



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

ESTACIÓN DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE RIEGO

Autor: Javier Galindo Ráfales
Director: Iñigo Sanz Fernández

Madrid
Julio 2016

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

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

El autor D. JAVIER GALINDO RÁFALES

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: ESTACIÓN DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE RIEGO , que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

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

3º. Condiciones de la cesión y acceso

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

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

4º. Derechos del autor.

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

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

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

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

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

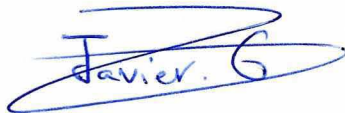
6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

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

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

Madrid, a __08__ de _____ Julio _____ de ____2016____

ACEPTA



Fdo. _____ Javier Galindo Ráfales _____

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

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título ESTACIÓN DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE RIEGO

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2º Máster es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Javier Galindo Ráfales

Fecha: 07/07/2016



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.:  Íñigo Sanz Fernández

Fecha: 07/07/2016

Vº Bº del Coordinador de Proyectos

Fdo.: José Ignacio Linares Hurtado

Fecha: 18/07/2016



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

ESTACIÓN DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE RIEGO

Autor: Javier Galindo Ráfales
Director: Iñigo Sanz Fernández

Madrid
Julio 2016

ESTACIÓN DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE RIEGO

Autor: Galindo Ráfales, Javier.

Director: Sanz Fernández, Iñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se desarrolla el diseño y la construcción de una estación de bombeo y una red de distribución de agua de riego. Las instalaciones se ubicarán en el término municipal de Fustiñana, Navarra. La estación de bombeo se ubicará a la altura del kilómetro 15 de la carretera autonómica NA-126, carretera que conecta las localidades de Tauste y Tudela.

La ubicación de las instalaciones proyectadas se encuentra dentro de las Bardenas Reales de Navarra. En esta zona el clima es semidesértico, con escasas precipitaciones casi siempre de carácter torrencial. La explotación de cultivos de regadío en esta zona requiere del almacenamiento y la canalización de los escasos recursos hídricos de los que se dispone.

El diseño y construcción de la estación de bombeo y la red de distribución de agua proyectadas, se realiza para permitir la implantación de cultivos de regadío. Los cultivos de regadío se implantarán en una serie de explotaciones agrícolas privadas donde actualmente se cultivan cultivos de secano. Los cultivos de regadío son más rentables económicamente que los cultivos de secano que se explotan actualmente en el área de ubicación de las instalaciones proyectadas. Con las instalaciones proyectadas se pretende conseguir una mayor rentabilidad económica para los propietarios de las explotaciones que formarán el área regable abastecida por esta instalación.

El punto de captación de la estación de bombeo es el Canal de Tauste, con una cota de 248 metros sobre el nivel del mar. La estación de bombeo impulsará el agua hasta un depósito de almacenamiento situado en Cabezo Espinoso, con una cota de 358 metros sobre el nivel del mar. La tubería que conectará la estación de bombeo con el depósito de almacenamiento discurrirá de forma paralela a un camino forestal que atraviesa el área regable. La tubería de impulsión recorrerá 2.476 metros con una diferencia de cotas de 110 metros.

El depósito de almacenamiento situado en Cabezo Espinoso será la cabecera de la red de distribución del agua de riego. El agua bombeada por la estación de bombeo se almacenará en el depósito y se distribuirá a las 29 parcelas de riego diseñadas, según sus necesidades hídricas y de acuerdo al sistema de turnos proyectado.

El área regable se ha organizado en parcelas de riego para poder realizar el diseño de la red de distribución de agua de riego de una forma eficiente. El área regable que se podrá abastecer con este proyecto es de 257,76 hectáreas.

Este área regable se ha dividido en 29 parcelas de riego tal y como se muestra en los planos del proyecto. Estas 29 parcelas se han organizado en 5 turnos de riego. El diseño de turnos de riego se ha realizado para poder hacer un diseño de la red de distribución y de la estación de bombeo lo más eficiente posible.

El diseño de las parcelas y los turnos de riego se ha realizado de manera que las parcelas regadas en un mismo turno tengan una cota geométrica semejante. Con un diseño que cumpla este criterio el sistema de riego de las explotaciones agrícolas podrá ser por goteros no compensantes. Aunque el sistema de riego de las parcelas queda fuera del alcance de este proyecto es importante conocer el sistema que se implantará, pues define los requisitos de presión en los nudos de demanda de la red de distribución proyectada. Con un sistema de riego por goteros no compensantes, el nivel de presión que se ha requerido en los nudos de demanda de la red de distribución es de 12 mca.

La demanda de agua del conjunto de las explotaciones agrícolas del área regable se ha determinado a partir de las necesidades de agua de los posibles cultivos a implantar. Los cultivos a implantar serán leguminosas y hortícolas. La demanda de agua diaria de estos cultivos para el conjunto de las explotaciones del área regable es de 14.087.937,32 litros.

A partir de la demanda diaria de agua se ha calculado el caudal de diseño de la estación de bombeo. Para determinar cuál es el caudal que mejor se ajustaba al criterio de diseño de mínimo coste del ciclo de vida de la instalación, se ha realizado un estudio comparando diversas alternativas. Los parámetros que se han ido variando en el estudio comparativo han sido: horas de funcionamiento de la estación de bombeo, material de la tubería de impulsión y diámetro de la tubería de impulsión. De las diversas opciones comparadas se han analizado las estimaciones de los dos costes más importantes en el ciclo de vida de una estación de bombeo: los costes de instalación y los costes energéticos. La opción analizada que mejor se ajustaba al criterio de mínimo coste del ciclo de vida de la instalación ha sido un caudal de diseño de 1.149,03 m³/h. Este caudal será trasegado por la estación de bombeo durante 12 h al día para abastecer la demanda de los cultivos del área regable. Del análisis comparativo resulta también la selección de la tubería de impulsión.

Conociendo el caudal de diseño se han diseñado los distintos elementos que componen la estación de bombeo. Se ha dimensionado la arqueta de impulsión con el programa informático PSD. Se ha seleccionado el modelo de bomba utilizando el programa informático ABSEL y realizando un estudio comparativo para seleccionar el modelo de bomba que minimizara el coste del ciclo de vida de la instalación. El modelo de bomba que se ajusta mejor a los requerimientos de caudal y altura es el modelo Z22-400/350-70 C344 de ABS. Se instalarán dos bombas en seco con sus correspondientes circuitos de manera totalmente independiente. De este modo, en caso de avería o mantenimiento la instalación podrá seguir abasteciendo de agua a los cultivos.

Las tuberías de la estación de bombeo serán de fundición, con un diámetro DN 400 en las tuberías de aspiración y con un DN 350 en las tuberías de descarga. Sobre las tuberías de aspiración y de descarga se montarán válvulas de cierre y de retención de la marca comercial AVK. Las dos tuberías de descarga se conectarán entre sí mediante un colector de impulsión y se conectarán a la tubería de impulsión con dos ampliaciones.

Las bombas serán accionadas por motores eléctricos modelo M5500/4-93 del fabricante ABS.

La tubería de impulsión tendrá un diámetro nominal DN 600 mm y será de hormigón en masa. Con este diámetro se consigue que la velocidad del flujo en la tubería sea de 1,13 m/s. La tubería de impulsión discurrirá soterrada durante su recorrido de 2.476 metros.

Las pérdidas de carga en la estación de bombeo y en la tubería de impulsión se han calculado para verificar el correcto funcionamiento de la estación de bombeo. Las pérdidas de carga se han calculado a mano y con el programa informático Pipe Calc de ABS. Las pérdidas de carga totales en la instalación son de 9,72 mca. La altura manométrica que resulta en la instalación es de 119,72 mca.

Se ha verificado que la instalación cumpliera el criterio de no cavitación. La altura neta positiva disponible tiene un valor de 6,9 mca, un valor muy superior a los 3,4 mca de altura neta positiva requerida por el modelo de bomba.

El depósito de almacenamiento ubicado en Cabezo Espinoso será la cabecera de la red de distribución de agua de riego. Este depósito permite que el funcionamiento de la red de distribución sea independiente del funcionamiento de la estación de bombeo. Al estar situado en una cota elevada permite que el riego de las parcelas se realice por gravedad. De este modo, la estación de bombeo simplemente bombea agua al depósito para su almacenamiento que la red de distribución irá utilizando de acuerdo a los turnos de riego y la demanda de las parcelas.

El diseño de la red de distribución de agua de riego se ha realizado utilizando el programa informático EPANET. El proceso de diseño de las conducciones de la red de distribución ha consistido en un método iterativo para conseguir que la velocidad en las conducciones y la presión en los puntos de consumo fueran adecuadas. Mediante una simulación de 24 horas de funcionamiento de la instalación se ha verificado el diseño de la red de tuberías para que cumpliera con los requisitos de velocidad en los conductos y presión en los nudos de demanda. Para realizar la simulación se han modelado todos los componentes de la instalación en el programa informático EPANET. El modelo resultante incluye 67 conexiones y 46 nudos de consumo. En la simulación se han incluido también los turnos de riego mediante patrones temporales en los nudos de demanda de las parcelas. El funcionamiento de la bomba se ha modelado también mediante su curva de trabajo y un patrón de tiempo.

El trazado de tuberías de la red de distribución diseñada tiene 19.497 m de longitud. Todo el trazado de tuberías de la red de distribución de agua de riego irá soterrado para permitir las labores en las parcelas de cultivo. Las tuberías instaladas son de polietileno de baja densidad para uso agrícola. Los tubos se han seleccionado entre las soluciones comerciales de la marca Plasex.

En cuanto a los aspectos económicos, el presupuesto del proyecto es de 1.529.537,02 €. Este es el presupuesto para la construcción e instalación de la estación de bombeo y la red de distribución de agua de riego.

Para el análisis de la viabilidad económica de este proyecto se han considerado además todos los costes que pueden aparecer en el ciclo de vida de la instalación, así como los ingresos que se generarían en las explotaciones agrícolas del área regable. Considerando lo anterior se concluye que el presente proyecto tiene un valor actual neto de 645.891,34 €. El periodo de recuperación de la inversión inicial es de 6,37 años. Por todo ello, el proyecto resulta atractivo a nivel económico para los propietarios de las explotaciones agrícolas donde se implantará.

PUMPING STATION AND IRRIGATION WATER DISTRIBUTION NETWORK

Author: Galindo Ráfales, Javier.

Director: Sanz Fernández, Iñigo.

Collaborating Entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

ABSTRACT

In the present project the design and construction of a pumping station and an irrigation water distribution system is developed. The facilities will locate in the township of Fustiñana, Navarra. The pumping station will locate close to the kilometre 15 of the autonomous road NA-126, road that connects the towns of Tauste and Tudela.

The location of the designed facilities is inside the Bardenas Reales de Navarra territory. In this location the climate is semidesertical, with few rains and almost every time with a torrential nature. The use of irrigated farming in this area demands the storage and scoring of the few hydrological resources that are available.

The design and construction of the designed pumping station and irrigation water distribution system is done in order to allow the implementation of irrigated crops. Irrigated farming will be implemented in some private farms where only rainfed crops are growing nowadays. Irrigated farms are more profitable than rainfed farms that are being cultivated in the location area of the planned facilities. With the designed facilities a higher profitability is hoped for the owners of the farms that integrate the irrigation area supplied by this facility.

The collection point of the pumping station is the Canal de Tauste, with a height of 248 meters above sea level. The pumping station will propel the water to a storage tank located in Cabezo Espinoso, with a height of 358 meters above sea level. The pipe that will connect the pumping station with the storage tank will run parallel to a forest road that crosses the irrigation area. The discharge pipe will cover 2.476 meters with a height difference of 110 meters.

The storage tank located in Cabezo Espinoso will be the headwaters of the irrigation water distribution system. The propelled water by the pumping station will be stored in the storage pump and distributed to the 29 irrigation plots. This irrigation plots have been designed according to their hydraulic needs and in compliance with the designed turns system.

The irrigation area has been organized in irrigation plots in order to design a distribution network in a more efficient way. The irrigation area that could be supplied with this project reaches 257,76 hectares.

The irrigation area is divided in 29 irrigation plots as it is shown in the plans of this project. These 29 plots have been organized in 5 irrigation turns. The design of irrigation turns has been designed in order to achieve a design of the distribution network and the pumping station as efficient as possible.

The design of the irrigation plots and the irrigation turns has been done for achieving a similar height in all the plots irrigated in the same turn. With a design in compliance with this criteria, a system with non-balancing droppers could be used in the irrigation system of the farms. Although the irrigation system of the farms is out of the scope of this project it is important to know the system that will be implemented, because it defines the pressure requirements in the demand knots of the designed distribution network. With a non-balancing droppers irrigation system, the pressure level required in the demand knots of the network is 12 meters water column.

The water demand for all the farms in the irrigation area has been determined from the water needs of possible crops. The crops likely to grow in the irrigation area are leguminous and vegetables. The daily water demand of these crops for the whole irrigation area reaches 14.087.937,32 litres.

From the daily water demand the design flow of the pumping station has been calculated. In order to determine which is the flow that fits better with the design criteria of minimum facilities life cycle cost, a study has been developed comparing several alternatives. The parameters analysed in the comparative study are: pumping station working hours, material of the discharge pipe and discharge pipe diameter. For all the options considered, the two more important costs of its life cycle have been analysed. Those costs analysed for the pumping station life cycle are: the cost of installation and energy costs. The analysed option that fit better to the minimum life cycle cost criteria is a design flow of 1.149,03 m³/h. This flow will be propelled by the pumping station during 12 hours per day in order to satisfy the demand of the crops of the irrigation area. From the comparative study results the selection of the discharge pipe diameter.

Once the design flow is known, the different components of the pumping station have been designed. The design of the pumping station well has been developed with the software PSD. The pump model has been selected using the software ABSEL and doing a comparative analysis in order to choose the pump model with a minimum life cycle cost for the facility. The pump model which fits better to the height and flow requirements is the pump Z22-400/350-70 C344 from ABS. Two identical pumps will be installed dry in two independent pipe loops. This way, in case of accident or maintenance the facility will be able to supply water to the farms.

Pipes in the pumping station will be made of smelting, with a diameter DN 400 in the collection pipes and with a DN 350 in the discharge pipes. The collection and discharge pipes will incorporate closing and retention valves of the commercial name AVK. The two discharge pipes will be connected through a discharge collector and will be connected to the discharge pipe through two enlargements.

Both pumps will be operated by two electric motors M5500/4-93 model of the commercial brand ABS.

The discharge pipe will have a nominal diameter DN 600 mm and will be made of mass concrete. With this diameter a water speed flow through the pipe of 1,13 m/s is achieved. The discharge pipe runs 2.476 meters underground.

Pressure drops in the pumping station and the discharge pipe have been calculated in order to assure the correct functioning of the pumping station. Pressure drops have been calculated using analytical formulations and also with the computer software Pipe Calc of ABS. Total pressure drops in the facility are 9,72 meters water column. The manometric height of the facility is 119,72 meters water column.

It has been verified that the facilities comply with the non-frothing criteria. The net positive height available has a value of 6,9 meters water column, a much higher value than the 3,4 meters water columns of net positive height required by the pump model.

The storage tank located in Cabezo Espinoso will be the headwaters of the irrigation water distribution network. This tank will allow the independent work of the distribution network and the pumping station. As being located in a great height, this tank allows that farms are irrigated by gravity. That way, the pumping station will simply propel water to the storage tank in order to be stored. The distribution network will make use of this water according to the irrigation turns and the water demand of farms.

The irrigation water distribution network has been designed using the software EPANET. The water pipes design process has been an iterative analysis to achieve adequate water flow speed and pressure in the consumption knots. Through a 24 hours simulation of the facilities work, the design of the pipes in the distribution network has been verified. The design must comply with the criteria of water flow speed in pipes and pressure in the demand knots. In order to develop the simulation, all elements of the designed facility have been modelled with EPANET. The resulting model of the network includes 67 connections and 46 demand knots. In the developed simulation irrigation turns have been included through patterns in the demand knots. The work of the pump has been modelled through its working curve and a temporal pattern.

The layout of pipes in the designed distribution network has 19.497 meters length. The layout of pipes in the irrigation water distribution network will run underground in order to allow operations in the farms. Pipes installed are made of low density polyethylene for agricultural usage. Pipes have been selected from the commercial offer of the brand Plasex.

Regarding economic aspects, the budget for this project is 1.529.537,02 €. This budget includes building and installing all components of the pumping station and the distribution network.

In the economic viability analysis of this project have been considered all costs that could appear in the life cycle of the facility. The estimated income that will be generated by the farms of the irrigation are have been considered also in this economic analysis. Taking all this into account it can be stated that this project has a net present value of 645.891,34 €. The payback period is 6,37 years. For all those reasons the project is attractive in economic terms for the land owners where the project will be implemented.

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

1. MEMORIA

- 1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA
- 1.2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS
- 1.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA
- 1.4 ANEJOS
- 1.5 INFORME DE MEDIDAS DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL
- 1.6 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
- 1.7 BIBLIOGRAFÍA

2. PLANOS

- 2.1 ÍNDICE DE PLANOS
- 2.2 PLANOS

3. PLIEGO DE CONDICIONES

- 3.1 DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES
- 3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS
- 3.3 CONDICIONES GENERALES
- 3.4 CONDICIONES PARTICULARES

4. PRESUPUESTO

- 4.1 MEDICIONES
- 4.2 PRECIOS UNITARIOS
- 4.3 SUMAS PARCIALES
- 4.4 RESUMEN DE CAPÍTULOS

1. MEMORIA

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1.1.1 ANTECEDENTES	11
1.1.2 OBJETO DEL PROYECTO	12
1.1.3 ALCANCE DEL PROYECTO	12
1.1.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	13
1.1.5 DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO	16
1.1.6 PARCELAS DE RIEGO	17
1.1.6.1 ÁREA REGABLE.....	17
1.1.6.2 SISTEMA DE RIEGO	17
1.1.6.3 DISEÑO DE LAS PARCELAS DE RIEGO.....	18
1.1.7 CAUDAL DE DISEÑO	21
1.1.7.1 NECESIDADES HÍDRICAS	21
1.1.7.2 HORAS DE FUNCIONAMIENTO	24
1.1.7.3 CAUDAL DE ENTRADA A LA ESTACIÓN DE BOMBEO.....	25
1.1.8 ALTURA MANOMÉTRICA.....	25
1.1.8.1 ALTURA GEODÉSICA	25
1.1.8.2 PÉRDIDAS DE CARGA	25
1.1.8.2.1 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	26
1.1.8.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO	26
1.1.9 ESTACIÓN DE BOMBEO	27
1.1.9.1 ARQUETA DE IMPULSIÓN	27
1.1.9.2 BOMBAS	28
1.1.9.2.1 SELECCIÓN DEL MODELO DE BOMBA	28
1.1.9.2.2 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN.....	31
1.1.9.2.3 POTENCIA REQUERIDA POR LA BOMBA	32
1.1.9.2.4 MOTOR ELÉCTRICO.....	33
1.1.9.2.5 CAVITACIÓN	34
1.1.9.3 CALDERERÍA.....	35
1.1.9.3.1 TUBERÍAS.....	35
1.1.9.3.2 VÁLVULAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO.....	37
1.1.9.3.3 ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO	39
1.1.9.3.4 VÁLVULAS DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN.....	40
1.1.9.4 INSTRUMENTACIÓN.....	41
1.1.9.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	42

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

1.1.9.5.1 POTENCIA INSTALADA EN LA ACOMETIDA.....	42
1.1.9.5.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	43
1.1.9.5.3 CUADRO DE BAJA TENSIÓN.....	43
1.1.10 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	44
1.1.10.1 SISTEMA DE RIEGO DE LAS PARCELAS	44
1.1.10.2 TRAZADO DE LA RED DE TUBERÍAS	46
1.1.10.3 COTAS Y CONSUMOS DE CADA NUDO DE CONSUMO	47
1.1.10.4 TURNOS DE RIEGO.....	49
1.1.10.5 TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	52
1.1.10.6 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO	59
1.1.11 PLAZO DE EJECUCIÓN Y GARANTÍA	59
1.1.12 RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	59

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Emplazamiento de la estación de bombeo	13
Ilustración 2: Mapa topográfico	14
Ilustración 3: Ubicación de la estación de bombeo y del depósito de almacenamiento.	14
Ilustración 4: Trazado de la tubería de impulsión	15
Ilustración 5: Área disponible para el depósito de almacenamiento	15
Ilustración 6: Diseño de una parcela de riego.....	18
Ilustración 7: Diseño de las parcelas de riego	19
Ilustración 8: Numeración y dimensiones de las parcelas de riego.....	20
Ilustración 9: Bomba Z22-400/350-70 C344.....	30
Ilustración 10: Curva de funcionamiento de la bomba C344 obtenida del programa ABSEL	30
Ilustración 11: Esquema de la estación de bombeo.....	31
Ilustración 12: Curvas de funcionamiento del motor M5500/4-93	33
Ilustración 13: Tubería de hormigón en masa DN 600 Gadea Hermanos.....	36
Ilustración 14: Válvula anti-retorno AVK.....	38
Ilustración 15: Válvula de corte AVK.....	39
Ilustración 16: Puntos de consumo en una parcela de riego.....	45
Ilustración 17: Trazado de la red de distribución de agua de riego en el programa informático EPANET. Elaboración propia.....	46
Ilustración 18: Velocidad y presión en el sector de riego 1 obtenidas con EPANET. Elaboración propia.....	53
Ilustración 19: Tuberías sector de riego 2	54
Ilustración 20: Velocidad y presión en el sector de riego 2 obtenidas con EPANET. Elaboración propia.....	55
Ilustración 21: Velocidad y presión en el sector de riego 3 obtenidas con EPANET. Elaboración propia.....	56
Ilustración 22: Velocidad y presión en el sector de riego 4 obtenidas con EPANET. Elaboración propia.....	57
Ilustración 23: Velocidad y presión en el sector de riego 5 obtenidas con EPANET. Elaboración propia.....	58

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Demanda de agua por meses	16
Tabla 2: Dotaciones de los cultivos	22
Tabla 3: Necesidades hídricas diarias de cada parcela	23
Tabla 4: Horas de funcionamiento de la estación de bombeo	24
Tabla 5: Características de la arqueta de impulsión	28
Tabla 6: Análisis selección de bomba + acoplamiento	29
Tabla 7: Características técnicas del modelo de bomba C344	30
Tabla 8: Tuberías de captación	35
Tabla 9: Potencia instalada en la estación de bombeo	42
Tabla 10: Demanda y cota geométrica de los nudos de consumo	48
Tabla 11: Parcelas de riego del Sector 1	49
Tabla 12: Parcelas de riego del Sector 2	50
Tabla 13: Parcelas de riego del Sector 3	50
Tabla 14: Parcelas de riego del Sector 4	51
Tabla 15: Parcelas de riego del Sector 5	51
Tabla 16: Esquema temporal de los turnos de riego.....	52
Tabla 17: Tuberías sector de riego 1	53
Tabla 18: Tuberías sector de riego 3	55
Tabla 19: Tuberías del sector de riego 4.....	57
Tabla 20: Tuberías del sector de riego 5.....	58

1.1.1 ANTECEDENTES

La región de las Bardenas Reales de Navarra se caracteriza por un clima semidesértico.

Este clima está caracterizado por unas muy bajas precipitaciones, que se producen de manera torrencial en las estaciones de primavera y otoño. Todo ello supone una larga estación seca, que dificulta la aparición de vegetación y el desarrollo de cultivos agrícolas.

En el año 1988 el Instituto del Suelo y Concentración Parcelaria de Navarra realizó un estudio sobre el suelo de la región de las Bardenas Reales de Navarra¹. De dicho estudio se desprende la escasez de recursos hídricos naturales que puedan ser aprovechados para la actividad agrícola. Por este motivo el hombre ha venido construyendo diversos embalses para almacenar agua de uso agrícola y ganadero. Como ejemplo cabe citar el embalse del Ferial, el cual se llena con aguas que proceden del embalse de Yesa.

La cercanía del río Ebro y su red de canales y acequias ha sido una fuente de recursos hídricos para esta región. Son numerosas las explotaciones agrícolas y ganaderas dentro de la región de las Bardenas Reales de Navarra que utilizan el agua del Ebro y sus afluentes.

Una de las principales actividades económicas de la región de la Ribera de Navarra es el cultivo de verduras y hortalizas. Esta actividad puede desarrollarse gracias a los abundantes recursos hídricos que proporciona el río Ebro y sus afluentes. Son muy importantes para llevar el agua hasta las zonas de cultivo los diversos canales del río Ebro, entre los que cabe citar el Canal Imperial de Aragón, el Canal de Tauste y los canales de Bardenas I y II. En concreto el Canal de Tauste toma sus aguas del río Ebro en la villa de Cabanillas, unos cuatro kilómetros aguas arriba de la toma de agua del Canal Imperial de Aragón. El caudal que transporta este canal es de 12,5 m³/s en su origen y discurre paralelamente al Ebro a lo largo de 44 kilómetros.

Numerosas explotaciones agrícolas de esta región utilizan agua de riego proveniente de los canales del Ebro. La tipología más usual en la zona consiste en el bombeo desde alguno de los canales hasta un depósito o balsa situada en una zona elevada. El agua es almacenada en los depósitos o balsas y se utiliza según las necesidades hídricas de los cultivos. Es importante que los depósitos o balsas estén a una cota elevada, pues esto permite que se riegue por gravedad. Una diferencia de cotas de 25 m se suele considerar suficiente para poder regar por gravedad. Esto evita que se necesite un equipo de presión para la mayoría de los sistemas de riego. La orografía del terreno facilita este tipo de instalaciones, debido al abundante número de cerros y mesetas.

¹ Estudio sobre el suelo de la región de las Bardenas Reales:
http://www.bardenasreales.es/bardenareales_d.htm

1.1.2 OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de una estación de bombeo y una red de distribución de agua para el riego de un área de cultivo agrícola. La citada estación de bombeo impulsará el agua desde el Canal de Tauste hasta una cota elevada, Cabezo Espinoso, donde se ubicará un depósito para su almacenamiento.

Del citado depósito situado en Cabezo Espinoso se distribuirá una red de tuberías que abastecerá de agua a las distintas parcelas de riego, que se encontrarán distribuidas por el área regable.

Con el diseño de la citada estación de bombeo y de la red de distribución se pretende poder alimentar sistemas de riego para las explotaciones agrícolas situadas en la zona. Con los sistemas de riego adecuados se podrá convertir un conjunto de explotaciones agrícolas actualmente dedicadas a cultivos de secano, a cultivos de hortalizas y frutales más rentables económicamente. Es importante que la solución diseñada sea lo más rentable posible a lo largo de su ciclo de vida, para buscar la rentabilidad económica de las citadas explotaciones.

1.1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

Este proyecto persigue el diseño de la estación de bombeo que impulsará el agua hasta un depósito en una cota elevada, la tubería de impulsión y el depósito de almacenamiento del agua de riego. Esto constituirá la primera fase del proyecto. Una vez dimensionados estos tres elementos, se procederá a dimensionar la red de tuberías que alimentarán los sistemas de riego de cada una de las parcelas del área regable. Los sistemas de riego que puedan diseñarse para utilizar el agua llevada hasta las parcelas (aspersores, goteos, pívots...) no entran dentro del alcance de este proyecto. Del mismo modo, las necesidades de agua de los posibles cultivos a implantar, dato relevante para determinar el caudal a impulsar por la estación de bombeo, se han estimado a partir de estudios realizados por expertos en la materia.

Respecto al diseño de la estación de bombeo se determinará el caudal de diseño que, cumpliendo con el objetivo de abastecer a las explotaciones agrícolas, minimice todos los costes asociados a la estación de bombeo a lo largo de su ciclo de vida completo. A partir del mismo se determinará el número y el tipo de bombas a instalar. También se realizará el dimensionamiento de la arqueta de captación de agua, así como de los sistemas de control y regulación de la instalación.

La tubería de impulsión, los accesorios necesarios y el depósito de almacenamiento de agua en la cota elevada también serán dimensionados para cumplir con el correcto funcionamiento de la instalación y un coste económico lo más bajo posible.

En cuanto a la red de distribución del agua de riego desde el depósito situado en Cabezo Espinoso hasta las parcelas, su diseño se realizará teniendo en cuenta las necesidades de presión y caudal que los sistemas de riego que se pudiesen implantar necesiten. Para ello se organizarán las parcelas en turnos de riego y se dimensionarán las tuberías tratando de minimizar las pérdidas de carga.

En el proyecto no se realizarán los cálculos estructurales de las construcciones que se realicen, de la arqueta de impulsión ni del depósito de almacenamiento del agua de riego, aunque se considerarán las normativas vigentes al respecto. Lo mismo ocurre con los cálculos de resistencia mecánica de las conducciones.

El proyecto también incluirá un estudio de impacto ambiental, donde se incluirá un informe de medidas protectoras del medio ambiente.

Del mismo modo se incluirá en el proyecto un estudio de seguridad y salud laboral, que establecerá las medidas necesarias para evitar accidentes laborales durante los trabajos a realizar.

1.1.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El emplazamiento del proyecto se encuentra en el término municipal de Fustiñana (Navarra). La estación de bombeo se ubicará junto a la carretera autonómica NA-126, que une las localidades de Tudela y Tauste, a la altura del kilómetro 15. El área regable se encuentra dentro del territorio de las Bardenas Reales de Navarra. El Canal de Tauste, punto de captación de la estación de bombeo, pertenece a la cuenca hidrográfica del río Ebro.

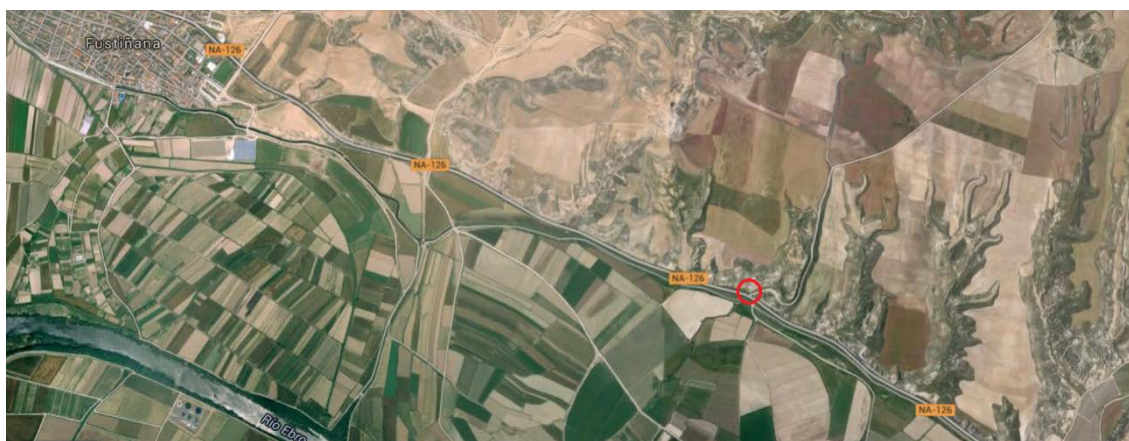


Ilustración 1: Emplazamiento de la estación de bombeo

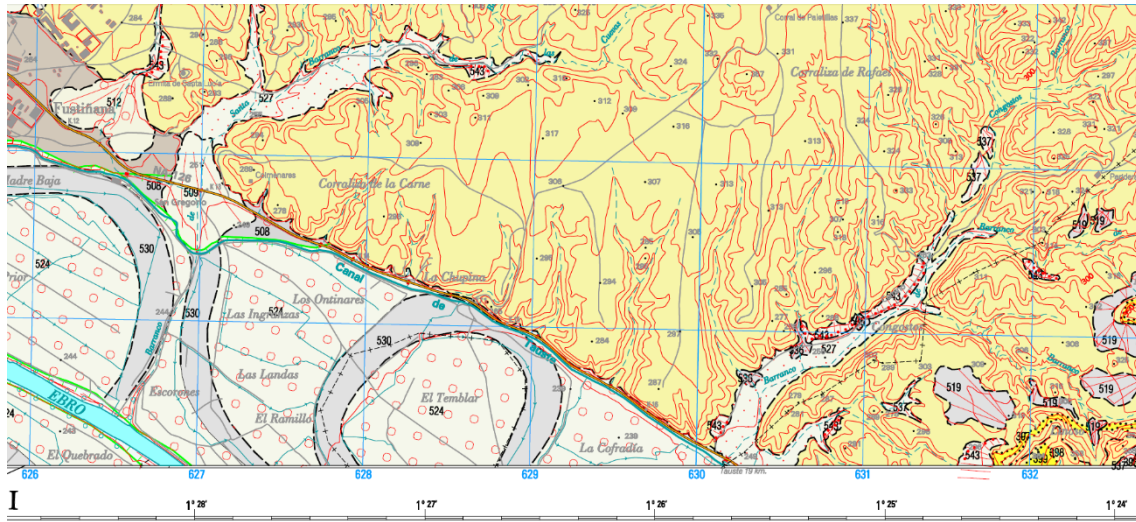


Ilustración 2: Mapa topográfico

La tubería de impulsión discurrirá paralela a un camino forestal, recorriendo 2.476 metros con un desnivel de 110 metros. El Canal de Tauste se encuentra a una cota respecto al nivel del mar de 248 metros. El camino forestal llega hasta el Cabezo Espinoso, donde se ubicará el depósito de almacenamiento del agua de riego.

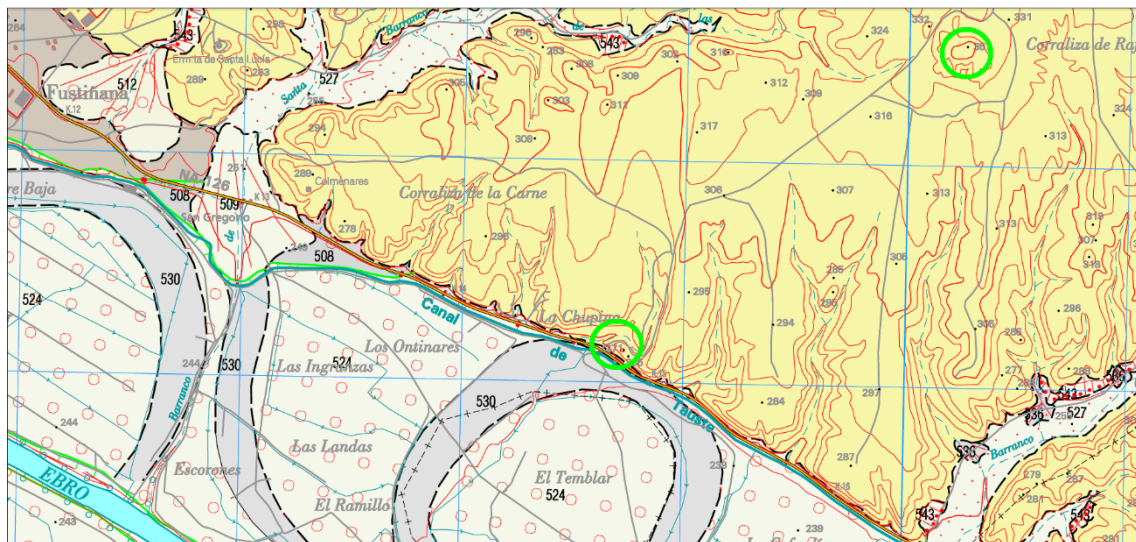


Ilustración 3: Ubicación de la estación de bombeo y del depósito de almacenamiento



Ilustración 4: Trazado de la tubería de impulsión

El Cabezo Espinoso está situado a una cota sobre el nivel del mar de 358 metros. El área libre del cabezo, donde se podría instalar el depósito de almacenamiento, es de 250 metros cuadrados.

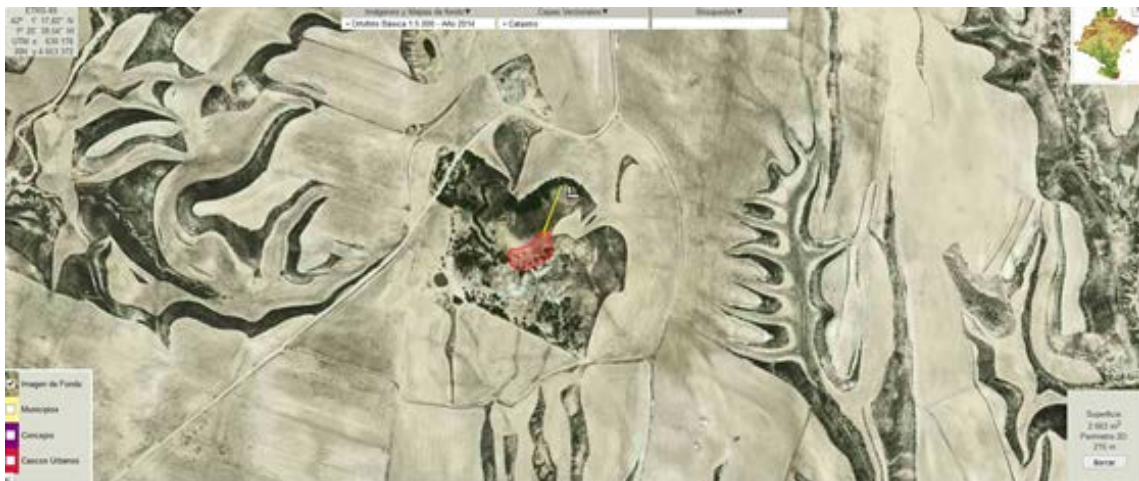


Ilustración 5: Área disponible para el depósito de almacenamiento

Con respecto a la red de distribución de agua de riego, tendrá que cubrir un área regable de 257,76 hectáreas. Esta área regable tendrá que ser dividida en parcelas de riego, que tendrán que ser alimentadas por tuberías procedentes del depósito situado en Cabezo Espinoso.

1.1.5 DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es diseñar una estación de bombeo y una red de distribución que satisfagan las necesidades hídricas de los nuevos cultivos a implantar en el área regable.

Los datos de partida para conocer la demanda de agua que debe satisfacer la estación de bombeo, son la superficie del área regable y el consumo de agua de los cultivos que se pretenden implantar:

- La superficie del área regable es de 257,76 hectáreas.
- El consumo de agua de los distintos cultivos a implantar se recoge en la siguiente tabla, siendo medido en litros por metro cuadrado en cada uno de los meses del año.

Mes	Demanda de agua (l/m2)
Enero	0,0
Febrero	0,0
Marzo	27,5
Abril	36,2
Mayo	61,0
Junio	16,3
Julio	139,1
Agosto	133,6
Septiembre	82,0
Octubre	33,0
Noviembre	0,0
Diciembre	0,0

Tabla 1: Demanda de agua por meses

Otros datos básicos para el diseño de la estación de bombeo son:

- Una altura geométrica entre la estación de bombeo y el depósito de almacenamiento de 110 metros.
- Una longitud de la tubería de impulsión de 2.476 metros para unir la estación de bombeo con el depósito de almacenamiento de agua.

1.1.6 PARCELAS DE RIEGO

El diseño y distribución de parcelas de riego en el área de cultivo donde se está desarrollando este proyecto es el punto de partida para el diseño de las instalaciones. Conociendo la distribución y ubicación de las parcelas se podrá diseñar la red de distribución del agua de riego, que abastecerá a las parcelas desde el depósito de almacenamiento. Por otro lado, al conocer el número de parcelas y su área exacta se podrá conocer la demanda total de agua que tendrá que suministrar la instalación.

En el diseño de las parcelas de riego se han tenido en cuenta los siguientes condicionantes:

- Aprovechar el máximo posible de tierra de cultivo disponible.
- El sistema de riego que se utiliza en el cultivo de hortalizas.
- Facilitar un diseño eficiente de las instalaciones de bombeo y distribución del agua de riego.

1.1.6.1 ÁREA REGABLE

El primer paso para determinar el diseño de las parcelas de riego es conocer el área regable donde pueden distribuirse. Como se ha comentado anteriormente, el diseño de las parcelas de riego persigue aprovechar el máximo posible del terreno de cultivo disponible.

El área de terreno útil para el cultivo que se ha conseguido cubrir con las parcelas de riego proyectadas es de 257,76 Ha, equivalentes a 2.577.600 m². Esta superficie aprovechable para el cultivo se ha conseguido dimensionando las parcelas acorde con la orografía del terreno. Esta superficie de cultivo aprovecha bastante bien el terreno que dejan libres los barrancos y mesetas que aparecen en el paisaje de las Bardenas Reales de Navarra.

1.1.6.2 SISTEMA DE RIEGO

Los cultivos de regadío más frecuentes en la zona de la rivera de Navarra, donde se ubica este proyecto, son el guisante, la remolacha, la coliflor o el brócoli. Cualquiera de estos cultivos se riega mediante sistemas de goteros. Por tanto, el sistema de riego elegido para el riego de las parcelas será el riego por goteros.

Existen dos tipos de sistemas de goteros en el mercado: los goteros no compensantes y los goteros autocompensantes. Los primeros son una opción mucho más económica y requieren solamente una altura de 12 mca para funcionar correctamente. Sin embargo, solamente se pueden implementar en redes de riego donde los puntos de consumo tengan una cota similar y demanden unos caudales semejantes. Por otro lado, los goteros autocompensantes resultan más caros y necesitan una altura de 40 mca en los puntos de consumo para un correcto funcionamiento. Es necesaria su utilización cuando los puntos de consumo no cumplen las condiciones expuestas anteriormente.

Con el diseño de las parcelas de riego que se expone en el apartado siguiente se ha conseguido utilizar solamente goteros no compensantes. Las dimensiones de las parcelas de riego para goteros no compensantes se muestran en la siguiente Ilustración:

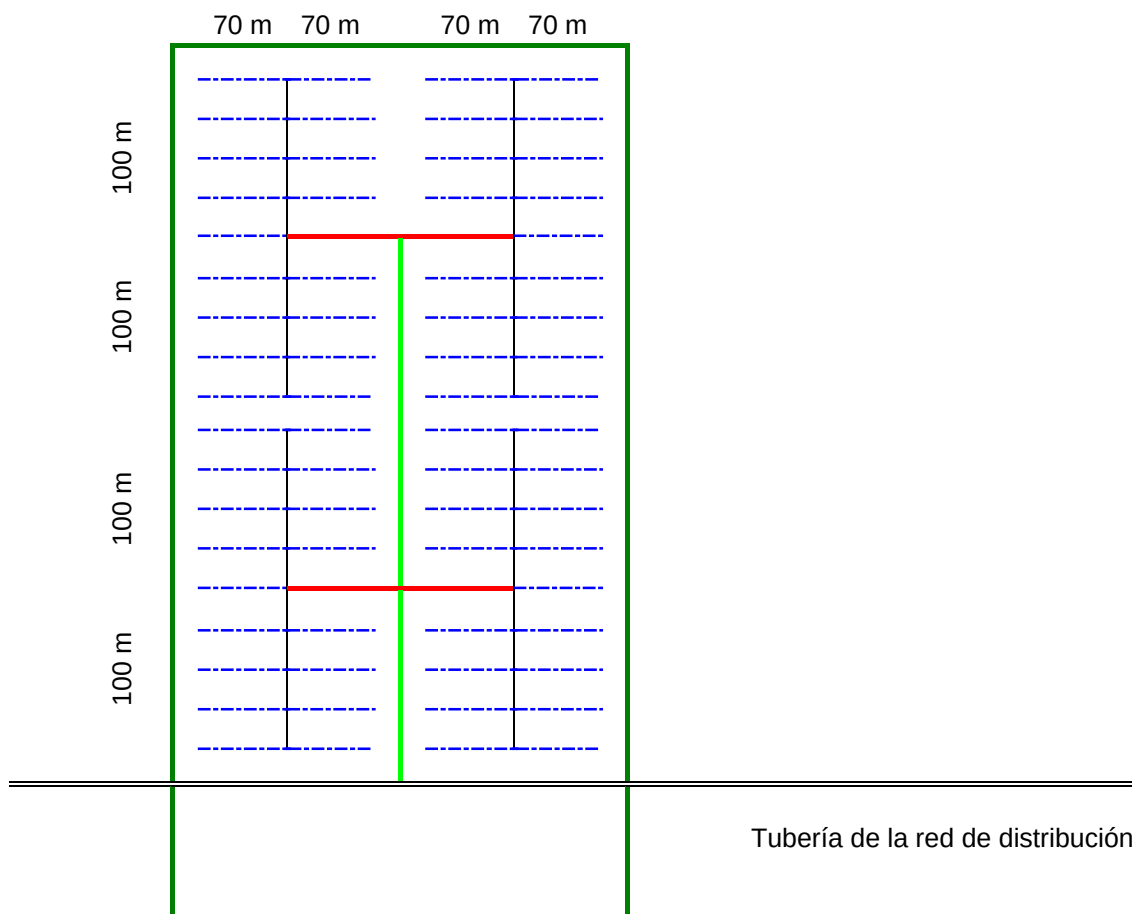


Ilustración 6: Diseño de una parcela de riego

Como se observa en la Ilustración 6, el tamaño estándar de las parcelas de riego utilizando goteros no compensantes es de 400 m de longitud por 280 m de anchura. Para conseguir aprovechar al máximo el terreno de cultivo disponible, se puede diseñar parcelas de la mitad de área, con una longitud de 200 m y una anchura de 280 m. También se pueden incrementar las dimensiones de las parcelas de riego, pudiéndose diseñar parcelas de 500 m de longitud y 320 m de anchura como máximo.

1.1.6.3 DISEÑO DE LAS PARCELAS DE RIEGO

A partir del terreno de cultivo disponible para distribuir las parcelas y conociendo las dimensiones apropiadas para una parcela de riego por goteros no compensantes se han diseñado las parcelas.

El diseño de las distintas parcelas de riego será muy importante para el posterior diseño de los turnos de riego que se explicarán en los apartados correspondientes a la red de distribución. Ha sido importante el dimensionado de parcelas que pudieran agruparse en turnos de riego y que tuvieran unas cotas máximas similares. De este modo se podrá realizar un diseño de la red de distribución más eficiente y se podrán utilizar goteros no compensantes.

El diseño de las parcelas es el que se muestra a continuación:



Ilustración 7: Diseño de las parcelas de riego

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

La numeración y las dimensiones de cada una de las parcelas que integran el área regable se recogen en la siguiente tabla:

Parcela	Dimensiones (m)
1	200x280
2	480x320
3	200x280
4	200x280
5	200x280
6	200x280
7	200x280
8	400x280
9	400x280
10	400x280
11	400x280
12	400x280
13	400x280
14	200x280
15	400x280
16	400x280
17	400x280
18	400x280
19	400x280
20	200x280
21	400x320
22	200x280
23	200x280
24	200x280
25	400x280
26	200x280
27	400x280
28	400x280
29	400x280

Ilustración 8: Numeración y dimensiones de las parcelas de riego

1.1.7 CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño es el caudal que trasegará la estación de bombeo desde el Canal de Tauste hasta el depósito de almacenamiento situado en Cabezo Espinoso. El caudal de diseño es uno de los parámetros clave para el diseño de la estación de bombeo. Será relevante a la hora de seleccionar la bomba de la instalación y la tubería de impulsión, que conectará la estación de bombeo con el depósito de almacenamiento.

El caudal de diseño se ha calculado para que el coste del ciclo de vida de la instalación (LCC) resulte el mínimo posible. Se ha realizado un proceso iterativo en el que se han considerado diversas opciones de caudal de funcionamiento de la instalación. Para cada opción de caudal se han considerado diferentes opciones de tubería. Se ha calculado el coste de la instalación necesaria en cada una de las opciones y el coste energético que tendría cada opción a lo largo de su ciclo de vida. El proceso de cálculo detallado se puede consultar en el apartado 1.2.2 del documento Cálculos Justificativos.

Del cálculo del caudal de diseño que resulta óptimo para la instalación se obtiene también la opción de tubería de impulsión más adecuada para esta instalación. Las características de la tubería de impulsión y sus detalles constructivos pueden consultarse en el apartado 1.1.9.3.1.2 de este documento y en el Plano N° 15 de este proyecto.

En los siguientes apartados se recogen los parámetros fundamentales que han resultado del proceso de cálculo y han servido para obtener el caudal de diseño. Los cálculos pormenorizados y los análisis que se han desarrollado se pueden consultar en el apartado 1.2.2 del documento Cálculos Justificativos.

1.1.7.1 NECESIDADES HÍDRICAS

Las necesidades hídricas de las explotaciones agrícolas serán la demanda de agua que la instalación que se está diseñando tendrá que satisfacer. Estas necesidades hídricas se han calculado considerando las dotaciones de los cultivos que se prevé se implanten en las parcelas de riego que se han diseñado previamente.

Entre los tipos de hortalizas más habituales en la ubicación geográfica del proyecto, los cultivos que se han considerado en este proyecto son los guisantes y el brócoli. Se han seleccionado estos dos tipos de hortaliza para poder compaginar su cultivo a lo largo del año. Es una práctica habitual en las explotaciones agrícolas de regadío que permite amortizar la inversión realizada mucho más rápidamente. Las dotaciones de estos tipos de cultivo para cada uno de los meses del año se muestran en la siguiente tabla:

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

	Guisante (l/m2)	Brócoli (l/m2)
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	27,5	0
Abril	36,2	0
Mayo	61	0
Junio	0	16,3
Julio	0	139,1
Agosto	0	133,6
Septiembre	0	82
Octubre	0	33
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0

Tabla 2: Dotaciones de los cultivos

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Con estas dotaciones de los cultivos a implantar, se tienen las siguientes demandas de agua en cada una de las parcelas de riego proyectadas. La demanda de agua corresponde al mes de julio, que es el que se utilizará para el diseño de las instalaciones objeto del proyecto.

Parcela	Dimensiones (m)	Área (m2)	Demanda diaria (l)
1	200x280	56.000	299.561,24
2	480x320	153.600	821.653,70
3	200x280	56.000	299.561,24
4	200x280	56.000	299.561,24
5	200x280	56.000	299.561,24
6	200x280	56.000	299.561,24
7	200x280	56.000	299.561,24
8	400x280	112.000	599.122,49
9	400x280	112.000	599.122,49
10	400x280	112.000	599.122,49
11	400x280	112.000	599.122,49
12	400x280	112.000	599.122,49
13	400x280	112.000	599.122,49
14	200x280	56.000	299.561,24
15	400x280	112.000	599.122,49
16	400x280	112.000	599.122,49
17	400x280	112.000	599.122,49
18	400x280	112.000	599.122,49
19	400x280	112.000	599.122,49
20	200x280	56.000	299.561,24
21	400x320	128.000	684.711,41
22	200x280	56.000	299.561,24
23	200x280	56.000	299.561,24
24	200x280	56.000	299.561,24
25	400x280	112.000	599.122,49
26	200x280	56.000	299.561,24
27	400x280	112.000	599.122,49
28	400x280	112.000	599.122,49
29	400x280	112.000	599.122,49

Tabla 3: Necesidades hídricas diarias de cada parcela

La demanda de agua que tendrá que impulsar diariamente la estación de bombeo es de 14.087.937,32 litros.

Como se explicó en el apartado 1.2.2 del documento Cálculos Justificativos, el caudal de diseño se ha obtenido con las necesidades hídricas del mes más desfavorable. Se ha considerado julio como el mes más desfavorable, pues es aquel en el que las necesidades hídricas son mayores. El diseño de la estación de bombeo y la red de distribución de agua de riego se han calculado para el este escenario, dado que es el más desfavorable.

1.1.7.2 HORAS DE FUNCIONAMIENTO

Junto con el volumen de agua que constituye las necesidades hídricas de los cultivos, las horas de funcionamiento de la estación de bombeo son los parámetros que definen el caudal de diseño de la misma.

La elección del número horas que la estación de bombeo debe funcionar diariamente para bombear las necesidades hídricas, calculadas en el apartado anterior, es el resultado de un análisis comparativo entre diferentes alternativas. En el análisis se comprobaba cual era el número de horas de funcionamiento, junto con el tipo de tubería para la impulsión, que conseguía unos menores costes para la instalación y la energía consumida. El desarrollo completo de este análisis se puede consultar en el apartado 1.2.2 del apartado Cálculos Justificativos de esta memoria.

La opción que menores costes para el ciclo de vida de la instalación conseguirá es la de 12 horas de funcionamiento diario de la estación de bombeo. Estas horas de funcionamiento son las que se utilizarán para el diseño de toda la instalación. Se utiliza este número de horas pues el análisis de alternativas comentado anteriormente se ha realizado también teniendo en cuenta la hipótesis de cálculo en mes más desfavorable.

En el resto de meses del año, cuando las necesidades hídricas de los cultivos sean menores, se reducirá el número de horas de funcionamiento de la estación de bombeo. Este modo de funcionamiento es una ventaja pues no requiere variar el punto de funcionamiento de la estación de bombeo, lo cual requeriría un variador de velocidad que incrementaría los costes de instalación. Al disponer de un depósito elevado en la cabecera de la red de distribución se puede gestionar el consumo en las distintas parcelas de manera independiente de la estación de bombeo.

El número de horas de funcionamiento de la estación de bombeo para los distintos meses del año se recoge en la siguiente tabla:

Mes	Horas de funcionamiento diarias
Enero	0
Febrero	0
Marzo	2
Abril	3
Mayo	5
Junio	1
Julio	12
Agosto	12
Septiembre	7
Octubre	3
Noviembre	0
Diciembre	0

Tabla 4: Horas de funcionamiento de la estación de bombeo

1.1.7.3 CAUDAL DE ENTRADA A LA ESTACIÓN DE BOMBEO

Se conocen las necesidades diarias de los cultivos implantados en el área regable (14.087.937,32 l) y las horas durante las que la estación de bombeo impulsará el agua (12 h). Con estos dos parámetros el caudal que trasegará la estación de bombeo es de 1.149.031,34 l/h o 1.149,03 m³/h.

Este será el caudal trasegado por la estación de bombeo durante todos los meses del año. En los meses de menor demanda de agua de los cultivos, el parámetro que variará serán las horas de funcionamiento de la instalación tal y como se ha explicitado en la Tabla 4.

1.1.8 ALTURA MANOMÉTRICA

La altura manométrica es, junto con el caudal trasegado, uno de los parámetros que definen el punto de funcionamiento de una estación de bombeo. Es imprescindible conocer el punto de funcionamiento para poder seleccionar las bombas que se instalarán en la estación de bombeo.

La altura manométrica es la suma de la altura geodésica que tiene que vencer la instalación y las pérdidas de carga que se producen en la misma.

El proceso de cálculo detallado de la altura manométrica se encuentra en el apartado 1.2.5.2 del documento Cálculos Justificativos.

1.1.8.1 ALTURA GEODÉSICA

La altura geodésica se define como la diferencia de cotas entre el punto de captación y el punto al que se bombea el agua de riego.

Para el caso particular que ocupa a este proyecto, el punto de captación se encuentra en la arqueta de impulsión. La arqueta se encuentra junto al Canal de Tauste, a una cota de 248 m sobre el nivel del mar. El punto al que se bombea el agua es el depósito de almacenamiento. Este depósito se encuentra en lo alto del Cabezo Espinoso, a una cota de 358 m sobre el nivel del mar.

La altura geodésica que debe vencer la estación de bombeo es de 110 m.

1.1.8.2 PÉRDIDAS DE CARGA

Las pérdidas de carga en tuberías o conductos son la pérdida de presión que experimenta el fluido como consecuencia de la fricción y del choque contra las paredes de las tuberías o conductos.

Las pérdidas de carga que se han considerado en la instalación son tanto pérdidas de carga primarias como secundarias. Las pérdidas de carga primarias son aquellas generadas por la fricción del fluido contra las paredes de la tubería o conducción. Por otro lado, las pérdidas de carga secundarias son las que se producen por las turbulencias generadas en los accesorios de la instalación. Los modelos de cálculo utilizados para calcular las pérdidas de carga se han explicado en el apartado 1.2.4 del documento Memoria descriptiva.

1.1.8.2.1 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

En la tubería que conecta la estación de bombeo con el depósito de almacenamiento se producen pérdidas de carga primarias y pérdidas de carga secundarias.

Las pérdidas de carga primarias en la tubería de impulsión son bastante más relevantes que las secundarias. Esto es así porque la tubería de impulsión tiene una gran longitud pero con un trazado poco sinuoso. La tubería de impulsión incorporará una válvula anti-retorno y una válvula de cierre que generarán pérdidas secundarias.

Las pérdidas primarias que se generan en la tubería de impulsión: 7,87 mca.

Las pérdidas de carga secundarias que se generan en la tubería de impulsión: 0,097 mca.

Como se indica en el apartado 1.2.4.1.3 de los Cálculos justificativos, las pérdidas de carga totales en la tubería de impulsión son: 7,97 mca.

1.1.8.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO

En la estación de bombeo se tendrán pérdidas de carga primarias y secundarias. Las pérdidas de carga secundarias tendrán más relevancia por la cantidad de accidentes y accesorios que estarán presentes en la instalación.

Las pérdidas de carga totales en la estación de bombeo son: 1,75 mca.

El cálculo se encuentra desarrollado en el apartado 1.2.4.2 de los Cálculos justificativos.

La suma de las pérdidas de carga que se producen en los distintos elementos de la instalación y la altura geodésica de la misma constituye la altura manométrica. Esta altura será la que tenga que proporcionar la estación de bombeo para cumplir con su función.

Como se recoge en el apartado 1.2.5.2 de los Cálculos justificativos, la altura manométrica de la instalación es de 119,72 mca.

1.1.9 ESTACIÓN DE BOMBEO

La estación de bombeo que se ha proyectado estará instalada dentro de un edificio para su protección de los elementos atmosféricos y de un posible robo o vandalismo.

La estación de bombeo consta de dos equipos de bombeo totalmente independientes. Durante el funcionamiento normal de la estación de bombeo solamente operará uno de los grupos. Se ha proyectado el segundo de los grupos para asegurar el funcionamiento de la instalación en caso de fallo u accidente o durante las operaciones de mantenimiento.

La estación de bombeo está constituida por la arqueta de impulsión, los grupos de bombeo, el colector de impulsión y la tubería de impulsión que llevará el agua hasta el depósito de almacenamiento. Por supuesto, la estación de bombeo requerirá una instalación eléctrica y de instrumentación.

El objetivo de la estación de bombeo será proporcionar el punto de funcionamiento descrito en los apartados anteriores:

- $Q = 1.149,03 \text{ m}^3/\text{h}$
- $h = 119,72 \text{ mca}$

1.1.9.1 ARQUETA DE IMPULSIÓN

La arqueta o pozo de impulsión es el vaso donde se almacenará el agua proveniente del Canal de Tauste para su impulsión. La estación de bombeo captará el agua de esta arqueta mediante las tuberías de captación conectadas directamente a los grupos de bombeo.

La forma con que se ha proyectado esta arqueta de impulsión es rectangular. Esta forma rectangular es más adecuada para estaciones de bombeo de tamaño mediano o grande. La forma rectangular tiene mejores características desde un punto de vista hidráulico.

El volumen del pozo deber ser lo más pequeño posible por motivos económicos. Un pozo de impulsión con unas dimensiones reducidas supone un ahorro en los costes de instalación.

Con motivo de optimizar el diseño de la arqueta de impulsión, éste se ha realizado utilizando el programa informático de diseño PSD de ABS. El proceso de diseño puede ser consultado en el apartado 1.2.9 del documento Cálculos justificativos.

Las principales características constructivas de la arqueta de impulsión se recogen en la siguiente tabla:

Dimensiones (Anchura x Longitud x Altura)	3030 x 5000 x 3395 mm
Área en planta	15,15 m ²
Volumen total	51,44 m ³
Espesor de la pared interior	100 mm
Espesor de la pared exterior	250 mm
Tamaño del deflector del orificio	386 mm
Diámetro de la tubería de entrada	600 mm

Tabla 5: Características de la arqueta de impulsión

Los detalles más específicos de la arqueta de impulsión pueden consultarse en los planos N° 8 y N° 9 del documento Planos así como en el apartado 1.2.9 del documento Cálculos justificativos.

1.1.9.2 BOMBAS

Las bombas de una estación de bombeo son las encargadas de aportar energía hidráulica al fluido que trasiegan. Las dos bombas instaladas en la estación de bombeo captarán el agua de la arqueta de impulsión a través de las tuberías de captación y estarán conectadas a la tubería de impulsión mediante el colector de impulsión.

Las bombas utilizadas para el bombeo de agua de riego, objeto de este proyecto, son bombas que impulsarán agua limpia a una temperatura de 20° y con una densidad de 1,005 mm²/s.

1.1.9.2.1 SELECCIÓN DEL MODELO DE BOMBA

La selección del modelo de bomba que será instalado en la estación de bombeo objeto de diseño se ha realizado a partir de las necesidades de caudal y de altura recogidas en los apartados 1.1.7 y 1.1.8 de este documento. Con el caudal de diseño y la altura manométrica se define el punto de funcionamiento en el que deberá trabajar la estación de bombeo:

- $Q = 1.149,03 \text{ m}^3/\text{h}$
- $h = 119,72 \text{ mca}$

Con el punto de funcionamiento de la estación de bombeo, se ha acudido a la herramienta informática ABSEL V2 PUMP SELECTOR para conocer los modelos que cumplirían con estas necesidades de caudal y altura.

Entre las diversas alternativas que el programa de selección ABSEL ofrece para esta aplicación se ha realizado un estudio para conocer la opción más adecuada. Como se desarrolla en el apartado 1.2.3 del documento Cálculos justificativos, se ha analizado el coste del ciclo de vida de las cuatro alternativas más eficientes. Todas las alternativas analizadas son bombas de la serie Z22 del fabricante ABS.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

El análisis realizado ha contemplado el coste de instalación y los costes energéticos del ciclo de vida del conjunto formado por las bombas y sus accionamientos. Con este análisis se ha perseguido cumplir con el criterio de diseño que se está siguiendo en el proyecto. Los cálculos pormenorizados y el desarrollo completo se pueden consultar en los apartados 1.2.3.1 y 1.2.3.2 del documento Cálculos justificativos.

Los resultados de este análisis de los costes del ciclo de vida de las cuatro opciones de modelos de bomba y sus acoplamientos se recogen en la siguiente tabla:

Modelo de Bomba	Z22-400/350-70 C344	Z22-400/300-55 F218	Z22-400/350-70 F378	Z22-500/300-75 C244
Rendimiento	83%	88,50%	84,30%	81,30%
Potencia en el eje-P2 (kW)	454,70	454,30	478,00	501,00
NPSH (m)	3,42	3,52	4,05	2,91
Diámetro aspiración/Diámetro descarga (mm)	400/350	400/300	400/350	500/300
Diámetro del rodete (mm)	590,20	575,00	583,40	586,00
Costes de Instalación	211.516,31 €	199.793,47 €	219.516,31 €	240.160,05 €
Mano de obra instalación	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €
Transporte	506,66 €	506,66 €	506,66 €	506,66 €
Mano de obra grúa	1.280,00 €	1.280,00 €	1.280,00 €	1.280,00 €
Alquiler de grúa	642,56 €	642,56 €	642,56 €	642,56 €
Tuberías y accesorios	11.425,09 €	9.860,25 €	11.425,09 €	11.790,83 €
Valvulería	36.862,00 €	30.704,00 €	36.862,00 €	47.140,00 €
Bomba+Motor+Acoplamiento	156.000,00 €	152.000,00 €	164.000,00 €	174.000,00 €
Costes Energéticos	972.329,87 €	971.474,51 €	1.022.154,55 €	1.071.337,72 €
Costes Totales	1.183.846,18 €	1.171.267,98 €	1.241.670,87 €	1.311.497,78 €

Tabla 6: Análisis selección de bomba + acoplamiento

A partir de los resultados de este análisis y comprobando que los modelos de bombas fueran capaces de proporcionar el punto de funcionamiento requerido se ha seleccionado la mejor opción para el diseño. La mejor alternativa es el modelo Z22-400/350-70 C344 del fabricante ABS:



Ilustración 9: Bomba Z22-400/350-70 C344

Las características técnicas de la bomba seleccionada Z22-400/350-70 C344 y sus curvas se muestran a continuación:

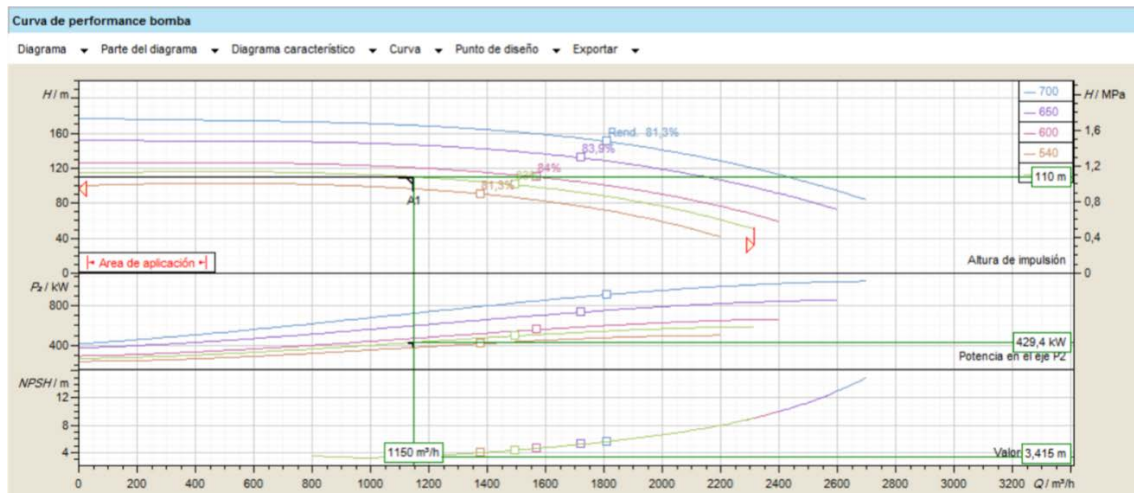


Ilustración 10: Curva de funcionamiento de la bomba C344 obtenida del programa ABSEL

Modelo de Bomba	Z22-400/350-70 C344
Rendimiento	83%
Potencia en el eje, P2 (Kw)	454,7
NPSH (m)	3,415
Diámetro aspiración/Diámetro descarga (mm)	400/350
Diámetro del rodete (mm)	590,2

Tabla 7: Características técnicas del modelo de bomba C344

Las dos bombas serán iguales y se instalarán en seco. Pese a que en funcionamiento normal solamente funcionará una de ellas, los dos equipos deberán estar perfectamente conectados para poder hacer uso de ellos cuando se requiera. Deberán estar separadas por la distancia recomendada por el fabricante.

1.1.9.2.2 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN

Las bombas de la estación de bombeo que se ha proyectado irán montadas en seco. Si bien es cierto que las bombas sumergidas reducen la superficie ocupada, las bombas en seco tienen otras ventajas. La instalación de bombas en seco facilita su mantenimiento y su desmontaje. Además no es necesario instalar ningún pedestal para facilitar su extracción del pozo de bombeo. Todas estas ventajas hacen que la opción de las bombas instaladas en seco sea la que genere un menor coste a lo largo del ciclo de vida de la instalación. Por ello se instalará las dos bombas en seco, cumpliendo así el principal criterio de diseño de este proyecto.

En la siguiente ilustración se muestra el esquema de montaje de todos los elementos que componen la estación de bombeo. El esquema de la instalación se puede consultar también en el Plano N° 10 del documento Planos.

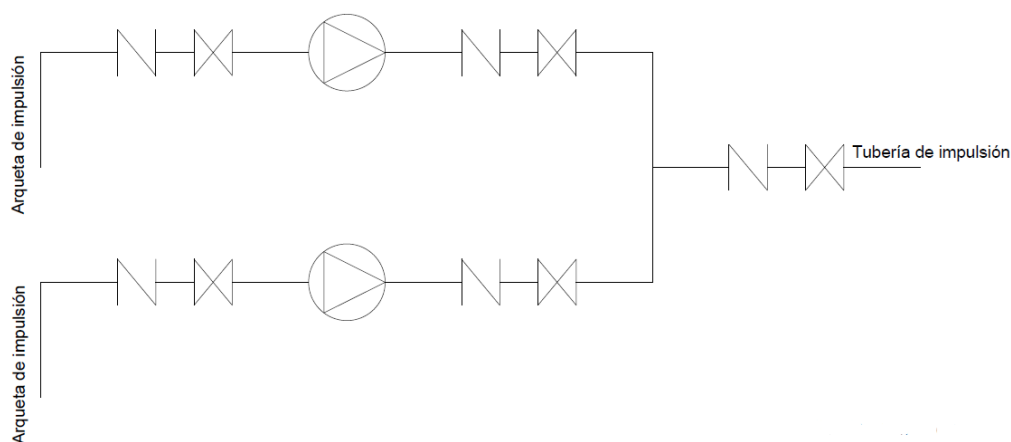


Ilustración 11: Esquema de la estación de bombeo

Como se muestra en el esquema de la Ilustración 11, la instalación de las dos bombas será completa y totalmente independiente. Ambas bombas aspirarán el agua de la arqueta de impulsión a través de dos tuberías de captación totalmente independientes. Las dos tuberías de captación llevarán montadas válvulas anti-retorno y de cierre. Las dos tuberías de descarga que salen de las bombas también montarán válvulas anti-retorno y de cierre. Las dos tuberías de descarga confluirán en el colector de impulsión, que consistirá en una Te.

La salida del colector de impulsión se unirá a la tubería de impulsión mediante dos ampliaciones que permitirán conectar las tuberías de descarga de DN 350 con la tubería de impulsión de DN 600.

Aguas abajo del colector de impulsión se instalará una válvula de compuerta que derivará en una tubería de alivio. Esta válvula de compuerta permanecerá cerrada durante el funcionamiento normal. La tubería de alivio servirá para derivar el agua impulsada en caso de avería o accidente.

La conexión de la bomba a los conductos de aspiración y descarga se realizará mediante bridas correspondientes al tamaño de las conducciones.

Como medida de seguridad se instalará una boya de emergencia. Esta boya se instalará para provocar la parada de las bombas en caso de emergencia.

1.1.9.2.3 POTENCIA REQUERIDA POR LA BOMBA

Durante el proceso de selección de la bomba y su accionamiento se han calculado distintas potencias. El desarrollo de los cálculos de las distintas potencias utilizadas para el proceso de selección se puede consultar en los apartados 1.2.2 y 1.2.8 del documento Cálculos justificativos.

Los valores de estas potencias son:

- Potencia hidráulica (P_3)

$$P_3 = 374,62 \text{ kW}$$

- Potencia mecánica en el eje (P_2)

$$P_2 = 454,7 \text{ kW}$$

- Potencia eléctrica absorbida de la red (P_1)

$$P_1 = 476,62 \text{ kW}$$

Estos valores de potencia están relacionados por los rendimientos de la bomba (η_B) y del motor eléctrico (η_M). Los valores corresponden al modelo de bomba Z22-400/350-70 C344 y al modelo de motor eléctrico M5500/4-93.

- $\eta_B = 79,5\%$
- $\eta_M = 95,4\%$

1.1.9.2.4 MOTOR ELÉCTRICO

La selección del motor eléctrico más adecuado para el modelo de bomba Z22-400/350-70 C344 se ha realizado utilizando la herramienta correspondiente del programa informático ABSEL. El desarrollo de este proceso se puede comprobar en el apartado 1.2.8 del documento Cálculos justificativos. El resultado de este proceso de selección es que el motor M5500/4-93 del fabricante ABS es el más adecuado para el modelo de bomba que se instalará.

A continuación se muestran las curvas de funcionamiento del motor seleccionado para la instalación:

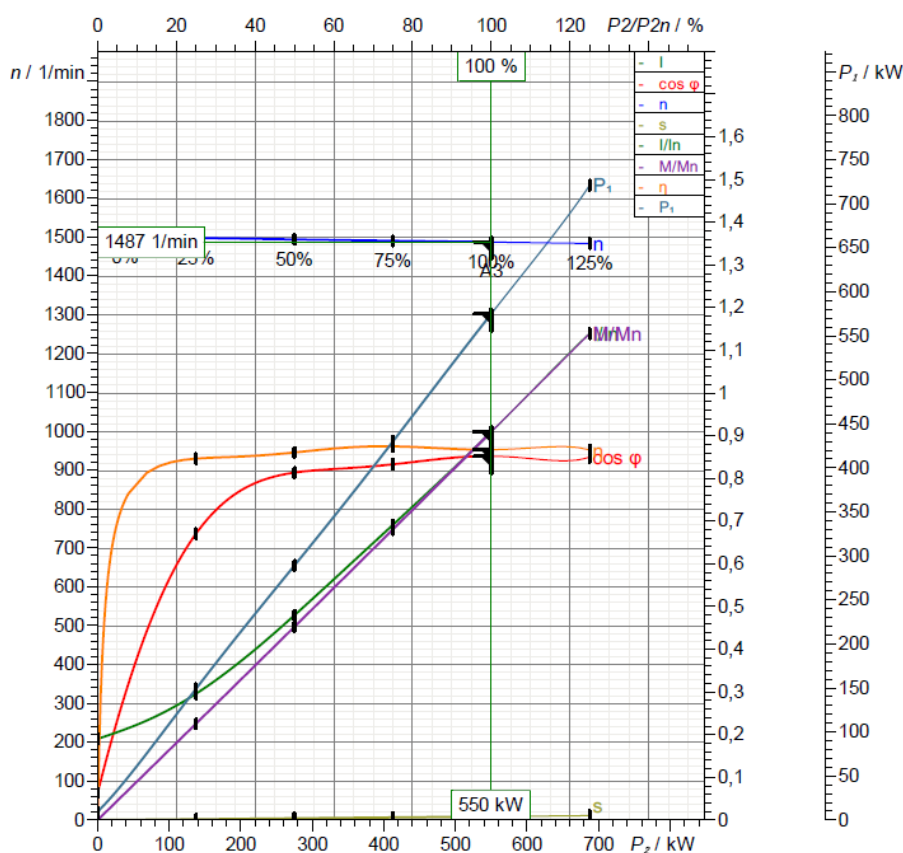


Ilustración 12: Curvas de funcionamiento del motor M5500/4-93

Los motores contarán de serie con las medidas de protección diseñadas por el fabricante. Estas medidas de protección serán sensores de temperatura en los devanados que cortará el funcionamiento en caso de temperatura elevada.

Al trabajar en seco, las necesidades de estanqueidad del motor eléctrico se reducen sustancialmente. Si será necesario controlar la estanquidad en el eje de la bomba.

La estanqueidad en este punto del acoplamiento se consigue con una junta lubricada en aceite. El motor también incluirá sensores que controlen y garanticen la estanqueidad de esta junta.

1.1.9.2.5 CAVITACIÓN

Tal y como se define en el libro Máquinas Hidráulicas (LOPE98): “Se entiende por cavitación la vaporización del líquido circulante, a causa del descenso local de presión hasta alcanzar la tensión de vapor a la temperatura a la que se encuentra el líquido, y posterior colapso de las bolsas de vapor formadas cuando éstas alcanzan zonas de presión creciente.”

Se distinguen en la cavitación dos fases diferenciadas. En la primera de ellas se produce la formación de burbujas de vapor que irán aumentando su tamaño como forma de mantener la presión constante en su interior. La formación de estas burbujas se produce al tener el fluido una presión inferior a la presión de saturación. La formación de estas burbujas de vapor se suele producir en la arista de entrada de los álabes de la bomba, pues es el punto de mínima presión en cualquier instalación.

En la segunda fase las burbujas, arrastradas por el fluido, alcanzan una zona con una presión superior a la presión de saturación. Cuando se alcanza esta condición el vapor que compone las burbujas se condensa de forma casi inmediata. Al producirse esta condensación, el líquido que rodea la burbuja se dirige hacia el centro de la misma con una gran velocidad. Este movimiento del líquido que rodea las burbujas, provoca impactos en las paredes de las conducciones. En las estaciones de bombeo, el punto donde se pueden producir los impactos causados por la cavitación es en los propios álabes de la bomba. Esta zona es donde se le comienza a transmitir energía al fluido después de pasar el punto de mínima presión.

La cavitación es un fenómeno que produce unos efectos realmente destructivos en las instalaciones de bombeo. El efecto de la cavitación se focaliza en los álabes de las bombas, llegando incluso a destruirlos. La cavitación produce un descenso del rendimiento y un aumento de las pérdidas de potencia.

Por los efectos destructivos del fenómeno de la cavitación, es de vital importancia en el proceso de diseño de una instalación comprobar que la cavitación no se producirá. En el apartado 1.2.7 del documento Cálculos justificativos se ha desarrollado la comprobación del criterio de no cavitación.

El modelo de bomba seleccionado cumple con el criterio de no cavitación ($NPSH_d \geq NPSH_r$) y por tanto no se producirán los efectos negativos de la cavitación en la instalación diseñada. La altura neta positiva disponible ($NPSH_d$) tiene un valor de 6,9 mca, muy superior a los 3,4 mca de altura neta positiva requerida ($NPSH_r$).

El desarrollo de los cálculos de la altura neta positiva disponible ($NPSH_d$) y la altura neta positiva requerida ($NPSH_r$) se puede consultar en los apartados 1.2.7.1 y 1.2.7.2 del documento Cálculos justificativos.

1.1.9.3 CALDERERÍA

En este apartado se van a enumerar y describir las conducciones, válvulas y accesorios que se emplearán en el montaje de la estación de bombeo y la tubería de impulsión. Se hará una distinción entre los elementos de la estación de bombeo y los elementos que conforman la tubería de impulsión. Los elementos de calderería que forman la estación de bombeo son los que constituyen las tuberías de captación y descarga así como el colector de impulsión.

1.1.9.3.1 TUBERÍAS

1.1.9.3.1.1 TUBERÍAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

Las tuberías que conforman la estación de bombeo son las tuberías de captación, las tuberías de descarga y el entronque con la tubería de impulsión. Las tuberías de captación son las que conectan la arqueta de impulsión con la bomba. Hay dos tuberías de captación totalmente independientes que conectan la arqueta con las dos bombas de la instalación. Las tuberías de descarga son las que dirigen el agua impulsada por la bomba al entronque con la tubería de impulsión. Las tuberías de descarga también son dos conducciones totalmente independientes que conectan las bombas con el entronque de impulsión.

En el apartado 1.1.9.2.2 de este documento se explica más ampliamente el esquema de funcionamiento de la estación de bombeo, que puede ser consultado en el Plano N° 10 del documento Planos.

Las tuberías de captación están constituidas por dos tramos de conducciones: un tramo de tubería vertical que estará parcialmente sumergido en la arqueta de impulsión y un tramo de tubería horizontal que conectará con la aspiración de la bomba. El diámetro nominal de estos tramos de tubería será DN 400, pues es el de la aspiración de las bombas. Las características de estos tramos se muestran en la siguiente tabla:

	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Tubería vertical	400	3
Tubería horizontal	400	5

Tabla 8: Tuberías de captación

Las tuberías de descarga de las bombas están constituidas por un solo tramo de tubería. El diámetro nominal de estas conducciones es DN 350 pues es el de la descarga de las bombas. La longitud de este tramo será de 5 m.

El colector de impulsión que entronca con la tubería de impulsión requerirá de tramos de tubería sobre los que montar los accesorios. Se utilizarán 7 m de conducciones con un diámetro nominal DN 350 pues es el utilizado en las tuberías de descarga.

Las tuberías empleadas en la estación de bombeo serán de fundición. Las uniones se realizarán con bridas del tamaño correspondiente a las tuberías y accesorios conectados. Las características de estas conducciones pueden consultarse en las especificaciones técnicas del fabricante Rekalde, que se encuentran en el apartado 1.3.1 de los anejos a esta memoria.

1.1.9.3.1.2 TUBERÍA DE IMPULSIÓN

El cálculo de la alternativa más adecuada para la tubería de impulsión se ha desarrollado en el apartado 1.2.2 del documento Cálculos justificativos. El resultado del proceso de diseño es una tubería de hormigón en masa con un diámetro nominal DN 600. Este tipo de conducción resulta adecuado por su resistencia y facilidad de instalación.



Ilustración 13: Tubería de hormigón en masa DN 600 Gadea Hermanos

La tubería de impulsión tendrá una longitud de 2.476,13 m y se instalará paralela a un camino forestal ya existente que une la ubicación de la estación de bombeo con el punto donde se instalará el depósito de almacenamiento. La instalación de la tubería paralela a esta vía forestal facilitará los trabajos de transporte en la instalación así como las labores de mantenimiento durante la vida útil de la tubería. La tubería se instalará enterrada en zanja para evitar posibles accidentes causados por los vehículos que transiten el camino forestal. La tubería irá enterrada en una zanja de 1 m de profundidad con un lecho de arena de río de 10 cm.

La unión de los tramos de tubería se realizará mediante juntas elásticas. La conexión con la estación de bombeo se realizará mediante dos ampliaciones y el colector de impulsión.

Las características de la tubería de impulsión seleccionada se pueden consultar en el Plano N° 15 del apartado Planos y en el punto 1.3.2 del documento Anejos a esta memoria.

1.1.9.3.2 VÁLVULAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

Sobre las tuberías de la estación de bombeo se han montado dos tipos de válvulas para el correcto funcionamiento de la instalación. En las conducciones de la estación de bombeo se han utilizado válvulas anti-retorno y válvulas de corte.

Válvulas anti-retorno

Las válvulas anti-retorno son válvulas de retención que solo permiten el paso del flujo de agua en un sentido. Las válvulas anti-retorno utilizadas en esta instalación son de tipo clapeta oscilante. Con estas válvulas se persigue evitar que cuando se detengan las bombas, el agua que se encuentre en la tubería de captación regrese a la arqueta de bombeo por efecto de la gravedad. Esto produciría el descebado de las bombas. Otra función que cumplen estas válvulas es la de evitar durante el funcionamiento de la instalación, la circulación del agua bombeada a través de la bomba de reserva. Esto sería nocivo para los componentes de la misma e impediría bombear el total del caudal de diseño a través de la tubería de impulsión.

Los puntos donde se instalarán las válvulas anti-retorno se muestran en el Plano N°10 del documento Planos. Se montará una válvula anti-retorno en cada tubería de aspiración, aguas arriba de la bomba, que evitará que se produzca el descebado de las bombas. Se instalará otra en cada tubería de descarga, aguas abajo de la bomba, evitando que se produzca una desviación del flujo impulsado a través del circuito de la bomba en reserva. Con la instalación de estas dos válvulas en cada montaje independiente se consiguen evitar los efectos negativos descritos anteriormente.

Las válvulas que se montarán en la instalación se recogen en el siguiente listado:

- Tuberías de aspiración: Se montará una válvula anti-retorno en cada una de las tuberías. Las válvulas serán de clapeta oscilante con un DN 400.
- Tuberías de descarga: Se montará una válvula anti-retorno en cada una de las dos tuberías. Las válvulas serán de clapeta oscilante con un DN 350.

Las válvulas anti-retorno instaladas son del fabricante AVK y están fabricadas en fundición. Las características de las válvulas se pueden consultar en el catálogo comercial que se encuentra en los apartados 1.3.5 y 1.3.6 de los anejos a esta memoria. Los planos de las válvulas se pueden consultar en el documento Planos, N° 12 y N° 14.



Ilustración 14: Válvula anti-retorno AVK

La unión de las válvulas a las conducciones se realizará mediante bridas.

Válvulas de corte

Las válvulas de corte se instalarán en la estación de bombeo para realizar operaciones durante el funcionamiento de la misma. Las válvulas de corte permiten cortar el flujo de agua por una tubería. Con el cierre de estas válvulas se podrá elegir la bomba que se quiere que funcione y cual se quiere que permanezca en reserva. También servirán para poder aislar las bombas durante su mantenimiento.

Los puntos de la instalación donde irán montadas las válvulas de corte aparecen en el esquema de la instalación del Plano N° 10 del documento Planos.

Se montará una válvula de corte en cada tubería de aspiración, aguas arriba de la bomba, que permitirá cortar el paso de agua en la aspiración de las bombas. Se instalará otra en cada tubería de descarga, aguas abajo de la bomba, permitiendo cortar el paso de agua hacia el circuito de la bomba en reserva. Con la instalación de estas dos válvulas en cada circuito independiente se consigue poder operar la estación de bombeo.

Las válvulas escogidas son del fabricante AVK. Las válvulas que se utilizarán en la instalación son válvulas de tipo compuerta. Las características particulares de las válvulas seleccionadas pueden consultarse en el catálogo comercial que se encuentra en los apartados 1.3.7 y 1.3.8 del documento Anejos a esta memoria y en los Planos N° 11 y 13 del documento Planos.



Ilustración 15: Válvula de corte AVK

Las válvulas que se montarán en la instalación se recogen en el siguiente listado:

- Tuberías de aspiración: Se montará una válvula de corte en cada una de las tuberías. Las válvulas serán de compuerta con un DN 400.
- Tuberías de descarga: Se montará una válvula de corte en cada una de las dos tuberías. Las válvulas serán de compuerta con un DN 350.

Las uniones de las válvulas a las tuberías se realizarán mediante bridas.

1.1.9.3.3 ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

Para implementar el diseño de la estación de bombeo expuesto en el apartado 1.1.9.2.2 de este documento es necesario utilizar una serie de accesorios. Todos los accesorios utilizados son del fabricante AVK y están fabricados en fundición dúctil y recubiertos de pintura epoxi. Todos estos accesorios irán montados sobre las tuberías de la estación de bombeo.

Codos

Como se muestra en el esquema de la instalación del Plano N° 10 del apartado Planos, se necesitan 4 codos de 90° para realizar el montaje de la instalación. Cada tubería de aspiración tendrá un codo de 90° que conectará la tubería vertical sumergida en la arqueta con la tubería que va a la aspiración de la bomba. Por otro lado, la unión de ambas tuberías de descarga con el colector de impulsión se realizará utilizando codos de 90°.

Los dos codos montados en las tuberías de aspiración tendrán un diámetro nominal DN 400. Los dos codos que conectarán las tuberías de descarga con el colector de impulsión tendrán un diámetro nominal DN 350.

Te

El colector de impulsión estará formado por una Te de diámetro nominal DN 350. Conectará las dos tuberías de descarga y dirigirá el flujo hacia la tubería de impulsión. Gracias a este accesorio se podrá utilizar cualquiera de las dos bombas para bombear el agua hacia la tubería de impulsión.

Ampliaciones

El colector de impulsión tendrá un diámetro nominal DN 350. Por el contrario, la tubería de impulsión seleccionada en el apartado 1.1.9.3.1.2 de este documento tiene un diámetro nominal DN 600.

Para acoplar ambas conducciones se utilizarán las siguientes ampliaciones:

- Ampliación DN 350/DN 400
- Ampliación DN 400/DN 600

No hay solución comercial para hacer la ampliación en un solo paso, por ello se realizarán dos ampliaciones de la conducción.

Las ampliaciones serán del fabricante AVK, fabricadas en fundición y recubiertas de pintura epoxi.

1.1.9.3.4 VÁLVULAS DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

En la tubería de impulsión se instalarán una serie de válvulas para que su funcionamiento sea conforme a lo proyectado. En la tubería de impulsión, que conecta la estación de bombeo con el depósito de almacenamiento, se instalará una válvula de corte, una válvula anti-retorno y varias válvulas de ventosa.

Válvulas anti-retorno

En el caso de la tubería de impulsión, la válvula anti-retorno cumplirá el propósito de evitar que el agua bombeada vuelva a la estación de bombeo por efecto de la gravedad.

Esta válvula tendrá un diámetro nominal DN 600, pues es el de la conducción. Se instalará en la mitad del recorrido de la tubería de impulsión.

La válvula será de tipo clapeta oscilante. El fabricante de la válvula seleccionada es AVK y estará fabricada en fundición recubierta de pintura epoxi.

Válvulas de corte

La válvula de corte instalada en la tubería de impulsión cumplirá un propósito similar al de las instaladas en la estación de bombeo. Facilitará las operaciones en la instalación y aislar tramos para facilitar el mantenimiento.

Se instalará junto a la válvula anti-retorno, en la mitad del recorrido de la tubería de impulsión.

La válvula tendrá un diámetro DN 600 y será de tipo compuerta. El fabricante de la válvula seleccionada es AVK y su material es fundición recubierta de pintura epoxi.

Válvulas de ventosa

Las válvulas de ventosa cumplen el propósito de evitar que la tubería de impulsión tenga aire.

Las válvulas de ventosa se instalarán a lo largo de la tubería de impulsión cada 600 m. En total se instalarán cuatro válvulas de ventosa. La primera de ellas se instalará en el colector de impulsión.

1.1.9.4 INSTRUMENTACIÓN

El control de la estación de bombeo se realizará mediante un controlador lógico programable (PLC) y un conjunto de sondas y sensores de nivel.

En su funcionamiento normal, la bomba comenzará a impulsar agua a través de la tubería de impulsión y no terminará hasta haber completado 12 horas de funcionamiento ininterrumpido. Durante el funcionamiento de la bomba que impulsa el agua hasta el depósito de almacenamiento no se variará el punto de funcionamiento. Al estar diseñada la estación de bombeo de este modo el PLC no tendrá que realizar paradas ni arranques durante el tiempo de funcionamiento normal.

Para prevenir situaciones de emergencia que estén fuera de las condiciones de funcionamiento normal de la estación de bombeo se dispondrán algunos elementos de control. Se instalarán dos sensores de nivel en la arqueta de impulsión. Los sensores de nivel serán del tipo boyas o flotadores y se instalarán dos en la arqueta de impulsión.

- **Boya para el nivel máximo**
La boya de nivel máximo será la encargada de detectar que el agua llega al nivel máximo de capacidad de la arqueta de impulsión. Cuando el agua llega a este nivel la boya comenzará a flotar y se activará. De este modo se cerrará el conducto de llenado del pozo de impulsión. La altura de esta boya corresponde con el nivel máximo de la arqueta: 3,39 m.
- **Boya para el nivel mínimo**
La boya de nivel mínimo se encarga de detectar que el nivel de agua en la arqueta de impulsión está en el mínimo. Si el agua llegara al nivel de la tubería de captación de la estación de bombeo la boya lo detectaría. Cuando se produzca esta situación la bomba dejará de funcionar para evitar su descebado. La altura a la que la boya se instalará es de 1 m. Esta altura mínima la proporciona el programa de selección ABS y corresponde a la altura de la tubería de captación del agua en la arqueta de impulsión.

El controlador lógico programable estará integrado en los cuadros eléctricos de baja tensión. La solución comercial que ha seleccionado en el apartado siguiente, incorporará en el cuadro eléctrico de cada una de las bombas el PLC para el sistema de control.

El sistema de control seleccionado es el controlador de bombas PC 211 de ABS. Sus características técnicas pueden ser consultadas en el apartado 1.3.13 de los anejos a esta memoria.

1.1.9.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Las bombas de la estación de bombeo serán accionadas por los motores eléctricos indicados anteriormente. Las instalaciones eléctricas que se exponen a continuación tienen por objeto suministrar la energía eléctrica necesaria a los motores y cumplir con los requisitos de seguridad establecidos por la normativa.

1.1.9.5.1 POTENCIA INSTALADA EN LA ACOMETIDA

La potencia instalada en la estación de bombeo resulta de sumar el desglose de las potencias de cada elemento instalado.

Pese a que la estación de bombeo consta de dos bombas con sus respectivos accionamientos, solo se considera el consumo de potencia de uno de ellos. Esto se debe a que hay dos grupos para asegurar el funcionamiento de la instalación en caso de avería o mantenimiento de uno de los mismos. De este modo nunca funcionarán los dos grupos de manera simultánea.

Motores	1 x 550 kW	550 kW
Iluminación	1 x 1,5 kW	1,5 kW
Tomas de corriente para usos varios (mando, control y medida)	1 x 3,0 kW	3,0 kW
Total		554,5 kW

Tabla 9: Potencia instalada en la estación de bombeo

La acometida se conectará a línea aérea perteneciente a la empresa distribuidora que discurre paralela al canal de Tauste. La línea tiene una tensión de 15 kV. La acometida deberá ser adecuada para este nivel de tensión y deberá cumplir además de la normativa, las normas particulares de la empresa distribuidora.

1.1.9.5.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

De la acometida se llega directamente al centro de transformación. El centro de transformación contará con los siguientes elementos:

- Celdas de MT
- Transformador
- Cuadro de BT
- Elementos auxiliares
- Puesta a tierra

Se utilizará la solución comercial EHC T1 de Schneider Electric que permite incluir dentro de un edificio prefabricado de hormigón los distintos elementos enumerados anteriormente. Esta solución comercial está diseñada para soportar tensiones de hasta 24 kV y albergar transformadores de hasta 1.000 kVA. Las especificaciones técnicas de la solución comercial seleccionada se pueden consultar en el apartado 1.3.14 de los anejos a esta memoria.

Se dispondrá un transformador de 1.000 kVA de potencia nominal. La relación de transformación será: 15 kV / 400 V. El modo de conexión del transformador será Dyn11. Se utilizará un transformador en baño de aceite dadas las ventajas de este tipo de transformadores.

1.1.9.5.3 CUADRO DE BAJA TENSIÓN

Los cuadros eléctricos de BT necesarios en la instalación forman parte de la solución comercial EHC T1 de Schneider Electric.

Los cuadros de baja tensión incluirán el controlador lógico programable (PLC) para el control del funcionamiento de las bombas.

La normativa y los requerimientos que deben cumplir los elementos incluidos en los cuadros de BT se recogen en el Pliego de Condiciones de este proyecto.

1.1.10 RED DE DISTRIBUCIÓN

El objetivo de la red de distribución de agua de riego es transportar el agua almacenada en el depósito de almacenamiento hasta los puntos de consumo ubicados en las distintas parcelas de riego. La cabecera de la red de distribución será el depósito de almacenamiento, donde el agua bombeada por la estación de bombeo se almacenará para ser distribuida acorde con las necesidades de los consumos. Al estar ubicado en el Cabezo Espinoso, la red de distribución funcionará por gravedad y no requerirá de un grupo de bombeo adicional. Esto es así porque el diseño de las parcelas de riego, desarrollado en el apartado 1.1.9.3.1.2 de este documento, cumple con una diferencia de cotas mínima de 25 m entre el depósito y los puntos de consumo.

El criterio de diseño para el trazado de las tuberías y la selección de los conductos será optimizar el coste de la instalación y minimizar las pérdidas de carga. El coste de la instalación será un parámetro importante pues repercutirá en el coste del ciclo de vida de la instalación. Por otro lado, el tipo de sistema de riego empleado tiene unos requisitos de presión en los puntos de consumo. Por ello se deberá minimizar las pérdidas de carga en las conducciones de la red y así mantener una red de riego por gravedad.

Para el diseño de la red de distribución de agua de riego se ha realizado un modelo con el software informático EPANET. A partir del modelo de la red de distribución se ha realizado una simulación que ha permitido enfocar el proceso de diseño como una optimización de los componentes de la red.

1.1.10.1 SISTEMA DE RIEGO DE LAS PARCELAS

El cultivo de hortalizas como las que se pretenden implantar en el área regable objeto de este proyecto requiere de un riego abundante y homogéneo. El sistema de riego más adecuado para este tipo de cultivos es el riego con goteros. Como se ha explicado en el apartado 1.1.6.2 de este documento, existen dos tipos de sistemas de riego con goteros: no compensantes y autocompensantes. Como se ha explicado anteriormente, se opta por utilizar goteros no compensantes. Este sistema de riego tiene un coste de instalación más económico y requiere una menor presión en los nudos de consumo.

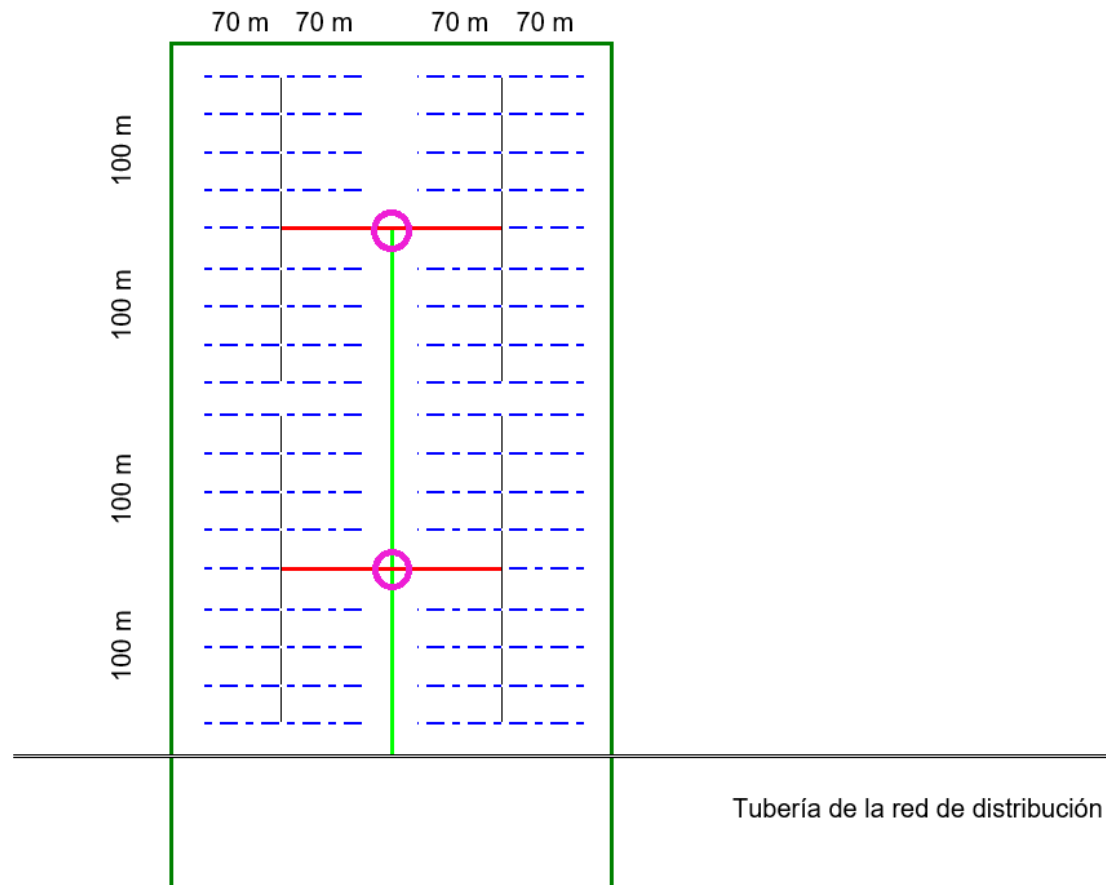


Ilustración 16: Puntos de consumo en una parcela de riego

El sistema de riego de las parcelas tomará el agua de las tuberías de la red de distribución que se está proyectando. Las tuberías principales de la red de distribución, que se representan como una doble línea negra en la Ilustración 16, y las tuberías secundarias de la red de distribución, representadas en verde lima en la Ilustración 16, son las conducciones que se dimensionarán en el diseño de la red de distribución. El diseño de las tuberías terciarias, en rojo en la Ilustración 16, y del propio sistema de riego con goteros, en azul en la Ilustración 16, queda fuera del alcance de este proyecto.

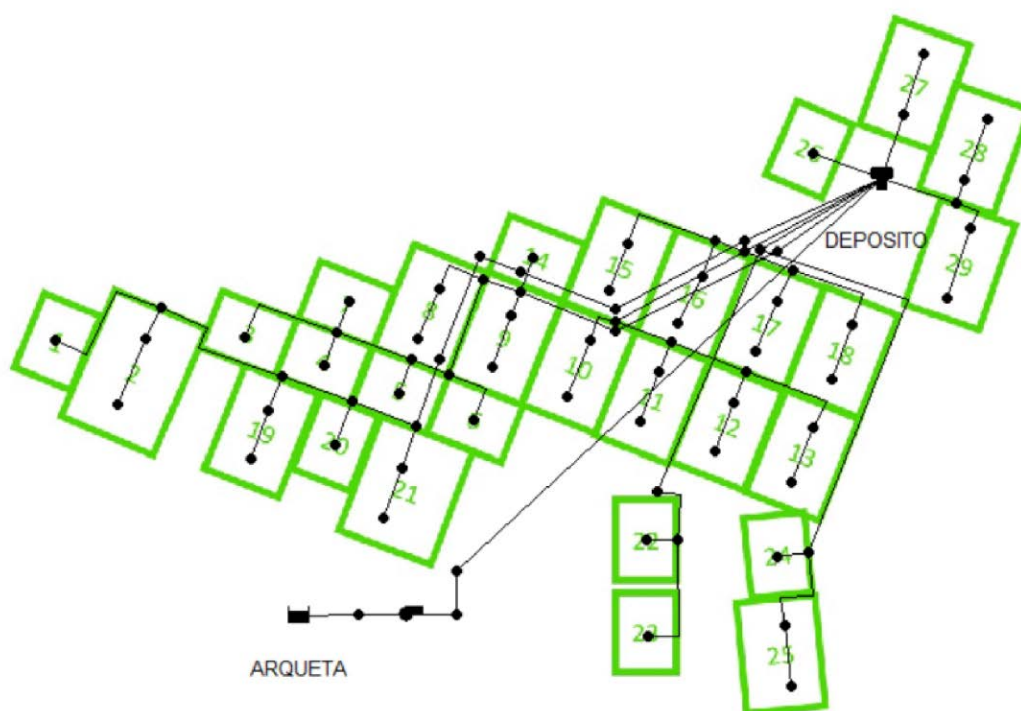
Tal y como se desarrolla en detalle en el apartado 1.2.10 del documento Cálculos justificativos, los criterios de diseño de la red de distribución son la presión en los puntos de consumo y la velocidad del flujo en las conducciones. Las conducciones primarias y secundarias de la red de distribución han sido dimensionadas para que en los puntos de consumo, redondeados en color magenta en la Ilustración 16, se disponga de más de 12 mca. Esta condición de presión es imprescindible para el correcto funcionamiento del riego con goteros no compensantes.

1.1.10.2 TRAZADO DE LA RED DE TUBERÍAS

La red de distribución de agua de riego diseñada tiene 19.497 m de longitud de tuberías. El diseño del trazado de las tuberías primarias y secundarias de la red de distribución se ha realizado teniendo en cuenta diversos factores. El trazado de la red de distribución asegurará el cumplimiento de los criterios de diseño: conseguir una altura de 12 mca en los puntos de consumo y conseguir una velocidad adecuada en las conducciones. Para ello se ha tratado de trazar las tuberías de la forma más recta y con el menor recorrido posible. Pero también ha sido importante para el trazado de las tuberías respetar el máximo posible las parcelas de cultivo. Se ha tratado que las tuberías primarias jamás discurrieran por el terreno de cultivo de las parcelas.

Las tuberías de la red de distribución del agua de riego irán enterradas a una profundidad de 1 m. Se dispone que las tuberías de la red vayan enterradas para facilitar la circulación de la maquinaria agrícola que operará en las parcelas de cultivo.

El resultado del diseño del trazado de la red de distribución de agua de riego se muestra en la siguiente imagen:



*Ilustración 17: Trazado de la red de distribución de agua de riego en el programa informático EPANET.
Elaboración propia*

Las tuberías primarias se han trazado entre las diversas parcelas de riego para no dificultar el trabajo de la maquinaria de cultivo. Las tuberías secundarias son las que llevan el agua a los puntos de consumo dentro de las parcelas. Los puntos de consumo están representados por los puntos negros en la Ilustración 17.

1.1.10.3 COTAS Y CONSUMOS DE CADA NUDO DE CONSUMO

La definición de los nudos de consumo es el primer punto para para realizar el modelo de la red de distribución en el programa informático EPANET. El conjunto de las parcelas de riego del área regable suman 46 nudos de consumo. Los parámetros necesarios para definir cada nudo de demanda son: su cota geométrica y su demanda de agua.

Utilizando el mapa topográfico, que aparece en el Plano N° 2 del documento Planos, se han establecido las cotas de los nudos de consumo de las distintas parcelas de riego. Como se ha comentado en apartados anteriores es imprescindible que los nudos de consumo y el depósito de almacenamiento tengan una diferencia de cotas de al menos 25 m. Como se comprobará más adelante, todos los nudos de consumo cumplen con esta condición.

La demanda de agua de las distintas parcelas de riego se ha expuesto en el apartado 1.1.7.1 de este documento. Conociendo las dimensiones de cada parcela se les ha asignado el número de puntos de demanda que requieren.

- Las parcelas con dimensiones de 200 m x 280 m tendrán solamente un punto de consumo que demandará todo el agua requerida por los cultivos de la parcela. El punto de consumo en estas parcelas se ubicará en el punto medio del área regable.
- Las parcelas con dimensiones superiores a 200 m x 280 m tendrán dos puntos de consumo. La demanda de agua de los cultivos de la parcela se repartirá a partes iguales entre los dos puntos de consumo. La ubicación de los puntos de consumo en este tipo de parcelas corresponde a la ubicación de los círculos magenta de la Ilustración 16.

Con todo lo anterior, a continuación se muestra una tabla con las características principales de todos los nudos de consumo introducidos en el modelo de EPANET. La introducción de estos valores de consumo y cota geométrica son fundamentales para la simulación realizada.

Parcela	Nudo de consumo	Cota geométrica (m)	Consumo por día (l)
1	1.1	288	149.780,62
	1.2	288	149.780,62
2	2.1	278	410.826,85
	2.2	278	410.826,85
3	3.1	305	299.561,24
4	4.1	309	299.561,24
5	5.1	295	299.561,24
6	6.1	295	299.561,24
7	7.1	309	299.561,24
8	8.1	311	299.561,24
	8.2	311	299.561,24
9	9.1	300	299.561,24
	9.2	300	299.561,24
10	10.1	317	299.561,24
	10.2	317	299.561,24

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

11	11.1	306	299.561,24
	11.2	306	299.561,24
12	12.1	307	299.561,24
	12.2	307	299.561,24
13	13.1	313	299.561,24
	13.2	313	299.561,24
14	14.1	302	299.561,24
15	15.1	312	299.561,24
	15.2	312	299.561,24
16	16.1	312	299.561,24
	16.2	312	299.561,24
17	17.1	316	299.561,24
	17.2	316	299.561,24
18	18.1	313	299.561,24
	18.2	313	299.561,24
19	19.1	296	299.561,24
	19.2	296	299.561,24
20	20.1	296	299.561,24
21	21.1	285	342.355,71
	21.2	285	342.355,71
22	22.1	294	299.561,24
23	23.1	289	299.561,24
24	24.1	297	299.561,24
25	25.1	297	299.561,24
	25.2	297	299.561,24
26	26.1	324	299.561,24
27	27.1	325	299.561,24
	27.2	325	299.561,24
28	28.1	331	299.561,24
	28.2	331	299.561,24
29	29.1	321	299.561,24
	29.2	321	299.561,24

Tabla 10: Demanda y cota geométrica de los nudos de consumo

Como se comprueba, el diseño de las parcelas y de los puntos de consumo resulta a priori adecuado. Todos los nudos de consumo tienen una diferencia de cotas con el depósito de almacenamiento superior a 25 m. Todos los nudos de demanda se han considerado en el punto más desfavorable de las parcelas de riego, por lo que el cálculo está del lado de la seguridad.

1.1.10.4 TURNOS DE RIEGO

Suministrar el agua de riego a los 46 nudos de consumo de las 29 parcelas de riego al mismo tiempo no sería eficiente. La división de las parcelas de riego de acuerdo a la similitud de sus puntos de consumo para formar turnos de riego, es una medida de eficiencia. Distribuir el agua de riego a las parcelas por turnos permite diseñar una red de distribución más económica, pues se necesitarán conducciones de menor diámetro. Es una forma de conseguir que el diseño de la estación de bombeo y de la tubería de impulsión sea también más eficiente. Se necesitarán bombas más pequeñas y la tubería de impulsión será de menor sección.

El número de sectores en los que se han agrupado las parcelas de riego es 5. Se considera que 5 sectores de riego es un número adecuado, debido al elevado número de parcelas. El criterio para agrupar parcelas de riego en un mismo sector es la semejanza de las cotas geométricas de sus puntos de consumo. Este criterio es debido al uso de goteros no compensantes como sistema de riego. Los goteros no compensantes no son capaces de funcionar correctamente en redes de riego con puntos de consumo muy dispares en cuanto a cota. Por ello se han agrupado las parcelas en los siguientes turnos de riego:

Sector de riego 1

Parcela	Nudo de consumo	Cota geométrica (m)
26	26.1	324
27	27.1	325
	27.2	325
28	28.1	331
	28.2	331
29	29.1	321
	29.2	321

Tabla 11: Parcelas de riego del Sector 1

Sector de riego 2

Parcela	Nudo de consumo	Cota geométrica (m)
10	10.1	317
	10.2	317
11	11.1	306
	11.2	306
12	12.1	307
	12.2	307
13	13.1	313
	13.2	313
14	14.1	302
15	15.1	312
	15.2	312
16	16.1	312
	16.2	312
17	17.1	316
	17.2	316
18	18.1	313
	18.2	313

Tabla 12: Parcelas de riego del Sector 2

Sector de riego 3

Parcela	Nudo de consumo	Cota geométrica (m)
22	22.1	294
23	23.1	289
24	24.1	297
25	25.1	297

Tabla 13: Parcelas de riego del Sector 3

Sector de riego 4

Parcela	Nudo de consumo	Cota geométrica (m)
3	3.1	305
4	4.1	309
5	5.1	295
6	6.1	295
7	7.1	309
8	8.1	311
	8.2	311
9	9.1	300
14	14.1	302

Tabla 14: Parcelas de riego del Sector 4

Sector de riego 5

Parcela	Nudo de consumo	Cota geométrica (m)
1	1.1	288
	1.2	288
2	2.1	278
	2.2	278
19	19.1	296
	19.2	296
20	20.1	296
21	21.1	285
	21.2	285

Tabla 15: Parcelas de riego del Sector 5

La secuencia temporal del riego de los distintos sectores proyectados se realizará del mismo modo que se ha simulado con el programa informático EPANET. El riego diario de cada sector se realizará durante 4 horas. De este modo, la demanda total de agua será cubierta con 20 horas. Como se ha explicado anteriormente, el funcionamiento de la red de distribución es totalmente independiente de la estación de bombeo, gracias al depósito elevado de almacenamiento.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

En la siguiente gráfica se muestra la secuencia de riego de los distintos sectores:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
S1																								
S2																								
S3																								
S4																								
S5																								
EB																								

Tabla 16: Esquema temporal de los turnos de riego

Como se puede observar en la Tabla 16 el riego de las parcelas comenzará dos horas después de que se comience a elevar el agua desde el Canal de Tauste. La estación de bombeo (EB) comenzará a funcionar a las 0:00 horas. A las 2:00 horas se comenzará a regar el sector de riego 1 (S1). El riego de cada sector durará cuatro horas. El riego de los sectores será totalmente independiente del funcionamiento de la estación de bombeo, pues se realizará por gravedad desde el depósito de almacenamiento.

1.1.10.5 TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución de agua de riego que se ha diseñado cuenta con una longitud total de tuberías de 19.497 m. El diseño de la red de tuberías para la distribución del agua de riego se ha desarrollado en el apartado 1.2.10.1.3 del documento Cálculos justificativos. Como se expone en este epígrafe, el diseño de las tuberías es uno de los principales objetos de la simulación con el programa EPANET.

La longitud de las tuberías es un parámetro que queda definido por el diseño del trazado de la red de distribución, desarrollado en el apartado 1.1.10.2 de este documento.

El parámetro que realmente se ha dimensionado en la simulación con EPANET es el diámetro de las tuberías. La selección de los diámetros más adecuados para las distintas líneas de tuberías se ha enfocado como un proceso iterativo. El diámetro de las conducciones se ha ido modificando en distintas simulaciones hasta que se ha alcanzado un compromiso entre los criterios de presión en los puntos de consumo y de velocidad del flujo en las tuberías. Se ha diseñado la red de distribución de manera que la velocidad del flujo de agua en las tuberías siempre estuviera entre 1 y 4 m/s. Los requerimientos de presión en los puntos de demanda se han cumplido en todas las parcelas con el diseño realizado. Se tendrá siempre una presión superior a 12 mca en todos los puntos de consumo.

El material de las tuberías de la red de distribución será polietileno de baja densidad. Se han seleccionado las tuberías entre la oferta comercial de los fabricantes Masa y Plasex. Ambos fabricantes fabrican tubos de polietileno de baja densidad para uso agrícola, que cumplen con las características requeridas para una red de distribución de agua de riego. Las características detalladas de los tubos pueden ser consultadas en el apartado 1.3.3 de los anejos a esta memoria.

El diseño se ha realizado simulando el funcionamiento de la red de distribución en cada sector de riego. Esta simulación se ha realizado utilizando el software informático EPANET, con el que se ha obtenido la presión en los nudos de consumo y la velocidad del flujo en las tuberías. Se ha dimensionado el diámetro de cada conducto para que cumpla con los dos criterios de diseño. Los resultados se muestran a continuación:

Sector de riego 1

Las tuberías del sector de riego 1 se han dimensionado como se muestra en la siguiente tabla:

Línea	Nudo inicial	Nudo final	Diámetro nominal (mm)	Longitud (m)
1	A	26.1	90	297
2	A	27.1	140	280
3	27.1	27.2	90	200
4	A	B	315	288
5	B	28.1	110	100
6	28.1	28.2	90	200
7	B	29.1	110	156
8	29.1	29.2	90	200

Tabla 17: Tuberías sector de riego 1

Con la simulación realizada en EPANET se ha comprobado que se cumplen ambos criterios de diseño.

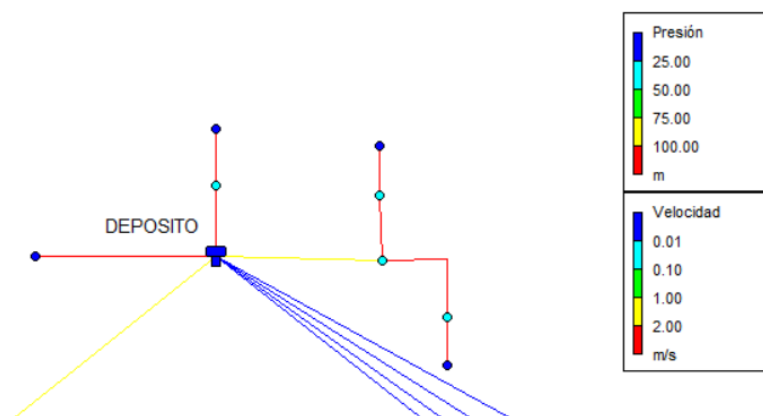


Ilustración 18: Velocidad y presión en el sector de riego 1 obtenidas con EPANET. Elaboración propia

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Sector de riego 2

Las tuberías del sector de riego 2 se han dimensionado como se recoge en la siguiente tabla:

Línea	Nudo inicial	Nudo final	Diámetro nominal (mm)	Longitud (m)
9	A	C	315	434
10	C	16	200	140
11	16	16.1	125	100
12	16.1	16.2	90	200
13	16	15.1	140	380
14	15.1	15.2	110	200
15	C	17	200	140
16	17	17.1	110	100
17	17.1	17.2	90	200
18	17	18.1	160	380
19	18.1	18.2	90	200
20	C	D	250	454
21	D	10.1	180	305
23	10.1	10.2	90	200
24	D	11	225	75
25	11	11.1	160	100
26	11.1	11.2	90	200
27	11	12	200	280
28	12	12.1	180	100
29	12.1	12.2	90	200
30	12	13	180	280
31	13	13.1	180	100
32	13.1	13.2	110	200

Ilustración 19: Tuberías sector de riego 2

El diseño es correcto tal y como se demuestra con los resultados obtenidos con la simulación de EPANET.

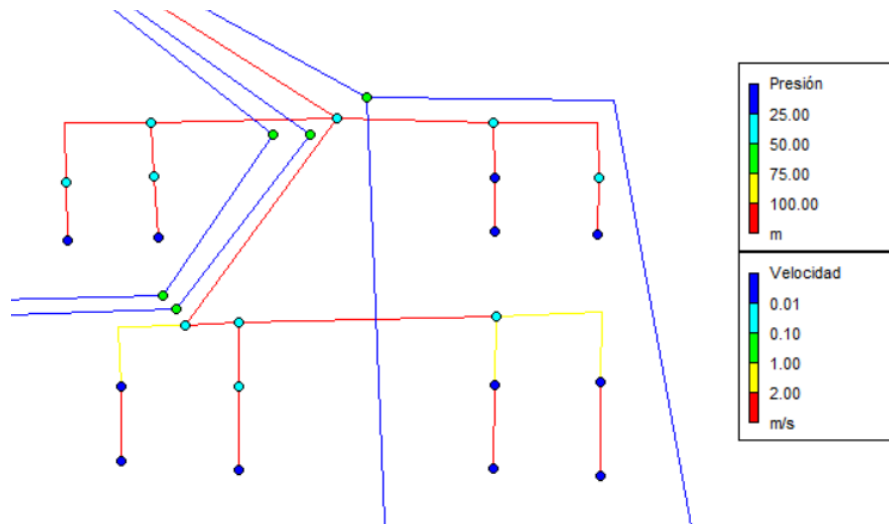


Ilustración 20: Velocidad y presión en el sector de riego 2 obtenidas con EPANET. Elaboración propia

Sector de riego 3

Los diámetros y longitudes de las tuberías del sector de riego 3 se recogen en la siguiente tabla:

Línea	Nudo inicial	Nudo final	Diámetro nominal (mm)	Longitud (m)
33	A	C.A	200	434
34	C.A	E	140	922
35	E	22	140	240
36	22	22.1	110	100
37	22	23.1	110	380
38	C.A	24	180	1426
39	24	24.1	90	100
40	24	25.1	160	380
41	25.1	25.2	110	200

Tabla 18: Tuberías sector de riego 3

La simulación realizada con EPANET valida este diseño para los criterios de diseño utilizados.

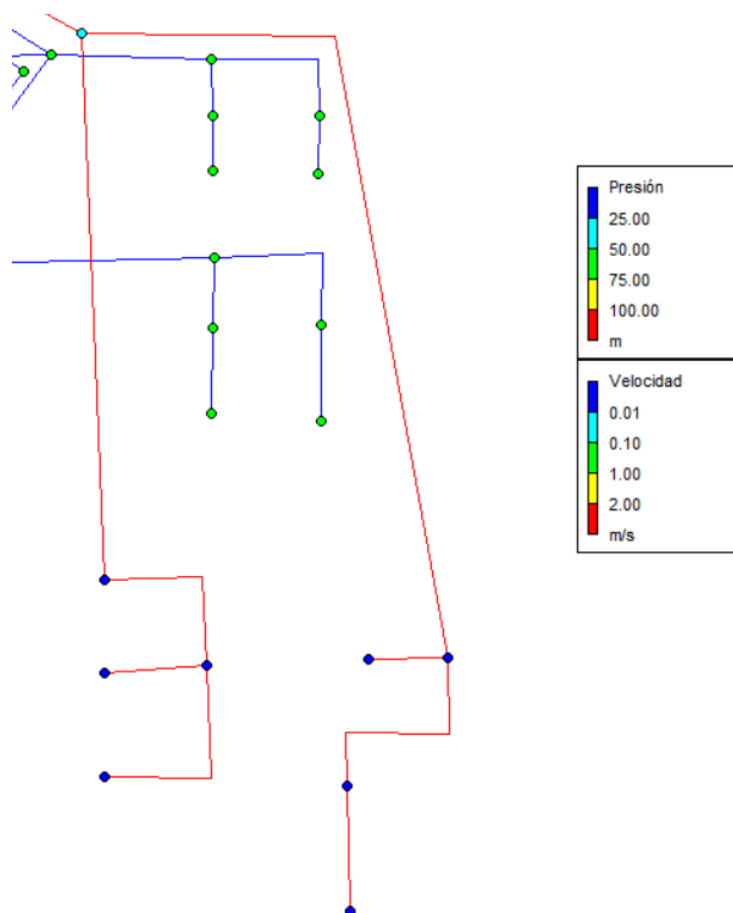


Ilustración 21: Velocidad y presión en el sector de riego 3 obtenidas con EPANET. Elaboración propia

Sector de riego 4

Los diámetros y longitudes del sector de riego 4 se recogen en la siguiente tabla:

Línea	Nudo inicial	Nudo final	Diámetro nominal (mm)	Longitud (m)
42	A	C.B	280	434
43	C.B	D.B	280	454
44	D.B	F	280	485
45	F	14.1	90	100
46	F	9.1	110	100
47	9.1	9.2	90	200
48	F	G	250	140
49	G	8.1	140	240
50	8.1	8.2	125	200
51	G	H	250	400
52	H	6.1	90	240
53	H	5	250	140
54	5	5.1	75	100
55	5	J	250	280
56	J	7.1	125	100
57	J	4.1	125	100
58	J	3.1	140	380

Tabla 19: Tuberías del sector de riego 4

El diámetro de los conductos resulta correcto. Se ha validado mediante la simulación en EPANET.

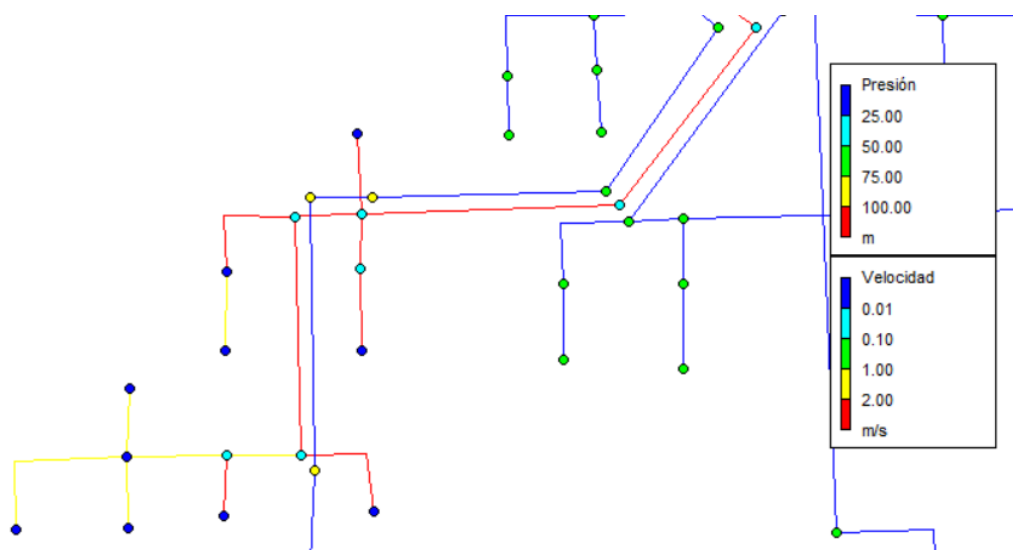


Ilustración 22: Velocidad y presión en el sector de riego 4 obtenidas con EPANET. Elaboración propia

Sector de riego 5

El diseño de las tuberías del sector de riego 5 se recoge en la siguiente tabla:

Línea	Nudo inicial	Nudo final	Diámetro nominal (mm)	Longitud (m)
59	A	C.C	315	434
60	C.C	D.C	315	454
61	D.C	F.C	280	485
62	F	G.C	280	140
63	G.C	H.C	280	400
64	H.C	21	250	200
65	21	21.1	110	100
66	21.1	21.2	110	200
67	21	20	250	260
68	20	20.1	90	140
69	20	19	250	260
70	19	19.1	125	100
71	19.1	19.2	110	200
72	19	2	250	400
73	2	2.1	140	120
74	2.1	2.2	125	240
75	2	1.1	125	400

Tabla 20: Tuberías del sector de riego 5

Se comprueba que el diseño de la red en el sector de riego 5 cumple con los criterios de diseño.

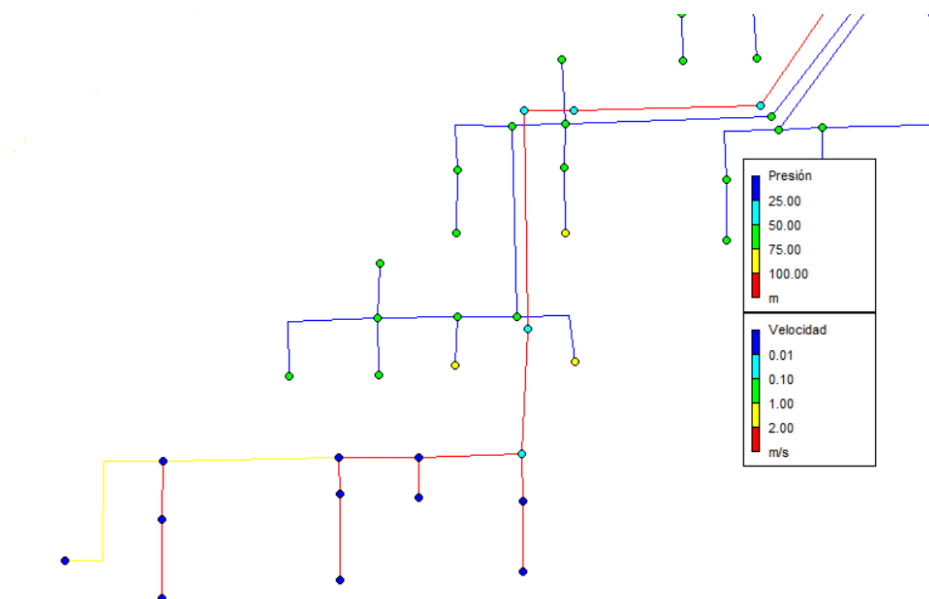


Ilustración 23: Velocidad y presión en el sector de riego 5 obtenidas con EPANET. Elaboración propia

1.1.10.6 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO

El diseño del depósito de almacenamiento se ha realizado utilizando el programa informático EPANET. El desarrollo del proceso de diseño se puede consultar en el apartado 1.2.10.3 del documento Cálculos justificativos.

El depósito de almacenamiento del agua de riego estará ubicado en Cabezo Espinoso, con una cota de 350 m sobre el nivel del mar. Será la cabecera de la red de distribución de agua de riego. Su principal función es almacenar el agua bombeada por la estación de bombeo para independizar la red de distribución del funcionamiento de la estación de bombeo.

El diseño del depósito será circular. Tendrá un diámetro de 40 m y una altura de 5 m. El depósito se fabricará con chapa grecada recubierta por un material plástico. La solera será de hormigón y contará con una válvula de seguridad.

Con la simulación realizada durante 24 horas en el programa informático EPANET se ha comprobado que la capacidad proyectada es suficiente para abastecer la demanda del área regable.

1.1.11 PLAZO DE EJECUCIÓN Y GARANTÍA

El plazo de ejecución de las obras de construcción del proyecto será de 12 meses. Este plazo tendrá validez a partir del siguiente día a la firma del Acta de Comprobación del Replanteo.

Este proyecto tiene un plazo de garantía de un año, a partir de la fecha de recepción.

1.1.12 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a la cantidad de UN MILLÓN DOSCIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL OCHENTA EUROS Y DIECIOCHO CÉNTIMOS (1.529.537,02 €). En este presupuesto se incluye un beneficio industrial del 6%. Este presupuesto no incluye el I.V.A.

06/07/2016

Fdo.: Javier Galindo Ráfales

1.2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1.2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

1.2.1 NECESIDADES HÍDRICAS	69
1.2.1.1 ÁREA REGABLE	69
1.2.1.2 DOTACIONES DE LOS CULTIVOS	72
1.2.1.3 HIPÓTESIS DE CÁLCULO	72
1.2.1.4 CONSUMO DE AGUA POR PARCELA	73
1.2.2 CAUDAL DE DISEÑO	75
1.2.2.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	76
1.2.2.1.1 VELOCIDAD DE FLUJO	77
1.2.2.1.2 COSTE DE INSTALACIÓN	79
1.2.2.1.3 COSTE ENERGÉTICO	82
1.2.2.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS	96
1.2.3 PRESELECCIÓN BOMBA+ACCIONAMIENTO	107
1.2.3.1 COSTES DE INSTALACIÓN	107
1.2.3.2 COSTES ENERGÉTICOS	108
1.2.3.2.1 REGULACIÓN HORAS DE FUNCIONAMIENTO	108
1.2.3.2.2 COSTE ENERGÉTICO ANUAL ACTUAL	109
1.2.3.2.3 COSTE ENERGÉTICO DE LA VIDA ÚTIL.....	112
1.2.3.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS	113
1.2.4 PÉRDIDAS DE CARGA	115
1.2.4.1 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	115
1.2.4.1.1 PÉRDIDAS DE CARGA PRIMARIAS	115
1.2.4.1.2 PÉRDIDAS DE CARGA SECUNDARIAS	118
1.2.4.1.3 PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	119
1.2.4.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO	120
1.2.4.2.1 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA DE CAPTACIÓN	120
1.2.4.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA IMPULSIÓN	121
1.2.4.3 PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO	122
1.2.5 ALTURA MANOMÉTRICA.....	123
1.2.5.1 ALTURA GEODÉSICA	123
1.2.5.2 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA	123
1.2.6 BOMBA	125
1.2.7 CAVITACIÓN	126

1.2.7.1 ALTURA NETA POSITIVA DISPONIBLE ($NPSH_d$).....	126
1.2.7.2 ALTURA NETA POSITIVA REQUERIDA ($NPSH_r$)	128
1.2.8 MOTOR ELÉCTRICO.....	130
1.2.9 ARQUETA DE IMPULSIÓN	131
1.2.10 DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	133
1.2.10.1 MODELADO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	133
1.2.10.1.1 ARQUETA DE IMPULSIÓN	133
1.2.10.1.2 BOMBA	134
1.2.10.1.3 TUBERÍAS.....	135
1.2.10.1.4 VALVULERÍA Y ACCESORIOS.....	139
1.2.10.1.5 DEPÓSITO ELEVADO	144
1.2.10.1.6 SISTEMA DE RIEGO DE LAS PARCELAS	144
1.2.10.2 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA RED.....	148
1.2.10.3 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO	152

1.2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Parcelas de riego.....	70
Ilustración 2: Dotaciones de los cultivos en cada mes del año.....	73
Ilustración 3: Evolución de la tarifa eléctrica a lo largo del día.....	83
Ilustración 4: Tarifa eléctrica, escenario 12 horas diarias	85
Ilustración 5: Tarifa eléctrica, escenario 8 horas diarias	86
Ilustración 6: Tarifa eléctrica, escenario 6 horas al día	87
Ilustración 7: Relación de costes tubería de hormigón en masa.....	97
Ilustración 8: Relación de costes tubería de polietileno	97
Ilustración 9: Relación de costes tubería de fundición	98
Ilustración 10: Costes totales alternativas 24 horas de funcionamiento diario.....	98
Ilustración 11: Relación de costes tubería de hormigón en masa.....	99
Ilustración 12: Relación de costes tubería de polietileno	99
Ilustración 13: Relación de costes tubería de fundición	100
Ilustración 14: Costes totales alternativas 12 horas de funcionamiento diario.....	100
Ilustración 15: Relación de costes tubería hormigón en masa.....	101
Ilustración 16: Relación de costes tubería polietileno de baja densidad	101
Ilustración 17: Relación de costes tubería de fundición	102
Ilustración 18: Costes totales alternativas 8 horas funcionamiento diario	103
Ilustración 19: Relación de costes tubería hormigón en masa.....	103
Ilustración 20: Relación de costes tubería polietileno de baja densidad	104
Ilustración 21: Relación de costes tubería de fundición	104
Ilustración 22: Costes totales alternativas 6 horas funcionamiento diario	105
Ilustración 23: Comparativa mejores alternativas	106
Ilustración 24: Curva de funcionamiento bomba F218	114
Ilustración 25: Pérdidas de carga calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	119
Ilustración 26: Pérdidas de carga en la tubería de captación calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	121
Ilustración 27: Pérdidas de carga en la tubería de captación calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	121
Ilustración 28: Altura manometrica de la instalación calculada con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	123
Ilustración 29: Altura manometrica de la instalación calculada con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	124
Ilustración 30: Altura manometrica de la instalación calculada con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	124
Ilustración 31: Curva de funcionamiento bomba C344.....	125
Ilustración 32: Cálculo del NPSH disponible de la instalación con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	128
Ilustración 33: Curva de la NPSH requerida por el modelo de bomba Z22-400/350-70 C344	129
Ilustración 34: NPSH requerida por la bomba Z22-400/350-70 C344.....	129
Ilustración 35: Modelización de la estación de bombeo y la arqueta de impulsión con EPANET. Elaboración propia	134

Ilustración 36: Patrón de funcionamiento de la bomba con EPANET. Elaboración propia	135
Ilustración 37: Coeficientes de rugosidad	138
Ilustración 38: Coeficiente de pérdidas menores.....	139
Ilustración 39: Modelización depósito de almacenamiento con EPANET. Elaboración propia	144
Ilustración 40: Patrón de demanda sector 1 con EPANET. Elaboración propia	146
Ilustración 41: Patrón de demanda sector 2 con EPANET. Elaboración propia	146
Ilustración 42: Patrón de demanda sector 3 con EPANET. Elaboración propia	147
Ilustración 43: Patrón de demanda sector 4 con EPANET. Elaboración propia	147
Ilustración 44: Patrón de demanda sector 5 con EPANET. Elaboración propia	148
Ilustración 45: Funcionamiento sector de riego 1 con EPANET. Elaboración propia.	149
Ilustración 46: Funcionamiento sector de riego 2 con EPANET. Elaboración propia.	149
Ilustración 47: Funcionamiento sector de riego 3 con EPANET. Elaboración propia.	150
Ilustración 48: Funcionamiento sector de riego 4 con EPANET. Elaboración propia.	151
Ilustración 49: Funcionamiento sector de riego 5 con EPANET. Elaboración propia.	151
Ilustración 50: Evolución de la altura de la lámina libre en el depósito de almacenamiento con EPANET. Elaboración propia	152

1.2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parcelas de riego.....	71
Tabla 2: Dotaciones de los cultivos en cada mes del año.....	72
Tabla 3: Consumo de agua por parcela al mes y al día en el mes de Julio.....	74
Tabla 4: Diámetros interiores tuberías hormigón en masa.....	76
Tabla 5: Diámetros interiores tuberías polietileno de baja densidad.....	76
Tabla 6: Diámetros interiores tuberías de fundición.....	76
Tabla 7: Tuberías de hormigón en masa que cumplen criterio de velocidad.....	77
Tabla 8: Tuberías de polietileno que cumplen el criterio de velocidad.....	78
Tabla 9: Tuberías de fundición que cumplen el criterio de velocidad.....	78
Tabla 10: Tuberías de hormigón en masa que cumplen el criterio de velocidad.....	78
Tabla 11: Tuberías de polietileno que cumplen el criterio de velocidad.....	78
Tabla 12: Tuberías de fundición que cumplen el criterio de velocidad.....	78
Tabla 13: Tuberías de hormigón en masa que cumplen el criterio de velocidad.....	78
Tabla 14: Tuberías de polietileno que cumplen el criterio de velocidad.....	78
Tabla 15: Tuberías de fundición que cumplen el criterio de velocidad.....	79
Tabla 16: Tuberías de hormigón en masa que cumplen el criterio de velocidad.....	79
Tabla 17: Tuberías de polietileno que cumplen el criterio de velocidad.....	79
Tabla 18: Tuberías de fundición que cumplen el criterio de velocidad.....	79
Tabla 19: Coste tuberías hormigón en masa.....	80
Tabla 20: Coste tuberías polietileno.....	80
Tabla 21: Coste tuberías fundición.....	80
Tabla 22: Coste tuberías hormigón en masa.....	80
Tabla 23: Coste tuberías polietileno.....	81
Tabla 24: Coste tuberías fundición.....	81
Tabla 25: Coste tuberías hormigón en masa.....	81
Tabla 26: Coste tuberías polietileno.....	81
Tabla 27: Coste tuberías fundición.....	81
Tabla 28: Coste tuberías hormigón en masa.....	82
Tabla 29: Coste tuberías polietileno.....	82
Tabla 30: Coste tuberías fundición.....	82
Tabla 31: Pérdidas de carga tubería de hormigón en masa.....	89
Tabla 32: Pérdidas de carga tubería de polietileno.....	90
Tabla 33: Pérdidas de carga tubería de fundición.....	90
Tabla 34: Pérdidas de carga tubería de hormigón en masa.....	90
Tabla 35: Pérdidas de carga tubería de polietileno.....	90
Tabla 36: Pérdidas de carga tubería de fundición.....	91
Tabla 37: Pérdidas de carga tubería de hormigón en masa.....	91
Tabla 38: Pérdidas de carga tubería de polietileno.....	91
Tabla 39: Pérdidas de carga tubería de fundición.....	91
Tabla 40: Pérdidas de carga tubería de hormigón en masa.....	92
Tabla 41: Pérdidas de carga tubería de polietileno.....	92
Tabla 42: Pérdidas de carga tubería de fundición.....	92
Tabla 43: Costes energéticos tubería de hormigón en masa.....	93
Tabla 44: Costes energéticos tubería de polietileno.....	93

Tabla 45: Costes energéticos tubería de fundición.....	94
Tabla 46: Costes energéticos tubería de hormigón en masa.....	94
Tabla 47: Costes energéticos tubería de polietileno	94
Tabla 48: Costes energéticos tubería de fundición.....	94
Tabla 49: Costes energéticos tubería de hormigón en masa.....	95
Tabla 50: Costes energéticos tubería de polietileno	95
Tabla 51: Costes energéticos tubería de fundición.....	95
Tabla 52: Costes energéticos tubería de hormigón en masa.....	95
Tabla 53: Costes energéticos tubería de polietileno	96
Tabla 54: Costes energéticos tubería de fundición.....	96
Tabla 55: Costes de instalación bomba + accionamiento.....	108
Tabla 56: Horas de funcionamiento diarias en cada mes del año.....	109
Tabla 57: Potencia absorbida Bomba F218.....	109
Tabla 58: Potencia absorbida Bomba C344	110
Tabla 59: Potencia absorbida Bomba F378.....	110
Tabla 60: Potencia absorbida Bomba C244	110
Tabla 61: Tarifa eléctrica en cada uno de los meses del año.....	111
Tabla 62: Costes energéticos anuales para cada modelo de bomba	111
Tabla 63: Variación anual IPC	112
Tabla 64: Costes energéticos en la vida útil de la instalación	113
Tabla 65: Comparativa alternativas bomba y accionamiento.....	113
Tabla 66: Coeficiente de pérdidas de carga en distintos accesorios.....	118
Tabla 67: Características accesorios tubería de impulsión.....	119
Tabla 68: Características accesorios tubería de captación.....	120
Tabla 69: Características accesorios tuberías de descarga y entronque de impulsión..	121
Tabla 70: Pérdidas de carga en la tubería de descarga calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	122
Tabla 71: Pérdidas de carga en la tubería de descarga calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia	122
Tabla 72: Presión de vapor del agua limpia a distintas temperaturas.....	127
Tabla 73: Resultados de cálculo de la arqueta de impulsión.....	131
Tabla 74: Niveles de arranque y parada en la arqueta de impulsión	132
Tabla 75: Líneas de la red de distribución.....	137
Tabla 76: Coeficiente de pérdidas menores en cada línea.....	143
Tabla 77: Puntos de consumo en las parcelas de riego.....	145

1.2.1 NECESIDADES HÍDRICAS

La determinación de las necesidades de agua de las zonas a regar, es un aspecto fundamental para el diseño de la estación de bombeo y el sistema de distribución de agua. Los cultivos que se implanten y el área regable determinarán el volumen de agua que es necesario bombear hacia el depósito de almacenamiento, así como el caudal dirigido a cada uno de los distintos puntos de consumo de la red. En los siguientes puntos se desarrollará como se han obtenido los parámetros que permiten obtener el volumen de agua requerido por el área regable.

1.2.1.1 ÁREA REGABLE

La superficie de terreno que es posible regar en el emplazamiento del proyecto se ha calculado teniendo en cuenta dos restricciones fundamentales: el área de las parcelas de riego y la diferencia de cotas mínima que debe existir entre el depósito de almacenamiento y los nudos de consumo.

Las dimensiones de las parcelas de riego vienen determinadas por el sistema de riego a utilizar. En este proyecto se utilizarán goteros no compensantes. Con este sistema de riego las dimensiones de las parcelas a regar deben ser de 280 metros de ancho por 400 metros de largo, siendo el área de una parcela estándar 11,2 hectáreas. Estas dimensiones se pueden modificar de forma que las parcelas se adapten a la orografía del terreno. Para el sistema de riego mencionado el ancho de las parcelas podrá oscilar entre los 280 y los 320 metros. La longitud de las parcelas de riego podrá oscilar entre los 400 y los 480 metros. Otro recurso para adaptar las parcelas a la superficie útil es dividir la parcela estándar por la mitad.

Para que los sistemas de riego por goteros no compensantes funcionen de manera adecuada, es necesario que se tenga una presión mínima de 12 mca en el final de las líneas terciarias. Las líneas terciarias son las que conectan la red de distribución con los goteros propiamente dichos. En las instalaciones de riego por gravedad, para conseguir esta presión mínima se recomienda que las parcelas estén situadas a una cota 25 metros por debajo de la cota del depósito de almacenamiento de agua. En el caso que nos ocupa, el depósito de almacenamiento se ubicará en Cabezo Espinoso, a 358 metros sobre el nivel del mar. El área regable donde se podrán situar las parcelas tendrá que estar a una cota por debajo de los 333 metros.

Teniendo en cuenta las restricciones del tamaño máximo de las parcelas y la cota mínima en que se pueden situar se ha procedido a su diseño y ubicación. Para la ubicación de las parcelas se han utilizado los mapas topográficos disponibles en la web de la Comunidad Foral de Navarra¹. Del mismo modo para diseñar las parcelas y conocer con exactitud sus dimensiones se ha utilizado la herramienta Geoportal de Navarra, disponible en la web de la Comunidad Foral. Los planos que recogen toda esta información se pueden ver en el documento Planos.

El diseño y la distribución de las parcelas de riego que conformarán el total del área regable se muestra en la siguiente imagen:



Ilustración 1: Parcelas de riego

¹ www.navarra.es/home_es/Temas/Territorio/

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Se ha dividido el área regable en las 29 parcelas que aparecen en la Ilustración 1. Las 29 parcelas cumplen con la restricción de la diferencia de cotas respecto a Cabezo Espinoso. Las dimensiones de cada una de las parcelas, así como su área y su cota más desfavorable se recogen en la siguiente tabla:

Parcela	Cota del punto más desfavorable (m)	Área (m ²)	Dimensiones (m)
1	288	56.000	200x280
2	278	153.600	480x320
3	305	56.000	200x280
4	309	56.000	200x280
5	295	56.000	200x280
6	295	56.000	200x280
7	309	56.000	200x280
8	311	112.000	400x280
9	300	112.000	400x280
10	317	112.000	400x280
11	306	112.000	400x280
12	307	112.000	400x280
13	313	112.000	400x280
14	302	56.000	200x280
15	312	112.000	400x280
16	312	112.000	400x280
17	316	112.000	400x280
18	313	112.000	400x280
19	296	112.000	400x280
20	296	56.000	200x280
21	285	128.000	400x320
22	294	56.000	200x280
23	289	56.000	200x280
24	297	56.000	200x280
25	297	112.000	400x280
26	324	56.000	200x280
27	325	112.000	400x280
28	331	112.000	400x280
29	321	112.000	400x280

Tabla 1: Parcelas de riego

Sumando el área de todas las parcelas que figuran en la Tabla 1 se obtiene el valor total del área regable. El área regable que se deberá abastecer con la instalación que se está diseñando es de 2.577.600 m².

1.2.1.2 DOTACIONES DE LOS CULTIVOS

Las dotaciones de agua que requieren los cultivos a implantar son el segundo parámetro necesario para conocer la demanda de agua del área que irrigará la instalación que se está diseñando en este proyecto.

Las explotaciones agrícolas de regadío de la zona donde se plantea la implantación del proyecto, suelen realizar dos cultivos distintos en un mismo año. Los dos cultivos que se han planteado en este proyecto como los más probables a implantar en las explotaciones agrícolas que forman el área regable son los guisantes y el brócoli. Las dotaciones en cada mes del año, para cada uno de estos cultivos, se muestran en la siguiente tabla:

	Guisante (l/m ²)	Brócoli (l/m ²)
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	27,5	0
Abril	36,2	0
Mayo	61	0
Junio	0	16,3
Julio	0	139,1
Agosto	0	133,6
Septiembre	0	82
Octubre	0	33
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0

Tabla 2: Dotaciones de los cultivos en cada mes del año

1.2.1.3 HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Como se aprecia en la Tabla 2, que aparece en el apartado anterior, la cantidad de agua demandada por los cultivos varía mucho a lo largo de los distintos meses del año. Esto se puede apreciar de una manera más gráfica en la siguiente ilustración:

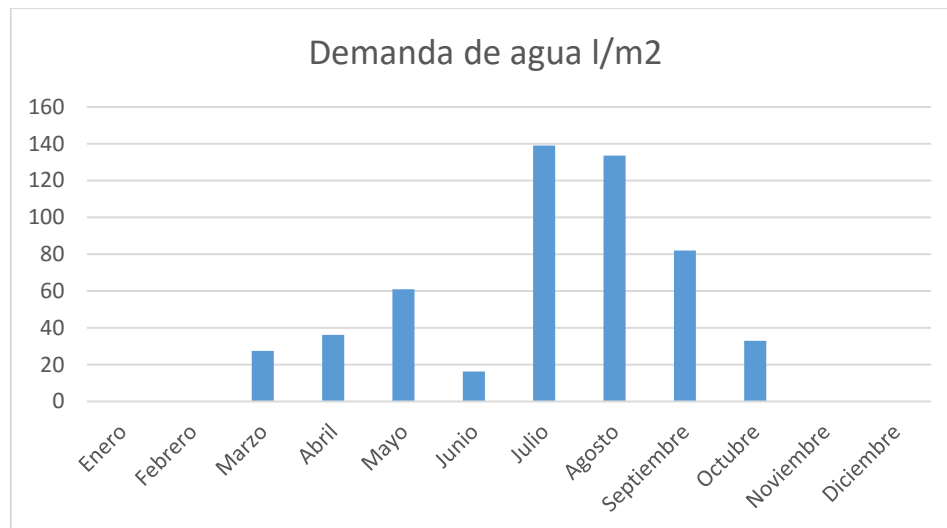


Ilustración 2: Dotaciones de los cultivos en cada mes del año

A la vista de esta gran variación de las demandas de agua se va a dimensionar la instalación de bombeo de agua para el mes más desfavorable. El mes en el que se tendrá una situación más desfavorable será el mes donde los cultivos tengan una mayor demanda de agua. Se considera que se debe dimensionar la instalación para el mes de funcionamiento más desfavorable, pues es cuando la instalación funcionará al máximo de su capacidad. El mes más desfavorable es el mes de Julio, con una demanda de agua de 139,1 litros por metro cuadrado para los cultivos seleccionados.

En los meses del año con una menor demanda de agua, se modificarán las horas de funcionamiento de la estación de bombeo. Trabajando en el mismo punto de funcionamiento, la cantidad de agua bombeada al depósito de almacenamiento será menor debido a que la estación de bombeo trabajará menos tiempo. Es una de las ventajas de incorporar un depósito elevado, que permite regular el funcionamiento de la instalación. El depósito de almacenamiento permite administrar el agua bombeada según lo requieran los puntos de consumo.

1.2.1.4 CONSUMO DE AGUA POR PARCELA

Conociendo el área de las parcelas que componen la superficie total a regar y las dotaciones de los cultivos que se van a implantar, se puede calcular el consumo de agua de cada una de las parcelas. Como se ha comentado en el apartado anterior, la instalación se dimensionará para el mes más desfavorable. Por ello para el diseño de la instalación se calcularán únicamente los consumos en el mes de Julio. El consumo por mes de cada parcela se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo} = \text{Dotación} \times \text{Área}$$

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Se han calculado los consumos por mes y por día de cada una de las parcelas. El consumo por día se ha calculado considerando que las necesidades de agua de los cultivos se cubren con 26 días de riego al mes. Los consumos obtenidos para cada una de las parcelas se muestran en la siguiente tabla:

Parcela	Dimensiones (m)	Consumo por mes (l)	Consumo por día (l)
1	200x280	7.788.592,32	299.561,24
2	480x320	21.362.996,09	821.653,70
3	200x280	7.788.592,32	299.561,24
4	200x280	7.788.592,32	299.561,24
5	200x280	7.788.592,32	299.561,24
6	200x280	7.788.592,32	299.561,24
7	200x280	7.788.592,32	299.561,24
8	400x280	15.577.184,65	599.122,49
9	400x280	15.577.184,65	599.122,49
10	400x280	15.577.184,65	599.122,49
11	400x280	15.577.184,65	599.122,49
12	400x280	15.577.184,65	599.122,49
13	400x280	15.577.184,65	599.122,49
14	200x280	7.788.592,32	299.561,24
15	400x280	15.577.184,65	599.122,49
16	400x280	15.577.184,65	599.122,49
17	400x280	15.577.184,65	599.122,49
18	400x280	15.577.184,65	599.122,49
19	400x280	15.577.184,65	599.122,49
20	200x280	7.788.592,32	299.561,24
21	400x320	17.802.496,74	684.711,41
22	200x280	7.788.592,32	299.561,24
23	200x280	7.788.592,32	299.561,24
24	200x280	7.788.592,32	299.561,24
25	400x280	15.577.184,65	599.122,49
26	200x280	7.788.592,32	299.561,24
27	400x280	15.577.184,65	599.122,49
28	400x280	15.577.184,65	599.122,49
29	400x280	15.577.184,65	599.122,49

Tabla 3: Consumo de agua por parcela al mes y al día en el mes de Julio

1.2.2 CAUDAL DE DISEÑO

Determinar el caudal de diseño de la estación de bombeo es un aspecto fundamental en este proyecto, pues determinará junto a la altura manométrica el punto de funcionamiento de la instalación de bombeo. El caudal de diseño será el caudal trasegado por la bomba que conecta la arqueta de impulsión, que recoge el agua del Canal de Tauste, con el depósito elevado situado en Cabezo Espinoso.

El caudal de diseño de la estación de bombeo es función de dos parámetros: las horas de funcionamiento y el diámetro de la tubería de impulsión. En los siguientes puntos se expondrá el proceso iterativo realizado para optimizar los dos parámetros que afectan al caudal de diseño de la instalación. El diseño de estos parámetros se realizará en base a un estudio comparativo de su impacto en los costes de la instalación así como de los costes energéticos a lo largo de la vida de la misma. De esta manera el caudal de diseño de la instalación será seleccionado para que el coste del ciclo de vida de la instalación (L_{cc}) sea lo menor posible.

Conociendo la demanda diaria de agua, de la hipótesis de cálculo seleccionada en apartados anteriores, el caudal de agua bombeado dependerá de las horas de funcionamiento de la estación de bombeo. En los siguientes apartados se analizarán los parámetros mencionados y otros parámetros relevantes para la selección del caudal de diseño en diversos escenarios. Se han considerado cuatro escenarios en los que varían las horas de funcionamiento de la estación de bombeo. Para cada uno de ellos el caudal de diseño será diferente, y vendrá dado por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\text{Consumo total}}{\text{Horas de funcionamiento}}$$

Los cuatro escenarios considerados para el número de horas de funcionamiento de la estación de bombeo son los siguientes:

- 24 horas de funcionamiento al día
Para este escenario el caudal de diseño de la estación de bombeo sería de 574,52 m³/h.
- 12 horas de funcionamiento al día
Para este escenario el caudal de diseño de la estación de bombeo sería de 1.149,03 m³/h.
- 8 horas de funcionamiento al día
Para este escenario el caudal de diseño de la estación de bombeo sería de 1.723,55 m³/h.
- 6 horas de funcionamiento al día
Para este escenario el caudal de diseño de la estación de bombeo sería de 2.298,06 m³/h.

1.2.2.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

El material de la tubería de impulsión y el diámetro de la misma son parámetros importantes que influirán en la selección del caudal de diseño.

El material de la tubería determina la rugosidad de la misma, parámetro que marca las pérdidas de carga que se producirán en la tubería de impulsión. Las pérdidas de carga serán el factor que haga variar los costes energéticos entre las diversas opciones de tubería de impulsión analizadas. Los diversos materiales de tubería de impulsión también afectan al coste de la instalación. Respecto al efecto que tienen los materiales en el coste de la instalación, es importante considerar también su efecto en el coste de mantenimiento de la instalación.

El diámetro de la tubería de impulsión es un parámetro que afecta a la velocidad del flujo que circula por la tubería y que también influye en las pérdidas de carga. Esto hace que el diámetro de tubería seleccionado tenga impacto en los costes energéticos de la instalación a lo largo de su vida útil. El diámetro de la tubería también repercute sobre el coste de la instalación, siendo importante seleccionar una opción económica y que minimice los costes de transporte y montaje.

Para el dimensionamiento de la tubería de impulsión se han estudiado tres materiales distintos y toda la gama de diámetros nominales que ofrecían los diversos fabricantes para cada uno de los materiales. La rugosidad de cada material y los distintos diámetros analizados han sido el punto de partida para estudiar los distintos parámetros que se valorarán en la selección de la tubería de impulsión de la instalación. Las distintas opciones que se han analizado en este apartado, se recogen en las siguientes tablas:

- Tuberías de hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	300	400	500	600
------------------------	-----	-----	-----	-----

Tabla 4: Diámetros interiores tuberías hormigón en masa

- Tuberías de polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	96,8	110,2	123,4	141	158,6	176,2	198,2	220,4	246,8	277,6
Diámetro interior (mm)	312,8	352,6	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8	705,2	793,4	881,4

Tabla 5: Diámetros interiores tuberías polietileno de baja densidad

- Tuberías de fundición

Diámetro interior (mm)	88,4	108,4	134,4	160,4	212,2	263,5	314,8	366,1
Diámetro interior (mm)	416,4	466,7	518	619,6	721,2	823,8	925,4	1027

Tabla 6: Diámetros interiores tuberías de fundición

Las características de las distintas tuberías se pueden consultar en los apartados 1.3.1, 1.3.2 y 1.3.3 de los anejos a esta memoria.

1.2.2.1.1 VELOCIDAD DE FLUJO

La velocidad del flujo de agua es un criterio técnico fundamental en el diseño de tuberías de agua. Una velocidad muy elevada permite un menor coste de la instalación, dado que se necesitan secciones menores, sin embargo provoca elevadas pérdidas de carga que incrementarían los costes energéticos de la instalación. Las velocidades demasiado elevadas pueden llegar incluso a erosionar las tuberías. Por otro lado, una velocidad demasiado baja puede provocar depósitos de arenas o partículas en las tuberías.

Conociendo el caudal de diseño en cada uno de los escenarios comentados en el apartado 1.2.2, se ha calculado la velocidad del flujo de agua para cada una de las opciones de material y diámetro expuestas en el apartado anterior. El cálculo de la velocidad se ha realizado para cada uno de los escenarios de horas de funcionamiento. La velocidad se ha obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{Q}{\text{Sección}} = \frac{Q}{\pi \times \frac{D^2}{4}}$$

Donde:

- v es la velocidad del flujo de agua por la tubería de impulsión. En m/s.
- Q es el caudal trasegado por la estación de bombeo en cada una de los escenarios. En m³/s.
- D es el diámetro de la tubería. En m.

Para cumplir con la velocidad mínima necesaria sin que la velocidad sea excesivamente alta y produzca los problemas comentados anteriormente, se ha fijado el siguiente criterio de diseño. Se consideran adecuadas las opciones de tubería que cumplan una velocidad entre 1 y 4 m/s para cada caso concreto de caudal de diseño. Aplicando la fórmula anterior se seleccionan las siguientes opciones como adecuadas por el criterio de velocidad en cada uno de los escenarios.

- 24 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	300	400
Velocidad (m/s)	2,26	1,27

Tabla 7: Tuberías de hormigón en masa que cumplen criterio de velocidad

- o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	246,8	277,6	312,8	352,6	396,6	440,6
Velocidad (m/s)	3,34	2,64	2,08	1,64	1,30	1,05

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tabla 8: Tuberías de polietileno que cumplen el criterio de velocidad

o Fundición

Diámetro interior (mm)	263,5	314,8	366,1	416,4
Velocidad (m/s)	2,93	2,05	1,52	1,17

Tabla 9: Tuberías de fundición que cumplen el criterio de velocidad

- 12 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	400	500	600
Velocidad (m/s)	2,54	1,62	1,13

Tabla 10: Tuberías de hormigón en masa que cumplen el criterio de velocidad

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	352,6	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8
Velocidad (m/s)	3,27	2,58	2,09	1,67	1,32	1,04

Tabla 11: Tuberías de polietileno que cumplen el criterio de velocidad

o Fundición

Diámetro interior (mm)	366,1	416,4	466,7	518	619,6
Velocidad (m/s)	3,03	2,34	1,87	1,51	1,06

Tabla 12: Tuberías de fundición que cumplen el criterio de velocidad

- 8 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	400	500	600
Velocidad (m/s)	3,81	2,44	1,69

Tabla 13: Tuberías de hormigón en masa que cumplen el criterio de velocidad

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8	705,2
Velocidad (m/s)	3,88	3,14	2,50	1,98	1,56	1,23

Tabla 14: Tuberías de polietileno que cumplen el criterio de velocidad

o Fundición

Diámetro interior (mm)	416,4	466,7	518	619,6	721,2
Velocidad (m/s)	3,52	2,80	2,27	1,59	1,17

Tabla 15: Tuberías de fundición que cumplen el criterio de velocidad

- 6 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	500	600
Velocidad (m/s)	3,25	2,26

Tabla 16: Tuberías de hormigón en masa que cumplen el criterio de velocidad

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	493,6	555,2	625,8	705,2	793,4
Velocidad (m/s)	3,33	2,64	2,07	1,63	1,29

Tabla 17: Tuberías de polietileno que cumplen el criterio de velocidad

o Fundición

Diámetro interior (mm)	466,7	518	619,6	721,2	823,8
Velocidad (m/s)	3,73	3,03	2,12	1,56	1,20

Tabla 18: Tuberías de fundición que cumplen el criterio de velocidad

A partir de las tuberías que cumplen el criterio de velocidad expuesto anteriormente, se realizará la selección de la tubería instalada en el proyecto. Para ello se tendrán en cuenta los parámetros expuestos a continuación.

1.2.2.1.2 COSTE DE INSTALACIÓN

La elección de una tubería de un tipo de material u otro afecta al precio de la instalación que se está diseñando. La elección del diámetro nominal de la tubería de impulsión también afectará al coste total de la instalación de una manera significativa.

El coste de la instalación es algo a tener muy en cuenta en el diseño de la misma. El coste de instalación de la estación de bombeo y la red de distribución de agua es clave en la viabilidad económica del proyecto. La viabilidad económica del proyecto es algo muy relevante, dado que se trata de una instalación que será utilizada por explotaciones agrícolas que buscan mejorar su rendimiento económico. Por ello se ha primado que el coste de la instalación sea el mínimo posible para asegurar un correcto funcionamiento de la instalación durante toda la vida útil de la misma.

El cálculo del coste de la tubería de impulsión se ha calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{Coste tubería (€)} = \text{Coste unitario} \left(\frac{\text{€}}{\text{m}} \right) \times \text{Longitud tubería (m)}$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada una de las hipótesis expuestas anteriormente:

- 24 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	300	400
Coste unitario (€/m)	10,49	14,44
Coste Tuberías (€)	25.974,60	35.755,32

Tabla 19: Coste tuberías hormigón en masa

- o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	246,8	277,6	312,8	352,6	396,6	440,6
Coste unitario (€/m)	50,94	64,29	81,03	102,25	129,23	159,82
Coste Tuberías (€)	126.134,06	159.190,40	200640,814	253.184,29	319.990,28	395.735,10

Tabla 20: Coste tuberías polietileno

- o Fundición

Diámetro interior (mm)	263,5	314,8	366,1	416,4
Coste unitario (€/m)	66,8	87,01	111,94	131,98
Coste Tuberías (€)	165.405,48	215.448,07	277.177,99	326.799,64

Tabla 21: Coste tuberías fundición

- 12 horas de funcionamiento
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	400	500	600
Coste unitario (€/m)	14,44	18,07	28,24
Coste Tuberías (€)	35.755,32	44.743,67	69.925,91

Tabla 22: Coste tuberías hormigón en masa

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	352,6	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8
Coste unitario (€/m)	102,25	129,23	159,82	198,59	255,301	219,121
Coste Tuberías (€)	253.184,29	319.990,28	395.735,10	491.734,66	632.158,47	542.572,08

Tabla 23: Coste tuberías polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	366,1	416,4	466,7	518	619,6
Coste unitario (€/m)	111,94	131,98	154,94	177,84	238,52
Coste Tuberías (€)	277.177,99	326.799,64	383.651,58	440.354,96	590.606,53

Tabla 24: Coste tuberías fundición

- 8 horas de funcionamiento

o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	400	500	600
Coste unitario (€/m)	14,44	18,07	28,24
Coste Tuberías (€)	35.755,32	44.743,67	69.925,91

Tabla 25: Coste tuberías hormigón en masa

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8	705,2
Coste unitario (€/m)	129,23	159,82	198,59	255,301	219,121	275,49
Coste Tuberías (€)	319.990,28	395.735,10	491.734,66	632.158,47	542.572,08	682.149,05

Tabla 26: Coste tuberías polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	416,4	466,7	518	619,6	721,2
Coste unitario (€/m)	131,98	154,94	177,84	238,52	A consultar
Coste Tuberías (€)	326.799,64	383.651,58	440.354,96	590.606,53	-

Tabla 27: Coste tuberías fundición

- 6 horas de funcionamiento

o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	500	600
Coste unitario (€/m)	18,07	28,24
Coste Tuberías (€)	44.743,67	69.925,91

Tabla 28: Coste tuberías hormigón en masa

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	493,6	555,2	625,8	705,2	793,4
Coste unitario (€/m)	198,59	255,301	219,121	275,49	353,04
Coste Tuberías (€)	491.734,66	632.158,47	542.572,08	682.149,05	874.172,94

Tabla 29: Coste tuberías polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	466,7	518	619,6	721,2	823,8
Coste unitario (€/m)	154,94	177,84	238,52	A consultar	A consultar
Coste Tuberías (€)	383.651,58	440.354,96	590.606,53	-	-

Tabla 30: Coste tuberías fundición

1.2.2.1.3 COSTE ENERGÉTICO

El coste energético que una estación de bombeo tendrá a lo largo de su vida útil, será el coste de la energía empleada en bombear agua venciendo el desnivel geométrico y las pérdidas de carga en la tubería. Dada la importancia que las pérdidas de carga tienen en los costes energéticos asociados a la instalación, habrá que prestar atención al material y al diámetro de la tubería que se escoge para la tubería de impulsión.

Dado el carácter de primera iteración del proceso, el cálculo de los costes energéticos de la estación de bombeo se ha realizado de una forma aproximada. Las estimaciones que se han considerado en esta primera aproximación son las siguientes:

- Rendimiento de la bomba (η_B): 70%
- Rendimiento del motor eléctrico (η_M): 80%
- La instalación funcionará durante 6 meses a lo largo del año
- Vida útil de la instalación: 20 años

1.2.2.1.3.1 TARIFA ELÉCTRICA

Puesto que las horas de funcionamiento de la instalación a lo largo del día es uno de los parámetros que se está modificando en este análisis de costes, será muy importante su efecto en el coste de la tarifa eléctrica. Debido a la diferencia de la tarifa eléctrica en las horas punta de consumo y en las horas valle, el número de horas de funcionamiento de la instalación a lo largo del día tendrá una repercusión importante en el coste de la energía consumida. El perfil de la tarifa eléctrica de la compañía distribuidora² a lo largo del día figura en la siguiente gráfica:

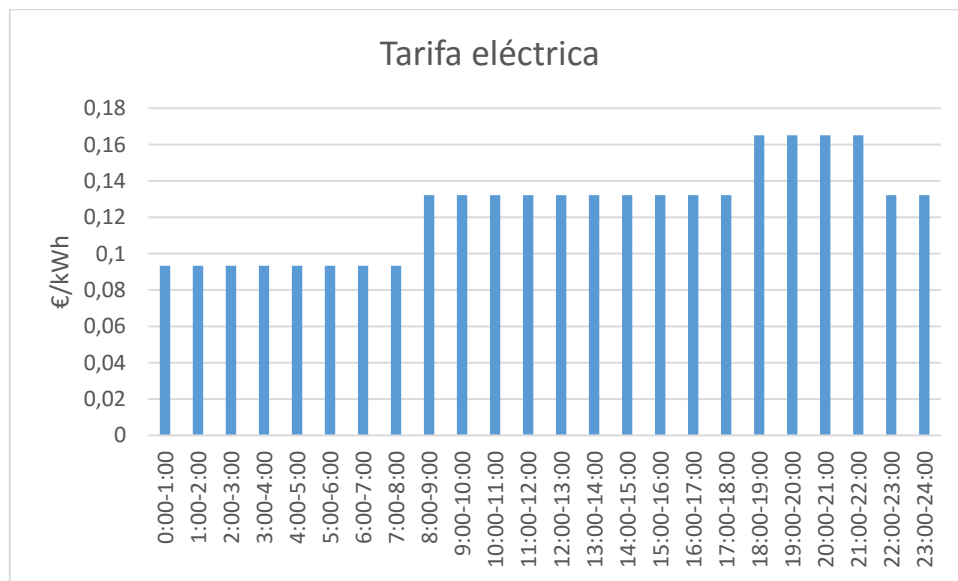


Ilustración 3: Evolución de la tarifa eléctrica a lo largo del día

Para cada una de las cuatro opciones analizadas, se han distribuido las horas de funcionamiento de la forma más económica posible. Para ello siempre se utilizarán las horas valle de consumo eléctrico, pues son las que tienen un menor coste de tarifa.

Para poder analizar los costes energéticos en cada una de las opciones a analizar se debe conocer el coste de la energía eléctrica en cada escenario. Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Coste} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) = \text{Tarifa media diaria} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \times \text{Horas de funcionamiento (h)}$$

La tarifa media diaria se ha obtenido realizando la media ponderada en función de las horas en las que funcionaría la instalación.

² www.endesaclientes.com

Las horas de funcionamiento totales en cada uno de los cuatro escenarios se han calculado considerando que la instalación está diseñada para una vida útil de veinte años, con un funcionamiento de seis meses al año y veintiséis días al mes.

El coste de la energía obtenido en cada uno de los cuatro escenarios analizados se muestra a continuación:

- 24 horas de funcionamiento al día
El perfil de tarifa eléctrica que se tendrá en este escenario se corresponde con la Ilustración 3.

La tarifa eléctrica media de un día en este escenario se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Tarifa media diaria} &= \frac{8 \times 0,093325 + 4 \times 0,16508 + 12 \times 0,132194}{24} \\ &= 0,12471867 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \end{aligned}$$

El número total de horas de funcionamiento para toda la vida útil de la instalación en este escenario se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Horas de funcionamiento} &= 20 \text{ años} \times 6 \frac{\text{meses}}{\text{año}} \times 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \\ &= 74.880 \text{ h} \end{aligned}$$

Conociendo la tarifa media diaria y las horas de funcionamiento a lo largo de toda la vida útil de la instalación, el coste de la energía eléctrica para este escenario:

$$\text{Coste de la energía} = 0,12471867 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 74.880 \text{ h} = 9.338,93 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

- 12 horas de funcionamiento al día

El perfil de tarifa eléctrica que se consigue con el escenario de 12 horas diarias de funcionamiento se muestra en la siguiente ilustración:

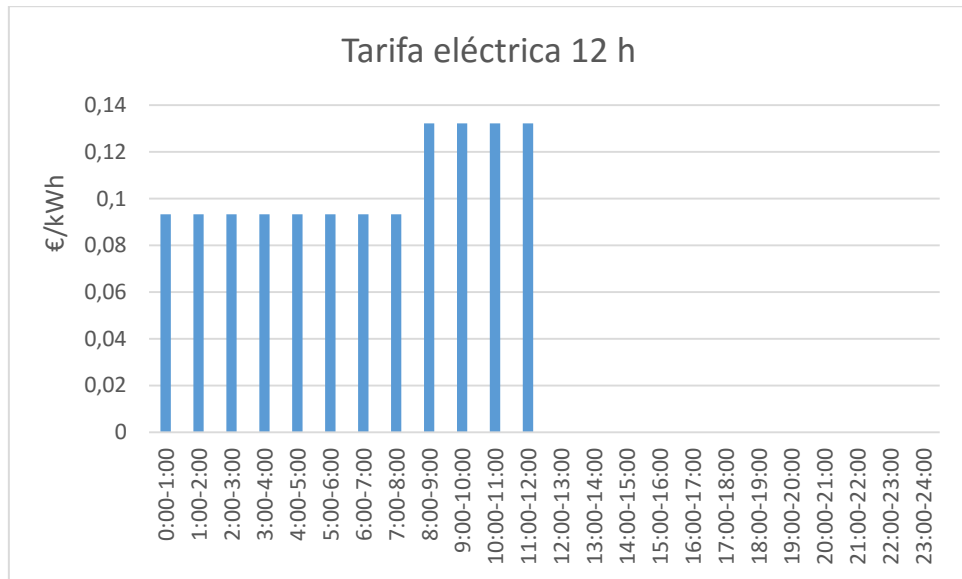


Ilustración 4: Tarifa eléctrica, escenario 12 horas diarias

La tarifa eléctrica media de un día en este escenario se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Tarifa\ media\ diaria = \frac{8 \times 0,093325 + 4 \times 0,132194}{12} = 0,10628133 \frac{\text{€}}{kWh}$$

El número total de horas de funcionamiento para toda la vida útil de la instalación en este escenario se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} Horas\ de\ funcionamiento &= 20\ años \times 6 \frac{meses}{año} \times 26 \frac{días}{mes} \times 12 \frac{h}{día} \\ &= 37.440\ h \end{aligned}$$

Conociendo la tarifa media diaria y las horas de funcionamiento a lo largo de toda la vida útil de la instalación, el coste de la energía eléctrica para este escenario:

$$Coste\ de\ la\ energía = 0,10628133 \frac{\text{€}}{kWh} \times 37.440\ h = 3.979,17 \frac{\text{€}}{kW}$$

- 8 horas de funcionamiento al día

El perfil de tarifa eléctrica que se consigue en el escenario de 8 horas diarias de funcionamiento se muestra en la ilustración siguiente:

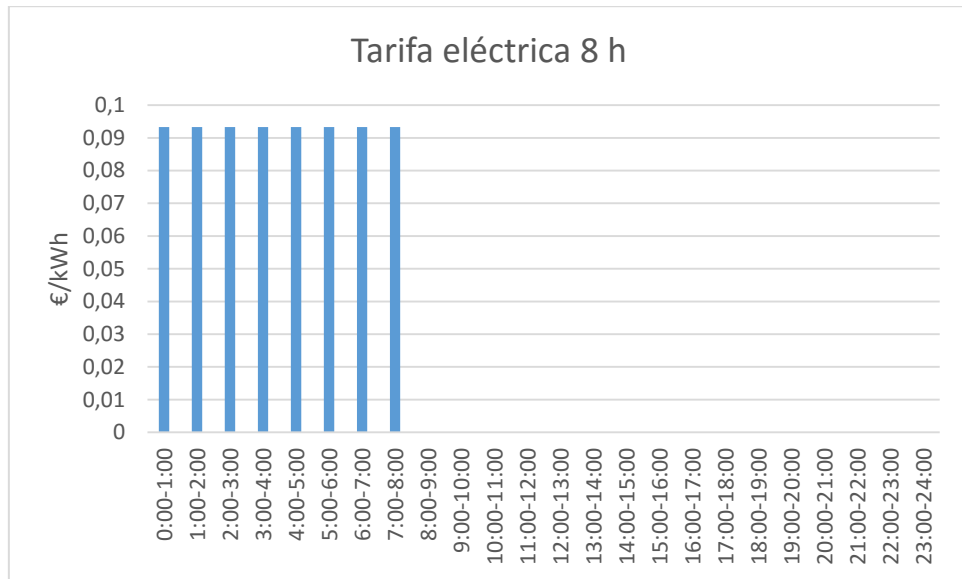


Ilustración 5: Tarifa eléctrica, escenario 8 horas diarias

La tarifa eléctrica media de un día en este escenario se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Tarifa media diaria} = \frac{8 \times 0,093325}{8} = 0,093325 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

El número total de horas de funcionamiento para toda la vida útil de la instalación en este escenario se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Horas de funcionamiento} &= 20 \text{ años} \times 6 \frac{\text{meses}}{\text{año}} \times 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} \\ &= 24.960 \text{ h} \end{aligned}$$

Conociendo la tarifa media diaria y las horas de funcionamiento a lo largo de toda la vida útil de la instalación, el coste de la energía eléctrica para este escenario:

$$\text{Coste de la energía} = 0,093325 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 24.960 \text{ h} = 2.329,39 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

- 6 horas de funcionamiento al día

El perfil de tarifa eléctrica que se consigue en el escenario de 8 horas diarias de funcionamiento se muestra en la ilustración siguiente:

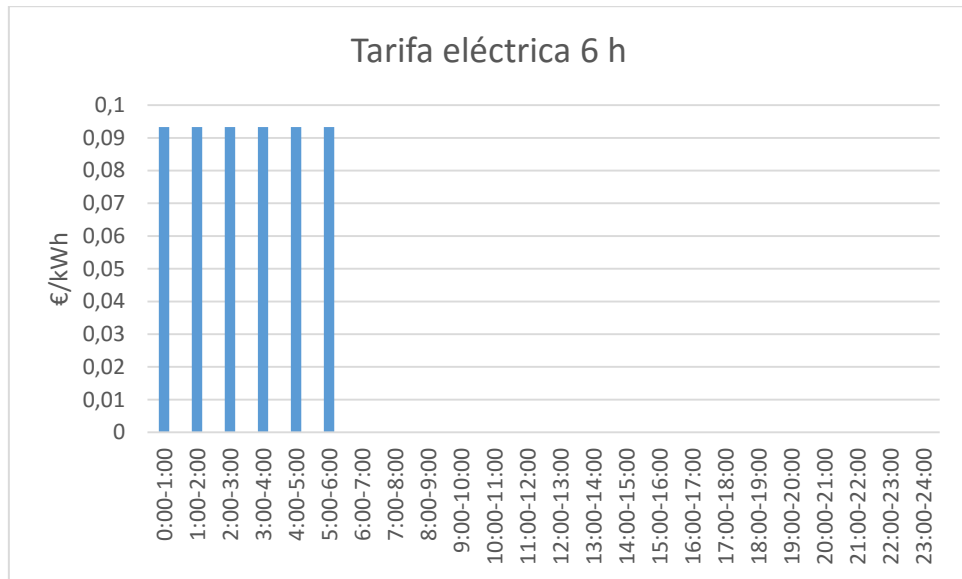


Ilustración 6: Tarifa eléctrica, escenario 6 horas al día

La tarifa eléctrica media de un día en este escenario se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Tarifa\ media\ diaria = \frac{6 \times 0,093325}{6} = 0,093325 \frac{\text{€}}{kWh}$$

El número total de horas de funcionamiento para toda la vida útil de la instalación en este escenario se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} Horas\ de\ funcionamiento &= 20\ años \times 6 \frac{meses}{año} \times 26 \frac{días}{mes} \times 6 \frac{h}{día} \\ &= 18.720\ h \end{aligned}$$

Conociendo la tarifa media diaria y las horas de funcionamiento a lo largo de toda la vida útil de la instalación, el coste de la energía eléctrica para este escenario:

$$Coste\ de\ la\ energía = 0,093325 \frac{\text{€}}{kWh} \times 18.720\ h = 1.747,04 \frac{\text{€}}{kW}$$

Conociendo el coste de la energía eléctrica en cada uno de los escenarios analizados, el segundo parámetro necesario para obtener el coste energético es la potencia requerida por el motor eléctrico que accionará la bomba de impulsión. Para conocer la potencia necesaria en el accionamiento eléctrico, primero es necesario conocer la potencia que se requiere en la bomba de impulsión del fluido. La potencia requerida en el eje de la bomba se obtendrá mediante la siguiente ecuación:

$$P_2 = \frac{Q \times H_1}{1.000 \times \eta_B}$$

Donde:

- P_2 : Potencia en el eje de la bomba, medida en kW.
- Q : Caudal que circula por la tubería de impulsión, medido en m³/segundo.
- H_1 : Pérdidas de carga en la tubería de impulsión, medidas en Pa.
- η_B : Rendimiento estimado de la bomba.

De esta fórmula se deduce que la potencia requerida en la bomba, y por tanto los costes energéticos, están directamente relacionados con las pérdidas de carga. No se considera la altura geodésica que debe vencer la bomba, dado que es algo constante para todas las opciones estudiadas. Las pérdidas de carga en la tubería de impulsión vendrán determinadas por el material de la tubería de impulsión y el diámetro de la misma. En el siguiente epígrafe se desarrollará el cálculo de las pérdidas de carga para cada una de las opciones analizadas. Con ello se podrá obtener la potencia requerida en la bomba y la potencia eléctrica demandada por el motor.

1.2.2.1.3.2 PÉRDIDAS DE CARGA

Como se ha comentado anteriormente, las pérdidas de carga en la tubería de impulsión tienen una enorme repercusión en los costes energéticos de la instalación de bombeo. Por ello es necesario realizar una comparación de las pérdidas de carga que se producen con cada opción de tubería de impulsión, en cada uno de los escenarios analizados.

Las pérdidas de carga en la tubería de impulsión se consideran solamente como pérdidas de carga primarias. El cálculo de las pérdidas de carga en la tubería de impulsión se ha realizado utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_1 = f \times \frac{\rho \times L \times V^2}{2 \times D}$$

Donde:

- H_1 : Pérdidas de carga primarias, medidas en Pa.
- f : Factor de fricción adimensional.
- ρ : Densidad del agua, medida en kg/m^3 .
- L : Longitud del conducto, medida en metros.
- V : Velocidad del fluido, medida en metros por segundo.
- D : Diámetro de la sección del conducto, medido en metros.

El cálculo de los parámetros anteriores, así como de las pérdidas de carga, se ha realizado para cada una de las opciones estudiadas. Los parámetros que permanecerán constantes en todas las alternativas analizadas son:

- Densidad del agua: $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- Longitud de la tubería de impulsión: $L = 2.476,13 \text{ m}$

El factor de fricción (f) es un parámetro que dependerá del material de la tubería. Por otro lado, la velocidad del fluido es un parámetro que depende del número de horas de funcionamiento y del diámetro del conducto. La velocidad del fluido en cada una de las alternativas ha sido obtenida en el apartado 1.2.2.1.1 de este documento.

La fórmula empleada para obtener el factor de fricción es la siguiente:

$$f = 0,11 \times \left(\frac{E}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

Donde:

- Re : Número de Reynolds.
- D : Diámetro de la sección del conducto, medido en metros.
- E : Rugosidad absoluta de la tubería, medida en metros.

A continuación se muestran las pérdidas de carga resultantes en cada una de las alternativas analizadas. También se muestran los resultados de los parámetros intermedios necesarios para el cálculo de las pérdidas de carga.

- 24 horas de funcionamiento al día
 - Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	300	400
Caudal (m ³ /s)	0,16	0,16
Rugosidad absoluta (m)	0,0003	0,0003
Numero de Reynolds	675.285,46	507.772,61
Factor de fricción	0,02004	0,01897
Pérdida de carga (Pa)	590.065,77	133.237,77

Tabla 31: Pérdidas de carga tubería de hormigón en masa

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	246,8	277,6	312,8	352,6	396,6	440,6
Caudal (m ³ /s)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Rugosidad absoluta (m)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Numero de Reynolds	822.970,19	731.660,82	649.325,583	576.032,452	512.125,674	460.982,847
Factor de fricción	0,01159	0,01172	0,01189	0,01210	0,01233	0,01256
Pérdida de carga (Pa)	910.339,01	511.495,80	285.710,91	159.699,88	90.410,83	54.430,93

Tabla 32: Pérdidas de carga tubería de polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	263,5	314,8	366,1	416,4
Caudal (m ³ /s)	0,16	0,16	0,16	0,16
Rugosidad absoluta (m)	0,0000024	0,0000024	0,0000024	0,0000024
Numero de Reynolds	768.854,26	643.561,30	553.381,857	486.534,817
Factor de fricción	0,01093	0,01135	0,01173	0,01208
Pérdida de carga (Pa)	615.914,47	262.715,35	127.682,25	69.071,33

Tabla 33: Pérdidas de carga tubería de fundición

- 12 horas de funcionamiento al día

o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	400	500	600
Caudal (m ³ /s)	0,32	0,32	0,32
Rugosidad absoluta (m)	0,0003	0,0003	0,0003
Numero de Reynolds	1.012.371,63	809.897,31	674.914,422
Factor de fricción	0,01860	0,01779	0,01722
Pérdida de carga (Pa)	519.330,36	162.769,70	63.326,21

Tabla 34: Perdidas de carga tubería de hormigón en masa

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	352,6	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8
Caudal (m ³ /s)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Rugosidad absoluta (m)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Numero de Reynolds	1.149.096,06	1.021.611,87	919.589,80	820.849,44	729.775,35	647.445,32
Factor de fricción	0,01064	0,01077	0,01091	0,01108	0,01130	0,01154
Pérdida de carga (Pa)	558.830,77	314.095,39	188.023,64	108.288,50	61.293,31	34.408,72

Tabla 35: Pérdidas de carga tubería de polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	366,1	416,4	466,7	518	619,6
Caudal (m ³ /s)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Rugosidad absoluta (m)	0,0000024	0,0000024	0,0000024	0,0000024	0,0000024
Numero de Reynolds	1.106.755,37	973.062,30	868.187,58	782.206,84	653.943,10
Factor de fricción	0,00999	0,01026	0,01051	0,01076	0,01121
Pérdida de carga (Pa)	434.801,89	234.591,16	135.943,26	82.595,07	35.141,85

Tabla 36: Pérdidas de carga tubería de fundición

- 8 horas de funcionamiento al día

o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	400	500	600
Caudal (m ³ /s)	0,48	0,48	0,48
Rugosidad absoluta (m)	0,0003	0,0003	0,0003
Numero de Reynolds	1.520.144,24	1.216.115,39	1.013.429,49
Factor de fricción	0,01847	0,01760	0,01697
Pérdida de carga (Pa)	1.162.815,10	363.176,18	140.738,79

Tabla 37: Pérdidas de carga tubería de hormigón en masa

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8	705,2
Caudal (m ³ /s)	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Rugosidad absoluta (m)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Numero de Reynolds	1.533.176,20	1.380.067,36	1.231.883,52	1.095.204,78	971.648,62	862.248,59
Factor de fricción	0,01005	0,01013	0,01025	0,01041	0,01059	0,01080
Pérdida de carga (Pa)	660.073,24	393.386,69	225.583,78	127.179,38	71.146,96	39.936,12

Tabla 38: Pérdidas de carga tubería de polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	416,4	466,7	518	619,6	721,2
Caudal (m ³ /s)	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Rugosidad absoluta (m)	0,0000024	0,0000024	0,0000024	0,0000024	0,0000024
Numero de Reynolds	1.459.593,46	1.302.281,37	1.173.310,26	980.914,65	842.727,00
Factor de fricción	0,00936	0,00957	0,00978	0,01017	0,01053
Pérdida de carga (Pa)	481.427,36	278.491,26	168.976,59	71.765,65	34.766,89

Tabla 39: Pérdidas de carga tubería de fundición

- 6 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	500	600
Caudal (m ³ /s)	0,64	0,64
Rugosidad absoluta (m)	0,0003	0,0003
Numero de Reynolds	1.619.794,61	1.349.828,84
Factor de fricción	0,01751	0,01685
Pérdida de carga (Pa)	640.849,65	247.818,92

Tabla 40: Pérdidas de carga tubería de hormigón en masa

- o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	493,6	555,2	625,8	705,2	793,4
Caudal (m ³ /s)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Rugosidad absoluta (m)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Numero de Reynolds	1.640.796,84	1.458.748,74	1.294.179,16	1.148.464,71	1.020.793,18
Factor de fricción	0,00975	0,00986	0,01001	0,01018	0,01038
Pérdida de carga (Pa)	380.562,34	213.836,38	119.263,13	66.768,74	37.754,77

Tabla 41: Pérdidas de carga tubería de polietileno

- o Fundición

Diámetro interior (mm)	466,7	518	619,6	721,2	823,8
Caudal (m ³ /s)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Rugosidad absoluta (m)	0,0000024	0,0000024	0,0000024	0,0000024	0,0000024
Numero de Reynolds	1.736.375,16	1.564.413,68	1.307.886,19	1.123.636,00	983.692,99
Factor de fricción	0,00897	0,00916	0,00951	0,00983	0,01013
Pérdida de carga (Pa)	464.142,73	281.265,14	119.249,86	57.707,55	30.585,38

Tabla 42: Pérdidas de carga tubería de fundición

Conociendo las pérdidas de carga se puede obtener la potencia requerida en el eje de la bomba, tal y como se ha especificado anteriormente. Con el valor de la potencia requerida en la bomba se han obtenido las potencias requeridas en el accionamiento eléctrico. La potencia requerida en el motor eléctrico se ha obtenido con la siguiente fórmula:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_M}$$

Donde:

- P_1 : Potencia absorbida de la red por el motor eléctrico, medida en kW.
- P_2 : Potencia requerida en el eje de la bomba, medida en kW.
- η_M : Rendimiento estimado del motor eléctrico.

De este modo, el cálculo de los costes energéticos se ha obtenido aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Coste energético (€)} = \text{Coste de la energía (€/kW)} \times P_1(\text{kW})$$

Puesto que el coste de la energía se ha obtenido para el total de horas de funcionamiento de la instalación de bombeo, los costes energéticos obtenidos son los estimados para toda la vida útil de la instalación. En cada una de las alternativas analizadas las horas de funcionamiento varían y esto afecta al coste de la energía calculado, como se ha explicado en puntos anteriores.

A continuación se muestran los costes energéticos estimados para toda la vida útil de la instalación, teniendo en cuenta cada una de las opciones analizadas en este proceso. También se incluye el desglose para cada alternativa de las potencias en la bomba y en el accionamiento eléctrico, necesarias para el cálculo de los costes energéticos. Los resultados se recogen en las siguientes tablas:

- 24 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	300	400
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	135	30
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	168	38
Coste energético (€)	1.570.407,43	355.513,92

Tabla 43: Costes energéticos tubería de hormigón en masa

- o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	246,8	277,6	312,8	352,6	396,6	440,6
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	208	117	65	37	21	12
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	260	146	82	46	26	16
Coste energético (€)	2.429.027,34	1.364.807,27	762.352,93	426.121,88	241.240,21	145.236,24

Tabla 44: Costes energéticos tubería de polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	263,5	314,8	366,1	416,4
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	140	60	29	16
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	176	75	36	20
Coste energético (€)	1.639.201,43	699.193,47	339.814,91	183.827,18

Tabla 45: Costes energéticos tubería de fundición

- 12 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	400	500	600
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	237	74	29
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	296	93	36
Coste energético (€)	1.177.170,06	368.951,30	143.542,01

Tabla 46: Costes energéticos tubería de hormigón en masa

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	352,6	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	255	143	86	49	28	16
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	319	179	107	62	35	20
Coste energético (€)	1.267.402,31	712.353,79	426.428,90	245.593,31	139.010,39	78.037,39

Tabla 47: Costes energéticos tubería de polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	366,1	416,4	466,7	518	619,6
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	198	107	62	38	16
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	248	134	77	47	20
Coste energético (€)	986.110,55	532.041,88	308.313,01	187.321,80	79.700,09

Tabla 48: Costes energéticos tubería de fundición

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

- 8 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	400	500	600
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	796	249	96
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	995	311	120
Coste energético (€)	2.316.864,99	723.614,77	280.416,70

Tabla 49: Costes energéticos tubería de hormigón en masa

- o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	396,6	440,6	493,6	555,2	625,8	705,2
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	452	269	154	87	49	27
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	565	336	193	109	61	34
Coste energético (€)	1.315.170,91	783.808,07	449.467,13	253.400,09	141.757,62	79.571,21

Tabla 50: Costes energéticos tubería de polietileno

- o Fundición

Diámetro interior (mm)	416,4	466,7	518	619,6	721,2
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	329	190	116	49	24
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	412	238	144	61	30
Coste energético (€)	958.751,27	554.608,81	336.512,92	142.919,60	69.237,44

Tabla 51: Costes energéticos tubería de fundición

- 6 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

Diámetro interior (mm)	500	600
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	584	226
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	730	282
Coste energético (€)	1.275.535,78	493.254,39

Tabla 52: Costes energéticos tubería de hormigón en masa

o Polietileno de baja densidad

Diámetro interior (mm)	493,6	555,2	625,8	705,2	793,4
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	347	195	109	61	34
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	434	244	136	76	43
Coste energético (€)	757.464,54	425.616,14	237.379,23	132.895,32	75.146,43

Tabla 53: Costes energéticos tubería de polietileno

o Fundición

Diámetro interior (mm)	466,7	518	619,6	721,2	823,8
Potencia requerida en el eje de la bomba (kW)	423	256	109	53	28
Potencia consumida por el motor eléctrico (kW)	529	321	136	66	35
Coste energético (€)	924.329,33	560.132,92	237.483,30	114.923,24	60.910,07

Tabla 54: Costes energéticos tubería de fundición

1.2.2.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Todo el proceso desarrollado en el apartado 1.2.2 tiene por objetivo conocer cuál es la mejor alternativa para el diseño de la tubería de impulsión de la instalación que se está diseñando. De acuerdo con el criterio de diseño establecido, la mejor alternativa será aquella que consiga minimizar el coste total durante el ciclo de vida de la instalación. Las dos partidas más importantes a tener en cuenta en el coste del ciclo de vida de una instalación de bombeo son el coste de instalación y los costes energéticos.

Para conocer cuál es la mejor alternativa a instalar, teniendo en cuenta el criterio de diseño, se ha realizado una comparativa. Se han comparado todas las alternativas analizadas en cada uno de los cuatro escenarios de horas de funcionamiento de la instalación.

A continuación se muestran los gráficos que presentan los costes energéticos y de instalación para cada material de tubería. Los costes energéticos van disminuyendo a medida que el diámetro seleccionado es mayor, dado que las pérdidas de carga son menores. Por el contrario, los costes de instalación van aumentando a medida que el diámetro de la tubería es mayor. La solución óptima para cada material será aquella que consiga un compromiso entre los costes de instalación y los costes energéticos. Esta solución de compromiso entre ambos costes se encontrará en el punto donde intersecten las dos rectas que representan cada uno de los costes analizados.

- 24 horas de funcionamiento al día
 - Hormigón en masa

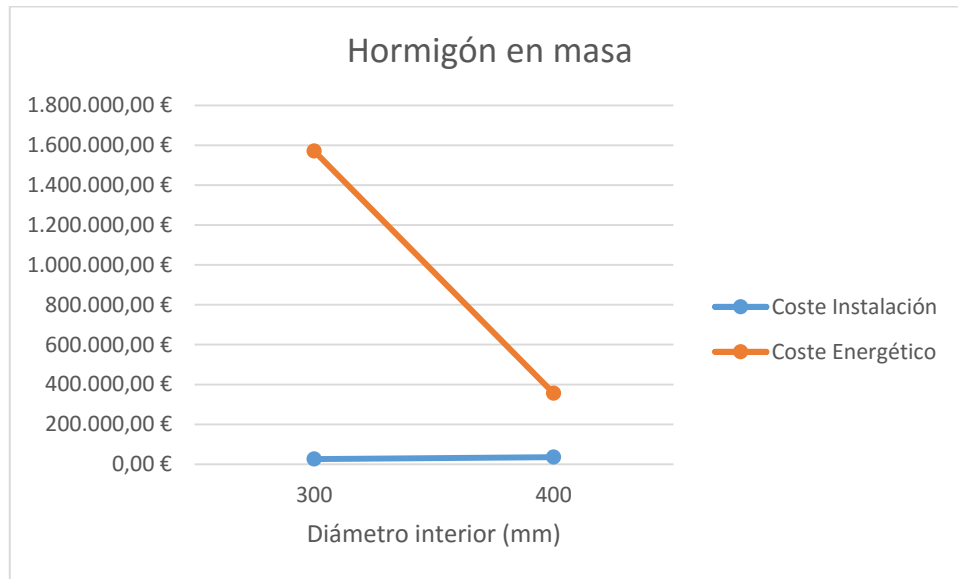


Ilustración 7: Relación de costes tubería de hormigón en masa

La solución óptima para un funcionamiento de 24 horas al día y una tubería de hormigón en masa es una tubería de DN 400. La suma de los costes de instalación y energético para esta opción suma 391.269,24 €.

- Polietileno de baja densidad

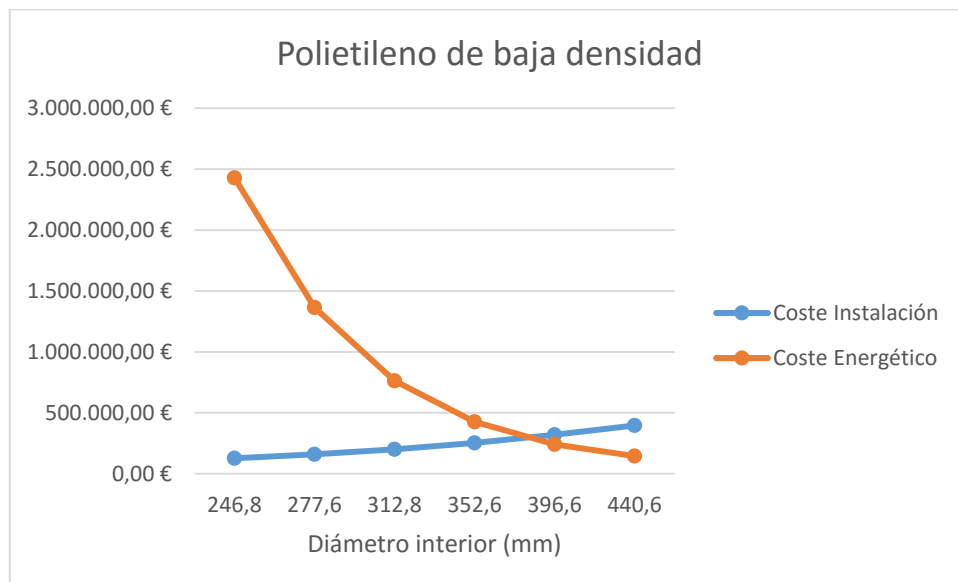


Ilustración 8: Relación de costes tubería de polietileno

La solución óptima para un funcionamiento de 24 horas al día y una tubería de polietileno de baja densidad es una tubería de DN 500. La suma de los costes de instalación y energético para esta opción suma 540.971,33 €.

o Fundición

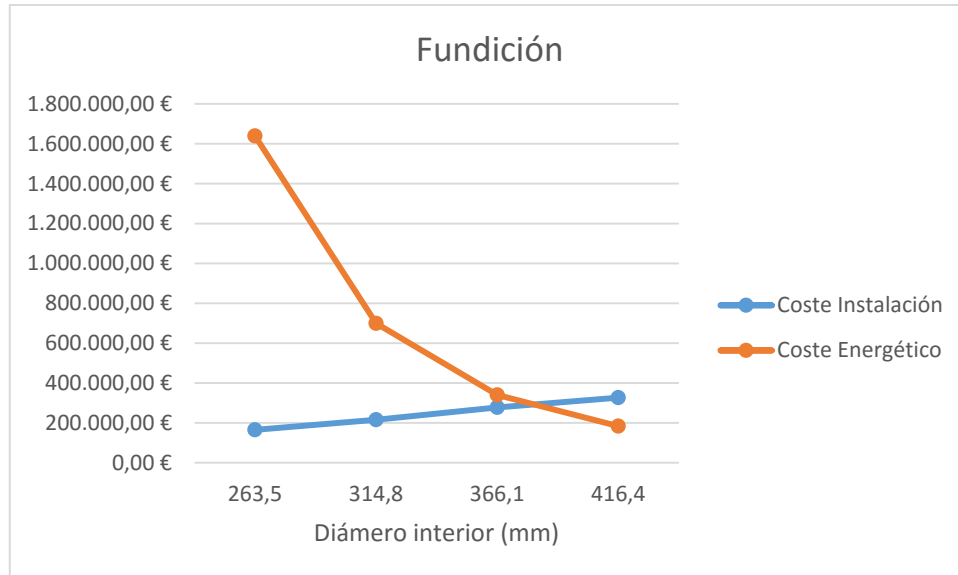


Ilustración 9: Relación de costes tubería de fundición

La solución óptima para un funcionamiento de 24 horas al día y una tubería de fundición es una tubería de diámetro interior 416,4 mm. La suma de los costes de instalación y energético para esta opción suma 510.626,81 €.

Realizando la comparativa entre las mejores opciones de cada material, se obtendrá la mejor alternativa para la hipótesis de 24 horas de funcionamiento al día. En el siguiente gráfico se muestra la suma de los costes de instalación y energéticos para cada opción analizada.

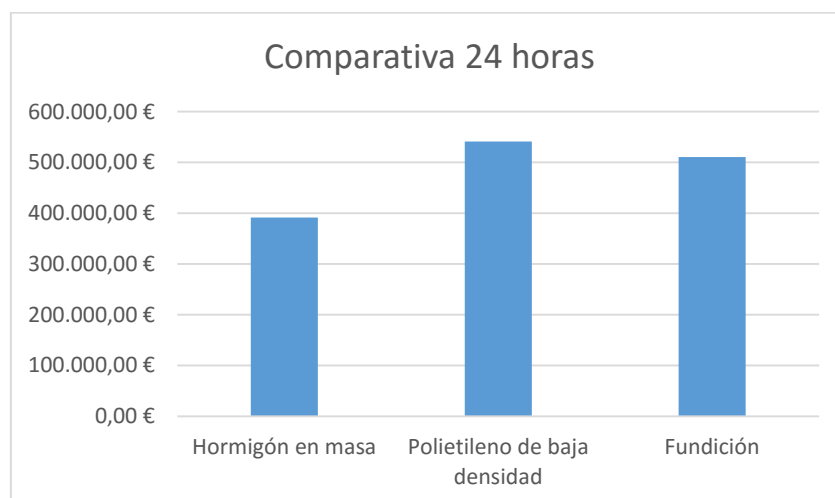


Ilustración 10: Costes totales alternativas 24 horas de funcionamiento diario

Como se puede observar en la Ilustración 10, la mejor alternativa es una conducción de hormigón en masa con un diámetro nominal DN 400.

- 12 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

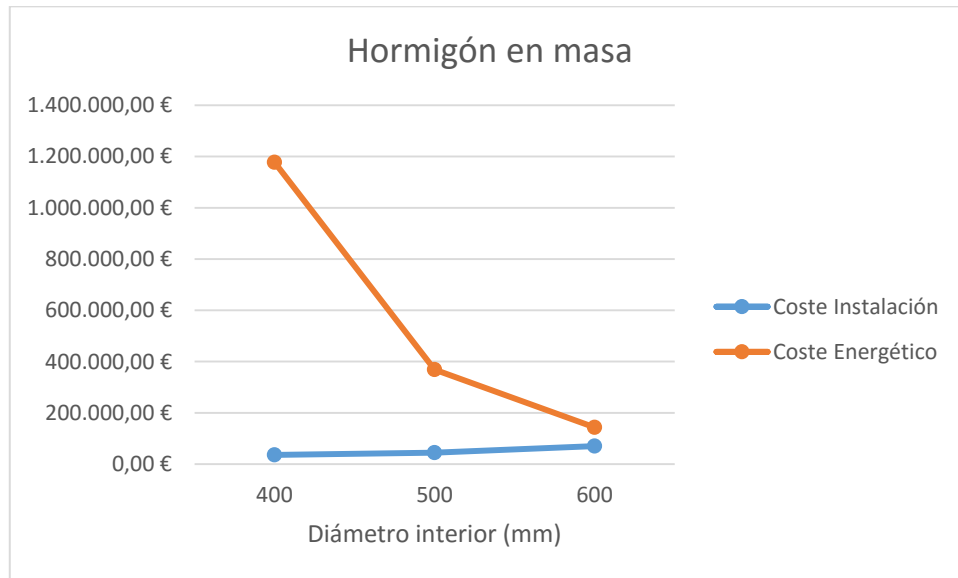


Ilustración 11: Relación de costes tubería de hormigón en masa

La mejor alternativa para un funcionamiento de 12 horas al día en una instalación con tubería de hormigón en masa es la conducción de DN 600. Los costes totales asociados a esta alternativa son 213.467,92 €.

- o Polietileno de baja densidad

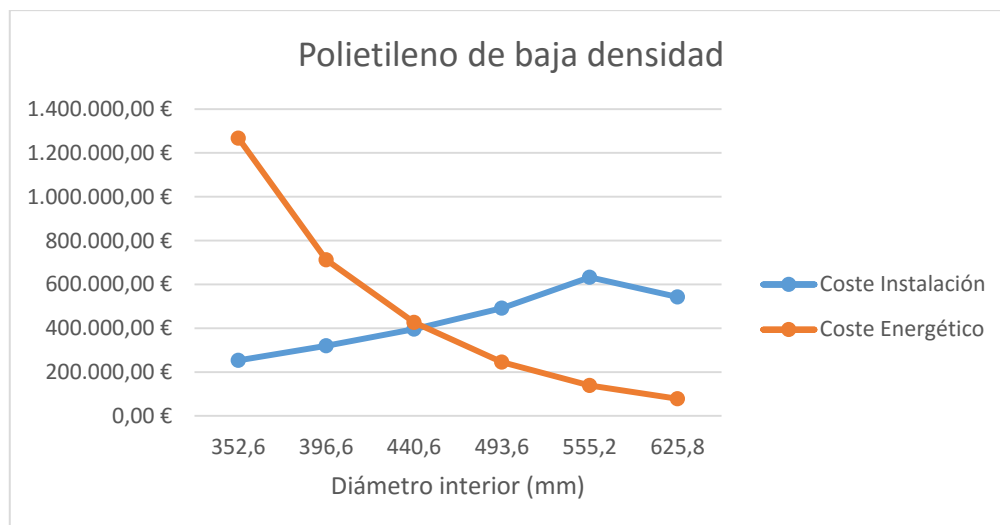


Ilustración 12: Relación de costes tubería de polietileno

La mejor alternativa para un funcionamiento de 12 horas al día en una instalación con tubería de polietileno de baja densidad es la conducción de DN 560. Los costes totales asociados a esta alternativa son 737.327,97 €.

o Fundición

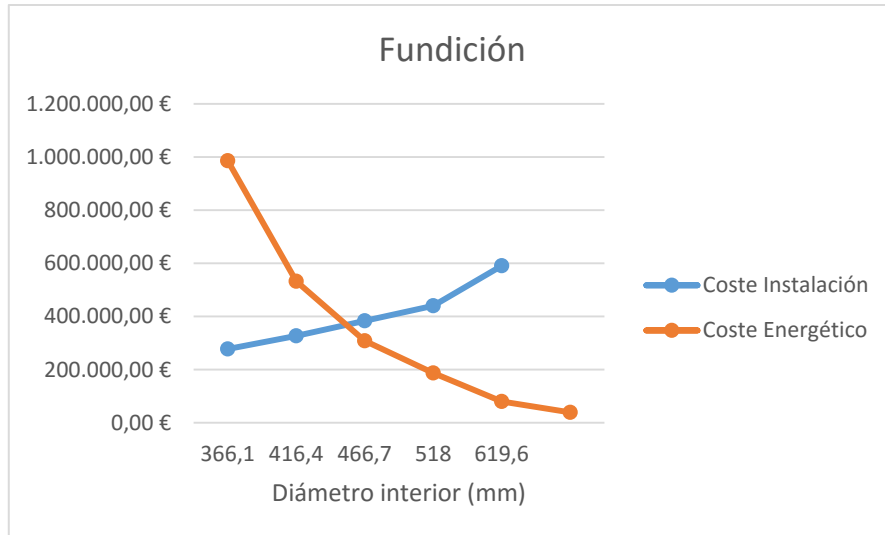


Ilustración 13: Relación de costes tubería de fundición

La mejor alternativa para un funcionamiento de 12 horas al día en una instalación con tubería de fundición es la conducción de diámetro interior 518 mm. Los costes totales asociados a esta alternativa son 627.676,76 €.

Realizando la comparativa entre las mejores opciones de cada material, se obtendrá la mejor alternativa para la hipótesis de 12 horas de funcionamiento al día. En el siguiente gráfico se muestra la suma de los costes de instalación y energéticos para cada opción analizada.

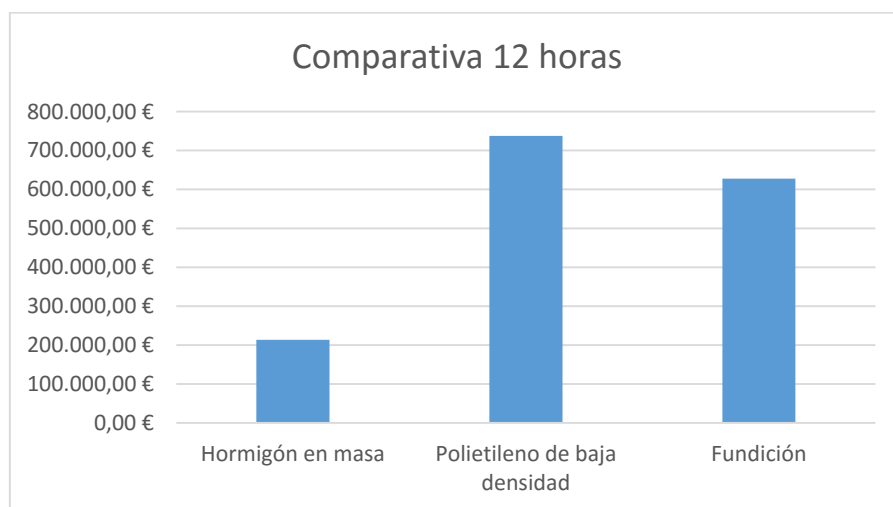


Ilustración 14: Costes totales alternativas 12 horas de funcionamiento diario

Como se puede observar en la Ilustración 14, la mejor alternativa es una conducción de hormigón en masa con un diámetro nominal DN 600.

- 8 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

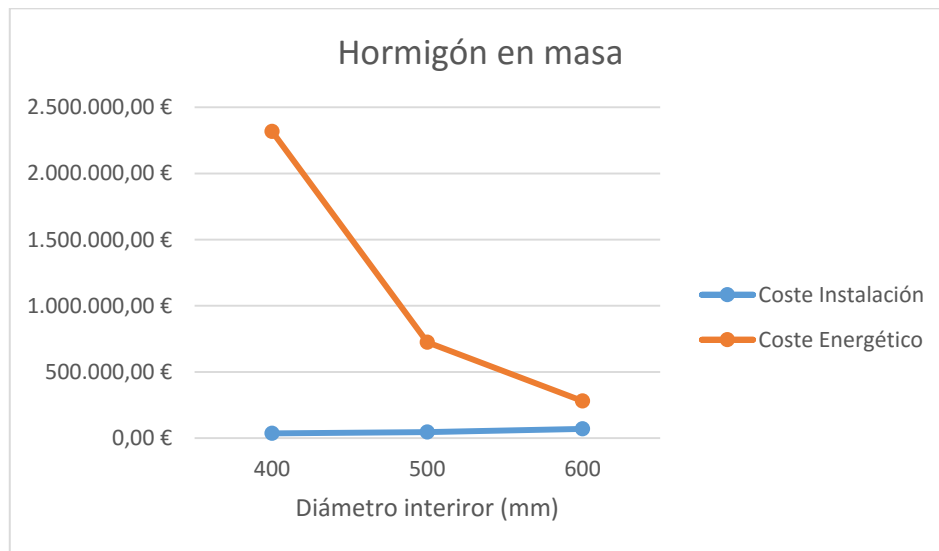


Ilustración 15: Relación de costes tubería hormigón en masa

Entre las opciones analizadas, la que resulta más adecuada al criterio de diseño expuesto anteriormente es una conducción de DN 600. La suma del coste de instalación de esta conducción y el coste energético es de 350.342,61 €.

- o Polietileno de baja densidad

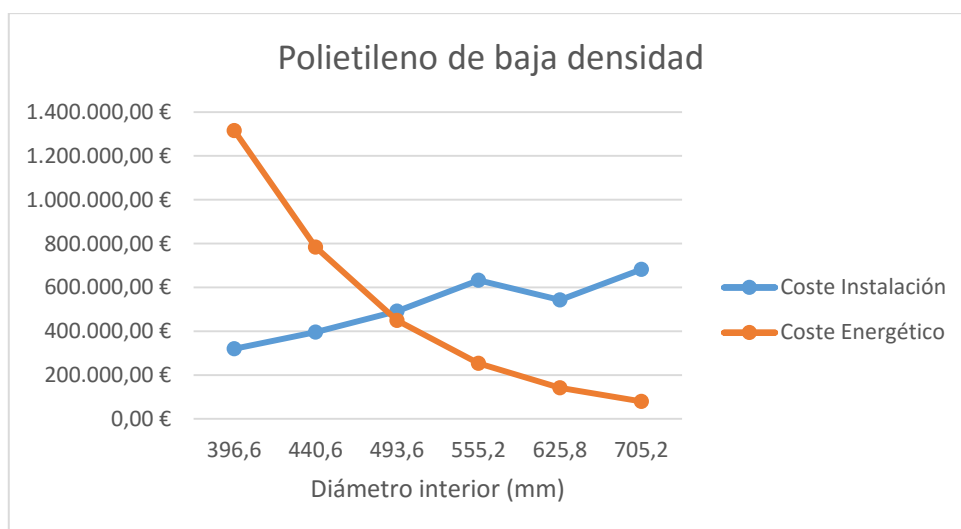


Ilustración 16: Relación de costes tubería polietileno de baja densidad

Entre las opciones analizadas, la que resulta más adecuada al criterio de diseño expuesto anteriormente es una conducción de DN 710. La suma del coste de instalación de esta conducción y el coste energético es de 684.329,70 €.

o Fundición

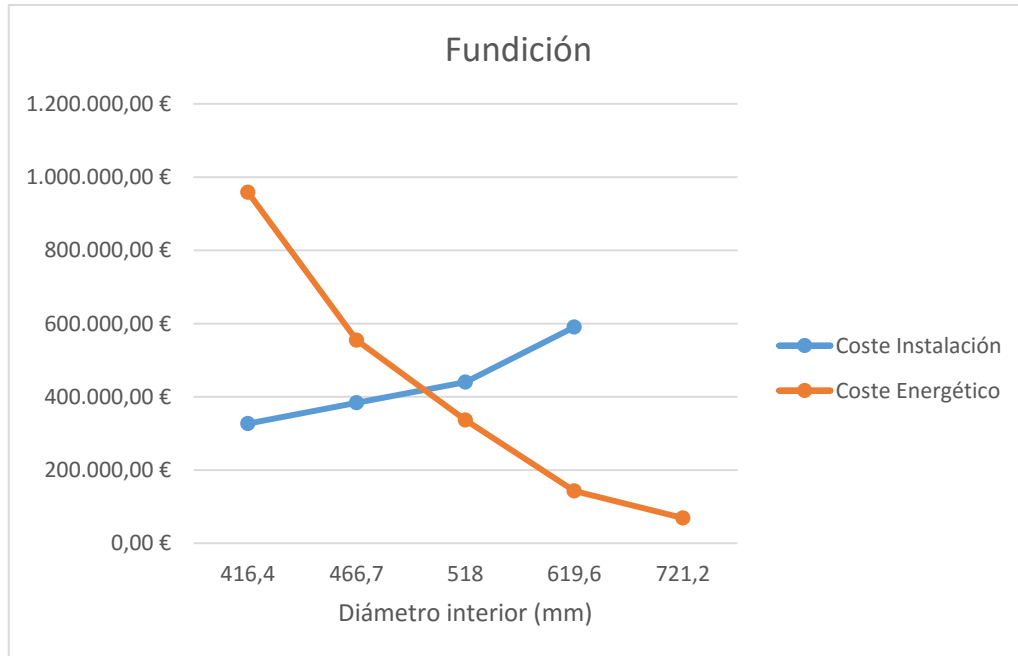


Ilustración 17: Relación de costes tubería de fundición

Entre las opciones analizadas, la que resulta más adecuada al criterio de diseño expuesto anteriormente es una conducción de diámetro interior 619,6 mm. La suma del coste de instalación de esta conducción y el coste energético es de 733.526,13 €.

Realizando la comparativa entre las mejores opciones de cada material, se obtendrá la mejor alternativa para la hipótesis de 8 horas de funcionamiento al día. En el siguiente gráfico se muestra la suma de los costes de instalación y energéticos para cada opción analizada.

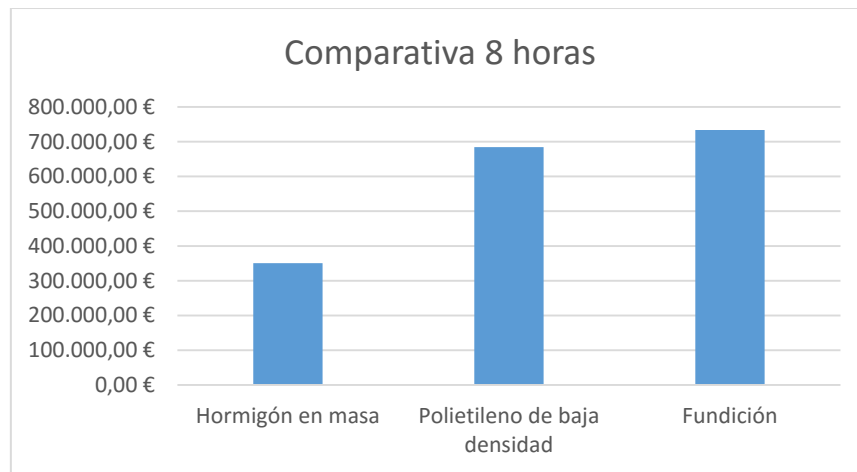


Ilustración 18: Costes totales alternativas 8 horas funcionamiento diario

Como se observa en la Ilustración 18, la mejor alternativa para la hipótesis de 8 horas de funcionamiento diario es una tubería de hormigón en masa de diámetro nominal DN 600.

- 6 horas de funcionamiento al día
 - o Hormigón en masa

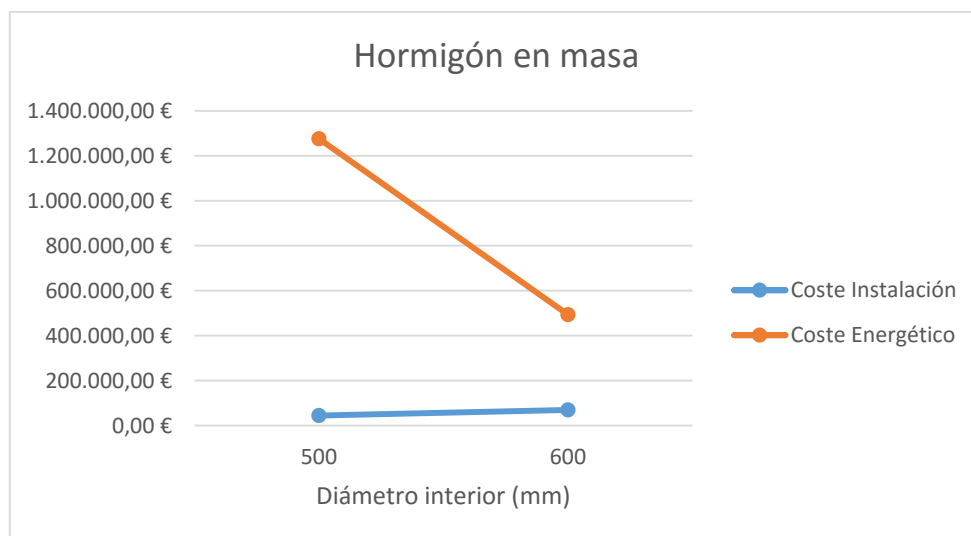


Ilustración 19: Relación de costes tubería hormigón en masa

La mejor alternativa para un funcionamiento de 6 horas al día en una instalación con tubería de hormigón en masa es la conducción de DN 600. Los costes totales asociados a esta alternativa son 563.180,30 €.

o Polietileno de baja densidad

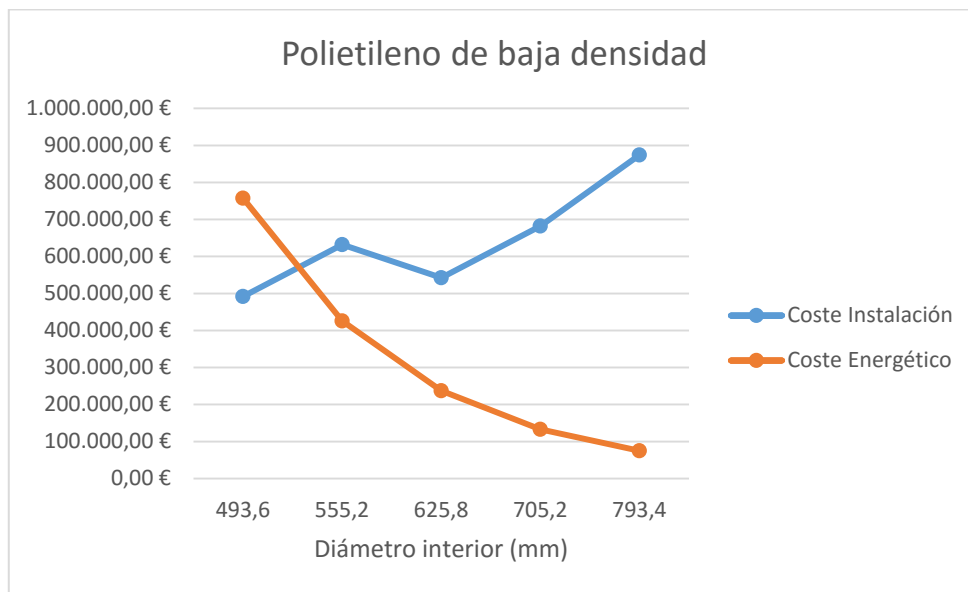


Ilustración 20: Relación de costes tubería polietileno de baja densidad

La mejor alternativa para un funcionamiento de 6 horas al día en una instalación con tubería de polietileno de baja densidad es la conducción de DN 710. Los costes totales asociados a esta alternativa son 779.951,31 €.

o Fundición

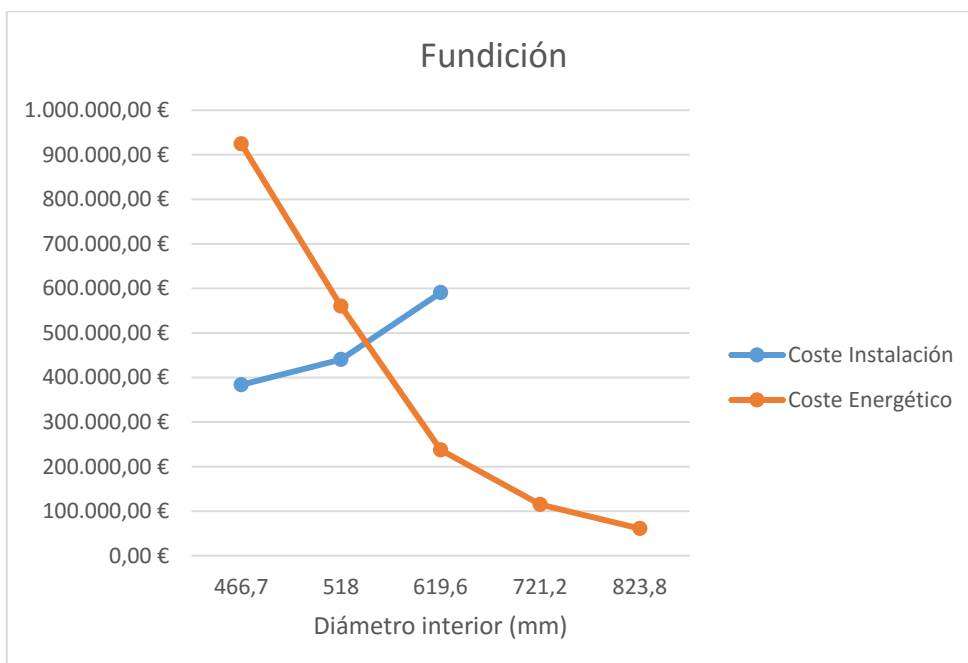


Ilustración 21: Relación de costes tubería de fundición

La mejor alternativa para un funcionamiento de 6 horas al día en una instalación con tubería de fundición es la conducción de diámetro interior 619,6 mm. Los costes totales asociados a esta alternativa son 828.089,83 €.

Realizando la comparativa entre las mejores opciones de cada material, se obtendrá la mejor alternativa para la hipótesis de 6 horas de funcionamiento al día. En el siguiente gráfico se muestra la suma de los costes de instalación y energéticos para cada opción analizada.

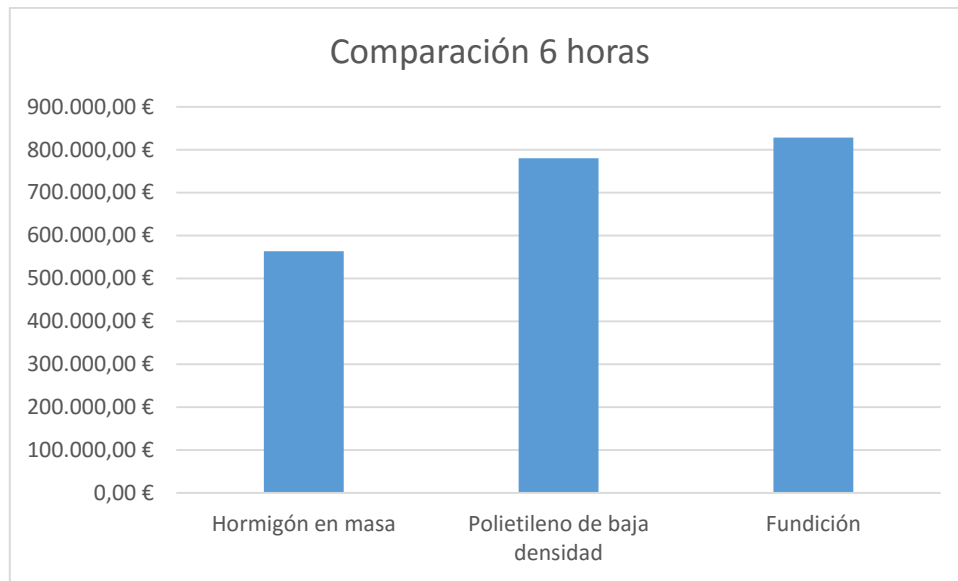


Ilustración 22: Costes totales alternativas 6 horas funcionamiento diario

A la vista de la Ilustración 22, la mejor alternativa en la hipótesis de 6 horas de funcionamiento diario de la estación de bombeo es una tubería de hormigón en masa de diámetro nominal DN 600.

Una vez conocidas cuales son las mejores alternativas para la tubería de impulsión en las distintas hipótesis analizadas, puede procederse a seleccionar finalmente la misma.

La elección del diseño de la tubería de impulsión se ha realizado comparando las mejores opciones en cada una de las cuatro hipótesis estudiadas. Como se observa en la Ilustración 23, la mejor alternativa consiste en una conducción de hormigón en masa con un diámetro nominal DN 600 y un funcionamiento de la estación durante 12 horas al día.

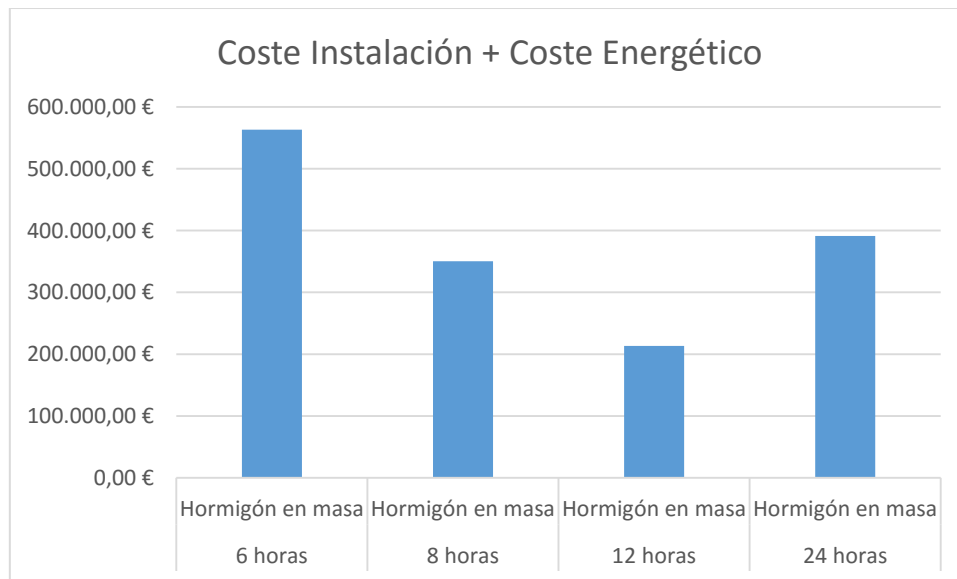


Ilustración 23: Comparativa mejores alternativas

Tras el análisis realizado y la selección de la tubería de impulsión, también queda seleccionado el número de horas de funcionamiento que mejor se adapta al criterio económico de diseño. El funcionamiento de la estación de bombeo durante 12 horas al día es la opción que consigue un menor coste del ciclo de vida de la instalación.

Conocida la sección de la tubería de impulsión y las horas de funcionamiento en las que la estación de bombeo tendrá que cubrir las necesidades hídricas, puede darse finalmente el caudal de diseño de la instalación.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente, se obtiene que el caudal de diseño es:

$$Q = 1.149,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.2.3 PRESELECCIÓN BOMBA+ACCIONAMIENTO

El propósito de realizar una preselección del modelo de bomba y el motor eléctrico que la accionará, no es otro que asegurar el cumplimiento del criterio económico que se está siguiendo en este proyecto. El criterio de selección y diseño de la bomba y su accionamiento debe cumplir el menor coste del ciclo de vida de la instalación.

El proceso de selección de la bomba y su accionamiento se ha comenzado introduciendo en el software ABSEL V2 PUMP SELECTION, de la empresa ABS, los siguientes datos:

- Altura geodésica: 110 m
- Caudal de diseño: 1.149,03 m³/h

Estos parámetros configuran el punto de funcionamiento de la bomba a seleccionar. El programa informático ABSEL V2 PUMP SELECTION muestra el modelo o los modelos de bombas cuya curva de funcionamiento está por encima del punto de trabajo requerido por la instalación. El software utilizado también ordena las bombas preseleccionadas de acuerdo con el rendimiento que ofrecen para el punto de funcionamiento requerido. Los modelos de bomba preseleccionados por el software ABSEL V2 PUMP SELECTION ordenados de acuerdo a su rendimiento en el punto de funcionamiento requerido por la instalación son los siguientes:

- Bomba ABS Z22-400/300-55 F218
- Bomba ABS Z22-400/350-70 C344
- Bomba ABS Z22-400/350-70 F378
- Bomba ABS Z22-500/300-75 C244

Para seleccionar el modelo de bomba y accionamiento que mejor se adapte al criterio de mínimo coste del ciclo de vida, se ha realizado un estudio de los dos parámetros más importantes en el coste del ciclo de vida de una instalación de bombeo: coste de instalación y costes energéticos. En los siguientes apartados se recogerán los resultados de estudiar los costes de instalación y los costes energéticos asociados a cada una de las cuatro alternativas anteriores.

Las características técnicas de cada una de las opciones analizadas pueden consultarse en las fichas técnicas que se encuentran en los apartados 1.3.11, 1.3.12, 1.3.13 y 1.3.14 de los anejos a esta memoria.

1.2.3.1 COSTES DE INSTALACIÓN

El coste de la instalación de cada uno de los cuatro grupos de bomba y accionamiento se ha calculado considerando todos los elementos necesarios en la instalación. Puesto que la estación de bombeo contará con una bomba en funcionamiento normal y una bomba en reserva, es necesario duplicar los costes de instalación previstos.

Los parámetros considerados en este cálculo del coste de instalación para cada alternativa son:

- Mano de obra instalación
- Transporte
- Mano de obra grúa
- Alquiler de grúa
- Tuberías y accesorios
- Valvulería
- Bomba
- Motor eléctrico

Sumando el coste de todos los elementos necesarios para la instalación de las bombas y su accionamiento se obtienen los costes de instalación. El resultado obtenido para cada una de las opciones se muestra en la siguiente tabla:

Modelo de Bomba	Coste de instalación
Z22-400/300-55 F218	199.793,47 €
Z22-400/350-70 C344	211.516,31 €
Z22-400/350-70 F378	219.516,31 €
Z22-500/300-75 C244	240.160,05 €

Tabla 55: Costes de instalación bomba + accionamiento

1.2.3.2 COSTES ENERGÉTICOS

Los costes de la energía consumida en el funcionamiento de la estación de bombeo a lo largo de su vida útil, son el concepto más importante del coste del ciclo de la vida útil de este tipo de instalaciones. Por ello es muy relevante el estudio de los costes energéticos de cada una de las alternativas de bomba preseleccionadas.

1.2.3.2.1 REGULACIÓN HORAS DE FUNCIONAMIENTO

Como se ha comentado en el apartado 1.2.1.3, la demanda de agua de los cultivos que se han proyectado para el área regable varía a lo largo de los distintos meses del año. Puesto que la estación de bombeo se ha diseñado con un caudal de diseño fijo, el punto de funcionamiento de la bomba se mantendrá constante durante toda la vida útil de la instalación. La adaptación al volumen de agua demandado en cada mes se realizará variando el número de horas que funciona la instalación.

Conocido el caudal de diseño (Q), el número de horas de funcionamiento diarias de la estación de bombeo en cada mes del año se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Número de horas de funcionamiento al día} = \frac{\text{Demanda total}}{Q}$$

El número de horas de funcionamiento diarias para cada uno de los meses del año se muestran en la siguiente tabla:

Mes	Horas de funcionamiento al día
Enero	0
Febrero	0
Marzo	2
Abril	3
Mayo	5
Junio	1
Julio	12
Agosto	12
Septiembre	7
Octubre	3
Noviembre	0
Diciembre	0

Tabla 56: Horas de funcionamiento diarias en cada mes del año

1.2.3.2.2 COSTE ENERGÉTICO ANUAL ACTUAL

Siguiendo los pasos explicados en el apartado 1.2.2.1.3, el primer paso para conocer los costes energéticos es conocer la potencia absorbida por el motor eléctrico. Se calcula de la forma explicada en el apartado 1.2.2.1.3 y los resultados obtenidos son los siguientes:

- Bomba ABS Z22-400/300-55 F218 + Motor M5500/4-93

Potencia en el eje-P2 (kW)	454,30
Rendimiento motor eléctrico	95,40%
Potencia absorbida-P3 (kW)	476,21

Tabla 57: Potencia absorbida Bomba F218

- Bomba ABS Z22-400/350-70 C344 + Motor M5500/4-93

Potencia en el eje-P2 (kW)	454,70
Rendimiento motor eléctrico	95,40%
Potencia absorbida-P3 (kW)	476,62

Tabla 58: Potencia absorbida Bomba C344

- Bomba ABS Z22-400/350-70 F378 + Motor M6000/4-94

Potencia en el eje-P2 (kW)	478,00
Rendimiento motor eléctrico	95,40%
Potencia absorbida-P3 (kW)	501,05

Tabla 59: Potencia absorbida Bomba F378

- Bomba ABS Z22-500/300-75 C244 + Motor M6000/4-94

Potencia en el eje-P2 (kW)	501,00
Rendimiento motor eléctrico	95,40%
Potencia absorbida-P3 (kW)	525,16

Tabla 60: Potencia absorbida Bomba C244

El siguiente paso para la obtención de los costes energéticos de un año de operación es conocer el coste de la energía. Puesto que las horas de funcionamiento variarán a lo largo del año en función de la demanda, la tarifa eléctrica también lo hará tal y como se vio en el apartado 1.2.2.1.3.

La tarifa eléctrica en los meses donde la estación de bombeo trabaje menos de 8 horas al día será la tarifa correspondiente al horario valle. En los meses de Julio y Agosto donde la estación trabajará 12 horas al día la tarifa será la que aparece en la siguiente tabla:

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mes	Horas de funcionamiento al día	Tarifa eléctrica (€/kWh)
Enero	0	-
Febrero	0	-
Marzo	2	0,09333
Abril	3	0,09333
Mayo	5	0,09333
Junio	1	0,09333
Julio	12	0,10628
Agosto	12	0,10628
Septiembre	7	0,09333
Octubre	3	0,09333
Noviembre	0	-
Diciembre	0	-

Tabla 61: Tarifa eléctrica en cada uno de los meses del año

Conociendo la tarifa y las horas de funcionamiento diarias en cada uno de los meses del año, puede calcularse el coste del kW en la actualidad. Para el cálculo del coste actual de la electricidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Coste actual de la electricidad} = \sum 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times \frac{\text{horas de funcionamiento}}{\text{día}} \times \text{tarifa eléctrica} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 117,28 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Con el coste de la electricidad y la potencia absorbida por cada alternativa se obtienen los costes energéticos en un año. Para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Coste actual} = \text{Potencia absorbida por el motor eléctrico (kW)} \times \text{Coste actual de la electricidad} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

Los resultados para cada una de las alternativas expuestas se recogen en la siguiente tabla:

Modelo de bomba	Coste actual de un año (€)
Bomba Z22-400/300-55 F218	55.847,00
Bomba Z22-400/350-70 C344	55.896,17
Bomba Z22-400/350-70 F378	58.760,43
Bomba Z22-500/300-75 C244	61.587,82

Tabla 62: Costes energéticos anuales para cada modelo de bomba

1.2.3.2.3 COSTE ENERGÉTICO DE LA VIDA ÚTIL

El coste energético obtenido en el apartado 1.2.3.2.2, corresponde al coste energético que tendría en la actualidad la instalación que se está diseñando. Este coste energético se ha calculado con las tarifas que la empresa distribuidora aplica en la actualidad. Es necesario corregir estas tarifas para adecuarlas a las tarifas que se tendrá a lo largo de toda la vida útil de la instalación. Esta corrección se ha realizado mediante el Índice de Precios al Consumo (IPC). Los datos utilizados en estos cálculos se han obtenido del Instituto Nacional de Estadística³.

Se ha considerado que la media de las variaciones que ha experimentado el IPC a lo largo de los últimos 5 años es la tendencia que pueden seguir los precios en los años venideros. Tomando como la variación anual la que se obtiene en el mes de diciembre de cada año, se obtiene el siguiente resultado:

Año	IPC
2010	3%
2011	2,40%
2012	2,90%
2013	0,30%
2014	-1%
2015	0%

Tabla 63: Variación anual IPC

La media aritmética de la variación del IPC durante los últimos 5 años resulta de un 1,52%. Considerando que los costes energéticos crecerán anualmente un 1,52% se pueden obtener los costes energéticos para el total de la vida útil de la instalación. El valor total de los costes energéticos se obtendrá sumando los costes anuales corregidos con el crecimiento del IPC durante los 20 años de vida útil de la instalación.

El resultado que se obtiene para cada una de las alternativas analizadas es el que aparece en la siguiente tabla:

Modelo de Bomba	Costes energéticos
Z22-400/300-55 F218	971.474,51 €
Z22-400/350-70 C344	972.329,87 €
Z22-400/350-70 F378	1.022.154,55 €
Z22-500/300-75 C244	1.071.337,72 €

³ http://www.ine.es/prensa/ipc_tabla.htm

Tabla 64: Costes energéticos en la vida útil de la instalación

1.2.3.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

La suma de los costes de instalación de cada grupo de bomba y accionamiento y los costes energéticos que derivan de su operación durante la vida útil de la instalación, será el parámetro a analizar para seleccionar la alternativa más adecuada. Aquella alternativa que minimice la suma de estos dos costes será la alternativa más adecuada para cumplir con el criterio de diseño.

En la siguiente tabla se recogen los parámetros más importantes de cada alternativa y sus costes calculados anteriormente:

Modelo de Bomba	Z22-400/350-70 C344	Z22-400/300-55 F218	Z22-400/350-70 F378	Z22-500/300-75 C244
Rendimiento	83%	88,50%	84,30%	81,30%
Potencia en el eje-P2 (Kw)	454,70	454,30	478,00	501,00
NPSH (m)	3,42	3,52	4,05	2,91
Diámetro aspiración/Diámetro descarga (mm)	400/350	400/300	400/350	500/300
Diámetro del rodete (mm)	590,20	575,00	583,40	586,00
Costes de Instalación	211.516,31 €	199.793,47 €	219.516,31 €	240.160,05 €
Mano de obra instalación	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €
Transporte	506,66 €	506,66 €	506,66 €	506,66 €
Mano de obra grúa	1.280,00 €	1.280,00 €	1.280,00 €	1.280,00 €
Alquiler de grúa	642,56 €	642,56 €	642,56 €	642,56 €
Tuberías y accesorios	11.425,09 €	9.860,25 €	11.425,09 €	11.790,83 €
Valvulería	36.862,00 €	30.704,00 €	36.862,00 €	47.140,00 €
Bomba+Motor+Acoplamiento	156.000,00 €	152.000,00 €	164.000,00 €	174.000,00 €
Costes Energéticos	972.329,87 €	971.474,51 €	1.022.154,55 €	1.071.337,72 €
Costes Totales	1.183.846,18 €	1.171.267,98 €	1.241.670,87 €	1.311.497,78 €

Tabla 65: Comparativa alternativas bomba y accionamiento

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la opción más adecuada sería el modelo de bomba F218, sombreado en verde en la Tabla 65. Sin embargo, analizando su curva de funcionamiento resulta muy poco probable que pueda proporcionar la altura manométrica requerida por la instalación.

Esta preselección se ha realizado considerando solamente la altura geodésica necesaria, pues se desconocen las válvulas y accesorios que se emplearán finalmente. El modelo de bomba F218 resulta adecuado para proporcionar la cota geodésica, pero no sería capaz de proporcionar siquiera unas pérdidas de carga del 10% de la cota geodésica.

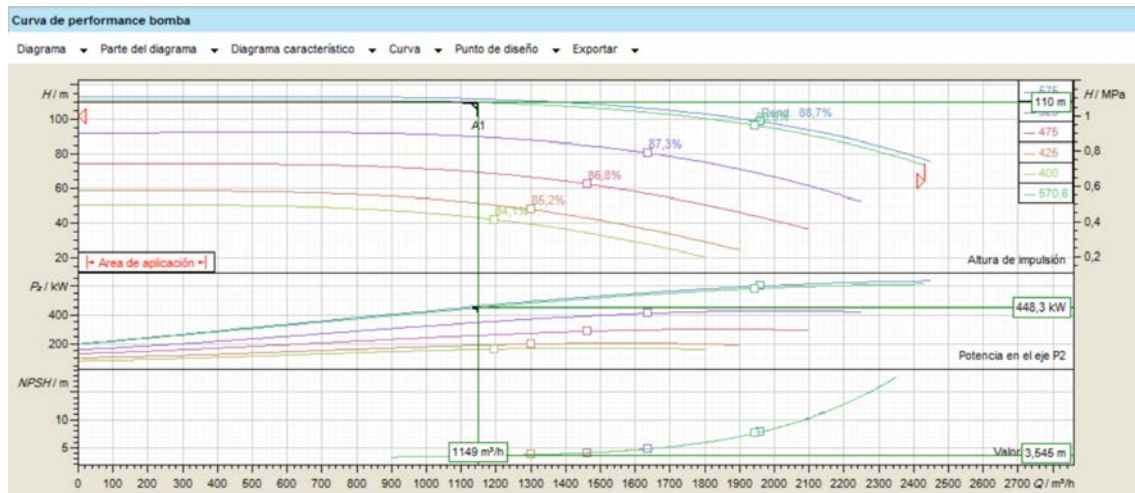


Ilustración 24: Curva de funcionamiento bomba F218

De este modo, la bomba F218 queda descartada. Se seleccionará el siguiente modelo de bomba con un mejor cumplimiento del criterio de mínimo coste del ciclo de vida. El siguiente modelo que mejor se adapta a este criterio y que cumpliría los requisitos de altura necesaria es el modelo C344. Así, el modelo que resulta elegido en esta preselección es la bomba ABS Z22-400/350-70 C344 junto con el motor M5500/4-93. Este conjunto de bomba y accionamiento tiene un coste de instalación de 211.516,31 € y unos costes energéticos de 972.329,87 €.

Será necesario comprobar que el conjunto preseleccionado cumple los requisitos de altura manométrica suministrada y NPSH. El cumplimiento de estos criterios técnicos se comprobará en los siguientes apartados.

1.2.4 PÉRDIDAS DE CARGA

Las pérdidas de carga en tuberías se pueden definir como la pérdida de presión en el fluido que circula por las mismas, como consecuencia de la fricción de las partículas del fluido entre sí y al chocar contra las paredes de las propias tuberías o conductos.

Se pueden distinguir dos tipos de pérdidas de carga. Existen pérdidas de carga que se producen de forma continua, a lo largo de conductos regulares, las cuales se denominan pérdidas de carga primarias. Por otro lado, existen pérdidas de carga que se producen en puntos localizados o accidentes en las tuberías, tales como un estrechamiento, un cambio brusco de dirección o una válvula. A este último tipo se les denomina pérdidas de carga secundarias.

1.2.4.1 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

En la tubería que une la estación de bombeo con el depósito de almacenamiento de agua existen principalmente pérdidas de carga primarias. Esto es así dado que la tubería de impulsión seguirá un trazado muy poco sinuoso, en el que no será necesario incluir accidentes tales como codos. Sin embargo, por aspectos de seguridad en el mantenimiento y reparación de la tubería, se incluirá una válvula anti retorno y una válvula de cierre en el trazado de la misma. Esto generará pérdidas de carga secundarias que tendrán que ser consideradas.

1.2.4.1.1 PÉRDIDAS DE CARGA PRIMARIAS

El cálculo de las pérdidas de carga primarias se obtiene mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_1 = f \times \frac{\rho \times L \times V^2}{2 \times D}$$

Donde:

- H_1 : Pérdidas de carga primarias, medidas en Pascales
- f : Factor de fricción adimensional
- ρ : Densidad del fluido considerado
- L : Longitud del conducto, medida en metros
- V : Velocidad del fluido, medida en metros por segundo
- D : Diámetro de la sección del conducto, medido en metros

A continuación se detalla el cálculo de cada uno de estos parámetros, cuyo valor es necesario para obtener la pérdida de carga primaria que se tiene en la tubería de impulsión.

- Diámetro del conducto

Tal y como se ha obtenido en el apartado 1.2.2, el diámetro interior de la tubería de impulsión será de 600 milímetros.

- Velocidad del fluido

Como se ha concluido en el apartado 1.2.2, el caudal bombeado será de 1149,03 metros cúbicos por hora. Este será el caudal que circule por la tubería de impulsión.

A partir de este caudal y del diámetro del conducto de impulsión se puede calcular la velocidad del fluido. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$V = \frac{Q}{\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

Donde:

- V : Velocidad del fluido, medida en metros por segundo
- Q : Caudal que circula por la tubería de impulsión, medido en m^3 por segundo
- D : Diámetro de la sección del conducto, medido en metros

Se obtiene una velocidad del fluido:

$$V = 1,128 \text{ m/s}$$

- Longitud del conducto de impulsión

Como se ha obtenido en el apartado 1.1.4 del documento Memoria descriptiva, la longitud de la tubería de impulsión será de 2.476,13 metros. Siendo esta longitud la longitud total desde la estación de bombeo al depósito de almacenamiento de agua siguiendo el camino forestal existente.

- Densidad del fluido

La densidad del agua se considera:

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

- Factor de fricción

El término f se conoce como factor de fricción y se calcula manualmente en función del número de Reynolds y la rugosidad de la tubería.

El número de Reynolds se obtiene mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

- Re : Número de Reynolds
- D : Diámetro de la sección del conducto, medido en metros
- V : Velocidad del fluido, medida en metros por segundo
- ρ : Densidad del agua dulce, medida en kg/m^3
- μ : Viscosidad dinámica del agua, medida en $\text{kg/m}\cdot\text{s}$

Considerando una temperatura del agua de 20°C se tiene una viscosidad dinámica:

$$\mu = 0,001003 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$$

Con los valores obtenidos previamente para el resto de parámetros se tiene un valor del número de Reynolds:

$$Re = \frac{0,6 \times 1,128 \times 1000}{0,001003} = 674.775,6$$

$$Re = 674.775,6 \gg 4.000$$

Por lo que el flujo en la tubería es turbulento para las condiciones dadas.

Para un flujo turbulento se puede estimar f mediante la fórmula de Tsal. Esta fórmula tiene la ventaja de ser un método explícito. Se expresa:

$$f = 0,11 \times \left(\frac{E}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

Donde:

- Re : Número de Reynolds
- D : Diámetro de la sección del conducto, medido en metros
- E : Rugosidad absoluta de la tubería, medida en metros

La rugosidad de la tubería se refiere a las irregularidades que presente la pared interior de la misma. Esta rugosidad dependerá principalmente del material e irá variando a lo largo del tiempo debido a la erosión o corrosión causada por el flujo de agua o a posibles incrustaciones.

La tubería de impulsión que se ha seleccionado en el apartado 1.2.2 es de hormigón en masa. Este material se considera como muy rugoso y por tanto se considerará un valor de rugosidad absoluta de la tubería:

$$E = 0,003 \text{ metros}$$

En el apartado 1.3.4 del documento Anejos de esta memoria, puede encontrarse una tabla con las distintas rugosidades absolutas para distintos materiales.

Con todo lo anterior, el valor obtenido para el factor de fricción es el siguiente:

$$f = 0,11 \times \left(\frac{0,003}{0,6} + \frac{68}{674.775,6} \right)^{0,25} = 0,029397$$

Con los valores de los parámetros obtenidos, finalmente se procede a calcular las pérdidas de carga primarias que se producen en la tubería de impulsión. Aplicando la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_1 = 0,029397 \times \frac{1.000 \times 2.476,13 \times 1,128^2}{2 \times 0,6} = 77.181,53 \text{ Pa}$$

$$H_1 = 77.181,53 \text{ Pa} = 7,87 \text{ mca}$$

1.2.4.1.2 PÉRDIDAS DE CARGA SECUNDARIAS

Las pérdidas de carga generadas en la tubería de impulsión por el choque de las partículas de agua en la válvula anti retorno y en la válvula de cierre son pérdidas de carga secundarias.

El cálculo teórico de las pérdidas de carga secundarias se realiza multiplicando la presión dinámica del fluido por un coeficiente K:

$$H_2 = K \times \frac{\rho \times V^2}{2}$$

Donde:

- H_2 : Pérdidas de carga secundarias, medidas en Pascales
- ρ : Densidad del agua dulce, medida en kg/m^3
- V : Velocidad del fluido, medida en metros por segundo
- K : Coeficiente de pérdidas de carga secundarias adimensional

Este coeficiente K, depende de la geometría del accidente que se encuentre en la conducción. En la siguiente tabla figuran los valores del coeficiente K para los accidentes más comunes en una instalación:

Accesorio	Codo corto	Codo largo	Derivación línea	Derivación ramal	Válvula de asiento	Válvula de compuerta	Válvula de angulo	Válvula de retención
Coeficiente K	0,35	0,25	0,15	0,75	6	0,15	2	2

Tabla 66: Coeficiente de pérdidas de carga en distintos accesorios

Estos coeficientes resultan adecuados para un primer cálculo aproximado. Para conseguir una mayor precisión se utilizará el software comercial Pipe Calc© de ABS, que permitirá obtener los parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga secundarias de una manera mucho más precisa.

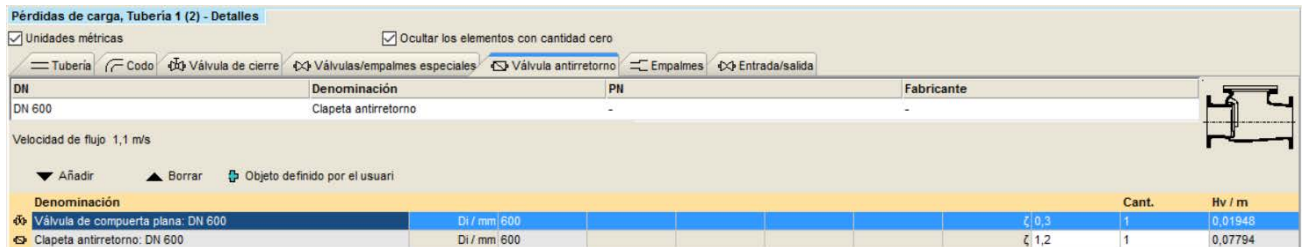
Los accesorios que se encuentran montados sobre la tubería de impulsión se recogen en la siguiente tabla:

Elemento	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Válvula de cierre	600	
Válvula anti retorno	600	

Tabla 67: Características accesorios tubería de impulsión

El caudal que circula por la tubería de impulsión es el parámetro que determinará las pérdidas de carga en los accesorios montados sobre la tubería. Este caudal es el de diseño, cuyo valor es 1.149,03 m³/h.

En la siguiente imagen se muestran los resultados obtenidos en el programa Pipe Calc©:



Denominación	Di / mm	Cant.	Hv / m
Válvula de compuerta plana: DN 600	Di / mm 600	1	0,01948
Clapeta antirretorno: DN 600	Di / mm 600	1	0,07794

Ilustración 25: Pérdidas de carga calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

Las pérdidas de carga secundarias en la tubería de impulsión son por tanto:

$$H_2 = 0,01948 + 0,07794 = 0,09742 \text{ mca}$$

1.2.4.1.3 PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

Las pérdidas de carga totales que se tienen en la tubería de impulsión, serán la suma de las pérdidas de carga continuadas a lo largo del conducto y las pérdidas de carga localizadas en accesorios montados sobre la tubería. Tras haber calculado las primeras de una forma teórica y las segundas mediante el programa informático Pipe Calc© el resultado es el siguiente:

$$H = H_1 + H_2 = 7,87 + 0,09742 = 7,96742 \text{ mca}$$

1.2.4.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO

En la estación de bombeo se producirán pérdidas de carga primarias y secundarias. Se producirán pérdidas de carga por fricción en los tramos de conducciones que se dispongan en la estación de bombeo, pero donde más pérdida de carga se producirá será en los accidentes y accesorios que se dispongan en la instalación.

El cálculo teórico de las pérdidas de carga primarias se realiza de la misma forma que en el apartado 1.2.4.1.1, mediante la fórmula de Darcy-Weisbach.

El cálculo teórico de las pérdidas de carga secundarias se obtiene de la misma forma que se explicó en el apartado 1.2.4.1.2.

Para conseguir una mayor precisión en el cálculo de las pérdidas de carga totales, se utilizará el software comercial Pipe Calc© de ABS. Con la utilización de este software se busca conseguir una mayor precisión en los parámetros para el cálculo de las pérdidas de carga secundaria.

Para realizar el cálculo de las pérdidas de carga en la estación de bombeo, se dividirá la instalación en dos zonas diferenciadas:

- $H_{C,1}$: Pérdidas de carga en la tubería de captación
- $H_{C,2}$: Pérdidas de carga en la impulsión

1.2.4.2.1 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA DE CAPTACIÓN

La tubería de captación es el conducto que alimenta de agua la bomba de impulsión desde la arqueta de captación. En este tramo de instalación se ubicarán los siguientes elementos:

Elemento	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Tubería vertical	400	3
Codo 90°	400	
Tubería horizontal	400	5
Válvula de cierre	400	
Válvula anti retorno	400	

Tabla 68: Características accesorios tubería de captación

A continuación se muestran los resultados obtenidos al realizar el cálculo de las pérdidas de carga en este tramo de la instalación. El cálculo se ha realizado con el software Pipe Calc© de ABS.

Tubería de la bomba lado aspiración, Tubería f (4) - Detalles

☒ Unidades métricas ☒ Ocultar los elementos con cantidad cero

Tubería Codo Válvula de cierre Válvulas/empalmes especiales Válvula antirretorno Empalmes Entrada/salida

DN	Denominación	PN	Fabricante
DN 400	Clapeta antirretorno	-	-

Velocidad de flujo: 2.5 m/s

▼ Añadir ▲ Borrar Objeto definido por el usuario

Denominación	Di / mm	k / mm	v / m/s	L / m	ζ	Cant.	Hv / m
Tubería. Diámetro interno: 400 mm	Di / mm 400	k / mm 0.25	v / m/s 2.54	L / m 8	ζ 0.2606	1	0.1163
Codo 90° (R/D=2.5): DN 400; Radio del codo: 1000 mm; Ángulo: 90°	Di / mm 400	R / mm 1000	θ / ° 90		ζ 0.3	1	0.09864
Válvula de compuerta plana: DN 400	Di / mm 400				ζ 1.3	1	0.4274
Clapeta antirretorno: DN 400	Di / mm 400						

Ilustración 26: Pérdidas de carga en la tubería de captación calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

Resultados cálculo	
NPSH disponible	9,246 m
Pérdidas de carga	0,745 m
Altura de impulsión estática	0 m
Altura de imp. total	0,745 m

Ilustración 27: Pérdidas de carga en la tubería de captación calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

Las pérdidas totales en el tramo de la tubería de captación se obtienen sumando las pérdidas de carga que se producen en los diversos elementos que conforman este tramo, y que figuran en la tabla anterior. Se obtiene un valor total de pérdidas de carga en el tramo de la tubería de captación:

$$H_{C,1} = 0,745 \text{ m}$$

1.2.4.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA EN LA IMPULSIÓN

Se ha denominado impulsión al tramo de tubería y los accesorios sobre ella montados, que unen la bomba de impulsión con la tubería de impulsión de hormigón en masa. En este tramo de instalación se ubicarán los siguientes elementos:

Elemento	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Tubería	350	5
Válvula de cierre	350	
Válvula anti retorno	350	
Codo 90°	350	
Entronque colector (Te)	350	
Ampliación 1	350/400	
Ampliación 2	400/600	

Tabla 69: Características accesorios tuberías de descarga y entronque de impulsión

A continuación se muestran los resultados obtenidos al realizar el cálculo de las pérdidas de carga en este tramo de la instalación. El cálculo se ha realizado con el software Pipe Calc© de ABS.

Tubería de la bomba lado impulsión, Tubería 1 (7) - Detalles

☒ Unidades métricas ☒ Ocultar los elementos con cantidad cero

Tubería Codo Válvula de cierre Válvulas/empalmes especiales Válvula antirretorno Empalmes Entrada/salida

DN	Denominación	PN	Fabricante
DN 350	Codo 90° (R/D=2.5)	-	-

Velocidad de flujo 3.3 m/s

Añadir Borrar Objeto definido por el usuario

Denominación	Di / mm	k / mm	v / m/s	L / m	Cant.	Hv / m
Tubería Diámetro interno 350 mm	Di / mm 350	k / mm 0.25	v / m/s 3.317	L / m 5	1	0.1479
Codo 90° (R/D=2.5): DN 350; Radio del codo: 875 mm; Ángulo: 90 °	Di / mm 350	R / mm 875	8 / ° 90	ζ 0.2593	1	0.1704
Clapeta de retención sin rosca: DN 350	Di / mm 350			ζ 0.6915	1	0.3879
Válvula de bola: DN 350	Di / mm 350			ζ 0.1505	1	0.08443
Ampliación: 8": DN 350; DI2: 437.5 mm	Di / mm 350	DI2 / mm 437.5		ζ 0.04	1	0.02244
Ampliación: 8": DN 350; DI2: 437.5 mm	Di / mm 350	DI2 / mm 437.5		ζ 0.04	1	0.02244
Codo 90° (R/D=2.5): DN 350; Radio del codo: 875 mm; Ángulo: 90 °	Di / mm 350	R / mm 875	8 / ° 90	ζ 0.2593	1	0.1704

Tabla 70: Pérdidas de carga en la tubería de descarga calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

Resultados cálculo	
NPSH disponible	9,991 m
Pérdidas de carga	1,006 m
Altura de impulsión estática	0 m
Altura de imp. total	1,006 m

Tabla 71: Pérdidas de carga en la tubería de descarga calculadas con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

Las pérdidas totales en el tramo de impulsión se obtienen sumando las pérdidas de carga que se producen en los diversos elementos que conforman este tramo, y que figuran en la tabla anterior. Se obtiene un valor total de pérdidas de carga en el tramo de impulsión:

$$H_{C,2} = 1,006 \text{ m}$$

1.2.4.3 PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO

Habiendo calculado las pérdidas de carga en las distintas zonas de la estación de bombeo, las pérdidas de carga totales en la estación de bombeo será la suma de todas ellas:

$$H_C = H_{C,1} + H_{C,2} = 0,745 + 1,006 = 1,751 \text{ m}$$

1.2.5 ALTURA MANOMÉTRICA

1.2.5.1 ALTURA GEODÉSICA

La altura geodésica es la diferencia de cotas entre el punto de captación y el punto al que se impulsa el agua bombeada.

El punto de captación será la arqueta de impulsión, situada junto al Canal de Tauste, que tiene una cota de 248 metros. El punto al que se impulsa el agua bombeada será el depósito de almacenamiento de agua, situado en Cabezo Espinoso, que tiene una cota de 358 metros.

Por tanto, la altura geodésica calculada es:

$$H_{geod} = 358 - 248 \text{ metros}$$

$$H_{geod} = 110 \text{ metros}$$

1.2.5.2 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA

Una vez obtenidas todas las pérdidas de carga en las distintas zonas de la instalación, y teniendo en cuenta la altura geodésica, se puede proceder a calcular la altura manométrica que la bomba de la instalación deberá ser capaz de suministrar.

Utilizando el software Pipe Calc© de ABS se obtiene el siguiente resultado:

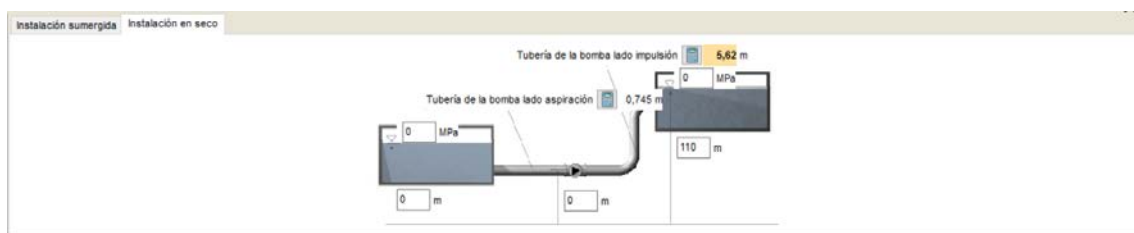


Ilustración 28: Altura manometrica de la instalación calculada con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

Name	DN / mm	c / m/s	H / m
Tubería de la ...	350 .. 600	1,1 .. 3,3	5,62
Tubería 1 (7)	350 .. 400	3,3	1,01
Tubería 2 (3)	600	1,1	4,62

Name	DN / mm	c / m/s	H / m
Tubería de la b...	300 .. 400	2,5	0,745
Tubería 1 (4)	300 .. 400	2,5	0,745

Ilustración 29: Altura manométrica de la instalación calculada con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

Resultados cálculo	
NPSH disponible	9,188 m
Pérdidas de carga	6,367 m
Altura de impulsión estática	110 m
Altura de imp. total	116,4 m

Ilustración 30: Altura manométrica de la instalación calculada con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

De acuerdo con el resultado obtenido, la altura manométrica de la instalación es:

$$H_m = 116,4 \text{ mca}$$

Se va a comparar el resultado obtenido mediante el software Pipe Calc© de ABS con el valor de la altura manométrica que se obtendría teniendo en cuenta el valor de las pérdidas de carga en la tubería de impulsión que se calcularon manualmente en el apartado 1.2.2.1.

De este modo, la altura manométrica de la instalación sería:

$$H_m = H_{geod} + H_1 + H_2 + H_{C,1} + H_{C,2} = 110 + 7,87 + 0,09742 + 0,745 + 1,006 = 119,718 \text{ mca}$$

El resultado es similar al que se obtiene con el programa informático. Se utilizará el segundo valor por ser el más desfavorable y haber sido calculado de una forma más precisa.

1.2.7 CAVITACIÓN

La cavitación es un fenómeno que genera unos efectos altamente destructivos en las instalaciones de bombeo de fluidos. Se produce un desgaste de los álabes de las bombas que disminuye el caudal suministrado así como el rendimiento, causando un aumento de las pérdidas de potencia.

La condición que debe cumplirse para que no se produzca cavitación en las estaciones de bombeo de fluidos es que la $NPSH_d$ en la instalación sea mayor o igual que la $NPSH_r$ por la bomba seleccionada.

$$NPSH_d \geq NPSH_r$$

Por todo ello se va a comprobar para el punto de trabajo considerado que la bomba seleccionada en el apartado 1.2.6 cumple con la condición de no cavitación.

1.2.7.1 ALTURA NETA POSITIVA DISPONIBLE ($NPSH_d$)

La altura neta positiva disponible ($NPSH_d$) es un parámetro que mide la energía disponible a la entrada de la bomba. En el inicio de la tubería de aspiración la energía de que dispone el fluido es la de la presión atmosférica, pues la arqueta de impulsión es de lámina libre. Al avanzar el fluido por la tubería de aspiración la energía de que dispone se va transformando en energía cinética y potencial, aunque una parte se mantendrá en forma de presión y se producirán también pérdidas de carga por rozamiento. Por todo ello, al llegar a la entrada de la bomba, la presión absoluta del fluido será positiva, pero inferior a la atmosférica. El hecho de que esta presión sea superior a la tensión de vapor del fluido implicará que no se produzca la cavitación a la entrada de la bomba. Sin embargo, como se ha expuesto anteriormente, el punto de mínima presión de la instalación se encuentra en el vértice del álabe de las bombas. La diferencia entre la presión a la entrada de la bomba y la tensión de vapor del líquido es la energía que se puede utilizar en vencer las pérdidas que se producen dentro del rodete de la bomba hasta alcanzar el punto de mínima presión.

El cálculo teórico de la $NPSH_d$ se realiza con la siguiente ecuación:

$$NPSH_d = \frac{p_{\text{aspiración}}}{\gamma} - h_A - T_v - r_a \times Q^2$$

Donde:

- $\frac{p_{\text{aspiración}}}{\gamma}$: Valor normal de la presión atmosférica, en mca
- h_A : Cota de la aspiración de la bomba respecto a la lámina de agua de la arqueta, en mca
- T_v : Tensión de vapor del agua, en mca
- $r_a \times Q^2$: Pérdidas de carga en la tubería de aspiración, en mca

A continuación se especifica el valor de cada uno de estos parámetros:

- Valor normal de la presión atmosférica

Considerando que el fluido trasegado es agua a 20°C de temperatura y considerando la presión atmosférica en la lámina libre de la arqueta de impulsión como su valor normal se tiene que:

$$\frac{p_{\text{aspiración}}}{\gamma} = \frac{1,033 \text{ Kp/cm}^2}{1.000 \text{ Kp/m}^3} = \frac{10.330 \text{ Kp/m}^2}{1.000 \text{ Kp/m}^3} = 10,33 \text{ mca}$$

- Cota de la aspiración

Al tratarse de una instalación con bombas en seco la cota de la aspiración con respecto a la lámina libre del depósito será nula. Sin embargo, dado que la cota de la lámina libre irá disminuyendo a medida que se vacíe, se va a considerar la situación más desfavorable posible. Se considerará como situación más desfavorable que la arqueta de impulsión se encuentra en el nivel mínimo de su capacidad. Por ello, la cota de la aspiración de la bomba será la profundidad de la arqueta de impulsión menos el nivel mínimo de su capacidad.

Teniendo en cuenta lo anterior:

$$h_A = 3,395 - 1 = 2,395 \text{ mca}$$

- Tensión de vapor del agua

Los parámetros que determinan la T_v son el fluido impulsado y la temperatura a la que se encuentre. El fluido que trasegará la instalación será agua limpia a una temperatura media de 20°C.

Temperatura (°C)	Presión de vapor (Pa)
0	588,3
5	882,5
10	1.176,40
20	2.447,30
40	7.400,10
60	19.605,70
80	46.447,00
100	97.494,50

Tabla 72: Presión de vapor del agua limpia a distintas temperaturas

De acuerdo con la tabla anterior el valor de la tensión de vapor para el caso de aplicación:

$$T_v = 2.447,30 \text{ Pa} = 0,2495 \text{ mca}$$

- Pérdidas de carga en la aspiración

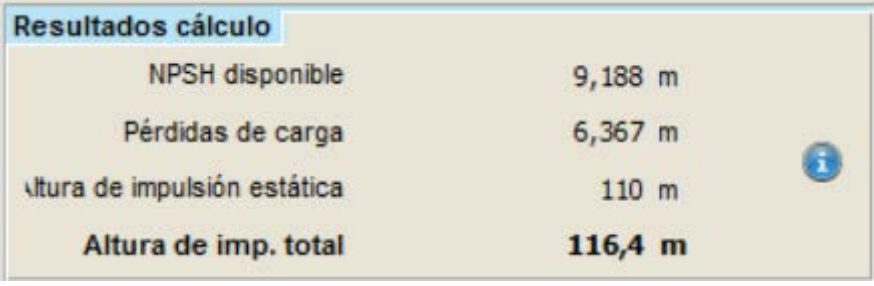
De acuerdo a los cálculos realizados en el apartado 1.2.4.2.1, las pérdidas de carga en la tubería de captación son:

$$H_{C,1} = 0,745 \text{ m}$$

Con todo ello y de acuerdo a la fórmula previamente descrita, el valor de la altura neta positiva disponible:

$$NPSH_d = 10,33 - 2,395 - 0,2495 - 0,745 = 6,9405 \text{ mca}$$

El programa informático Pipe Calc© de ABS proporciona el valor del $NPSH_d$ de la instalación al realizar el cálculo de las pérdidas de carga de la misma. El valor que se obtiene es superior al que se ha obtenido en el cálculo manual. Esto es así porque con el programa informático no se consideró una cota de la aspiración tan del lado de la seguridad como se ha considerado en este apartado. Si se considerase un valor de cero para h_A se obtendría un $NPSH_d$ de 9,33 mca. Este valor es prácticamente igual al obtenido con el software informático.



Resultados cálculo	
NPSH disponible	9,188 m
Pérdidas de carga	6,367 m
Altura de impulsión estática	110 m
Altura de imp. total	116,4 m

Ilustración 32: Cálculo del NPSH disponible de la instalación con el software Pipe Calc©. Elaboración propia

Para estar del lado de la seguridad se utilizará el valor obtenido de forma analítica.

1.2.7.2 ALTURA NETA POSITIVA REQUERIDA ($NPSH_r$)

El valor de la altura neta positiva requerida viene dado por el modelo de bomba seleccionado para la instalación. Este parámetro depende principalmente de las características de entrada del rodete y es función del caudal trasegado por la bomba.

La herramienta de selección de bombas Absel© de ABB indica el $NPSH_r$ de los modelos de bomba seleccionados para el punto de diseño utilizado.

Tras la selección del modelo de bomba realizado en el apartado 1.2.6 se obtiene la siguiente información:

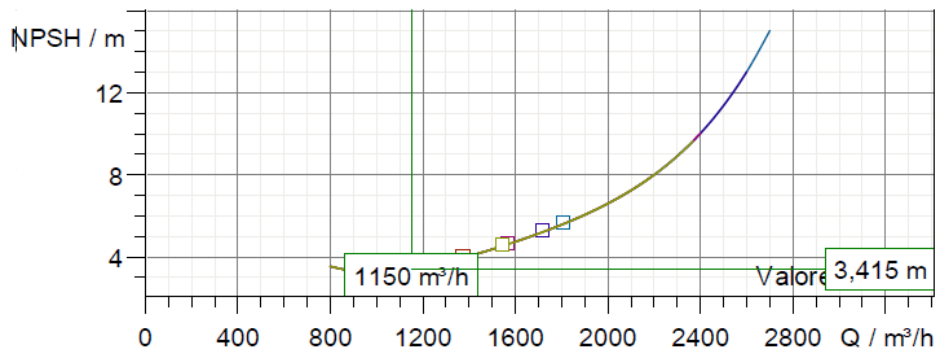


Ilustración 33: Curva de la NPSH requerida por el modelo de bomba Z22-400/350-70 C344

Punto de diseño	
Caudal	1150 m³/h
Rendimiento	79,5 %
NPSH	3,42 m
Temperatura	20 °C
Nº de bombas	1

Ilustración 34: NPSH requerida por la bomba Z22-400/350-70 C344

Con lo anterior, el $NPSH_r$ del modelo de bomba seleccionado es:

$$NPSH_r = 3,415 \text{ mca}$$

Con los resultados obtenidos en los apartados 1.2.7.1 y 1.2.7.2 se concluye que el modelo de bomba seleccionado para la instalación (Z22-400/350-70 C344) cumple la condición de no cavitación:

$$NPSH_d = 6,9405 \text{ mca} > NPSH_r = 3,415 \text{ mca}$$

1.2.8 MOTOR ELÉCTRICO

La selección del motor eléctrico que accionará la bomba se ha realizado con el software ABSEL utilizando su herramienta de selección de motores eléctricos. El motor recomendado para el modelo de bomba Z22-400/350-70 C344 es el motor eléctrico M5500/4-93 de la casa ABS.

Se ha verificado que la potencia en el eje de la bomba (P_2) pudiera ser suministrada por el motor eléctrico. Esto se ha realizado calculando cual sería la potencia en el eje máxima que podría entregar el motor, teniendo en cuenta su rendimiento:

$$P_{2Max} = \eta_M \times P_N = 95,40\% \times 550 \text{ kW} = 524,70 \text{ kW}$$

Puesto que es superior a los 454,70 kW que la bomba requiere en su eje, el modelo de motor resulta adecuado para esta aplicación.

Las potencias hidráulica (P_1) y absorbida por el motor eléctrico (P_3) ya fueron calculadas en el apartado 1.2.2.1.3 de este documento.

El motor eléctrico M5500/4-93 trabaja con un factor de potencia ($\cos\phi$) superior al 0,9 cuando trabaja entre el 75% y el 100% de su potencia nominal. Estas características se pueden consultar en el apartado 1.3.15 de los anejos a esta memoria. Para suministrar a la bomba la potencia que requiere en su eje, el motor eléctrico trabajará a un 82,67% de su potencia nominal. Un factor de potencia de 0,9 se considera aceptable, por lo que no será necesario instalar baterías de condensadores para compensación.

El motor trabajará a una tensión de 400 V y una frecuencia de 50 Hz. Las revoluciones a las que trabajará el motor se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$n(\text{min}^{-1}) = 58 \times \frac{50 \text{ Hz}}{2 \text{ pares de polos}} = 1.450$$

1.2.9 ARQUETA DE IMPULSIÓN

El volumen y las dimensiones de la arqueta donde se captará el agua en la impulsión se han calculado utilizando el software de diseño PSD de la empresa ABS.

Los parámetros con los que se ha comenzado el diseño son:

- Caudal de diseño: $Q = 1.149,03 \text{ m}^3/\text{h}$
- Potencia del motor eléctrico: $P_N = 550 \text{ kW}$

La estación de bombeo que se está diseñando trabajará bombeando agua contra un depósito elevado, situado en la cabecera de la red de distribución de agua. En este depósito se almacenará el agua bombeada y se regulará su distribución de acuerdo a las necesidades de cada área abastecida. Esto hace que no sea necesario el cálculo de un volumen de almacenamiento o volumen útil para la arqueta de impulsión.

Gracias al depósito en la cabecera de la red, la estación de bombeo trabajará de forma ininterrumpida durante las horas necesarias para bombear el agua demandada. Las bombas de la instalación no tendrán que hacer arranques ni paradas durante su funcionamiento. El hecho de que las bombas y sus accionamientos no tengan que realizar numerosos arranques y paradas durante la vida útil de la instalación prolongará la vida útil de los equipos y reducirá el mantenimiento necesario

La planta de la arqueta de impulsión se ha dimensionado rectangular. Es la forma más adecuada para estaciones de bombeo de tamaño mediano y grande. También se consigue un mejor flujo de agua circulando a través de ellas.

Los resultados obtenidos en el dimensionamiento de la arqueta con el programa de diseño PSD se muestran en las siguientes tablas:

Número de bombas	2
Modelo de bomba	Z22-400/350-70 C344
Nº máximo de arranques por hora	10
Dimensiones (Anchura x Longitud x Altura)	3030 x 5000 x 3395 mm
Área en planta	15,15 m ²
Volumen total	51,44 m ³
Espesor de la pared interior	100 mm
Espesor de la pared exterior	250 mm
Tamaño del deflector del orificio	386 mm
Velocidad máxima en el deflector del orificio	1,07 m/s
Diámetro de la tubería de entrada	600 mm
Velocidad máxima en la tubería de entrada	1,13 m/s

Tabla 73: Resultados de cálculo de la arqueta de impulsión

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Bomba	Nivel de arranque (m)	Nivel de parada (m)
1	2,89	1,00
Reserva	-	
Alarma	2,99	

Tabla 74: Niveles de arranque y parada en la arqueta de impulsión

1.2.10 DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución será la encargada de llevar el agua bombeada desde el depósito ubicado en Cabezo Espinoso hasta los puntos de consumo. La red de distribución tendrá en su cabecera el depósito de almacenamiento, que permitirá hacer independiente el funcionamiento de la estación de bombeo del consumo que se haga del agua en las parcelas de riego. El depósito de almacenamiento servirá de elemento regulador. Los puntos de consumo están distribuidos en las distintas parcelas de riego según el tamaño de las mismas.

Con el diseño hidráulico de la red de distribución de agua de riego se pretende conseguir que el agua llegue a los puntos de consumo. Los criterios que se deben cumplir en este proceso de diseño son una presión adecuada y una velocidad del flujo por las tuberías aceptable. También es importante en el diseño de la red el coste económico de la misma, tratando de minimizar siempre los costes de la instalación.

1.2.10.1 MODELADO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El proceso de diseño de la red de distribución se ha realizado mediante el programa informático EPANET. Mediante este programa informático se ha elaborado un modelo de la red de distribución, incluyendo todos los elementos que la conforman. El resultado ha sido una red de 76 conexiones.

El objeto de realizar un modelo de la instalación es poder simular su funcionamiento durante 24 horas. De este modo se podrá comprobar el correcto funcionamiento de la instalación con el diseño realizado.

El proceso de diseño consiste en un proceso iterativo, donde los parámetros a determinar son los diámetros de las conducciones. Los criterios de diseño que se deben verificar en todo momento durante el proceso de dimensionamiento son los siguientes:

- Una velocidad del flujo entre 1 y 4 m/s.
- Una altura superior a los 12 mca en los puntos de consumo.

Los distintos elementos de la red de distribución se han modelizado como se explica en los puntos siguientes.

1.2.10.1.1 ARQUETA DE IMPULSIÓN

La arqueta de impulsión, de donde captará el agua bombeada la estación de bombeo, se ha modelizado como un embalse. En el programa informático EPANET los embalses son nudos que representan una fuente de agua externa para la red modelizada. Se emplean para modelizar canales o ríos. Por ello ha sido empleada para modelizar la arqueta de impulsión, que toma su agua del Canal de Tauste.

El parámetro que define a los embalses es su altura piezométrica. La altura sobre el nivel del mar de la arqueta de impulsión es de 248 m. Esta es la cota que se le ha dado al embalse en el modelo de EPANET.

1.2.10.1.2 BOMBA

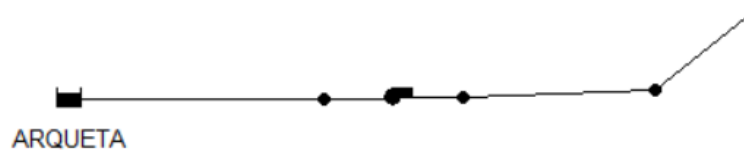


Ilustración 35: Modelización de la estación de bombeo y la arqueta de impulsión con EPANET. Elaboración propia

La estación de bombeo ha sido modelizada e incluida en el modelo completo de la instalación que se está diseñando en este proyecto. Para la modelización de las bombas, EPANET demanda su curva característica de funcionamiento. Esta curva característica de la bomba marca la relación entre el caudal que puede trasegar la bomba y la altura a la que puede bombear el agua impulsada.

El programa informático EPANET extrapola la curva característica de la bomba a partir de un punto de funcionamiento. Se ha proporcionado el punto de funcionamiento de la bomba, que se mantendrá inalterado durante todas las horas de funcionamiento de la misma. El punto de funcionamiento es el siguiente:

- $Q = 319,17 \text{ l/s}$
- $h = 119,7 \text{ m}$

EPANET ofrece la posibilidad de modificar la velocidad de la bomba. No se ha empleado en este modelo, dado que la bomba siempre trabaja en el mismo punto de funcionamiento. Esto es así gracias al depósito de almacenamiento ubicado en Cabezo Espinoso.

Dado que la estación de bombeo funcionará durante 12 horas al día, es necesario fijar las horas de funcionamiento en la simulación. EPANET permite establecer un patrón temporal que marcará las horas de funcionamiento de la estación de bombeo. Se ha introducido un patrón temporal para el funcionamiento de la estación de bombeo. La estación de bombeo comenzará a bombear agua en la hora 0 de la simulación y dejará de bombear en la hora 12 de la simulación. El patrón se muestra en la siguiente ilustración:

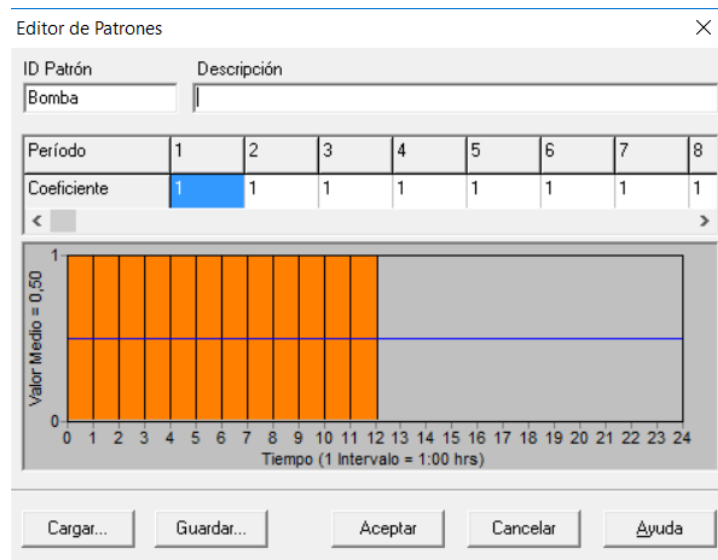


Ilustración 36: Patrón de funcionamiento de la bomba con EPANET. Elaboración propia

1.2.10.1.3 TUBERÍAS

Las tuberías de la red de distribución son los principales elementos a dimensionar con la simulación en EPANET, junto con el depósito de almacenamiento. La longitud de cada línea de tubería ya está definida por el diseño de las parcelas de riego. El parámetro a dimensionar con la simulación será el diámetro de cada una de ellas.

EPANET considera que todas las tuberías se encuentran llenas por completo desde el inicio de la simulación y durante todo el transcurso de la misma. El caudal circulará por la tubería desde el extremo con altura piezométrica mayor hacia el extremo de la tubería con una menor altura piezométrica.

Los parámetros que se han introducido para modelizar las tuberías en EPANET son los siguientes:

Diámetro

El diámetro de las tuberías es el parámetro a dimensionar en el diseño de la red de distribución de agua de riego. El dimensionamiento del diámetro de las tuberías es un proceso iterativo. Se ha ido modificando el diámetro de las tuberías de cada una de los sectores de riego hasta que se tuviera una altura de 12 mca en todos los puntos de consumo del sector.

El diámetro de las tuberías no solo afecta a las pérdidas de carga que determinarán la altura en los puntos de consumo. También afecta a la velocidad del flujo en las conducciones. Se ha prestado atención en el proceso de dimensionamiento a que el flujo del caudal estuviera siempre entre 1 y 4 m/s.

Los resultados obtenidos para cada una de las tuberías de la red de distribución se muestran en el documento Memoria de este proyecto.

Longitud

Las longitudes de las tuberías que conforman la red de distribución de agua de riego vienen impuestas por el diseño de las parcelas de riego. El diseño de las parcelas de riego se puede consultar en la Ilustración 1 del apartado 1.2.1.1 de este documento.

A partir de la herramienta Geoportal de Navarra, el diseño de las parcelas de riego y las dimensiones diseñadas para las mismas, se ha calculado la longitud de cada línea de tubería. A continuación se muestran las líneas proyectadas con sus cotas iniciales y finales y la longitud de las mismas. El color amarillo corresponde a las líneas del sector de riego 1, el color verde corresponde a las líneas del sector de riego 2, el naranja al sector de riego 3, el azul al sector de riego 4 y el rojo al sector de riego 5.

Línea	Nudo inicial	Nudo final	Cota Ni (m)	Cota Nf (m)	Longitud (m)
1	A	26.1	358	324	297
2	A	27.1	358	325	280
3	27.1	27.2	325	325	200
4	A	B	358	323	288
5	B	28.1	323	323	100
6	28.1	28.2	323	323	200
7	B	29.1	323	323	156
8	29.1	29.2	323	313	200
9	A	C	358	316	434
10	C	16	316	316	140
11	16	16.1	316	316	100
12	16.1	16.2	316	309	200
13	16	15.1	316	312	380
14	15.1	15.2	312	317	200
15	C	17	316	316	140
16	17	17.1	316	316	100
17	17.1	17.2	316	307	200
18	17	18.1	316	316	380
19	18.1	18.2	316	313	200
20	C	D	316	309	454
21	D	10.1	309	317	305
23	10.1	10.2	317	306	200
24	D	11	309	309	75
25	11	11.1	309	306	100
26	11.1	11.2	306	306	200
27	11	12	309	307	280
28	12	12.1	307	307	100
29	12.1	12.2	307	300	200
30	12	13	307	313	280
31	13	13.1	313	306	100
32	13.1	13.2	306	306	200

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

33	A	C.A	358	316	434
34	C.A	E	316	300	922
35	E	22	300	294	240
36	22	22.1	294	294	100
37	22	23.1	294	284	380
38	C.A	24	316	297	1426
39	24	24.1	297	297	100
40	24	25.1	297	297	380
41	25.1	25.2	297	287	200
42	A	C.B	358	316	434
43	C.B	D.B	316	309	454
44	D.B	F	309	295	485
45	F	14.1	295	302	100
46	F	9.1	295	295	100
47	9.1	9.2	295	285	200
48	F	G	295	295	140
49	G	8.1	295	310	240
50	8.1	8.2	310	309	200
51	G	H	295	295	400
52	H	6.1	295	285	240
53	H	5	295	295	140
54	5	5.1	295	285	100
55	5	J	295	309	280
56	J	7.1	309	309	100
57	J	4.1	309	309	100
58	J	3.1	309	305	380
59	A	C.C	358	316	434
60	C.C	D.C	316	309	454
61	D.C	F.C	309	295	485
62	F	G.C	295	295	140
63	G.C	H.C	295	295	400
64	H.C	21	295	285	200
65	21	21.1	285	285	100
66	21.1	21.2	285	285	200
67	21	20	285	296	260
68	20	20.1	296	285	140
69	20	19	296	296	260
70	19	19.1	296	296	100
71	19.1	19.2	296	286	200
72	19	2	296	288	400
73	2	2.1	288	288	120
74	2.1	2.2	288	278	240
75	2	1.1	288	288	400

Tabla 75: Líneas de la red de distribución

Coefficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad se utiliza en el modelo de EPANET para modelizar las pérdidas de carga por fricción en las paredes de las tuberías. Estas pérdidas por rugosidad son las pérdidas de carga primarias.

La ecuación que se ha empleado para modelizar estas pérdidas de carga es la ecuación de Darcy-Weisbach, que ya se explicó en el apartado 1.2.4.1.1 de este documento. Se emplea esta ecuación pues es la más exacta teóricamente y se puede usar para cualquier líquido en cualquier régimen. En el MANUAL DE USUARIO EPANET 2 se encuentra una tabla con los principales valores del coeficiente de seguridad de los materiales más comunes para conducciones.

<i>Material</i>	<i>Darcy-Weisbach ϵ (mm)</i>
PVC y PE	0,0025
Fibrocemento	0,025
Fundición revestida	0,03
Fundición no revestida	0,15
Hormigón armado	0,1
Hormigón liso	0,025

Ilustración 37: Coeficientes de rugosidad

Puesto que la tubería de impulsión es de hormigón en masa, se tomará su coeficiente de rugosidad:

$$\epsilon = 0,025 \text{ mm}$$

Las tuberías empleadas en la red de distribución del agua de riego son tubos de polietileno de baja densidad para uso agrícola. Su coeficiente de rugosidad será:

$$\epsilon = 0,0025 \text{ mm}$$

Estado

En un modelo de EPANET puede definirse el estado de las tuberías para que estén abiertas o cerradas, simulando la existencia de válvulas de cierre. Sin embargo, en este análisis se han considerado todas las tuberías como abiertas. La circulación de flujo a través de las distintas tuberías se ha modelizado con los patrones de demanda en los puntos de consumo.

1.2.10.1.4 VALVULERÍA Y ACCESORIOS

Las válvulas, codos y demás accesorios montados sobre las tuberías de la instalación generan las pérdidas de carga secundarias. En el modelo de EPANET será necesario considerar estas pérdidas de carga secundarias generadas por las turbulencias en codos y conexiones.

EPANET modeliza las pérdidas de carga secundarias mediante la siguiente ecuación:

$$h = K \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Donde:

- v : velocidad del flujo
- g : aceleración de la gravedad
- K : coeficiente de pérdidas menores

Por tanto, las pérdidas de carga secundarias se modelizarán mediante un coeficiente de pérdidas menores K . En el MANUAL DE USUARIO EPANET 2 se encuentra una tabla con los principales valores del coeficiente de pérdidas menores para los accesorios más comunes.

<i>Conectores</i>	<i>Coeficiente de pérdidas</i>
Válvula de Globo, totalmente abierta	10.0
Válvula de Ángulo, totalmente abierta	5.0
Válvula de Retención de Clapeta, totalmente abierta	2.5
Válvula de Compuerta, totalmente abierta	0.2
Codo de radio pequeño	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de radio grande	0.6
Codo a 45°	0.4
Codo cerrado con inversión del flujo	2.2
Te estándar – dirección de paso	0.6
Te estándar – dirección desvío	1.8
Entrada Recta	0.5
Salida brusca	1.0

Ilustración 38: Coeficiente de pérdidas menores

En el caso de que en un tramo de tubería coincidan varios accesorios al mismo tiempo, se introducirá como coeficiente de pérdidas menores la suma de los coeficientes de los accesorios de la tubería. En el caso de que en un tramo de tubería no existan accesorios, se introducirá un coeficiente igual a 0.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Los coeficientes de pérdidas menores con los que se han modelizado los accesorios de cada línea de tubería se enumeran en la siguiente tabla:

Tubería Arqueta-Bomba	
Válvula de retención de clapeta, totalmente abierta	K=2,5
Válvula de compuerta, totalmente abierta	K=0,2
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería Bomba-Impulsión	
Válvula de retención de clapeta, totalmente abierta	K=2,5
Válvula de compuerta, totalmente abierta	K=0,2
Codo de radio medio	K=0,8
Te en la dirección de desvío	K=1,8
Tubería Impulsión	
Válvula de retención de clapeta, totalmente abierta	K=2,5
Válvula de compuerta, totalmente abierta	K=0,2
Tubería 3	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 5	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 6	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 7	
Codo de radio medio	K=0,8
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 59	
Válvula de compuerta, totalmente abierta	K=0,2
Tubería 42	
Válvula de compuerta, totalmente abierta	K=0,2
Tubería 9	
Válvula de compuerta, totalmente abierta	K=0,2
Tubería 33	
Válvula de compuerta, totalmente abierta	K=0,2
Tubería 10	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 11	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 12	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 13	
Te dirección de paso	K=0,6
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 14	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 15	
Te dirección de desvío	K=1,8

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tubería 16	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 17	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 18	
Te dirección de paso	K=0,6
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 19	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 20	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 21	
Te dirección de desvío	K=1,8
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 22	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 23	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 24	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 25	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 26	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 27	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 28	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 29	
Te dirección de paso	K=0,6
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 30	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 38	
Te dirección de desvío	K=1,8
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 39	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 40	
Codo de radio medio	K=0,8
Codo de radio medio	K=0,8
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 41	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 34	
Te dirección de desvío	K=1,8

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tubería 35	
Te dirección de desvío	K=1,8
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 36	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 37	
Te dirección de paso	K=0,6
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 43	
Codo a 45º	K=0,4
Tubería 44	
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 42	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 45	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 46	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 47	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 49	
Te dirección de paso	K=0,6
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 50	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 51	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 52	
Te dirección de desvío	K=1,8
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 53	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 54	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 55	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 56	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 57	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 58	
Te dirección de paso	K=0,6
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 60	
Codo a 45º	K=0,4
Tubería 61	

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Codo a 45º	K=0,4
Tubería 62	
Codo de radio medio	K=0,8
Tubería 63	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 64	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 65	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 66	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 67	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 68	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 69	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 70	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 71	
Te dirección de desvío	K=1,8
Tubería 74	
Te dirección de paso	K=0,6
Tubería 75	
Te dirección de paso	K=0,6
Codo de radio medio	K=0,8
Codo de radio medio	K=0,8

Tabla 76: Coeficiente de pérdidas menores en cada línea

1.2.10.1.5 DEPÓSITO ELEVADO

La modelización del depósito de almacenamiento de agua se ha realizado utilizando el elemento tanque de EPANET. Los tanques en el programa EPANET son nudos con capacidad de almacenamiento, donde el agua acumulada durante el tiempo de simulación puede variar.

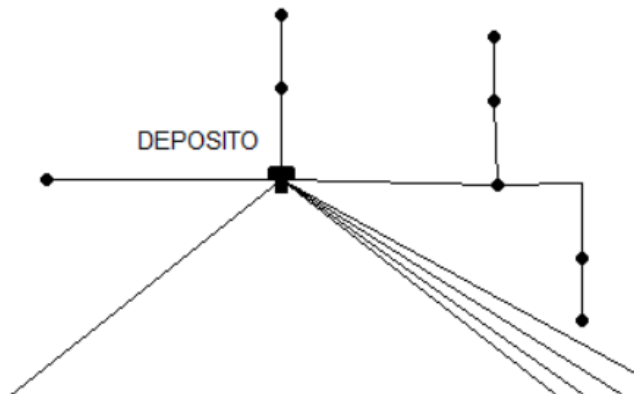


Ilustración 39: Modelización depósito de almacenamiento con EPANET. Elaboración propia

El diseño del depósito de almacenamiento es un proceso iterativo. Al depósito de almacenamiento se le darán unas características iniciales y se comprobará con la simulación si cumple con las condiciones necesarias para su correcto funcionamiento.

Las características iniciales con las que se ha modelizado el depósito son las siguientes:

- Cota geométrica: 358 m
- Diámetro: 40 m
- Valor máximo de la lámina de agua: 20 m
- Valor mínimo de la lámina de agua: 0 m

Para comprobar que el depósito de almacenamiento cumple su función de manera adecuada, se deberá verificar que el nivel del tanque se mantiene entre su máximo y su mínimo durante la simulación realizada.

1.2.10.1.6 SISTEMA DE RIEGO DE LAS PARCELAS

Los puntos de consumo de la red de distribución son los puntos donde arrancan las tuberías terciarias que suministran el agua a los goteros no compensantes que se instalarán en las parcelas. Aquellas parcelas con un tamaño menor tendrán un solo punto de consumo, mientras que las parcelas de mayor tamaño tendrán dos. El volumen de agua consumida en cada punto de consumo también dependerá de la superficie que abastezca dicho punto de consumo.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Parcela	Dimensiones (m)	Área (m2)	Consumo por día (l)	Nº Puntos de consumo
1	200x280	56.000	299.561,24	2
2	480x320	153.600	821.653,70	2
3	200x280	56.000	299.561,24	1
4	200x280	56.000	299.561,24	1
5	200x280	56.000	299.561,24	1
6	200x280	56.000	299.561,24	1
7	200x280	56.000	299.561,24	1
8	400x280	112.000	599.122,49	2
9	400x280	112.000	599.122,49	2
10	400x280	112.000	599.122,49	2
11	400x280	112.000	599.122,49	2
12	400x280	112.000	599.122,49	2
13	400x280	112.000	599.122,49	2
14	200x280	56.000	299.561,24	1
15	400x280	112.000	599.122,49	2
16	400x280	112.000	599.122,49	2
17	400x280	112.000	599.122,49	2
18	400x280	112.000	599.122,49	2
19	400x280	112.000	599.122,49	2
20	200x280	56.000	299.561,24	1
21	400x320	128.000	684.711,41	2
22	200x280	56.000	299.561,24	1
23	200x280	56.000	299.561,24	1
24	200x280	56.000	299.561,24	1
25	400x280	112.000	599.122,49	2
26	200x280	56.000	299.561,24	1
27	400x280	112.000	599.122,49	2
28	400x280	112.000	599.122,49	2
29	400x280	112.000	599.122,49	2

Tabla 77: Puntos de consumo en las parcelas de riego

Abastecer a todos los puntos de consumo al mismo tiempo exigiría una instalación de bombeo muy grande. El diseño de la distribución del agua de riego por turnos es una medida de eficiencia. Llevando el agua de riego a las parcelas por turnos permite diseñar una estación de bombeo más pequeña y tuberías de menor diámetro. Estas dos acciones hacen que el coste de la instalación sea mucho menor.

Las parcelas se han agrupado en 5 sectores de riego. La agrupación se ha realizado teniendo en cuenta la ubicación geográfica de cada parcela y la semejanza en la cota geométrica de los puntos de consumo pertenecientes a un mismo sector de riego.

La modelización de los turnos de riego en EPANET se ha realizado utilizando los patrones temporales de demanda. Al conjunto de nudos de consumo que conforman un mismo sector de riego se le ha asignado un mismo patrón de demanda. De este modo los nudos de consumo que conforman cada sector de riego consumirán el agua que necesitan durante 4 horas. De este modo se cubrirá la demanda total de agua en 20 horas. Esto es posible gracias al depósito de almacenamiento, de otro modo debería hacerse funcionar la estación de bombeo durante 20 horas y regular la velocidad de las bombas para variar el punto de funcionamiento.

Los patrones de demanda asignados a cada sector de riego y las parcelas que pertenecen a cada uno de ellos se muestran a continuación:

- Sector de riego 1
Parcelas de riego: 26, 27, 28 y 29

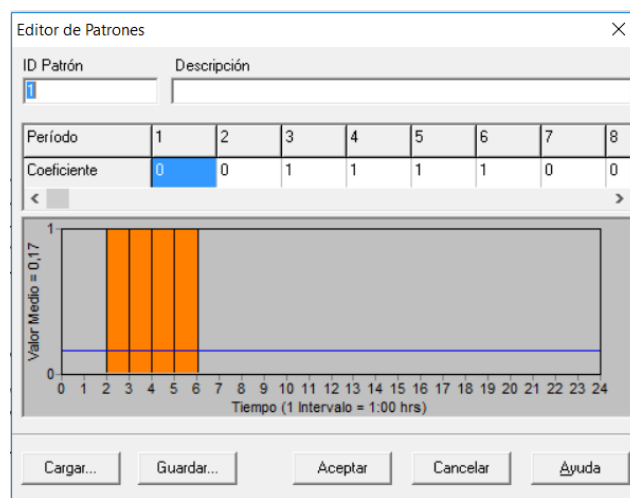


Ilustración 40: Patrón de demanda sector 1 con EPANET. Elaboración propia

- Sector de riego 2
Parcelas de riego: 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17 y 18

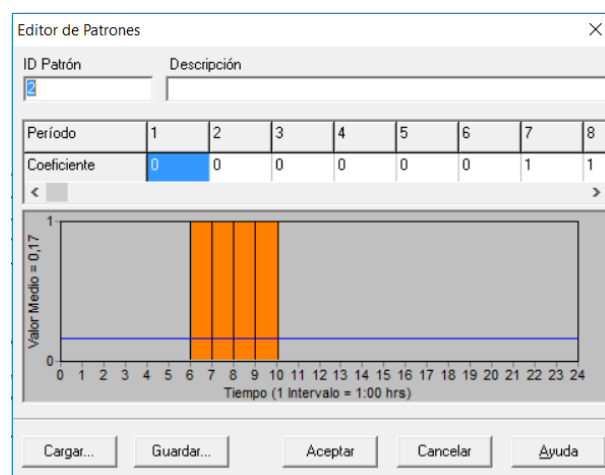


Ilustración 41: Patrón de demanda sector 2 con EPANET. Elaboración propia

- Sector de riego 3
Parcelas de riego: 22, 23, 24 y 25

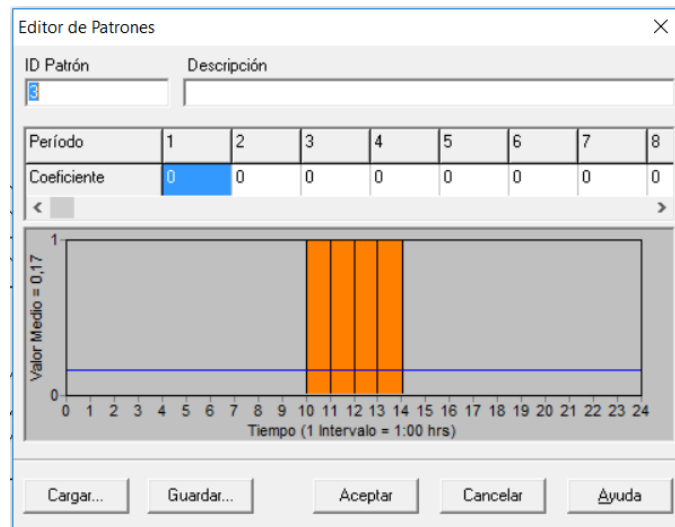


Ilustración 42: Patrón de demanda sector 3 con EPANET. Elaboración propia

- Sector de riego 4
Parcelas de riego: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 14



Ilustración 43: Patrón de demanda sector 4 con EPANET. Elaboración propia

- Sector de riego 5
Parcelas de riego: 1, 2, 19, 20 y 21



Ilustración 44: Patrón de demanda sector 5 con EPANET. Elaboración propia

1.2.10.2 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA RED

Como se ha comentado anteriormente, el dimensionamiento hidráulico de la red de riego se ha realizado mediante un proceso iterativo. El proceso de diseño ha consistido en verificar el cumplimiento del criterio de velocidad y las necesidades de presión en los puntos de consumo. Las velocidades en las líneas de tuberías deben estar comprendidas entre 1 y 4 m/s. Con esto se conseguirán unas pérdidas de carga no muy elevadas y se minimiza la erosión de las tuberías. También se consigue un flujo de agua que evita posibles fermentaciones o sedimentos en las conducciones.

El criterio fundamental de diseño es el de las necesidades de presión en los puntos de consumo. Los goteros no compensantes que se instalarán en las parcelas de riego requieren 12 mca en las tuberías que entroncan con los mismos.

Como se ha explicado en el punto anterior, el consumo de agua estará organizado por turnos de riego. Esto hará que el diseño de la instalación sea más eficiente.

Se ha realizado una simulación del funcionamiento de la instalación durante 24h para verificar el correcto funcionamiento de la misma. Los resultados de la simulación se muestran a continuación. Se observa que se cumplen los requisitos establecidos en los criterios de diseño.

Sector de riego 1

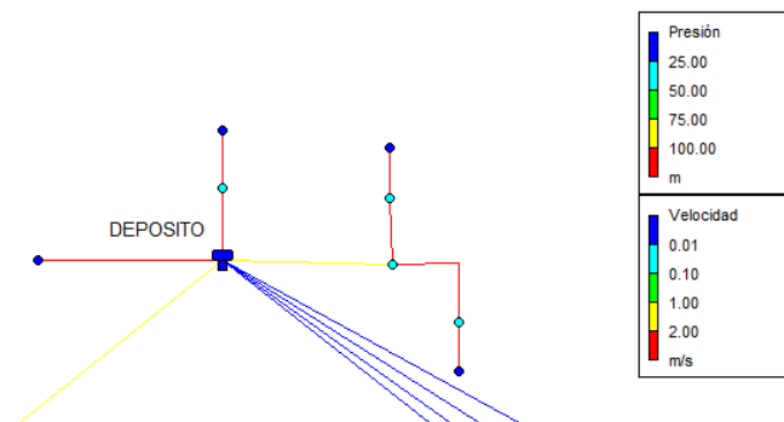


Ilustración 45: Funcionamiento sector de riego 1 con EPANET. Elaboración propia

Sector de riego 2

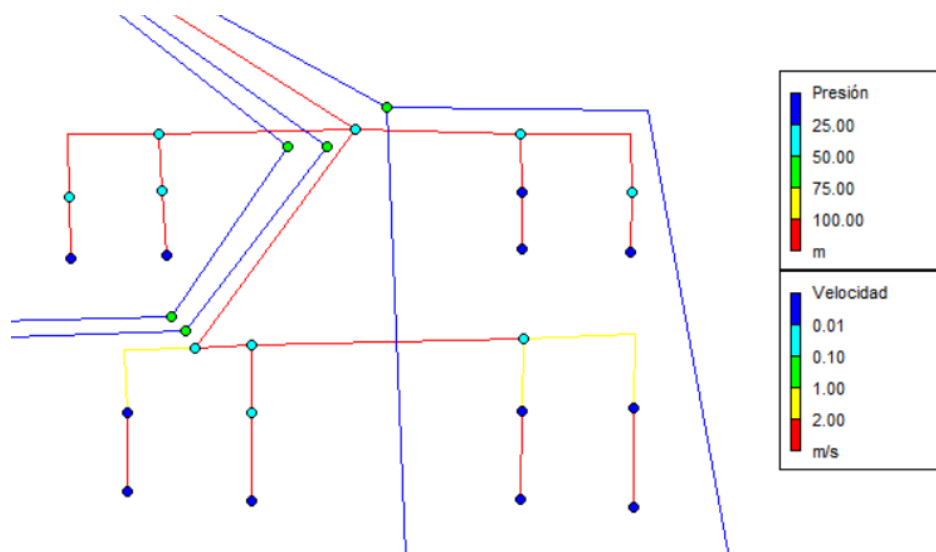


Ilustración 46: Funcionamiento sector de riego 2 con EPANET. Elaboración propia

Sector de riego 3

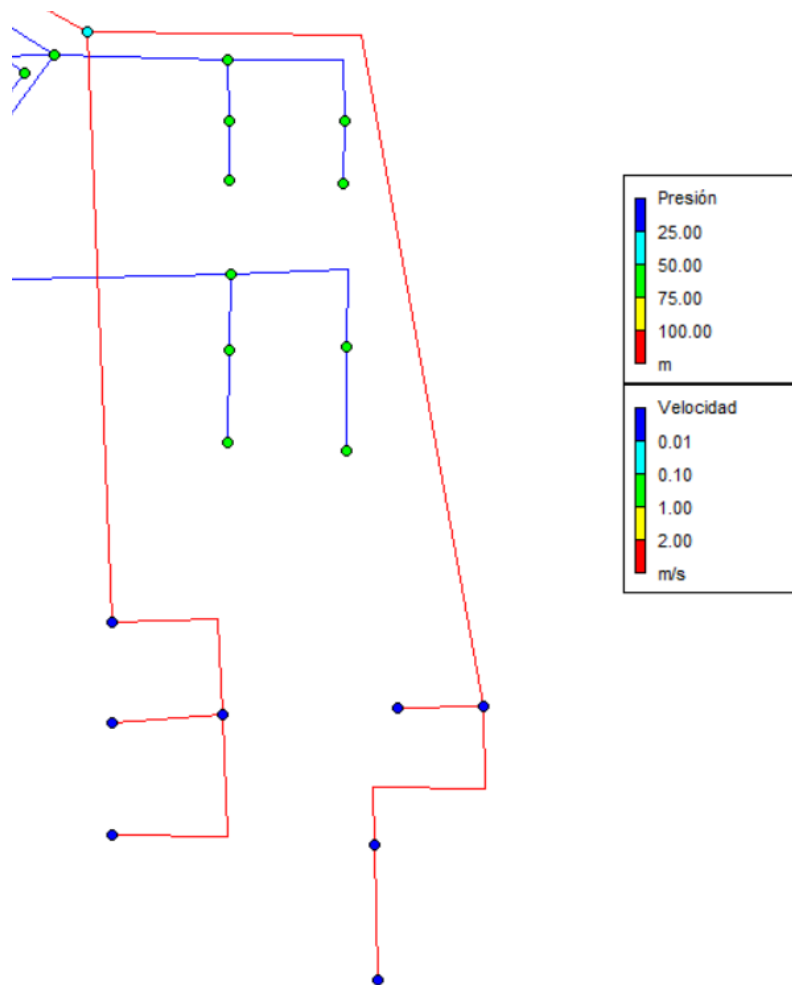


Ilustración 47: Funcionamiento sector de riego 3 con EPANET. Elaboración propia

Sector de riego 4

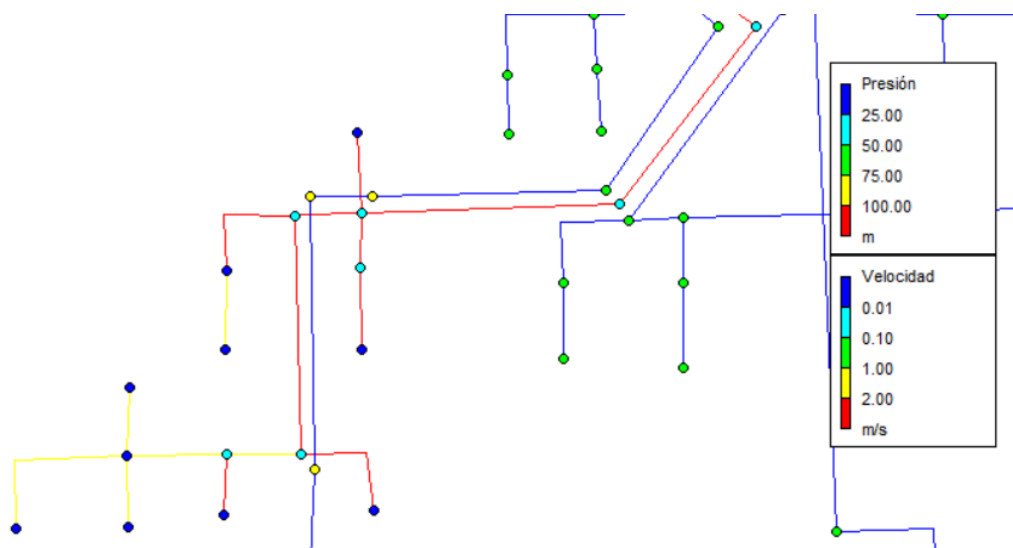


Ilustración 48: Funcionamiento sector de riego 4 con EPANET. Elaboración propia

Sector de riego 5

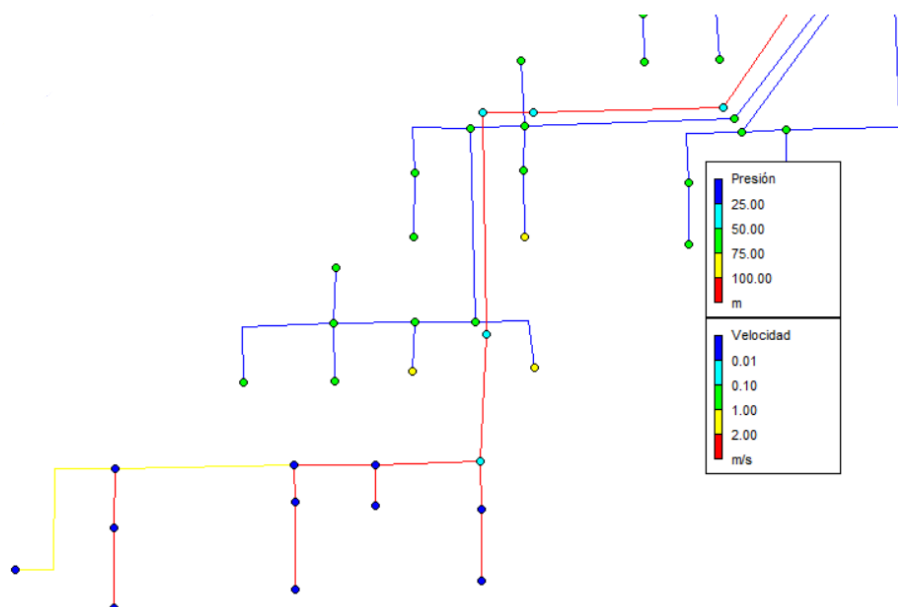
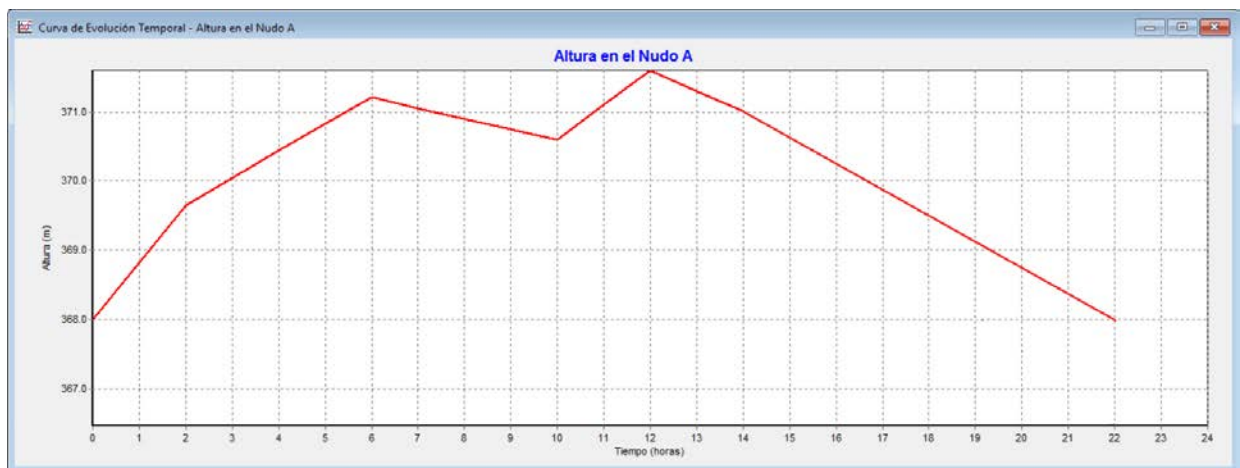


Ilustración 49: Funcionamiento sector de riego 5 con EPANET. Elaboración propia

Se comprueba que todas las líneas cumplen con el criterio de velocidad y que todos los puntos de consumo cumplen con las necesidades mínimas de presión. Por ello se concluye que el diseño de la red de distribución es adecuado.

1.2.10.3 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO

Similar al proceso de diseño de las tuberías de la red de distribución del agua de riego, el dimensionamiento del depósito de almacenamiento también es un proceso iterativo. Partiendo del pre dimensionado que se ha expuesto en el apartado 1.2.10.1.5 se ha verificado su funcionamiento con la simulación en EPANET. El programa informático EPANET permite seguir la evolución de la altura de la lámina libre en los depósitos. Viendo la evolución que ha seguido la altura durante las 24 h de la simulación se podrá comprobar si el diseño realizado cumple con los requisitos de funcionamiento.



*Ilustración 50: Evolución de la altura de la lámina libre en el depósito de almacenamiento con EPANET.
Elaboración propia*

El pre dimensionamiento realizado es correcto. El depósito de almacenamiento ubicado en Cabezo Espinoso tendrá un diámetro de 40 m y una altura de 5 m. Con estas dimensiones se podrá regular la demanda de agua de las parcelas de riego.

1.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

1.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ÍNDICE

1.3.1 COSTE DEL CICLO DE VIDA DE LA INSTALACIÓN.....	159
1.3.1.1 INTRODUCCIÓN.....	159
1.3.1.2 COSTE INICIAL Y COSTE DE INSTALACIÓN.....	160
1.3.1.3 COSTE ENERGÉTICO	160
1.3.1.4 COSTE DE OPERACIÓN	161
1.3.1.5 COSTE DE MANTENIMIENTO	161
1.3.1.6 COSTE POR TIEMPO DE AVERÍA	162
1.3.1.7 COSTE MEDIOAMBIENTAL.....	162
1.3.1.8 COSTE DE RETIRADA	162
1.3.1.8 COSTE DEL CICLO DE VIDA	163
1.3.2 INGRESOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	164
1.3.3 INTERÉS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	166
1.3.3.1 RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN	166
1.3.3.2 PLAZO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	168

1.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Recuperación de la inversión inicial	169
---	-----

1.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costes distribuidos a lo largo del ciclo de vida.....	163
Tabla 2: Ingresos del conjunto de explotaciones a lo largo de la vida de la instalación	165
Tabla 3: Cálculo del VAN.....	167
Tabla 4: Cálculo del plazo de recuperación de la inversión.....	168

1.3.1 COSTE DEL CICLO DE VIDA DE LA INSTALACIÓN

1.3.1.1 INTRODUCCIÓN

El principal criterio de diseño utilizado en el presente proyecto ha sido minimizar el coste del ciclo de vida de la instalación (L_{CC}). El coste del ciclo de vida de la instalación es el total de los costes que generará la instalación durante todos los años de su vida útil. En este proyecto en particular el coste del ciclo de vida de la instalación tiene una relevancia especial, dado que se trata de un proyecto para un conjunto de explotaciones agrícolas. Con un diseño que minimice el coste del ciclo de vida de la instalación se conseguirá que el rendimiento económico de las explotaciones agrícolas sea mayor. De este modo se cumplirá uno de los objetivos del proyecto, mejorar el rendimiento económico de las explotaciones introduciendo cultivos de regadío.

Como se indica en el artículo El coste del ciclo de vida en las bombas (SANZ03), el coste del ciclo de vida de la instalación es la suma de los siguientes términos:

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

Donde:

- C_{ic} : Coste inicial o coste de adquisición.
- C_{in} : Coste de instalación y puesta en marcha.
- C_e : Costes energéticos.
- C_o : Coste de operación.
- C_m : Coste de mantenimiento.
- C_s : Coste por tiempo de avería.
- C_{amb} : Costes medioambientales.
- C_d : Coste de retirada de los equipos.

La estación de bombeo y la red de riego proyectadas tienen una vida útil de 20 años. Algunos de los términos del coste del ciclo de vida serán costes anuales, que se repetirán durante los 20 años, y otros serán costes puntuales.

Durante el proceso de diseño se han analizado la mayoría de los términos que componen el coste del ciclo de vida de la instalación. En los siguientes apartados se expone como se considerarán a la hora de analizar su efecto en la rentabilidad de la inversión.

1.3.1.2 COSTE INICIAL Y COSTE DE INSTALACIÓN

El coste inicial es el coste de compra de los distintos equipos y materiales que se emplearán en la ejecución del proyecto. Entre los costes iniciales se encuentran la compra de las bombas, las tuberías, las válvulas y demás equipos que se montarán en la instalación.

El coste de instalación es el coste de montaje, construcción y puesta en marcha del conjunto de equipos e instalaciones objeto del proyecto. Entre los conceptos que incluye la instalación se encuentran la excavación y el movimiento de tierras, la instalación de los equipos electromecánicos o las pruebas de funcionamiento.

Los costes iniciales y de instalación de la estación de bombeo y de la red de distribución del agua de riego se han calculado en el documento Presupuesto. El cálculo detallado de los diferentes conceptos que constituyen los costes iniciales y de instalación se puede consultar en el documento 4 de este proyecto.

La suma de ambos costes es el presupuesto del proyecto y su valor es:

$$C_{ic} + C_{in} = 1.529.537,02 \text{ €}$$

Estos dos costes del ciclo de vida se incluirán exclusivamente en el año 0 a la hora de calcular la rentabilidad de la inversión. Se realizará así pues son costes de inversión, que solo se producirán en el inicio del ciclo de vida.

Para realizar el cálculo del interés económico que tiene la ejecución del proyecto, será necesario considerar también el coste inicial y de instalación que tienen los sistemas de riego por goteo. Se ha estimado que en cada hectárea de terreno de cultivo se instalarán 142 hileras de cintas de riego no compensantes, de 100 m de longitud. Con un precio de 0,06 € por metro de cinta y considerando los costes de instalación, se instalará el sistema de riego en todo el área regable por 220.937,14 €. El sistema de riego por goteo tiene una vida útil de 3 años, por lo que este coste inicial y de instalación afectará a los flujos de caja operativos. Cada 3 años será necesario realizar una inversión de 220.937,14 € para renovar los goteros.

1.3.1.3 COSTE ENERGÉTICO

Los costes energéticos en este proyecto los constituyen los costes de la energía eléctrica que será consumida en la estación de bombeo. El cálculo de los costes energéticos se ha desarrollado en el apartado 1.2.2.1.3 del documento Cálculos justificativos. El cálculo de los costes energéticos ha sido muy importante para la selección del modelo de bomba.

El cálculo desarrollado se encuentra en el apartado 1.2.2.1.3 del documento Cálculos justificativos. Los resultados obtenidos se resumen en un coste anual de 55.896,17 €. Estos costes energéticos supondrán un total a lo largo de los 20 años de vida útil de la instalación de 1.117.923,4 €.

Como se aprecia, los costes energéticos son casi tan importantes como los costes de inversión. Por ello en los análisis desarrollados durante las etapas de diseño se han tenido en cuenta tanto los costes energéticos como los iniciales. De este modo se ha tratado de minimizar el total del coste de vida de la instalación.

1.3.1.4 COSTE DE OPERACIÓN

Los costes de operación son los costes de la mano de obra que se encarga de la operación y revisión de la estación de bombeo. En este proyecto en particular, dado que se trata de una instalación que abastecerá una serie de explotaciones agrícolas, se deberá tener también en cuenta el coste de la mano de obra dedicada a las explotaciones agrícolas en sí. Este personal encargado de los cultivos será también el responsable de la operación y revisión de la instalación de bombeo y de la red de riego, objeto de este proyecto.

El coste de operación se ha obtenido de las encuestas realizadas por la Red de Información Contable Agrícola de Navarra (RICAN) y la Red Contable Agraria Nacional (RECAN). En ellas se ha hecho un estudio de los costes de operación que las explotaciones agrícolas de cultivos de regadío afrontan anualmente. Con el resultado de este estudio se puede estimar el coste de operación de las instalaciones proyectadas en 22.610 € anuales. Estos costes incluyen el salario de dos operarios encargados de los cultivos y de las instalaciones de riego y abastecimiento de agua.

El total de los costes de operación a lo largo de los 20 años de vida útil de la instalación será de 452.200,00 €.

1.3.1.5 COSTE DE MANTENIMIENTO

El coste de mantenimiento de la instalación proyectada incluirá tanto el mantenimiento preventivo como el posible mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo incluye cualquier revisión u operación de mantenimiento para garantizar el buen funcionamiento de la instalación, antes de que se produzca el fallo o avería. Incluye operaciones como el cambio de juntas aislantes en la bomba o la limpieza de las conducciones.

El mantenimiento correctivo consiste en las operaciones de reparación de los componentes de la instalación una vez se ha producido el fallo o rotura. El mantenimiento correctivo suele ser más caro que el preventivo, pues suele incluir el transporte de los componentes así como reparaciones complejas.

El coste anual estimado para la estación de bombeo y la red de distribución de agua de riego asciende a 2.753,00 €. El total del coste de mantenimiento a lo largo de los 20 años de vida de la instalación será de 55.060,00 €. Estos costes serán considerados a la hora de obtener los flujos de caja para conocer la rentabilidad de la inversión.

1.3.1.6 COSTE POR TIEMPO DE AVERÍA

Se entiende el coste por tiempo de avería el coste que produce no poder utilizar la instalación a causa de una avería o fallo. En el caso de la instalación objeto del proyecto, el coste por tiempo de avería sería las pérdidas que produce en las explotaciones agrícolas el no poder regar.

El diseño de la instalación se ha realizado teniendo en cuenta posibles fallos o accidentes que comprometieran el normal funcionamiento de la instalación. Con el objeto de que dichas averías no tuvieran efecto sobre la explotación agrícola para la que se ha proyectado la estación de bombeo y la red de distribución, se han considerado diversas medidas en el diseño. Se ha proyectado una segunda bomba con un circuito totalmente independiente en la estación de bombeo. De este modo, el coste inicial es mayor, pero en caso de que una bomba se averíe la otra bomba entrará en funcionamiento para abastecer a los cultivos de las explotaciones.

De este modo no se considerarán costes por tiempo de avería a la hora de calcular la rentabilidad de la inversión realizada en la estación de bombeo y la red de distribución de agua de riego.

1.3.1.7 COSTE MEDIOAMBIENTAL

El coste medioambiental es el coste que tiene mantener el entorno de la instalación inalterado. Acciones que pueden ocasionar costes medioambientales son: eliminación del aceite refrigerante del transformador, residuos de juntas del equipo de bombeo o cualquier consumible de la instalación.

El coste medioambiental en la instalación objeto del proyecto se considerará en el año 0. Se considerará como un coste en el que se incurre durante la instalación y asciende a 10.000 €.

1.3.1.8 COSTE DE RETIRADA

El coste de retirada es el coste de reciclar los elementos de la instalación que sea posible y el transporte a vertedero y posterior tratamiento del resto de componentes.

El coste de retirada se considerará en el análisis económico de la rentabilidad como un coste en el que se incurre en el último año de la vida útil de la instalación. El coste de retirada asciende a 15.000 €.

1.3.1.8 COSTE DEL CICLO DE VIDA

El coste del ciclo de vida de la instalación se distribuirá a lo largo de los 20 años de la vida útil de la instalación como se muestra en la siguiente tabla:

Año	Costes
0	1.760.474,16 €
1	81.259,17 €
2	81.259,17 €
3	302.196,31 €
4	81.259,17 €
5	81.259,17 €
6	302.196,31 €
7	81.259,17 €
8	81.259,17 €
9	302.196,31 €
10	81.259,17 €
11	81.259,17 €
12	302.196,31 €
13	81.259,17 €
14	81.259,17 €
15	302.196,31 €
16	81.259,17 €
17	81.259,17 €
18	302.196,31 €
19	81.259,17 €
20	96.259,17 €
Total	4.726.280,40 €

Tabla 1: Costes distribuidos a lo largo del ciclo de vida

Como se puede comprobar, el coste del ciclo de vida de la instalación tiene un valor muy superior al coste inicial de la instalación. Por ello, es muy importante el análisis realizado en el documento Cálculos justificativos para conseguir un diseño que minimice los costes asociados a la vida útil de la instalación.

1.3.2 INGRESOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

Para poder calcular la rentabilidad económica de la inversión realizada en el proyecto, es necesario conocer los ingresos que se generarán gracias a dicha inversión. Como se ha explicado en los primeros puntos del documento Memoria descriptiva, el objeto último del presente proyecto es permitir el cultivo de regadío en explotaciones agrícolas de secano. Los cultivos de regadío obtienen unos rendimientos económicos superiores a los cultivos de secano. De este modo, los ingresos generados gracias a la inversión en la estación de bombeo y la red de distribución de agua de riego serán la diferencia entre los ingresos de los cultivos de regadío y los cultivos de secano.

El parámetro que se ha utilizado para medir los ingresos generados por la actividad económica es el flujo de caja operativo. El flujo de caja operativo es el dinero generado por una actividad exclusivamente a través de operaciones relacionadas con la actividad. Fuera del flujo de caja operativo quedarán costes y beneficios financieros o la depreciación de maquinaria e instalaciones. Utilizando el flujo de caja operativo se podrá comprobar realmente la rentabilidad de la actividad para la que se proyecta la instalación de bombeo y distribución de agua.

Para estimar los ingresos de las explotaciones agrícolas de regadío se han utilizado los datos de las Estadísticas agrarias de la Red Contable Agraria Nacional (RECAN). Para estimar los ingresos que tienen las explotaciones agrícolas de secano se han utilizado las bases de datos de la Red de Información Contable Agrícola de Navarra (RICAN). Tanto la RECAN como la RICAN realizan encuestas anuales a productores agrícolas, con el objetivo de conocer los distintos costes e ingresos que obtienen de sus explotaciones. En el caso que nos ocupa se utilizarán los resultados de las encuestas en Navarra para una hectárea de cultivo de secano y esa misma hectárea de cultivo de regadío.

A partir de los resultados obtenidos de las encuestas de los organismos mencionados anteriormente, se ha obtenido el flujo de caja operativo para una hectárea de las explotaciones agrícolas del área regable. El flujo de caja operativo será la suma del flujo de caja operativo obtenido del cultivo de guisante y el flujo de caja obtenido del cultivo de brócoli. Se suman los dos flujos de caja puesto que cada año se realizarán los dos cultivos. El resultado es un flujo de caja operativo de 1.706,21 €.

Al flujo de caja operativo obtenido de los cultivos de regadío a implantar hay que restarle el flujo de caja operativo que se obtendría con los cultivos de secano actuales. Esto es así porque los ingresos que se generarán gracias a la instalación proyectada son la diferencia entre los que se producen sin ella y los que se generarían con la misma. El incremento del flujo de caja que se obtiene para una hectárea del área regable es de 1.657,31 €.

Como ingreso también es necesario considerar el valor residual de la instalación. El valor residual de la instalación será el valor que tengan los componentes de la instalación al finalizar la vida útil. En este caso solamente tendrán valor las cintas de riego, a las que les quedará un año de vida útil. Su valor residual es de 73.645,71 € y se considerará como un ingreso en el año 20 de la explotación de la instalación

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Los ingresos del conjunto de explotaciones agrícolas que conforman el área regable se distribuyen a lo largo de la vida útil de la instalación:

Año	Ingresos estimados
0	0,00 €
1	427.187,06 €
2	427.187,06 €
3	427.187,06 €
4	427.187,06 €
5	427.187,06 €
6	427.187,06 €
7	427.187,06 €
8	427.187,06 €
9	427.187,06 €
10	427.187,06 €
11	427.187,06 €
12	427.187,06 €
13	427.187,06 €
14	427.187,06 €
15	427.187,06 €
16	427.187,06 €
17	427.187,06 €
18	427.187,06 €
19	427.187,06 €
20	500.832,77 €

Tabla 2: Ingresos del conjunto de explotaciones a lo largo de la vida de la instalación

1.3.3 INTERÉS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

1.3.3.1 RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

Para valorar la rentabilidad de la inversión a realizar en la estación de bombeo y la red de distribución para el agua de riego de las explotaciones agrícolas, se ha realizado el cálculo del valor actual neto de la inversión (VAN). El cálculo del VAN proporciona el valor actual de la diferencia entre los flujos de caja positivos y los flujos de caja negativos. Su cálculo se realiza para analizar la rentabilidad de proyectos o inversiones.

La fórmula utilizada para el cálculo del valor actual neto (VAN) es la siguiente:

$$VAN = \sum_{i=0}^{20} \frac{Incr.FC}{(1+r)^i}$$

Donde:

- Como se ha comentado en el apartado anterior, los flujos de caja considerados (Incr.FC) serán la diferencia entre los que produce el cultivo de secano actual y los que producirá el cultivo de regadío a implantar, restándole los costes calculados en el apartado 1.3.1 de este documento. De este modo se valorará exclusivamente la rentabilidad procedente de la instalación proyectada.
- El número de periodos (i) para los que se realiza el cálculo del VAN se corresponden al número de años de vida útil de la instalación. El cálculo se realizará para 20 periodos que se corresponden con los 20 años de vida útil.
- La tasa de descuento (r) utilizada es un 10%. La tasa de descuento se ha aproximado a este valor, por ser la tasa de retorno esperada por los propietarios de las explotaciones agrícolas.

Año	Incr.FC (€)	(1+r) ⁱ	Incr.FC/(1+r) ⁱ
0	(1.760.474,16) €		(1.760.474,16) €
1	345.927,89 €	1,10	314.479,90 €
2	345.927,89 €	1,21	285.890,82 €
3	124.990,75 €	1,33	93.907,40 €
4	345.927,89 €	1,46	236.273,41 €
5	345.927,89 €	1,61	214.794,01 €
6	124.990,75 €	1,77	70.554,02 €
7	345.927,89 €	1,95	177.515,71 €
8	345.927,89 €	2,14	161.377,92 €
9	124.990,75 €	2,36	53.008,28 €
10	345.927,89 €	2,59	133.370,18 €
11	345.927,89 €	2,85	121.245,62 €
12	124.990,75 €	3,14	39.825,91 €
13	345.927,89 €	3,45	100.202,99 €
14	345.927,89 €	3,80	91.093,63 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

15	124.990,75 €	4,18	29.921,79 €
16	345.927,89 €	4,59	75.283,99 €
17	345.927,89 €	5,05	68.439,99 €
18	124.990,75 €	5,56	22.480,69 €
19	345.927,89 €	6,12	56.561,97 €
20	404.573,60 €	6,73	60.137,29 €
		VAN	645.891,34 €

Tabla 3: Cálculo del VAN

El VAN de la implantación de la estación de bombeo y la red de distribución de agua de riego resulta positivo. Esto implica que la inversión es atractiva y que generará beneficios a los propietarios de las explotaciones agrícolas. Por ello resulta interesante la realización de la estación de bombeo y la red de distribución de agua de riego proyectadas.

1.3.3.2 PLAZO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Un aspecto importante para conocer el atractivo de la ejecución del proyecto es el plazo de recuperación de la inversión. El plazo de recuperación de la inversión se define como el número de años necesarios para recuperar los costes iniciales y de instalación con los flujos de caja proyectados durante la vida útil de la instalación.

El cálculo de cuantos años de explotación de los cultivos de regadío a implantar son necesarios para recuperar la inversión se ha realizado sumando los flujos de caja considerados en la Tabla 3 del apartado anterior.

Año	$\sum$ Incr.FC
1	345.927,89 €
2	691.855,79 €
3	816.846,54 €
4	1.162.774,43 €
5	1.508.702,33 €
6	1.633.693,08 €
7	1.979.620,97 €
8	2.325.548,87 €
9	2.450.539,62 €
10	2.796.467,51 €
11	3.142.395,41 €
12	3.267.386,16 €
13	3.613.314,05 €
14	3.959.241,95 €
15	4.084.232,70 €
16	4.430.160,59 €
17	4.776.088,49 €
18	4.901.079,24 €
19	5.247.007,13 €
20	5.651.580,74 €

Tabla 4: Cálculo del plazo de recuperación de la inversión

La inversión inicial es de 1.760.474,16 € tal y como se ha calculado en apartados anteriores. Como se observa en la Tabla 4, esta inversión se recupera durante el año 6 de la explotación de los cultivos de regadío. De manera más exacta el plazo de recuperación de la inversión es de 6,37 años.

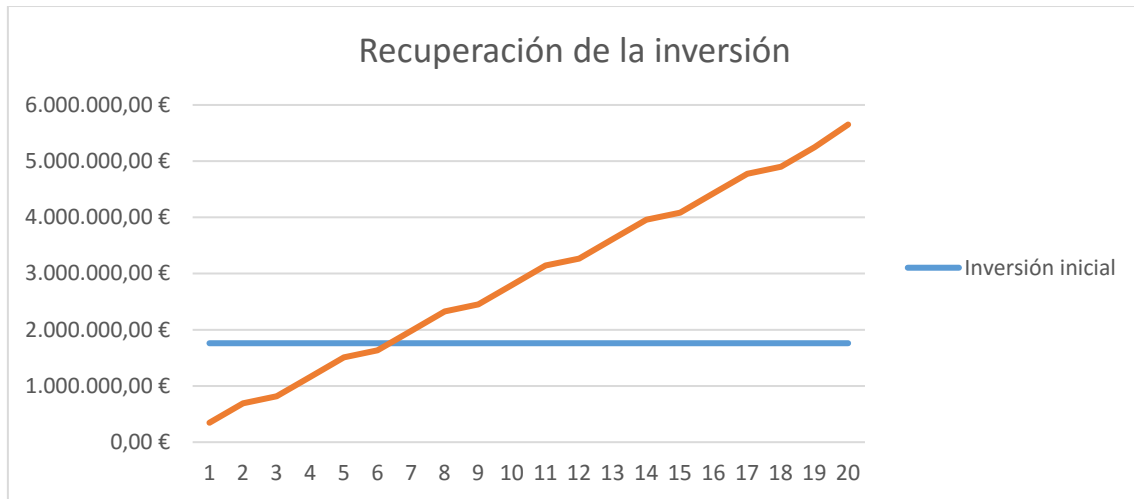


Ilustración 1: Recuperación de la inversión inicial

Tal y como se puede observar en la Ilustración 1, el plazo de recuperación de la inversión inicial es relativamente bueno. La inversión inicial se recupera en 6,37 años, antes incluso de la mitad de la vida útil de la instalación.

Este plazo de recuperación de la inversión indica que es interesante ejecutar el proyecto de la estación de bombeo y red de distribución de agua de riego. Con la ejecución de este proyecto podrán implantarse cultivos de regadío, que como se ha desarrollado, tienen un mayor rendimiento económico y harán más rentables las explotaciones. El proyecto permitirá a los propietarios de las explotaciones recuperar la inversión en un plazo razonable de tiempo y obtener mayor beneficio económico.

1.3 ANEJOS

1.3 ANEJOS

ÍNDICE

1.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TUBO DE FUNCION DÚCTIL REKALDE	175
1.3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TUBO DE HORMIGÓN EN MASA DN 600 GADEA HERMANOS	177
1.3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TUBO POLIETILENO BAJA DENSIDAD USO AGRÍCOLA PLASEX	178
1.3.4 VALORES DE RUGOSIDAD ABSOLUTA PARA DISTINTOS MATERIALES	179
1.3.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA ANTI-RETORNO AVK DN 400	180
1.3.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA ANTI-RETORNO AVK DN 350	181
1.3.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 400	182
1.3.8 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 350	183
1.3.9 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 600	184
1.3.10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA ANTI-RETORNO AVK DN 600	185
1.3.11 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA Z22-400/350-70 C344 ABS	186
1.3.12 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA Z22-400/300-55 F218 ABS	187
1.3.13 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA Z22-400/350-70 F378 ABS	188
1.3.14 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA Z22-500/300-75 C244 ABS	189
1.3.15 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MOTOR ELECTRICO M5500/4-93 ABS	190
1.3.16 CONTROLADOR DE BOMBAS ABS GAMA PC 211	191
1.3.17 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN SCHNEIDER ELECTRICS EHC T1	192
1.3.18 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 300	204
1.3.19 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 200	205
1.3.20 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 150	206
1.3.21 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 1.....	207

1.3.22 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 2.....	208
1.3.23 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 3.....	209
1.3.24 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 4.....	209
1.3.25 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 5.....	210
1.3.26 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 1	210
1.3.27 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 2	211
1.3.28 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 3	212
1.3.29 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 4	213
1.3.30 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 5	214

1.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TUBO DE FUNCION DÚCTIL REKALDE



Ficha Técnica tubería para riego Tubo de fundición dúctil K-7

La tubería de fundición dúctil K-7 para riego está pensada para su aplicación en obras de regadío en zonas rurales. Los espesores de la tubería están optimizados (K-7) para adaptarse perfectamente a las necesidades propias de su ámbito de empleo.

Norma: EN 545 – 2007 / ISO 2531

Sistema de unión: Junta automática flexible EPDM según en 681- 1

Revestimiento exterior: aleación zinc (200 g/ m²) + pintura epoxi

Revestimiento interior: mortero de cemento según EN 197-1



CUADRO DE MEDIDAS

GEOMETRÍA									
DN	DE nominal	Tolerancia	D max enchufe	DI	tolerancia	espesor nominal	tolerancia	m	n
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
80	98	+1 / -2,7	146	88,4	+1 / -2,5	4,8	-1,3	9	3
100	118	+1 / -2,7	166	108,4	+1 / -2,5	4,8	-1,3	9	3
125	144	+1 / -2,8	197	134,4	+1 / -2,5	4,8	-1,3	9	3
150	170	+1 / -2,9	219	160,4	+1 / -2,5	4,8	-1,3	9	3
200	222	+1 / -3,0	277	212,2	+1 / -2,5	4,9	-1,5	9	3
250	274	+1 / -3,1	329	263,5	+1 / -2,5	5,3	-1,6	9	3
300	326	+1 / -3,3	386	314,8	+1 / -2,5	5,6	-1,6	9	3
350	378	+1 / -3,4	439	366,1	+1 / -2,5	6,0	-1,7	10	3
400	429	+1 / -3,5	495	416,4	+1 / -3,5	6,3	-1,7	12	4
450	480	+1 / -3,6	549	466,7	+1 / -3,5	6,7	-1,8	12	4
500	532	+1 / -3,8	604	518	+1 / -3,5	7,0	-1,8	14	4
600	635	+1 / -4,0	713	619,6	+1 / -3,5	7,7	-1,9	14	4
700	738	+1 / -4,3	820	721,2	+1 / -4,5	8,4	-2	16	5
800	842	+1 / -4,5	932	823,8	+1 / -4,5	9,1	-2,1	16	5
900	945	+1 / -4,8	1047	925,4	+1 / -5,5	9,8	-2,2	18	6
1000	1048	+1 / -5,0	1159	1027	+1 / -5,5	10,5	-2,3	20	6

PRESTACIONES					
DESVIACION ANGULAR			PRESIONES		
DN	grados	descentrado	PFA	PMA	PEA
		cm	bar	bar	bar
80	5º	48	85	102	107
100	5º	48	85	102	107
125	5º	48	70	84	89
150	5º	48	59	71	76
200	4º	38	46	55	60
250	4º	38	38	46	51
300	4º	38	35	42	47
350	3º	28	32	39	44
400	3º	28	30	36	41
450	3º	28	29	35	40
500	3º	28	28	33	38
600	3º	28	26	31	36
700	2º	19	23	28	33
800	2º	19	23	28	33
900	1,5º	14	23	28	33
1000	1,5º	14	22	26	31

HPA: Presión hidrostática máxima que un componente recién instalado es capaz de soportar durante un periodo de tiempo relativamente corto.

Revestimiento exterior mínimo de Zn	200 gr./ m ²	
Revestimiento pintura epoxi...(EN 545)	100 µm	
Revestimiento del mortero de cemento:	Espesor:	
	DN : 80-300	4 mm
	DN : 300- 600.....	5 mm
	DN > 700.....	6 mm

1.3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TUBO DE HORMIGÓN EN MASA DN 600 GADEA HERMANOS



Gadea Hermanos · Prefabricados de hormigón
Ctra. Benaguasil, s/n. 46181 Benisanó
VALENCIA
Tel.: 96 278 00 54

imprimir



codigo: TBGHMAN060

TUBO MASA

TUBO HORMIGON MASA D-600X2400 CLASE N UNE EN-1916/2003

MI. Colector de saneamiento enterrado de hormigón en masa, fabricado mediante compresión radial, de sección circular y diámetro 600 mm., Clase N, (según UNE-EN1916), con unión mediante junta elástica. Colocado en zanja, sobre una cama de arena de río de 10 cm. debidamente compactada y nivelada, relleno lateral y superior hasta 20 cm. por encima de la generatriz con la misma arena, compactando ésta hasta los rifones. Con p.p. de medios auxiliares y sin incluir la excavación ni el tapado posterior de las zanjas.

Precio: 28,24 € por Mt



Documentos anexos:

TBGHMAN060.jpg
Tubo HM D-600x2400.dwg
Tubo HM D-600x2400.pdf
...

1.3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TUBO POLIETILENO BAJA DENSIDAD USO AGRÍCOLA PLASEX



TUBO POLIETILENO BAJA DENSIDAD USO AGRÍCOLA



PRESIÓN	D.N	Espesor (mm)	PESO	m/ ROLLO	CÓDIGO	€/m
PN 10 bar 10 atm	20	2,8	0,15	25-50-100	22010	0,50
	25	3,5	0,23	25-50-100	22510	0,76
	32	4,4	0,38	25-50-100	23210	1,27
	40	5,5	0,59	100	24010	1,97
	50	6,9	0,92	50	25010	3,07
	63	8,6	1,44	50	26310	4,81
	75	10,3	2,06	50	27510	7,22
	90	12,3	2,94	50	29010	10,43
PN 6 bar 6 atm	20	2	0,11	25-50-100	22006	0,35
	25	2,3	0,16	25-50-100	22506	0,53
	32	2,9	0,26	25-50-100	23206	0,87
	40	3,7	0,42	100	24006	1,32
	50	4,6	0,65	100	25006	2,06
	63	5,8	1,03	50	26306	3,32
	75	6,8	1,44	50	27506	5,02
	90	8,2	2,08	50	29006	7,12
PN 4 bar 4 atm	20	1,5	0,08	200	22004	0,29
	25	2	0,14	100	22504	0,48
	32	2	0,19	100	23204	0,63
	40	2,4	0,29	100	24004	0,94
	50	3	0,44	100	25004	1,50
	63	3,8	0,71	100	26304	2,38
	75	4,5	1,00	50	27504	3,49
	90	5,4	1,44	50	29004	5,12

BOBINAS EN BLISTER



PRESIÓN	D.N	Espesor (mm)	m/ ROLLO	CÓDIGO	€/ ROLLO
PN 6 bar 6 atm (*)	20	2	25	22006B25	9,60
	20	2	50	22006B50	18,70
	25	2,3	25	22506B25	14,50
	25	2,3	50	22506B50	28,30
	32	2,9	25	23206B25	23,90
	32	2,9	50	23206B50	46,50
PN 10 bar 10 atm (*)	20	2,8	25	22010B25	13,70
	20	2,8	50	22010B50	26,70
	25	3,5	25	22510B25	20,50
	25	3,5	50	22510B50	40,20
	32	4,4	25	23210B25	34,30
	32	4,4	50	23210B50	67,30

(*) Bobinas retractiladas individualmente.

* Tubería fabricada con polietileno baja densidad, procedente de reciclado o subestandar.

* Grabada metro a metro con marca metraje y características.

* Bajo pedido podemos fabricar rollos en otras longitudes.

1.3.4 VALORES DE RUGOSIDAD ABSOLUTA PARA DISTINTOS MATERIALES

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrífuga	0,003	Hormigón	0,3-3,0

1.3.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA ANTI-RETORNO AVK DN 400

AVK SWING CHECK VALVE PN 10 OR PN 16

41/39

Metal seated swing check valve
Face to face dimension to EN 558 table 1 series 10
Flanges and drilling to ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Use:

For potable water and sewage to
max. 70°C

Tests:

Hydraulic test to EN 1074-3
Seat: 1.1 x PN
Body: 1.5 x PN

Optional extras:

Guard

Materials:

Body and bonnet	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Hinge	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Coating	Electrostatically applied epoxy resin to DIN 30677 - Internally and externally
Shaft	Stainless steel to DIN X 20 Cr 13
Bonnet gasket	EPDM rubber
Bushing	Brass, CZ 114 to BS 2874
Hexagon bolt, washer and pin	Stainless steel A2
Metal seated disc	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Seat	Aluminium bronze, EN1982 CC331G



For further specifications, see section "Technical Information".
The designs, materials and specifications shown are subject to change without notice due to our continuing programme of product development.
AVK INTERNATIONAL A/S/2007

314101BE

1.3.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA ANTI-RETORNO AVK DN 350

AVK SWING CHECK VALVE PN 10 OR PN 16

41/39

Metal seated swing check valve
Face to face dimension to EN 558 table 1 series 10
Flanges and drilling to ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Use:

For potable water and sewage to
max. 70°C

Tests:

Hydraulic test to EN 1074-3

Seat: 1.1 x PN
Body: 1.5 x PN

Optional extras:

Guard

Materials:

Body and bonnet	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Hinge	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Coating	Electrostatically applied epoxy resin to DIN 30677 - Internally and externally
Shaft	Stainless steel to DIN X 20 Cr 13
Bonnet gasket	EPDM rubber
Bushing	Brass, CZ 114 to BS 2874
Hexagon bolt, washer and pin	Stainless steel A2
Metal seated disc	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Seat	Aluminium bronze, EN1982 CC331G



For further specifications, see section "Technical Information".
The designs, materials and specifications shown are subject to change without notice due to our continuing programme of product development.
AVK INTERNATIONAL A/S 2007

314101BB

1.3.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 400

VALVULA DE COMPUERTA AVK PN 10 o PN 16

06/30

Norma EN 1074-1 y 2 / EN 1171

Longitud entrecaras según EN 558-F14 (DIN 3202 apartado 1, F4)

Bridas y orificios según ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Uso:

Para agua limpia y líquidos neutros a un máximo de 70° C.
Para aguas residuales se aconseja el vástago en acero inoxidable AISI 316L y un revestimiento cerámico interior

Ensayos:

Prueba hidráulica, EN 1074-1 y 2 / EN 12266:

Asiento: 1,1 x PN
Cuerpo: 1,5 x PN

Ensayo del par de cierre

Extras opcionales:

Volante

Eje de extensión

Capuchón

Bridas de acoplamiento, serie 05,603 o 623/10

Homologaciones:

Serie 06/30:
DVGW – Reg. Nr.: W1.121
(DN 350-400 en proceso)

Materiales:

Cuerpo y tapa: Fundición dúctil EN-GJS-500-7, EN 1563 (GGG-50, DIN 1693)

Revestimiento: Resina epoxi aplicada electrostáticamente (interna y externamente) según DIN 30677 y GSK

Vástago: Acero inoxidable, DIN X 20 Cr 13

Empaquetadura: Sellado superior NBR, 4 juntas tóricas y un manguito inferior de EPDM

Compuerta: Fundición dúctil EN-GJS-500-7 completamente vulcanizada con caucho EPDM (interna y externamente), con una tuerca integral de latón, CW602N EN 12167 (CZ 132, BS 2874)

Collarín de: Latón CW602N según EN 12165 (CZ 132, BS 2872)

Tornillos: Acero inoxidable A2, avellanados y sellados con silicona

Junta de perfil: EPDM

Otras opciones:

Serie 06/34: Vástago de acero inoxidable AISI 316L

Serie 26/00: Revestimiento cerámico interior

Serie 26/35: Revestimiento cerámico interior y vástago de acero inoxidable AISI 316L



DN 40-300



DN 350-400



DN 450-600



Para más información, ver capítulo 15 "Información técnica"
Los diseños, materiales y especificaciones pueden cambiar sin previo aviso debido a nuestro constante desarrollo de producto
AVK Válvulas, S.A. / 2009

1.3.8 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 350

VALVULA DE COMPUERTA AVK PN 10 o PN 16

06/30

Norma EN 1074-1 y 2 / EN 1171

Longitud entrecaras según EN 558-F14 (DIN 3202 apartado 1, F4)

Bridas y orificios según ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Uso:

Para agua limpia y líquidos neutros a un máximo de 70° C.
Para aguas residuales se aconseja el vástago en acero inoxidable AISI 316L y un revestimiento cerámico interior

Ensayos:

Prueba hidráulica, EN 1074-1 y 2 / EN 12266:

Asiento: 1,1 x PN
Cuerpo: 1,5 x PN

Ensayo del par de cierre

Extras opcionales:

Volante

Eje de extensión

Capuchón

Bridas de acoplamiento, serie 05,603 o 623/10

Homologaciones:

Serie 06/30:

DVGW – Reg. Nr.: W1.121
(DN 350-400 en proceso)

Materiales:

Cuerpo y tapa: Fundición dúctil EN-GJS-500-7, EN 1563 (GGG-50, DIN 1693)

Revestimiento: Resina epoxi aplicada electrostáticamente (interna y externamente) según DIN 30677 y GSK

Vástago: Acero inoxidable, DIN X 20 Cr 13

Empaquetadura: Sellado superior NBR, 4 juntas tóricas y un manguito inferior de EPDM

Compuerta: Fundición dúctil EN-GJS-500-7 completamente vulcanizada con caucho EPDM (interna y externamente), con una tuerca integral de latón, CW602N EN 12167 (CZ 132, BS 2874)

Collarín de: Latón CW602N según EN 12165 (CZ 132, BS 2872)

Tornillos: Acero inoxidable A2, avellanados y sellados con silicona

Junta de perfil: EPDM

Otras opciones:

Serie 06/34: Vástago de acero inoxidable AISI 316L

Serie 26/00: Revestimiento cerámico interior

Serie 26/35: Revestimiento cerámico interior y vástago de acero inoxidable AISI 316L



DN 40-300



DN 350-400



DN 450-600



Para más información, ver capítulo 15 "Información técnica"

Los diseños, materiales y especificaciones pueden cambiar sin previo aviso debido a nuestro constante desarrollo de producto

AVK Válvulas, S.A. / 2009

1.3.9 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 600

VALVULA DE COMPUERTA AVK PN 10 o PN 16

06/30

Norma EN 1074-1 y 2 / EN 1171

Longitud entre caras según EN 558-F14 (DIN 3202 apartado 1, F4)

Bridas y orificios según ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Uso:

Para agua limpia y líquidos neutros a un máximo de 70° C.
Para aguas residuales se aconseja el vástago en acero inoxidable AISI 316L y un revestimiento cerámico interior

Ensayos:

Prueba hidráulica, EN 10/4-1 y 2 / EN 12266:

Asiento: 1,1 x PN
Cuerpo: 1,5 x PN

Ensayo del par de cierre

Extras opcionales:

Volante

Eje de extensión

Capuchón

Bridas de acoplamiento, serie 05.603 o 623/10

Homologaciones:

Serie 06/30:
DVGW – Reg. Nr.: W1.121
(DN 350-400 en proceso)

Materiales:

Cuerpo y tapa: Fundición dúctil EN-GJS-500-7, EN 1563 (GGG-50, DIN 1693)

Revestimiento: Resina epoxi aplicada electrostáticamente (interna y externamente) según DIN 30677 y GSK

Vástago: Acero inoxidable, DIN X 20 Cr 13

Empaquetadura: Sellado superior NBR, 4 juntas tóricas y un manguito inferior de EPDM

Compuerta: Fundición dúctil EN-GJS-500-7 completamente vulcanizada con caucho EPDM (interna y externamente), con una tuerca integral de latón, CW602N EN 12167 (CZ 132, BS 2874)

Collarín de: Latón CW602N según EN 12165 (CZ 132, BS 2872)

Tornillos: Acero inoxidable A2, avellanados y sellados con silicona

Junta de perfil: EPDM

Otras opciones:

Serie 06/34: Vástago de acero inoxidable AISI 316L

Serie 26/00: Revestimiento cerámico interior

Serie 26/35: Revestimiento cerámico interior y vástago de acero inoxidable AISI 316L



DN 40-300



DN 350-400



DN 450-600



Para más información, ver capítulo 16 "Información técnica"
Los diseños, materiales y especificaciones pueden cambiar sin previo aviso debido a nuestro constante desarrollo de producto
AVK Válvulas, S.A. / 2009

1.3.10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA ANTI-RETORNO AVK DN 600

AVK SWING CHECK VALVE PN 10 OR PN 16

41/39

Metal seated swing check valve
Face to face dimension to EN 558 table 1 series 10
Flanges and drilling to ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Use:

For potable water and sewage to
max. 70°C

Tests:

Hydraulic test to EN 1074-3

Seat: 1.1 x PN
Body: 1.5 x PN

Optional extras:

Guard

Materials:

Body and bonnet	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Hinge	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Coating	Electrostatically applied epoxy resin to DIN 30677 - Internally and externally
Shaft	Stainless steel to DIN X 20 Cr 13
Bonnet gasket	EPDM rubber
Bushing	Brass, CZ 114 to BS 2874
Hexagon bolt, washer and pin	Stainless steel A2
Metal seated disc	Ductile iron, EN 1563, EN-GJS-500-7
Seat	Aluminium bronze, EN1982 CC331G



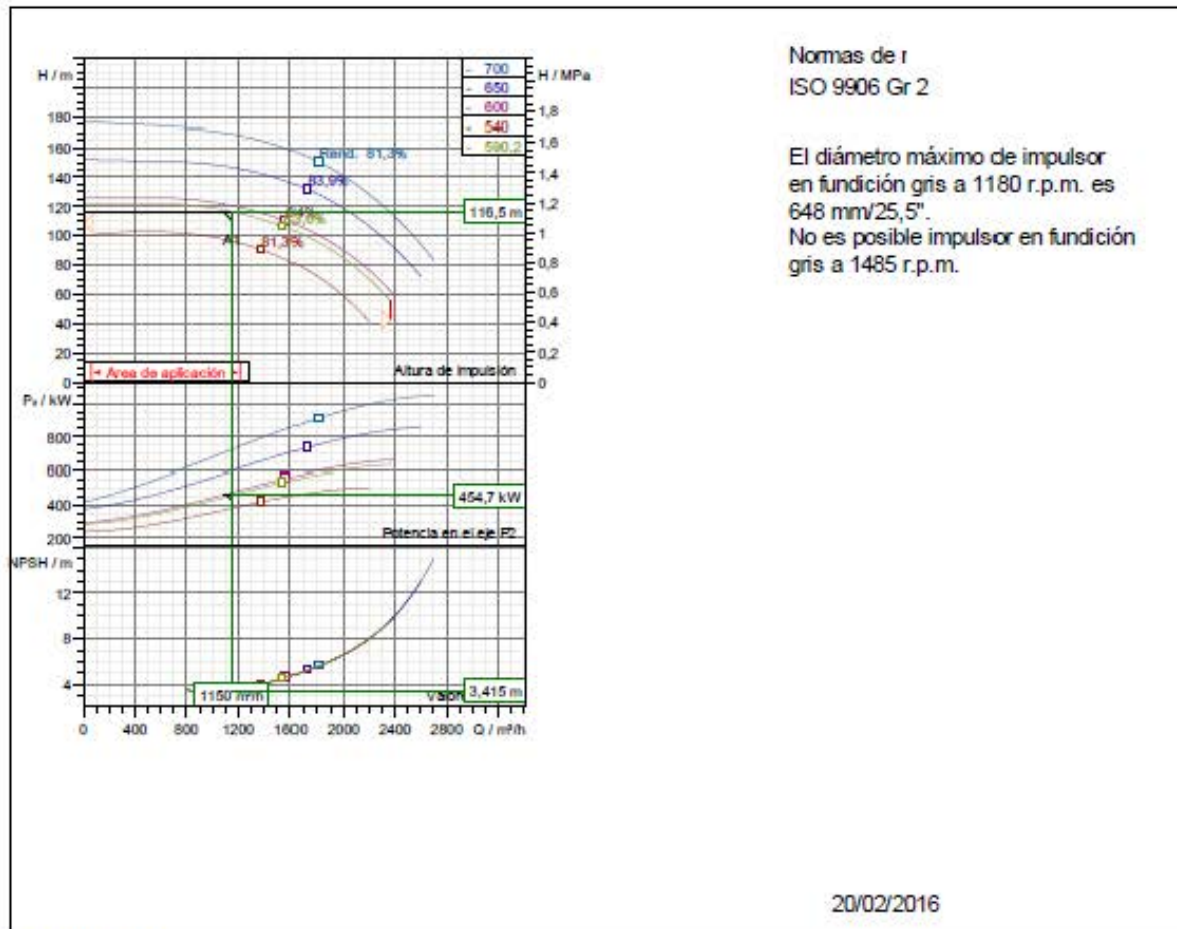
For further specifications, see section "Technical Information".
The designs, materials and specifications shown are subject to change without notice due to our continuing programme of product development.
AVK INTERNATIONAL A/S/2007

314101BB

1.3.11 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA Z22-400/350-70 C344 ABS



Z22-400/350-70 C344



Punto de diseño			
Caudal	1150 m³/h	Altura	116 m
Rendimiento	79,5 %	Potencia absorbida	455 kW
NPSH	3,42 m	Fluido	Agua limpia
Temperatura	20 °C	Tipo de instalación	Bomba simple
Nº de bombas	1		
Datos de la bomba			
Tipo	Z22-400/350-70 C344	Marca	ABS
Serie	Z22	Rodete	Closed multivane impeller
Nº de paletas	6	Diámetro de rodete	590 mm
Paso de sólidos	40 mm	Boca aspiración	DN400
Boca impulsión	DN350		
Datos del motor			
Tensión nominal		Frecuencia	
Potencia nominal P2		Régimen nominal	
Nº de polos		Rendimiento	
Factor de potencia		Corriente nominal	
Corriente de arranque		Par nominal	
Par de arranque		Grado de protección	
Clase de aislamiento			

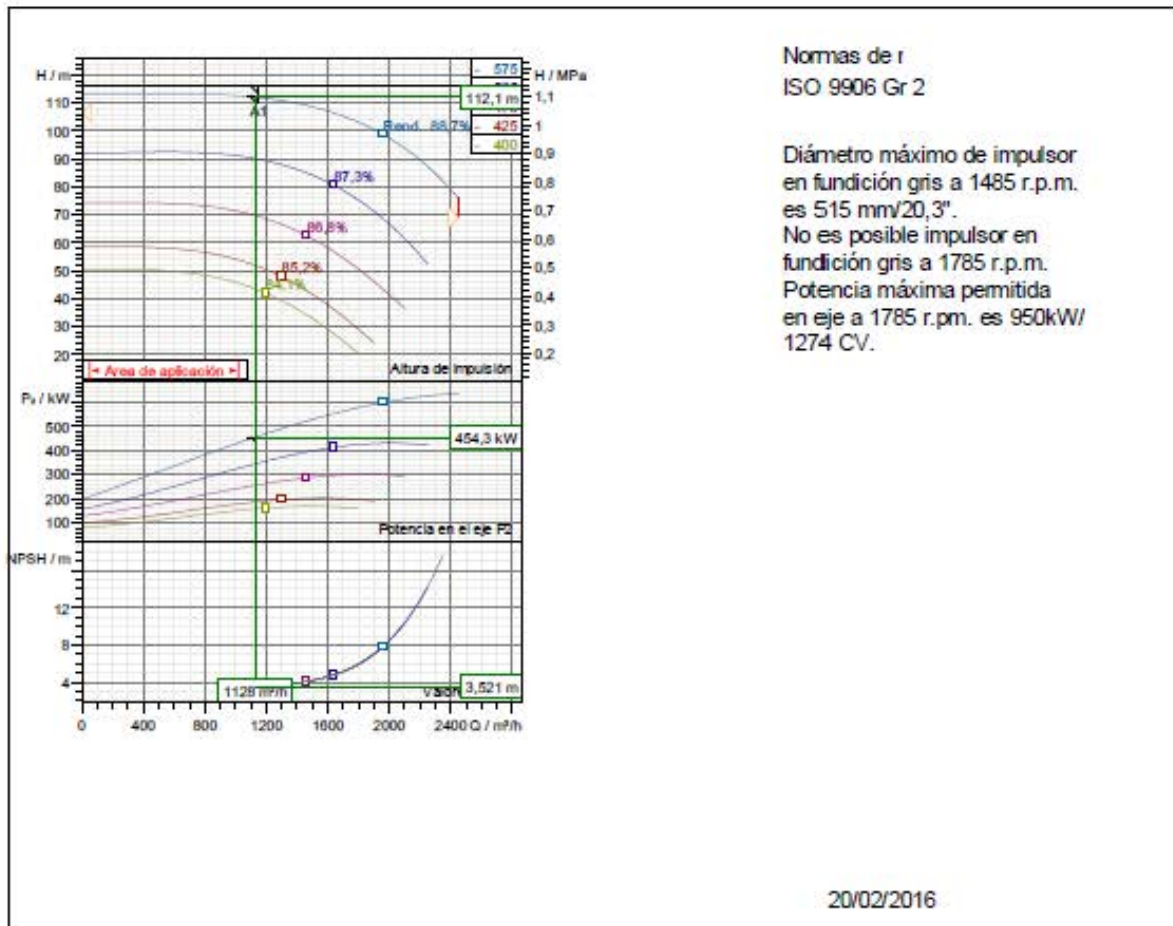
Sulzer reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Spalix® 4, Versión 4.0.13 - 2012/11/28 (Build 334)
Versión de datos: 2012

1.3.12 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA Z22-400/300-55 F218 ABS



Z22-400/300-55 F218



Punto de diseño Caudal 1130 m³/h Rendimiento 75,6 % NPSH 3,52 m Temperatura 20 °C Nº de bombas 1		Altura 112 m Potencia absorbida 454 kW Fluido Agua limpia Tipo de instalación Bomba simple	
Datos de la bomba Tipo Z22-400/300-55 F218 Serie Z22 Nº de paletas 18 Paso de sólidos 30 x 35 mm Boca impulsión DN300		Datos del motor Tensión nominal Potencia nominal P2 Nº de polos Factor de potencia Corriente de arranque Par de arranque Clase de aislamiento	
		Datos del motor Frecuencia Régimen nominal Rendimiento Corriente nominal Par nominal Grado de protección	

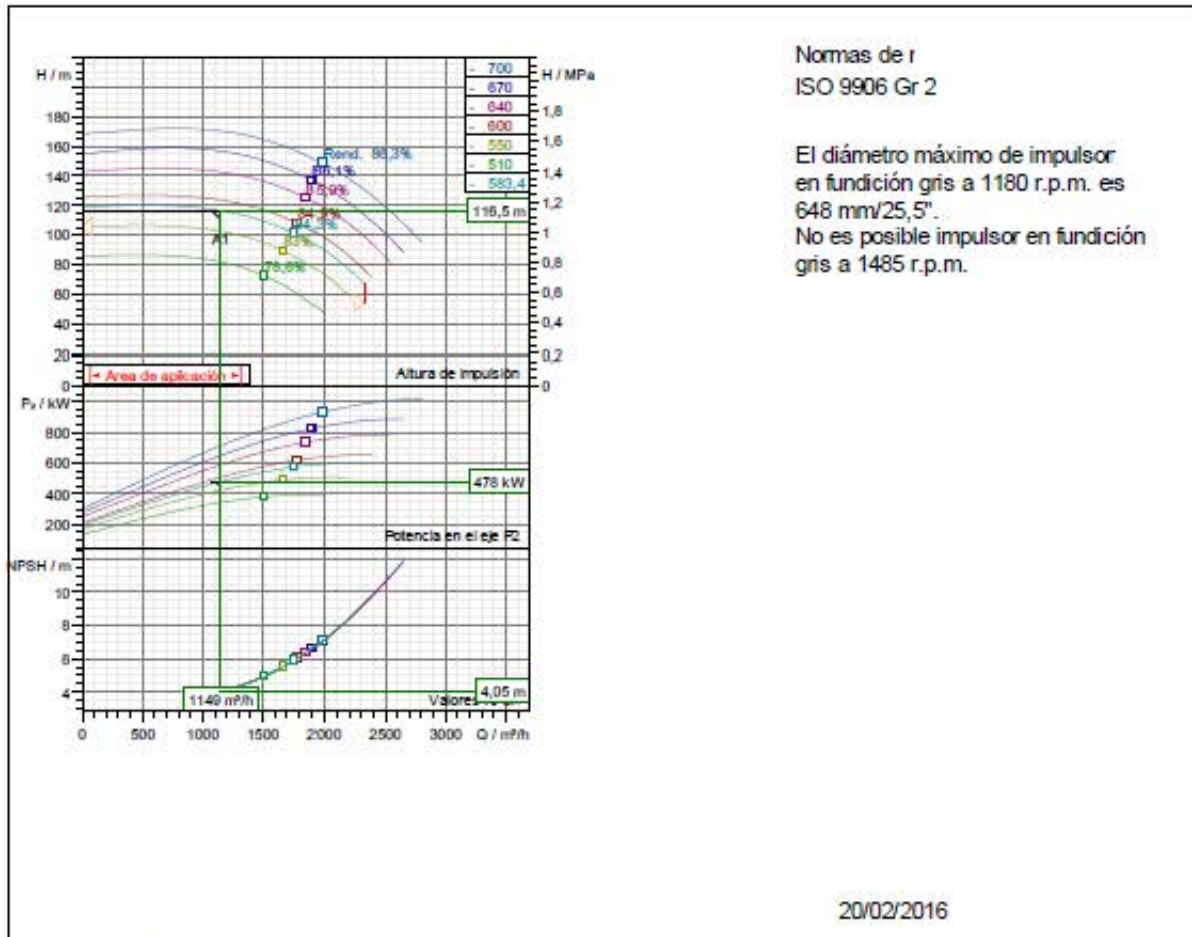
Sulzer reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Spalix® 4, Versión 4.0.13 - 2012/11/28 (Build 334)
Versión de datos Dec-2012

1.3.13 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA Z22-400/350-70 F378 ABS



Z22-400/350-70 F378



Punto de diseño Caudal 1150 m³/h Rendimiento 76,3 % NPSH 4,05 m Temperatura 20 °C Nº de bombas 1		Altura 116 m Potencia absorbida 478 kW Fluido Agua limpia Tipo de instalación Bomba simple	
Datos de la bomba Tipo Z22-400/350-70 F378 Serie Z22 Nº de paletas 16 Paso de sólidos 24 x 32 mm Boca impulsión DN350		ABS Marca Fan pump impeller Rodete 583 mm Diámetro de rodete Boca aspiración DN400	
Datos del motor Tensión nominal Potencia nominal P2 Nº de polos Factor de potencia Corriente de arranque Par de arranque Clase de aislamiento		Frecuencia Régimen nominal Rendimiento Corriente nominal Par nominal Grado de protección	

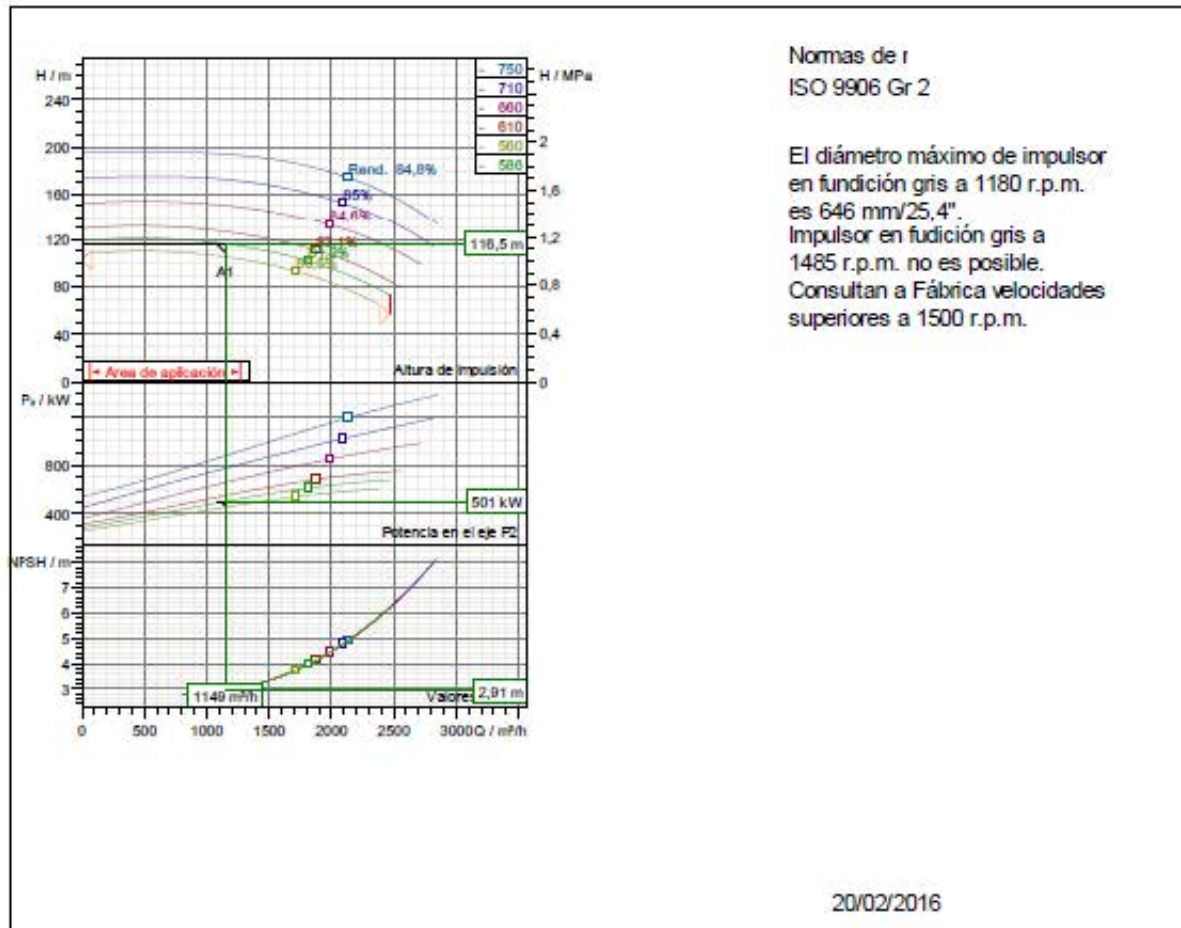
Sulzer reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Spalix® 4, Versión 4.0.13 - 2012/11/28 (Build 334)
Versión de datos Dec-2012

1.3.14 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBA Z22-500/300-75 C244 ABS



Z22-500/300-75 C244

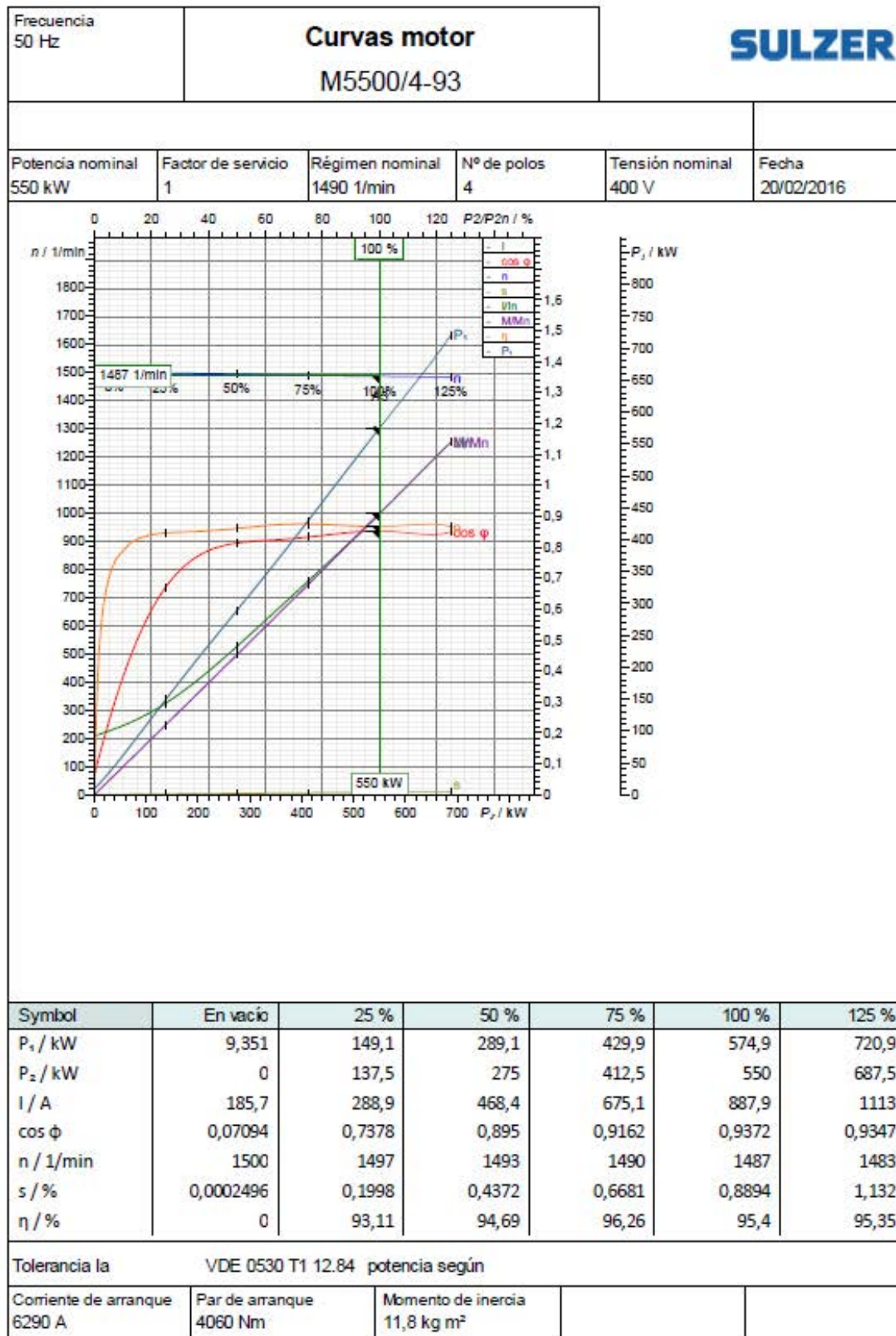


Punto de diseño Caudal 1150 m³/h Rendimiento 73.2 % NPSH 2.91 m Temperatura 20 °C Nº de bombas 1		Altura 116 m Potencia absorbida 501 kW Fluido Agua limpia Tipo de instalación Bomba simple	
Datos de la bomba Tipo Z22-500/300-75 C244 Serie Z22 Nº de paletas 6 Paso de sólidos 50 x 40 mm Boca impulsión DN300		Marca ABS Rodete Closed multivane impeller Diámetro de rodete 586 mm Boca aspiración DN500	
Datos del motor Tensión nominal Potencia nominal P2 Nº de polos Factor de potencia Corriente de arranque Par de arranque Clase de aislamiento		Frecuencia Régimen nominal Rendimiento Corriente nominal Par nominal Grado de protección	

Sulzer reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Spaix® 4, Versión 4.0.13 - 2012/11/28 (Build 334)
Versión de datos Dec-2012

1.3.15 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MOTOR ELECTRICO M5500/4-93 ABS



Sulzer reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Versión de datos



1.3.17 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN SCHNEIDER ELECTRICS EHC T1

Presentación

Centro de maniobra monobloque 24 kV serie ECS-24



Presentación

El centro de maniobra monobloque ECS-24 de exterior es un centro prefabricado de hormigón de maniobra exterior que engloba a un centro de maniobra o seccionamiento (sin transformador de potencia) de hasta 4 funciones de línea con interruptor-seccionador (I) o protección con interruptor-fusibles combinados (Q) o protección con interruptor automático (D) en 24 kV.

Las reducidas dimensiones (menos de 2,5 m² de superficie) de este centro permiten una fácil instalación y una cómoda ubicación reduciendo el impacto medioambiental. Realizar el montaje de todo el conjunto en fábrica permite ofrecer una solución llave en mano, calidad en origen y facilidad para posteriores traslados.

En obra habrá que preparar (no incluido en el suministro) el foso para su ubicación, la red de tierras exterior y prever la acometida de cables.



Esquemas

Este centro permite varios tipos de esquemas con funciones de línea con interruptor seccionador (I) o protección con interruptor-fusibles combinados (Q) o protección con interruptor automático (D) de celda RM6 (aislamiento y corte en SF₆) de Schneider Electric:

- 1L – RM6 1L.
- 3L – RM6 3L.
- 3L – RM6 2IQ / RM6 2ID.
- 3L con telemando – celda RM6 3I+T y armario de telemando.
- 3L con telemando – celda RM6 3I y armario de telemando (sin TT).
- 4L – RM6 4L.
- 4L – RM6 3IQ / RM6 3ID.
- 4L – RM6 2IQ / RM6 2ID.

El armario de telemando considerado puede ser:

- T 200 I (opcional).
- Armario de telemando suministrado por el cliente (se deberá analizar según dimensiones).

Normativa y especificaciones

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- UNE-EN 61330: Centros de transformación prefabricados (marzo de 1997).

Características

Centro de maniobra monobloque 24 kV serie ECS-24



Edificio prefabricado de hormigón

Envoltorio de hormigón armado con una resistencia característica superior a 250 kg/cm². La propia armadura de mallazo electrosoldado garantiza la perfecta equipotencialidad del conjunto. El techo está estudiado de forma que impide filtraciones y la acumulación de agua, desagüando directamente al exterior desde su perímetro. El acabado exterior se realiza con un revoco de pintura beige rugosa (RAL 1014) que ha sido especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea.

La puerta de acceso tiene dos hojas simétricas y se pueden abatir 180°, pudiendo mantenerlas en las posiciones 90° y 180° con un retenedor metálico. Una rejilla de aireación se haya situada sobre una de las hojas de la puerta.

El material utilizado es chapa de acero galvanizado con pintura poliéster (azul RAL 5003).

Las entradas de cables se efectuarán por la parte enterrada del prefabricado, el cual dispone de 5 orificios frontales, 2 orificios traseros y 3 en cada uno de los laterales. Aparte existe un prerotura para la conexión de la tierra de herrajes y otra para un posible paso de cables BT para el alumbrado del centro.

Celda monobloque RM6 de 24 kV

Celda RM6 de aislamiento integral en SF₆ con una o varias (hasta 4) funciones de línea con interruptor-seccionador (I) o con interruptor-fusibles combinados (Q) o con interruptor automático (D) y posibilidad de una función con transformador (celda 3I+T) para alimentación del telemando.

Elementos básicos

- Red de tierras interior con o sin caja de seccionamiento.
- Posibilidad de colocar una cerradura o candado en la puerta.
- Cartel de primeros auxilios.
- Cartel 5 reglas de oro.
- Portadocumentos con manual de explotación.

Elementos opcionales

- Armario de Telemando T 200 I.
- Iluminación (no se incluye la conexión con una alimentación exterior).

5



Características

Celda RM6	
Tensión asignada	24 kV
● Ensayo de tensión a frecuencia industrial (50 Hz – 1 min)	50 kV ef.
● Ensayo de tensión asignada a impulsos tipo rayo 1,2/50 µs	125 kV cresta
Intensidad asignada en las funciones I y embarrado	400 A (variante 630 A)
Intensidad asignada en las funciones Q	200 A
Intensidad asignada en las funciones D	400 A
Intensidad de corta duración admisible (en las funciones I)	16 kA-1 s (variante 20 kA-1 s)
Valor de cresta de la intensidad de corta duración admisible	40 kA cresta (variante 50 kA cresta)
Envoltorio de hormigón	
Grado de protección	IP23D
Protección contra daños mecánicos	IK10 (20 julios)

Instalación

Centro de maniobra monobloque 24 kV serie ECS-24

Instalación

Para la instalación del ECS-24 se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de dimensiones:

- Longitud: 2.200 mm.
- Ancho: 2.440 mm.
- Profundidad total: 775 mm.

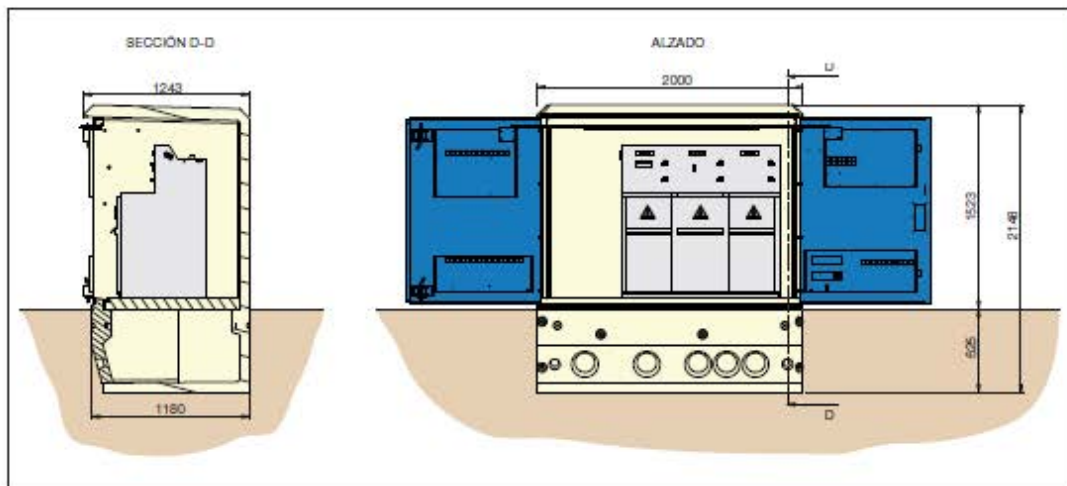
En el fondo de ésta se debe disponer de un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm de espesor. El montaje del ECS-24 se realiza en fábrica; por lo que en obra se deberá prever:

- El fácil acceso de un camión grúa 24 tm (ancho del camino superior a 3 m).
- La zona de ubicación del ECS-24 debe estar libre de obstáculos que impidan su descarga y su montaje.

El emplazamiento del ECS-24 se debe realizar por personal especializado, ya que para ello se requieren unos útiles específicos y unas eslingas adecuadas.

Dimensiones y peso

Dimensiones exteriores		Pesos	
● Longitud (mm):	2.000	● Peso vacío:	3.050 kg
● Ancho (mm):	1.243	● Peso con un esquema 1I:	3.181 kg
● Altura total (mm):	2.147	● Peso con un esquema 3I:	3.286 kg
● Altura vista (mm):	1.523	● Peso con un esquema 4I:	3.366 kg



5

Presentación



Edificios prefabricados de hormigón serie EHC

La creciente necesidad por parte del usuario final de una mayor calidad en el centro de transformación ha llevado a Schneider Electric a desarrollar dos series de edificios prefabricados de hormigón con un proceso de producción innovador.

EHC - Edificio prefabricado de hormigón monobloque

Los edificios prefabricados de hormigón de la serie EHC han sido concebidos para ser montados enteramente en fábrica, permitiendo la instalación de toda la aparat-
menta y accesorios que completan el centro; lo que permite garantizar la calidad de todo el conjunto (a excepción de la conexión de los cables de entrada y salida) en la misma unidad de producción.

La gama de la serie EHC está formada por ocho modelos diferentes en longitud (de 1.610 mm a 7.520 mm de longitud total), que permiten incluir todos los esquemas (con dos transformadores como máximo) habituales de distribución pública y un elevado número de esquemas de distribución privada (abonado).

Los prefabricados de hormigón que se ofrecen están diseñados para alojar en su interior las diferentes gamas de productos Schneider Electric:

- Celdas modulares y monobloque de 24 kV.
- Transformadores de 24 kV.
- Cuadros modulares de distribución en Baja Tensión, según RU 6302B.
- Cuadros de Baja Tensión de abonado.
- Cuadros de contadores.

Pudiendo ofrecer, para cada necesidad, una solución global, optimizada y garantizada con la calidad Schneider Electric de un centro de transformación en MT.

El acabado exterior se realiza con un revoco de pintura que ha sido especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea; así como para garantizar una alta resistencia frente a los agentes atmosféricos.

Normativa

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Norma UNE-EN 61330.



Características

Edificios prefabricados de hormigón serie EHC

Las características más importantes de la serie EHC son:

● Compacidad (serie EHC)

Realizar el montaje de un prefabricado EHC en la propia fábrica nos permite ofrecer:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Soluciones llave en mano.
- Posibilidad de posteriores traslados.

● Facilidad de instalación

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permiten asegurar una cómoda y fácil instalación.

● Equipotencialidad

La propia armadura de mallazo electrosoldado, gracias a un sistema de unión apropiado de los diferentes elementos (unidades modulares), garantiza una perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado.

Como se indica en la UNE-EN 61330, las puertas y rejillas de ventilación no están conectadas al sistema equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existe una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (UNE-EN 61330).

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial es accesible desde el exterior.

● Impermeabilidad

Los techos están estudiados de forma que impiden las filtraciones y la acumulación de agua sobre ellos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

● Ventilación

Las rejillas de ventilación están diseñadas y dispuestas adecuadamente para permitir la refrigeración natural de los transformadores (hasta 1.000 kVA), conforme al ensayo de ventilación de la UNE-EN 61330.

● Grados de protección según IEC 60529

El grado de protección de la parte exterior del edificio prefabricado es IP23D, excepto en las rejillas de ventilación donde el grado de protección es IP339.

● Fabricación

El material empleado en la fabricación de los prefabricados EHC es hormigón armado. Con una cuidadosa dosificación y el adecuado vibrado se consiguen unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 kg/cm²) y una perfecta impermeabilización.

5

Ventilación forzada

Se ha previsto un sistema de ventilación forzada mediante la incorporación de extractores para aquellos en que no sea suficiente la ventilación natural.

Extractor de Casals modelo "HA 24 M2 1/12"

Tipo	Velocidad	Potencia máxima absorbida	Intensidad máxima Monof. 4 polos	Nivel presión sonora	Caudal máximo
	rpm	W	A	db (A)	m ³ /h
	2.870	60	0,60	65	2.100

Tabla de dimensiones y pesos de los prefabricados EHC

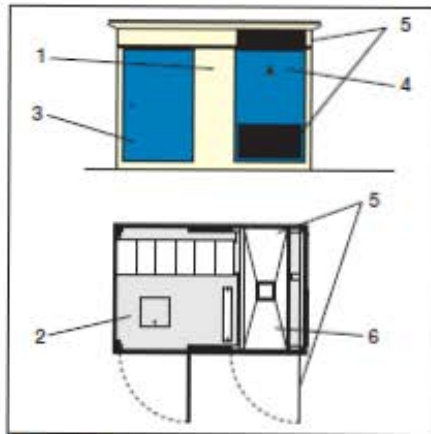
Serie EHC	EHC-1	EHC-2	EHC-3	EHC-4	EHC-5	EHC-6	EHC-7	EHC-8
Longitud total (mm)	1.610	3.220	3.760	4.830	5.370	6.440	6.980	7.520
Anchura total (mm)	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Altura total (mm)	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300
Superficie ocupada (m ²)	4,03	8,05	9,40	12,08	13,43	16,10	17,45	18,80
Volumen exterior (m ³)	13,28	26,57	31,02	39,85	44,30	53,13	57,59	62,04
Longitud interior (mm)	1.490	3.100	3.640	4.710	5.250	6.320	6.860	7.400
Anchura interior (mm)	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240
Altura interior (mm)	2.535	2.535	2.535	2.535	2.535	2.535	2.535	2.535
Superficie interior (m ²)	3,34	6,94	8,15	10,55	11,76	14,16	15,37	16,58
Peso vacío (tm)	6,5	11	13	17	18	21	22	24

Schneider
ELECTRIC

5/7

Componentes

Edificios prefabricados de hormigón serie EHC



1. Envolvente.
2. Suelos.
3. Puerta de peatón.
4. Puerta de transformador.
5. Rejillas de ventilación.
6. Cubo de recogida de aceite.

5

● Envolvente

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabrica de tal manera que se carga sobre un camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente está diseñada de tal forma que se garantiza una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica. El acabado exterior se realiza con un revoco de pintura beige rugosa (RAL 1014) que ha sido especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea.

En la base de la envolvente van dispuestos, tanto en los laterales como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

● Suelos

Están constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo, sobre la pared frontal, y en el otro extremo, sobre unos soportes metálicos en forma de U que constituyen los huecos que permiten la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no quedan cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos pueden taparse con unas placas fabricadas para tal efecto.

En la parte central se disponen unas placas de peso reducido, que permiten el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado, a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables en las celdas, cuadros y transformadores.

● Cuba de recogida de aceite

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del edificio prefabricado. Con una capacidad de 760 litros, está diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

Sobre la cuba se dispone una bandeja cortafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

● Rejillas de ventilación

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados EHC están fabricadas de chapa de acero galvanizado (acero inoxidable para la zona Canarias) sobre la que se aplica una película de pintura epoxy poliéster azul RAL 5003. El grado de protección para el que han sido diseñadas las rejillas es IP339.

Estas rejillas están diseñadas y dispuestas de manera que la circulación del aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores. Como base de diseño se han tomado los transformadores UNE 21428 de 1.000 kVA y el ensayo de calentamiento de la UNE-EN 61330.

Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitera.

● Puertas de acceso

Están constituidas en chapa de acero galvanizado (acero inoxidable para la zona Canarias) recubierta con pintura epoxy poliéster azul RAL 5003. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hace muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas están abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, pudiendo mantenerlas en la posición de 90° con un retenedor metálico.

Las puertas frontales de peatón de la sala de celdas permiten una luz de acceso de 1.250 mm x 2.100 mm (anchura x altura), mientras que las puertas laterales (en opción) permiten una luz de acceso de 910 mm x 2.100 mm (anchura por altura).

Las puertas de acceso al transformador sólo se pueden abrir desde el interior mediante un dispositivo mecánico, existiendo, en opción, la posibilidad de colocar una cerradura para abrir desde el exterior. Las luces de acceso a la sala de transformadores son 1.250 mm x 2.100 mm (anchura x altura).

● Mallas de protección de transformador

Unas rejas metálicas impiden el acceso directo a la zona del transformador desde el interior del prefabricado.

Opcionalmente esta malla de protección puede ser sustituida por un tabique separador metálico.

● Malla de separación interior

Quando haya áreas del centro de transformación con acceso restringido, se puede instalar una malla de separación metálica con puerta y cierre por llave.

Instalación

Edificios prefabricados de hormigón serie EHC

Para la instalación de los prefabricados de hormigón se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de las dimensiones que se adjuntan. Se recomienda hacer una losa de hormigón armado cuando la resistencia del terreno sea inferior a 1 kg/cm^2 o en terrenos donde haya probabilidad de aparición de acuíferos. En el fondo de la excavación (exista o no solera cimentada) se debe disponer siempre de un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm de espesor mínimo.

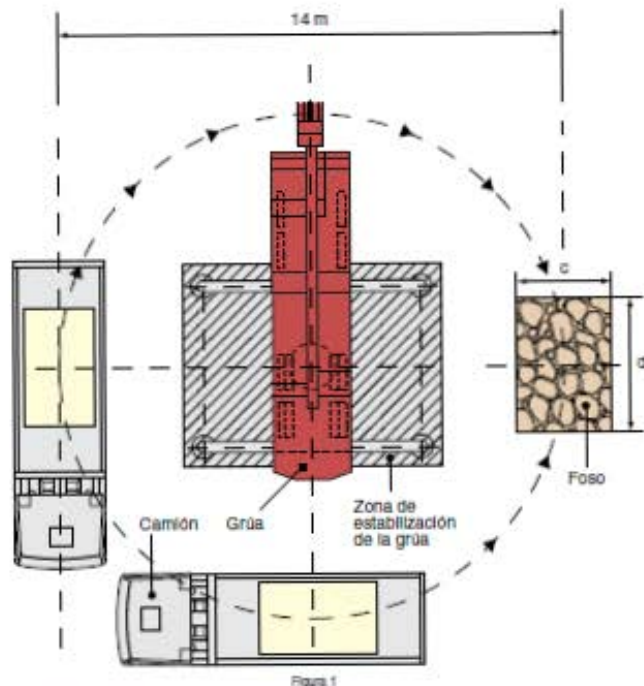
El montaje del prefabricado EHC se realiza en fábrica. Se deberá prever el fácil acceso de un camión de 31 tn de carga (caso más desfavorable) y una grúa para poder realizar la descarga sin presencia de obstáculos. En la figura 1 se muestra el espacio óptimo libre de obstáculos que hay que prever para poder instalar el edificio prefabricado totalmente montado.

En aquellos casos en los que no haya un fácil acceso, se ruega consultar.

Una vez montado el edificio, deberá quedar de inmediato rodeado completamente de tierra hasta su cota de enterramiento para evitar que las aguas provenientes de lluvias muevan las arenas bajo el edificio y puedan provocar movimientos o fracturas en las piezas que sustentan dicho edificio.

Tabla de fosos para los edificios prefabricados EHC

Serie EHC	EHC-1	EHC-2	EHC-3	EHC-4	EHC-5	EHC-6	EHC-7	EHC-8
Foso (m)								
A	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
B	2,10	4,00	4,50	5,50	6,00	7,00	7,50	8,00



Schneider
ELECTRIC

5/9

Gama

Edificios prefabricados de hormigón serie EHC



5



La gama de la serie EHC se compone de 8 modelos clasificados, según su tamaño, de EHC-1 a EHC-8 (ver tabla de dimensiones).

Según el número de transformadores que puedan instalarse en el prefabricado, éstos se clasifican en S, T1 y T2:

- **S:** "centro de seccionamiento". No puede albergar ningún transformador en su interior. En la pared frontal incorpora una puerta peatonal y una rejilla superior de ventilación.

- **T1:** "centro con 1 transformador". Está preparado para albergar un transformador de 1.000 kVA-24 kV. Según la posición relativa del transformador, el centro T1 se clasifica en:

- T1D: transformador a la derecha visto frontalmente.

- T1I: transformador a la izquierda visto frontalmente.

- **T2:** "centro con 2 transformadores". Está preparado para albergar dos transformadores de 1.000 kVA-24 kV. Según la posición relativa de los 2 transformadores, el centro T2 se clasifica en:

- T2D: los dos transformadores a la derecha vistos frontalmente.

- T2I: los dos transformadores a la izquierda vistos frontalmente.

- T2L: un transformador en cada extremo del centro.

Los prefabricados tipo T1 y T2, además de la puerta peatonal, incorporan (para cada transformador) una puerta de transformador en la pared frontal, rejillas de ventilación para el transformador, una cuba de recogida de aceite y una malla de protección de transformador.

Los prefabricados pueden llevar puertas de peatón y de transformador. En general existen:

- Tantas puertas de transformador como número de transformadores.

- Una puerta de peatón.

En opción, siempre que sea posible, se puede añadir una puerta adicional de peatón en la pared frontal o en la pared lateral (sin transformador). En este caso se añadirán a la nomenclatura las siglas PF (frontal) o PL (lateral). Esta puerta adicional es necesaria en aquellos centros de abonado con malla de separación entre la apartamentada de la compañía eléctrica y la del propio abonado.

Gama
(continuación)

**Edificios prefabricados
de hormigón serie EHC**

**Dimensiones útiles EHC (espacio libre para celdas, cuadros
BT y armarios de contadores)**

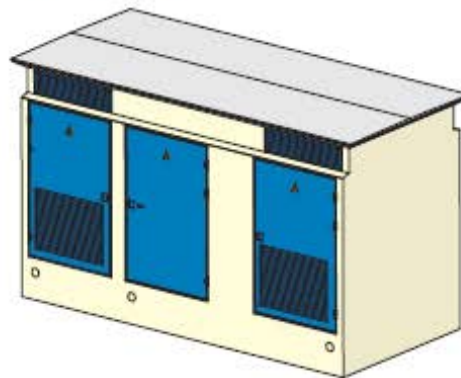
Serie EHC		EHC-1	EHC-2	EHC-3	EHC-4	EHC-5	EHC-6	EHC-7	EHC-8
Longitud interior (mm)		1.490	3.100	3.640	4.710	5.250	6.320	6.860	7.400
Longitud útil	S	1.350	2.960	3.500	4.570	5.110	6.180	6.720	7.260
Aparamenta (mm)	T1D/T1I	–	1.577	2.117	3.187	3.727	4.797	5.337	5.877
(celdas-CBT-C/C)	T2L	–	–	–	–	2.344	3.414	3.954	4.494
	T2D/T2I	–	–	–	–	2.117	3.187	3.727	3.727
	T1DPF	–	–	–	1.410	1.410	1.410	1.410	1.410
Longitud útil para celdas (mm)	T1IPF	–	–	–	1.410	1.410	1.410	1.410	1.410
hasta la malla de separación	T2DPF	–	–	–	–	–	1.410	1.410	1.410
	T2IPF	–	–	–	–	–	1.410	1.410	1.410
	T2LPF	–	–	–	–	–	1.637	1.637	2.217
	T3	–	–	–	–	–	–	–	–
Cia. abonado (sala Compañía)									

Para el cálculo de la "longitud útil aparamenta", considerar:

- Celdas: anchura SM6-RM6, consultar catálogo Distribución MT.
- CBT: 340 mm.
- C/C: 470 mm.

Para todos los modelos: anchura útil = 2.240 mm y altura útil = 2.535 mm.

– Variantes no posibles.



Perspectiva.

Elección del prefabricado EHCT/EHCS

A continuación se indica el prefabricado (EHCT o EHCS) más adecuado para cada esquema estándar.

Para los centros de abonado se considera que el cuadro BT no está situado en el interior del prefabricado.

Celdas SM6

Esquema eléctrico		Prefabricado	Página
Centro de transformación Distribución pública	1L/R + 1PF + 1CBT + 1T	EHC-2 T1 (I o D)	5/14
	2L + 1PF + 1CBT + 1T	EHC-2 T1 (I o D)	5/14
	3L + 1PF + 1CBT + 1T	EHC-3 T1 (I o D)	5/15
	4L + 1PF + 1CBT + 1T	EHC-4 T1 (I o D)	5/16
	2L + 2PF + 2CBT + 2T	EHC-5 T2 L	5/17
	3L + 2PF + 2CBT + 2T	EHC-6 T2 L	5/18
Centro de seccionamiento	3L	EHC-1 S	5/14
	4L	EHC-2 S	5/14
	5L	EHC-2 S	5/14
C. abonado en punta	1L/R + 1PF + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-3 T1 (I o D)	5/15
	1L/R + 1PD + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-4 T1 (I o D)	5/16
	1L/R + 1PD + 1M + 2PF + 1 C/C + 2T	EHC-6 T2 (I, D o L)	5/18
	1L/R + 1PD + 1M + 2PD + 1 C/C + 2T	EHC-7 T2 L	5/19
C. abonado en bucle sin seccionamiento	2L + 1PF + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-4 T1 (I o D)	5/16
	2L + 1G + 1PF + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-4 T1 (I o D) (PF o PL)	5/16
	2L + 1PD + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-4 T1 (I o D)	5/16
	2L + 1G + 1PD + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-5 T1 (I o D) (PF o PL)	5/17
	2L + 1PD + 1M + 2PF + 1 C/C + 2T	EHC-7 T2 (I, D o L)	5/19
	2L + 1PD + 1M + 2PD + 1 C/C + 2T	EHC-8 T2 L	5/20
C. de abonado en bucle con seccionamiento	2L + 1S + 1PF + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-4 T1 (I o D)	5/16
	2L + 1S + 1G + 1PF + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-4 T1 (I o D) (PF o PL)	5/16
	2L + 1S + 1PD + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-5 T1 (I o D)	5/17
	2L + 1S + 1G + 1PD + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-5 T1 (I o D) (PF o PL)	5/17

NOMENCLATURA

L = Celda de línea (interruptor).	T = Transformador P ≤ 1.000 kVA.
G = Celda GIM (soporte de mallas de separación entre celdas).	CBT = Cuadro BT UNESA de 4 salidas.
L/R = Celda de entrada (interruptor o remonte de cables).	C/C = Cuadro de contadores.
S = Celda de seccionamiento y remonte.	RM6 (1f) = Celda RM6 de 1 función.
PF = Celda de protección por fusibles.	RM6 (3f) = Celda RM6 de 3 funciones.
PD = Celda de protección por disyuntor.	RM6 (4f) = Celda RM6 de 4 funciones.
M = Celda de medida.	

Celdas RM6

Esquema eléctrico		Prefabricado	Página
Centro de transformación Distribución pública	RM6 (1f) (1 PD) + 1 CBT + 1T	EHC-2 T1 (I o D)	5/14
	RM6 (3f) (2L + 1PF o 1PD) + 1CBT + 1T	EHC-2 T1 (I o D)	5/14
	RM6 (4f) (3L + 1PF o 1PD) + 1CBT + 1T	EHC-3 T1 (I o D)	5/15
	RM6 (4f) (2L + 2PF o 2PD) + 2CBT + 2T	EHC-5 T2L	5/17
	RM6 (5f) (4L + 1PF) + CBT + 1T	EHC-4 T1 (I o D)	5/16
	RM6 (5f) (3L + 2PF) + 2CBT + 2T	EHC-6 T2 (L o I o D)	5/18
	RM6 (6f) (4L + 2PF) + 2CBT + 2T	EHC-6 T2 (L o D) o EHC-7 T2I	5/18
Centro de seccionamiento	RM6 (3f) (3L)	ECS-24	5/5
	RM6 (4f) (4L)	FCS-24	5/5

Esquemas especiales y mixtos

Esquema eléctrico		Prefabricado	Página
Telemando ⁽¹⁾	RM6 (4f) + armario Telemando + 1CBT + 1T	EHC-3 T1 (I o D)	5/15
	RM6 (4f) + armario Telemando + 2CBT + 2T	EHC-6 T2 L	5/18
RM6 + SM6	RM6 (3f) + 1R + 1PD + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-6 T1 (I o D)	5/18
	RM6 (3f) + 1G + 1R + 1PD + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-6 T1 (I o D) (PF o PL)	5/18
	RM6 (3f) + 1R + 1PF + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-5 T1 (I o D)	5/17
	RM6 (3f) + 1G + 1R + 1PF + 1M + 1 C/C + 1T	EHC-5 T1 (I o D) (PF o PL)	5/17

(1) El armario de telemando considerado tiene unas dimensiones de 750 x 300 x 1.000 mm (longitud x anchura x altura).

NOMENCLATURA

L = Celda de línea (interruptor).	T = Transformador P ≤ 1.000 KVA.
G = Celda GIM (soporte de mallas de separación entre celdas).	CBT = Cuadro BT UNESA de 4 salidas.
L/R = Celda de entrada (interruptor o remonte de cables).	C/C = Cuadro de contadores.
S = Celda de seccionamiento y remonte.	RM6 (1f) = Celda RM6 de 1 función.
PF = Celda de protección por fusibles.	RM6 (3f) = Celda RM6 de 3 funciones.
PD = Celda de protección por disyuntor.	RM6 (4f) = Celda RM6 de 4 funciones.
M = Celda de medida.	

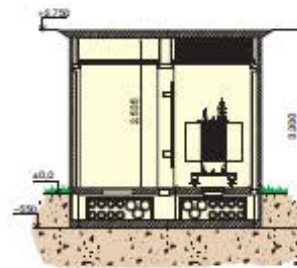
Planos y dimensiones
 EHC-1 y EHC-2

Edificios prefabricados
 de hormigón serie EHC

Sección EHC-1 S



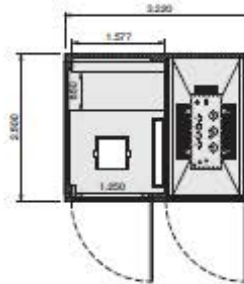
Sección EHC-2 T1D



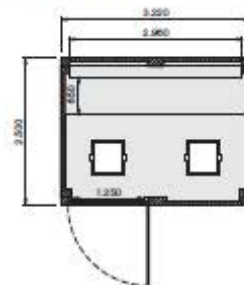
Planta EHC-1 S



Planta EHC-2 T1D



Planta EHC-2 S



5

1.3.18 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 300

VALVULA DE COMPUERTA AVK PN 10 o PN 16

06/30

Norma EN 1074-1 y 2 / EN 1171

Longitud entrecaras según EN 558-F14 (DIN 3202 apartado 1, F4)

Bridas y orificios según ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Uso:

Para agua limpia y líquidos neutros a un máximo de 70° C.
Para aguas residuales se aconseja el vástago en acero inoxidable AISI 316L y un revestimiento cerámico interior

Ensayos:

Prueba hidráulica, EN 1074-1 y 2 / EN 12266:

Asiento: 1,1 x PN
Cuerpo: 1,5 x PN

Ensayo del par de cierre

Extras opcionales:

Volante

Eje de extensión

Capuchón

Bridas de acoplamiento, serie 05,603 o 623/10

Homologaciones:

Serie 06/30:

DVGW – Reg. Nr.: W1.121
(DN 350-400 en proceso)

Materiales:

Cuerpo y tapa: Fundición dúctil EN-GJS-500-7, EN 1563 (GGG-50, DIN 1693)

Revestimiento: Resina epoxi aplicada electrostáticamente (interna y externamente) según DIN 30677 y GSK

Vástago: Acero inoxidable, DIN X 20 Cr 13

Empaquetadura: Sellado superior NBR, 4 juntas tóricas y un manguito inferior de EPDM

Compuerta: Fundición dúctil EN-GJS-500-7 completamente vulcanizada con caucho EPDM (interna y externamente), con una tuerca integral de latón, CW602N EN 12167 (CZ 132, BS 2874)

Collarín de: Latón CW602N según EN 12165 (CZ 132, BS 2872)

Tornillos: Acero inoxidable A2, avellanados y sellados con silicona

Junta de perfil: EPDM

Otras opciones:

Serie 06/34: Vástago de acero inoxidable AISI 316L

Serie 26/00: Revestimiento cerámico interior

Serie 26/35: Revestimiento cerámico interior y vástago de acero inoxidable AISI 316L



DN 40-300



DN 350-400



DN 450-600



Para más información, ver capítulo 15 "Información técnica"
Los diseños, materiales y especificaciones pueden cambiar sin previo aviso debido a nuestro constante desarrollo de producto
AVK Válvulas, S.A. / 2009

1.3.19 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 200

VALVULA DE COMPUERTA AVK PN 10 o PN 16

06/30

Norma EN 1074-1 y 2 / EN 1171

Longitud entre caras según EN 558-F14 (DIN 3202 apartado 1, F4)

Bridas y orificios según ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Uso:

Para agua limpia y líquidos neutros a un máximo de 70° C.
Para aguas residuales se aconseja el vástago en acero inoxidable AISI 316L y un revestimiento cerámico interior

Ensayos:

Prueba hidráulica, EN 1074-1 y 2 / EN 12266:

Asiento: 1,1 x PN
Cuerpo: 1,5 x PN

Ensayo del par de cierre

Extras opcionales:

Volante

Eje de extensión

Capuchón

Bridas de acoplamiento, serie 05,603 o 623/10

Homologaciones:

Serie 06/30:
DVGW – Reg. Nr.: W1.121
(DN 350-400 en proceso)

Materiales:

Cuerpo y tapa: Fundición dúctil EN-GJS-500-7, EN 1563 (GGG-50, DIN 1693)

Revestimiento: Resina epoxi aplicada electrostáticamente (interna y externamente) según DIN 30677 y GSK

Vástago: Acero inoxidable, DIN X 20 Cr 13

Empaquetadura: Sellado superior NBR, 4 juntas tóricas y un manguito inferior de EPDM

Compuerta: Fundición dúctil EN-GJS-500-7 completamente vulcanizada con caucho EPDM (interna y externamente), con una tuerca integral de latón, CW602N EN 12167 (CZ 132, BS 2874)

Collarín de: Latón CW602N según EN 12165 (CZ 132, BS 2872)

Tornillos: Acero inoxidable A2, avellanados y sellados con silicona

Junta de perfil: EPDM

Otras opciones:

Serie 06/34: Vástago de acero inoxidable AISI 316L

Serie 26/00: Revestimiento cerámico interior

Serie 26/35: Revestimiento cerámico interior y vástago de acero inoxidable AISI 316L



Para más información, ver capítulo 15 "Información técnica"
Los diseños, materiales y especificaciones pueden cambiar sin previo aviso debido a nuestro constante desarrollo de producto
AVK Valvulae, S.A. / 2009

1.3.20 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VÁLVULA DE COMPUERTA AVK DN 150

VALVULA DE COMPUERTA AVK PN 10 o PN 16

06/30

Norma EN 1074-1 y 2 / EN 1171

Longitud entrecaras según EN 558-F14 (DIN 3202 apartado 1, F4)

Bridas y orificios según ISO 7005-2 (EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Uso:

Para agua limpia y líquidos neutros a un máximo de 70° C.
Para aguas residuales se aconseja el vástago en acero inoxidable AISI 316L y un revestimiento cerámico interior

Ensayos:

Prueba hidráulica, EN 1074-1 y 2 / EN 12266:

Asiento: 1,1 x PN
Cuerpo: 1,5 x PN

Ensayo del par de cierre

Extras opcionales:

Volante

Eje de extensión

Capuchón

Bridas de acoplamiento, serie 05,603 o 623/10

Homologaciones:

Serie 06/30:
DVGW – Reg. Nr.: W1.121
(DN 350-400 en proceso)

Materiales:

Cuerpo y tapa: Fundición dúctil EN-GJS-500-7, EN 1563 (GGG-50, DIN 1693)

Revestimiento: Resina epoxi aplicada electrostáticamente (interna y externamente) según DIN 30677 y GSK

Vástago: Acero inoxidable, DIN X 20 Cr 13

Empaquetadura: Sellado superior NBR, 4 juntas tóricas y un manguito inferior de EPDM

Compuerta: Fundición dúctil EN-GJS-500-7 completamente vulcanizada con caucho EPDM (interna y externamente), con una tuerca integral de latón, CW602N EN 12167 (CZ 132, BS 2874)

Collarín de: Latón CW602N según EN 12165 (CZ 132, BS 2872)

Tornillos: Acero inoxidable A2, avellanados y sellados con silicona

Junta de perfil: EPDM

Otras opciones:

Serie 06/34: Vástago de acero inoxidable AISI 316L

Serie 26/00: Revestimiento cerámico interior

Serie 26/35: Revestimiento cerámico interior y vástago de acero inoxidable AISI 316L



DN 40-300



DN 350-400



DN 450-600



Para más información, ver capítulo 15 "Información técnica"
Los diseños, materiales y especificaciones pueden cambiar sin previo aviso debido a nuestro constante desarrollo de producto
AVK Válvulas, S.A. / 2009

1.3.21 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 1

Tabla de Red - Nudos en 4:00 Hrs

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 26.1	20.80	343.85	19.85
Conexión 27.1	20.80	359.98	34.98
Conexión 27.2	20.80	341.74	16.74
Conexión B	0.00	369.48	46.48
Conexión 28.1	20.80	355.68	32.68
Conexión 28.2	20.80	337.45	14.45
Conexión 29.1	20.80	349.32	26.32
Conexión 29.2	20.80	331.09	18.09

1.3.22 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 2

Tabla de Red - Nudos en 8:00 Hrs

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 16.1	20.80	344.93	28.93
Conexión 16.2	20.80	326.70	17.70
Conexión 15.1	20.80	337.74	25.74
Conexión 15.2	20.80	330.82	13.82
Conexión 17.1	20.80	338.66	22.66
Conexión 17.2	20.80	320.42	13.42
Conexión 18.1	20.80	344.72	28.72
Conexión 18.2	20.80	326.48	13.48
Conexión 10.1	20.80	339.35	22.35
Conexión 10.2	20.80	321.12	15.12
Conexión 11.1	20.80	337.73	31.73
Conexión 11.2	20.80	319.49	13.49
Conexión 12.1	20.80	331.90	24.90
Conexión 12.2	20.80	313.67	13.67
Conexión 13.1	20.80	328.85	22.85
Conexión 13.2	20.80	321.93	15.93

1.3.23 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 3

Tabla de Red - Nudos en 12:00 Hrs

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 22.1	20.80	307.28	13.28
Conexión 23.1	20.80	297.89	13.89
Conexión 24.1	20.80	312.32	15.32
Conexión 25.1	20.80	314.34	17.34
Conexión 25.2	20.80	307.41	20.41

1.3.24 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 4

Tabla de Red - Nudos en 16:00 Hrs

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 14.1	20.80	324.94	22.94
Conexión 9.1	20.80	321.07	26.07
Conexión 9.2	20.80	302.84	17.84
Conexión 8.1	20.80	324.98	14.98
Conexión 8.2	20.80	321.24	12.24
Conexión 6.1	20.80	303.34	18.34
Conexión 5.1	20.80	301.12	16.12
Conexión 7.1	20.80	321.39	12.39
Conexión 4.1	20.80	321.39	12.39
Conexión 3.1	20.80	319.33	14.33

1.3.25 ANÁLISIS CON EPANET DE LOS NUDOS DE CONSUMO DEL SECTOR DE RIEGO 5

Tabla de Red - Nudos en 20:00 Hrs

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 21.1	23.77	309.19	24.19
Conexión 21.2	23.77	300.35	15.35
Conexión 20.1	20.80	309.25	24.25
Conexión 19.1	20.80	307.75	11.75
Conexión 19.2	20.80	300.83	14.83
Conexión 2.1	28.53	303.10	15.10
Conexión 2.2	28.53	295.14	17.14
Conexión 1.1	20.80	304.73	16.73

1.3.26 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 1

Tabla de Red - Líneas en 4:00 Hrs

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 1	20.80	3.27	89.54	0.015
Tubería 2	41.60	2.70	37.36	0.014
Tubería 3	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 4	83.20	1.18	3.32	0.014
Tubería 5	41.60	4.38	138.04	0.016
Tubería 6	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 7	41.60	4.38	129.23	0.015
Tubería 8	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 81	280.86	0.99	1.18	0.014
Tubería 9	280.86	2.24	119.78	0.188
Tubería 35	280.86	2.92	476.61	0.384

1.3.27 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 2

Tabla de Red - Líneas en 8:00 Hrs

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 10	83.20	2.65	28.20	0.016
Tubería 11	41.60	3.39	75.27	0.016
Tubería 12	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 14	20.80	2.19	34.62	0.016
Tubería 15	83.20	2.65	28.20	0.016
Tubería 16	41.60	4.38	138.04	0.016
Tubería 17	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 18	41.60	2.07	20.38	0.015
Tubería 19	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 20	166.40	3.39	29.34	0.013
Tubería 21	41.60	1.63	12.24	0.016
Tubería 22	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 23	124.80	3.14	40.11	0.018
Tubería 24	41.60	2.07	23.50	0.017
Tubería 25	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 26	83.20	2.65	24.37	0.014
Tubería 27	41.60	1.63	13.53	0.018
Tubería 28	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 29	41.60	1.63	11.58	0.015
Tubería 30	20.80	2.19	34.62	0.016
Tubería 56	41.60	2.70	38.73	0.015
Tubería 81	279.11	0.99	1.17	0.014
Tubería 9	279.11	2.22	118.30	0.188
Tubería 35	279.11	2.90	470.71	0.384
Tubería 68	332.80	4.27	33.39	0.011

1.3.28 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 3

Tabla de Red - Líneas en 12:00 Hrs

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 32	41.60	2.70	41.39	0.016
Tubería 33	20.80	2.19	38.28	0.017
Tubería 34	20.80	2.19	34.79	0.016
Tubería 36	41.60	2.70	38.09	0.014
Tubería 37	62.40	2.45	23.78	0.014
Tubería 38	20.80	3.27	99.34	0.016
Tubería 39	41.60	2.07	20.84	0.015
Tubería 40	20.80	2.19	34.62	0.016
Tubería 76	104.00	3.31	35.56	0.013

1.3.29 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 4

Tabla de Red - Líneas en 16:00 Hrs

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 42	20.80	3.27	99.34	0.016
Tubería 43	41.60	4.38	138.04	0.016
Tubería 44	20.80	3.27	91.18	0.015
Tubería 45	145.60	2.97	24.26	0.014
Tubería 46	41.60	2.70	40.62	0.015
Tubería 47	20.80	1.69	18.72	0.016
Tubería 48	104.00	2.12	13.08	0.014
Tubería 49	20.80	3.27	95.44	0.016
Tubería 50	83.20	1.69	9.89	0.017
Tubería 51	20.80	4.71	237.37	0.016
Tubería 52	62.40	1.27	4.92	0.015
Tubería 53	20.80	1.69	20.91	0.018
Tubería 54	20.80	1.69	20.91	0.018
Tubería 55	20.80	1.35	10.92	0.016
Tubería 13	208.00	3.38	25.62	0.012
Tubería 31	208.00	3.38	25.81	0.012
Tubería 57	208.00	3.38	24.85	0.012

1.3.30 ANÁLISIS CON EPANET DE LAS LÍNEAS OPERATIVAS EN EL RIEGO DEL SECTOR 5

Tabla de Red - Líneas en 20:00 Hrs

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 58	187.81	2.66	15.20	0.013
Tubería 59	187.81	3.05	20.98	0.012
Tubería 60	187.81	3.05	20.59	0.012
Tubería 61	187.81	3.05	21.54	0.013
Tubería 63	23.77	2.50	44.19	0.015
Tubería 64	187.81	3.83	35.72	0.012
Tubería 65	47.55	5.00	161.75	0.014
Tubería 66	140.26	2.86	23.74	0.014
Tubería 67	20.80	3.27	99.34	0.016
Tubería 69	20.80	2.19	34.62	0.016
Tubería 70	119.46	2.43	16.29	0.013
Tubería 71	41.60	3.39	75.27	0.016
Tubería 72	77.86	1.59	7.29	0.014
Tubería 73	57.06	3.71	77.19	0.015
Tubería 74	28.53	2.32	33.17	0.015
Tubería 75	20.80	1.69	19.08	0.016
Tubería 41	187.81	2.66	14.89	0.012

1.5 INFORME DE MEDIDAS DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL

1.5 INFORME DE MEDIDAS DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL

ÍNDICE

1.5.1 POLITICA MEDIO AMBIENTAL DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO	219
1.5.2 MEDIDAS DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL.....	220
1.5.2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS.....	220
1.5.2.1.1 PROTECCIÓN DE LA ATMÓSFERA	220
1.5.2.1.2 PROTECCIÓN DEL RELIEVE Y LOS SUELOS	221
1.5.2.1.3 PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.....	222
1.5.2.1.4 PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN.....	222
1.5.2.1.5 PROTECCIÓN DE LA FAUNA.....	222
1.5.2.1.6 PROTECCIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO	223
1.5.2.1.7 PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL	223
1.5.2.2 MEDIDAS CORRECTORAS	224
1.5.2.2.1 PROTECCIÓN DE LA ATMÓSFERA	224
1.5.2.2.2 PROTECCIÓN DEL RELIEVE Y LOS SUELOS	224
1.5.2.2.3 PROTECCIÓN DEL MEDIO HÍDRICO	224
1.5.2.2.4 PROTECCIÓN DEL PAISAJE.....	225
1.5.2.2.5 PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y DE LA FAUNA	225
1.5.2.2.6 PROTECCIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO	226
1.5.3 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	227
1.5.3.1 FASE DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	227
1.5.3.2 FASE DE EXPLOTACIÓN	228

1.5.1 POLITICA MEDIO AMBIENTAL DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

La estación de bombeo objeto de este trabajo se encuentra ubicada en la cuenca del Canal de Tauste. El Canal de Tauste toma sus aguas del río Ebro para abastecer de agua a los regadíos de las villas de Fustiñana y Cabanillas principalmente. La Confederación Hidrográfica del Ebro es el organismo que asume la función de proteger el medio ambiente y la calidad del agua en la cuenca del Canal de Tauste.

Entre las funciones de la Confederación Hidrográfica del Ebro se encuentran las siguientes:

- El otorgamiento de autorizaciones y concesiones referentes al dominio público hidráulico, salvo en las relativas a las obras y actuaciones de interés general del Estado, que corresponderán al Ministerio de Medio Ambiente.
- La definición de objetivos y programas de calidad de acuerdo con la planificación hidrológica.

Por todo ello es necesario cumplir con la normativa que figura en los planes hidrológicos de la cuenca del Ebro. En los planes hidrológicos de la cuenca del Ebro se presta una especial atención a la protección del medio ambiente y a mantener la calidad de las aguas de la cuenca. Así pues, se plantean las siguientes medidas para asegurar la integración medioambiental de la estación de bombeo y la red de riego diseñadas.

1.5.2 MEDIDAS DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL

Con la propuesta de medidas de integración ambiental se pretenden evitar o paliar los posibles impactos que el proyecto desarrollado pueda generar sobre la cuenca del Canal de Tauste.

Se va a hacer una distinción entre las medidas de integración ambiental preventivas y las medidas de integración ambiental correctoras.

1.5.2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Las medidas de integración ambiental preventivas son aquellas que se aplican para evitar que los posibles impactos medioambientales se lleguen a producir. Las medidas de integración ambiental preventivas deben llevarse a cabo durante las obras de la estación de bombeo y la red de riego. Con estas actuaciones se conseguirá evitar impactos en el entorno ambiental donde se va a implantar la instalación objeto de este proyecto. De estas medidas se deberá hacer partícipe a toda persona que participe en las labores de la fase de obras, tratando de concienciar sobre la importancia de evitar los posibles impactos sobre el medio ambiente.

Las medidas de integración ambiental que se proponen se estructuran en los siguientes apartados:

1.5.2.1.1 PROTECCIÓN DE LA ATMÓSFERA

- Antes del comienzo de las obras, realización de una inspección visual de las zonas potenciales más sensibles al polvo (viviendas o núcleos de población cercanos, áreas de cría de la fauna autóctona, vegetación singular, etc.), que serán ubicadas en un plano topográfico para su correcta localización en el ámbito de actuación de las obras.
- De igual forma, antes del comienzo de las obras se inspeccionarán las áreas más sensibles al impacto acústico (viviendas, edificaciones, etc.), que serán ubicadas en un plano topográfico para su correcta localización en el ámbito de actuación de las obras.
- Debido a la proximidad de cultivos, durante el período de obra se efectuarán riegos periódicos sobre caminos y zonas de trabajo, así como áreas de acopio de materiales, con camiones cuba, para minimizar el incremento de partículas en suspensión y polvo atmosférico derivados del tránsito de maquinaria, procesos de excavación, etc.
- Los acopios de tierras y materiales de obra susceptibles de emitir polvo se taparán. El transporte de estos materiales se realizará cubierto con lonas, en la totalidad de los desplazamientos previstos.
- Control del tráfico de vehículos pesados en las zonas urbanas próximas a la obra.

- Utilización de maquinaria y vehículos que cumplan las exigencias normativas en relación con las emisiones a la atmósfera (contaminación química y ruido). Para lo cual se dispondrá, en todo momento, del Marcado CE y de la ITV de la maquinaria y vehículos de obra.
- Se controlarán los niveles acústicos en obra, mediante supervisión y buen mantenimiento de los equipos y maquinaria a emplear. De igual forma, se limitará la realización de los trabajos a franja horaria comprendida entre las 8,00 y las 22,00 horas.

1.5.2.1.2 PROTECCIÓN DEL RELIEVE Y LOS SUELOS

- El trazado de las nuevas conducciones se ha definido de manera que los movimientos de tierra requeridos son casi nulos.
- La franja de ocupación de las obras de instalación de la tubería de impulsión y la red de distribución se limitará al mínimo espacio necesario, que se estima de 10 m de ocupación temporal para los tramos que no se apoyan en caminos existentes y 5 m para aquellos tramos que se apoyan en caminos existentes. El cordón de tierra vegetal que se acopie a ambos lados de esta franja servirá de delimitación de las obras.
- El área de ocupación de la obra de la arqueta de impulsión será jalonada temporalmente mediante malla de seguridad, de forma que únicamente se ocupen las zonas estrictamente necesarias. En cuanto las obras del depósito y estación de bombeo, el vallado de la parcela servirá de jalonamiento de obra.
- Para la localización de instalaciones de obra, incluidas las zonas de mantenimiento de maquinaria, y acopios temporales, se definirá una zona donde es admisible su instalación y una zona de exclusión, donde no se podrán ubicar. En general, se ubicarán en espacios degradados o cuya restauración resulte sencilla y siempre fuera y a una distancia mínima de 50 m del cauce del Canal de Tauste, que corresponde con la zona de exclusión.
- Con el fin de evitar la destrucción de suelos con valor agrológico, se realizará la excavación selectiva de materiales, retirándose la tierra vegetal y procediendo posteriormente a su acopio en cordones perimetrales a las conducciones, el depósito y a la edificación de la estación de bombeo, en montones de altura no superior a 1,5 m, en forma de artesa con taludes de pendiente no superior a 1H:1V, en terrenos llanos y de fácil drenaje.
La tierra vegetal será utilizada para las labores de restauración de los taludes de las balsas y de las zonas alteradas por la obra.
- Utilización de la red viaria existente (carreteras y caminos) en el desarrollo de las obras. No se construirán accesos provisionales para el desarrollo de las obras o nuevos viales para la construcción u explotación de las instalaciones de riego previstas.
- Si se producen fugas accidentales, estos serán recogidos con material absorbente (aserrín o similar) y será necesario gestionarlos como residuos peligrosos contratando un gestor autorizado.

1.5.2.1.3 PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

- Siempre que sea posible, la ejecución de las actividades asociadas al establecimiento de la toma y otras actuaciones próximas al Canal de Tauste (arqueta de la estación de bombeo), se realizarán en condiciones de cauce seco o de bajo caudal. El Programa de Obra que presente el contratista se deberá adaptar a esta condición.
- Control de los residuos generados en las obras con establecimiento de procedimientos de gestión adecuada de los mismos. Todos los residuos generados serán separados de acuerdo a su naturaleza, priorizando su reutilización y reciclado frente a su eliminación en vertedero. En el caso de los Residuos de Construcción y Demolición, sólo se podrán retirar a vertedero autorizado, aquellos cuya reutilización, reciclado o valorización no sea técnicamente posible.
- Los campamentos de obra deberán dotarse con un sistema de saneamiento adecuado. Dependiendo de su ubicación y tamaño, el saneamiento se podrá realizar mediante conexión a la red municipal de aguas residuales o WC químico o por cualquier otro sistema que proponga el Contratista y que asegure que no se producirá contaminación de las aguas. En todo caso, los lodos y el residuo líquido que se genere deberá ser gestionado por un gestor autorizado.
- Definición de puntos específicos dentro de las instalaciones de obra para el mantenimiento de la maquinaria y los acopios de materiales, productos y residuos.

1.5.2.1.4 PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN

- El área de ocupación de la obra de la toma de agua será jalonada temporalmente mediante malla de seguridad, de forma que únicamente se ocupen las zonas estrictamente necesarias.
- Las instalaciones auxiliares y zonas de préstamos y vertederos se localizarán en todo momento fuera de formaciones vegetales de interés y hábitat faunísticos como ocurre en las Bardenas Reales de Navarra.

1.5.2.1.5 PROTECCIÓN DE LA FAUNA

- Previo al comienzo de las obras, el contratista realizará un inventario de la fauna y flora presente en el Canal de Tauste. El inventario se realizará en coordinación con el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local de la Comunidad Foral de Navarra. Se recogerá toda la información necesaria para valorar el posible efecto de la disminución de caudal en el Canal de Tauste sobre la flora y fauna inventariada. El inventario será realizado por un biólogo experto en la materia.

- Construcción de rampas de salida a lo largo de las zanjas y en otras excavaciones en las obras para permitir la salida de pequeños vertebrados que hayan caído en ellas.
- Las obras de construcción de la estación de bombeo se realizará fuera de las épocas de reproducción y cría de las especies de la ictiofauna. El Programa de Obra se deberá adaptar a esta condición.
- Se realizarán reconocimientos periódicos de los caminos y carreteras utilizadas por la maquinaria de obra, con objeto de controlar el atropello de la fauna. En caso de detectar niveles anormales de atropello, se tomarán las medidas adecuadas para corregir el impacto, como cambios de rutas, instalación de barreras temporales específicas para las especies afectadas o la instalación de sistemas físicos de disminución de la velocidad de los vehículos.

1.5.2.1.6 PROTECCIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

- Se verificará la continuidad de todos los elementos de la red viaria local. Esto se realizará bien mediante la habilitación de desvíos provisionales, bien manteniendo su trazado actual.
- Se asegurará la accesibilidad a todas las zonas en el ámbito de actuación, al menos al mismo nivel que antes de iniciarse las obras.
- El tránsito de camiones y maquinaria pesada se hará siguiendo las medidas de seguridad señaladas en la normativa vigente, y evitando en lo posible las interferencias con el tráfico de la zona. Para ello los traslados más importantes se realizarán en horarios de escasa circulación rodada en la zona.

1.5.2.1.7 PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

- Supervisión arqueológica de las obras durante el movimiento de tierras y las tareas de despeje y desbroce, llevada a cabo por un técnico arqueólogo, competente en la materia, en coordinación con el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local.
- Identificación de elementos del patrimonio cultural que puedan verse afectados por las actuaciones previstas. Esta identificación se llevará a cabo antes del inicio de la fase de obras.
- Se realizará el jalonamiento de todos los elementos que deban ser protegidos, detectados en el estudio previo, con una distancia de seguridad de 50 metros. En las zonas protegidas se prohibirá el tránsito de personal de obra y maquinaria, la localización de cualquier tipo de construcción temporal o permanente, acopios de materiales, viario o instalación de servicio del personal de la obra.

1.5.2.2 MEDIDAS CORRECTORAS

Las medidas de integración ambiental correctoras son aquellas destinadas a reducir o paliar los efectos de los impactos medioambientales que se han producido sobre el entorno. Este tipo de medidas de integración ambiental deberá aplicarse durante el periodo de las obras de ejecución o al finalizar las mismas. Este tipo de medidas tratará de eliminar o minimizar los impactos que se han producido con la ejecución del proyecto.

Las medidas de integración ambiental correctoras que se proponen en este proyecto son las siguientes:

1.5.2.2.1 PROTECCIÓN DE LA ATMÓSFERA

- Aislamiento de los equipamientos de bombeo, de manera que se cumplan los niveles acústicos máximos establecidos por la legislación vigente. Los niveles sonoros máximos serán fijados por la normativa de la Comunidad Foral de Navarra.
- Realización de riegos periódicos en las zonas de riesgo de incendio y en épocas con meteorología adversa (tiempo seco y/o con viento fuerte).

1.5.2.2.2 PROTECCIÓN DEL RELIEVE Y LOS SUELOS

- Identificación de vertederos autorizados para el caso de requerirse el vertido de tierras sobrantes. Se atenderá a los requerimientos establecidos por la Comunidad Foral de Navarra al respecto.
- Al finalizar las obras se procederá a la retirada de las instalaciones provisionales de la obra y la limpieza completa del terreno afectado.
- Utilización del viario (carreteras y caminos) existente, no habilitándose ningún acceso temporal para las obras.
- Se retirarán los primeros 30 cm de cobertura vegetal, almacenándola en cordones de 1,5 m de altura a lo largo de la traza de la conducción y en los bordes de las zonas donde se ubica el depósito y la estación de bombeo.

1.5.2.2.3 PROTECCIÓN DEL MEDIO HÍDRICO

- Adecuación de los drenajes para garantizar la protección y la conservación del drenaje natural existente.
- Establecimiento de un protocolo de intervención para las situaciones de emergencia con algún riesgo ambiental asociado, causadas por episodios accidentales de contaminación.

- En la construcción de la estación de bombeo, se llegará al nivel freático. Se prevé el achique de las aguas subterráneas que pudieran existir en el cauce del Canal de Tauste. Se realizarían achiques si fuera necesario, tratando de erosionar el mínimo el cauce del canal.

1.5.2.2.4 PROTECCIÓN DEL PAISAJE

- Se procederá al desmantelamiento de instalaciones y limpieza de la zona de obras una vez finalizadas estas. Esta medida tiene por objeto impedir la consecuente degradación paisajística del entorno de la zona que se produciría si estas instalaciones permanecieran sin desmantelarse. Antes de la fase recepción de la obra, se realizará una inspección general de toda el área en la que se ha actuado durante la fase de obras, verificando su limpieza, desmantelamiento y la retirada de todas las instalaciones, estructuras, señalización provisional, etc.
- Si se detectase en algún punto del área inspeccionada cualquier tipo de restos de materiales, residuos o elementos relacionados con las obras se procederá a su limpieza o retirada inmediata, antes de hacerse efectiva la recepción de la obra.

1.5.2.2.5 PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y DE LA FAUNA

- Previo al comienzo de las obras, el contratista realizará un inventario de la fauna y flora presente en las acequias. El inventario se realizará en coordinación con el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local de la Comunidad Foral de Navarra. Se recogerá toda la información necesaria para valorar el posible efecto de la disminución de caudal del canal sobre la flora y fauna inventariada. El inventario deberá ser realizado por un biólogo experto.
- Previo al comienzo de las obras de captación, el contratista realizará un estudio específico de afecciones sobre la vegetación del canal, indicando los ecosistemas y superficie afectada. En el estudio se indicaran las medidas correctoras sobre la calidad de las aguas. El estudio será realizado por un biólogo experto en la materia.
- Previo al comienzo de la obra de captación, el contratista realizará un programa de obras, donde se describan las actuaciones a realizar, la duración de las mismas y el calendario que se seguirá en su realización. Este programa será enviado para información a la Comunidad de Regantes del Canal de Tauste.
- Con el objetivo de proteger a la fauna del entorno, los tendidos eléctricos aéreos previstos en proyecto, incluirán las siguientes medidas anticolidión, antielectrocución y antinidificación. o Antinidificación: utilización de superficies lisas con formas semicilíndricas que ocupen en su totalidad la parte superior del apoyo, sobresaliendo por los extremos ligeramente. También es aconsejable la utilización de “tapas” en los extremos para que no se introduzcan aves pequeñas en su interior. Utilización de espirales salvapájaros para señalar la línea.

La distancia entre fases será como mínimo de 150 cm. En general, la distancia mínima entre la cruceta y los conductores será de 60 cm. Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores de distribución, de derivación, anclaje, amarre, especiales, fin de línea, se diseñarán de forma que se evite sobrepasar con elementos en tensión las crucetas o semicrucetas no auxiliares de los apoyos. En cualquier caso, se dispondrán medidas disuasorias eficaces para la posada de las aves en las crucetas o en su defecto se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos de tensión, de modo que se consiga una distancia mínima entre estos de 70 cm.

1.5.2.2.6 PROTECCIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

- Reposición inmediata de los servicios afectados con la ejecución de las obras.

1.5.3 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Con el objetivo de asegurar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras establecidas en los apartados anteriores de este documento de la memoria, y persiguiendo minimizar los impactos producidos por las instalaciones proyectadas, se esboza en este apartado un Programa de Vigilancia Ambiental.

El Programa de Vigilancia Ambiental se diseñará según se recoge en la legislación vigente sobre evaluación de impacto ambiental, con la doble finalidad de proponer un plan de ejecución de las medidas correctoras y vigilar su correcta aplicación. Además de realizar un seguimiento del cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras, este Programa de Vigilancia Ambiental limitará la aparición de impactos no previstos en los puntos anteriores.

Para la realización del seguimiento de los impactos generados por las obras se llevarán a cabo, estudios, muestreos y análisis sobre los distintos factores del medio natural y social, con el fin de obtener una serie de indicadores que permitan cuantificar las alteraciones detectadas. Asimismo, estos indicadores permitirán detectar posibles impactos no contemplados y determinar su cuantía.

Se establecerá, por tanto, un sistema basado en la utilización de indicadores que permita conocer la situación y evolución de cada factor del medio susceptible de ser afectado, en cada momento de la fase de obras o en la fase de explotación de la instalación, en comparación con el estado de cada indicador en la situación preoperacional.

1.5.3.1 FASE DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las variables y factores a controlar durante la fase de ejecución de las obras son básicamente las siguientes:

Jalonamiento de la zona de ocupación de las obras

- Control de ubicación de instalaciones auxiliares, acopios y accesos de obra.
- Seguimiento y vigilancia de jalonamientos de protección.
- Control de los movimientos de maquinaria.

Protección de la calidad del aire

- Control de los riegos y cubrimiento de los vehículos de transporte.
- Control de los niveles sonoros.
- Control de la instalación de medidas para la eliminación de ruido en la caseta de bombeo.

Conservación de suelos

- Vigilancia de la retirada, acopio y reutilización de la tierra vegetal.
- Control de la labor de descompactado de los suelos.

Protección de la calidad de las aguas

- Control de la gestión de residuos generados en las obras.

Protección de enclaves y elementos naturales de interés para la conservación

- Control de mantenimiento de los hábitats naturales de interés para la conservación.
- Control de las zonas de acopio.

Protección de las comunidades faunísticas

- Control de la afección a la fauna.
- Control de la instalación de medidas antielectrocución, anticolisión y antinidificación en las conducciones eléctricas.

Protección y restauración de la vegetación

- Seguimiento de las labores de preparación del terreno.
- Control y seguimiento de las hidrosiembras.
- Control y seguimiento de las plantaciones.

Protección del patrimonio cultural

- Control y vigilancia arqueológica durante los movimientos de tierras.
- Control de la afección sobre las vías pecuarias.

Integración paisajística de las obras

- Control de las labores de integración paisajística.

Reposición de los servicios afectados

- Control de la reposición de los caminos y servicios afectados.

Acabado de las obras

- Seguimiento y control del desmantelamiento de instalaciones y limpieza de la zona de obras.

1.5.3.2 FASE DE EXPLOTACIÓN

En cuanto a la fase de explotación, la extensión en el tiempo de la aplicación de las medidas dependerá de la tipología de éstas, pues algunas serán de carácter temporal y otras de carácter permanente, de manera que la emisión de los informes sobre el cumplimiento de las mismas se adaptará a su duración.

Los objetivos del Programa de Vigilancia Ambiental durante la fase de explotación de la infraestructura son los siguientes:

- Evaluar la efectividad de las medidas protectoras y correctoras de impactos ejecutadas durante la fase de obras. Estas medidas serán analizadas y evaluadas durante la fase de explotación, una vez transcurrido un plazo de tiempo suficiente a fin de que dichas medidas puedan demostrar su efectividad.
- Verificar la correcta ejecución de las labores de conservación y mantenimiento de las medidas protectoras, correctoras y preventivas.
- Evaluar las afecciones sobre el medio de la explotación de las infraestructuras previstas, evaluando asimismo los impactos residuales tras la aplicación de las medidas protectoras, correctoras y preventivas.
- Detectar y evaluar los impactos no previstos, articulando aquellas medidas oportunas para su minimización.

Por su parte, las variables y factores a controlar durante la fase de explotación serán básicamente, los siguientes:

Control de las comunidades faunísticas

- Seguimiento de mortandad de fauna de interés durante el funcionamiento del Canal de Tauste.

Control de las medidas relacionadas con el ruido

- Seguimiento de la efectividad de las medidas minimizadoras del ruido de la caseta de bombeo.

Control de las medidas relacionadas con el paisaje

- Seguimiento de la efectividad de las medidas de restauración de la cubierta vegetal

Para la correcta ejecución de las actuaciones que configuran el Programa de Vigilancia Ambiental, se han habilitado unas partidas presupuestarias que se concretan en el documento Presupuesto.

1.6 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.6 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

1.6.1 OBJETO DEL ESTUDIO	235
1.6.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA.....	236
1.6.2.1 DATOS DEL PROYECTO	236
1.6.2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA	236
1.6.2.3 ACTUACIONES	236
1.6.3 DATOS DE INTERÉS PARA LA PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS PROFESIONALES DURANTE LA OBRA.....	237
1.6.3.1 ZONA DE UBICACIÓN DE LAS OBRAS	237
1.6.3.2 TRÁFICO RODADO	237
1.6.3.3 INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS.....	237
1.6.4 MAQUINARIA PREVISTA PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	238
1.6.5 INSTALACIONES PROVISIONALES PARA LOS TRABAJADORES	239
1.6.6 OFICOS CUYA INTERVENCIÓN ES OBJETO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	240
1.6.7 FASES CRÍTICAS PARA LA PREVENCIÓN.....	241
1.6.7.1 OCUPACIONES EN CALZADA.....	241
1.6.7.2 TRABAJOS EN TALUDES	241
1.6.8 ANÁLISIS DE RIESGOS POR FASES GLOBALES DE OBRA.....	242
1.6.8.1 IMPLANTACIÓN EN OBRA	243
1.6.8.2 EXCAVACIONES Y VACIADOS	244
1.6.8.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS	245
1.6.8.4 RELLENOS.....	246
1.6.8.5 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	247
1.6.8.6 TRABAJOS EN HIERRO.....	248
1.6.8.7 IMPERMEABILIZACIONES	249
1.6.8.8 INSTALACIONES SANITARIAS.....	251
1.6.8.9 TRABAJOS DE MANIPULACIÓN DE HORMIGÓN	252
1.6.8.10 PAVIMENTACIÓN.....	253
1.6.8.11 ALBAÑILERÍA PARA OBRAS DE FÁBRICA.....	255
1.6.8.12 INSTALACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍAS.....	256
1.6.8.13 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	257
1.6.8.14 ELEVACIÓN DE CARGAS.....	258

1.6.8.15 REALIZACIÓN DE TRABAJOS EN PRESENCIA DE LÍNEAS ELÉCTRICAS EN SERVICIO	260
1.6.8.16 INSTALACIONES DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS	261
1.6.9 PREVENCIÓN DE INCENDIOS	263
1.6.9.1 RIESGOS DE INCENDIO MÁS FRECUENTES Y SUS CAUSAS.....	263
1.6.9.2 MEDIOS DE EXTINCIÓN	264
1.6.10 PROTECCIONES COLECTIVAS	267
1.6.10.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PROTECCIONES COLECTIVAS EMPLEADAS	268
1.6.11 NORMAS DE SEGURIDAD A CUMPLIR POR LA MAQUINARIA DE OBRA	270
1.6.12 FORMACIÓN E INFORMACIÓN	277
1.6.12.1 ACCIONES FORMATIVAS	277
1.6.12.2 INSTRUCCIONES GENERALES Y ESPECÍFICAS.....	278
1.6.12.3 INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN	279
1.6.13 ORDEN, LIMPIEZA E HIGIENE	281
1.6.14 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN	282

1.6.1 OBJETO DEL ESTUDIO

El objetivo del documento Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo de este proyecto, es identificar los potenciales riesgos para las personas y definir los procedimientos más adecuados para eliminar o paliar estos riesgos. Este estudio pretende definir los procedimientos concretos que permitan que la fase de ejecución de las obras se desarrolle sin accidentes ni enfermedades para las personas que intervienen en ellas. Se pretenden evitar también los posibles accidentes blancos, accidentes sin lesiones ni daños, que afectan al normal funcionamiento de la obra y crean inseguridad e incomodidad a los trabajadores. Además, se pretende evitar cualquier posible riesgo para las personas ajenas a la obra.

En la elaboración de este documento se tendrán en cuenta las condiciones en las que se desarrollarán los trabajos de ejecución de las obras, los materiales que se utilizarán, la maquinaria empleada y las características específicas de algunos trabajos realizados durante la fase de ejecución de las obras.

Este documento se adecúa al Real Decreto 1627/97 del 24 de Octubre de 1997, donde se establece la normativa sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en Obras de Construcción.

1.6.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA

1.6.2.1 DATOS DEL PROYECTO

Título: Estación de bombeo y red de distribución de agua de riego.

Descripción: Construcción de una estación de bombeo. Construcción de una red de distribución de agua de riego a un conjunto de explotaciones agrícolas con un depósito para regulación y almacenamiento.

Localización: Término municipal de Fustiñana (Navarra).

Peticionario: Conjunto de explotaciones agrícolas.

1.6.2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de UN MILLÓN QUINIENTOS VEINTINUEVE MIL QUINIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS Y DOS CÉNTIMOS (1.529.537,02 €).

El plazo de ejecución previsto para las obras es de 12 meses.

Se estima que el número de operarios que intervendrán en la obra es de 10 personas.

1.6.2.3 ACTUACIONES

Todos los elementos que componen las obras del presente trabajo han quedado perfectamente descritas y detalladas en los anteriores documentos del trabajo.

A continuación se describen las diferentes actuaciones:

- Construcción de una arqueta de toma de agua y una estación de bombeo junto al Canal de Tauste.
- Conducción desde la estación de bombeo hasta el depósito de almacenamiento.
- Construcción del depósito de almacenamiento en Cabezo Espinoso.
- Construcción de la red de tuberías que abastecerá de agua a las distintas explotaciones agrícolas para las que ha sido diseñado el proyecto.
- La estación de bombeo precisa de un centro de transformación eléctrico que también será objeto del proyecto.

Durante la ejecución de las obras previstas en este proyecto no serán necesarias acciones preventivas para evitar daños a edificaciones colindantes. Las obras se realizarán en un entorno donde no existen edificaciones colindantes.

1.6.3 DATOS DE INTERÉS PARA LA PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS PROFESIONALES DURANTE LA OBRA

1.6.3.1 ZONA DE UBICACIÓN DE LAS OBRAS

Término municipal de Fustiñana, Comunidad Foral de Navarra. Las obras se situarán a las afueras del núcleo urbano, a unos 3 km aproximadamente. Se realizarán en terrenos colindantes a la carretera NA-126, a la altura del punto kilométrico 15.

1.6.3.2 TRÁFICO RODADO

Para la prevención de los riesgos derivados de la circulación de los vehículos pesados utilizados, ha de tenerse en cuenta la importancia de éstos en la ejecución de la obra. Se deberá por tanto extremar al máximo las precauciones, estableciendo todas las medidas preventivas necesarias para evitar que se produzca cualquier accidente. Se deberán señalizar los accesos y el perímetro de las obras de acuerdo a la normativa vigente (Real Decreto 1627 del año 1997).

1.6.3.3 INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

Antes de empezar cualquier trabajo en la obra, habrán de quedar definidas qué redes de servicios públicos o privados puedan interferir su realización y pueden ser causa de riesgo para la salud de los trabajadores o para terceros.

En el caso de las líneas eléctricas aéreas que puedan atravesar el solar e interfieran en la ejecución de la obra, no se deberá empezar a trabajar hasta que no hayan sido modificadas por la compañía suministradora. A tales efectos se solicitará de la propia compañía que proceda la descarga de la línea o a su desvío.

De no ser viable lo anterior, se considerarán unas distancias mínimas de seguridad, medidas entre el punto más próximo con tensión y la parte más cercana del cuerpo o herramienta del obrero, o de la máquina, teniéndose en cuenta siempre la situación más desfavorable. Habrá de vigilarse en todo momento que se mantienen las distancias mínimas de seguridad referidas.

En el supuesto de redes de electricidad subterráneas, que puedan afectar a la obra, antes de iniciar cualquier trabajo, deberá asegurarse la posición exacta de las mismas, para lo cual se recabará, en caso de duda, la información necesaria de las compañías afectadas, gestionándose la posibilidad de desviarlas o dejarlas sin servicio. Estas operaciones deberán llevarlas a cabo las citadas compañías. De no ser factibles, se procederá a su identificación sobre el terreno y, una vez localizada la red, se señalará marcando su dirección, trazado y profundidad, indicándose, además, el área de seguridad y colocándose carteles visibles advirtiendo del peligro y protecciones correspondientes.

1.6.4 MAQUINARIA PREVISTA PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Es importante conocer la maquinaria prevista para la realización de las obras, pues puede ser una fuente de riesgos para las personas que trabajan en la misma. La maquinaria más relevante que se usará durante las obras figura en la siguiente lista:

- Retroexcavadora mixta.
- Retroexcavadora neumática.
- Retroexcavadora neumática con martillo incluido.
- Martillo rompedor.
- Pala cargadora neumática.
- Motoniveladora.
- Bomba de hormigón sobre camión.
- Hormigonera.
- Tractor con traílla para nivelación y laboreo.
- Martinete de caída libre de efecto simple.
- Maquinaria para izado de apoyos.
- Herramientas manuales generales.
- Grúa autopropulsada.

La maquinaria utilizada en la ejecución de las obras será propiedad de subcontratistas especializados o del contratista de la Obra.

1.6.5 INSTALACIONES PROVISIONALES PARA LOS TRABAJADORES

Las instalaciones provisionales que se instalarán en el entorno de la obra para asegurar la seguridad y salud de los trabajadores son las siguientes:

- Servicios higiénicos para el personal, duchas y guarda taquillas.
- Instalaciones para comedor de obra.
- Oficina para reuniones de seguridad y salud.
- Servicios de asistencia médica y primeros auxilios.

1.6.6 OFICOS CUYA INTERVENCIÓN ES OBJETO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Las actividades dentro de los trabajos de la obra, a las que deberá prestarse especial atención en la prevención de riesgos son las siguientes:

- Operadores de maquinaria.
- Montadores.
- Electricistas.
- Conductor de camión.
- Albañil.

1.6.7 FASES CRÍTICAS PARA LA PREVENCIÓN

A la vista de las fases productivas y de las características de la obra, detectamos los siguientes hitos para la prevención.

La concurrencia de riesgos determinará cuales son las fases más críticas de la ejecución de las obras. Cada trabajo de esta obra tiene sus riesgos específicos tal y como queda reflejado en el apartado correspondiente. Cuando dos o más fases coinciden en el espacio y tiempo los riesgos potenciales que se generan son no solo distintos si no que se agravan y alcanzan valores superiores a la suma de los riesgos de las fases coincidentes.

Teniendo presente esto y que todo el proceso productivo de construcción es peligroso en sí mismo, llamamos la atención sobre las siguientes fases globales, especialmente peligrosas en sí mismas, y más aún cuando coinciden entre sí como es el caso de esta obra:

1.6.7.1 OCUPACIONES EN CALZADA

La realización de trabajos en días de lluvia, niebla o condiciones meteorológicas adversas puede incrementar notablemente los riesgos que se asumen en los mismos.

La presencia de agua puede ser una condición que persista según la época del año del servicio que influye en la visibilidad para el tráfico rodado de la ocupación realizada en la calzada, con lo que se deberán de extremar las precauciones de señalización y balizamiento para dar a conocer la presencia de la ocupación. Se generan mayores y más graves riesgos, ocasionando también un empeoramiento de las condiciones de trabajo; por ello reiteramos que los riesgos de descarga eléctrica, caídas a un mismo o distinto nivel, deslizamientos de acopios y máquinas, atropellos o colisiones alcanzarán niveles que justifican acciones de control y de corrección sobre el cumplimiento de lo previsto en técnicas de prevención.

1.6.7.2 TRABAJOS EN TALUDES

En la ejecución de los taludes de las balsas se pueden producir desprendimientos y caídas que habrán de ser tenidas en cuenta para la prevención.

1.6.8 ANÁLISIS DE RIESGOS POR FASES GLOBALES DE OBRA

A la vista de la metodología de construcción, del proceso productivo previsto, del número de trabajadores y de las fases críticas para la prevención, los riesgos detectables expresados globalmente son de los siguientes tipos:

- Los propios que originan la inexperiencia o impericia del trabajador.
- Los propios del trabajo realizado por uno o varios trabajadores.
- Los derivados de los factores formales y de ubicación del lugar de trabajo.
- Los que tienen su origen en los medios empleados.

Se opta por la metodología de prevención para la seguridad y salud de identificar en cada fase del proceso de construcción: los riesgos específicos, las medidas de prevención y protección a tomar, así como las conductas que deberán observarse en esa fase de obra.

Esta metodología no implica que en cada fase sólo existan esos riesgos o exclusivamente deban aplicarse esas medidas o dispositivos de seguridad o haya que observar sólo esas conductas, puesto que dependiendo de la concurrencia de riesgos o por razón de las características de un tajo determinado, habrá que emplear dispositivos y observar conductas o normas que se especifican en otras fases de obra.

Otro tanto puede decirse para lo relativo a los medios auxiliares a emplear, o para las máquinas cuya utilización se previene.

La especificación de riesgos, medidas de protección y las conductas o normas, se reiteran en muchas de las fases de obra. Esto se debe a que esta información deberá llegar a los trabajadores de forma fraccionada y por especialidades, para su uso en la información y formación a los trabajadores.

Las protecciones colectivas y personales que se definen así como las conductas que se señalan tiene carácter de obligatorias y el hecho de incluirse en la memoria obedece a razones metodológicas, pero tienen el mismo carácter que si estuvieran insertadas en el Pliego de Condiciones.

1.6.8.1 IMPLANTACIÓN EN OBRA

Trabajos:

Señalización, balizamiento y protección de obra.

Riesgos:

Se explicita como específicos de esta fase, los siguientes:

- Atropellos y colisiones.
- Atrapamientos

Normas preventivas:

Toda obra requiere un tratamiento específico a la hora de señalizarla y protegerla de manera adecuada. Es necesaria la señalización y protección de la obra antes de su inicio, siguiendo la pautas de la Norma de Carreteras 8.3.-IC, "Señalización de Obra" y la ayuda de los manuales de ejemplos de señalización de obras fijas y señalización de obras móviles según la naturaleza de la obra editados por el Ministerio de Fomento.

Protecciones colectivas:

Se explicitan como específicas de esta fase, las siguientes:

- Señales de advertencia de peligro.
- Señales de Restricción.
- Señales de fin de restricción o prohibición.
- Señales de prohibición.
- Señales de obligación.
- Señales de información.
- Señales de orientación.
- Señalización horizontal.
- Balizamiento.
- Balizamiento luminoso.
- Barreras de mediana (New Jersey).
- Bandas sonoras.
- Amortiguadores de impacto.

Equipos de protección individuales recomendados con marcado CE:

- Ropa Reflectante.
- Casco de Seguridad, siempre que exista riesgo de caída de objetos o golpes de objetos.
- Casco de Seguridad B.T.
- Faja de Protección contra sobreesfuerzos.
- Guantes de cuero flor y loneta.
- Botas de seguridad.
- Traje de agua para tiempo lluvioso.

Conductas:

En esta fase ha de extremarse el orden y limpieza, la organización y cumplimiento en todo lo relativo a Seguridad y Salud.

1.6.8.2 EXCAVACIONES Y VACIADOS

Trabajos:

Excavación y vaciado del terreno preexistente.

Riesgos:

Se explicita como específicos de esta fase, los siguientes:

- Desprendimientos
- Vuelco y atropellos con maquinaria.
- Colisiones.
- Caídas a distinto nivel.

Normas preventivas:

Esta fase es la primera que suele realizarse en las obras. Las normas preventivas generales que deben aplicarse siempre, son:

- Información del entorno (edificios colindantes y su cimentación, calles próximas, conducciones subterráneas, etc.)
- Proyecto bien definido con los datos y cálculos técnicos claramente fijados.

Protecciones colectivas:

Se explicitan como específicas de esta fase, las siguientes:

- Barandillas o vallas.
- Viseras de protección en borde de vaciado si hay que trabajar simultáneamente en fondo y en superficie.
- Pasos protegidos sobre zonas excavadas.
- Acotar las zonas de movimiento de las máquinas.
- Escaleras fijas.
- Señalización de tajos.

Equipos de protección individuales recomendados con marcado CE:

- Ropa Reflectante.
- Casco de Seguridad, siempre que exista riesgo de caída de objetos o golpes de objetos
- Casco de Seguridad B.T.
- Faja de Protección contra sobreesfuerzos.
- Guantes de cuero flor y loneta.
- Botas de seguridad.
- Traje de agua para tiempo lluvioso.

Conductas:

En esta fase ha de extremarse el orden y limpieza, la organización y cumplimiento en todo lo relativo a seguridad y salud.

1.6.8.3 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Riesgos:

- Deslizamiento y desprendimientos de tierras.
- Desprendimientos del material dentro del radio de acción de las máquinas.
- Atropellos, golpes, vuelcos y falsas maniobras de las máquinas.
- Caídas del personal desde frentes de excavaciones.
- Inundaciones.
- Generación de polvo.

Medidas de seguridad y protecciones colectivas:

- Antes de iniciar cualquier trabajo en el terreno, se procederá a la delimitación perimetral del mismo con una valla naranja, a una distancia mínima del vaciado de 1'50 m., de tal forma que impida el paso al borde la excavación.
- Todos los tendidos de instalaciones (agua, E. eléctrica, gas, teléfono, alcantarillado) estarán perfectamente ubicados y señalizados, requiriendo para ello información a las diferentes compañías suministradoras para su localización.
- Los pozos y zanjas estarán correctamente señalizados para evitar caídas del personal a su interior.
- Al realizar trabajos en zanjas, la distancia mínima entre los trabajadores será de un metro.
- Mantenimiento correcto de la máquina y correcta disposición de la carga de tierras en el camión, no cargándolo más de lo permitido.
- No apilar materiales en zonas de tránsito.
- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla.
- Se regarán frecuentemente los tajos y cajas de los camiones para evitar polvaredas.
- Se cumplirá, la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo y las maniobras de la maquinaria, estarán dirigidas por persona distinta del conductor.
- Las maquinas se utilizarán dentro de las instrucciones indicadas por el fabricante.
- Las maquinas se mantendrán según el manual de mantenimiento del fabricante.
- Las maquinas estarán dotadas de avisadores acústicos de marcha atrás y rotativos luminosos de funcionamiento.
- Los camiones circularán a una velocidad máxima de 30 kilómetros / hora por los camiones de la obra previamente establecidos.
- Se evitará el colmo en el llenado de los camiones.
- Los conductores de retroexcavadoras y palas cargadoras estarán autorizados para el trabajo que realizarán.

- En caso de duda se estabilizarán los taludes para evitar desprendimientos de material. El procedimiento de estabilización dependerá del riesgo existente de caída de materiales.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Mascarilla y gafas antipolvo.
- Cinturón de seguridad para el conductor de la maquinaria si está va dotada de
- Cabina antivuelco.
- Cinturón antivibratorio (para conducción de maquinaria).
- Botas de seguridad y de agua.
- Mono de trabajo.
- Traje impermeable.
- Guantes de cuero.
- Protectores auditivos.

1.6.8.4 RELLENOS

Riesgos más frecuentes:

- Accidente de vehículos por exceso de carga o por mala conservación de sus mandos, elementos resistentes o ruedas (vuelcos y/o atropellos).
- Caída de material de las cajas de los vehículos.
- Caída del personal de vehículos en marcha, cuando van en sus cajas y/o sobre sus carrocerías.
- Accidentes del personal por falta de responsable que manda cada maniobra de carga y descarga.
- Atropellos del personal en maniobras de vehículos.
- Accidentes en el vertido del material, al circular los camiones marcha atrás.
- Peligro de atropellos por falta de visibilidad debido al polvo.
- Vibraciones sobre las personas.
- Polvo ambiental.
- Ruido puntual y ambiental.

Normas de seguridad y protecciones preventivas:

- Se prohíbe sobrepasar el tope de carga máxima especificado para cada vehículo.
- Se prohíbe que los vehículos transporte personal fuera de la cabina de conducción y en número superior a los asientos existentes.
- Se regarán con frecuencia los tajos y cajas de los camiones para evitar polvaredas.
- Se señalizarán accesos y recorridos de los vehículos.
- Las maniobras de marcha atrás de los vehículos al borde de zanjas o próximo a borde de vaciado, se dirigirán por persona especialista en evitación de desplomes y caídas de vehículos.
- Se balizarán las excavaciones.
- Se instalará señalización en accesos a vía pública (peligro indefinido y stop).

- Se advertirá al personal de obra mediante letreros divulgativos y señalización, del peligro de vuelco, atropellos y colisiones.

Protecciones individuales:

- Casco de Polietileno.
- Botas de goma.
- Mascarillas y gafas de protección antipolvo.
- Guantes de cuero.
- Cinturón antivibratorio (compactadores).
- Mono de trabajo.
- Cinturón de seguridad.
- Monos de trabajo.

1.6.8.5 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Riesgos más frecuentes:

- Desprendimientos por el mal apilado de la madera.
- Golpes en las manos, al clavar puntas.
- Peligro de incendio.
- Caídas de encofradores y desencofradores de los tajos al vacío.
- Vuelcos de los medios de elevación de encofrados por defectuosos enganches de los mismos.
- Caída de tableros o piezas de madera a niveles inferiores al encofrar o desencofrar.
- Caídas de encofradores al andar por el borde de los encofrados.
- Cortes al utilizar la mesa de sierra circular.
- Sobre esfuerzos por posturas inadecuadas.
- Golpes en la cabeza.
- Contactos con el cemento.
- Electrocuciones.

Medidas de seguridad y protecciones colectivas:

Se comprobará el correcto apilado de paneles metálicos.

Casi siempre será necesario completar los encofrados metálicos con suplementos de madera por dimensiones fuera de módulo. Por tanto, deberán tenerse en cuenta los riesgos de cortes, golpes y otros riesgos frecuentes en este tipo de trabajo.

Antes del inicio del hormigonado, y como remate de los trabajos de encofrado, se habrá construido la plataforma de trabajo de coronación del muro desde la que ayudar a las labores de vertido y vibrado. Todas las esperas se protegerán con protector plástico.

La plataforma de coronación de encofrado para vertido y vibrado, que se establecerá a todo lo largo del muro; tendrá las siguientes dimensiones:

Longitud: la del muro.

Anchura: sesenta centímetros, (3 tablones mínimo).

Sustentación: jabalcones sobre el encofrado.

Protección: barandilla de 90 cm.

Acceso: mediante escalera de mano reglamentaria.

Se conservarán las protecciones instaladas en la excavación, en casos de que sea necesario y además en los trabajos de altura siempre se estará atado a una línea de vida con arnés.

El desencofrado del trasdós del muro (zona comprendida entre éste y el talud del vaciado) se efectuará, sin alterar la entibación si la hubiere, o la estabilidad del talud natural.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Monos de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Impermeables para lluvia.

1.6.8.6 TRABAJOS EN HIERRO

Riesgos más frecuentes:

- Cortes y heridas en manos, piernas y pies.
- Aplastamientos en operaciones de carga y descarga.
- Tropiezos y torceduras al caminar entre las parrillas.
- Accidentes por eventual rotura de los hierros en el estirado de los mismos.
- Caída desde altura.

Medidas de seguridad y protecciones colectivas:

- Las armaduras ya montadas, se acopiarán al llegar a obra en lugar predeterminado, en posición horizontal sobre durmientes de madera, evitándose las alturas mayores de 1,50 m.
- Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.
- Las maniobras de ubicación de armaduras se harán por equipo de 3 personas. Dos de ellas guiarán mediante sogas la pieza a situar, siguiendo las instrucciones del tercero, que procederá manualmente a las correcciones y aplomado, etc.

- En caso de operaciones de corrección de las armaduras que impliquen cortes de material, nuevos atados, etc., los desperdicios o recortes de acero, se recogerán diariamente, acopiándose en lugar convenido y conocido para su posterior carga y transporte a vertedero).

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero y goma.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Mono de trabajo.
- Traje de agua.

1.6.8.7 IMPERMEABILIZACIONES

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes y cortes por objetos y herramientas
- Exposición a contacto eléctricos
- Radiaciones
- Explosiones
- Contacto térmico
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a sustancias nocivas

Medidas de seguridad y protecciones colectivas:

- Las pinturas y otros materiales inflamables como barnices o disolventes, se almacenarán en los lugares señalados.
- Estará ventilado, para evitar los riesgos de incendios y de intoxicaciones.
- Se instalará un extintor de polvo químico seco al lado de la puerta de acceso al almacén.
- Sobre la hoja de la puerta de acceso al almacén de pinturas, se instalará una señal de "peligro de incendios" y otra de "prohibido fumar".
- Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.
- Se evitará la formación de atmósferas nocivas manteniéndose siempre ventilado el área de trabajo.

- Se tenderán cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de los que amarrar el fiador del arnés de seguridad en las situaciones de riesgo de caída de altura.
- El uso de andamios y escaleras de mano para operaciones de impermeabilización cumplirán las medidas preventivas señaladas en este plan de seguridad y salud.
- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando "portalámparas estancos con mango aislante" y rejilla de protección de la bombilla; alimentados a 24 voltios.
- Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de suministro de energía sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Las operaciones de lijados, mediante lijadora eléctrica de mano, se ejecutarán siempre bajo ventilación por "corriente de aire", para evitar el riesgo de respirar polvo en suspensión.
- El vertido de pigmentos en el soporte (acuoso o disolvente) se realizará desde la menor altura posible, en evitación de salpicaduras y formación de atmósferas pulveríneas.
- Se prohíbe fumar o comer en las estancias en las que se pinte con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos.
- Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión (o de incendio).
- El uso de botellas de gases a presión para la impermeabilización con tela asfáltica se realizará siguiendo las normas de seguridad del suministrador. En cualquier caso las botellas estarán siempre en posición vertical y se evitará el calentamiento de las mismas.
- El almacenamiento de botellas será el mínimo imprescindible. Las botellas vacías estarán separadas de las llenas. En ambos almacenes se asegurará la ventilación pero las botellas estarán protegidas de la insolación directa.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Arnés de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Monos de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad contra proyecciones.
- Filtro para gases.

1.6.8.8 INSTALACIONES SANITARIAS

Dotación de los vehículos:

Todos los vehículos estarán dotados de toallas higiénicas de papel desechables, agua, jabón y botiquín completo que será revisado periódicamente reponiendo aquello que se use.

Botiquín:

Estará ubicado de manera permanente en la caseta de instalaciones médicas a instalar junto al resto de instalaciones colectivas y en cada vehículo. Será el conductor del mismo el responsable de su custodia y buen uso. Siempre deberá estar completo y sus productos serán repuestos por caducidad o por uso. Estará siempre cerrado y dispondrá el botiquín de:

- Agua oxigenada.
- Alcohol de 96.
- Tintura de yodo.
- Mercurocromo.
- Amoníaco.
- Gasas estériles.
- Algodón hidrófilo estéril.
- Esparadrapo.
- Vendas
- Antiespamódicos.
- Antiinflamatorio
- Tiritas
- Paracetamol.
- Analgésicos.
- Termómetro clínico.
- Guantes esterilizados
- Torniquetes.
- Bolsas de frío

El botiquín contará con este listado de productos adosado en el lado interior de la puerta y tendrá un registro en el cual se justificara el uso del botiquín.

Normas generales de conservación y limpieza:

Será responsabilidad del conductor la limpieza interior y exterior de su vehículo. Se dispondrá en el vehículo de un recipiente para recoger pequeñas basuras.

Centros asistenciales más cercanos:

- Ayuntamiento de Fustiñana
Plaza de Los Fueros, 1
31510 – Fustiñana (Navarra)
Tlfn: 948840015
- Centro de salud
C/ Valle del Roncal, 2
31510 – Fustiñana (Navarra)
Tlfn: 948840667
- Hospital Reina Sofía
Ctra. Tarazona, km 3
31500 – Tudela (Navarra)
Tlfn: 848434000
- Guardia Civil
C/ Luis Valero Bermejo, 78
31510 – Fustiñana (Navarra)
Tlfn: 948840005

1.6.8.9 TRABAJOS DE MANIPULACIÓN DE HORMIGÓN

Riesgos detectables:

- Caída de personas y/u objetos a distinto nivel
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos).
- Fallo de entibaciones.
- Corrimiento de tierras
- Los derivados de la ejecución de trabajos bajo circunstancias meteorológicas adversas.
- Atrapamientos.
- Vibraciones por manejo de agujas vibrantes.
- Vibraciones por trabajos próximos de agujas vibrantes sobre tractor.
- Ruido ambiental.
- Electrocución.

Normas de aplicación durante el vertido del hormigón:

Para vertidos directos mediante canaleta:

- Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigoneras a menos de 2 m, (como norma general) del borde de la excavación.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.
- Se instalará un cable de seguridad amarrado a “puntos fuertes”, en el que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad en los tajos con riesgo de caída desde altura (más de 2 m).
- La maniobra de vertido será dirigida por el Vigilante de Seguridad y/o encargado de obra vigilará no se realicen maniobras inseguras.

Equipos de protección individuales recomendados con marcado CE:

- Casco de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Guantes impermeabilizados.
- Botas de seguridad.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropas de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Mandil.
- Cinturón antivibratorio.
- Muñequeras antivibratorias.
- Protectores auditivos.

1.6.8.10 PAVIMENTACIÓN

Riesgos detectables:

- Atrapamientos.
- Colisiones y vuelcos.
- Afecciones oculares.
- Heridas por manipulación.
- Golpes y cortes por pisadas sobre objetos punzantes.
- Polvo.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Sobreesfuerzos por apaleo circunstancial y refino.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Ruido y vibraciones.

Normas preventivas:

- Siempre que un vehículo inicie su movimiento lo avisará mediante señal acústica.
- Las piezas del pavimento se servirán en pallets que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido y además no obstaculizarán los lugares de paso, para evitar tropiezos.
- Se mantendrá el orden y limpieza.
- Cuando esté en fase de pavimentación un lugar de paso y comunicación de obra, se cerrará el acceso dando itinerarios alternativos a los residentes de la zona.
- El corte de las piezas se ejecutará por vía húmeda para evitar formación de polvo.
- Los operarios encargados de la limpieza de las superficies de aplicación de mezclas deberán ir por delante de la máquina extendedora o del camión volquete alimentador de la tolva de la misma, a una distancia no inferior a tres metros en cualquiera de los casos.
- No se deberán pisar las superficies de extendido de aglomerado antes de haber transcurrido diez minutos desde su puesta en obra y en todo caso después de haber sido apisonada la capa extendida.
- Los reglistas, auxiliares de extendido, limpiadores, regadores y restantes trabajadores que lleven a su cargo las actividades relacionadas con la extensión de ligantes, tratamientos superficiales y extensión de capas asfálticas, utilizarán calzado con piso o suela termoaislante. Además de éste, aquellos operarios que realicen los trabajos de preparación (tratamientos de superficies y riegos de imprimación y adherencia) llevarán ropa, gafas y guantes adecuados para proteger el cuerpo de las salpicaduras a alta temperatura que pudieran producirse.
- Las apisonadoras y compactadores que actúen sobre las capas de pavimento ya extendidas dispondrán de una superficie completamente expedita para su movimiento, que no deberá ser cruzada por persona alguna en tanto la máquina se encuentre trabajando, ni siquiera por el personal que realiza operaciones de recebo, rastrillado y extendido manual complementario, incluso aunque la aparente lejanía de la máquina hiciera presumir escaso riesgo de atropellos.

Medios de protección colectiva:

- Vallas de limitación de bordes de desniveles.
- Señales informativas según R.D.485/97.
- Tapas provisionales para huecos, pozos y arquetas.
- Señales de marcha atrás en los vehículos, ópticas y acústicas.

Equipos de protección individual recomendados, con marcado CE:

- Casco homologado.
- Botas de seguridad impermeables.
- Guantes de uso general.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes impermeables.
- Chaleco reflectante.
- Gafas antipartículas.
- Mascarilla autofiltrante para ambientes pulvígenos.

- Mascarilla con filtros químicos para gases y vapores.

1.6.8.11 ALBAÑILERÍA PARA OBRAS DE FÁBRICA

Riesgos detectables:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre las personas.
- Golpes contra objetos.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.
- Dermatitis por contactos con el cemento.
- Partículas en los ojos.
- Cortes por utilización de máquinas-herramienta.
- Los derivados de los trabajos realizados en ambientes polvorientos.
- Sobreesfuerzos.
- Los derivados del uso de medios auxiliares (borriquetas, escaleras, etc.)

Normas preventivas:

- Se protegerá la zona de trabajo limitándola con barandilla de ayuntamiento y/o con cinta señalizadora.
- Se prohíbe los "puentes de un tablón". Se establecerán plataformas de trabajo de al menos 90 cm de anchura con protección de barandilla en la espalda.
- Se prohíbe balancear las cargas de materiales suspendidas para su puesta en los tajos, en prevención del riesgo de caída.
- El ladrillo suelto se izará apilado ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- La cerámica paletizada transportada con camión grúa se gobernará mediante cabos, nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamiento o caídas al vacío por péndulo de la carga.
- Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente vertiéndolo en contenedores dispuestos al efecto para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.
- Los escombros y cascotes se apilarán en lugares habilitados a tal efecto.

Equipos de protección individual recomendados, con marcado CE:

- Casco de seguridad, (preferiblemente con barbuquejo).
- Guantes de P.V.C. o de goma.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad
- Botas de goma con puntera reforzada
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluviosos.

1.6.8.12 INSTALACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍAS

Riesgos detectables:

- Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas.
- Atrapamientos durante maniobras de ubicación.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Desplome de piezas.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Cortes o golpes por manejo de máquinas-herramienta.
- Aplastamiento de manos o pies al recibir las piezas.

Normas preventivas:

- En caso de que las piezas a colocar sobrepasen los 30 kg será necesaria que se manejen por medio de dos personas. Los que superen los 70 kg queda prohibido su manejo manual, siendo necesario el uso de medios auxiliares para el montaje e instalación usando eslingas en buen estado.
- Como se trata de una operación de carga y descarga se tendrán en cuenta las pautas de carga y descarga (camión-grúa).
- Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome.
- Se acotará el acerado afectado (zona de descarga) mediante cintas señalizadoras o con valla tipo ayuntamiento.
- En caso de apilamiento, se descargarán de los camiones y se acopiarán en los lugares señalados. Se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado.
- Antes de proceder a su izado para ubicarlos en la obra, se les amarrarán los cabos de guía, para realizar las maniobras sin riesgos. Se paralizará la labor de instalación bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.
- Si alguna pieza llegará a su sitio de instalación girando sobre sí misma, se le intentará detener utilizando exclusivamente los cabos de gobierno. Se prohíbe intentar detenerla directamente con el cuerpo o alguna de sus extremidades, en prevención del riesgo de caídas por oscilación o penduleo de la pieza en movimiento.

Equipos de protección personal recomendados, con marcado CE:

- Casco de seguridad.
- Guantes de PVC o de goma.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.

1.6.8.13 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Riesgos detectables:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Cortes por manejo de las guías y conductores.
- Pinchazos en las manos por manejo de guías y conductores.
- Golpes por herramientas manuales.
- Sobreesfuerzos por posturas forzadas.
- Quemaduras por mecheros durante operaciones de calentamiento del "macarrón protector".
- Riesgos detectables. Durante las pruebas de conexión y puesta en servicio de la instalación más comunes.
- Electrocutión o quemaduras por la mala protección de cuadros eléctricos.
- Electrocutión o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas.
- Electrocutión o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.
- Electrocutión o quemaduras por puenteo de los mecanismos de protección (disyuntores diferenciales, etc.).
- Electrocutión o quemaduras por conexiones directas sin clavijas macho-hembra.
- Explosión de los grupos de transformación durante la entrada en servicio.
- Incendio por incorrecta instalación de la red eléctrica.

Normas preventivas:

- El montaje de aparatos eléctricos (magnetotérmicos, disyuntores, etc.) será ejecutado siempre por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
- Las escaleras de mano a utilizar serán de tipo "tijera", dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar el riesgo por trabajos realizados sobre superficies inseguras o estrechas.
- Se prohíbe la formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetas, para evitar los riesgos por trabajos sobre superficies inseguras y estrechas. La herramienta a utilizar por los electricistas instaladores estará protegida con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica.
- Las herramientas de los instaladores eléctricos cuyo aislamiento esté deteriorado serán retiradas y sustituidas por otros en buen estado, de forma inmediata.
- Para evitar la conexión accidental a la red de la instalación eléctrica, el último cableado que se ejecutará será el que va del cuadro general al de la "compañía suministradora", guardando el lugar seguro los mecanismos necesarios para la conexión, que serán los últimos en instalarse.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas.

- Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica, se hará una revisión con detalle de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Equipos de protección individual recomendados, con marcado CE:

- Casco de seguridad, para utilizar durante los desplazamientos por la obra en lugares con riesgo de caída de objetos o de golpes, en especial durante procesos de instalación y retirada de báculos o columnas, y operaciones de carga, descarga de los mismos.
- Botas aislantes de la electricidad (conexiones).
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes de la electricidad.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad.
- Faja elástica de sujeción de cintura.
- Banqueta de maniobras.
- Alfombras aislantes.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

1.6.8.14 ELEVACIÓN DE CARGAS

Riesgos más frecuentes:

- Caída al mismo nivel.
- Golpes con objetos o herramientas.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Pisada sobre objetos.
- Contacto eléctrico.
- Atrapamiento por objetos o herramientas.

Medidas de seguridad y protecciones colectivas:

- Antes de comenzar la maniobra se comprobará el peso exacto de la pieza, y que tanto la máquina como los elementos auxiliares necesarios para efectuar el izado son capaces de resistir a la carga y que se encuentran en perfecto estado de conservación y funcionamiento.
- Se comprobará que el embragado de las piezas es correcto y no permite el desplazamiento o caída de la carga.
- El embragado de piezas y la sujeción a estructuras de poleas de reenvío se harán preferentemente por medio de cáncamos y grilletes. Cuando esto no fuera posible, los cables y estrobos se protegerán con cantoneras.

- Se evitará dar golpes a los grilletes, así como soldar sobre ellos o calentarlos, las mismas precauciones se adoptarán con las poleas.
- Se acotará y señalizará la zona de izado.
- Se comprobará, antes de comenzar la maniobra, que el camino que ha de recorrer la pieza está libre de obstáculos.
- Se procurará que las parejas de radioteléfonos utilizados en la obra, emitan en diferentes longitudes de onda para evitar interferencias: en cualquier caso se deben utilizar claves de identificación cada vez que se dé una orden por medio de radioteléfono.
- El personal que ordene las maniobras deberá estar especializado; se evitarán los cambios del personal dedicado a estas tareas.
- El personal dedicado habitualmente a la ejecución de maniobras, dispondrá de tablas e instrucciones que le permitan seleccionar correctamente los elementos adecuados a cada maniobra.
- Las maniobras importantes estarán calculadas y supervisadas por un técnico capacitado para ello.
- El izado de la carga se hará vertical y no en sentido oblicuo.
- Se prohíbe el traslado de personal sobre cargas, ganchos o eslingas vacías.
- Para el izado de materiales menudos emplearán recipientes cuya capacidad de carga esté calculada y reflejada de forma bien visible sobre el recipiente.
- Se prohíbe terminantemente situarse sobre piezas suspendidas.
- Elevación de cargas irregulares por medios de bateas de carga dotadas de anclajes en los cuatros extremos para introducir el gancho de los elementos de izado.
- Ganchos de los elementos auxiliares de izado dotados de pestillo de seguridad.
- Marcado CE de los elementos auxiliares de elevación.
- En las maniobras con cabrestante, además de lo anterior, se tendrá en cuenta:
 - Que las maniobras estén dirigidas por una sola persona responsable, dando él solamente las órdenes oportunas.
 - El perfecto anclaje del cabrestante al suelo o a una estructura resistente.
 - Se prohibirá dejar los aparatos de elevación con cargas suspendidas.
 - Que el tramo horizontal del cable a la salida del cabrestante esté protegido contra golpes o roces que puedan producir su rotura.
 - Que en toda la longitud del cable no haya peligro de contactos eléctricos.
 - Que el cable no roce contra aristas vivas.
 - Se evitará transportar cargas por encima de lugares donde haya personas trabajando.
 - Se comprobará constantemente el funcionamiento del electro freno y del mecanismo de arranque y control de la velocidad; independientemente de las revisiones periódicas que se realicen.
 - Los cabrestantes estarán protegidos de la intemperie por casetas apropiadas.
 - Cuando funcione la grúa sin carga, el gancho irá lo suficientemente elevado para evitar tropezar con personas objetos.
 - Se estudiará detenidamente la situación de los cabrestantes y poleas de reenvío para evitar los cambios.

Protecciones individuales:

- Ropa de trabajo.
- Guantes de protección.
- Botas de seguridad.
- Chaleco reflectante.

1.6.8.15 REALIZACIÓN DE TRABAJOS EN PRESENCIA DE LÍNEAS ELÉCTRICAS EN SERVICIO

Normas preventivas:

Siempre que se vaya a realizar alguna operación que implique la utilización de un equipo móvil (grúas, palas excavadoras, camiones, etc.), bajo o cerca de tendido aéreo de cables de alta tensión el Jefe de Obra deberá antes de dar el permiso al responsable del trabajo comprobar en el lugar de trabajo los siguientes condicionantes:

- Si la operación puede realizarse de forma segura utilizando el equipo móvil sin interceptar en ningún momento el volumen mínimo de seguridad formado por todos aquellos puntos que se encuentran a una distancia inferior a la distancia mínima de seguridad de cualquiera de los conductores de la línea aérea de alta tensión. Siendo la distancia mínima la determinada por la fórmula:
$$3.3 + U/100 \text{ metros}$$
$$U = \text{Tensión nominal expresada en kV}$$

mínimo 5 metros Art. 35.-2 REAT
- Si la línea tiene que ser desenergizada, se procederá al procedimiento de bloqueo físico y puesta a tierra de la línea. Siempre que se incumpla el apartado anterior la línea se tendrá que desenergizar.
- Si es necesario poner a tierra el equipo móvil.
- Si es requerido un especialista eléctrico presente durante toda la operación.
- Si es requerido algún tipo de protección personal específico.
- Si la línea debe de ser balizada (instalación de gálibo) y/o aislada.
- Si son necesarias guías para dirigir cargas suspendidas, la persona o personas que manejan la/s guía/s así como enganchar y desenganchar la carga, puede requerir el uso de calzado de seguridad con suela aislante y guantes dieléctricos protegidos con un revestimiento de cuero, provistos de alta resistencia eléctrica, apropiada a la tensión de la línea.

Si fuera necesario se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

No se realizará ninguna labor en proximidad a la línea eléctrica, cuyo corte se ha solicitado, hasta haber comprobado que las tomas a tierra de los cables están concluidas y el operario de la compañía propietaria de la línea así lo comunique.

Durante las operaciones de un equipo móvil con el permiso de trabajo del Jefe de Obra se observarán los siguientes requerimientos:

El Vigilante de Seguridad y/o encargado velará para que se mantenga constantemente la separación mínima que se establezca entre los elementos móviles del equipo o cualquier carga que se desplace y la línea de alta tensión.

Limitar con cinta la zona de trabajo del equipo móvil de modo que ninguna persona pueda acercarse.

Solamente el operador del equipo puede permanecer en contacto con él durante su posicionamiento y durante la operación.

Todo el personal debe de mantener una distancia de seguridad respecto al equipo móvil durante su posicionamiento y durante la operación.

Todas las personas que intervengan en la ocupación serán advertidas de los riesgos que presenta incluyendo el riesgo de tensión al paso, presente cuando la línea de alta tensión entra en contacto con tierra o con objeto que no esté aislado de tierra.

Las cuerdas guías cuando sean requeridas, serán de material no conductor y se mantendrán en todo momento secas.

1.6.8.16 INSTALACIONES DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

Riesgos detectables:

- Caída al mismo nivel.
- Caída a distinto nivel.
- Cortes en las manos por objetos y herramientas.
- Atrapamientos entre piezas pesadas.
- Explosión del soplete (o de la bombona de gas licuado).
- Los inherentes a la utilización de soldadura eléctrica oxiacetilénica y oxicorte.
- Pisadas sobre materiales.
- Quemaduras.
- Sobreesfuerzos.

Normas preventivas:

- Los bloques de elementos de bombeo se descargarán flejados sobre bateas emplintadas con ayuda del gancho de la grúa. La carga será guiada por dos hombres mediante los dos cabos de guía que penderán de ella, para evitar los riesgos de derrames y cortes en las manos.
- Los elementos de bombeo, una vez recibidos en las plantas, se desatarán y transportarán directamente al sitio de ubicación.
- El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre se realizará inclinando la carga hacia atrás de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre para evitar los golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados (o iluminados a contraluz).
- Se establecerán protecciones en el hueco del pozo de bombeo mediante la instalación de barandillas de 90 cm de altura.

- Se prohíbe soldar con plomo en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.
- Siempre que se deba soldar con plomo se establecerá una corriente de aire de ventilación.
- El local destinado a almacenar las bombonas o las botellas de gases licuados se ubicará en el lugar reseñado en los planos estará dotado de ventilación constante por “corriente de aire”, puertas con cerradura de seguridad e iluminación artificial en su caso.
- La iluminación eléctrica del local donde se almacenan las botellas o bombonas de gases licuados se ubicarán en el lugar reseñado en los planos, estará dotado de ventilación constante por “corriente de aire”, puerta con cerradura de seguridad e iluminación artificial en su caso.
- Junto a la puerta del almacén de gases licuados se instalará un extintor de polvo químico seco.
- La iluminación eléctrica mediante portátiles se efectuará mediante “mecanismos estancos de seguridad” con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla.
- Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes encendidos junto a materiales inflamables.
- Se controlará la dirección de la llama durante las operaciones de soldadura en evitación de incendios.
- Las botellas (o bombonas) de gases licuados se transportarán y permanecerán en los carros portabotellas.
- Se evitará soldar o utilizar el oxicorte con las botellas o bombonas de gases licuados expuestos al sol.
- Se instalará un letrero de prevención en el almacén de gases licuados y en el taller de fontanería con la siguiente leyenda: “NO UTILICE ACETILENO PARA SOLDAR COBRE O ELEMENTOS QUE LO CONTENGA, SE PRODUCE ACETILURO DE COBRE QUE ES EXPLOSIVO”.
- Se prohíbe hacer "masa" en la instalación durante la soldadura eléctrica, para evitar el riesgo de contactos eléctricos indirectos.

Prendas de protección personal:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Mandil de cuero.
- Guantes de goma, o de PVC.
- Traje para tiempo lluvioso (o para controlar fugas de agua).
- Además, en el tajo de soldadura utilizarán:
 - o Gafas de soldador (siempre el ayudante).
 - o Yelmo de soldador.
 - o Pantalla de soldadura a mano.
 - o Mandil de cuero.
 - o Manoplas, muñequeras y polainas de cuero que cubran manos y brazos.

1.6.9 PREVENCIÓN DE INCENDIOS

1.6.9.1 RIESGOS DE INCENDIO MÁS FRECUENTES Y SUS CAUSAS

Durante el proceso de construcción de fuente de riesgo de incendio está basada fundamentalmente sobre dos situaciones concretas: el control sobre los elementos fácilmente combustibles y el control sobre los focos de calor.

En el primer caso, se deben tener en cuenta las formas de almacenamiento de los materiales, incluyendo los de desecho, tanto por sus cantidades como por la proximidad a otros elementos fácilmente combustibles.

En el segundo caso, la instalación inadecuada, aunque sea provisional, y el manejo poco controlado de las fuentes de energía en cualquiera de sus aplicaciones, constituyen un riesgo claro del inicio de un incendio.

A) Acopio de materiales Entre los combustibles sólidos podemos considerar la propia madera de encofrado, los elementos de carpintería, de madera, los pavimentos y revestimientos de este mismo tipo de material, los de productos plásticos, los de productos textiles y los impermeabilizantes.

Como combustibles líquidos han de tenerse en cuenta los combustibles y lubricantes para la maquinaria de obra, los disolventes y los barnices.

Todos estos elementos han de ser almacenados de forma aislada, en especial los combustibles líquidos, que habrán de ser ubicados preferentemente en casetas independientes o a la intemperie, utilizándose a su vez recipientes de seguridad.

Los materiales combustibles sólidos, a su vez, han de almacenarse sin mezclar maderas con elementos textiles o productos bituminosos.

Como precaución común a todos los casos debe evitarse la proximidad de los combustibles y las fuentes de calor.

B) Productos de desecho

Todos los desechos, virutas y desperdicios que se produzcan por el trabajo han de ser apartados con regularidad, dejando limpia diariamente la obra.

Por lo general, estos productos se amontonan en lugares que no están determinados de antemano, mezclándose unos restos con otros. En tales lugares, pueden ser arrojados también los sobrantes de lubricantes y pinturas, de tal forma que con un cigarro encendido puede originarse la combustión.

C) Trabajos de soldadura

Se deberá tener especial cuidado en el mantenimiento del equipo de soldadura oxiacetilénica (botellas, válvulas, sujeción, gomas, uniones, etc.)

Para extinguir fuegos incipientes ocasionados por partículas incandescentes originadas en operaciones de corte y soldadura que caigan sobre materias combustibles, es conveniente esparcir arena sobre el lugar recalentado y empaparlo posteriormente de agua.

D) Trabajos con empleo de llama abierta

En la instalación de la fontanería y la de impermeabilización con láminas asfálticas.

El riesgo, en ambos casos es un riesgo localizado al material con el que se está trabajando, que puede propagarse al que exista en sus proximidades.

En este tipo de trabajos es conveniente disponer siempre de un extintor o medio para apagar el incendio al alcance de la mano.

E) Instalaciones provisionales de energía

En el caso de que la energía utilizada sea la eléctrica, casi siempre el riesgo se produce por defecto de aislamiento, por falsos contactos y por sobrecargas, que originan el incendio en los elementos combustibles que se encuentren en contacto próximo.

Se deben incluir en este riesgo los calefactores móviles de obra (eléctrico, de gas o combustible líquido) y los hornillos y braseros utilizados para la preparación de comida o calefacción de los operarios.

El material utilizado en el montaje de instalaciones de electricidad y calefacción para la obra ha de estar en perfectas condiciones de uso.

Igualmente los cuadros y equipos eléctricos han de fijarse sólidamente a puntos fijos, no pudiendo estar en andamios ni en el suelo.

Calefacción y hornillos deben estar perfectamente aislados y sujetos, sin material combustible a su alrededor.

1.6.9.2 MEDIOS DE EXTINCIÓN

EXTINTORES

Para que un extintor sea eficaz ha de observarse escrupulosamente las 3 normas fundamentales siguientes:

El extintor debe estar bien situado y perfectamente verificado y mantenido.

Debe de haber siempre personas que conozcan su manejo.

Su empleo debe ser muy rápido, sólo son eficaces en los primeros conatos de incendio.

Generalmente el tipo de extintor empleado es el del polvo polivalente, si bien tiene el inconveniente de que puede deteriorar las máquinas e instalaciones muy delicadas. Para casos especiales el agente extintor se elegirá siguiendo las recomendaciones de la casa suministradora.

Los extintores sólo se podrán adquirir y recargar en las casas autorizadas y homologadas por la Empresa.

A nivel orientativo habrá un extintor cada 100 o 125 m² de forma que la distancia máxima a desde cualquier punto hasta el extintor más próximo sea de 25m. Para fuegos de tipo “A” y 15 m. Para fuego tipo “B”. La capacidad extintora será según la carga térmica. Se situarán donde existan mayor probabilidad de riesgo de incendio, próximo a las salidas y en lugares de fácil acceso y buena visibilidad.

Si el lugar de ubicación no está visible, debe estar señalizado.

Los extintores portátiles (menores de 20 kg.), Se colocarán sobre soportes fijados a parámetros verticales quedando la parte superior como máximo a 1,70 m. Del suelo.

Los extintores que por su situación estén expuestos a daños físicos, químicos o atmosféricos, deben estar protegidos.

En los locales, se colocará al menos un extintor en el exterior y junto a la puerta de acceso.

Los elementos de seguridad y estanqueidad (válvula de descarga de gas, válvula de parado, manómetro indicador de presión, etc. Deben de estar en buenas condiciones para cumplir su cometido.

Los extintores portátiles deben llevar un dispositivo que pueda interrumpir temporalmente la salida del agente extintor, una vez disparados.

Igualmente deben de estar equipados de un dispositivo que permita medir directamente la presión con un aparato de medida independiente, o bien verificar el correcto funcionamiento del manómetro.

Este dispositivo debe diseñarse de manera que evite las fugas después de comprobar la presión.

Todos los extintores de presión incorporada y botellines, deben someterse a un ensayo de estanqueidad, cuando son cargados o recargados.

Los extintores sólo podrán ser recargados por Empresas autorizadas para ese tipo de extintor. Las Direcciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía, tienen registrados los recargadores autorizados.

Periódicamente y como máximo cada 3 meses, se verificará por el personal del establecimiento, la situación, accesibilidad y aparente buen estado del extintor y todas sus inscripciones.

Cada 6 meses se realizará las operaciones previstas en las instrucciones del fabricante.

Especialmente se verificará su peso y presión.

Cada 12 meses se realizará una verificación de los extintores por personal especializado.

Independientemente de estas revisiones un extintor será recargado cuando se observe una pérdida de presión o peso, bien por pérdida o empleo.

Cada 5 años, se realizará una prueba de presión por el fabricante, que enviará copia del acta de prueba de presión al propietario de los extintores y a la Dirección Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

El tiempo de utilización de un extintor no sobrepasará los 20 años.

Todo extintor deberá ir provisto de una placa de diseño, con los siguientes datos grabados:

PRESION DE DISEÑO

Nº DE REGISTRO DEL APARATO

FECHA DE LA PRIMERA PRUEBA Y SUCESIVAS Y MARCA DE QUIEN LAS REALIZA.

La fijación de esta placa será permanente e inamovible.

Además, todos los extintores irán provistos de una etiqueta de características que como mínimo deberán contener los siguientes datos:

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL FABRICANTE

TEMPERATURA MAXIMA Y MINIMA DE SERVICIO

PRODUCTOS CONTENIDOS Y CANTIDAD DE LOS MISMOS

EFICACIA DEL EXTINTOR

TIPOS DE FUEGO PARA LOS QUE NO DEBE UTILIZARSE

FECHA Y CONTRASEÑA CORRESPONDIENTE AL REGISTRO TIPO.

Finalmente, recordemos las limitaciones de los extintores y tengamos muy a mano el número de los Bomberos. Un minuto de retraso en su llegada puede resultar desastroso.

Las estanterías irán dotadas de escuadras o rigidizadores para evitar el posible hundimiento de la estructura.

Se tendrá los pasillos libres de obstáculos.

Se usará guantes en el manejo de materiales encendidos sobre materiales fácilmente inflamables.

No se hará fuegos en las inmediaciones de almacén.

Se flexionará las piernas y mantendrá la espalda recta en el levantamiento manual de pesos.

Se usará guantes en la manipulación de los combustibles.

1.6.10 PROTECCIONES COLECTIVAS

Las protecciones colectivas que se emplearán para las distintas actividades realizadas en los trabajos de ejecución de las obras se enumeran a en el siguiente listado. Se distinguirán los sistemas de protección colectiva empleados para cada tipo de tarea.

Trabajos de delimitación de una zona:

- Valla de limitación
- Cinta de balizamiento
- Conos de señalización
- Barreras, New Jersey
- Balizas luminosas

Trabajos de cortes de materiales:

- Protectores
- Carteles indicativos sobre “el uso de las gafas antipartículas”
- Carteles indicativos sobre “lo peligroso que es la máquina en general”

Trabajos de demolición:

- Vallado de la zona por donde caigan los escombros
- Barandilla según los casos
- Trabajos de excavación
- Barandilla de limitación y protección
- Cinta de balizamiento
- Entibaciones para zanjas
- Señales acústicas y luminosas de aviso de maquinaria
- Señales de tráfico
- Señales de seguridad
- Topes
- Vallas de desviación del tráfico

Trabajos de transporte, vertido, extendido y compactación:

- Vallas de limitación y protección
- Barandilla de balizamiento
- Señales acústicas y luminosas de aviso de maquinaria
- Señales de tráfico
- Señales de seguridad
- Vallas autónomas de limitación y protección

Instalación de Tuberías:

- Eslingas
- Cabos de gobierno
- Cabos guía

1.6.10.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PROTECCIONES COLECTIVAS EMPLEADAS

Barandillas y vallas para la protección y limitación de zonas peligrosas. Tendrán una altura de al menos 90 cm y estarán construidas de tubos o redondos metálicos de rigidez suficiente, dispondrán de patas para mantener su verticalidad.

Valla metálica de limitación de chapa galvanizada trapezoidal de módulos de 2,00 m de longitud y 2,00 m de altura, de 0,5 mm de espesor, y soporte del mismo material de 1,2 mm de espesor y 2,50 m de altura, separados cada 2 m.

Valla de contención de peatones, metálica, prolongable de 2,50 m de largo y 1 m de altura, color amarillo.

Señales. Todas las señales deberán tener las dimensiones y colores reglamentados por el Ministerio de Fomento.

Cordón de balizamiento. Se colocará en los límites de zonas de trabajo o de paso en las que exista peligro de caída por desnivel o por caída de objetos, como complemento a la correspondiente protección colectiva. Si es necesario, será reflectante.

Jalón de señalización. Se colocará como complemento del cordón de balizamiento, en las zonas donde sea preciso limitar el paso.

Conos de separación en carreteras. Se colocarán lo suficientemente próximos para delimitar en todo caso la zona de trabajo o de peligro.

Los topes de desplazamiento de vehículos se dispondrán en los límites de zonas de acopio y vertido de materiales, para impedir vuelcos. Se podrán realizar con un par de tabloncillos embridados fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma eficaz.

Pasillos de seguridad. Podrán realizarse a partir de pórticos con pies derechos y dintel basado en tabloncillos embridados, firmemente sujetos al terreno y cubierta cuajada de tabloncillos.

Cerramientos de huecos. Serán de madera, chapa, mallazo, etc. y sólidamente fijados e impedirán la caída de personas y objetos.

Las plataformas de trabajo tendrán como mínimo 60 mm de ancho y las situadas a más de 2 m del suelo estarán dotadas de barandillas de 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.

Las escaleras de mano irán provistas de zapatas antideslizantes.

La barrera New Jersey se utiliza ampliamente en la delimitación de calzadas y en la separación de sentidos de circulación.

Con este tipo de barrera se reduce el riesgo de que un vehículo:

- Se salga de la vía
- Invada el sentido contrario
- Invada la calzada contraria o cualquier otra calzada

La principal característica de esta barrera es que, en caso de impacto, redirige al vehículo a su calzada, minimizando las consecuencias del accidente.

Los New Jersey que se instalan de forma provisional suelen ser de piezas de polietileno, de entre 1 a 2 metros de longitud, unidos entre sí mediante encajes realizados en el propio material que permiten la rotación de las piezas. Su interior es hueco y permite ser relleno, generalmente con agua, para su lastre. Son reutilizables y de colores vivos.

Se utilizan habitualmente para la desviación o separación del tráfico, con motivo de una obra en la calzada.

1.6.11 NORMAS DE SEGURIDAD A CUMPLIR POR LA MAQUINARIA DE OBRA

Toda la maquinaria que entre en el recinto de obra deberá cumplir con los requisitos de seguridad y salud, exigido en la legislación actual vigente que se indica en el apartado 1.6.14 de este documento.

Para máquinas nuevas (del fabricante al usuario) según; Dispondrá de la marcado CE y libro de instrucciones.

Para máquinas usadas (alquilada, cedida, etc.) según; ITC-MSG-SM-1 (orden ministerio 08-04-91).

Esta normativa exige entre otros los siguientes requisitos documentales que deberán presentarse a la Dirección de Obra como condición necesaria para poder trabajar en ella:

- Certificado del fabricante que acredite que la máquina cumple con
- normativa antes indicada.
- Cada máquina dispondrá de las instrucciones de uso, manejo y
- mantenimiento, en castellano.
- Las personas que manejan la máquina reconocerán por escrito que
- conocen las instrucciones de uso manejo, y que han sido formados
- en dichos aspectos.
- Acreditación de que las máquinas han pasado las inspecciones
- reglamentarias.
- Cabina equipada con estructura de protección para el caso de vuelco
- (ROPS) 861295/CEE.

El cumplimiento con estas últimas se justificaran sobre la base del distintivo CE, que deberán llevar las máquinas de forma clara y visible. Dispondrá también del certificado correspondiente que garantice el cumplimiento de dicha norma.

Además de la legislación anterior se deberá cumplir también con la siguiente para máquinas usadas: Orden 08-07-80 sobre limitación de potencia acústica.

Se entregará a los subcontratistas las normas y exigencias de seguridad que les afecte específicamente según el Plan de Seguridad y Salud.

Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo

1. Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y, cuando corresponda, estar indicados con una señalización adecuada.

Los órganos de accionamiento deberán estar situados fuera de las zonas peligrosas, salvo, si fuera necesario, en el caso de determinados órganos de accionamiento, y de forma que su manipulación no pueda ocasionar riesgos adicionales.

No deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Si fuera necesario, el operador del equipo deberá poder cerciorarse desde el puesto de mando principal de la ausencia de personas en las zonas peligrosas. Si esto no fuera posible, la puesta en marcha deberá ir siempre precedida automáticamente de un sistema de alerta, tal como una señal de advertencia acústica o visual. El trabajador expuesto deberá disponer del tiempo y de los medios suficientes para sustraerse rápidamente de los riesgos provocados por la puesta en marcha o la detención del equipo de trabajo.

Los sistemas de mando deberán ser seguros y elegirse teniendo en cuenta los posibles fallos, perturbaciones y los requerimientos previsibles, en las condiciones de uso previstas.

2. La puesta en marcha de un equipo de trabajo solamente se podrá efectuar mediante una acción voluntaria sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto.

Lo mismo ocurrirá para la puesta en marcha tras una parada, sea cual fuere la causa de esta última, y para introducir una modificación importante en las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidad, presión, etc.) salvo si dicha puesta en marcha o modificación no presentan riesgo alguno para los trabajadores expuestos o son resultantes de la secuencia normal de un ciclo automático.

3. Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cada puesto de trabajo estará provisto de un órgano de accionamiento que permita parar en función de los riesgos existentes, o bien todo el equipo de trabajo o bien una parte del mismo solamente, de forma que dicho equipo quede en situación de seguridad. La orden de parada del equipo de trabajo tendrá prioridad sobre las órdenes de puesta en marcha.

Una vez obtenido la parada del equipo de trabajo o de sus elementos peligrosos, se interrumpirá el suministro de energía de los órganos de accionamiento de que se trate.

Si fuera necesario en función de los riesgos que presente un equipo de trabajo y del tiempo de parada normal, dicho equipo deberá estar provisto de un dispositivo de parada de emergencia.

4. Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

5. Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

6. Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios. Los equipos de trabajo cuya utilización prevista requiera que los trabajadores se sitúen sobre los mismos deberán disponer de los medios adecuados para garantizar que el acceso y permanencia en esos equipos no suponga un riesgo para su seguridad y salud. En particular, cuando exista riesgo de caída de altura de más de 2 metros, deberán disponer de barandillas rígidas de una altura mínima de 90 centímetros, o de cualquier otro sistema que proporcione una protección equivalente.

7. En los casos en que exista riesgo de estallido o de rotura de elementos de un equipo de trabajo que pueda afectar significativamente a la seguridad o a la salud de los trabajadores deberán adoptarse las medidas de protección adecuadas.

8. Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgos de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas o que detengan las maniobras peligrosas antes del acceso a dichas zonas. Los resguardos y los dispositivos de protección:

- a) Serán de fabricación sólida y resistente.
- b) No ocasionarán riesgos suplementarios.
- c) No deberá ser fácil anularlos o ponerlos fuera de servicio.
- d) Deberán estar situados a suficiente distancia de la zona peligrosa.
- e) No deberán limitar más de lo imprescindible o necesario la observación del ciclo de trabajo.
- f) Deberán permitir las intervenciones indispensables para la colocación o la sustitución de las herramientas, y para los trabajos de mantenimiento, limitando el acceso únicamente al sector en el que deba realizarse el trabajo sin desmontar, a ser posible, el resguardo o el dispositivo de protección.

9. Las zonas y puntos de trabajo o de mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

10. Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

11. Los dispositivos de alarma del equipo de trabajo deberán ser perceptibles y comprensibles fácilmente y sin ambigüedades.

12. Todo equipo de trabajo deberá estar provisto de dispositivos claramente identificables que permitan separarlo de cada una de sus fuentes de energía.

13. El equipo de trabajo deberá llevar las advertencias y señalizaciones indispensables para garantizar la seguridad de los trabajadores.

14. Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores contra los riesgos de incendio, de calentamiento del propio equipo o de emanaciones de gases, polvos, líquidos vapores u otras sustancias producidas, utilizadas o almacenadas por éste.

Los equipos de trabajo que se utilicen en condiciones ambientales climatológicas o industriales agresivas que supongan un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, deberán estar acondicionados para el trabajo en dichos ambientes y disponer, en su caso, de sistemas de protección adecuados, tales como cabinas u otros.

15. Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para prevenir el riesgo de explosión, tanto del equipo de trabajo como de las sustancias producidas, utilizadas o almacenadas por éste.

16. Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto con la electricidad. En cualquier caso, las partes eléctricas de los equipos de trabajo deberán ajustarse a lo dispuesto en la normativa específica correspondiente.

17. Todo equipo de trabajo que entrañe riesgos por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

18. Los equipos de trabajo para el almacenamiento, trasiego o tratamiento de líquidos corrosivos o a alta temperatura deberán disponer de las protecciones adecuadas para evitar el contacto accidental de los trabajadores con los mismos.

19. Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos. Sus mangos o empuñaduras deberán ser de dimensiones adecuadas, sin bordes agudos ni superficies resbaladizas, y aislantes en caso necesario.

Disposiciones mínimas adicionales aplicables a determinados equipos de trabajo

DISPOSICIONES MÍNIMAS APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES, YA

SEAN AUTOMOTORES O NO:

a) Los equipos de trabajo móviles con trabajadores transportados deberán adaptarse de manera que se reduzcan los riesgos para el trabajador o trabajadores durante el desplazamiento. Entre estos riesgos deberán incluirse los de contacto de los trabajadores con ruedas y orugas y de aprisionamiento por las mismas.

b) Cuando el bloqueo imprevisto de los elementos de transmisión de energía entre un equipo de trabajo móvil y sus accesorios o remolques pueda ocasionar riesgos específicos, dicho equipo deberá ser equipado o adaptado de modo que se impida dicho bloqueo.

Cuando no se pueda impedir el bloqueo deberán tomarse todas las medidas necesarias para evitar las consecuencias perjudiciales para los trabajadores.

c) Deberán preverse medios de fijación de los elementos de transmisión de energía entre equipos de trabajo móviles cuando exista el riesgo de que dichos elementos se atasquen o deterioren al arrastrarse por el suelo.

d) En los equipos de trabajo móviles con trabajadores transportados se deberán limitar, en las condiciones efectivas de uso, los riesgos provocados por una inclinación o por un vuelco del equipo de trabajo, mediante cualquiera de las siguientes medidas:

1. Una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo se incline más de un cuarto de vuelta.
2. Una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor del trabajador o trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta.

3. Cualquier otro dispositivo de alcance equivalente. Estas estructuras de protección podrán formar parte integrante del equipo de trabajo.

No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo o cuando el diseño haga imposible la inclinación o el vuelco del equipo de trabajo.

Cuando en caso de inclinación o de vuelco exista para un trabajador transportado riesgo de aplastamiento entre partes del equipo de trabajo y el suelo, deberá instalarse un sistema de retención del trabajador o trabajadores transportados.

e) Las carretillas elevadoras ocupadas por uno o varios trabajadores deberán estar acondicionadas o equipadas para limitar los riesgos de vuelco mediante medidas tales como las siguientes:

1. La instalación de una cabina para el conductor.
2. Una estructura que impida que la carretilla elevadora vuelque.
3. Una estructura que garantice que, en caso de vuelco de la carretilla elevadora, quede espacio suficiente para el trabajador o los trabajadores transportados entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla.
4. Una estructura que mantenga al trabajador o trabajadores sobre el asiento de conducción e impida que puedan quedar atrapados por partes de la carretilla volcada.

f) Los equipos de trabajo móviles automotores cuyo desplazamiento pueda ocasionar riesgos para los trabajadores deberán reunir las siguientes condiciones:

- 1ª Deberán contar con los medios que permitan evitar una puesta en marcha no autorizada.
- 2ª Deberán contar con los medios adecuados que reduzcan las consecuencias de una posible colisión en caso de movimiento simultáneo de varios equipos de trabajo que rueden sobre raíles.
- 3ª Deberán contar con un dispositivo de frenado y parada; en la medida en que lo exija la seguridad, un dispositivo de emergencia accionado por medio de mandos fácilmente accesibles o por sistemas automáticos deberá permitir el frenado y la parada en caso de que falle el dispositivo principal.
- 4ª Deberán contar con dispositivos auxiliares adecuados que mejoren la visibilidad cuando el campo directo de visión del conductor sea insuficiente para garantizar la seguridad.
- 5ª Si están previstos para uso nocturno o en lugares oscuros, deberán contar con un dispositivo de iluminación adaptado al trabajo que deba efectuarse y garantizar una seguridad suficiente para los trabajadores.
- 6ª Si entrañan riesgos de incendio, por ellos mismos o debido a sus remolques o cargas, que puedan poner en peligro a los trabajadores, deberán contar con

dispositivos apropiados de lucha contra incendios, excepto cuando el lugar de utilización esté equipado con ellos en puntos suficientemente cercanos.

7ª Si se manejan a distancia, deberán pararse automáticamente al salir del campo de control.

8ª Si se manejan a distancia y si, en condiciones normales de utilización, pueden chocar con los trabajadores o aprisionarlos, deberán estar equipados con dispositivos de protección contra esos riesgos, salvo cuando existan otros dispositivos adecuados para controlar el riesgo de choque.

g) Los equipos de trabajo que por su movilidad o por la de las cargas que desplacen puedan suponer un riesgo, en las condiciones de uso previstas, para la seguridad de los trabajadores situados en sus proximidades, deberán ir provistos de una señalización acústica de advertencia.

DISPOSICIONES MÍNIMAS APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACIÓN DE CARGAS:

a) Los equipos de trabajo para la elevación de cargas deberán estar instalados firmemente cuando se trate de equipos fijos, o disponer de los elementos o condiciones necesarias en los casos restantes, para garantizar su solidez y estabilidad durante el empleo, teniendo en cuenta, en particular, las cargas que deben levantarse y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación a las estructuras.

b) En las máquinas para elevación de cargas deberá figurar una indicación claramente visible de su carga nominal y, en su caso, una placa de carga que estipule la carga nominal de cada configuración de la máquina.

Los accesorios de elevación deberán estar marcados de tal forma que se puedan identificar las características esenciales para un uso seguro.

Si el equipo de trabajo no está destinado a la elevación de trabajadores y existe posibilidad de confusión, deberá fijarse una señalización adecuada de manera visible.

c) Los equipos de trabajo instalados de forma permanente deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa o, por cualquier otro motivo, golpee a los trabajadores.

d) Las máquinas para elevación o desplazamiento de trabajadores deberán poseer las características apropiadas para:

1º Evitar, por medio de dispositivos apropiados, los riesgos de caída del habitáculo, cuando existan tales riesgos.

2º Evitar los riesgos de caída del usuario fuera del habitáculo, cuando existan tales riesgos.

3º Evitar los riesgos de aplastamiento, aprisionamiento o choque del usuario, en especial los debidos a un contacto fortuito con objetos.

4º Garantizar la seguridad de los trabajadores que en caso de accidente queden bloqueados en el habitáculo y permitir su liberación.

Si por razones inherentes al lugar y al desnivel, los riesgos previstos en el párrafo 1.º anterior no pueden evitarse por medio de ningún dispositivo de seguridad, deberá instalarse un cable con coeficiente de seguridad reforzado cuyo buen estado se comprobará todos los días de trabajo.

1.6.12 FORMACIÓN E INFORMACIÓN

1.6.12.1 ACCIONES FORMATIVAS

NORMAS GENERALES

El contratista está obligado a posibilitar que los trabajadores reciban una formación teórica y práctica apropiada en materia preventiva en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, así como cuando se produzcan los cambios en los equipos de trabajo susceptibles de provocar riesgos para la salud del trabajador. Esta formación deberá repetirse periódicamente.

La formación inicial del trabajador habrá de orientarse en función del trabajo que vaya a desarrollar en la obra, proporcionándole el conocimiento completo de los riesgos que implica cada trabajo, de las protecciones colectivas adoptadas, del uso adecuado de las protecciones individuales previstas, de sus derechos y obligaciones y, en general, de las medidas de prevención de cualquier índole.

CONTENIDO DE LAS ACCIONES DE FORMACIÓN

A) A nivel de mandos intermedios, el contenido de las sesiones de formación estará principalmente integrado, entre otros, por los siguientes temas:

- Plan de Seguridad y Salud Laboral en la obra.
- Causas, consecuencias e investigación de los accidentes y forma de cumplimentar los partes y estadillos de régimen interior.
- Normativa sobre Seguridad y Salud Laboral.
- Factores técnicos y humanos.
- Elección adecuada de los métodos de trabajo para atenuar el trabajo monótono y repetitivo.
- Protecciones colectivas e individuales.
- Salud laboral.
- Socorrismo y primeros auxilios.
- Organización de la Seguridad y Salud Laboral.
- Responsabilidades.
- Obligaciones y derechos de los trabajadores.

B) A nivel de operarios, el contenido de las sesiones de formación se seleccionará fundamentalmente en función de los riesgos específicos de la obra y estará integrado principalmente, entre otros, por los siguientes temas:

- Riesgos específicos de la obra y medidas de prevención en el Plan de S.S.L.
- Causas y consecuencias de los accidentes.
- Normas de Seguridad y Salud Laboral (señalización, circulación, manipulación de cargas, etc.).
- Señalizaciones y sectores de alto riesgo.
- Socorrismo y primeros auxilios.
- Actitud ante el riesgo y formas de actuar en caso de accidente.

- Salud Laboral.
- Obligaciones y derechos.

C) A nivel de representantes de los trabajadores en materia de S.S.L., el contenido de las sesiones de formación estará integrado, además de por los temas antes especificados para su categoría profesional, por los siguientes:

- Investigación de los accidentes.
- Estadística de la siniestralidad.
- Inspecciones de seguridad.
- Legislación sobre Seguridad y Salud Laboral.
- Responsabilidades.
- Coordinación con otros órganos especializados.

ORGANIZACIÓN DE LA ACCIÓN FORMATIVA.

Las sesiones de formación serán impartidas por personal suficientemente acreditado y capacitado en la docencia de Seguridad y Salud Laboral contándose para ello con los servicios de seguridad de la empresa, representante o delegado de ésta en la obra, servicios de prevención, mutuas, organismos oficiales especializados, representantes cualificados de los trabajadores y servicio médico, propio o mancomunado, que por su vinculación y conocimientos de la obra en materia específica de seguridad y salud laboral sean los más aconsejables en cada caso.

En el Plan de Seguridad y Salud Laboral que haya de presentar el contratista se establecerá la programación de las acciones formativas, de acuerdo con lo preceptuado en el presente documento y según lo establecido, en su caso, por los convenios colectivos, precisándose de forma detallada: número, duración por cada sesión, períodos de impartición, frecuencia, temática, personal al que van dirigidas, lugar de celebración y horarios.

1.6.12.2 INSTRUCCIONES GENERALES Y ESPECÍFICAS

Independientemente de las acciones de formación que hayan de celebrarse antes de que el trabajador comience a desempeñar cualquier cometido o puesto de trabajo en la obra o se cambie de puesto o se produzcan variaciones en los métodos de trabajo inicialmente previstos, habrán de facilitársele, por parte del contratista o sus representantes en la obra, las instrucciones relacionadas con los riesgos inherentes al trabajo, en especial cuando se trate de su ocupación habitual; las relativas a los riesgos generales de la obra que puedan afectarle y las referidas a medidas preventivas que deban observarse, así como del manejo y uso de las protecciones individuales. Se prestará especial dedicación a las instrucciones referidas a aquellos riesgos de caída de altura, atrapamientos o electrocución.

El contratista habrá de garantizar que los trabajadores de las empresas exteriores o subcontratadas que intervengan en la obra han recibido las instrucciones pertinentes en el sentido anteriormente indicado.

Las instrucciones serán claras, concisas e inteligibles y se proporcionarán de forma escrita y/o de palabra, según el trabajo y operarios de que se trate y directamente a los interesados.

Las instrucciones para maquinistas, conductores, personal de mantenimiento u otros análogos se referirán, además de a los aspectos reseñados, a: restricciones de uso y empleo, manejo, manipulación, verificación y mantenimiento de equipos de trabajo.

Deberán figurar también de forma escrita en la máquina o equipo de que se trate, siempre que sea posible.

Las instrucciones sobre socorrismo, primeros auxilios y medidas a adoptar en caso de situaciones de emergencia habrán de ser proporcionadas a quienes tengan encomendados cometidos relacionados con dichos aspectos y deberán figurar, además, por escrito en lugares visibles y accesibles a todo el personal adscrito a la obra, tales como oficina de obra, comedores y vestuarios.

Las personas relacionadas con la obra, con las empresas o con los trabajadores, que no intervengan directamente en la ejecución del trabajo, o las ajenas a las obras que vayan a visitarlas serán previamente advertidas por el contratista o sus representantes sobre los riesgos a que pueden exponerse, medidas y precauciones preventivas que han de seguir utilización de las protecciones individuales de uso obligatorio.

1.6.12.3 INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN

El contratista o sus representantes en la obra deberán informar a los trabajadores de:

- Los resultados de las valoraciones y controles del medio ambiente laboral correspondientes a sus puestos de trabajo, así como los datos relativos a su estado de salud en relación con los riesgos a los que puedan encontrarse expuestos.
- Los riesgos para la salud que su trabajo pueda entrañar, así como las medidas técnicas de prevención o de emergencia que hayan sido adoptadas o deban ser adoptadas por el contratista, en su caso, especialmente aquellas cuya ejecución corresponde al propio trabajador y, en particular, las referidas a riesgos graves e inminentes.
- La existencia de un riesgo grave e inminente que les pueda afectar, así como las disposiciones adoptadas o que deban adoptarse en materia de protección, incluyendo las relativas a la evacuación de su puesto de trabajo. Esta información, cuando proceda, deberá darse lo antes posible.
- El derecho que tienen a paralizar su actividad en el caso de que, a su juicio, existiese un riesgo grave e inminente para la salud y no se hubiese podido poner en contacto de forma inmediata con su superior jerárquico o, habiéndoselo comunicado a éste, no se hubiera adoptado las medidas correctivas necesarias.

Las informaciones anteriormente mencionadas deberán ser proporcionadas personalmente al trabajador, dentro del horario laboral o fuera del mismo, considerándose en ambos casos como tiempo de trabajo el empleado para tal comunicación.

Así mismo, habrá de proporcionarse información a los trabajadores, por el contratista o sus representantes en la obra, sobre:

- Obligaciones y derechos del contratista y los trabajadores.
- Funciones y facultades de los servicios de Prevención, Comités de Salud y Seguridad y delegados de Prevención.
- *. Servicios médicos y asistencia sanitaria con indicación del nombre y ubicación del centro asistencial al que acudir en caso de accidente.
- *. Organigrama funcional del personal de seguridad y salud laboral de la empresa adscrita a la obra y de los órganos de prevención que inciden en la misma.
- Datos sobre seguimiento de la siniestralidad y sobre las actuaciones preventivas que se llevan a cabo en la obra por la empresa.
- Estudios, investigaciones y estadísticas sobre la salud de los trabajadores.

Toda la información referida se le suministrará por escrito a los trabajadores o en su defecto, se expondrá en lugares visibles y accesibles a los mismos, como oficina de obra, vestuarios o comedores, en cuyo caso habrá de darse conocimiento de ello.

El contratista deberá disponer en la oficina de obra de un ejemplar del Plan de S.S.L. aprobado y de las normas y disposiciones vigentes que incidan en la obra.

En la oficina de la obra se contará, también, con un ejemplar del Plan y de las normas señaladas para ponerlos a disposición de cuantas personas o instituciones hayan de intervenir, reglamentariamente, en relación con ellos.

El contratista o sus representantes deberán proporcionar al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud Laboral toda la información documental relativa a las distintas incidencias que puedan producirse en relación con dicho Plan y con las condiciones de trabajo de la obra.

El contratista deberá colocar en lugares visibles de la obra rótulos o carteles anunciadores, con mensajes preventivos de sensibilización y motivación colectiva. Deberá exponer, así mismo, los que le sean proporcionados por organismos e instituciones competentes en la materia sobre campañas de divulgación.

El contratista deberá publicar mediante cartel anunciador, en lugar visible y accesible a los trabajadores, la constitución del organigrama funcional de la seguridad y salud laboral de la obra y de los distintos órganos especializados en materia de prevención de riesgos que incidan en la misma, con expresión del nombre, razón jurídica, categoría o cualificación, localización y funciones de cada componente de los mismos. De igual forma habrá de publicar las variaciones que durante el curso de la obra se produzcan en el seno de dichos órganos.

1.6.13 ORDEN, LIMPIEZA E HIGIENE

La limpieza y el orden en el trabajo, desde hace mucho tiempo, se consideraban como un aspecto de la profesionalidad de los trabajadores.

Los operarios no pueden considerar su trabajo terminado hasta que la herramienta y medios empleados, resto de equipo y materiales utilizados, estén recogidos y ordenados en su lugar. Dichos materiales de trabajo nunca obstruirán las vías de paso.

Todo clavo o ángulo saliente de una tabla o similar, se eliminará, doblándolo, retirándolo, cortándolo o quitándole del suelo o paso.

Las zonas de paso, o señalizadas como peligrosas, deberán mantenerse libre de obstáculos.

Deben estar debidamente acotados y señalizados todos aquellos lugares y zonas de paso donde puedan existir peligro de lesiones personales o daños materiales.

No se deben colocar materiales y útiles en lugares donde puede suponer peligro de tropezar o caídas sobre personas, maquinas o instalaciones.

Está prohibido retirar cualquier protección de tipo Colectivo (barandillas, vallas, escaleras, etc.) sin la debida autorización del mando responsable del tajo.

Ningún trapo, ni material inflamable, serán puestos a secar sobre tuberías o superficies calientes.

Las basuras y desperdicios deberán guardarse en recipientes previstos para tal menester.

Es necesario el aseo de manos y cara antes de la ingestión de alimentos o de fumar, mediante jabón.

No se fumará fuera de los recintos previamente autorizados a tal fin.

Se procederá de forma inmediata a la desinfección y lavado de cualquier herida por pequeña y leve que se considere.

La distancia mínima de acopio de productos de excavación al borde de la zanja será de 1 m.

La distancia mínima de acercamiento de camiones a la zanja será de 2,9 m.

Los accesos a las zonas de trabajo se efectuarán utilizando la red viaria existente, compuesta por carreteras y caminos capaces de soportar el tráfico de la maquinaria de obra.

1.6.14 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN

La seguridad y la salud dentro de la obra estarán reguladas a lo largo de su ejecución por los textos que a continuación se citan, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

Ley 31/1.995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, con especial atención a:

CAPITULO I.- Objeto, ámbito de aplicaciones y definiciones.

CAPITULO III.- Derechos y Obligaciones, con especial atención a:

ART.14. Derecho a la protección frente a los riesgos laborales.

ART.15. Principios de la acción preventiva.

ART.16. Evaluación de riesgos.

ART.17. Equipos de trabajo y medios de protección

ART.18. Información, consulta y participación de los trabajadores

ART.19. Formación de los trabajadores.

ART.20. Medidas de emergencia

ART.21. Riesgo grave e inminente.

ART.22. Vigilancia de la salud.

ART.23. Documentación

ART.24. Coordinación de actividades empresariales.

ART.25. Protección de trabajadores, especialmente sensibles a determinados riesgos.

ART.29. Obligaciones de los trabajadores, en materia de prevención de riesgos.

CAPITULO IV. - Servicios de prevención.

ART.30. Protección y prevención de riesgos profesionales.

ART.31. Servicios de prevención.

CAPITULO V.- Consulta y participación de los trabajadores.

ART.33. Consulta a los trabajadores.

ART.34. Derechos de participación y representación.

ART.35. Delegados de prevención.

ART.36. Competencias y facultades de los delegados de prevención.

ART.37. Garantías y sigilo profesional de los delegados de prevención

ART.38. Comité de seguridad y salud.

ART.39. Competencias y facultades del comité de Seguridad y Salud.

ART.40. Colaboración con la inspección de Trabajo y S.S.

CAPITULO VII.- Responsabilidades y sanciones.

ART.42. Responsabilidades y su compatibilidad

ART.43. Requerimientos de la Inspección de trabajo y Seguridad Social.

ART.44. Paralización de trabajo.

ART.45. Infracciones administrativas.

ART.46. Infracciones leves.

ART.47. Infracciones graves.

ART.48. Infracciones muy graves.

ART.49. Sanciones.

ART.50. Reincidencia.

ART.51. Prescripción de las infracciones.

ART.52. Competencias sancionadoras.

ART.53. Suspensión o cierre del centro de trabajo.

ART.54. Limitaciones a la facultad de contratar con la Administración.

R.D. 39/97 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de Prevención, con especial atención a:

Capítulo I. Disposiciones generales.

Capítulo II Evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva.

Capítulo III Organización de recursos para las actividades preventivas.

Ordenanza de Trabajo para las industrias de la Construcción, Vidrio y Cerámica de 28 de Agosto de 1970. Capítulo XVI.

R.D. 485/97 de 14-4 sobre Disposiciones mínimas en materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.

R.D. 773/1997 de 30-5 sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización de Equipos de Protección Individual.

R.D. 486/97 de 14-4 sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

R.D. 614/2001, de 8 de Junio, sobre Disposiciones Mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE núm. 60 de 11 de marzo.

R.D. 487/97 de 14-4 sobre Manipulación de cargas que entrañe riesgo dorso-lumbar para los trabajadores.

Convenio Colectivo del sector de Construcción y Obras Publicas de la Provincia de Valencia.

Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura.

Real Decreto 1407/92 de 20 de noviembre, por el que se regula la libre comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual (EPI).

Orden 16 de mayo de 1994, por la que se modifica el periodo transitorio establecido del R.D. 1407/1992.

Orden de 28 de diciembre de 1994 sobre Equipos protección individual.

R.D. 159/1995 del 3 de febrero de 1995, del Ministerio de presidencia. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO - COMUNIDAD EUROPEA. Modifica el R.D. 1407/1992, de 20 de noviembre (RCL 1992-2778 y RCL 1993-663), que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

R.D. 1627/97 de 24 de Octubre de 1997, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

Otras disposiciones de aplicación:

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por R.D. 842/2002 de 02-08-02 (BOE N° 224 de 18-09-02), e Instrucciones Técnicas Complementarias.

Código Técnico de la Edificación. Documento básico CTE-DB-SI.

Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales R.D 2267/2004 de 3 de Diciembre.

Normas UNE.

Extintores: UNE 23.110

B.I.E: UNE-EN-671-1/1995 y UNE-EN-671-2/1995

Hidrantes UNE 23.405 a 23.544

Instalaciones de polvo UNE 23.541 a 23.544

Instalaciones de espuma UNE 23.521 a 23.526

Instalaciones de agua pulverizada UNE 23.501 a 23.507

Instalaciones de rociadores automáticos UNE 23.590

Instalaciones de detección UNE 23.007

Abastecimiento de agua UNE 23.500

Reglamento de aparatos a presión y todas sus instrucciones técnicas complementarias.

A la hora del diseño de las instalaciones de protección contra incendios, y especialmente cuando no existen normas UNE al respecto, se emplean las Reglas Técnicas de CEPREVEN.

R.T.2-EXT para instalaciones de extintores móviles.

R.T.2-CHE para instalaciones de columnas hidrantes al exterior de los edificios

R.T.2-BIE para instalaciones de bocas de incendio equipadas.

R.T.3-DET para instalaciones de detección automática de incendios

R.T.2-ABA para abastecimiento de agua contra incendios.

R.T.1-ROC para instalaciones de rociadores automáticos de agua

R.T.4-CO2 para instalaciones fijas de extinción por anhídrido carbónico.

R.T.5-GIN Especificaciones para el Diseño e Instalación de Sistemas de Extinción.

Modificaciones:

Estatuto de los Trabajadores.

APARATOS PARA OBRAS:

GRÚAS:

R.D. 836/2003 de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica complementaria “MIE-AEM-2” del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones.

R.D. 837/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción Técnica complementaria “MIE-AEM-M-4” del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas.

Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM-2 del reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención, referente a Grúas-Torre desmontables para obras, aprobada por Orden de 28 de Junio de 1988 (B.O.E. 07-07-88) y modificado por Orden de 16 de abril de 1990 (B.O.E. 24-04-90).

Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AEM-3 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a carretillas automotoras de manutención aprobada por Orden de 26 de mayo de 1989 (B.O.E 09-06-89).

MÁQUINAS:

Reglamento de seguridad en las máquinas. R.D. 1495/86 de 26 de mayo de 1986 (B.O.E 21-07-86), modificado por el R.D. 830191 de 24 de mayo de 1991 (B.O.E 31-05-91). Aplicación de la Directiva del Consejo 89-392-CEE. R.D. 1435192 de 27 de Noviembre de 1992 (B.O.E. 11-12-92) relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.

Legislación. Reglamentos de maquinaria: R.D. 1435/92 de 27 de noviembre, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre maquinaria.

Resto de disposiciones oficiales relativas a seguridad, higiene y medicina en el trabajo que afecten a los trabajos que se han de realizar.

OBRAS:

R.D. 1627/97 de 24 de Octubre de 1997, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

[SANZ03] Iñigo Sanz Fernández, “El coste de ciclo de vida en las bombas”, Anales de Mecánica y Electricidad, Septiembre-Octubre 2003.

[SANZ04] Iñigo Sanz Fernández, “El agua es vida”, Anales de Mecánica y Electricidad, Septiembre-Octubre 2004.

[LOPE98] López, G. y Martínez, J., “Máquinas hidráulicas”, Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 1998.

[1] Confederación Hidrográfica del Ebro. Disponible en Internet [14/09/2015]

<http://www.chebro.es>

[2] Sindicato de Riegos del Canal de Tauste. Disponible en Internet [17/09/2015]

<http://www.canaldetauste.com>

[3] Red de Información Contable Agrícola de Navarra. Observatorio de precios agrarios del Gobierno Foral de Navarra. Disponible en Internet [05/07/2016]

http://www.navarra.es/home_es/Temas/Ambito+rural/Vida+rural/Observatorio+Precios+Agrarios/precio+costes+Productor/

[4] Red Contable Agraria Nacional. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en Internet [05/07/2016]

<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/economia/red-contable-recan/>

[5] GEOPORTAL de Navarra. Gobierno Foral de Navarra. Disponible en Internet [09/08/2016]

<http://sitna.navarra.es/navegar/>

[6] Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura y Regadío. Disponible en Internet [23/04/2016]

<http://www.geoscopio.net/empresas/eficienciaenergetica/>

[7] Tarifas eléctricas Endesa. Disponible en Internet [22/12/2015]

<https://www.endesaclientes.com/empresas/tarifa-preferente.html>

[8] Gadea Hermanos. Productos. Tubos hormigón en masa. Disponible en Internet [11/08/2015]

<http://www.gadeahermanos.es/listado.php?familia=TUBO%20MASA>

[9] Rekalde. Tubería Fundición Dúctil. Disponible en Internet [11/08/2015]

http://www.rekalde.com/es_tuberia_fundicion_ductil.aspx

[10] Plasex. Catálogo. Disponible en Internet [11/08/2015]

<http://plasex.es/catalogo>

[11] AVK. Válvulas. Disponible en Internet [16/01/2016]

http://www.acae.es/isapi/prestowebisapi.dll?FunctionGo&id=3501&cod=CATALOGO/AVK/PRODU_AVK/U_AVK&path=clientes\avk\avk.cfg

[12] Schneider Electric. Distribución MT. Disponible en Internet [13/05/2016]

<http://www.schneider-electric.es/es/product-range/1488-ehm-ehc-ecs/?filter=business-6-distribucion-mt---energy-automation&parent-category-id=3700&parent-subcategory-id=3720#>

[13] Instituto Valenciano de la Edificación. Visualizador Base de Datos de la Construcción. Disponible en Internet [28/06/2016]

http://www.five.es/tienda/product_info.php?products_id=125

2. PLANOS

2.1 ÍNDICE DE PLANOS

2.1 ÍNDICE DE PLANOS

PLANO Nº1: UBICACIÓN GEOGRÁFICA

PLANO Nº2: TOPOGRÁFICO

PLANO Nº3: EMPLAZAMIENTO ESTACIÓN DE BOMBEO

PLANO Nº4: TRAZADO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

PLANO Nº5: EMPLAZAMIENTO DEL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO

PLANO Nº6: EMPLAZAMIENTO Y NUMERACIÓN DE PARCELAS DE RIEGO

PLANO Nº7: TRAZADO DE LA RED DE RIEGO

PLANO Nº8: ALZADO ARQUETA DE IMPULSIÓN

PLANO Nº9: PLANTA ARQUETA DE IMPULSIÓN

PLANO Nº10: ESQUEMA ESTACIÓN DE BOMBEO

PLANO Nº11: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 400

PLANO Nº12: VÁLVULA DE CLAPETA OSCILANTE DN 400

PLANO Nº13: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 350

PLANO Nº14: VÁLVULA DE CLAPETA OSCILANTE DN 350

PLANO Nº15: TUBERÍA DE IMPULSIÓN

PLANO Nº16: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 300

PLANO Nº17: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 200

PLANO Nº18: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 150

PLANO Nº19: DIAGRAMA UNIFILAR

2.2 PLANOS



Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 19/03/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: UBICACIÓN GEOGRÁFICA	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 1
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 19/03/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25.000	

ESCALA 1:25.000

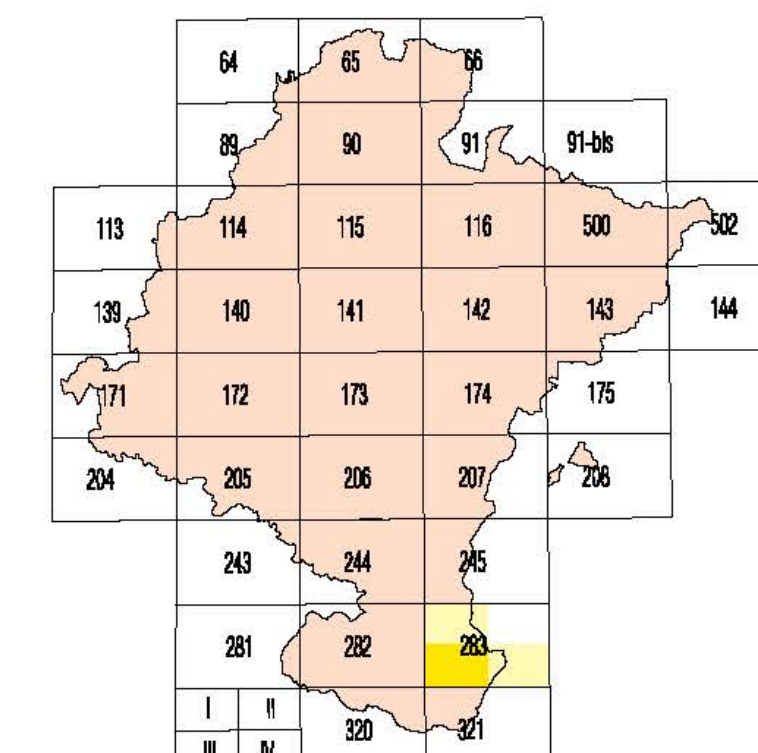
283-III
(51-24)



Gobierno de Navarra
Departamento de Obras Públicas,
Transportes y Comunicaciones

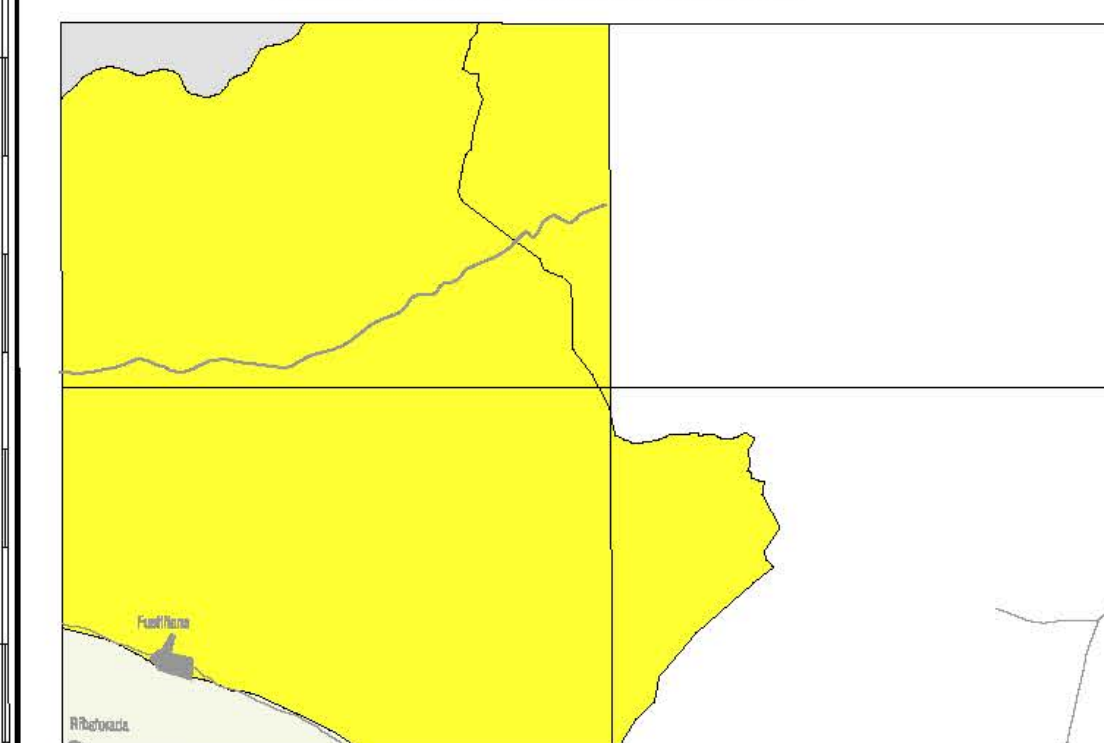
**SERVICIO DE PROYECTOS, FERROCARRILES
Y OBRAS HIDRAÚLICAS**
Sección de Geología y Geotecnia

ESCALA 1:25.000

HOJA 283-III (FUSTIÑANA)

ALFARO 264	SABANA 265	LUNA 266	Portillo de Santa Margarita I	Valareña II
TEJERA 262	FUSTIANA 263	SEA DE LOS CIGALLUROS 264		
TABACOA 300	TARSI 301	REMOLINS 302	Fustiana III	El Sabinar IV

ESQUEMA GEOLOGICO

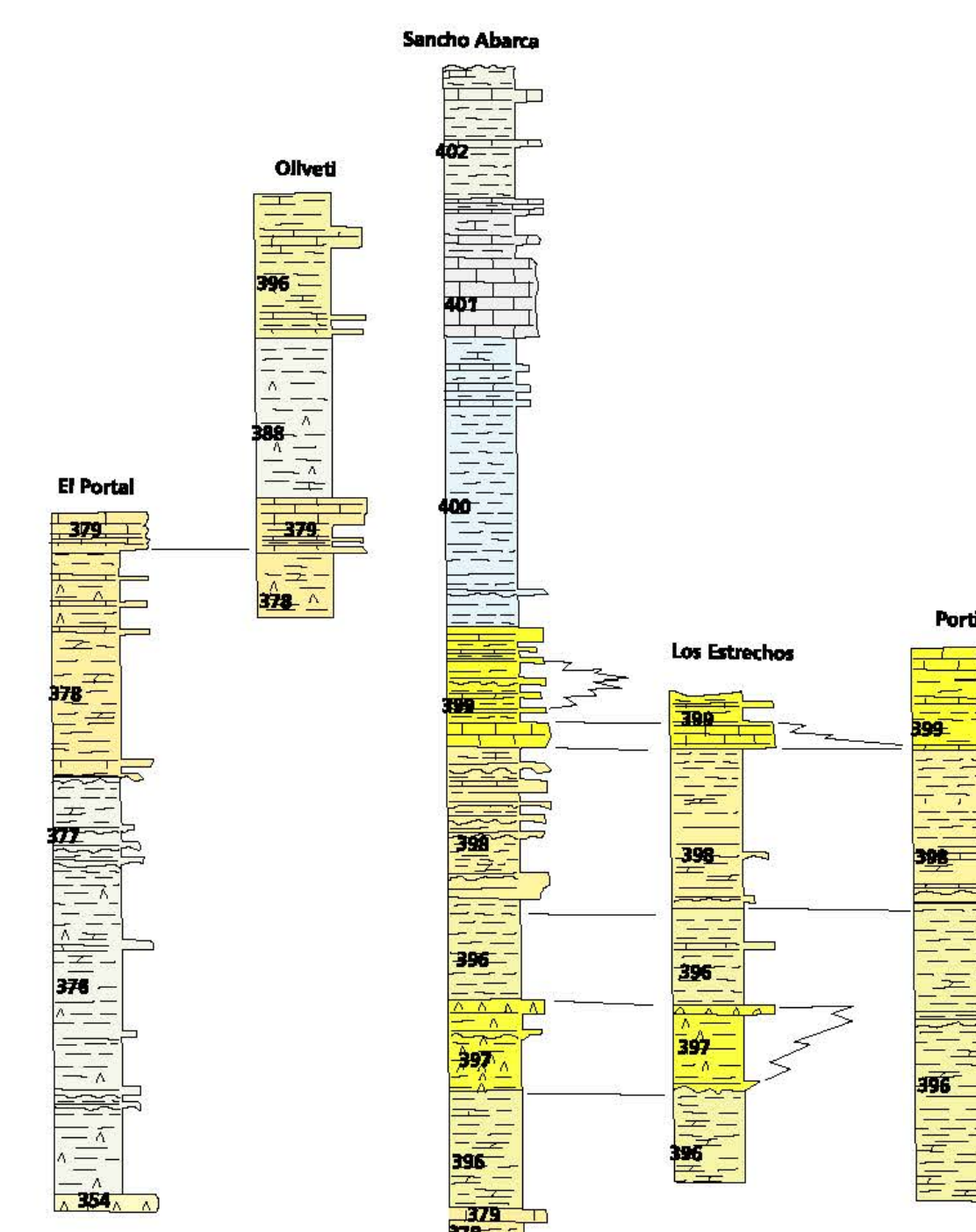


Escala 1:200,00

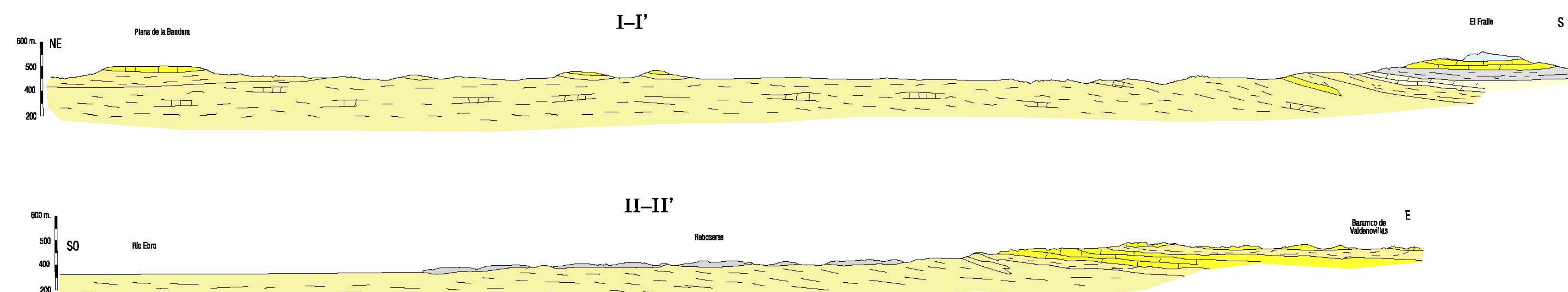


Autores: G. Galan Pérez (TECNA)
P. Cabra Gil (TECNA)
Dirección: E. Faci Paricio (Gobierno de Navarra)

COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS



CORTES GEOLOGICOS



Escuela Técnica Superior de Ingeniería
I.C.A.I.

Proyector:	ESTACIÓN DE BOMBEO
------------	--------------------

Autor: **Javier Galindo Ráfales**

Plano Dibujado: 19/03/16

Plano Comprobado:	19/03/16
-------------------	----------

Javier Galindo Ráfales

Íñigo Sanz Fernández

Plano: TOPOGRÁFICO

Fecha: Julio 2016

Escala: 1:25000

Nº Plano:	
-----------	--

2



Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 19/03/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: EMPLAZAMIENTO ESTACIÓN DE BOMBEO	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 3
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 19/03/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:10000	



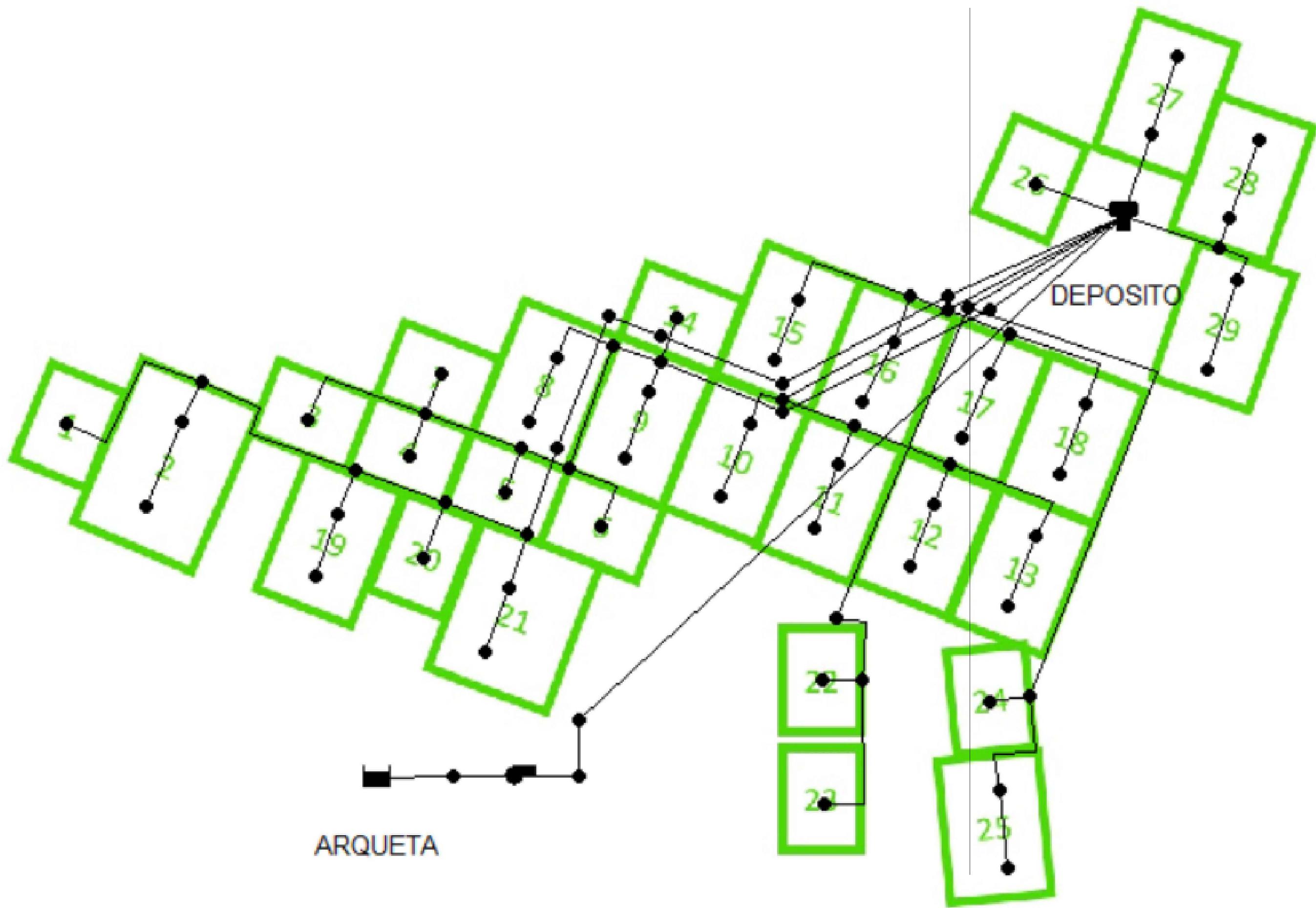
Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 19/03/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: TRAZADO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 4
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 19/03/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25000	



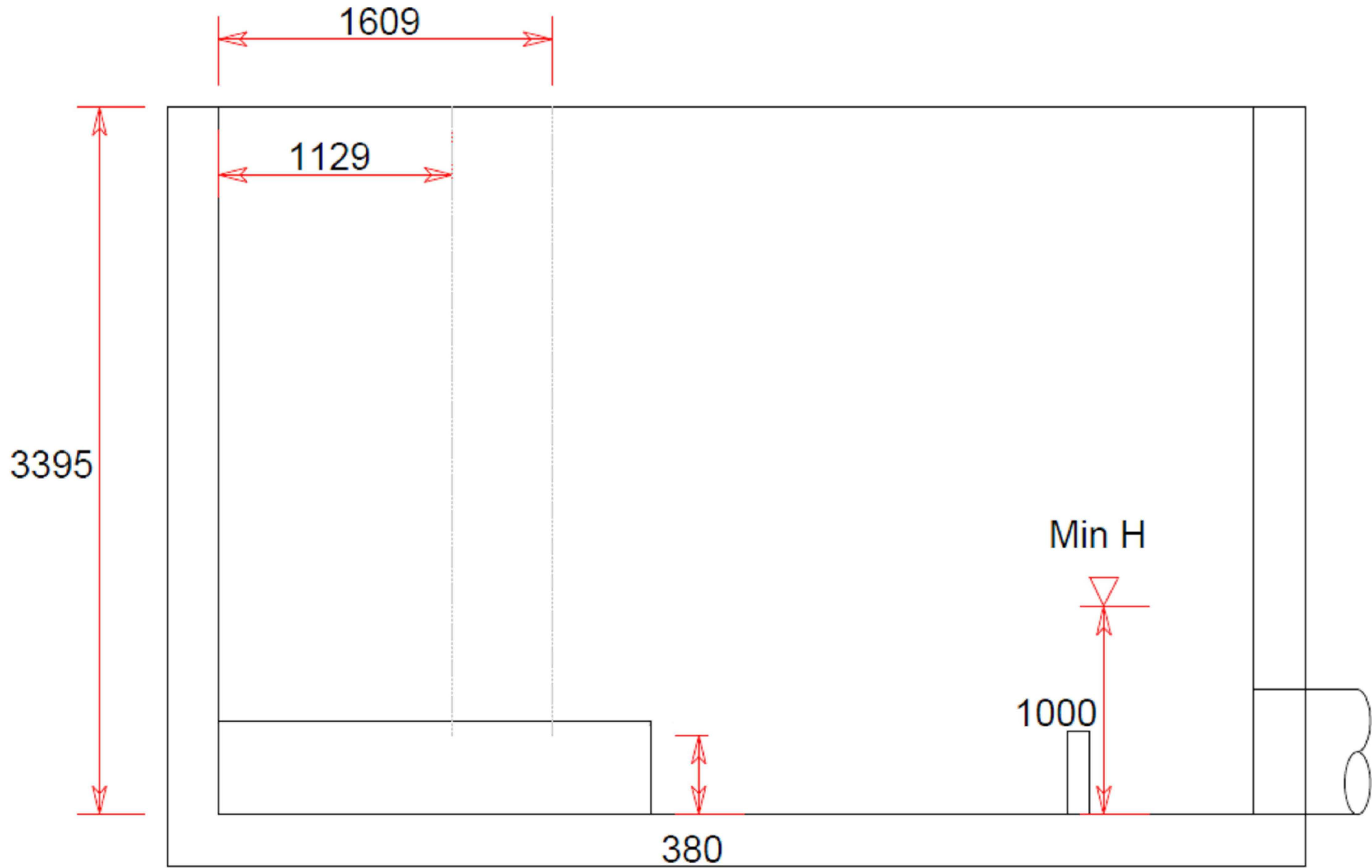
Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 19/03/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: EMPLAZAMIENTO DEL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 5
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 19/03/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25000	



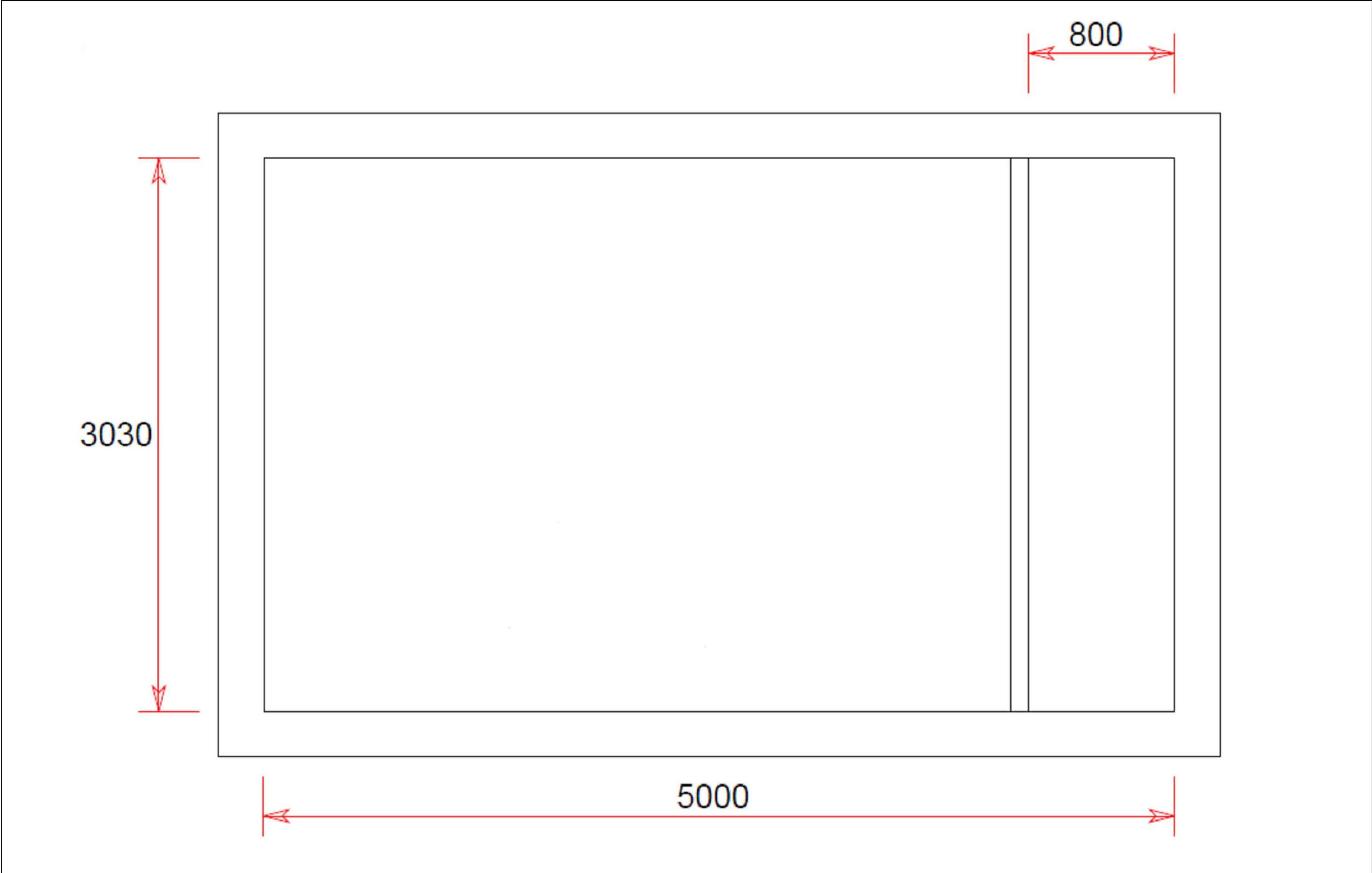
Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 19/03/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: EMPLAZAMIENTO Y NUMERACIÓN DE PARCELAS DE RIEGO	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 6
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 19/03/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:20000	



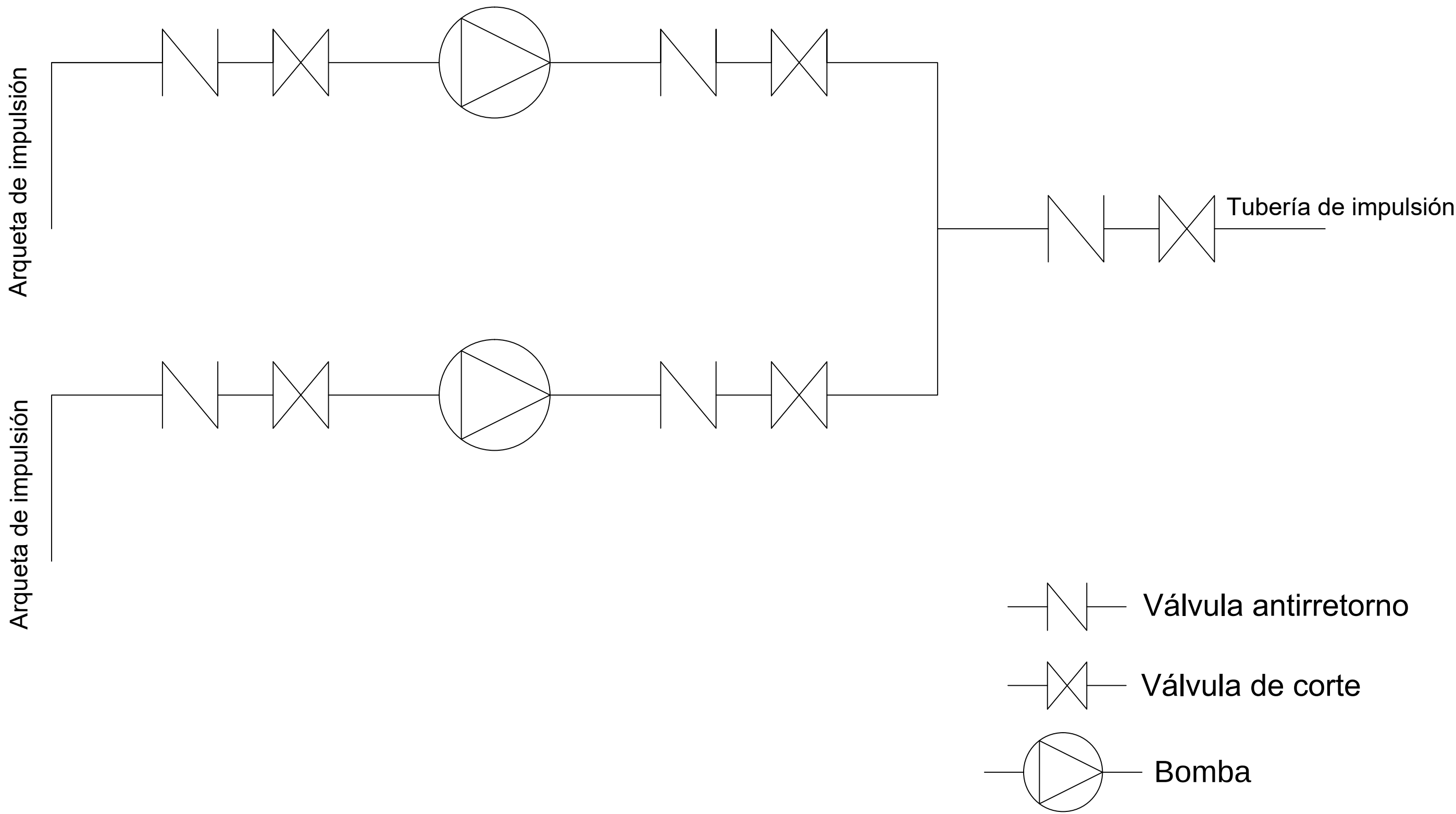
Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 07/06/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: TRAZADO DE LA RED DE RIEGO	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 7
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 07/06/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: Sin escala	



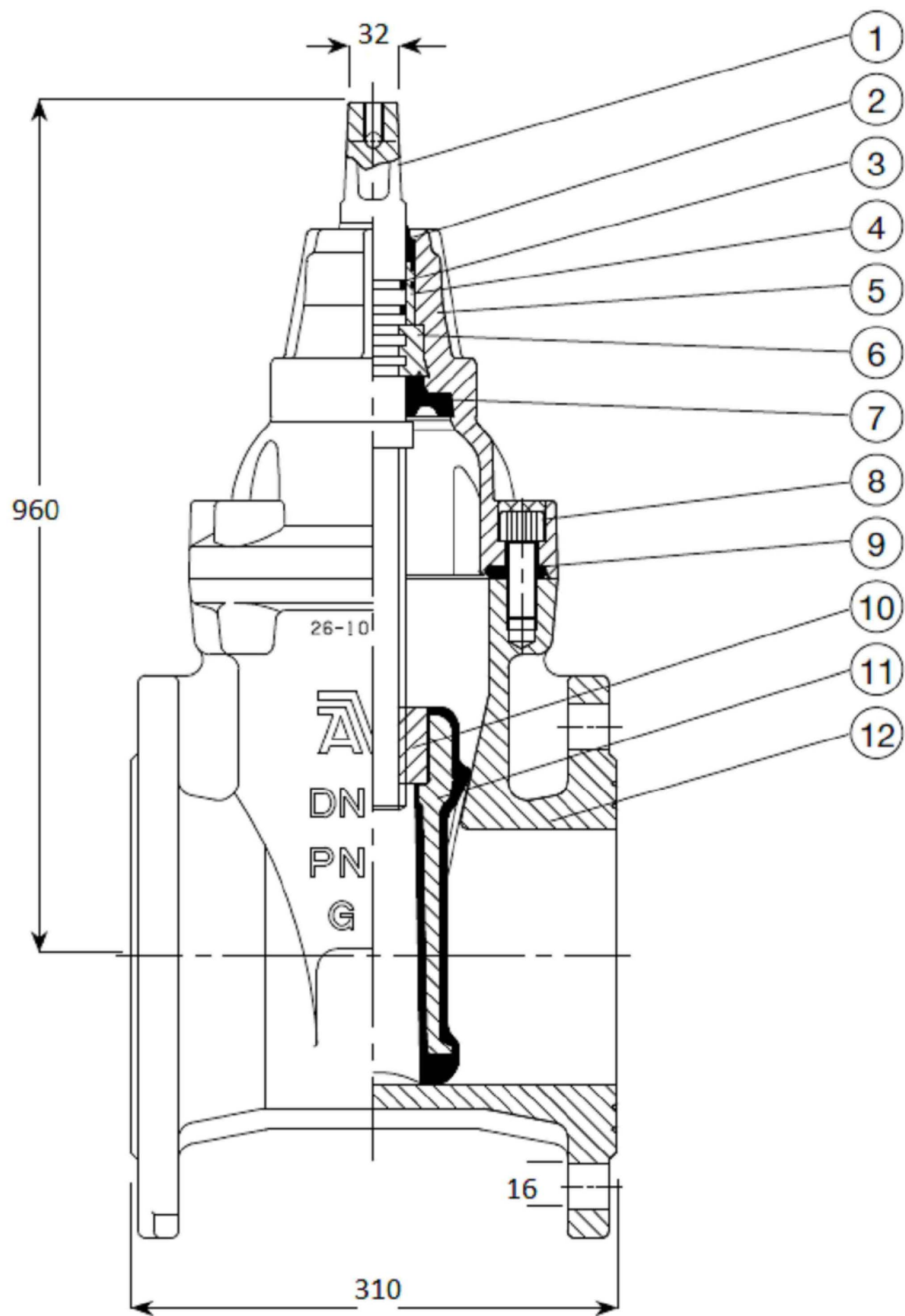
Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 19/03/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: ALZADO ARQUETA DE IMPULSIÓN	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 8
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 19/03/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:15	



Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 19/03/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: PLANTA ARQUETA DE IMPULSIÓN	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 9
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 19/03/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:15	



Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 07/06/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: ESQUEMA ESTACIÓN DE BOMBEO	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 10
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 07/06/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: Sin escala	



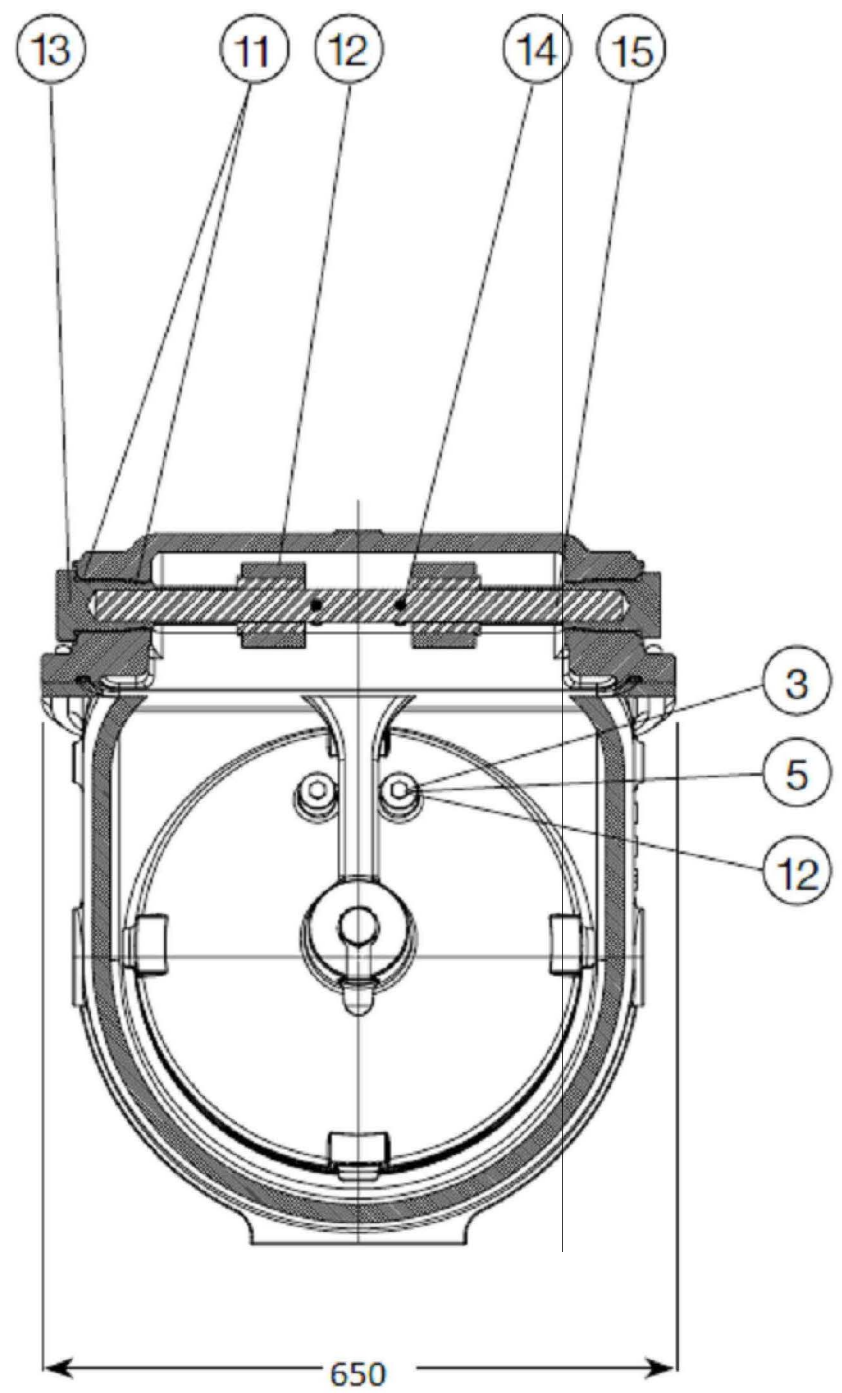
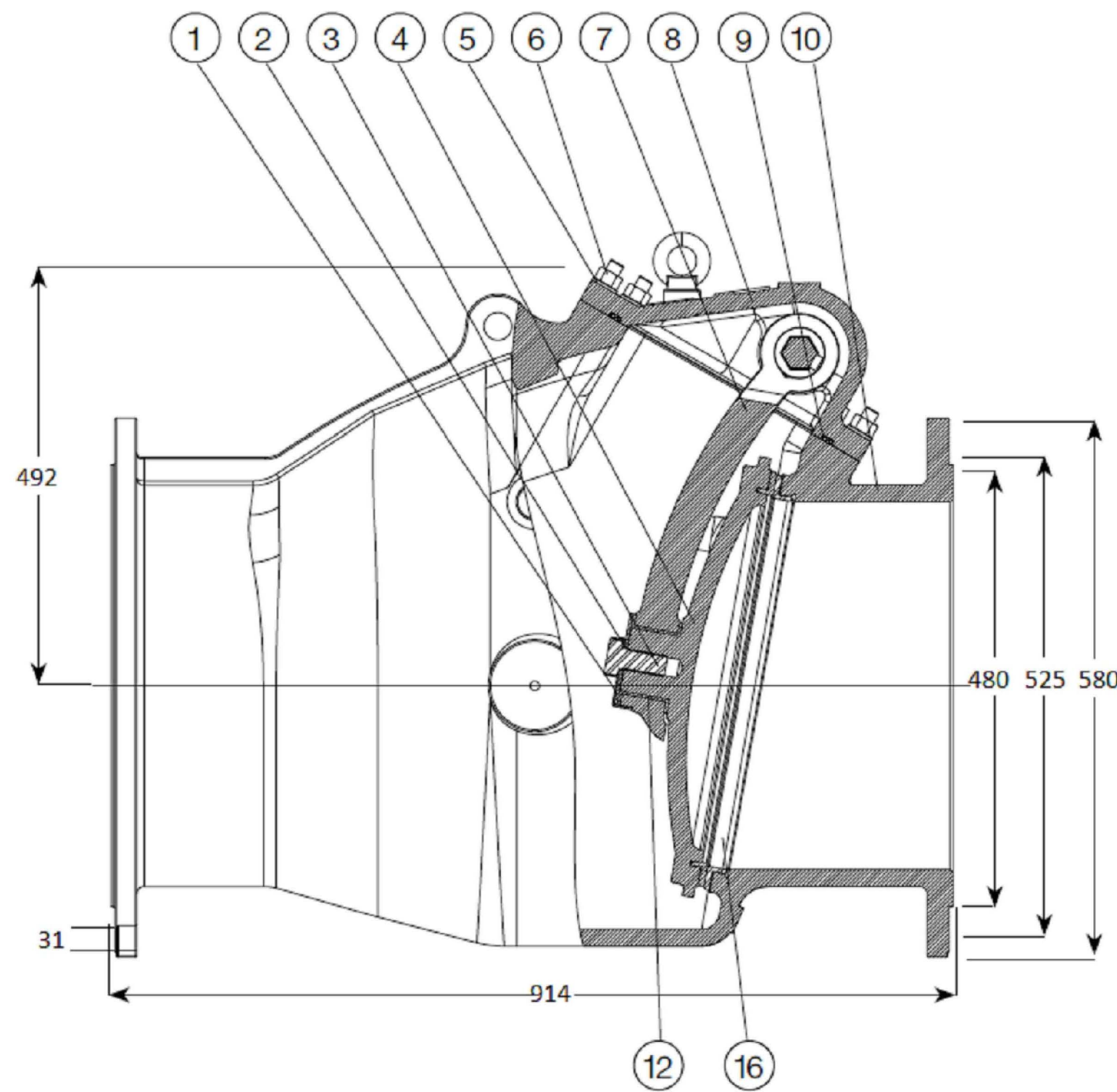
Despiece:

- 1. Vástago
- 2. Sellado superior NBR
- 3. Juntas tórica NBR
- 4. Cojinete
- 5. Tapa
- 6. Collarín de empuje
- 7. Manguito inferior EPDM
- 8. Tornillos
- 9. Junta de perfil
- 10. Tuerca de la compuerta
- 11. Compuerta
- 12. Cuerpo

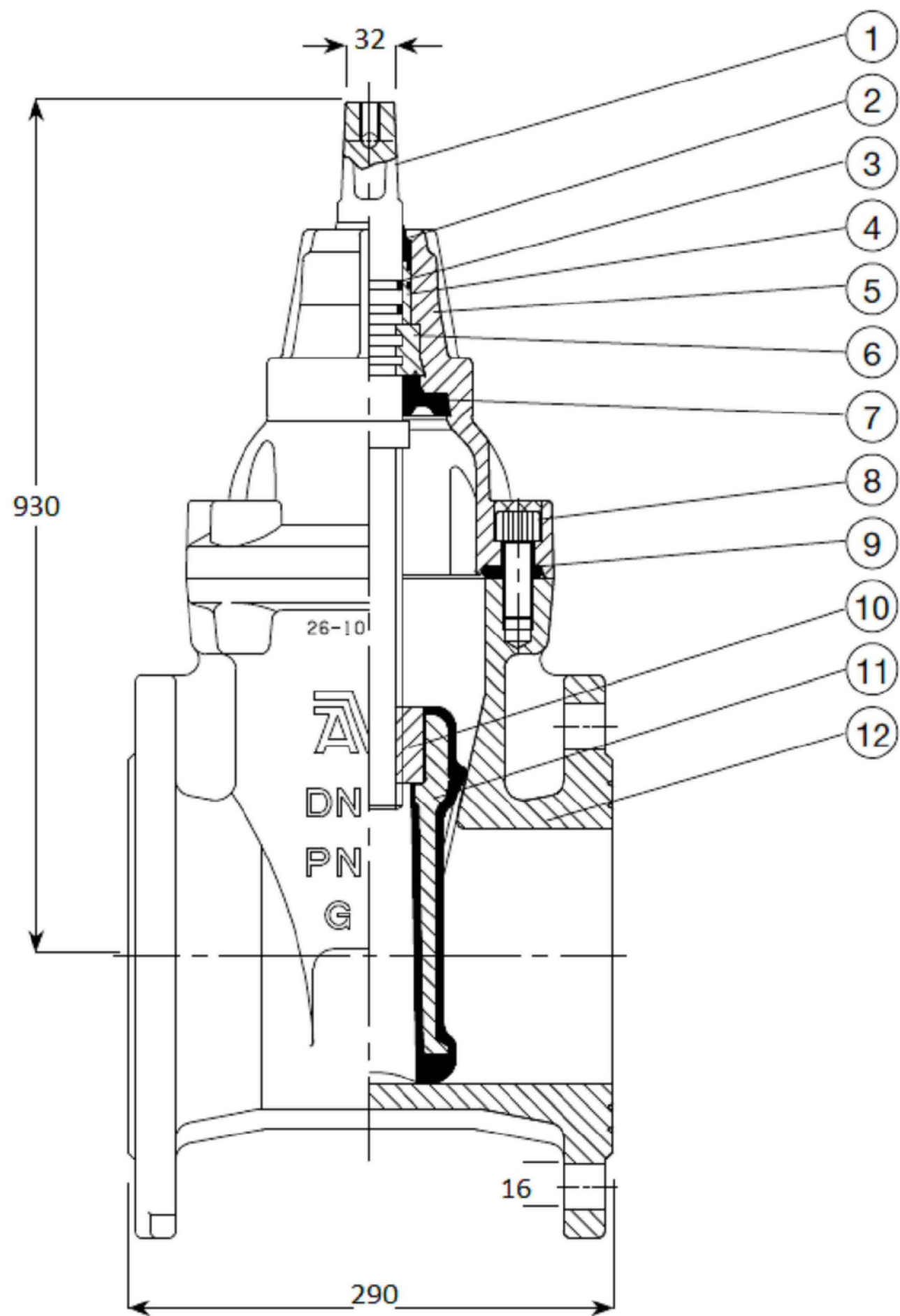
Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 29/05/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 400	Fecha: Julio 2016	11
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 29/05/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25	

Component list

- 1. Washer lock
- 2. Washer
- 3. Bolt
- 4. Disc
- 5. Washer
- 6. Bolt + nut
- 7. Hinge
- 8. Bonnet
- 9. Bonnet gasket
- 10. Body
- 11. O-ring
- 12. Bushing
- 13. Bushing
- 14. Pin
- 15. Shaft
- 16. Seat



Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 29/05/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: VÁLVULA DE CLAPETA OSCILANTE DN 400	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 12
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 29/05/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25	



Despiece:

1. Vástago
2. Sellado superior NBR
3. Juntas tórica NBR
4. Cojinete
5. Tapa
6. Collarín de empuje
7. Manguito inferior EPDM
8. Tornillos
9. Junta de perfil
10. Tuerca de la compuerta
11. Compuerta
12. Cuerpo

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
I.C.A.I.

Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO

Plano Dibujado: 29/05/16

Javier Galindo Ráfales

Plano: VÁLVULA DE COMPUERTA
DN 350

Fecha: Julio 2016

Nº Plano:

Autor: Javier Galindo Ráfales

Plano Comprobado: 29/05/16

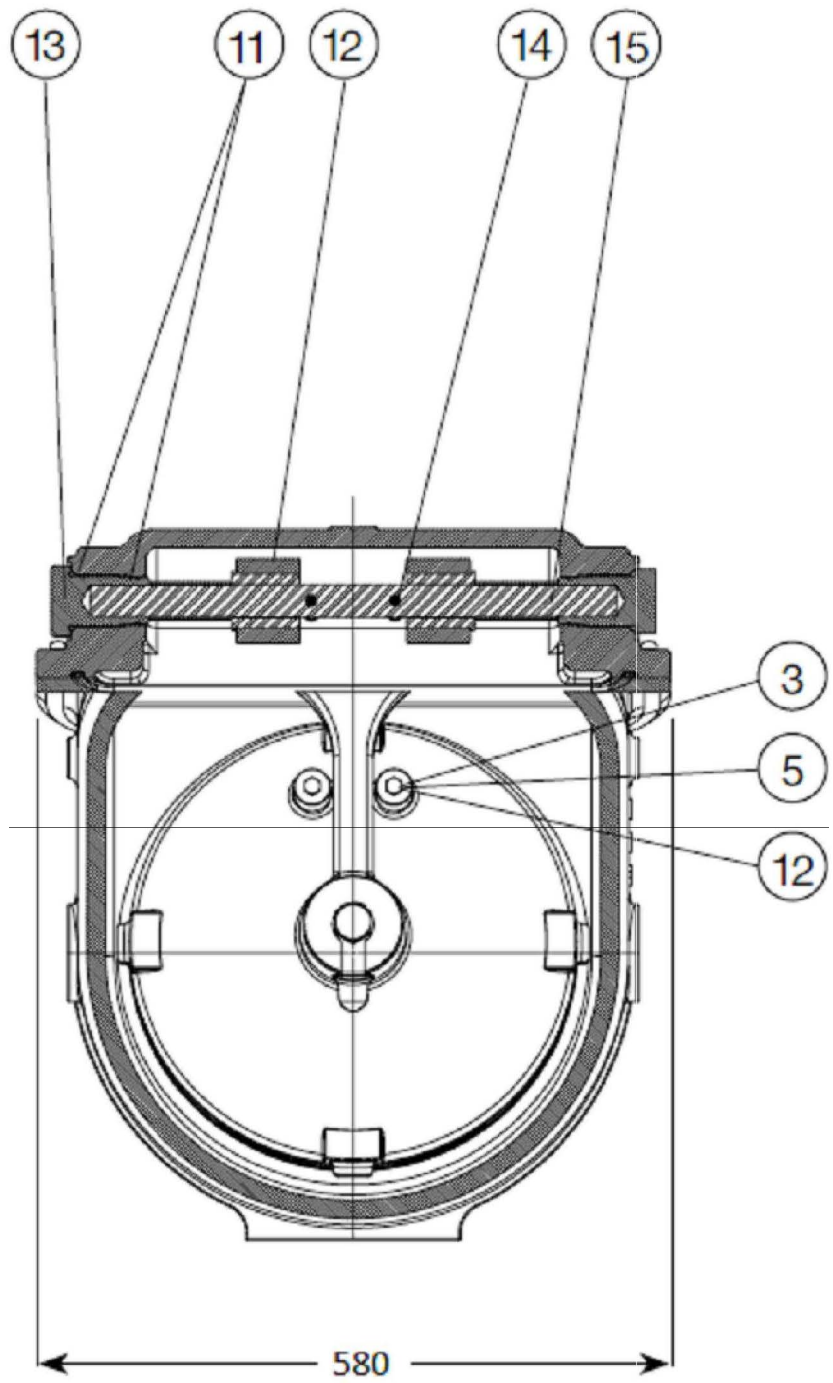
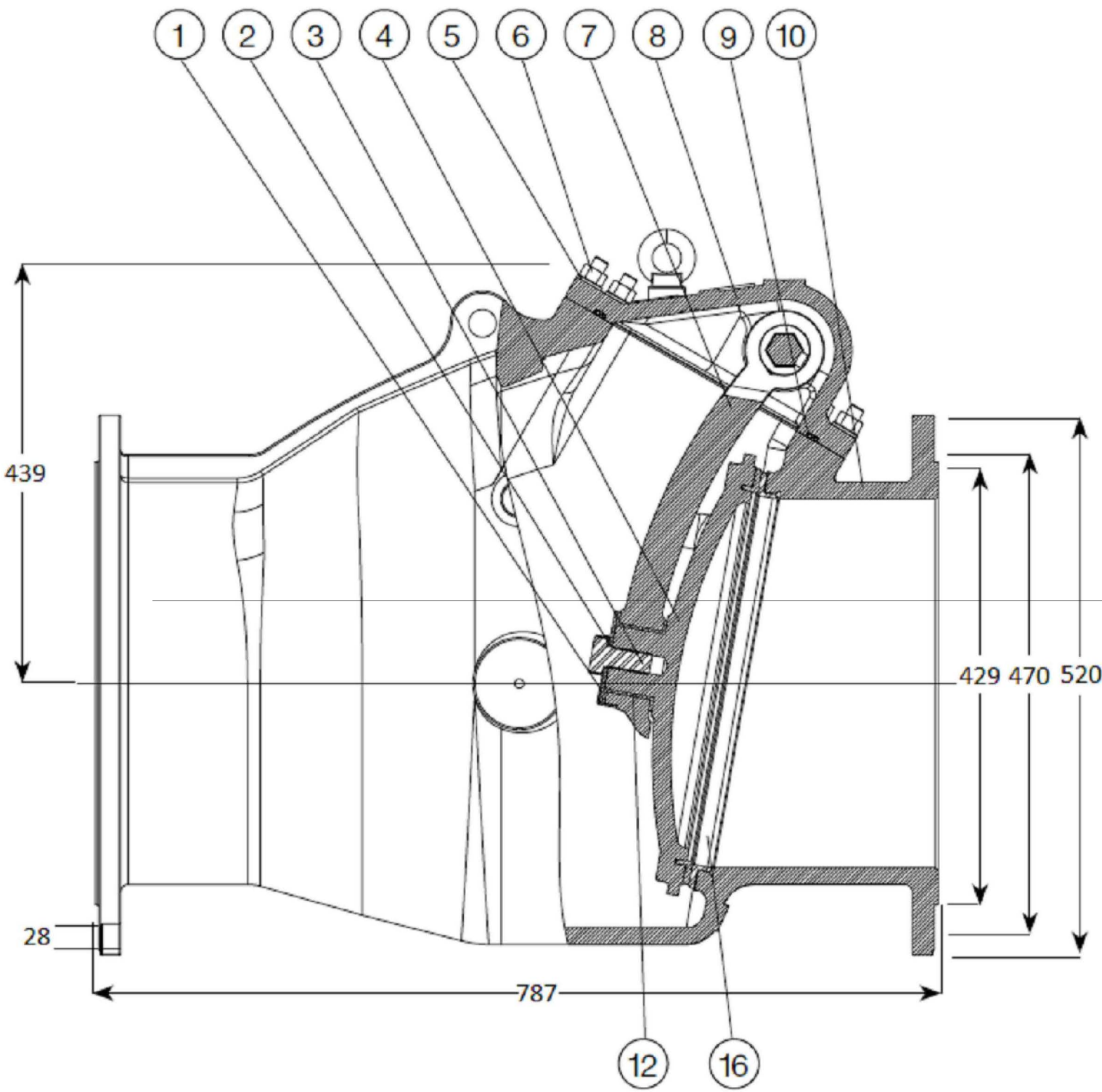
Íñigo Sanz Fernández

Escala: 1:25

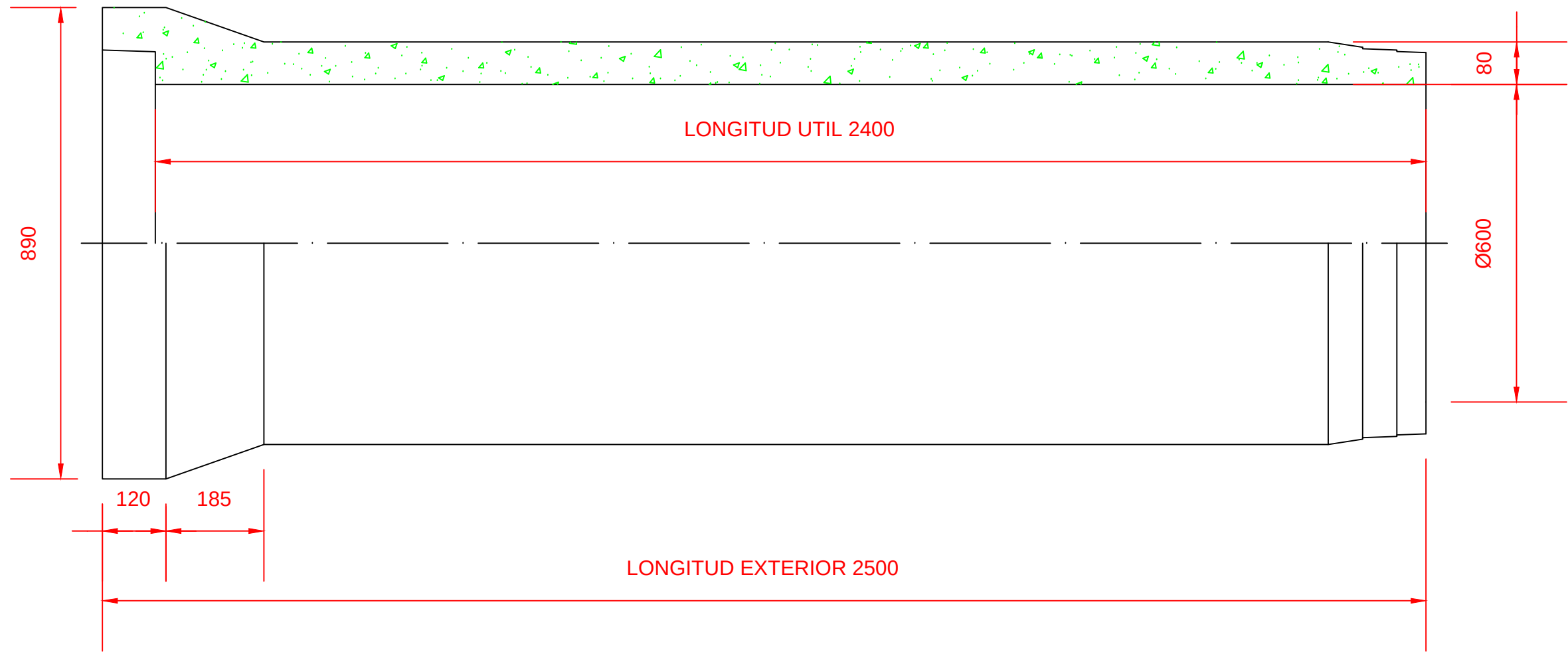
13

Component list

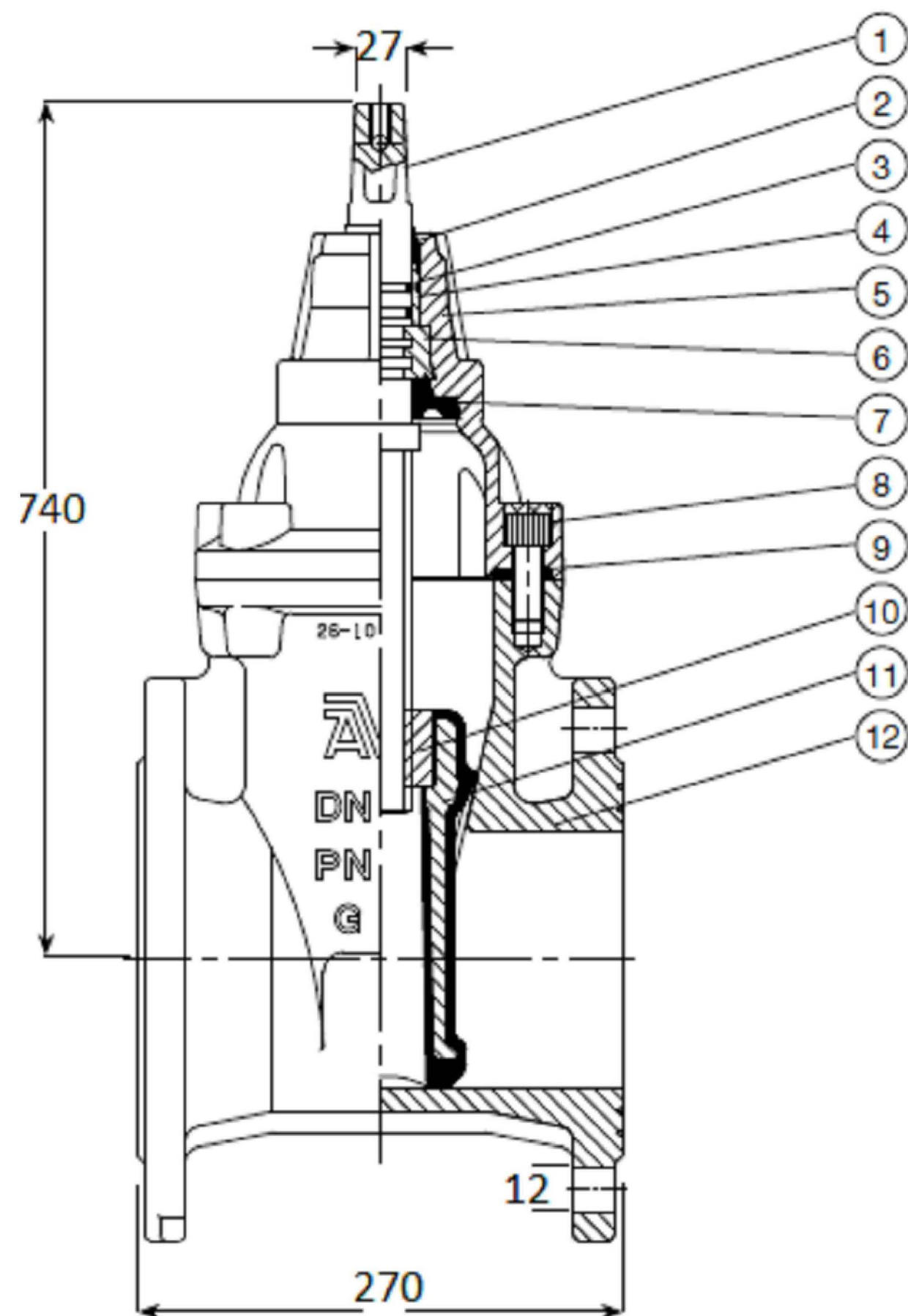
- 1. Washer lock
- 2. Washer
- 3. Bolt
- 4. Disc
- 5. Washer
- 6. Bolt + nut
- 7. Hinge
- 8. Bonnet
- 9. Bonnet gasket
- 10. Body
- 11. O-ring
- 12. Bushing
- 13. Bushing
- 14. Pin
- 15. Shaft
- 16. Seat



Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 29/05/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: VÁLVULA DE CLAPETA OSCILANTE DN 350	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 14
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 29/05/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25	

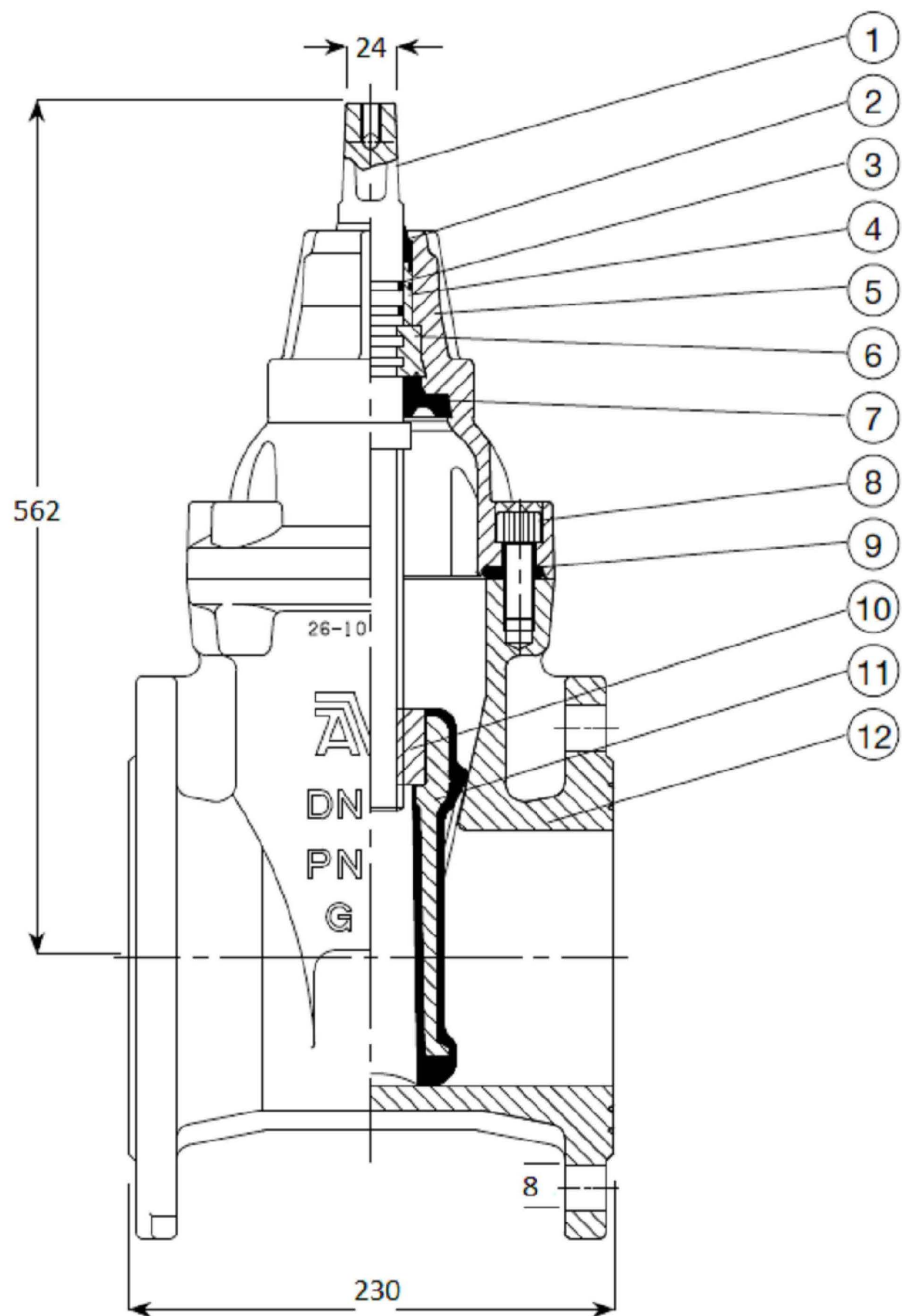


Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 29/05/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: TUBERÍA DE IMPULSIÓN	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 15
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 29/05/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25	



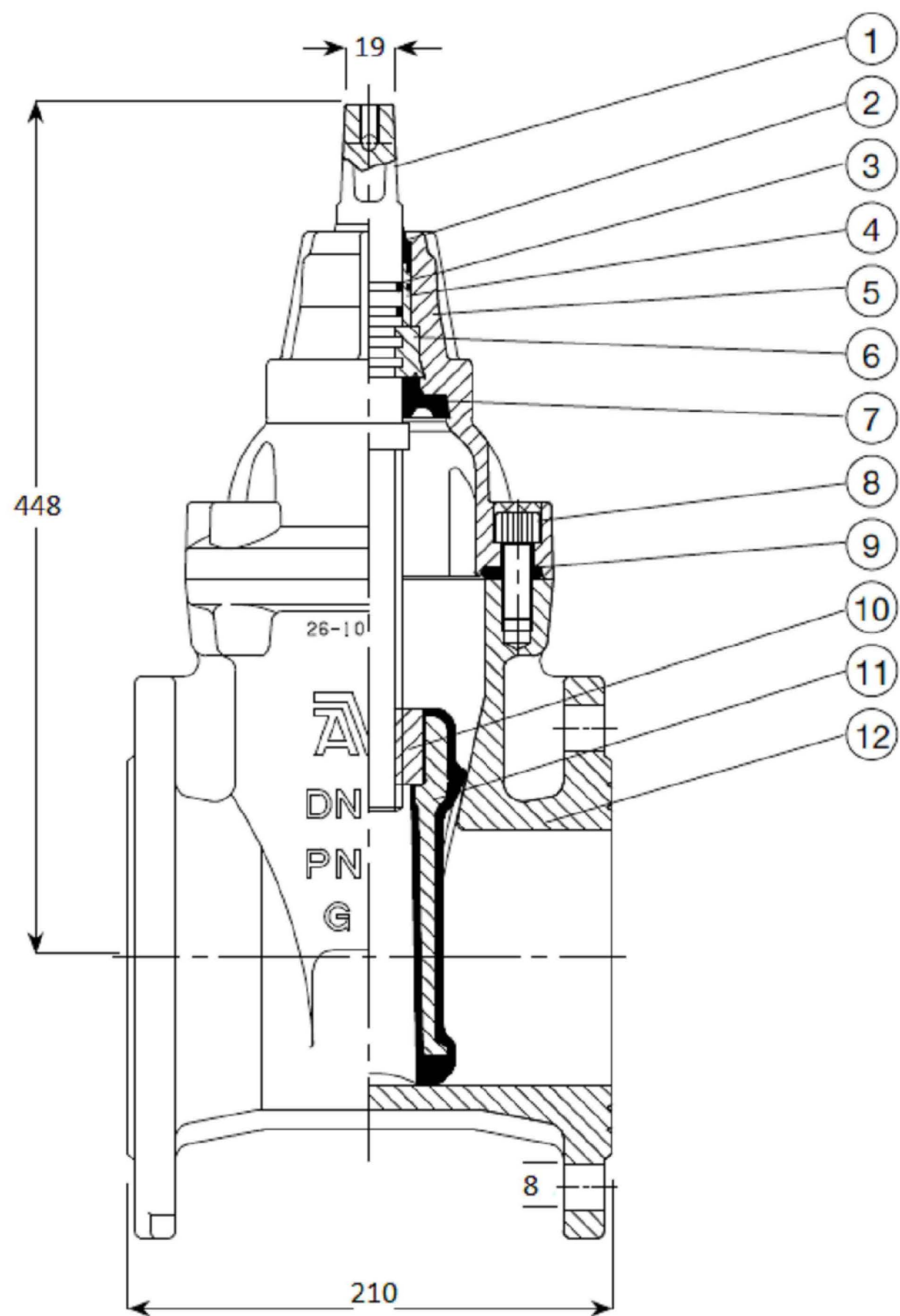
- 1. Vástago
- 2. Sellado superior NBR
- 3. Juntas tórica NBR
- 4. Cojinete
- 5. Tapa
- 6. Collarín de empuje
- 7. Manguito inferior EPDM
- 8. Tornillos
- 9. Junta de perfil
- 10. Tuerca de la compuerta
- 11. Compuerta
- 12. Cuerpo

Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 29/05/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 300	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 16
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 29/05/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25	



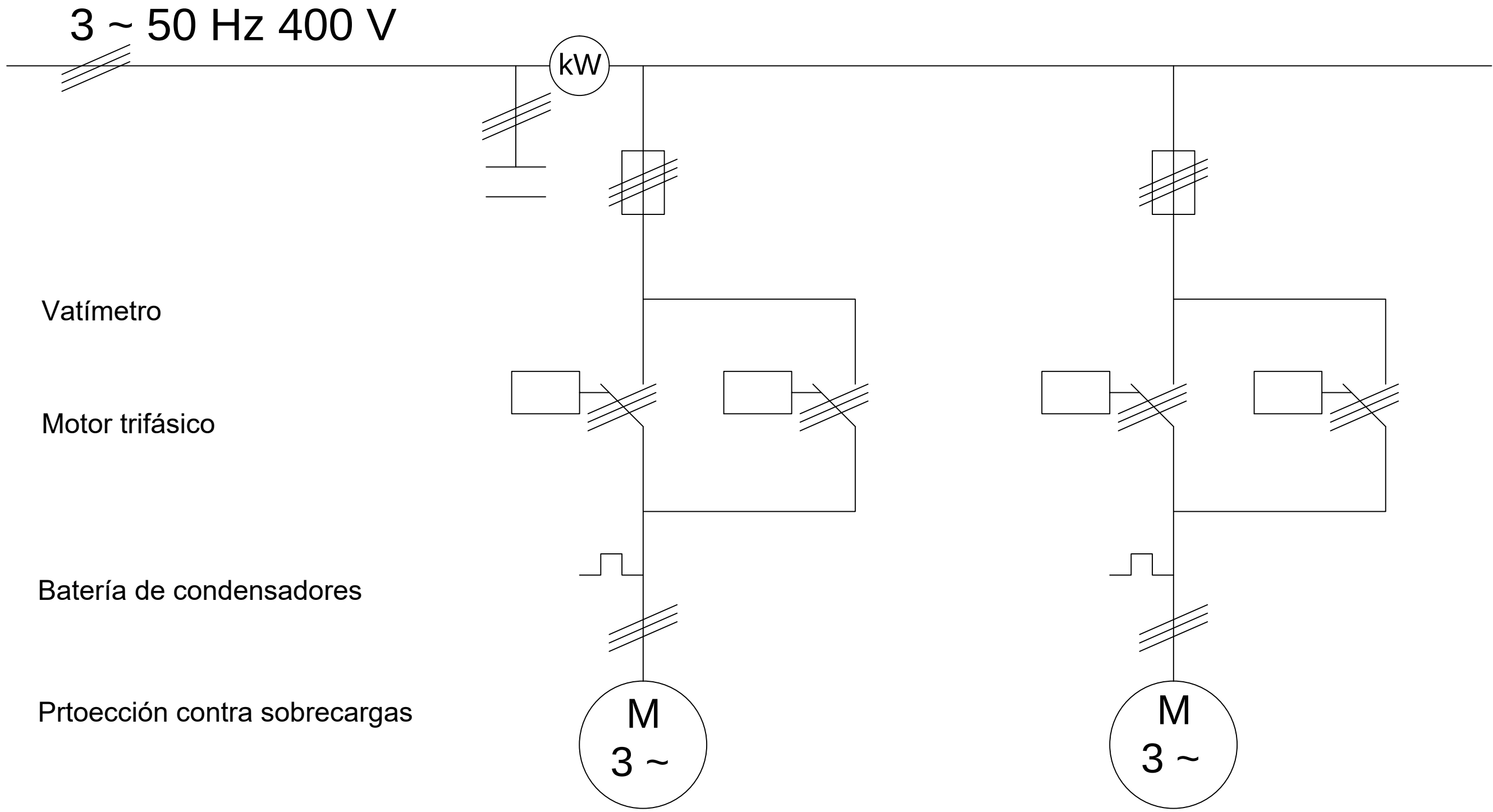
1. Vástago
2. Sellado superior NBR
3. Juntas tórica NBR
4. Cojinete
5. Tapa
6. Collarín de empuje
7. Manguito inferior EPDM
8. Tornillos
9. Junta de perfil
10. Tuerca de la compuerta
11. Compuerta
12. Cuerpo

Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 07/06/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 200	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 17
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 07/06/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25	



- 1. Vástago
- 2. Sellado superior NBR
- 3. Juntas tórica NBR
- 4. Cojinete
- 5. Tapa
- 6. Collarín de empuje
- 7. Manguito inferior EPDM
- 8. Tornillos
- 9. Junta de perfil
- 10. Tuerca de la compuerta
- 11. Compuerta
- 12. Cuerpo

Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 07/06/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: VÁLVULA DE COMPUERTA DN 150	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 18
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 07/06/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: 1:25	



Escuela Técnica Superior de Ingeniería I.C.A.I.	Proyecto: ESTACIÓN DE BOMBEO	Plano Dibujado: 11/06/16	Javier Galindo Ráfales	Plano: DIAGRAMA UNIFILAR	Fecha: Julio 2016	Nº Plano: 19
	Autor: Javier Galindo Ráfales	Plano Comprobado: 11/06/16	Íñigo Sanz Fernández		Escala: Sin escala	

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

3.1 DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES	341
3.1.1 OBJETO DEL PLIEGO	341
3.1.2 DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS	341
3.1.3 NORMAS Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN.....	341
3.1.3.1 CONDICIONES GENERALES.....	341
3.1.3.2 CONDICIONES PARTICULARES	343
3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	349
3.2.1 TOMA DE AGUA DESDE EL CANAL DE TAUSTE	349
3.2.2 ESTACIÓN DE BOMBEO	349
3.2.3 TUBERÍA DE IMPULSIÓN.....	350
3.2.4 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO	350
3.2.5 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	350
3.3 CONDICIONES GENERALES.....	351
3.3.1 REPRESENTANTES DE LA PROPIEDAD Y DEL CONTRATISTA	351
3.3.2 PERSONAL DEL CONTRATISTA.....	351
3.3.3 ORDENES AL CONTRATISTA.....	351
3.3.4 CONTRADICCIONES, OMISIONES Y MODIFICACIONES DEL PROYECTO	352
3.3.5 ALTERACIONES Y/O LIMITACIONES DEL PROGRAMA DE TRABAJO	352
3.3.6 PLAN DE AUTOCONTROL	353
3.3.7 PRECAUCIONES A ADOPTAR DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	354
3.3.8 SEÑALIZACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE SU EJECUCIÓN.....	355
3.3.9 MANTENIMIENTO DE SERVIDUMBRE Y SERVICIOS.....	355
3.3.10 TERRENOS DISPONIBLES PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	356
3.3.11 ACCESO A LAS OBRAS.....	356
3.3.12 EQUIPOS, MAQUINARIAS Y MEDIOS AUXILIARES A APORTAR POR EL CONTRATISTA	357
3.3.13 TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA.....	358
3.3.14 SUBCONTRATOS	358
3.3.15 OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDADES	359

3.3.16 CONSERVACION DE LAS OBRAS, RECEPCION Y PLAZO DE GARANTIA	360
3.4 CONDICIONES PARTICULARES	362
3.4.1 CONDICIONES DE LA OBRA CIVIL.....	362
3.4.1.1 LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	362
3.4.1.2 RETIRADA Y ACOPIO DE TIERRA VEGETAL	365
3.4.1.3 EXCAVACIÓN EN EXPLANACIÓN	366
3.4.1.4 EXCAVACIÓN EN ZANJA O POZO	370
3.4.1.5 CEMENTOS.....	372
3.4.1.6 HORMIGONES	375
3.4.1.7 ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	380
3.4.1.8 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE ARQUETAS	381
3.4.2 CONDICIONES DE TUBERÍAS Y EQUIPOS	381
3.4.2.1 VÁLVULAS DE COMPUERTA.....	381
3.4.2.2 VÁLVULAS DE RETENCIÓN.....	382
3.4.2.3 CAUDALÍMETROS	383
3.4.2.4 BOMBAS	384
3.4.2.5 CALDERINES ANTIARIETE.....	389
3.4.2.6 BARANDILLAS	390
3.4.2.7 REJAS DE DESBASTE	391
3.4.2.8 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE INTERIOR EN MEDIA TENSIÓN	391

3.1 DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

3.1.1 OBJETO DEL PLIEGO

El presente Pliego se refiere a las obras definidas en el proyecto “ESTACIÓN DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE RIEGO”.

Este documento incluye las condiciones que regularán la construcción de las obras, tanto desde el punto de vista técnico como administrativo y económico. El Pliego comprende las disposiciones de tipo administrativo o legal y las condiciones en relación a los materiales y a la ejecución de las obras.

3.1.2 DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS

Las obras se definen en los documentos incluidos en el presente Proyecto que se compone de los siguientes documentos:

Documento nº 1. Memoria

Documento nº 2. Planos

Documento nº 3. Pliego de Condiciones

Documento nº 4. Presupuesto

3.1.3 NORMAS Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN

3.1.3.1 CONDICIONES GENERALES

Una vez resuelta la adjudicación del contrato de las obras, éste se regulará según lo preceptuado en las normas que a continuación se relacionan:

- Ley 47/2003, de 26 de noviembre, General Presupuestaria.
- Normas de Derecho Administrativo, Mercantil, Civil o Laboral, salvo en las materias en que sea de aplicación la Ley anterior.
- Normativa presupuestaria, contable, de control financiero y contratación que sea de aplicación de acuerdo con la Disposición adicional duodécima de la LOFAGE.

Además, la ejecución de las obras quedará sujeta a las prescripciones legales en materia de prevención de riesgos laborales y de seguridad y salud, contenidas tanto en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales con las modificaciones realizadas por la Ley 54/2003 de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales, y en sus normas de desarrollo, como en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud de las obras de construcción.

Igualmente se tendrán en cuenta, cuantas disposiciones de carácter técnico, general y obligatorio estén vigentes, en materia de seguridad y salud en el momento de la adjudicación, o se publiquen durante la vigencia del contrato, si tienen trascendencia para la seguridad de las obras.

En dicha normativa están incluidas las siguientes normas y las que figuran en el apartado 1.6.14 de este trabajo:

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales, 31/1995, de 8 de noviembre, con las modificaciones realizadas por la Ley 54/2003 de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/1997 de 17 de enero).
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Real Decreto 485/1997, de 4 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en el trabajo.
- Ordenanza laboral de la construcción de 28 de agosto de 1970.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE núm. 60 de 11 de marzo.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección Individual. (BOE 28/12/92. Corrección de erratas BOE 24/2/93)
- Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos. En particular dorso lumbares para los trabajadores. (BOE 23/4/97)

3.1.3.2 CONDICIONES PARTICULARES

En aquellas cuestiones que no se hallen explícitamente reguladas en el presente documento Pliego de Condiciones, serán de aplicación aquellas prescripciones aplicables al tipo de obra de que se trate contenidas en las siguientes normativas, así como en las normativas aprobadas con posterioridad a la fecha de redacción del presente proyecto y que deroguen las anteriores:

NORMAS RELATIVAS A AGUAS

- **Unión Europea**
 - o DIRECTIVA 2000/60, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
 - o DIRECTIVAS del Parlamento Europeo y del Consejo 2008/32/CE de 11 de marzo de
 - o 2008 y 2008/105/CE de 16 de diciembre de 2008 por las que se modifica la DIRECTIVA 2000/60.
- **Estado Español**
 - o LEY 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
 - o REAL DECRETO 2129/2004, de 29 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 650/1987, de 8 de mayo, por el que se definen los ámbitos territoriales de los Organismos de cuenca y de los planes hidrológicos.
 - o REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
 - o REAL DECRETO 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
 - o REAL DECRETO 4/2007, de 13 de abril, por el que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.
 - o REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
 - o LEY 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
 - o REAL DECRETO 1664/1998, de 24 de julio, por el que se aprueban los planes hidrológicos de cuenca.
 - o REAL DECRETO 1315/1992, de 30 de octubre, por el que se modifica parcialmente el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
 - o 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, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley 29/85, de 2 de agosto, de aguas.

- o REAL DECRETO 650/1987, de 8 de mayo, por el que se definen los ámbitos territoriales de los organismos de cuenca y de los planes hidrológicos.
- o REAL DECRETO 849/86 de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar I, IV, V, VI, y VII, de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

NORMAS RELATIVAS A CÁLCULOS ESTRUCTURALES

- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08 (editada por el MF en 2.008).
- Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, aprobada por Real Decreto nº 997/2002 de 12 de diciembre de 2002.
- Código Técnico de la Edificación, aprobado en el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, modificado por la Orden Ministerial VIV/984/2009 de 15 de abril.
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el CTE
- Eurocódigos:
 - o ENV 1991: EC 1 – Bases de diseño y acciones.
 - o ENV 1992: EC 2 – Estructuras de hormigón.
 - o ENV 1993: EC 3 – Estructuras metálicas.
 - o ENV 1994: EC 4 – Estructuras mixtas.
 - o ENV 1996: EC 6 – Estructuras de fábrica de ladrillo.
 - o ENV 1997: EC7 – Proyecto geotécnico.
 - o ENV 1998: EC8 – Estructuras resistentes al sismo.
 - o ENV 1999: EC9 – Estructuras de aluminio.
- British Standard Code of Practice for Design of concrete structures for retaining aqueous liquids. BS8007.
- ACI 318. Building Code Requirements for Reinforced Concrete. ACI 318S-08, en español.
- ACI 307-95. Standard Practice for the Design and Construction of Reinforced Concrete Chimneys.
- CEB. Recomendaciones internacionales unificadas en el cálculo y ejecución de obras de hormigón.
- Instrucción para la recepción de cementos (RC-08) aprobada por el Real Decreto 956/2008, de 6 de junio.

NORMAS RELATIVAS A ACEROS

- UNE-EN 10020:2001 Definición y clasificación de los tipos de acero.
- UNE-EN 10025-2:2006 Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados.
- UNE-EN ISO 636:2009. Consumibles para el soldeo. Varillas, alambres y depósitos para el soldeo bajo atmósfera inerte con el electrodo de tungsteno de aceros no aleados y aceros de grano fino.

- NORMA ISO-9691-1:2003 Soldeo y procesos afines. Recomendaciones para la preparación de uniones. Parte 1: Soldeo por arco con electrodos revestidos, Soldeo por arco protegido con gas y electrodo de aporte, Soldeo por llama, Soldeo por arco con gas inerte y electrodo de wolframio y Soldeo por haz de alta energía de aceros.
- UNE 14618:2000 Inspectores de soldadura. Cualificación y certificación.
- UNE EN 473:2009 Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos.
- UNE EN 571-1: 1997 Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes. Parte 1: - Principios generales.
- UNE EN ISO 14731:2008 Coordinación del soldeo. Tareas y responsabilidades. (ISO 14731:2006).
- UNE EN ISO 3834-1:2006 Requisitos de la calidad para el soldeo. Soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 1: Directrices para su selección y utilización. (ISO 3834-1:2005).
- UNE EN ISO 3834-2:2006 Requisitos de la calidad para el soldeo. Soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 2: Requisitos de calidad completos. (ISO 3834-2:2005).
- UNE EN ISO 17632:2009 Consumibles para el soldeo. Alambres tubulares para el soldeo por arco con o sin gas de protección de aceros no aleados y aceros de grano fino. Clasificación. (ISO 17632:2004).
- UNE EN 970:1997, Examen no destructivo de soldaduras por fusión. Examen visual.
- UNE EN 1418:1998, Personal de soldadura. Ensayos de cualificación de los operadores de soldeo para el soldeo por fusión y de los ajustadores de soldeo por resistencia para el soldeo automático y totalmente mecanizado de materiales metálicos.
- UNE EN 1435:1998/A2:2006, Examen no destructivo de soldaduras. Examen radiográfico de uniones soldadas.
- UNE EN 1713:1998/A2:2006, Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo ultrasónico. Caracterización de las indicaciones en las uniones soldadas.
- UNE EN 1714:1998/A2:2006, Ensayo no destructivo de soldaduras. Ensayo ultrasónico de uniones soldadas.
- UNE EN 10224:2003/A1:2006, Tubos y accesorios en acero no aleado para el transporte de líquidos acuosos, incluido agua para consumo humano. Condiciones técnicas de suministro.
- UNE EN 12062:1997, Ensayo no destructivo de soldaduras. Reglas generales para los materiales metálicos.
- UNE EN ISO 16834:2008 Consumibles para el soldeo. Electrodos de alambre, alambres, varillas y depósitos para el soldeo por arco de metal con protección gaseosa de aceros de alta resistencia. Clasificación.
- UNE EN ISO 18276:2007, Consumibles para el soldeo. Alambres tubulares para el soldeo por arco con protección gaseosa de aceros de alta resistencia. Clasificación (ISO 18276:2005).
- Norma UNE 10204:2006 Productos metálicos. Tipos de documentación de inspección.

- UNE EN ISO 15607:2004 Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales (ISO 15607:2003)
- UNE-EN ISO 15609-1-3-4-5:2005, 15609-2:2002/A1:2004 Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Partes 1, 2, 3, 4 y 5.
- UNE EN ISO 14175:2009 Productos de aportación para el soldeo. Gases de protección para el soldeo y para el corte con arco eléctrico. (ISO 14175:2008).
- UNE EN 440:1995 Productos de aportación para el soldeo. Alambres y depósitos para el soldeo por arco con protección gaseosa de aceros no aleados y aceros de grano fino. Clasificación.
- UNE-EN ISO 8501-1-3-4:2008 y 8501-2:2002 Preparación de los sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Partes 1, 2, 3 y 4.

NORMAS RELATIVAS A TUBERÍAS, VÁLVULAS Y ELEMENTOS HIDRÁULICOS

- CEDEX: Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión.
- CEDEX: Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano.
- CEDEX: Recomendaciones para el proyecto de canales.
- NORMA UNE-EN-10224: 2003/ A1:2006 Tubos y accesorios en acero no aleado para el transporte de líquidos acuosos, incluido agua para consumo humano.
- NORMA UNE-EN 10025-2:2006 Productos laminados en caliente, de acero no aleado para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.
- UNE EN 1796:2006/A1:2009 Sistemas de canalización enterrados de materiales plásticos para aplicaciones con y sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resinas de poliéster insaturadas (UP).
- NBS PS 15/69: Equipos de procesos anticorrosivos con PRFV moldeados por contacto.
- MOPU: Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de saneamiento de poblaciones. Apto.11: Tubos de poliéster reforzados con fibra de vidrio (PRFV).
- ASTM D3262: Tuberías de PRFV para conducciones de saneamiento a gravedad.
- ASTM D3754: Tuberías de PRFV para conducciones de saneamiento a presión.
- DIN 16868: Tuberías y accesorios de PRFV.
- Ensayo rigidez DIN 53 769.
- Deflexiones iniciales DIN 16 869 y DIN 19 565.
- Ensayos hidrostáticos DIN 53 758 y las exigencias de DIN 16 869.
- UNE-EN 1229:1996 / Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos y accesorios de plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Métodos de ensayo para comprobar la estanqueidad de la pared sometida a una presión interna a corto plazo.
- UNE-EN 1228:1996 / Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos y accesorios de plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio (PRFV).
- Determinación de la rigidez circunferencial específica inicial.

- ISO 10 639:2004 Tuberías en materiales plásticos para la alimentación de agua con o sin presión.
- UNE-EN 637. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Tubos y accesorios de plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Determinación del contenido de materiales constituyentes por el método gravimétrico.
- UNE-EN 805:00.- Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
- UNE-EN 806-1: 01 y su Modificación de 02.- Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 1: Generalidades.
- UNE-ENV 1046: 02.- Sistemas de canalización en materiales plásticos. Sistemas de conducción de agua o saneamiento en el exterior de la estructura de los edificios. Práctica recomendada para la instalación aérea y enterrada.
- NORMA API-5L: 2000 Specification for line pipes.
- UNE-EN 1295:1998-1, Cálculo de la resistencia mecánica de tuberías enterradas bajo diferentes condiciones de carga. Parte 1. Requisitos generales.
- UNE-EN 736-1:1996, Válvulas. Terminología.
- UNE-EN 1074-1-2-3-4-5:2001, 1074-2/A1:2004, 1074-6:2004 y 1074-1:2001 ERRATUM. Valvulería para abastecimiento de agua. Prescripciones de aptitud al empleo y ensayos de verificaciones aplicables. Partes 1, 2, 3, 4, 5 y 6.
- ORDEN MINISTERIAL de 28 de Julio de 1974 (B.O.E. nº. 236 y 237 de 2, 3 y 30 de Octubre 1974) por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua y se crea una “Comisión permanente de tuberías de abastecimiento de agua y de saneamiento de poblaciones”

NORMAS RELATIVAS A SEGURIDAD Y SALUD

Se han enumerado en el apartado 1.6.14 de este proyecto. Incluyendo toda la normativa referente a la seguridad y salud de los trabajadores que participan en las tareas de ejecución de las obras de este proyecto.

NORMAS RELATIVAS A ELECTRICIDAD

En cuanto a los aspectos de electricidad, la normativa que se ha utilizado para la redacción del proyecto ha sido la siguiente:

- REGLAMENTO Electrotécnico para Baja Tensión (editado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, en 2.002).
- REGLAMENTO de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, aprobado por Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre (B.O.E. nº 311 de 27 de diciembre de 1968). y sus actualizaciones posteriores, en particular el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, que deroga (a efectos desde 19-09-2010) el Reglamento anterior.

- REGLAMENTO sobre condiciones técnicas y garantía de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (editado por el Ministerio de Industria y Energía, en 1.982). (B.O.E. 1-12-82)
- LEY 54/1997 de 27 de noviembre, de Regulación del Sector Eléctrico (B.O.E. 28 de noviembre de 1997)
- LEY 17/2007 de 3 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997 de 27 de noviembre.
- REAL DECRETO 1555/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. (B.O.E. de 27 de diciembre de 2000)
- Instrucciones Técnicas Complementarias (MIE-RAT), que desarrollan al citado Reglamento (Aprobadas por Orden del Minister de 18 de Octubre de 1984 B.O.E. de 25-10- 84).
- Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT (Aprobado por R.D. 842/2002 de 2 de Agosto B.O.E. nº 224 de 18-09-02).
- Además se aplicarán las Recomendaciones UNESA y se tendrán en cuenta las Ordenanzas Municipales y los condicionantes impuestos por los organismos públicos afectados.
- Normas Endesa S.A.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras a realizar en el proyecto objeto de diseño son las siguientes:

- Toma de agua desde el Canal de Tauste mediante una arqueta
- Estación de bombeo
- Tubería de impulsión
- Depósito de almacenamiento de agua
- Red de distribución

Las obras que se diseñan en el presente trabajo se presentan a continuación.

3.2.1 TOMA DE AGUA DESDE EL CANAL DE TAUSTE

La toma de agua del Canal de Tauste se realizará mediante la construcción de una arqueta. Esta arqueta se construirá junto al Canal de Tauste y de ella tomará el agua la estación de bombeo. La salida al canal se realizará mediante un tubo protegido por un marco de hormigón.

La arqueta tendrá las dimensiones que se especifican en su apartado correspondiente en el documento memoria. La solera de esta arqueta será de hormigón armado con un espesor no inferior a los 20 cm. Las paredes de la arqueta serán de hormigón con un espesor de 25 cm.

3.2.2 ESTACIÓN DE BOMBEO

La estación de bombeo estará formada por dos bombas modelo Z22-400/350-70 C344. Este modelo de bomba funciona en seco y tomará el agua de la arqueta de impulsión construida para tomar el agua del Canal de Tauste.

Aunque la estación cuente con dos bombas, solo una funcionará de modo regular. El otro grupo de bombeo funcionará en los momentos en los que se esté realizando el mantenimiento al otro grupo o en caso de avería, actuando de reserva.

La bomba que esté en funcionamiento bombeará un caudal de 1.149,03 m³/h a una altura de 119 m.

En la conducción que une la arqueta de impulsión con la bomba se instalarán válvulas antirretorno y de cierre. A la salida de la bomba también se instalará válvulas antirretorno y de cierre. Las tuberías que salen de las bombas son de DN 350, por lo que es necesario utilizar dos ampliaciones para conectar con la tubería de impulsión, de DN 600.

3.2.3 TUBERÍA DE IMPULSIÓN

La tubería de impulsión une la estación de bombeo con el depósito de almacenamiento que servirá de cabecera de la red de distribución del agua de riego. Esta tubería tiene una longitud de 2.473,13 m. La conducción es de hormigón en masa con un diámetro nominal DN 600.

La tubería de impulsión está diseñada para que discurra paralela a un camino forestal no pavimentado. El camino une la carretera NA-126 con el Cabezo Espinoso, donde se instalará el depósito de almacenamiento de agua.

La tubería discurrirá al aire, paralela al camino forestal. Se instala de esta manera y no enterrada en zanja para facilitar el acceso a la tubería en caso de fuga o mantenimiento. Al mismo tiempo se agilizan los trabajos de instalación y se reduce el coste de la misma.

3.2.4 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO

El depósito de almacenamiento de agua se utilizará para acumular el agua bombeada desde la estación de bombeo en la cabecera de la red. Esto permitirá regular el agua distribuida a las parcelas de riego de una manera más cómoda.

El depósito se encuentra ubicado en el Cabezo Espinoso, con una cota geométrica de 358 m.

El depósito se ha diseñado con una capacidad de 6.283 m³. Tendrá un diámetro de 40 m y una altura de 5 m. Se construirá con chapa grecada de acero. Este material permite construir depósitos de hasta 6 m de altura sin necesidad de taludes ni terraplenes.

3.2.5 RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución diseñada en este proyecto conectará el depósito de almacenamiento con cada uno de los puntos de consumo de las parcelas de riego diseñadas.

Las conducciones que se emplearán para construir la red de distribución serán de polietileno de baja densidad para uso agrícola. Se ha diseñado un turno de riego que optimiza los costes del diseño de la red y las pérdidas de carga. En la cabecera de cada línea que abastece a una zona de riego se instalará una válvula de corte que permitirá el control del caudal que circula por la misma. Los diámetros de cada una de las conducciones se han determinado de manera que el diseño sea lo más económico posible, cumpliendo con la condición de 12 mca de altura en los puntos de consumo.

3.3 CONDICIONES GENERALES

3.3.1 REPRESENTANTES DE LA PROPIEDAD Y DEL CONTRATISTA

El director de obra, como representante de la propiedad, resolverá sobre todos los problemas que se planteen durante la ejecución de los trabajos del presente proyecto, de acuerdo con las atribuciones que le conceda la propiedad y que serán conocidas por el contratista.

De forma especial, el contratista deberá seguir sus instrucciones en cuanto se refiere a la calidad y acopio de materiales, ejecución de las unidades de obra, interpretación de planos y especificaciones, modificaciones del proyecto, programa de ejecución de los trabajos y precauciones a adoptar en el desarrollo de los mismos, así como en lo relacionado con la conservación del medio ambiente que pueda ser afectado por las instalaciones o por la ejecución de préstamos, caballeros, vertederos, acopios o cualquier otro tipo de trabajo.

3.3.2 PERSONAL DEL CONTRATISTA

El jefe de obra y delegado del contratista tendrá la titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y quedará adscrito a ella con carácter exclusivo. Será formalmente propuesto por el contratista al Ingeniero Director de Obra, para su aceptación, que podrá ser denegada por el director, en un principio y en cualquier momento del curso de la obra, si hubiere motivos para ello a juicio de este. Tendrá obligación de residencia en las proximidades de la obra.

No podrá ser sustituido por el contratista sin la conformidad por escrito del Director de Obra.

El Director de Obra podrá exigir que no se ejecute la obra si no hay nombrado, aceptado y presente un Jefe de Obra del Contratista, siendo en tal caso el Contratista responsable de la demora y de sus consecuencias.

3.3.3 ORDENES AL CONTRATISTA

El Jefe de Obra, será el interlocutor del Director de Obra, con obligación de recibir todas las comunicaciones verbales y/o escritas que dé el Director, directamente o a través de otras personas, debiendo cerciorarse, en este caso, de que están autorizadas para ello y/o verificar el mensaje y confirmarlo, según su procedencia, urgencia e importancia. Todo ello sin perjuicio de que el Director pueda comunicar directamente con el resto del personal subalterno, que deberá informar seguidamente a su Jefe de Obra.

El Jefe de Obra es responsable de que dichas comunicaciones lleguen fielmente hasta las personas que deben ejecutarlas y de que se ejecuten. Es responsable de que todas las comunicaciones escritas de la Dirección de Obra, incluso planos de obra, ensayos y mediciones, estén custodiadas, ordenadas cronológicamente y disponibles en obra para su consulta en cualquier momento.

El Jefe de Obra tendrá obligación de estar enterado de todas las circunstancias y desarrollo de los trabajos de la obra e informará al Director de Obra a su requerimiento en todo momento, o sin necesidad de requerimiento, si fuese necesario o conveniente.

Lo expresado vale también para los trabajos que efectuasen subcontratistas o destajistas, en el caso de que fuesen autorizados por la Dirección de Obra.

Se abrirá el libro de Incidencias de acuerdo con lo previsto en el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, y en el R.D. 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica.

El Libro de Incidencias debe ser custodiado por el Coordinador de Seguridad y Salud.

3.3.4 CONTRADICCIONES, OMISIONES Y MODIFICACIONES DEL PROYECTO

Lo mencionado en el presente Pliego y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera desarrollado en ambos documentos. En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último.

Si el Director de Obra encontrase incompatibilidad en la aplicación conjunta de todas las limitaciones técnicas que definen una unidad, aplicará solamente aquellas limitaciones que, a su juicio, reporten mayor calidad.

El Contratista estará obligado a poner cuanto antes en conocimiento del Director de Obra cualquier discrepancia que observe entre los distintos planos del Proyecto o cualquier otra circunstancia surgida durante la ejecución de los trabajos, que diese lugar a posibles modificaciones del Proyecto.

Como consecuencia de la información recibida del Contratista, o propia iniciativa a la vista de las necesidades de la Obra, el Director de la misma podrá ordenar y proponer las modificaciones que considere necesarias de acuerdo con el presente Pliego y la Legislación vigente sobre la materia.

3.3.5 ALTERACIONES Y/O LIMITACIONES DEL PROGRAMA DE TRABAJO

La ejecución de las obras comenzará con el acta de comprobación del replanteo. A tales efectos, dentro del plazo que se consigne en el contrato, que no podrá ser superior a un mes desde la fecha de su formalización, salvo casos excepcionales justificados, La Dirección de Obra procederá, en presencia del Contratista, a efectuar la comprobación del replanteo hecho previamente a la licitación, extendiéndose acta del resultado, que será firmada por ambas partes interesadas, remitiéndose un ejemplar de la misma la propiedad.

El Contratista presentará un programa de trabajo en el plazo máximo de quince días desde la notificación de la adjudicación. La dirección de obra definirá que actividades incluidas en el programa tendrán las características, en atención a su significación e importancia, de unidades o hitos que marquen plazos parciales de inexcusable cumplimiento.

El mencionado Programa de Trabajo tendrá carácter de compromiso formal en cuanto al cumplimiento de los plazos parciales establecidos. Solo se podrán modificar estos plazos con el consentimiento, por escrito, de la Dirección de Obra y la aprobación de la Dirección Técnica.

La falta de cumplimiento de dicho programa y sus plazos parciales, en el mismo momento en que se produzcan, podrá dar lugar a la inmediata propuesta de resolución y al encargo de ejecución de las obras a otros contratistas, así como a las sanciones económicas que correspondan.

Cuando el contrato se resuelva por incumplimiento del Contratista le será incautada la garantía y deberá, además, indemnizar a la propiedad los daños y perjuicios ocasionados en lo que excedan del importe de la garantía incautada.

En todo caso, el acuerdo de resolución contendrá pronunciamiento expreso acerca de la procedencia o no de la pérdida, devolución o cancelación de la garantía constituida.

Iniciado el expediente de resolución de un contrato cuyas obras hayan de ser continuadas por otro contratista o por la propiedad, se preparará seguidamente la propuesta de liquidación de las mismas.

La liquidación comprenderá la constatación y medición de las obras ya realizadas, especificando las que sean de recibo y fijando los saldos pertinentes en favor o en contra del Contratista.

La liquidación se notificará al Contratista al mismo tiempo que el acuerdo de resolución.

3.3.6 PLAN DE AUTOCONTROL

El Contratista es responsable de la calidad de las obras que ejecuta.

Antes del comienzo de las obras, el Contratista someterá a la aprobación de la Dirección Técnica el Plan de Autocontrol de Calidad (PAC) que haya previsto, con especificación detallada de los medios humanos y materiales que se compromete a utilizar durante el desarrollo de las obras para este fin.

En este Plan, que se redactará respetando los requisitos de las Normas ISO 9002 y 14002, se definirá el alcance en cuanto a controles de plantas y de suministros, así como el tipo e intensidad de ensayos de control de calidad a realizar en todas las unidades de obra susceptibles de ello.

Inexorablemente, comprenderá la realización de ensayos de compactación de rellenos así como los ensayos previos que justifiquen la adecuada calidad de los materiales de los mismos (sean del emplazamiento, de la traza o de préstamos) con una intensidad suficiente para poder garantizar en todas y cada una de las tongadas el cumplimiento de las condiciones exigidas en las especificaciones de este Pliego, sin tener que recurrirse necesariamente al control que realice por su cuenta la Dirección de Obra.

El mismo alto nivel de intensidad deberá ser contemplado por el Contratista en su Plan de Autocontrol en lo relativo a los hormigones, determinando consistencias y rompiendo probetas en diversos plazos para poder determinar, en cada uno de los elementos ejecutados, el cumplimiento de las exigencias del Proyecto. Dicho nivel de intensidad se mantendrá también en el control de calidad del material de las barras de acero corrugado y de cualquier elemento metálico.

El mismo alto nivel de intensidad deberá ser contemplado por el Contratista en su Plan de Autocontrol en lo relativo al control de la ejecución de la puesta en obra de las tuberías, válvulas y equipos y sus juntas o soldadura, garantizándose el cumplimiento de las exigencias del Proyecto.

En las demás unidades de obra, el Contratista se comprometerá con este Plan a la realización de ensayos suficientes para poder garantizar la calidad exigida.

Los resultados de todos estos ensayos, serán puestos en conocimiento de la Dirección de Obra, inmediatamente después de su obtención en impresos normalizados que deberán ser propuestos por el Contratista en el Plan de Autocontrol.

El Plan de Autocontrol (P.A.C.) deberá indicar claramente el proceso de generación de no conformidades y su cierre. Se debe hacer una mención expresa a la ISO 9002. Asimismo se recogerán en el P.A.C. los ensayos y demás verificaciones que garanticen la calidad idónea de los suministros.

La Dirección de Obra tendrá acceso directo a la ejecución de cualquier ensayo y a la obtención sin demora de sus resultados del Contratista. Igualmente podrá entrar en contacto directo con el personal que el Contratista empleará en su autocontrol con dedicación exclusiva y cuya relación, será recogida en el Plan de Autocontrol, incluyendo sus respectivos "Curricula Vitae" y experiencias en actividades similares.

3.3.7 PRECAUCIONES A ADOPTAR DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista adoptará bajo su entera responsabilidad, todas las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones vigentes referentes a la prevención de accidentes, incendios y daños a terceros, y seguirá las instrucciones complementarias que diere, a este respecto, la Dirección de Obra.

Especialmente, el Contratista adoptará las medidas necesarias para evitar la contaminación del agua por efecto de los combustibles, aceites, ligantes o cualquier otro material que pueda ser perjudicial. Además pondrá especial cuidado en implantar y cumplir todas y cada una de las medidas de Integración Ambiental durante la ejecución de las obras incluidas en el presente Proyecto. A tal efecto, el Contratista conoce la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto y deberá cumplir su contenido en todos aquellos conceptos que le afecten.

3.3.8 SEÑALIZACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE SU EJECUCIÓN

El Contratista adjudicatario de las obras, está obligado a instalar y mantener a su costa y bajo su responsabilidad las señalizaciones necesarias, balizamiento, iluminación y protecciones adecuadas para las obras, tanto de carácter diurno como nocturno, ateniéndose en todo momento a las vigentes reglamentaciones y obteniendo en todo caso las autorizaciones necesarias para las ejecuciones de las distintas partes de la obra.

El tipo de vallas, iluminación, pintura y señales circulatorias, direccionales, de precaución y peligro, se ajustará a los modelos que fije la Dirección Técnica, debiendo mantener permanentemente a vigilancia con la responsabilidad de la colocación y conservación de dichas señales.

A estos efectos se advierte que los cordones de tierra acopiados al borde de zanja y procedentes de la excavación que se dejen en esta ubicación para su futuro empleo como rellenos de la misma, y a pesar de su función de disuasión, no tendrán la consideración de protección, como tal, debiendo preverse la necesaria protección de la zanja incluso en el borde anejo a este cordón de acopio, para evitar la caída en la zona excavada de personas o animales o cosas.

3.3.9 MANTENIMIENTO DE SERVIDUMBRE Y SERVICIOS

Para el mantenimiento de servidumbres y servicios existentes, el Contratista dispondrá todos los medios que sean necesarios, sometiéndose en caso preciso a lo que ordene la Dirección de Obra, cuyas resoluciones discrecionales a este respecto serán inapelables, siendo el Contratista responsable de los daños y perjuicios que por incumplimiento de esta prescripción puedan resultar exigibles. El abono de los gastos que este mantenimiento ocasione se encuentra comprendido en los precios de las distintas unidades de obra.

La determinación, en la zona de las obras, de la situación exacta de las servidumbres y servicios públicos para su mantenimiento en su estado actual, es obligación del Contratista y serán de su cuenta todos los daños y perjuicios que el incumplimiento de esta prescripción ocasione.

El tráfico, tanto de peatones como rodado, será restituido en cada parte de obra tan pronto como sea posible, debiendo siempre permitir el acceso a las fincas y lugares de uso público y sin que ello altere los plazos parciales y totales del Plan de Obra. El Contratista está obligado a permitir a las Compañías Suministradoras de Servicios (Gas, Teléfonos, Electricidad, Fibra óptica, Agua, Saneamiento, etc.) la inspección de sus conducciones así como la instalación de nuevas conducciones en la zona de la obra, de acuerdo con las instrucciones que señale la Dirección de la Obra, con objeto de evitar futuras afecciones a la obra terminada.

El Contratista queda obligado a dejar libres las vías públicas debiendo realizar a su costa los trabajos necesarios para dejar tránsito a peatones y vehículos durante la ejecución de las obras, así como a realizar las operaciones requeridas para desviar acequias, tuberías, cables eléctricos y, en general, cualquier instalación que sea necesario modificar, siendo el importe de dichos trabajos de su cuenta y a su cargo.

3.3.10 TERRENOS DISPONIBLES PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

El Contratista podrá disponer de aquellos espacios adyacentes o próximos al tajo mismo de obra, expresamente recogidos en el proyecto como ocupación temporal, para el acopio de materiales, la ubicación de instalaciones auxiliares o el movimiento de equipos y personal.

Será de su cuenta y responsabilidad la reposición de estos terrenos a su estado original y la reparación de los deterioros que hubiera podido ocasionar en las propiedades.

La provisión de aquellos espacios y accesos provisionales que, no estando expresamente recogidos en el proyecto, decidiera utilizar para la ejecución de las obras será totalmente de cuenta del Contratista que también se ocupará de la tramitación administrativa y medio ambiental para obtener las autorizaciones.

3.3.11 ACCESO A LAS OBRAS

Construcción de caminos de acceso

Los caminos y accesos provisionales a los diferentes tajos serán gestionados y construidos por el Contratista, bajo su responsabilidad y a su cargo. La Dirección de Obra podrá pedir que todos o parte de ellos sean construidos antes del inicio de las obras.

El Contratista quedará obligado a reconstruir por su cuenta todas aquellas obras, construcciones e instalaciones de servicio público o privado, tales como redes subterráneas de telefonía, fibra óptica y cable, líneas eléctricas, conducciones de abastecimiento, colectores de saneamiento, gasoductos, oleoductos, etilenoductos, obras de drenaje, depósitos de agua, combustible o de cualquier otro tipo, cualquier construcción enterrada o no, estructuras, pilotajes, muros pantalla, zapatas, túneles, galerías y cualquier otro elemento, construcción o canalización que se vean afectados por la construcción de los caminos y obras provisionales.

Igualmente deberá colocar la señalización necesaria en los cruces o desvíos con carreteras nacionales o locales y retirar de la obra a su cuenta y riesgo, todos los materiales y medios de construcción sobrantes, una vez terminada aquélla, dejando la zona perfectamente limpia.

Estos caminos o accesos provisionales estarán situados, en la medida de lo posible, fuera del lugar de emplazamiento de las obras definitivas. En el caso excepcional de que necesariamente hayan de producirse interferencias, las modificaciones posteriores para la ejecución de los trabajos serán a cargo del Contratista.

Conservación y uso

El Contratista conservará en condiciones adecuadas para su utilización los accesos y caminos provisionales de obra.

Los caminos particulares o públicos usados por el Contratista para el acceso a las obras y que hayan sido dañados por dicho uso, deberán ser reparados por su cuenta.

Ocupación temporal de terrenos para construcción de caminos de acceso a las obras.

Las autorizaciones necesarias para ocupar temporalmente terrenos para la construcción de caminos provisionales de acceso a las obras, no previstos en el Proyecto, serán gestionadas por el Contratista, quien deberá satisfacer por su cuenta las indemnizaciones correspondientes y realizar los trabajos para restituir los terrenos a su estado inicial tras la ocupación temporal.

3.3.12 EQUIPOS, MAQUINARIAS Y MEDIOS AUXILIARES A APORTAR POR EL CONTRATISTA

Todos los aparatos de control y medida, maquinarias, herramientas y medios auxiliares que constituyen el equipo a aportar por el Contratista y responsabilidad de éste para la correcta ejecución de las Obras deberán reunir las debidas condiciones de idoneidad, pudiendo rechazar la Dirección de Obra cualquier elemento que, a su juicio, no reúna las referidas condiciones.

Si durante la ejecución de las Obras, el Director estimara que, por cambio en las condiciones de trabajo o cualquier otro motivo, el equipo aprobado no es idóneo al fin propuesto, podrá exigir su refuerzo o sustitución por otro más adecuado.

El equipo quedará adscrito a la Obra en tanto se hallen en ejecución las unidades en las que ha de utilizarse, no pudiéndose retirar elemento alguno del mismo sin consentimiento expreso del Director de Obra.

En caso de avería, por causas meteorológicas, actos de vandalismo, robo o cualquier otra causa, deberán ser reparados los elementos averiados o inutilizados siempre que su reparación, por cuenta del Contratista, exija plazos que no alteren el Programa de Trabajo que fuera de aplicación. En caso contrario deberá ser sustituido el equipo completo.

En todo caso, la conservación, vigilancia, reparación y/o sustitución de los elementos que integren el equipo aportado por el Contratista, será de la exclusiva cuenta y cargo del mismo.

La maquinaria, herramientas y medios auxiliares que emplee el Contratista para la ejecución de los trabajos no serán nunca abonables, pues ya se ha tenido en cuenta al hacer la composición de los precios entendiéndose que, aunque en los Cuadros de Precios no figuren indicados de una manera explícita alguna o algunos de ellos, todos ellos se considerarán incluidos en el precio correspondiente.

Los medios auxiliares que garanticen la seguridad del personal operario son de exclusiva responsabilidad y cargo del Contratista.

3.3.13 TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA

El Contratista construirá las obras y suministrará y montará cada una de las obras y/o equipos definidos en este Pliego y en los Planos del Proyecto, junto con todos los accesorios necesarios para su buen funcionamiento.

Aquellos equipos cuyo diseño y proyecto definitivo sean de cuenta del Contratista, serán proyectados de acuerdo con las normas vigentes en cada caso, dando debida justificación toda vez que sus bases de cálculo se aparten de las normas vigentes o de las condiciones contenidas en este Pliego.

El Contratista notificará a la Dirección de Obra la fecha y el lugar en que se realizarán las pruebas con suficiente anticipación en cada caso, presentando al Director de Obra toda la documentación necesaria que las describa así como la normativa que las contemple.

El Contratista suministrará los servicios de un equipo técnico de montaje, experimentado y competente, necesario para la realización de los ajustes que pudieran ser requeridos en obra, e inspección de la instalación terminada, así como también los servicios del personal técnico competente, necesario para la instrucción del personal que estará a cargo de los equipos mecánicos o eléctricos montados.

Asimismo suministrará los planos de conjunto y detalle necesarios para la correcta interpretación de la ejecución y funcionamiento de los equipos, así como, también, los planos de detalle de todos los elementos de anclaje que deban empotrarse en la obra de hormigón.

3.3.14 SUBCONTRATOS

Ninguna parte de las obras podrá ser subcontratada sin consentimiento previo, solicitado por escrito, de la Dirección de Obra. Dicha solicitud incluirá los datos precisos para garantizar que el Subcontratista posee la capacidad suficiente para hacerse cargo de los trabajos en cuestión.

La celebración de los subcontratos estará condicionada a que se dé conocimiento por escrito a la Dirección de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes del contrato a realizar por el subcontratista.

Los subcontratistas quedarán obligados sólo ante el Contratista principal que asumirá, por tanto, la total responsabilidad de la ejecución del contrato frente a ACUAMED, con arreglo estricto a pliego de cláusulas administrativas particulares y a los términos del contrato.

En ningún caso podrá concertarse por el Contratista la ejecución parcial del contrato con personas y/o empresas inhabilitadas para contratar de acuerdo con el ordenamiento jurídico.

La aceptación del subcontrato no relevará al Contratista de su responsabilidad contractual.

La Dirección de Obra estará facultada para decidir la exclusión de aquellos subcontratistas que, previamente aceptados, no demuestren, durante los trabajos, poseer las condiciones requeridas para la ejecución de los mismos. El Contratista adoptará las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de dichos subcontratos renunciando de forma expresa a cualquier indemnización o pago por parte de la dirección técnica y sin que ello de lugar a ningún retraso en la planificación de la obra.

La dirección técnica no será responsable ante ningún Subcontratista, ni ante el personal de los mismos por ninguna reclamación. A tal efecto cuando se autorice la subcontratación, el contratista deberá presentar la renuncia expresa y escrita del Subcontratista a los derechos que le concede el artículo 1.597 de Código Civil. El Contratista indemnizará a la Dirección Técnica por cualquier pérdida o daño que se derive como resultado de cualquier reclamación de algún Subcontratista.

3.3.15 OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDADES

El Contratista obtendrá a su costa todos los permisos o licencias necesarios para la ejecución de las obras, con excepción de los correspondientes a la expropiación de las zonas de ubicación de las mismas, servidumbres de acueducto, o a permisos de ocupación temporal o permanente de las obras previstas en este proyecto así como en cualquier otro modificativo o adicional del presente.

Será responsable, hasta la recepción definitiva, de los daños y perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de los actos, omisiones o negligencia del personal a su cargo, o de una deficiente organización de las obras.

El Contratista está obligado previamente al comienzo de los trabajos a detectar, proteger, evitar o reponer en su caso, y a su cargo, salvo que esté expresamente recogido en Pliego y Presupuesto.

Todos los servicios existentes en uso o no, tales como redes subterráneas de telefonía, fibra óptica y cable, líneas eléctricas, conducciones de abastecimiento, colectores de saneamiento, gasoductos, oleoductos, etilenoductos, obras de drenaje, depósitos de agua, combustible o de cualquier otro tipo, cualquier construcción enterrada o no, estructuras, pilotajes, muros pantalla, zapatas, túneles, galerías, yacimientos arqueológicos y cualquier otro elemento, construcción o canalización que pudiera resultar dañado por la ejecución de cualquiera de los trabajos de la obra dentro de los límites de la misma.

Serán por lo tanto a cargo del Contratista todos los daños, perjuicios e indemnizaciones consecuencia de la rotura, interrupción y posterior reposición de cualquier elemento y servicio público o privado de los arriba mencionados.

El Contratista está obligado a detectar, proteger, evitar o reponer en las mismas condiciones anteriores cualquier servicio de los arriba mencionados fuera de los límites de la obra, siendo igualmente responsable de cualquier daño generado como consecuencia de actividades tales como el desvío de cauces, la ejecución de caminos provisionales de reposición de accesos y servidumbres, pistas de acceso a la obra, explotación de canteras, préstamos y vertederos, la implantación y explotación de cualquier instalación de obra, la derivación de caudales sin cumplir los requisitos correspondientes, y cualquier otra actividad que vaya a ser desarrollada por el Contratista.

El Contratista dará cuenta de todos los objetos de interés que se encuentren o descubran en la obra durante la ejecución de los trabajos a la Dirección de Obra y los colocará bajo su custodia.

También queda obligado al cumplimiento de lo establecido en las Reglamentaciones de Trabajo y disposiciones reguladoras de los Seguros Sociales y de Accidentes.

3.3.16 CONSERVACION DE LAS OBRAS, RECEPCION Y PLAZO DE GARANTIA

El Contratista queda comprometido a conservar por su cuenta, hasta que sean recibidas, todas las obras que integran el Contrato.

Transcurrido el plazo de ejecución y si las obras resultasen construidas con arreglo a las condiciones estipuladas y a satisfacción de la Dirección Técnica, ésta lo constatará en un acto formal y positivo de Recepción o Conformidad dentro del mes siguiente de haberse producido la entrega o realización del objeto del contrato.

El plazo de garantía será de VEINTICUATRO (24) meses y empezará a contar a partir de la fecha de la citada Recepción, durante el cual será de cuenta del Contratista la conservación de las obras e instalaciones y cuantas reparaciones se motiven y ordenen por defectos de ejecución de las mismas.

Terminado el plazo de garantía, y si no ha habido objeciones por parte de la Dirección Técnica, quedará extinguida la responsabilidad del Contratista.

Una vez terminadas las obras, se procederá a realizar su limpieza final. Asimismo, todas las instalaciones, caminos provisionales, depósitos o edificios con carácter temporal, serán removidos, salvo prescripción en contra de la Dirección de Obra.

Todo ello se efectuará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas y ambientales acordes con la zona circundante. La limpieza final y retirada de instalaciones se considerarán incluidas en el Contrato, y por tanto su realización no será objeto de ninguna clase de abono.

3.4 CONDICIONES PARTICULARES

3.4.1 CONDICIONES DE LA OBRA CIVIL

3.4.1.1 LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO

La unidad de obra limpieza y desbroce del terreno consiste en extraer y retirar de la zona de excavación todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, escombros, basura o cualquier otro material indeseable, así como su transporte a vertedero. Su ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Remoción de los materiales objeto de desbroce.
- Retirada, transporte y extendido de los mismos en su emplazamiento definitivo.

La tierra vegetal extraída en las operaciones de limpieza y desbroce será retirada a vertedero.

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Debe retirarse la tierra vegetal de las superficies de terreno afectadas por excavaciones o terraplenes, según las profundidades definidas en el Proyecto y verificadas o definidas durante la obra.

Las operaciones de limpieza y desbroce se efectuarán con las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad suficientes y evitar daños en el entorno y las construcciones existentes, de acuerdo con lo que sobre el particular ordene la Dirección de Obra, quien designará y marcará los elementos que haya que conservar intactos.

El desbroce se ejecutará con medios mecánicos mediante motoniveladora, tractor con orugas (con bulldozer y ripper) y pala cargadora con ruedas. Para el transporte de material a vertedero se usará camión con caja basculante.

El Contratista dispondrá las medidas de protección adecuadas para evitar que la vegetación, objetos y servicios considerados como permanentes, resulten dañados.

Cuando dichos elementos resulten dañados por el Contratista, éste los reemplazará con la aprobación de la Dirección de Obra, sin costo para la Propiedad.

Todos los tocones y raíces mayores de diez centímetros (10 cm) de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a cincuenta centímetros (50 cm) por debajo de la rasante de excavación.

Fuera de la explanación los tocones que a juicio de la Dirección de Obra sea necesario retirar, podrán dejarse cortados al ras del suelo.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al suelo que ha quedado al descubierto al hacer el desbroce y se compactarán hasta que la superficie se ajuste a la del terreno existente.

Todos los pozos y agujeros que queden dentro de la explanación se rellenarán conforme a las instrucciones que, al respecto, dé la Dirección de Obra.

Los árboles susceptibles de aprovechamiento serán podados y limpiados, se manejarán de forma adecuada y se almacenarán a disposición de la Administración cuidadosamente separados de los montones que hayan de ser quemados o desechados.

Los trabajos se realizarán de forma que no produzcan molestias a los ocupantes de las zonas próximas a la obra.

Los subproductos forestales extraídos no susceptibles de aprovechamiento así como todos los materiales procedentes del derribo de elementos que hayan sido objeto de demolición, se transportarán a vertedero. La tierra vegetal procedente del desbroce se transportará a vertedero.

Para el transporte de los materiales a vertedero se utilizará un camión con caja basculante.

Los vertederos tendrán que ser autorizados expresamente por la Dirección de Obra, así como por los organismos medioambientales competentes que se vean afectados por el mismo.

Prescripciones medioambientales para la ejecución de las obras:

El desbroce se ejecutará en toda la zona comprendida entre los límites de expropiación por afección del emplazamiento de las balsas y bombeos.

El Contratista señalará aquellos árboles y masas arbustivas que queden dentro de la zona a expropiar y que vayan a ser respetados porque no interfieran con el buen desarrollo de los trabajos.

Estos árboles y arbustos deben ser protegidos de forma efectiva frente a golpes (a lo largo del tronco y en una altura no inferior a 3 m. del suelo, con tabloncillos ligados con alambres) y compactación del área de extensión de las raíces, o incluso mediante el vallado de los mismos. Las protecciones se retirarán una vez terminada la obra.

El Contratista presentará, en el momento del replanteo, un Plan con la previsión de medidas y dispositivos de defensa de dichas masas vegetales a respetar indicando además las superficies que van a ser alteradas y la ubicación de los vertederos.

Si un árbol tuviera características singulares, tales como limitaciones en cuanto a la edad y porte radical del ejemplar, se aconseja que se trasplante a un lugar adecuado.

Los árboles que han de derribarse, se procurará que caigan hacia el centro de la zona de desbroce. Cuando haya que procurar evitar daños a otros árboles, construcciones, tráfico, o cualquier otro elemento que puedan encontrarse en la zona, los árboles se irán troceando por su copa y tronco, progresivamente.

Como medidas de precaución y cuidados, y con carácter imprescindible, se evitará:

- Colocar clavos, cuerdas, cables, o cualquier otro elemento que pueda dañar u ocasionar daño en los árboles y arbustos así como al personal.
- Encender fuego cerca de árboles y arbustos.
- Manipular combustibles, aceites y productos químicos en las zonas de raíces.
- Apilar materiales contra los troncos.
- Almacenar materiales en la zona de raíces o estacionar maquinaria.
- Circular con la maquinaria fuera de los límites previstos.
- Seccionar ramas y raíces importantes si no se cubrieran las heridas con material adecuado.
- Enterramientos de la base del tronco de árboles.
- Dejar raíces sin cubrir y sin protección en zanjas y desmontes.
- Realizar revestimientos impermeables en zonas de raíces.
- Permitir el encharcamiento al pie de ejemplares que no los toleran ni siquiera temporalmente.

Los restos de los desbroces en los alrededores de los arroyos y ríos se amontonarán a una distancia mayor de 3 metros de los mismos y si hubiera que producir la quema de los restos vegetales se cuidará que la ceniza resultante sea retirada para que no terminen en el cauce ni sean arrastrados por el agua.

Aportes de ceniza en cantidades significativas al agua cambian las características físicas y químicas de la misma (turbidez, pH, composición química, potabilidad.) sin que se sepan los efectos que esto produce sobre la flora y fauna de la zona.

Se prohíbe el vertido del material sobrante desechado a vertederos no autorizados. Las escombreras serán estables, no estropearán el paisaje ni la vista de las obras, ni dañarán el medio ambiente; no entorpecerán el tráfico ni la evacuación de las aguas. A tal efecto, el

Contratista se verá obligado a efectuar los retranqueos, plantaciones, perfilados, cunetas y cualquier otro trabajo, necesarios a juicio de la Dirección de Obra, sin que por tal motivo tenga el Contratista derecho a percepción económica alguna.

MEDICIÓN Y ABONO

La unidad de limpieza y desbroce se medirá en metros cuadrados (m²) sobre el terreno, en planta.

El precio incluye la limpieza y el destocoamiento del terreno, incluso la protección de los árboles y arbustos que deban ser protegidos, así como de los que tengan que ser trasplantados a juicio de la Dirección de Obra, la carga, transporte a vertedero y descarga en el mismo de todos los materiales procedentes de las demoliciones y desbroce del terreno y la obtención de los permisos necesarios para el vertido del material en los vertederos autorizados. Se incluyen así todos los medios, materiales, maquinaria, mano de obra y operaciones necesarias para la correcta, completa y rápida ejecución de esta unidad de obra.

CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad de ejecución tendrá por objeto vigilar y comprobar que las operaciones incluidas en esta unidad se ajustan a lo especificado en el Pliego y a lo indicado por la Dirección de Obra durante la marcha de la obra. Dadas las características de las operaciones, el control se efectuará mediante inspección ocular.

El control geométrico tiene por objeto comprobar que las superficies desbrozadas se ajustan a lo especificado en los Planos y en éste Pliego.

Una vez ejecutada la unidad de obra de limpieza y desbroce se realizará la medición de la superficie resultante con el fin de no duplicar en ningún punto el volumen de desbroce como excavación de la explanación.

Las irregularidades deberán ser corregidas por el Contratista. Serán a su cargo, asimismo, los posibles daños al sobrepasar el área señalada.

3.4.1.2 RETIRADA Y ACOPIO DE TIERRA VEGETAL

La unidad de obra retirada y acopio de tierra vegetal consiste en la remoción del suelo de la capa superior de terrenos cultivados o con vegetación, y el acopio de las tierras removidas para su ulterior empleo en siembras y/o plantaciones. Si fuese necesario, se ejecutará previamente la limpieza y desbroce del terreno, de acuerdo con lo especificado en este Pliego.

Se entiende por tierra vegetal a efectos de un Proyecto, la existencia en aquellos horizontes edáficos explorados por las raíces de las plantas presentes, debiendo descartarse el material más o menos blando existente más en profundidad, contiguo a la roca madre, que pudiera resultar excesivamente arcilloso para su empleo como sustrato a sembrar o plantar.

Su ejecución incluye:

- Excavación, carga y transporte a lugar de acopio de la tierra vegetal.
- Acopio en caballones.

EJECUCIÓN

El acopio y conservación de la tierra vegetal utilizable, se llevará a cabo en los lugares elegidos y aprobados por la Dirección de Obra, de forma que no interfiera el normal desarrollo de las obras ni el drenaje superficial de las excavaciones y conforme a las siguientes instrucciones:

- El espesor a excavar será el fijado en los Planos o el ordenado por la Dirección de Obra.
- Se hará formando caballones cuya altura no excederá nunca de 1,2 m. con taludes laterales no superiores al 1H/1V.
- Se evitará el paso de los camiones de descarga por encima de la tierra apilada.

- El modelado del caballón, si fuera necesario, se hará con un tractor agrícola que compacte poco el suelo.
- Se harán ligeros ahondamientos en la capa superior de la artesa-acopio para evitar el lavado del suelo por lluvia y deformación de sus laterales por erosión, facilitando al mismo tiempo los tratamientos que hubieran de darse.
- El caballón se situará en terreno llano y de fácil drenaje e irá levantándose por tongadas de 50 cm. añadiendo entre cada entrefilete una cantidad de estiércol de 2 Kg/m² u otra enmienda orgánica para su enriquecimiento en humus.
- Si los acopios hubieran de hacerse fuera de la obra, serán de cuenta del Contratista los gastos que ocasione la disponibilidad del terreno.
- La tierra vegetal para siembras de herbáceas cumplirá las siguientes condiciones:
- Estará exenta de partículas de tamaño superior a treinta milímetros (30 mm).
- El contenido de material de tamaño superior a cinco milímetros (5 mm) no excederá del diez por ciento (10%) del total del suelo.
- No contendrá raíces de diámetro superior a ocho milímetros (8 mm), ni cuerpos extraños, tales como escombros, basuras, etc.

La tierra vegetal para plantaciones de especies arbóreas estará exenta de partículas de tamaño superior a sesenta milímetros (60 mm). No contendrá raíces de diámetro superior a cuarenta milímetros (40 mm), ni cuerpos extraños, tales como escombros de demoliciones, basuras, etc.

MEDICIÓN Y ABONO

La retirada y acopio de tierra vegetal se abona por metros cúbicos (m³) de tierra vegetal retirada y acopiada.

3.4.1.3 EXCAVACIÓN EN EXPLANACIÓN

Será la realizada a cielo abierto para rebajar el nivel del terreno y obtener una superficie regular definida por los planos, donde han de realizarse otras excavaciones en fase posterior, asentarse obras o simplemente para formar explanadas, así como las zonas de préstamos previstas o autorizadas que puedan necesitarse y el consiguiente transporte de los materiales a depósito o lugar de empleo.

CLASIFICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES

Se clasificarán las excavaciones en explanación en función de la necesidad o no del empleo de martillo para su excavación según determine la Dirección de Obra.

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en los Planos y Pliego, y a lo que sobre el particular ordene la Dirección de

Obra.

El orden y la forma de ejecución se ajustarán a lo establecido en el presente Proyecto.

Las excavaciones deberán realizarse por procedimientos aprobados, mediante el empleo de equipos de excavación y transporte adecuados a las características del terreno, volumen y plazo de ejecución de las obras.

Será necesario tener especial cuidado con las excavaciones ejecutadas con gran rapidez, con medios muy potentes, en especial en época de lluvia, condiciones en que la estabilidad a corto plazo prevalece y puede verse comprometida.

Se solicitará de las correspondientes Compañías (de electricidad, aguas, telefonía o gas) la posición y solución a adoptar para las instalaciones que pueden ser afectadas por la excavación, así como la distancia de seguridad a tendidos de conducción de energía eléctricos, no siendo de abono este concepto.

La profundidad de la excavación y los taludes serán las indicadas en los Planos, pudiéndose modificar a juicio de la Dirección de Obra, en función de la naturaleza del terreno, mediante órdenes escritas del mismo, y sin que ello suponga variación alguna en el precio.

Esta unidad incluye la propia excavación con los medios que sean precisos, la selección del material para aprovechamiento, la carga sobre camión, el transporte a vertedero o acopio en su caso y a lugar de empleo.

Se redondearán las aristas de las explanaciones, intersección de taludes con el terreno natural y fondos y bordes de cuneta.

Durante todo el proceso de ejecución de la explanación se mantendrán todas las obras en perfecto estado de drenaje y las cunetas y otros desagües no producirán erosión.

Los materiales de la excavación que sean aptos para rellenos y otros usos, se seleccionarán para su posterior uso y se transportarán hasta el lugar de empleo. En caso de no ser utilizables en el momento de la excavación, deben guardarse en acopios intermedios autorizados.

No se desechará ningún material excavado sin previa autorización de la Dirección de Obra. Los materiales sobrantes e inadecuados se transportarán a vertedero autorizado.

Los préstamos que se haya previsto abrir, en general, se excavarán de tal forma que el agua de lluvia no se pueda acumular en ellos.

Los caballones tendrán forma regular, superficies lisas que favorezcan la escurridicia de las aguas y taludes estables que eviten cualquier derrumbamiento.

Estos depósitos se ejecutarán utilizando maquinaria que no compacte el material, el cual deberá encontrarse lo más seco posible.

La altura máxima de los caballones será de dos (2) metros, excepto los de acopio de la tierra vegetal, que tendrán una altura máxima de uno con dos (1,2) metros.

Tampoco se podrán colocar cerca de las construcciones existentes para que no haya peligro por sobrecarga de terreno.

Cuando tras la excavación de la explanación aparezca suelo inadecuado en los taludes o en la explanada, la Dirección de Obra podrá requerir del Contratista que retire esos materiales y los sustituya por material de relleno apropiado. Antes y después de la excavación y del colocado de este relleno se tomarán perfiles transversales.

Se cuidarán especialmente las zonas de contacto entre desmontes y terraplenes en las que la excavación se ampliará hasta que la coronación del terraplén penetre en ella en toda su sección, no admitiéndose secciones en las que el apoyo de la coronación del terraplén y el fondo de excavación estén en planos distintos.

La transición de desmonte a terraplén tanto transversal como longitudinalmente se realizará según planos, suavizando la pendiente del terreno natural a razón de un 2H:1V, hasta que por lo menos exista una diferencia de cota de 1 m entre la base de la explanada y el terreno natural subyacente.

En estos contactos se estudiarán especialmente en el proyecto el drenaje de estas zonas y se contemplarán las medidas necesarias para evitar su inundación y saturación de agua.

La tolerancia máxima admisible entre los planos o superficies de los taludes de Proyecto y los contruidos estará comprendida entre -10 y 0 m., es decir no se admitirán sobreexcavaciones de espesores superiores a 10 cm. La excavación no presentará irregularidades superiores a ± 5 cm. Estas tolerancias se entenderán tanto en la ejecución como al final del plazo de garantía.

Prescripciones medioambientales para la ejecución de las obras

Cualquier daño producido dentro o fuera de la obra por la acumulación de agua debida a unas deficientes condiciones de drenaje superficial de la explanación, en cauces afectados y obras de drenaje, correrá a cargo exclusivo del Contratista.

Los materiales de la excavación no utilizables en rellenos se transportarán a vertederos previamente autorizados expresamente por la Dirección de Obra y otros organismos competentes y deberán presentar al acabar su uso la morfología idónea para su integración en el entorno.

La Dirección de Obra podrá exigir un rematado redondeado en las aristas de contacto entre la excavación y el terreno natural o en las aristas entre plano y plano de la excavación, tanto horizontales como inclinadas, debiendo en todo caso el Contratista evitar la aparición de formas geométricas de ángulos vivos o aristas marcadas. En el caso de existir árboles en esas aristas de contacto desmonte-terreno natural serán talados los ejemplares cuya estabilidad resulte mermada por el arrancado de raíces e inmediatamente retirados del lugar.

En los taludes que vayan a quedar a la vista, y que por tanto vayan a ser revegetados, su superficie no deberá ser alisada ni compactada ni sufrirá ningún tratamiento final, sin menoscabo de la seguridad frente a caída de materiales ni del refino, siendo incluso deseable la conservación de las huellas de la maquinaria. Los casos dudosos serán resueltos por la Dirección de Obra.

El resultado de una siembra está ligado directamente al estado de la superficie del talud; estando en equilibrio, quedará rugosa y desigual, de la manera que las semillas y abonos encuentren huecos donde resistir el lavado y que la tierra vegetal se extienda en el desmonte, si fuera el caso, vea impedido su deslizamiento directo. De forma general, salvo autorización de la Dirección de Obra, se prohíbe en parajes cercanos al lugar de trabajo el vertido o el depósito temporal o definitivo de materiales procedentes de excavación, debiendo ser cargados y transportados al sitio de empleo o vertedero.

Tampoco se podrán verter materiales excavados alrededor de los puntos de trabajo, manteniendo limpia de restos la parte inferior de las laderas. Cualquier vertido será retirado y la superficie ocupada

MEDICIÓN Y ABONO

En el precio quedan incluidas las operaciones suficientes para la excavación y tratamiento correspondiente por separado de material resultante, en particular en cuanto a su aprovechamiento en las diversas capas de terraplén.

No se desechará material como no aprovechable sin el visto bueno por escrito de la

Dirección de Obra, sin perjuicio de su rechazo si se emplea sin cumplir las especificaciones.

La excavación se abonará por metros cúbicos (m³), deducidos por diferencia entre los perfiles reales del terreno antes de comenzar los trabajos y los perfiles realmente definidos en Planos. El tipo de excavación, en terrenos compactos o en roca, será el que determine la Dirección de Obra en función de los métodos empleados para su remoción.

No se abonarán los excesos de excavación sobre dichas secciones que no sean expresamente autorizados por la Dirección de Obra, ni los rellenos compactados que fueren precisos para reconstruir la sección ordenada o proyectada, en el caso de que la profundidad de la excavación o el talud fuesen mayores de los correspondientes a dicha sección. El Contratista está obligado en este caso a ejecutar a su costa dichos rellenos según las especificaciones de coronación de terraplén.

No serán objeto de medición y abono por este artículo aquellas excavaciones que entren en unidades de obra como parte integrante de las mismas. Por el contrario, la excavación, apertura y ejecución de las cunetas definidas en los planos se considerará incluida en esta unidad.

Los precios incluyen la excavación con medios mecánicos hasta las rasantes definidas en los planos o aquellas que indique la Dirección de Obra, medidas de saneamiento, entibación, drenaje y agotamiento -si resultasen necesarias- carga, transporte y descarga de los productos resultantes a pedraplén, terraplén, vertedero o lugar de empleo, incluyendo los posibles acopios intermedios que por la organización de la obra fueran necesarios, el refino de taludes, terminación y refino de la explanada y cuantas necesidades circunstanciales se requieran para una correcta ejecución de la obra.

3.4.1.4 EXCAVACIÓN EN ZANJA O POZO

Consiste esta unidad en la ejecución de las operaciones necesarias para la ejecución de las zanjas en los emplazamientos y cimientos de las obras de fábrica localizadas, con elementos mecánicos tales como retroexcavadora, palas, buldócer, etc., y cualquiera que sea el tipo de terreno a excavar.

La excavación en todo tipo de terreno se refiere a aquellos terrenos en los que la excavación se puede realizar por medios mecánicos, utilizando maquinaria pesada, aunque en tramos puntuales sea preciso utilizar martillo picador o herramienta similar. En función de la maquinaria necesaria para la excavación, ésta se clasificará, según determine la Dirección de Obra en excavación en terrenos compactos o excavación en roca.

En caso de discrepancia sobre el terreno a excavar, el criterio objetivo para diferenciar el tipo de excavación, será la velocidad de propagación de las ondas sísmicas. Se admitirá que las excavaciones serán en roca cuando la mencionada velocidad sea superior a 1.150 m/s. La ejecución de la prueba sísmica correrá a cargo del Contratista, sin abono alguno por parte de la Propiedad.

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista, previamente a la excavación y con la suficiente antelación, someterá a la aprobación del Ingeniero Director de la Obra los planos de detalle de la excavación a realizar con el método de construcción propuesto por él. Incluirá en estos planos los detalles respecto a escarificado, precorte, plan de voladuras, medidas de protección frente a proyecciones, vibraciones y cualquier otra previsión que considerase necesaria.

Antes de comenzar la excavación se marcarán los bordes de la excavación con pintura continua y también con estacas, colocándolas con la holgura suficiente para que continúen después de la excavación.

Las dimensiones de la excavación se ajustarán a lo reflejado en el Proyecto o bien a lo que haya modificado el Director de Obra.

Si fuese necesario, para evitar excesos de excavación inadmisibles, el Ingeniero Director podrá prescribir el uso de entibaciones que el Contratista deberá emplear.

Por otra parte, el Contratista está obligado al empleo de las entibaciones necesarias para evitar desprendimientos, sin esperar a indicaciones concretas del Ingeniero Director, siempre que la calidad de los terrenos o la profundidad de la excavación lo aconseje, siendo de su plena responsabilidad la retirada de los desprendimientos que pudieran producirse y los rellenos consiguientes, así como los posibles accidentes laborales que por incumplimiento de lo preceptuado pudieran producirse.

Si fuese preciso realizar agotamientos, estos serán por cuenta del Contratista ya que se suponen incluidos en el precio de la unidad.

La ejecución de las zanjas, se ajustará además a las siguientes normas:

- Las tierras procedentes de la excavación y que pudieran ser utilizadas posteriormente, se depositarán a una distancia mínima de dos (2) metros del borde de las zanjas y a un solo lado de estas, sin formar una barrera continua, dejando los pasos convenientes para el tránsito. En todo caso se garantizará la seguridad de los que trabajan en el interior de la excavación, respetando las distancias mínimas establecidas en la legislación vigente de Seguridad y Salud en el trabajo.
- La tierra vegetal se acopiará separada claramente de la no vegetal.
- Las tierras de excavación calificadas no aptas para su utilización posterior se trasladarán a vertederos autorizados.
- Se tomarán las precauciones precisas para evitar que las aguas inunden el fondo de la excavación.
- La excavación se entibará en los tramos indicados en los planos, o en aquellos tramos que la calidad del terreno, la profundidad de la excavación o la presencia de construcciones o infraestructuras cercanas lo aconsejen.
- Los agotamientos que sean necesarios se harán reuniendo las aguas, mediante canalizaciones realizadas con ese fin y serán vertidas a los cauces naturales de forma natural o por bombeo.
- Deberán respetarse cuantos servicio y servidumbres se descubran al abrir las zanjas, disponiendo los apeos necesarios. Cuando hayan de ejecutarse obras por tales conceptos, lo ordenará el Ingeniero Director.
- El fondo de la excavación deberá quedar perfectamente liso y preparado para lo que será preciso realizar las siguientes operaciones: rectificado del perfil longitudinal, recorte de las partes salientes que se acusen tanto en planta como en alzado, relleno con arena de las depresiones, si las hubiese, y apisonado general para preparar el asiento de la obra posterior debiéndose alcanzar una densidad mínima del noventa y cinco (95%) de la máxima del Proctor Normal.
- No se podrán retirar las entibaciones, sin la orden expresa del Director de
- Obra.

El Contratista tomará todas las medidas de protección precisas para evitar la caída de personas o animales a la excavación ejecutada. Estas medidas, barandillas, señalización, balizamiento y alumbrado deberán ser sometidas a la aprobación del Director de Obra que, por su parte, podrá ordenar la colocación de otras protecciones o la mejora de las ya colocadas.

Si durante la ejecución se variaran las dimensiones de las zanjas respecto a las previstas en el Proyecto, se estudiará cómo afecta al cálculo estructural de la tubería y en consecuencia se actuará de acuerdo con lo que el Ingeniero Director determine.

El Contratista deberá cuidar la excavación realizada y cualquier deterioro que, por cualquier causa, se produzca en la misma será corregido, a su costa, antes de la colocación del revestimiento.

TOLERANCIA DE REPLANTEO Y DE EJECUCIÓN

Las tolerancias topográficas o de replanteo del eje y de la rasante de su fondo, respecto a su posición teórica definida en los planos serán las siguientes:

- Tolerancia de replanteo del eje en planta 5 cm.
- Tolerancia de nivel en la rasante del fondo 2 cm.
- Tolerancia de ejecución del fondo 2 cm.
- Paredes desde fondo a generatriz tubo 5 cm.
- Paredes laterales por encima generatriz tubo 10 cm.

Las tolerancias expresadas se entienden tanto en exceso como en defecto de las cotas definidas en los planos

Los excesos de excavación serán rellenadas hasta alcanzar la sección teórica y su coste, incluida la compactación que fuese necesaria, correrá a cargo del Contratista.

MEDICIÓN Y ABONO

Esta unidad incluye la remoción, extracción, posibles agotamientos y transporte de los productos resultantes de la excavación a acopios autorizados dentro de la obra, y también el transporte de los productos sobrantes de la excavación a vertederos autorizados dentro o fuera de la obra.

La medición se hará por m³ y se abonará al precio correspondiente de los Cuadros de Precios, en función de la calidad del terreno, sea terreno compacto o roca, y del lugar de acopio o vertido.

3.4.1.5 CEMENTOS

PRESCRIPCIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CEMENTOS

Todo cemento a emplear en obra habrá de cumplir cuanto se establece en la Vigente "Instrucción para la Recepción de cementos (RC-08)", aprobada por REAL DECRETO 956/2008, de 6 de junio.

Además, cumplirá la Reglamentación en vigor y Normas UNE que se reseñan en Anexo del citado R.D. 956/2008. Se exigirá la marca "AENOR" en los cementos.

En general los cementos a utilizar en proyecto cumplirán las condiciones siguientes:

- a) La expansión en la prueba de autoclave habrá de ser inferior al siete por mil (0,7‰).
- b) El contenido de cal total libre en el cemento (óxido cálcico más hidróxido cálcico), determinado según el método de ensayo UNE 7.251 (ASTM C114-61), deberá ser inferior al uno con dos por ciento (1,2%) del peso total.
- c) El contenido de aluminio tricálcico (C3A) no excederá del seis por ciento (6%) del peso del cemento.

d) El contenido de silicato tricálcico (C3S) no excederá del cincuenta por ciento (50%) del peso del cemento.

e) Es admisible sustituir la condición d) por la siguiente: la suma del contenido en el cemento de aluminato tricálcico (C3A) y de silicato tricálcico (C3S) no excederá del cincuenta y ocho por ciento (58%) del peso del cemento. Presentará un contenido en Ferroatluminato Tetracálcico FAC4 tal que la suma de los contenidos de AC3 y FAC4 sea inferior al 18%.

f) El cálculo de los contenidos de C3A y C3S se hará por el concepto de la composición potencial del cemento.

g) Las resistencias del mortero normal de cemento en ensayos realizados de acuerdo con el Pliego de Condiciones para recepción de Conglomerantes Hidráulicos, deberán alcanzar a los veintiocho días (28) y sobre el noventa por ciento (90%) de las probetas, una resistencia no inferior a cuatrocientos kilogramos por centímetros cuadrados (400 Kg/cm²).

h) El cemento habrá de tener características homogéneas durante la ejecución de cada obra, y no deberá presentar desviaciones en sus resistencia, a la rotura por compresión a los veintiocho días (28), superiores al diez por ciento (10%) de la resistencia media del noventa por ciento (90%) de las probetas ensayadas, eliminando el cinco por ciento (5%) de los ensayos que hayan dado resistencias más elevadas, y el cinco por ciento (5%) de los ensayos correspondientes a las resistencias más bajas.

El número mínimo de resultados de ensayos para aplicar la anterior prescripción será de treinta (30).

i) La norma anterior relativa a la regularidad de la resistencia a compresión puede sustituirse por la equivalencia siguiente:

El coeficiente de dispersión (desviación media cuadrática relativa) de los resultados de rotura a compresión a veintiocho (28) días, considerados como mínimo treinta (30) resultados, no será superior a seis centésimas (0,06).

j) La temperatura del cemento a su llegada a la obra no será superior a sesenta grados centígrados (60°), ni a cincuenta grados centígrados (50°) en el momento de su empleo.

CONTROL DE CALIDAD

Cada entrega de cemento en obra, vendrá acompañada del documento de garantía de la fábrica, en el que figurará su designación, por el que se garantiza que cumple las prescripciones relativas a las características físicas y mecánicas y a la composición química establecida.

Si la partida resulta identificable a juicio de la Dirección de Obra, al documento de garantía se agregarán otros con los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de la fábrica. Para comprobación de la garantía, la Dirección de Obra ordenará la toma de muestras y realización de ensayos.

El número de muestras a tomar será:

- uno por cada cien (100) toneladas, si la partida resulta identificable.
- uno por cada veinticinco (25) toneladas o por cada embarque, en caso contrario. Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:
- Químicos: Pérdida al fuego, residuo insoluble, óxido magnésico y trióxido de azufre.
- Físicos: Finura de molino, tiempos de fraguado, expansión y resistencia a flexotracción y compresión.

Los ensayos serán realizados por el laboratorio homologado que indique la Dirección de Obra y el abono de los mismos corresponderá al Contratista, que no tendrá derecho a ninguna contraprestación económica, al incluir el precio del cemento en los costos de los ensayos aquí exigidos.

RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO

El cemento para hormigón, mortero o inyecciones será suministrado por el Contratista. El cemento debe estar libre de grumos, clinker no cocido, fragmentos de metal u otro material extraño. Además no debe haber sufrido ningún daño cuando se vaya a usar en el hormigón

En la recepción se comprobará que el cemento no llega excesivamente caliente. Si se trasvasa mecánicamente, se recomienda que su temperatura no exceda de 70° C. Si se descarga a mano, su temperatura no excederá de 40° C (o de la temperatura ambiente más 5° C, si ésta resulta mayor). De no cumplirse los límites citados, deberá comprobarse mediante ensayo que el cemento no presenta tendencia a experimentar falso fraguado.

Para la realización y abono de estos ensayos, se seguirá el mismo criterio del párrafo anterior.

Cuando se reciba cemento ensacado, se comprobará que los sacos son los expedidos por la fábrica, cerrados y sin señales de haber sido abiertos.

El cemento ensacado se almacenará en local ventilado, defendido de la intemperie y de la humedad del suelo y paredes. El cemento a granel se almacenará en silos o recipientes que lo aíslen totalmente de la humedad.

Si el periodo de almacenamiento de un cemento es superior a un mes, antes de su empleo, se comprobará que sus características continúan siendo adecuadas, realizando el ensayo de fraguado, el de resistencia a flexotracción y a compresión a tres y siete días, sobre muestras representativas que incluyan terrones si se hubiesen formado. Para la realización y abono de estos ensayos, se seguirá el mismo criterio expuesto en el párrafo anterior.

MEDICIÓN Y ABONO

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en las unidades de obra de las que forme parte.

3.4.1.6 HORMIGONES

Se definen como hormigones, los materiales formados por mezcla de cemento, árido grueso, árido fino y agua, con o sin la incorporación de aditivos o adiciones, que desarrolla sus propiedades por endurecimiento de la pasta de cemento (cemento y agua). Los hormigones cumplirán las condiciones exigidas en la "Instrucción de Hormigón Estructural EHE".

CARACTERÍSTICAS

Las características mecánicas de los hormigones empleados en estructuras cumplirán las condiciones impuestas en el artículo 39 de la Instrucción EHE.

Cada tipo de hormigón empleado deberá cumplir con la resistencia a compresión a los 28 días de edad especificada en proyecto, excepto en aquellas obras en las que el hormigón no vaya a ser sometido a sollicitación los tres primeros meses desde su puesta en obra, en cuyo caso podrá referirse la resistencia a compresión a los 90 días de edad.

DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

La clasificación se llevará a cabo respetando las limitaciones siguientes:

- La cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón y la máxima relación agua/cemento serán las siguientes:
- La cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 400 kg. Sólo bajo la autorización expresa del Ingeniero Director podrá superarse dicho límite.

El Contratista realizará ensayos previos en laboratorio para establecer la dosificación, con objeto de conseguir que el hormigón resultante cumpla con las condiciones que se le exigen en la Instrucción EHE, a menos que pueda acreditar documentalmente que los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos pueda conseguir un hormigón que posea las condiciones exigidas.

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN FRENTE AL ATAQUE POR SULFATOS

En el caso de existencia de sulfatos, el cemento poseerá la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la UNE 80303:96, siempre que su contenido sea igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 3000 mg/kg en el caso de suelos.

FABRICACIÓN Y TRANSPORTE A OBRA DEL HORMIGÓN

En la ejecución de hormigones se atenderá el Contratista a todo lo dispuesto en la vigente Instrucción EHE y a las órdenes concretas que, para la debida aplicación de la misma dicte en cada caso el Ingeniero Director.

El hormigón se hará forzosamente con máquina. Si el hormigón ha de ser amasado a pie de obra, el Contratista instalará en el lugar de trabajo una hormigonera del tipo aprobado, equipada con dispositivo para la regularización y medición del agua, capaz de producir una mezcla de hormigón homogéneo de color uniforme. El volumen de material mezclado por amasado, no ha de exceder los tres cuartos ($3/4$) de la capacidad nominal de la hormigonera.

El tiempo de amasado no será inferior a un minuto en hormigonera de setecientos cincuenta (750) litros o inferior.

El hormigón se transportará desde la hormigonera al lugar del vertido, tan rápidamente como sea posible según métodos aprobados por el Ingeniero Director y que no acusen segregación o pérdida de ingredientes. Se depositará tan cerca como sea posible de su colocación final, para evitar manipulaciones ulteriores.

Si la fabricación de la mezcla se efectúa en una instalación central que abastezca obras próximas, el transporte del hormigón podrá efectuarse por medio de camiones provistos de sistema de agitación de la masa o desprovistos de ellos. En el primer caso se utilizarán camiones de tambor giratorio o provistos de paletas, cuya capacidad no podrá ser aprovechada en más del 80% de la cifra que suministre el fabricante del equipo. El tiempo comprendido entre la carga y descarga del hormigón no podrá exceder de 45 minutos y durante todo el período de permanencia de la mezcla en el camión, debe funcionar constantemente el sistema de agitación.

Si se emplean camiones no provistos de agitadores, el tiempo se reduce a treinta minutos (30 min).

El transporte del hormigón por tubería con el huso de bomba de hormigón está autorizado siempre y cuando no se produzcan segregaciones, a juicio del Ingeniero Director.

PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

En ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas que acusen un principio de fraguado.

No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa.

No se efectuará el hormigonado en tanto no se obtenga la conformidad de la Dirección de Obra, una vez que se hayan revisado las armaduras ya colocadas en su posición definitiva.

El hormigonado de cada elemento se realizará de acuerdo con un plan previamente establecido en el que deberán tenerse en cuenta las deformaciones previsibles de encofrados y cimbras.

Se tendrá especial cuidado en evitar el desplazamiento de armaduras, conductos de pretensado, anclajes y encofrados, así como el producir daños en la superficie de estos últimos, especialmente cuando se permita la caída libre del hormigón.

La compactación de los hormigones en obra se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de las mezclas y de manera tal que se eliminen los huecos y se obtenga un perfecto cerrado de la masa, sin que llegue a producirse segregación. El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie y deje de salir aire.

Cuando se utilicen vibradores de superficie el espesor de la capa después de compactada no será mayor de 20 centímetros.

La utilización de vibradores de molde o encofrado deberá ser objeto de estudio, de forma que la vibración que se transmita a través del encofrado sea la adecuada para producir una correcta compactación, evitando la formación de huecos y capas de menor resistencia.

El revibrado del hormigón deberá ser objeto de aprobación por parte de la Dirección de Obra.

JUNTAS DE HORMIGONADO

Las juntas de hormigonado, se situarán en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión, y allí donde su efecto sea menos perjudicial, alejándolas, con dicho fin, de las zonas en las que la armadura esté sometida a fuertes tracciones. Se les dará la forma apropiada que asegure una unión lo más íntima posible entre el antiguo y el nuevo hormigón.

Cuando haya necesidad de disponer juntas de hormigonado no previstas en el proyecto se dispondrán en los lugares que apruebe la Dirección de Obra, y preferentemente sobre los puntales de la cimbra. No se reanudará el hormigonado de las mismas sin que hayan sido previamente examinadas y aprobadas, si procede, por la Dirección de Obra.

Si el plano de una junta resulta mal orientado, se demolerá la parte de hormigón necesaria para proporcionar a la superficie la dirección apropiada.

Antes de reanudar el hormigonado, se retirará la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto y se limpiará la junta con toda suciedad o árido que haya quedado suelto. En cualquier caso, el procedimiento de limpieza utilizado no deberá producir alteraciones apreciables en la adherencia entre la pasta y el árido grueso. Expresamente se prohíbe el empleo de productos erosivos en la limpieza de juntas.

Se prohíbe hormigonar directamente sobre o contra superficies de hormigón que hayan sufrido los efectos de las heladas. En este caso deberán eliminarse previamente las partes dañadas por el hielo.

HORMIGONADO EN CONDICIONES ESPECIALES

Hormigonado en tiempo frío

La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C.

Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados.

En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento de hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material. En el caso de que se produzca algún tipo de daño, deberán realizarse los ensayos de información necesarios para estimar la resistencia realmente alcanzada, adoptándose, en su caso, las medidas oportunas.

El empleo de aditivos anticongelantes requerirá una autorización expresa, en cada caso, de la Dirección de Obra. Nunca podrán utilizarse productos susceptibles de atacar a las armaduras, en especial los que contienen ión cloro.

Hormigonado en tiempo caluroso

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar la evaporación del agua de amasado, en particular durante el transporte del hormigón y para reducir la temperatura de la masa.

Para ello los materiales constituyentes del hormigón y los encofrados o moldes destinados a recibirlo deberán estar protegidos del soleamiento.

Una vez efectuada la colocación del hormigón se protegerá éste del sol y especialmente del viento, para evitar que se deseeque.

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.

CURADO DEL HORMIGÓN

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado. Este se prolongará durante el plazo necesario en función del tipo y clase del cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente. El curado podrá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca deslavado.

El curado por aportación de humedad podrá sustituirse por la protección de las superficies mediante recubrimientos plásticos u otros tratamientos adecuados, siempre que tales métodos, especialmente en el caso de masas secas, ofrezcan las garantías que se estimen necesarias para lograr, durante el primer periodo de endurecimiento, la retención de la humedad inicial de la masa, y no contengan sustancias nocivas para el hormigón.

Si el curado se realiza empleando técnicas especiales (curado al vapor, por ejemplo) se procederá con arreglo a las normas de buena práctica propias de dichas técnicas, previa autorización de la Dirección de Obra.

ACABADO DE SUPERFICIES

Las superficies vistas de las piezas o estructuras, una vez desencofradas o desmoldeadas, no presentarán coqueras o irregularidades que perjudiquen al comportamiento de la obra o a su aspecto exterior.

Cuando se requiera un particular grado o tipo de acabado por razones prácticas o estéticas, se especificarán los requisitos directamente o bien mediante patrones de superficie.

En general, para el recubrimiento o relleno de las cabezas de anclaje, orificios, entalladuras, cajetines, etc., que deba efectuarse una vez terminadas las piezas, se utilizarán morteros fabricados con masas análogas a las empleadas en el hormigonado de dichas piezas, pero retirando de ellas los áridos de tamaño superior a 4 mm. Todas las superficies de mortero se acabarán de forma adecuada.

CONTROL DE CALIDAD

El control de materiales y el control de la ejecución se realizarán según lo dispuesto en los capítulos XV y XVI de la Instrucción EHE, respectivamente.

Para los lotes correspondientes a elementos de hormigón pretensado, el control se realizará determinando la resistencia de al menos seis (6) amasadas por lote. De cada una de estas amasadas se extraerán al menos nueve (9) probetas y se comprobará la resistencia a cuarenta y ocho (48) horas (dos (2) probetas), siete (7) días (dos (2) probetas) y veintiocho (28) días (tres (3) probetas), guardándose dos (2) probetas para estudiar la evolución de la resistencia del hormigón a mayor plazo si fuese necesario.

Se realizará la rotura de probetas necesarias de forma a asegurar una resistencia del hormigón de al menos veintiocho (28) MPa para poder realizar el tesado completo.

En los lotes correspondientes a elementos de hormigón armado, el control se realizará determinando la resistencia de al menos cuatro (4) amasadas por lote. De cada amasada se extraerá al menos siete (7) probetas y se comprobará su resistencia a siete (7) días (dos (2) probetas), veintiocho (28) días (tres (3) probetas) quedando dos (2) probetas para estudiar la evolución de la resistencia del hormigón a mayor plazo si fuese necesario.

MEDICIÓN Y ABONO

La medición de los hormigones en general que tendrá lugar por metros cúbicos (m³), se calculará exactamente por procedimientos geométricos, tomando como datos las dimensiones que figuran en los planos junto con las modificaciones que hubiera podido autorizar la Dirección de Obra durante la construcción.

Los volúmenes de hormigón originados por exceso de excavación no serán de abono excepto si hubieran sido previamente autorizados por la Dirección de Obra sobreexcavaciones correspondientes o si corresponden a desprendimientos, no imputables al Contratista. En este último caso el hormigón empleado en su relleno se abonará al precio correspondiente.

En los precios de las distintas clases de hormigón quedará incluido: el estudio y la obtención de la fórmula de trabajo para cada tipo de hormigón, así como los materiales necesarios para dicho estudio; el cemento, árido, agua y aditivos necesarios para la fabricación y puesta en obra (y aprobados por la Dirección de Obra); la fabricación, transporte, puesta en obra y compactación del hormigón, la ejecución y tratamiento de las juntas, la protección del hormigón fresco, el curado y los productos de curado; el acabado y la realización de la textura superficial; y cuantos materiales, maquinaria y mano de obra sean necesarios para la correcta, rápida y segura ejecución de las unidades de obra.

3.4.1.7 ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Es este artículo quedan incluidas aquellas unidades de obra prefabricadas que tienen como elemento esencial en su ejecución el hormigón, reforzado con armaduras de acero.

A efectos del presente proyecto se aplicará el presente artículo para la colocación de impostas prefabricadas de hormigón armado, casetas de hormigón armado, bordillos, pretil prefabricado, marcos y bajantes de hormigón armado.

MATERIALES

Estarán formados por piezas prefabricadas de hormigón armado que llegarán a obra completamente curadas, limpias y en perfecto estado, sin presentar defectos superficiales ni despostillados en aristas, esquinas, etc. Su forma y dimensiones serán las especificadas en planos. La caseta prefabricada irá provista de puerta metálica de doble hoja con cerradura, revestida de pintura anticorrosión y de rejilla de ventilación, según especificaciones de la Dirección de Obra.

EJECUCIÓN

Se colocarán los elementos prefabricados según especificaciones en planos y se nivelarán antes de ser anclados.

Se colocarán en su lugar definitivo con el auxilio de medios mecánicos del tipo necesario para su situación con precisión, no dañando las piezas contiguas ya colocadas.

MEDICIÓN Y ABONO

Se medirán y abonarán por metro de imposta, bordillo, pretil, marco y bajante realmente colocado y terminado y por unidad de caseta realmente colocada y terminada, conforme a este proyecto y las órdenes escritas de la Dirección de Obra.

Estos precios incluirán el suministro y colocación de todos los materiales, así como todos los medios, materiales, maquinaria y mano de obra necesaria para la correcta y completa ejecución de las unidades de obra.

3.4.1.8 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE ARQUETAS

Estos elementos son los cercos, las tapas, las rejillas y los pates.

Los cercos deberán fabricarse en fundición gris perlítica tipo FG 30 según la Norma UNE 36111.

Las tapas de registro deberán fabricarse en fundición con grafito esferoidal de los tipos FGE 50-7 o FGE 60-2, según la Norma UNE 36118.

Los pates de acceso a los pozos de registro serán de polipropileno con alma de acero de veinte milímetros (20 mm).

3.4.2 CONDICIONES DE TUBERÍAS Y EQUIPOS

3.4.2.1 VÁLVULAS DE COMPUERTA

CONDICIONES GENERALES

Llevarán marcado como mínimo, de forma legible e indeleble los siguientes datos:

- Marca del fabricante
- Diámetro nominal
- Presión nominal

La presión nominal de fábrica (PN) será superior a la presión máxima de trabajo (PT), que serán las indicadas en proyecto, incluyendo lógicamente los transitorios de la red.

Las válvulas se conectarán a la tubería mediante bridas con tornillos de igual presión nominal y llevarán carrete de montaje. Las dimensiones de las bridas serán las especificadas en la norma DIN 2501 y siguientes. Mientras que las especificaciones de los tornillos serán las indicadas en la DIN 18510.

Las válvulas instaladas estarán dentro de la mejor calidad existente en el mercado y serán de los tipos y marcas aprobados por escrito por la Dirección Facultativa de las Obras.

Deberán ser capaces de funcionar a la presión requerida. Se situarán entre las bridas de las tuberías, consiguiéndose su sujeción hermética mediante tornillos pasantes entre las bridas mencionadas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas de las válvulas serán:

- Cuerpo y tapa de fundición dúctil (Normas UNE 36.118, ASTM A536 y DIN1693).
- Compuerta de fundición dúctil (Normas UNE 36.118, ASTM A536 y DIN 1693). Revestida de material elastomérico tipo E.P.D.M. La estanqueidad será total por compresión del elastómero.

- Eje de maniobra en acero inoxidable tipo AISI 316, UNE 36257, ASTM A351. El paso del eje será estanco mediante recubrimiento de idéntico material que el de la compuerta.

PRUEBAS - ENSAYOS

Los ensayos a que se someterán las válvulas en la plataforma del fabricante serán:

Prueba de estanqueidad:

- Se probarán a presión en la dirección del flujo a 1,2 x P.T. equivalente a 0,75 PN. A válvula cerrada no admitiéndose fugas de ningún tipo.

Prueba de seguridad y hermeticidad del cuerpo:

- Se probarán a la PN con el sistema de cierre en posición intermedia, mediante ensayo de presión interior, durante 10 minutos.

Todas las válvulas irán acompañadas de un certificado del fabricante que garantice la conformidad con lo especificado en este Pliego y el control de calidad realizado en fábrica de la válvula correspondiente.

Sin embargo, las válvulas no serán aceptadas hasta la aprobación definitiva del Ingeniero Director, a la vista de los ensayos y pruebas realizadas en obra "in situ".

MEDICIÓN Y ABONO

La medición se realizará por unidad realmente instalada, probada y funcionando con las debidas garantías; si lo ha sido conforme a este Proyecto y a las órdenes la Dirección Facultativa.

3.4.2.2 VÁLVULAS DE RETENCIÓN

Se utilizarán válvulas de retención para protección de cada una de las bombas ante inversión de flujo. El equipo estará formado por válvula de retención de claveta, un contrapeso para desequilibrio en el cierre y cilindro hidráulico para amortiguación. La apertura de la válvula se producirá por el propio flujo, no siendo posible efectuar su apertura en vacío.

VÁLVULA

Será del tipo de retención de bola.

CUERPO

Estará construido en acero carbono, mecano-soldado y estabilizado previo al proceso de mecanización.

OBTURADOR

Al igual que el cuerpo, estará construido en acero carbono, mecano-soldado y estabilizado previo al proceso de mecanización.

El perímetro exterior del disco tendrá un recubrimiento de acero inoxidable para el cierre metal/metal.

CASQUILLOS Y EJES

Ambos semiejes estarán guiados mediante casquillos autolubricados que estarán diseñados para soportar las cargas radiales soportadas por el conjunto disco-ejes, y las cargas hidráulicas.

RECUBRIMIENTOS

Todos los recubrimientos en contacto con el fluido serán de características adecuadas para soportar la corrosión, como bronce o acero inoxidable.

Las partes internas y externas de las válvulas será de aplicación lo siguiente:

Preparación de superficies:

Chorro de arenas/SIS 05.5900/1967, grado SA 2 ½

Imprimación:

Exterior: Epoxi poliamida. e= 30 µm

Interior: Epoxi alimentario e= 100 µm

Intermedia:

Exterior: Epoxi poliamida. e= 30 µm

Interior: Epoxi alimentario e= 100 µm

Acabado:

Exterior: Esmalte poliuretano e= 40 µm

Interior: Epoxi alimentario e= 100 µm

MEDICIÓN Y ABONO

La medición se realizará por unidad realmente instalada, probada y funcionando con las debidas garantías; si lo ha sido conforme a este Proyecto y a las órdenes la Dirección Facultativa.

3.4.2.3 CAUDALÍMETROS

Los caudalímetros a instalar serán de tipo ultrasónicos con rango de velocidades entre 0,1 m/s y 10 m/s con un error máximo del 3% de la lectura.

MEDICIÓN Y ABONO

La medición se realizará por unidad realmente instalada, probada y funcionando con las debidas garantías; si lo ha sido conforme a este Proyecto y a las órdenes la Dirección Facultativa.

3.4.2.4 BOMBAS

CONDICIONES GENERALES

Las bombas se suministrarán provistas de una placa de características, de material resistente a la corrosión, fija en un punto que pueda ser claramente visible. Esta placa incluirá, como mínimo, la siguiente información:

- Identificación del fabricante.
- Altura de impulsión nominal.
- Caudal máximo.
- Caudal nominal.
- Velocidad angular.
- Potencia nominal.
- Número de serie del fabricante.
- Año de fabricación.

Asimismo, las bombas deberán llevar en un sitio visible una flecha fija que indique el sentido de giro correcto.

Los motores eléctricos llevarán, adosadas en un punto fácilmente visible, una placa de material resistente a la corrosión que deberá tener, como mínimo, la información siguiente:

- Fabricante.
- Designación del tipo de motor.
- Designación del tipo de bastidor.
- Potencia nominal.
- Par de arranque.
- Velocidad máxima síncrona.
- Incremento de temperatura a plena carga.
- Voltaje nominal.
- Intensidad de arranque, en tanto por ciento (%) de la nominal.
- Factor de servicio o de utilización.
- Frecuencia.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas de las bombas serán:

- Carcasa en hierro fundido
- Eje en acero inoxidable
- Impulsor en acero fundido
- Alojamiento de rodamientos en hierro fundido
- Tapa de rodamientos en acero
- Alojamiento de sellado del eje en hierro fundido
- Empaquetadura en hierro fundido
- Anillo de desgaste en acero fundido

MONTAJE

Las imperfecciones del equilibrio dinámico del movimiento giratorio del conjunto del grupo motobomba puede llegar a ocasionar que se comporte, en funcionamiento, como un generador de vibraciones. Se tomarán las siguientes precauciones:

- Deberá evitarse crear resonancias propias o inducidas.
- Se procurará conseguir el amortiguamiento de las vibraciones residuales.
- Se evitará la transmisión de vibraciones externas.

Se asegurará y mantendrá la perfecta alineación de los ejes acoplados durante el funcionamiento.

La alineación del eje de la bomba con el del motor deberá procurar la coincidencia de los ejes de rotación de ambos elementos en sus soportes en funcionamiento. Este objetivo será factible si se producen las siguientes condiciones:

a) Concepción de la instalación. La instalación se dispondrá para no tener que actuar en la maniobra de alineación más que sobre el elemento motor. La bomba, solidaria de la placa de apoyo, de las conducciones de aspiración e impulsión, y, en algunos casos, de los circuitos de recalentamiento o refrigeración, es difícil de desplazar y, por ello, se tomará su eje como eje de referencia.

b) Condiciones de servicio. Si la alineación inicial se realiza cuando las máquinas estén a la temperatura ambiente, las condiciones no hayan sido conectadas y los tornillos de sujeción no hayan sido bloqueados, la alineación original realizada deberá corregirse para tener en cuenta:

i) Las temperaturas alcanzadas en funcionamiento por cada una de las máquinas y sus correspondientes dilataciones. Se realizará un acunamiento apropiado que compense la diferencia de altura de eje de cada máquina.

ii) Las deformaciones originadas por el ajuste de los tornillos de sujeción. Las correcciones necesarias se minimizarán si se adoptan las siguientes medidas:

- Se utilizará un número reducido de cuñas de ajuste (una o dos).
- Se emplearán cuñas que tengan una superficie de apoyo superior, o al menos igual, a la superficie de apoyo de las zapatas de apoyo de las máquinas.
- Se dispondrá una cuña a cada lado de los tornillos y muy próximas a él.

iii) Las deformaciones originadas por las conducciones (dilatación, retracción y desplazamiento).

Antes de la conexión se comprobará la perfecta presentación de las caras de apoyo de las bridas, que deberán ser paralelas y concéntricas. Para eliminar o reducir estas deformaciones se trata de adoptar dispositivos que anulen las fuerzas y momentos transmisibles, bien sea aceptando las deformaciones mediante bucles o juntas de dilatación o limitando los esfuerzos mediante anclajes o introducción de fuerzas de compensación.

APOYO

En el caso de grupos motobomba importantes soportados por un macizo de hormigón se cuidará especialmente del correcto replanteo de los tornillos de anclaje, que se resolverá por cualquiera de los procedimientos siguientes:

- En el caso en que los pernos de anclaje se dejen empotrados durante la ejecución del macizo se utilizará una plantilla para fijarlos en su posición exacta. Alrededor de cada perno se dispondrá de un trozo de tubo de un diámetro igual al triple del diámetro del perno para que se pueda compensar cualquier inexactitud de posición de los pernos con relación al pedestal de la máquina. Los tubos se cerrarán en la parte inferior y se taponarán en la parte superior para evitar la entrada de hormigón o lechada de cemento.

Durante las operaciones de empotramiento y fijación del pedestal se rellenarán de mortero.

- En el caso en que se dejen huecos para el alojamiento de los pernos durante la ejecución del macizo de apoyo se procederá del modo siguiente.
- Se verificará, inicialmente, el nivel de la bancada y la posición, forma y profundidad de los huecos para el alojamiento de los pernos de anclaje.
- Se situarán en posición los vástagos de los pernos dentro de los huecos.
- Se colocará una placa perforada prevista para no obturar los huecos.
- Se colocarán cuñas, de altura entre veinte y treinta milímetros y superficie suficiente.
- Se situarán pernos en los orificios de la placa de apoyo de manera que queden perpendiculares a la placa de apoyo.
- Se realizará una nivelación y alineación previa de la máquina actuando sobre las cuñas de ajuste.
- Finalmente, se empotrarán con mortero los pernos de anclaje en sus huecos.

ANCLAJE

Una vez que los pernos hayan quedado fijos y firmemente unidos a la bancada se anclará la placa de base procediendo del modo siguiente:

- Antes de situar la placa de apoyo sobre la bancada de hormigón se comprobará que la cara superior de ésta se encuentra en un estado adecuado para asegurar una buena adherencia entre el hormigón y el mortero de anclaje; en caso contrario, se picará o limpiará por cualquier procedimiento que asegure la unión entre las dos fábricas.
- Se apoyará el grupo sobre la bancada haciéndolo reposar sobre las cuñas metálicas de cada lado de los pernos de anclaje procurando que, entre la placa de apoyo y la bancada, quede una holgura de veinte (20) a treinta milímetros (30 mm) para el mortero de anclaje.
- Se ajustarán las cuñas para disponer la placa de apoyo perfectamente nivelada.

- A menos que se indique otra cosa en el PTP, el relleno de anclaje se realizará con un mortero sin retracción, utilizando los medios pertinentes para que el mortero llene totalmente el espacio que queda entre la superficie de la bancada y la placa de apoyo.
- Después del fraguado del mortero, y no antes de cuarenta y ocho horas (48 h), se procederá a bloquear las tuercas de los pernos de anclaje.

ALINEACIÓN

Aun cuando en este apartado se indican criterios de carácter general los detalles particulares son aplicables especialmente en bombas de eje horizontal.

La alineación debe establecer la identidad de los ejes acoplados girando en sus respectivos soportes. Para conseguirlo se procederá del modo siguiente:

a) Se harán girar conjunta y simultáneamente los dos ejes como si estuvieran soldados, introduciendo en cada eje un empuje axial para que quede en contacto con su respectivo cojinete axial durante la rotación. Se definirá una generatriz de referencia sobre cada uno de los manguitos de acoplamiento y se mantendrán una en prolongación de la otra durante el giro. La rotación se comprobará por la posición relativa de las referencias de los manguitos con relación a referencias fijas en el espacio según dos diámetros perpendiculares.

b) Se controlará la coincidencia de ejes comprobando la posición relativa de los dos manguitos de acoplamiento durante el giro; en particular, se comprobará el paralelismo de las caras y la disposición concéntrica de las superficies cilíndricas. Los manguitos de acoplamiento deben estar perfectamente mecanizados y centrados sobre sus ejes. Se realizará una comprobación preliminar en origen para asegurar la precisión del centrado y la mecanización de sus caras.

La alineación comprenderá las dos operaciones siguientes:

- a) Disponer el eje de rotación del motor paralelo al de la bomba, que se tomará como eje de referencia.
- b) Conseguir poner los dos ejes en coincidencia.

Cuando se trate de la instalación inicial se comprobará que los dos manguitos permiten el montaje de la pieza de espaciamento.

En el caso de ejes horizontales, si los dos manguitos presentasen una superficie cilíndrica exterior suficientemente larga y del mismo diámetro, la alineación aproximada de las superficies cilíndricas se realizará en el plano horizontal con una regla dispuesta según generatrices opuestas, situadas sobre un plano diametral horizontal. Cuando se den estas circunstancias se utilizará un comparador de pie magnético situado sobre el manguito de acoplamiento de la bomba.

Cuando la disposición de las instalaciones lo permita, se podrán utilizar dos comprobadores ajustados a ciento ochenta grados (180°) de forma que uno verifique la superficie plana normal al eje y el otro la superficie cilíndrica para el centrado del semiacoplamiento del motor.

Los desplazamientos horizontales y verticales perpendiculares al eje de rotación se realizará con la ayuda de gatos de tornillo actuando sobre las patas del motor.

En las instalaciones importantes, para evitar la posibilidad de desplazamiento paralelo al eje de rotación, se dispondrán, también, gatos horizontales dispuestos en diagonal.

La ausencia de estas coacciones obligará a considerar, al menos, dos referencias sobre el motor y el bastidor, en diagonal, paralela y perpendicularmente al eje.

El orden de las operaciones de control de alineación en cada plano es indiferente.

En el caso de grupos motobomba sobre un bastidor único puede ser más rápido realizar sucesivamente:

- a) El paralelismo y la coincidencia de los ejes en el plano horizontal según un plano diametral horizontal.
- b) El paralelismo y la coincidencia de ejes en el plano vertical por control de un plano diametral vertical.

El control de alineación final se realizará con todas las tuercas y tornillos apretados pernos de sujeción a la bancada, sujeción de motor al bastidor, bridas de conexión a las conducciones, etc. Este control corresponderá a una rotación completa. Se recomienda realizar una segunda lectura fijando el comparador sobre el semiacoplamiento del motor y verificando el semiacoplamiento de la bomba.

Este proceso operativo elimina los errores que pueden provenir de la defectuosa mecanización de las caras o de la excentricidad de los semiacoplamientos, pero no corrige los desequilibrios dinámicos que dichos defectos producen. El nivel vibratorio final dependerá de la precisión de ejecución y de montaje de los acoplamientos de bombas y motor.

El desplazamiento en altura entre ejes de bomba y motor que, eventualmente, sea necesario establecer para tener en cuenta las dilataciones diferenciales en servicio se medirá por el procedimiento descrito, después de haber obtenido una alineación perfecta.

En el caso de bombas que hayan de funcionar normalmente a altas temperaturas, se recomienda que, cuando la altura del eje sea importante, se realice un control de alineación inmediatamente después de detener el grupo una vez que se haya comprobado que la temperatura se ha estabilizado en funcionamiento; de esta manera se comprobarán las hipótesis teóricas sobre las diferencias de dilatación formuladas antes de la puesta en servicio.

ENCLAVAMIENTO DE LA PLACA DE APOYO

Transcurrida una semana de funcionamiento normal de la bomba se comprobará nuevamente la alineación y, cuando sea satisfactoria, se enclavará la base de apoyo sobre la bancada.

ESTANQUIDAD DEL EJE DE LA BOMBA

El dispositivo de estanquidad se seleccionará de acuerdo con el fabricante de la bomba considerando la garantía de buen funcionamiento acreditada por el Suministrador de dicho dispositivo.

Antes de proceder a la puesta en marcha de la instalación se comprobará específicamente que existe compatibilidad entre el líquido (limpieza y naturaleza) y el cierre elegido. La calidad y la duración de cualquier cierre de estanquidad de la salida del eje deberá ser conseguida por medio de:

- La precisión de rotación del eje en el punto de cierre con o sin empuje radial.
- La calidad del acabado superficial de las piezas sometidas a rozamiento.
- La calidad de los accesorios, de acuerdo con la naturaleza y la presión del líquido a contener, la velocidad de rotación del eje y la eliminación del calor generado por rozamiento.

La instalación de los anillos de empaquetadura deberá estar precedida por el premoldeo, a la presión indicada por el fabricante, con un aparato que reproduzca exactamente las dimensiones del eje y del alojamiento de la empaquetadura; el montaje se realizará ajustando individualmente en su posición, cada anillo.

Los cierres mecánicos se instalarán con el eje y su recinto de alojamiento perfectamente secos y limpios; las piezas constitutivas del cierre se habrán lavado con un líquido disolvente y estarán igualmente secas, especialmente en las caras de rozamiento. La presencia de una capa de disolvente o de aceite (siempre que esté asegurada la compatibilidad con el material) puede facilitar la instalación de las juntas. Sin embargo, las caras de fricción deberán estar perfectamente limpias y secas.

Cuando la importancia de la instalación lo aconseje, el PTP deberá imponer la necesidad de que sea un especialista del suministrador del cierre de estanquidad quien proceda a su montaje, a fin de que pueda garantizar su perfecta instalación.

3.4.2.5 CALDERINES ANTIARIETE

Los calderines hidroneumáticos son recipientes a presión de chapa de acero soldada, para protección de la red frente a la presencia de transitorios. Tendrán un volumen de 15.000 y 35.000 l. Tendrán posición cilíndrica horizontal y se apoyarán en cuatro patas con taladros de anclaje.

En su interior se instalará una vejiga de caucho, con un volumen sensiblemente igual al volumen total del recipiente de acero, la cual evita que el aire del antiariete escape hacia la línea o se disuelva en el agua.

En su boca de conexión se alojará una rejilla antiextrusión y en la generatriz superior contarán con una válvula de entrada de carga de aire.

En uno de los fondos dispondrá de una boca de entrada de hombre.

MATERIALES

El recipiente será de chapa de acero al carbono soldada y la vejiga será de caucho butílico calidad alimentaria sin uso de pegamento.

PROTECCIÓN Y ACABADO

Aunque el agua esté contenida en la vejiga, como protección se realizará un acabado consistente en chorreado a grado S.A. 2,5 del interior y el exterior. Interiormente se pintará con epoxy calidad alimentario de espesor 100 micras y exteriormente con imprimación de 15 micras de espesor y capa de acabado epoxi de espesor 35 micras.

PRESIÓN DE HINCHADO

Los antiarrietes deben proteger la red frente a las depresiones producidas en el caso de parada de bombas. Para ello se ha estimado necesaria una presión de hinchado entorno a 3,6 kg/cm² para los calderines de 35.000 l y de 0.1 kg/cm² para los de 15.000 l.

MEDICIÓN Y ABONO

Los calderines se medirán y abonarán por unidades realmente instaladas y se abonarán a los precios establecidos en el Cuadro de Precios nº 1. Estos precios incluyen la fabricación, transporte, montaje, instalación y pruebas de todos los elementos de las mismas y, en general, de todas las operaciones precisas para su colocación y terminación.

También se consideran incluidas las ayudas de obra civil necesarias para la instalación y las pruebas necesarias para su correcto funcionamiento.

3.4.2.6 BARANDILLAS

Se deberán montar barandillas en todas las lindes con desniveles huecos y superiores a 1 metro. El diseño de las barandillas será el adecuado para el cumplimiento con las normas básicas de seguridad y salud y tomando como criterios los siguientes:

- Altura pasamanos tubular: 1000 mm $\pm$ 50 mm
- Altura barra intermedia: 470 mm mínimo.
- Rodapié: 150 mm.
- Resistencia:
 - o Carga puntual de 30 kg sin flecha elástica mayor de 35 mm
 - o Carga puntual de 125 kg sin rotura o desmontaje y sin producir desplazamiento en cualquier punto de 200 mm con relación a la posición inicial.
- No se permiten esquinas, por lo que los finales de las barandillas se dispondrán mediante codos curvos.

Todas las barandillas de esta obra estarán fijadas a la solera mediante espirros, tacos o cualquier otro elemento de fijación, de tal modo que sean necesarios útiles para su desmontaje.

Las barandillas se fabricarán en AISI-316. Todos los elementos de fijación y tornillería serán AISI-316.

3.4.2.7 REJAS DE DESBASTE

La reja de desbaste estará formada por barras de acero S275JR de diámetro 20 mm separadas 20 cm. entre sí.

3.4.2.8 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE INTERIOR EN MEDIA TENSIÓN

OBRA CIVIL

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón.

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del edificio prefabricado, sin que estos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el Fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberán disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. Todas las piezas contiguas estarán unidas eléctricamente entre sí. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado.

APARAMENTA EN ALTA TENSIÓN

Las celdas a emplear serán celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior, y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 307 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberán ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

a) Compartimento de aparellaje.

Estará limitado por la envolvente del interruptor y seccionador de puesta a tierra, que forma una pantalla entre los compartimentos de juego de barras y conexión de cables.

La envolvente estará llena de SF₆ y sellada de por vida según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y ya no requiera ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación que es de 30 años.

La presión relativa de llenado será de 0,4 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estaría limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

El interruptor-seccionador tendrá tres posiciones (abierto cerrado y puesto a tierra). Las maniobras de cierre y apertura del interruptor y cierre del seccionador de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF₆, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimento del juego de barras.

Se compone de tres barras aisladas de cobre de 400 A conexionadas mediante tornillos de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2,8 m·daN.

c) Compartimento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termoretráctiles para cables de papel impregnado.

La escasa profundidad de la cabina facilitará la conexión de la fase del fondo. Las conexiones se deberán realizar con una única herramienta.

d) Compartimento de mando.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrá montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento está equipado de bornas de conexión y fusibles de Baja Tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

Cortacircuitos-fusibles.

Las cabinas de protección con interruptor y fusibles combinados deberán estar preparadas para colocar cortacircuitos fusibles de bajas pérdidas tipo Fusarc del calibre indicado en el apartado correspondiente de la Memoria. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

Puesta a tierra.

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 × 5 mm conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

TRANSFORMADORES

El transformador o transformadores a instalar será trifásico, con neutro accesible en B.T., refrigeración natural, en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la Memoria.

La colocación de cada transformador se realizará de forma que éste quede correctamente instalado sobre las vigas de apoyo.

EQUIPOS DE MEDIDA

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la Celda de Medida de A.T. y el equipo de contadores de energía activa y reactiva, regleta de verificación y dispositivo de conmutación de tarifas (en su caso) en armario de contadores normalizado, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

En el caso de colocar transformadores de intensidad para protección en la celda de protección del transformador a proteger, serán de idénticas características a los empleados en la medida para contadores, a excepción de su relación de transformación.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá consultar sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

En el caso de emplear transformadores de intensidad de doble secundario (medida y protección), necesariamente serán los núcleos magnéticos independientes.

Contadores.

Los contadores de energía activa estarán homologados por el organismo competente y serán de una o varias tarifas, de 2,5 (7,5) A y 3×110 V con integrador como mínimo de cinco cifras enteras y un decimal, clase 1.

Los contadores de energía reactiva estarán homologados por el organismo competente y serán de 2,5 (7,5) A o 3 (6) A, 3×110 V con integrador como mínimo de cinco cifras enteras y un decimal, clase 3.

Cableado.

La interconexión entre los secundarios de los transformadores de medida y el equipo o módulo de contadores se realizará con cables de cobre de tipo termoplástico (tipo EVV-0,6/1kV) sin solución de continuidad entre los transformadores y bloques de pruebas.

El bloque de pruebas a instalar en los equipos de medida de 3 hilos será de 7 polos, 4 polos para el circuito de intensidades y 3 polos para el circuito de tensión, mientras que en el equipo de medida de 4 hilos se instalará un bloque de pruebas de 6 polos para el circuito de intensidades y otro bloque de pruebas de 4 polos para el de tensiones, según norma de la compañía NI 76.84.01.

Para cada transformador se instalará un cable bipolar que para los circuitos de tensión tendrá una sección mínima de 4 mm², y 6 mm² para los circuitos de intensidad.

La instalación se realizará bajo tubo flexo con envolvente metálica (uno por circuito) de 36 mm de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora.

NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todas las normas de construcción e instalación del Centro de Transformación se ajustarán, en todo caso, a los Planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección de obra estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía distribuidora.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

PRUEBAS REGLAMENTARIAS

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Así mismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

Al Centro de Transformación únicamente tendrán acceso el personal técnico de la Empresa Suministradora, el instalador electricista autorizado que realice la instalación, el personal técnico de la empresa encargada del mantenimiento y las personas que designe la Empresa Suministradora, que estén cualificadas para su manipulación y conozcan el funcionamiento de los mecanismos de maniobra y la puesta en servicio del Centro de Transformación.

Cualquier reparación o reposición de algún componente, como fusibles, aisladores, etc. se realizará después de retirar el servicio, quitando la tensión.

Cuando se haya de manipular el transformador, se solicitará a la Empresa Suministradora el corte del suministro y se tomarán todas las precauciones que sean necesarias para la seguridad de las personas que intervengan en la operación.

En lo referente al mantenimiento, se controlará el nivel de aceite en el transformador, se humedecerán periódicamente las tierras, se realizará el mantenimiento recomendado por el fabricante del aparellaje, y se comprobará con cierta frecuencia la tensión de salida en el lado de baja tensión y el correcto funcionamiento de los mecanismos de protección.

PREVENCIÓNES GENERALES

- Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".
- En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del Centro de Transformación, como banqueta, guantes, etc.
- No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
- Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.
- En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Dirección General de Industria, Energía e Innovación, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en éste Centro de Transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

PUESTA EN SERVICIO

- Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de Baja Tensión.
- Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

SEPARACIÓN DE SERVICIO

- Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 8, o sea, desconectando la red de Baja Tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.
- Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

- A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores así como en las bornas de fijación de las líneas de Alta y de Baja Tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Si hubiera de intervenir en la parte de línea comprendida entre la celda de entrada y seccionador aéreo exterior se avisará por escrito a la compañía suministradora de energía eléctrica para que corte la corriente en la línea alimentadora, no comenzando los trabajos sin la conformidad de ésta, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de alta se encuentra en perfectas condiciones, para la garantizar la seguridad de personas y cosas.
- La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

PREVENCIÓNES ESPECIALES

- No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.
- No debe de sobrepasar los 60°C la temperatura del líquido refrigerante, en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo se empleará de la misma calidad y características.
- Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del Centro de Transformación, se pondrá en conocimiento de la Compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismo públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de ensayos de protocolo del transformador
- Certificado de Dirección de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

LIBRO DE ÓRDENES

Se dispondrá en este Centro de Transformación del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

4. PRESUPUESTO

4. PRESUPUESTO

ÍNDICE

4.1 MEDICIONES	403
4.2 PRECIOS UNITARIOS	408
4.3 SUMAS PARCIALES.....	422
4.4 RESUMEN DE CAPÍTULOS.....	429
4.4.1 PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	429
4.4.2 PRESUPUESTO GENERAL	429

4.1 MEDICIONES

Movimiento de tierras

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
1.1	Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.	m2	1.511,63
1.2	Excavación en zanjas para cimentaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	m3	175,66
1.3	Excavación a cielo abierto en suelo de arcilla semidura, con medios manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	m3	225,66
1.4	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper.	m3	225,66
1.5	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	m3	275,66

Obras

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
2.1	Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación.	m3	272,80
2.2	Cerramiento compuesto por fábrica de ladrillo cerámico perforado de 1 pie de espesor, con enfoscado de mortero CSIV-W12 de 1,5 cm, con recubrimiento de hoja interior de yeso laminado.	m2	100,00
2.3	Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo convencional, pendiente del 1% al 5%, arcilla expandida de 350 kg/m ³ de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, aislamiento térmico: panel de espuma de poliisocianurato soldable, de 40 mm de espesor; impermeabilización monocapa adherida: lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40-FP, totalmente adherida con soplete; capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (200 g/m ²); capa de protección: 10 cm de canto rodado de 10 a 25 mm de diámetro.	m2	100,00

Arqueta de impulsión

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
3.1	Arqueta de bombeo, incluyendo la excavación mecánica y el relleno del trasdós.	Unidades	1,00

Depósito de almacenamiento

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
4.1	Depósito de almacenamiento de chapa de acero galvanizada con recubrimiento textil impermeabilizante. Forma circular diam 40 m	Unidades	1,00

Tubería de impulsión

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
5.1	Tubería de hormigón en masa DN 600, enterrado en zanja sobre una capa de arena de río de 10 cm, tramos de 2400 mm, Clase N UNE EN-1916/2003.	m	2.476,13
5.2	Válvula de corte tipo compuerta DN 600.	Unidades	1,00
5.3	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 600.	Unidades	1,00

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Equipos electromecánicos

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
6.1	Bomba Z22-400/350-70 C344 + Motor M5500/4-93 + Acoplamiento.	Unidades	2,00
6.2	Válvula de corte tipo compuerta DN 350.	Unidades	2,00
6.3	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 350.	Unidades	2,00
6.4	Válvula de corte tipo compuerta DN 400.	Unidades	2,00
6.5	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 400.	Unidades	2,00
6.6	Tubería de fundición DN 400.	m	8,00
6.7	Tubería de fundición DN 350.	m	12,00
6.8	Codos 90º fundición DN 350.	Unidades	4,00
6.9	Te fundición DN 350.	Unidades	1,00
6.10	Ampliación fundición DN 350 / DN 400.	Unidades	1,00
6.11	Ampliación fundición DN 400 / DN 600.	Unidades	1,00
6.12	Transporte con camión articulado de carga general.	km	332,00
6.13	Alquiler grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo 8h/día.	Días	1,00
6.14	Gruista 8h/día.	Horas	8,00
6.15	Oficial primera fontanería.	Horas	40,00
6.16	Peón especializado.	Horas	40,00

Instalaciones eléctricas

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
7.1	Centro de transformación 24 kV MT/BT en edificio de hormigón mono bloque prefabricado. Modelo EHC T1 con un solo transformador. Fabricante Schneider Electrics.	Unidades	1,00

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Red de distribución de agua de riego

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
8.1	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 75 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	100,00
8.2	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 90 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	2.877,00
8.3	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 110 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	2.036,00
8.4	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 125 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	1.240,00
8.5	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 140 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	2.562,00
8.6	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 160 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	860,00
8.7	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 180 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	2.211,00
8.8	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 200 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	994,00
8.9	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 225 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	75,00
8.10	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 250 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	2.534,00
8.11	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 280 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	2.398,00
8.12	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 315 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	1.610,00
8.13	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento.	Unidades	1,00
8.14	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento.	Unidades	1,00
8.15	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento.	Unidades	1,00
8.16	Válvula de corte tipo compuerta DN 200 totalmente instalada y lista para el funcionamiento.	Unidades	1,00
8.17	Válvula de corte tipo compuerta DN 150 totalmente instalada y lista para el funcionamiento.	Unidades	1,00

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Seguridad y salud en el trabajo

Código	Concepto	Unidades	Cantidad
9.1	Alquiler de caseta contenedor de obra, realizada en chapa de acero de dimensiones 3.00x2.45 m.	Meses	12,00
9.2	Botiquín urgencia.	Unidades	2,00
9.3	Jabonera.	Unidades	6,00
9.4	Dispensador toalla de papel.	Unidades	8,00
9.5	Casco de protección contra choques o golpes regulable con ruleta, según UNE-EN 397.	Unidades	10,00
9.6	Orejas anti ruido estándar con atenuación acústica de 28 dB, según UNE-en 652-1 Y 1407/1992.	Unidades	10,00
9.7	Señal advertencia.	Unidades	2,00
9.8	Señal prohibición.	Unidades	2,00
9.9	Señal obligación.	Unidades	2,00
9.10	Valla móvil galvanizada.	Unidades	10,00
9.11	Cinta de balizamiento bicolor rojo/blanco de PVC de 8 cm de ancho y 250 m de longitud.	Unidades	5,00
9.12	Sistema de protección de borde clase B, para cargas estáticas y fuerzas dinámicas débiles de altura mayor o igual a 1 m.	m	40,00

4.2 PRECIOS UNITARIOS

Los precios descompuestos unitarios se han obtenido consultando la base de precios del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) correspondiente al año 2015. Tanto los precios de medios materiales como el resto de costes proceden de la Base de Datos de Construcción 2015 del IVE.

Movimiento de tierras

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
1.1	Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.			0,16 €
1.1.1	Oficial jardinero	0,003	14,47 €	0,04 €
1.1.2	Peón jardinero	0,003	12,51 €	0,04 €
1.1.3	Desbrozadora	0,030	2,52 €	0,08 €
1.1.4	Costes directos complementarios	0,020	0,16 €	0,00 €
1.2	Excavación en zanjas para cimentaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.			5,93 €
1.2.1	Oficial primera construcción	0,010	15,77 €	0,16 €
1.2.2	Peón ordinario construcción	0,020	13,11 €	0,26 €
1.2.3	Retro de orugas 150cv 1,4 m3	0,062	87,00 €	5,39 €
1.2.4	Costes directos complementarios	0,020	5,81 €	0,12 €
1.3	Excavación a cielo abierto en suelo de arcilla semidura, con medios manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión.			19,26 €
1.3.1	Peón ordinario construcción	1,440	13,11 €	18,88 €
1.3.2	Costes directos complementarios	0,020	18,88 €	0,38 €
1.4	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper.			3,92 €
1.4.1	Camión de transporte 15 t 12 m3 2 ejes	0,050	49,05 €	2,45 €
1.4.2	Costes directos complementarios	0,020	2,45 €	0,05 €
1.4.3	Carga material de excavación	1,000	1,42 €	1,42 €
1.5	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.			6,43 €
1.5.1	Camión de transporte 15 t 12 m3 2 ejes	0,100	49,05 €	4,91 €
1.5.2	Costes directos complementarios	0,020	4,91 €	0,10 €
1.5.3	Carga material de excavación	1,000	1,42 €	1,42 €

Obras

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
2.1	Relleno con hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación.			63,68 €
2.1.1	Oficial primera construcción	0,100	15,77 €	1,58 €
2.1.2	HL-10 blanda TM 20	1,050	57,95 €	60,85 €
2.1.3	Costes directos complementarios	0,020	62,43 €	1,25 €
2.2	Cerramiento compuesto por fábrica de ladrillo cerámico perforado de 1 pie de espesor, con enfoscado de mortero CSIV-W12 de 1,5 cm, con recubrimiento de hoja interior de yeso laminado.			48,00 €
2.2.1	Oficial primera construcción	1,584	15,77 €	24,98 €
2.2.2	Peón especializado construcción	0,792	13,63 €	10,79 €
2.2.3	Ladrillo pref n/visto 24x11,5x5	69,000	0,13 €	8,97 €
2.2.4	Mto cto M-5 man	0,028	76,49 €	2,14 €
2.2.5	Costes directos complementarios	0,025	46,88 €	1,17 €
2.3	Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo convencional, pendiente del 1% al 5%, arcilla expandida de 350 kg/m³ de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, aislamiento térmico: panel de espuma de poliisocianurato soldable, de 40 mm de espesor; impermeabilización monocapa adherida: lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40-FP, totalmente adherida con soplete; capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (200 g/m²); capa de protección: 10 cm de canto rodado de 10 a 25 mm de diámetro.			69,62 €
2.3.1	Oficial primera construcción	0,480	15,77 €	7,57 €
2.3.2	Peón especializado construcción	0,480	13,63 €	6,54 €
2.3.3	LBM (SBS)-40-FP PE	1,140	9,80 €	11,17 €
2.3.4	LBM (SBS)-48/M-TV PE	0,100	12,23 €	1,22 €
2.3.5	Cordón premoldeado 20mm BH-II	0,070	2,07 €	0,14 €
2.3.6	Banda 33 refz a-punz betún elstm	0,070	3,11 €	0,22 €
2.3.7	Banda 50 refz a-punz betún elstm	0,400	7,52 €	3,01 €
2.3.8	Caz nor desagüe vert diam 80mm	0,040	15,90 €	0,64 €
2.3.9	Fiel fibra vidrio FV-120	1,100	1,02 €	1,12 €
2.3.10	Geotextil FP-120 gr/m2	1,050	0,60 €	0,63 €
2.3.11	Cordón premoldeado 20 mm BH-II	0,070	2,07 €	0,14 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

2.3.12	Banda 33 refz a-punz betún elstm	0,070	3,11 €	0,22 €
2.3.13	Banda 50 refz a-punz betún elstm	0,400	7,52 €	3,01 €
2.3.14	H arcilla expandida	0,147	189,79 €	27,90 €
2.3.15	Ladrillo hueco db 24x11,5x9	6,500	0,13 €	0,85 €
2.3.16	Ladrillo hueco senc 24x11,5x4	3,800	0,10 €	0,38 €
2.3.17	Grava caliza 10/25 s/lvd 10km	0,110	6,20 €	0,68 €
2.3.18	Mortero hidrófugo	0,030	93,54 €	2,81 €
2.3.19	Costes directos complementarios	0,020	68,25 €	1,37 €

Arqueta de impulsión

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
3.1	Arqueta de bombeo 3,030x5,000x3,395; incluyendo la excavación mecánica y el relleno del trasdós			926,48 €
3.1.1	Oficial primera fontanería	3,500	16,58 €	58,03 €
3.1.2	Peón fontanería	3,500	13,18 €	46,13 €
3.1.3	Oficial primera construcción	3,500	15,77 €	55,20 €
3.1.4	Peón especializado construcción	3,500	13,63 €	47,71 €
3.1.5	Hormigón HM-30/B/20/I+Qb, fabricado en central, con cemento SR	0,356	101,65 €	36,19 €
3.1.6	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, con aditivo hidrófugo, categoría M-15 (resistencia a compresión 15 N/mm ²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	0,592	39,80 €	23,56 €
3.1.7	Tablero cerámico hueco machihembrado, para revestir, 80x25x3 cm, según UNE 67041.	12,000	1,50 €	18,00 €
3.1.8	Malla electrosoldada ME 15x15 Ø 6-6 B 500 T 6x2, 20 UNE-EN 10080.	6,199	2,17 €	13,45 €
3.1.9	Separador homologado para losas macizas	4,000	0,08 €	0,32 €
3.1.10	Hormigón HA-30/B/20/IIb+Qb, fabricado en central, con cemento SR.	1,349	101,65 €	137,13 €
3.1.11	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-5 (resistencia a compresión 5 N/mm ²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	0,789	32,25 €	25,45 €
3.1.12	Ladrillo cerámico macizo de elaboración mecánica para revestir, 25x12x5 cm, según UNE-EN 771-1.	1128,000	0,23 €	259,44 €
3.1.13	Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro.	5,592	7,23 €	40,43 €
3.1.14	Regulador de nivel para aguas limpias.	2,000	20,37 €	40,74 €
3.1.15	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	2,017	36,43 €	73,48 €
3.1.16	Tapa marco arqueta.	1,000	46,00 €	46,00 €
3.1.17	Costes directos complementarios.	0,020	261,71 €	5,23 €

Depósito de almacenamiento

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
4.1	Depósito de almacenamiento de chapa de acero galvanizada con recubrimiento textil impermeabilizante. Forma circular diam 40 m			63.877,47 €
4.1.1	Chapa ondulada de acero galvanizado cumpliendo normativa EN 10130, 101301 y 10147	628,320	84,00 €	52.778,88 €
4.1.2	Tornillería de alta calidad	700,000	0,97 €	679,00 €
4.1.3	Funda de PVC para la solera del depósito	1256,630	3,70 €	4.649,53 €
4.1.4	Recubrimiento geotextil para las paredes del depósito	628,320	5,44 €	3.418,06 €
4.1.5	Oficial primera construcción	80,000	15,77 €	1.261,60 €
4.1.6	Peón ordinario construcción	80,000	13,63 €	1.090,40 €

Tubería de impulsión

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
5.1	Tubería de hormigón en masa DN 600, enterrado en zanja sobre una capa de arena de río de 10 cm, tramos de 2400 mm, Clase N UNE EN-1916/2003			24,16 €
5.1.2	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,275	10,20 €	2,80 €
5.1.3	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper.	0,275	3,92 €	1,08 €
5.1.4	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,275	6,43 €	1,77 €
5.1.5	Arena de río 0/6	0,720	12,10 €	8,71 €
5.1.6	Camión con grúa auto cargante	0,310	13,97 €	4,33 €
5.1.7	Oficial primera	0,400	7,31 €	2,92 €
5.1.8	Peón especializado	0,400	6,37 €	2,55 €
5.2	Válvula de corte tipo compuerta DN 600			12.307,05 €
5.2.1	Oficial primera fontanería	0,300	16,58 €	4,97 €
5.2.2	Válvula de corte tipo compuerta DN 600, fundición, unión mediante bridas.	1,000	12.296,00 €	12.296,00 €
5.2.3	Costes directos complementarios	0,020	303,97 €	6,08 €
5.3	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 600			15.093,05 €
5.3.1	Oficial primera fontanería	0,300	16,58 €	4,97 €
5.3.2	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 600, fundición, unión mediante bridas.	1,000	15.082,00 €	15.082,00 €
5.3.3	Costes directos complementarios	0,020	303,97 €	6,08 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Equipos electromecánicos

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
6.1	Bomba Z22-400/350-70 C344 + Motor M5500/4-93 + Acoplamiento	1,000	78.000,00 €	78.000,00 €
6.2	Válvula de corte tipo compuerta DN 350	1,000	5.732,00 €	5.732,00 €
6.3	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 350	1,000	5.241,00 €	5.241,00 €
6.4	Válvula de corte tipo compuerta DN 400	1,000	3.868,00 €	3.868,00 €
6.5	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 400	1,000	6.456,00 €	6.456,00 €
6.6	Tubería de fundición DN 400	1,000	131,98 €	131,98 €
6.7	Tubería de fundición DN 350	1,000	111,94 €	111,94 €
6.8	Codos 90º fundición DN 350	1,000	984,66 €	984,66 €
6.9	Te fundición DN 350	1,000	1.252,54 €	1.252,54 €
6.10	Ampliación fundición DN 350 / DN 400	1,000	621,94 €	621,94 €
6.11	Ampliación fundición DN 400 / DN 600	1,000	1.574,29 €	1.574,29 €
6.12	Transporte con camión articulado de carga general	1,000	1,20 €	1,20 €
6.13	Alquiler grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo 8h/día	1,000	80,32 €	80,32 €
6.14	Gruista 8h/día	1,000	80,00 €	80,00 €
6.15	Oficial primera fontanería	1,000	17,82 €	17,82 €
6.16	Peón especializado	1,000	14,75 €	14,75 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Instalaciones eléctricas

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
7.1	Centro de transformación 24 kV MT/BT en edificio de hormigón mono bloque prefabricado. Modelo EHC T1 con un solo transformador. Fabricante Schneider Electric			56.313,70 €
7.1.1	Oficial primera electricidad	10,000	16,58 €	165,80 €
7.1.2	Especialista electricidad	10,000	14,10 €	141,00 €
7.1.3	Peón ordinario construcción	2,000	13,11 €	26,22 €
7.1.4	Grúa autopropulsada 12 t	2,000	57,33 €	114,66 €
7.1.5	Edificio prefabricado p/CT 608x238x305 cm	1,000	11.233,75 €	11.233,75 €
7.1.6	Transformador 550 kW aisl aceite	1,000	12.516,25 €	12.516,25 €
7.1.7	Celda de línea	3,000	2.540,00 €	7.620,00 €
7.1.8	Celda prot gnal c/ruptofusible	1,000	3.333,33 €	3.333,33 €
7.1.9	Celda de medida	1,000	5.843,00 €	5.843,00 €
7.1.10	Cables conexión MT	2,000	1.116,25 €	2.232,50 €
7.1.11	Cuadro BT p/CT abonado 1000 A	1,000	3.135,00 €	3.135,00 €
7.1.12	Cables conexión BT	1,000	950,00 €	950,00 €
7.1.13	Equipo de medida de energía	1,000	2.600,00 €	2.600,00 €
7.1.14	PT protección anillo rectangular ext edf	1,000	1.220,75 €	1.220,75 €
7.1.15	PT servicio anillo rectangular ext edf	1,000	1.220,75 €	1.220,75 €
7.1.16	PT protección int edf	1,000	878,75 €	878,75 €
7.1.17	PT servicio int edf	1,000	878,75 €	878,75 €
7.1.18	Protección transformador	1,000	220,00 €	220,00 €
7.1.19	Equipo alumbrado CT/CE	1,000	570,00 €	570,00 €
7.1.20	Equipo de seguridad y maniobra	1,000	309,00 €	309,00 €
7.1.21	Costes directos complementarios	0,020	55.209,51 €	1.104,19 €

Red de distribución de agua de riego

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
8.1	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 75 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.			11,20 €
8.1.1	Tubo polietileno diámetro exterior 75 mm	1,000	7,22 €	7,22 €
8.1.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.1.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.1.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.1.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.1.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.1.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.1.8	Costes directos complementarios	0,020	7,20 €	0,14 €
8.2	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 90 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			14,47 €
8.2.1	Tubo polietileno diámetro exterior 90 mm	1,000	10,43 €	10,43 €
8.2.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.2.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.2.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.2.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.2.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.2.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.2.8	Costes directos complementarios	0,020	10,25 €	0,21 €
8.3	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 110 mm fabricada según norma			12,01 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

	UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			
8.3.1	Tubo polietileno diámetro exterior 110 mm	1,000	7,88 €	7,88 €
8.3.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.3.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.3.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.3.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.3.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.3.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.3.8	Costes directos complementarios	0,020	14,51 €	0,29 €
8.4	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 125 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			14,50 €
8.4.1	Tubo polietileno diámetro exterior 125 mm	1,000	10,30 €	10,30 €
8.4.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.4.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.4.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.4.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.4.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.4.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.4.8	Costes directos complementarios	0,020	18,02 €	0,36 €
8.5	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 140 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			16,94 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

8.5.1	Tubo polietileno diámetro exterior 140 mm	1,000	12,67 €	12,67 €
8.5.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.5.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.5.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.5.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.5.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.5.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.5.8	Costes directos complementarios	0,020	21,70 €	0,43 €
8.6	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 160 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			20,88 €
8.6.1	Tubo polietileno diámetro exterior 160 mm	1,000	16,48 €	16,48 €
8.6.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.6.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.6.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.6.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.6.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.6.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.6.8	Costes directos complementarios	0,020	28,06 €	0,56 €
8.7	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 180 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			25,83 €
8.7.1	Tubo polietileno diámetro exterior 180 mm	1,000	21,31 €	21,31 €
8.7.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.7.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

8.7.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.7.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.7.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.7.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.7.8	Costes directos complementarios	0,020	34,13 €	0,68 €
8.8	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 200 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			30,35 €
8.8.1	Tubo polietileno diámetro exterior 200 mm	1,000	25,72 €	25,72 €
8.8.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.8.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.8.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.8.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.8.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.8.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.8.8	Costes directos complementarios	0,020	39,81 €	0,80 €
8.9	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 225 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			37,63 €
8.9.1	Tubo polietileno diámetro exterior 225 mm	1,000	32,82 €	32,82 €
8.9.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.9.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.9.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.9.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios	0,030	22,84 €	0,69 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

	mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.			
8.9.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.9.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.9.8	Costes directos complementarios	0,020	48,72 €	0,97 €
8.10	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 250 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			45,29 €
8.10.1	Tubo polietileno diámetro exterior 250 mm	1,000	40,32 €	40,32 €
8.10.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.10.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.10.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.10.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.10.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.10.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.10.8	Costes directos complementarios	0,020	56,81 €	1,14 €
8.11	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 280 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			56,15 €
8.11.1	Tubo polietileno diámetro exterior 280 mm	1,000	50,94 €	50,94 €
8.11.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.11.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.11.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.11.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.11.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

8.11.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.11.8	Costes directos complementarios	0,020	68,64 €	1,37 €
8.12	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 315 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento			69,79 €
8.12.1	Tubo polietileno diámetro exterior 315 mm	1,000	64,29 €	64,29 €
8.12.2	Material complementario inst hidr p/rie	0,050	1,92 €	0,10 €
8.12.3	Oficial primera fontanería	0,094	16,58 €	1,56 €
8.12.4	Especialista fontanería	0,094	14,10 €	1,33 €
8.12.5	Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	0,030	22,84 €	0,69 €
8.12.6	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper	0,030	1,83 €	0,05 €
8.12.7	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	0,030	3,93 €	0,12 €
8.12.8	Costes directos complementarios	0,020	82,96 €	1,66 €
8.13	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento.			1.388,75 €
8.13.1	Válvula de corte tipo compuerta DN 300	1,000	1.335,00 €	1.335,00 €
8.13.2	Oficial primera fontanería	0,900	16,58 €	14,92 €
8.13.3	Especialista fontanería	0,900	14,10 €	12,69 €
8.13.4	Costes directos complementarios	0,020	1.307,00 €	26,14 €
8.14	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento.			1.388,75 €
8.14.1	Válvula de corte tipo compuerta DN 300	1,000	1.335,00 €	1.335,00 €
8.14.2	Oficial primera fontanería	0,900	16,58 €	14,92 €
8.14.3	Especialista fontanería	0,900	14,10 €	12,69 €
8.14.4	Costes directos complementarios	0,020	1.307,00 €	26,14 €
8.15	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento.			1.388,75 €
8.15.1	Válvula de corte tipo compuerta DN 300	1,000	1.335,00 €	1.335,00 €
8.15.2	Oficial primera fontanería	0,900	16,58 €	14,92 €
8.15.3	Especialista fontanería	0,900	14,10 €	12,69 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

8.15.4	Costes directos complementarios	0,020	1.307,00 €	26,14 €
8.16	Válvula de corte tipo compuerta DN 200 totalmente instalada y lista para el funcionamiento			618,46 €
8.16.1	Válvula de corte tipo compuerta DN 200	1,000	577,00 €	577,00 €
8.16.2	Oficial primera fontanería	0,900	16,58 €	14,92 €
8.16.3	Especialista fontanería	0,900	14,10 €	12,69 €
8.16.4	Costes directos complementarios	0,020	692,58 €	13,85 €
8.17	Válvula de corte tipo compuerta DN 150 totalmente instalada y lista para el funcionamiento			363,11 €
8.17.1	Válvula de corte tipo compuerta DN 150	1,000	325,00 €	325,00 €
8.17.2	Oficial primera fontanería	0,900	16,58 €	14,92 €
8.17.3	Especialista fontanería	0,900	14,10 €	12,69 €
8.17.4	Costes directos complementarios	0,020	525,04 €	10,50 €

Seguridad y salud en el trabajo

Código	Concepto	Rendimiento	Precio	Importe
9.1	Alquiler de caseta contenedor de obra, realizada en chapa de acero de dimensiones 3.00x2.45 m.			71,03 €
9.1.1	Peón ordinario construcción	0,900	13,11 €	11,80 €
9.1.2	Caseta tipo contenedor	1,000	57,84 €	57,84 €
9.1.3	Costes directos complementarios	0,020	69,64 €	1,39 €
9.2	Botiquín urgencia	1,000	49,44 €	49,44 €
9.3	Jabonera	1,000	23,18 €	23,18 €
9.4	Dispensador toalla de papel	1,000	41,2	41,20 €
9.5	Casco de protección contra choques o golpes regulable con ruleta, según UNE-EN 397.	1,000	7,10 €	7,10 €
9.6	Orejeras anti ruido estándar con atenuación acústica de 28 dB, según UNE-en 652-1 Y 1407/1992	1,000	14,28 €	14,28 €
9.7	Señal advertencia	1,000	12,61 €	12,61 €
9.8	Señal prohibición	1,000	13,29 €	13,29 €
9.9	Señal obligación	1,000	13,29 €	13,29 €
9.10	Valla móvil galvanizada	1,000	30,00 €	30,00 €
9.11	Cinta de balizamiento bicolor rojo/blanco de PVC de 8 cm de ancho y 250 m de longitud.	1,000	14,19 €	14,19 €
9.12	Sistema de protección de borde clase B, para cargas estáticas y fuerzas dinámicas débiles de altura mayor o igual a 1 m.	1,000	5,65 €	5,65 €

4.3 SUMAS PARCIALES

Movimiento de tierras

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
1.1	Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.	m2	255,00	0,16 €	40,80 €
1.3	Excavación en zanjas para cimentaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	m3	175,66	5,93 €	1.041,66 €
1.4	Excavación a cielo abierto en suelo de arcilla semidura, con medios manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	m3	225,66	19,26 €	4.346,21 €
1.5	Transporte de tierras dentro de la obra, con carga manual sobre dumper.	m3	225,66	3,92 €	884,59 €
1.6	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	m3	275,66	6,43 €	1.772,49 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Obras

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
2.1	Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación.	m3	272,80	63,68 €	17.371,65 €
2.2	Cerramiento compuesto por fábrica de ladrillo cerámico perforado de 1 pie de espesor, con enfoscado de mortero CSIV-W12 de 1,5 cm, con recubrimiento de hoja interior de yeso laminado.	m2	100,00	48,00 €	4.800,00 €
2.3	Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo convencional, pendiente del 1% al 5%, arcilla expandida de 350 kg/m ³ de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, aislamiento térmico: panel de espuma de poliisocianurato soldable, de 40 mm de espesor; impermeabilización monocapa adherida: lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40-FP, totalmente adherida con soplete; capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (200 g/m ²); capa de protección: 10 cm de canto rodado de 10 a 25 mm de diámetro.	m2	100,00	69,62 €	6.962,00 €

Arqueta de impulsión

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
3.1	Arqueta de bombeo, incluyendo la excavación mecánica y el relleno del trasdós.	Unidades	1,00	926,48 €	926,48 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Depósito de almacenamiento

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
4.1	Depósito de almacenamiento de chapa de acero galvanizada con recubrimiento textil impermeabilizante. Forma circular diam 40 m	Unidades	1,00	63.877,47 €	63.877,47 €

Tubería de impulsión

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
5.1	Tubería de hormigón en masa DN 600, enterrado en zanja sobre una capa de arena de río de 10 cm, tramos de 2400 mm, Clase N UNE EN-1916/2003	m	2.476,13	24,16 €	59.834,36 €
5.2	Válvula de corte tipo compuerta DN 600	Unidades	1,00	12.307,05 €	12.307,05 €
5.3	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 600	Unidades	1,00	15.082,00 €	15.082,00 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Equipos electromecánicos

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
6.1	Bomba Z22-400/350-70 C344 + Motor M5500/4-93 + Acoplamiento	Unidades	2,00	78.000,00 €	156.000,00 €
6.2	Válvula de corte tipo compuerta DN 350	Unidades	2,00	5.732,00 €	11.464,00 €
6.3	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 350	Unidades	2,00	5.241,00 €	10.482,00 €
6.4	Válvula de corte tipo compuerta DN 400	Unidades	2,00	3.868,00 €	7.736,00 €
6.5	Válvula de retención tipo clapeta oscilante DN 400	Unidades	2,00	6.456,00 €	12.912,00 €
6.6	Tubería de fundición DN 400	m	8,00	131,98 €	1.055,84 €
6.7	Tubería de fundición DN 350	m	12,00	111,94 €	1.343,28 €
6.8	Codos 90º fundición DN 350	Unidades	4,00	984,66 €	3.938,64 €
6.9	Te fundición DN 350	Unidades	1,00	1.252,54 €	1.252,54 €
6.10	Ampliación fundición DN 350 / DN 400	Unidades	1,00	621,94 €	621,94 €
6.11	Ampliación fundición DN 400 / DN 600	Unidades	1,00	1.574,29 €	1.574,29 €
6.12	Transporte con camión articulado de carga general	km	332,00	1,20 €	397,07 €
6.13	Alquiler grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo 8h/día	Días	1,00	80,32 €	80,32 €
6.14	Gruista 8h/día	Horas	8,00	80,00 €	640,00 €
6.15	Oficial primera fontanería	Horas	40,00	17,82 €	712,80 €
6.16	Peón especializado	Horas	40,00	14,75 €	590,00 €

Instalaciones eléctricas

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
7.1	Centro de transformación 24 kV MT/BT en edificio de hormigón mono bloque prefabricado. Modelo EHC T1 con un solo transformador. Fabricante Schneider Electric	Unidades	1,00	56.313,70 €	56.313,70 €

Red de distribución de agua de riego

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
8.1	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 75 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.	m	100,00	11,20 €	1.120,19 €
8.2	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 90 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	2.877,00	14,47 €	41.638,59 €
8.3	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 110 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	2.036,00	12,01 €	24.448,53 €
8.4	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 125 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	1.240,00	14,50 €	17.977,92 €
8.5	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 140 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	2.562,00	16,94 €	43.405,20 €
8.6	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 160 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	860,00	20,88 €	17.956,04 €
8.7	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 180 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	2.211,00	25,83 €	57.111,28 €
8.8	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 200 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada,	m	994,00	30,35 €	30.172,00 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

	comprobada y en correcto estado de funcionamiento				
8.9	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 225 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	75,00	37,63 €	2.822,42 €
8.10	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 250 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	2.534,00	45,29 €	114.775,30 €
8.11	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 280 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	2.398,00	56,15 €	134.649,43 €
8.12	Tubería de polietileno PE 100 diámetro exterior 315 mm fabricada según norma UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento	m	1.610,00	69,79 €	112.357,26 €
8.13	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento	Unidades	1,00	1.388,75 €	1.388,75 €
8.14	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento	Unidades	1,00	1.388,75 €	1.388,75 €
8.15	Válvula de corte tipo compuerta DN 300 totalmente instalada y lista para el funcionamiento	Unidades	1,00	1.388,75 €	1.388,75 €
8.16	Válvula de corte tipo compuerta DN 200 totalmente instalada y lista para el funcionamiento	Unidades	1,00	618,46 €	618,46 €
8.17	Válvula de corte tipo compuerta DN 150 totalmente instalada y lista para el funcionamiento	Unidades	1,00	363,11 €	363,11 €

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Seguridad y salud en el trabajo

Código	Concepto	Unidades	Cantidad	Importe	Importe Total
9.1	Alquiler de caseta contenedor de obra, realizada en chapa de acero de dimensiones 3.00x2.45 m.	Mes	12,00	71,03 €	852,38 €
9.2	Botiquín urgencia	Unidades	2,00	49,44 €	98,88 €
9.3	Jabonera	Unidades	6,00	23,18 €	139,08 €
9.4	Dispensador toalla de papel	Unidades	8,00	41,20 €	329,60 €
9.5	Casco de protección contra choques o golpes regulable con ruleta, según UNE-EN 397.	Unidades	10,00	7,10 €	71,00 €
9.6	Orejeras anti ruido estándar con atenuación acústica de 28 dB, según UNE-en 652-1 Y 1407/1992	Unidades	10,00	14,28 €	142,80 €
9.7	Señal advertencia	Unidades	2,00	12,61 €	25,22 €
9.8	Señal prohibición	Unidades	2,00	13,29 €	26,58 €
9.9	Señal obligación	Unidades	2,00	13,29 €	26,58 €
9.10	Valla móvil galvanizada	Unidades	10,00	30,00 €	300,00 €
9.11	Cinta de balizamiento bicolor rojo/blanco de PVC de 8 cm de ancho y 250 m de longitud.	Unidades	5,00	14,19 €	70,95 €
9.12	Sistema de protección de borde clase B, para cargas estáticas y fuerzas dinámicas débiles de altura mayor o igual a 1 m.	m	40,00	5,65 €	226,00 €

4.4 RESUMEN DE CAPÍTULOS

4.4.1 PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL

Código	Concepto	Importe Total
1	Movimiento de tierras	8.085,76 €
2	Obras	29.133,65 €
3	Arqueta de impulsión	926,48 €
4	Depósito de almacenamiento	63.877,47 €
5	Tubería de impulsión	87.223,41 €
6	Equipos electromecánicos	210.800,72 €
7	Instalaciones eléctricas	56.313,70 €
8	Red de distribución de agua de riego	603.582,00 €
9	Seguridad y salud en el trabajo	2.309,07 €
	Total Ejecución Material	1.062.252,25 €

4.4.2 PRESUPUESTO GENERAL

Concepto	Porcentaje del Total de Ejecución Material	Importe
Total Ejecución Material	100%	1.062.252,25 €
Gastos Generales	13%	138.092,79 €
Beneficio Industrial	6%	63.735,14 €
Total Ejecución por Contrata		1.264.080,18 €
I.V.A.	21%	265.456,84 €
Total Presupuesto C/IVA		1.529.537,02 €

El presupuesto proyectado asciende a la expresada cantidad de: UN MILLÓN QUINIENTOS VEINTINUEVE MIL QUINIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS Y DOS CÉNTIMOS.

06/07/2016

Fdo.: Javier Galindo Ráfales

