimensiones 300x300 mm de tipo mural y accionamiento manual con finales de carrera.

6.5 Otros equipos

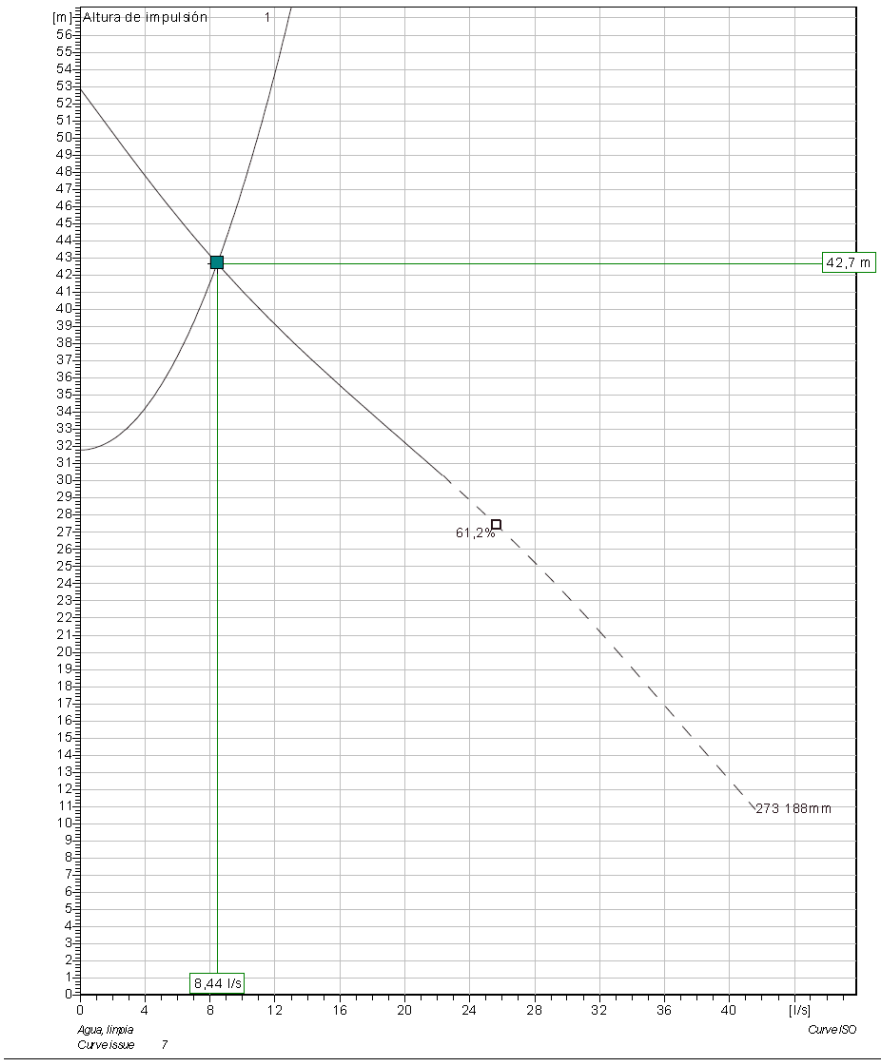
Para facilitar la evacuación del agua residual en la impulsión, cara a su limpieza, se dispone de una conducción de vaciado regulada por una válvula de compuerta de accionamiento manual.

El aliviadero de la Estación de Bombeo se encuentra en una arqueta situada aguas abajo del bombeo en el mismo camino y estará dotado de una reja para evitar el vertido de flotantes al arroyo que discurre por las cercanías del caserío Itxaserrota. En el punto de vertido al arroyo, se ha previsto la instalación de una válvula de retención tipo clapeta, para impedir la entrada de agua del río al bombeo en situaciones de avenida.

7 Diseño de la Estación de Bombeo de Murueta-5

7.1 Número de equipos de bombeo y tuberías de impulsión

El caudal máximo de diseño ha provocado que se haya optado por colocar un grupo de bombeo (más otro de reserva). La curva característica de la bomba es:



Pumps running /System	Individual pump Flow	Head	Shaft power	Total Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSHre
1	8,45 l/s	42,7 m	9,4 kW	8,45 l/s	42,7 m	9,4 kW	37,6 %	0,000339 kWh/m³	2,8 m

En cuanto a la impulsión, para que la tubería funcione correctamente para el caudal de diseño, se ha previsto una conducción de 100 milímetros de diámetro.

7.1.1 Altura geométrica

La altura geométrica de la conducción se obtiene a partir de los siguientes datos:

- *Cota del agua en la Estación de Bombeo*: La entrada del agua al pozo de bombeo se produce a la cota 5,90, adoptándose como cota de arranque para la bomba la 5,60. Por otra parte, entre la cota de arranque de la bomba y la cota de parada de la misma se debe dejar una separación mínima para evitar los arranques y paradas muy seguidas. Esta separación, según se determina más adelante, es de 0,50 metros, por lo cual se ha doptado como cota de parada del grupo de la Estación de Bombeo es la 5,10, estando situado el fondo del pozo de bombas a la cota 4,50.
- *Cota máxima de la línea de energía del agua a la salida de la impulsión*: La cota de la tubería en la salida es la 35,88, el diámetro es de 0,10 metros y la energía de velocidad a caudal máximo es 0,09 metros, por lo que la línea de energía en este punto puede alcanzar la cota 36,07.

7.1.2 Diseño de la impulsión

En base a lo indicado en los apartados anteriores, se han diseñado la impulsión y los equipos. Los datos más significativos, se recogen en el siguiente cuadro, para el grupo de bombeo previsto:

Número de bombas en uso	1
Número de tuberías en uso	1
Nivel del agua en el pozo	5,10
Caudal total (l/s)	8,44
Velocidad (m/seg)	1,07
Número de Reynolds	82.536
Coeficiente de pérdida de carga	0,02409
Pérdida de carga (%)	1,418
Altura manométrica (m)	42,70
Potencia de cada bomba (Kw)	9,40
Rendimiento de la bomba (%)	37,60

El dimensionamiento del pozo se efectúa de tal forma que no se produzcan en una hora más de cuatro arranques por bomba, lo cual equivale a que el volumen de agua entre el nivel de arranque y de parada de la bomba debe ser superior a la capacidad de bombeo de la bomba más grande durante un periodo de 60 minutos / 4 arranques / 1 bomba = 15 minutos. El caudal de la bomba es de 8,44 l/s por tanto, la capacidad del pozo entre el arranque y la

parada debe ser superior a 1,90 m^3. Como el pozo tiene una superficie útil de 6,25 m^2, se obtiene un valor de 0,30 metros, adoptándose 0,50 metros.

En base al caudal de diseño en el año horizonte y a la altura a salvar, se ha realizado el diseño con un equipo de bombeo de la casa Flygt con impulsor tipo N autolimpiante, con un diámetro de impulsor de 188 milímetros y descarga de 100 milímetros. La bomba es la NP 3153.181 SH con la curva 53-273. Las bombas tendrán protección antideflagrante Eex dIIB T3.

La potencia de los motores de las bombas será del orden de 11 Kw cada una, con un rendimiento del conjunto bomba-motor del orden del 38 %. Los motores funcionarán a 2.910 revoluciones por minuto.

Se dispondrán válvulas de cierre y válvulas de retención en la impulsión dotadas del correspondiente carrete de desmontaje, con el objeto de evitar el vaciado de la misma.

El pozo de aspiración irá dotado de sistema de medida de nivel formado por una sonda capacitivo-manométrica VEGA a 4-20 mA, que regulará los arranques y las paradas del grupo de bombeo, según la siguiente tabla:

Grupo	Parada	Arranque
1	5,10	5,60

Asimismo, estará dotado de un interruptor de control de nivel por sistema de placas, contrapeso, flotador y barreras Zener, situado a la cota 5,00, pararía la bomba en el supuesto de que no se hubiese parado antes, y de otro interruptor de nivel máximo.

7.2 Mecanismos

7.2.1 Compuertas

Para los trabajos de mantenimiento a realizar en la estación de bombeo, se dispondrá una compuerta que aísle el pozo de bombas. La compuerta a instalar, debido a la fuerte agresividad potencial de las aguas residuales, se construirá utilizando acero inoxidable AISI 316, y se reforzará con perfiles laminados de refuerzo angular.

Los bastidores y marcos estarán, asimismo, fabricados en acero inoxidable AISI-316.

Los asientos de guía estarán fijados mecánicamente, siendo sensibles a la presión. Serán de Etileno-Propileno (E.P.D.M.), dada la superior resistencia frente a los rayos ultravioletas, en comparación con los neoprenos.

El asiento de cierre será elástico y estará fijado mecánicamente a la base de la compuerta.

Los pasadores serán, igualmente, de acero inoxidable AISI-316.

Los husillos serán ascendentes, realizados en acero inoxidable AISI-316.

La compuerta será de dimensiones 300x300 mm de tipo mural y accionamiento manual con finales de carrera.

7.3 Otros equipos

Para facilitar la evacuación del agua residual en la impulsión, cara a su limpieza, se dispone de una conducción de vaciado regulada por una válvula de compuerta de accionamiento manual.

El aliviadero de la Estación de Bombeo estará dotado de una pantalla deflectora de flotantes para evitar su vertido a la salida de la fosa séptica existente.

8 Cálculo del golpe de ariete

El golpe de ariete en los diferentes tramos en impulsión se calcula en caso de parada brusca del bombeo, debido a un fallo de energía eléctrica.

El cálculo del golpe de ariete en las condicones de las impulsiones de las estaciones de bombeo, sin dispositivo de protección, refleja una bajada de presión al inicio del fenómeno transitorio (onda negativa) y una subida de presión al volver la onda positiva. La colocación del antiariete en las impulsiones provoca que las presiones en la tubería no sobrepasen la presión admisible de la misma.

8.1 Impulsión de diámetro 400 mm

Concepto	Valor
Material tubería	Fundición dúctil
Longitud de la tubería (m)	1.631,29
Diámetro tubería DN	400
Diámetro interior tubería (mm)	402,8
Espesor de la tubería (mm)	13,1
Fluido	Agua residual
Caudal (l/s)	183,5
Altura geométrica (mca)	50,31
Altura manométrica (mca)	s/cálculos
Presión máxima admisible (mca)	100

Para el cálculo la conducción se ha dividido en cuatro tramos según el cuadro siguiente:

TRAMO	1	2	3	4
Material	Fundición dúctil con enchufe K=9 (UNE 19-021-91)	Fundición dúctil con enchufe K=9 (UNE 19-021-91)	Fundición dúctil con enchufe K=9 (UNE 19-021-91)	Fundición dúctil con enchufe K=9 (UNE 19-021-91)
Longitud (m)	1070,94	266,76	254,78	38,81
Diametro (m)	0,4028	0,4028	0,4028	0,4028
Espesor (m)	0,0131	0,0131	0,0131	0,0131
Rugosidad (mm)	0,03	0,03	0,03	0,03
Fricción	0	0	0	0
Modulo Young (MPa)	166770	166770	166770	166770
Cota Inicial (m)	0	6,68	15,72	48,96
Cota Final (m)	6,68	15,72	48,96	50,51
Celeridad (m/seg)	1221,453	1201,792	1208,232	1165,631

Se ha calculado con un calderín:

Calderín	
Altura(m)	2,26
Sección(m^2)	1,77

8.1.1 Presiones máximas y mínimas

Los resultados mostrados a continuación se han obtenido con la colocación de un calderín de 4.000 litros timbrado a una presión de 10 bar. Las condiciones iniciales del calderín han sido de 50 % de agua y de 50 % de aire.

Con el dispositivo calculado los valores de presión máximos y mínimos son:

NODOS TRAMO 1	1	2	22	42	62
Presión máxima (m.c.a)	88,786	88,397	81,076	73,798	65,69
Instante (s.)	33,196	33,152	32,464	32,686	32,863
Presión mínima (m.c.a)	25,458	25,549	27,036	28,83	30,912
Instante (s.)	12,597	12,786	15,196	12,974	12,752

NODOS TRAMO 2	1	2	7	12	17
Presión máxima (m.c.a)	58,063	57,272	53,334	49,388	45,428
Instante (s.)	33,041	33,052	33,107	33,163	33,218
Presión mínima (m.c.a)	33,151	32,92	31,785	30,683	29,615
Instante (s.)	12,552	12,541	12,486	12,43	12,375

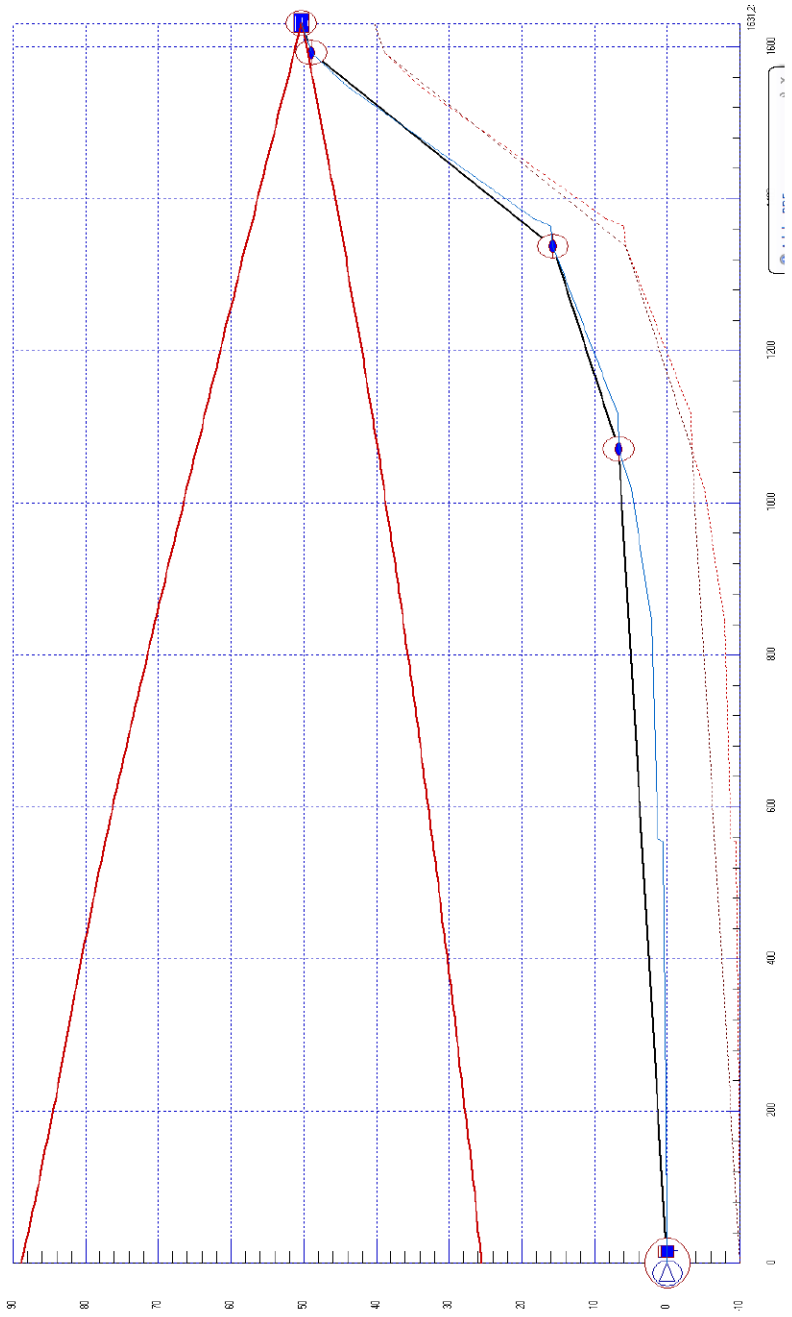
NODOS TRAMO 3	1	2	7	12	17
Presión máxima (m.c.a)	42,25	40,154	29,667	19,169	8,668
Instante (s.)	33,263	33,274	33,263	33,318	33,363
Presión mínima (m.c.a)	28,786	27,284	19,798	12,348	4,938
Instante (s.)	12,33	12,319	12,264	12,208	12,153

NODOS TRAMO 4	1	2	3	4
Presión máxima (m.c.a)	2,366	1,577	0,789	0
Instante (s.)	33,385	33,396	33,407	0
Presión mínima (m.c.a)	0,51	0,338	0,168	0
Instante (s.)	12,12	12,109	12,097	0

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS EN PUNTOS DEL PERFIL

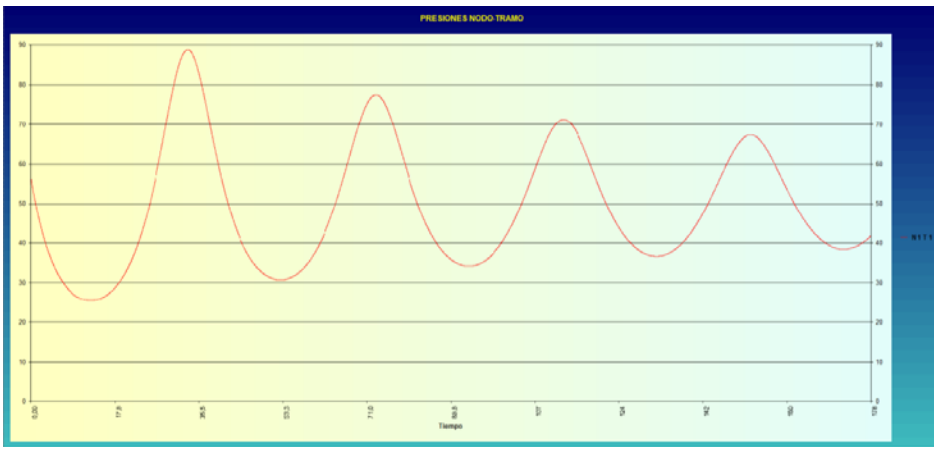
Longitud (m)	Cota (m)	P máx. (mca)	P mín. (mca)
0	0	88,7858	25,4576
20	0	88,3378	25,7125
210	0	84,0737	27,7278
554	1	76,7685	31,7463
558	1	75,9224	31,0391
846	2	68,2288	34,187
1019	5	61,1616	34,102
1071	7	58,0629	33,1507
1117	7	56,7334	33,7593
1338	16	42,2497	28,7858
1365	16	41,3159	29,0442
1375	19	38,4687	26,6574
1549	44	8,2432	4,3825
1592	49	2,3661	0,5099
1631	50	0	0

8.1.2 Curva de distribución de presiones

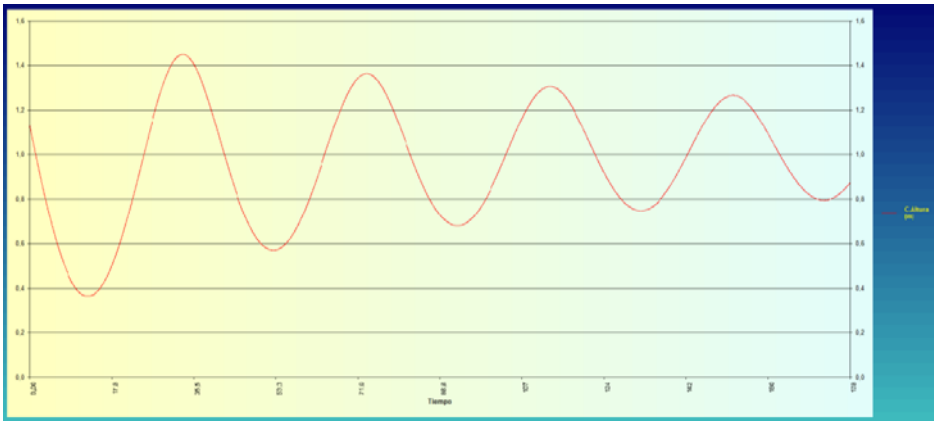


- **Línea roja superior** : Valores de presiones máximas
- **Línea roja inferior** : Valores de presiones mínimas
- **Línea azul** : Perfil de la conducción
- **Linea roja discontinua** : Límite de cavitación

8.1.3 Curva de atenuación de la onda de presión a lo largo del tiempo



8.1.4 Curva de nivel de agua



8.2 Impulsión de diámetro 800 mm

Concepto	Valor
Material tubería	Fundición dúctil
Longitud de la tubería (m)	1.631,29
Diámetro tubería DN	800
Diámetro interior tubería (mm)	806,6
Espesor de la tubería (mm)	17,7
Fluido	Agua residual
Caudal (l/s)	752,44
Altura geométrica (mca)	50,31
Altura manométrica (mca)	s/cálculos
Presión máxima admisible (mca)	100

Para el cálculo la conducción se ha dividido en cuatro tramos según el cuadro siguiente:

TRAMO	1	2	3	4
Material	Fundición dúctil con enchufe K=9 (UNE 19-021-91)	Fundición dúctil con enchufe K=9 (UNE 19-021-91)	Fundición dúctil con enchufe K=9 (UNE 19-021-91)	Fundición dúctil con enchufe K=9 (UNE 19-021-91)
Longitud (m)	1070,94	266,76	254,78	38,81
Diametro (m)	0,8066	0,8066	0,8066	0,8066
Espesor (m)	0,0131	0,0131	0,0131	0,0131
Rugosidad (mm)	0,03	0,03	0,03	0,03
Fricción	0	0	0	0
Modulo Young (MPa)	166770	166770	166770	166770
Cota Inicial (m)	0	6,68	15,72	48,96
Cota Final (m)	6,68	15,72	48,96	50,31
Celeridad (m/seg)	1147,349	1128,881	1134,93	1094,914

Se ha calculado con un calderín:

Calderín	
Altura(m)	4,74
Sección(m^2)	3,8

8.2.1 Presiones máximas y mínimas

Los resultados mostrados a continuación se han obtenido con la colocación de un calderín de 18.000 litros timbrado a una presión de 10 bar. Las condiciones iniciales del calderín han sido de 50 % de agua y de 50 % de aire. Con el dispositivo calculado los valores de presión máximos y mínimos son:

NODOS TRAMO 1	1	2	22	42	62
Presión máxima (m.c.a)	96,245	95,762	87,601	78,697	69,181
Instante (s.)	33,993	33,993	34,56	34,726	34,702
Presión mínima (m.c.a)	24,599	24,713	26,394	28,284	30,475
Instante (s.)	12,867	13,056	14,025	13,812	13,576

NODOS TRAMO 2	1	2	7	12	17
Presión máxima (m.c.a)	60,451	59,604	55,368	51,13	46,896
Instante (s.)	34,572	34,572	34,525	34,418	34,442
Presión mínima (m.c.a)	32,824	32,599	31,489	30,432	29,4
Instante (s.)	13,363	13,351	13,292	13,233	13,174

NODOS TRAMO 3	1	2	7	12	17
Presión máxima (m.c.a)	48,494	41,342	30,573	19,793	9,007
Instante (s.)	34,489	34,501	34,56	34,548	34,607
Presión mínima (m.c.a)	28,601	27,107	19,66	12,252	4,885
Instante (s.)	13,127	13,115	13,056	12,997	12,938

NODOS TRAMO 4	1	2	3	4
Presión máxima (m.c.a)	2,533	1,689	0,845	0
Instante (s.)	34,643	34,655	34,667	0
Presión mínima (m.c.a)	0,483	0,32	0,159	0
Instante (s.)	12,902	12,89	12,878	0

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS EN PUNTOS DEL PERFIL

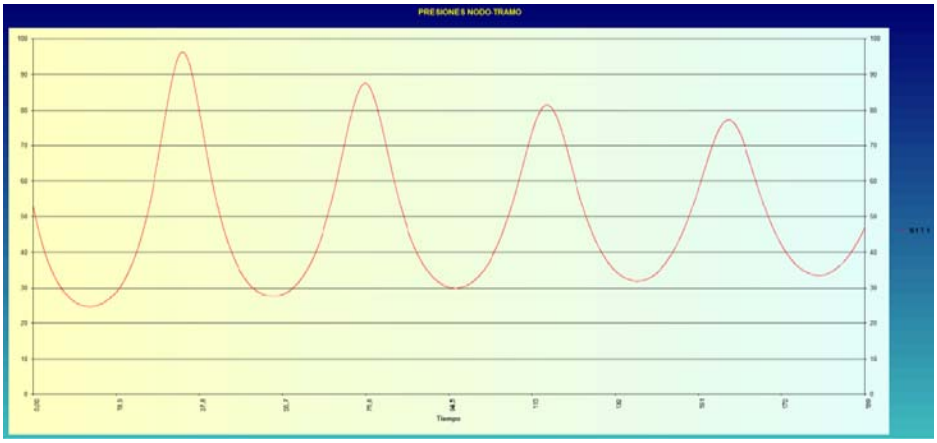
Longitud (m)	Cota (m)	P máx. (mca)	P mín. (mca)
0	0	96,2445	24,5985
20	0	95,6989	24,8886
210	0	91,0615	27,055
554	1	81,6754	31,2002
558	1	80,8076	30,4946
846	2	71,6274	33,7577
1019	5	63,7626	33,7505
1071	7	60,451	32,824
1117	7	58,9273	33,4555
1338	16	43,4939	28,6013
1365	16	42,4467	28,8752
1375	19	39,5556	26,4944
1549	44	8,5949	4,3271
1592	49	2,5331	0,4828
1631	50	0	0

8.2.2 Curva de distribución de presiones

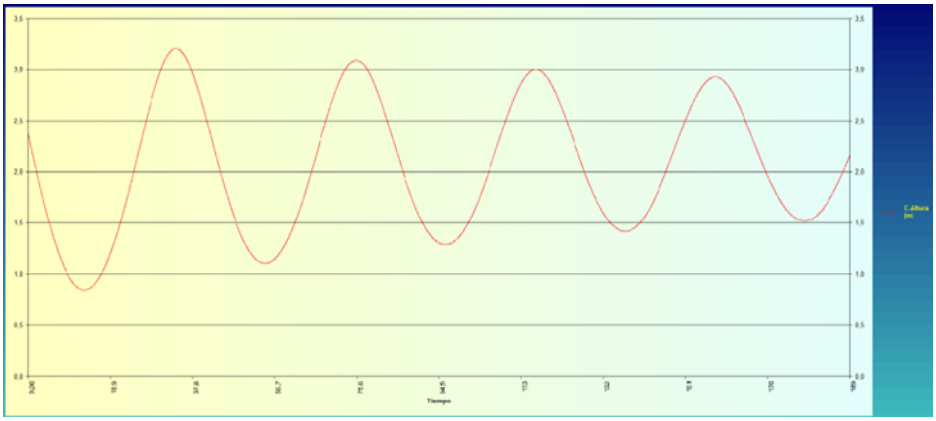


- **Línea roja superior** : Valores de presiones máximas
- **Línea roja inferior** : Valores de presiones mínimas
- **Línea azul** : Perfil de la conducción
- **Línea roja discontinua** : Límite de cavitación

8.2.3 Curva de atenuación de la onda de presión a lo largo del tiempo



8.2.4 Curva de nivel de agua



9 Cotas de inundabilidad de bombeos según el P.I.P.I.V.

Atendiendo a lo especificado en el "Plan Integral de Prevención de Inundaciones de la Comunidad Autónoma del País Vasco" y al trabajo de revisión del mismo que se realizó en abril de 2.004 "Estudio de Delimitación de Zonas Inundables de Núcleos de Población de las Cuencas Internas de la CAPV" por parte del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, se han consultado las cotas de inundación del río Oka para diferentes períodos de retorno en los emplazamientos de las estaciones de bombeo.

Así, para las estaciones de bombeo de Murueta-2, Murueta-3, Murueta-4 y Murueta-5 se ha obtenido que no se encuentran dentro de las superficies de inundación estimadas para el río Oka.