



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

**GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES**

**TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y POSIBLE MEJORA DE UNA ESTACIÓN DE
BOMBEO**

Emilio Folqué Brier

Iñigo Sanz

Madrid

Junio de 2019

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

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

El autor Don Emilio Folqué Brier DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: “Estudio y posible mejora de una estación de bombeo”, 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 28 de junio de 2019

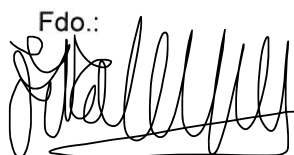
ACEPTA

Fdo

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Emilio Folqué Brier', written over a horizontal line.

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
“Estudio y posible mejora de un sistema de bombeo”

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

Fdo.:


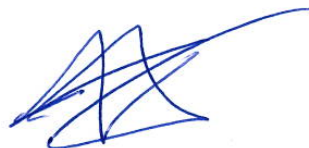
Fecha: ..21/ .06../2019

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández

Fecha: 21/ 06/2019





GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO Y POSIBLE MEJORA DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO

Emilio Folqué Brier

Iñigo Sanz

Madrid

Junio de 2019

ESTUDIO Y POSIBLE MEJORA DE UNA INSTALACIÓN DE BOMBEO

Autor: Folqué Brier, Emilio

Director: Sanz Fernández, Iñigo

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

Resumen del proyecto

Este proyecto gira entorno a una casa de campo que se busca transformar en los siguientes años en una casa rural. Aprovechando la creciente demanda de alquileres vacacionales no convencionales auspiciada por la popularidad de plataformas de software, como Airbnb, que conecta con mayor facilidad a huésped y arrendador. Esta casa, es considerada un alquiler no convencional pues los huéspedes al alquilar la vivienda tienen acceso al terreno que rodea la misma. El solar abarca 250 hectáreas en las que no existe explotación alguna, permitiendo a sus inquilinos el uso de las mismas.

Actualmente, la casa y todos los sistemas que la integran, calefacción, fontanería, sistema de bombeo, etc... funcionan sin problemas, pero la casa está condicionada para su uso esporádico a lo largo del año, por miembros de la familia y amigos de estos. Puesto que la idea es el aprovechamiento de la vivienda de forma continuada, se debe estudiar el sistema de bombeo de la casa y plantear una mejora del mismo para que cubra las necesidades que se derivarán del nuevo uso.

La casa se encuentra lejos de un núcleo urbano y en la falda de una montaña. Debido a estas particularidades, el agua ha de ser bombeada desde un pozo que se encuentra aproximadamente a 227 metros de distancia, salvando un salto geométrico de 18 metros. El sistema de bombeo instalado es muy sencillo. Este sistema está compuesto por una bomba hidráulica, un sistema de tuberías, un pozo y un depósito de agua, desde donde se coge el agua.

El sistema no se construyó todo al mismo tiempo, pues en la casa se lleva bombeando agua desde 1991, pero en 2008 se cerró el pozo desde el que tradicionalmente se bombeaba el agua. Este cierre se realizó pues el pozo llevaba seco mucho tiempo, pero aprovechando su fondo impermeable se rellenaba con un camión cisterna. En 2008 se construyó un nuevo pozo desde el que se bombeaba agua a la casa mediante la explotación de la masa de agua subterránea del campo de Calatrava. Este pozo tiene 1 metro de diámetro y una profundidad de 32 metros, además de estar revestido de hormigón. Las tuberías son de polietileno de alta densidad (PEHD) y la mayor parte del sistema fue instalado en 2001. La bomba es marca Belardi, fue instalada en 2008 y está sumergida en el pozo a 29 metros de profundidad. El sistema no está automatizado, luego la bomba hidráulica se arranca y se detiene a través de un guardamotor que se activa manualmente desde el cuadro eléctrico localizado en la casa.

Por consiguiente, en este proyecto estudiaremos qué se debería hacer con el sistema de bombeo actual, teniendo en cuenta su sencillez, sus años de servicio y su potencial incremento de actividad, para cubrir el aumento de consumo de agua en la casa. Se busca minimizar el desembolso económico que la reforma de la bomba pueda suponer, pero sin dejar de lado la satisfacción del cliente y siempre teniendo en cuenta las pérdidas que se generarían si se produjera una rotura en el sistema que dejara sin agua al usuario.

La estación de bombeo está formada por varios elementos, que se estudian de forma separada. Centrando gran parte del proyecto en las partes más propensas a romperse que son la bomba hidráulica y las tuberías.

El presente estudio se inicia estimando el consumo futuro de agua que supondrá el alquiler de la casa. Para evitar estimar por debajo del que será el consumo real siempre calcularemos en la posición donde mayor consumo se produzca. Es por este motivo que consideramos que la casa se alquilará todos los días de la temporada hábil, al máximo de su ocupación, y suponiendo que, el gasto de litros de agua por persona es el solicitado por la red de hoteleros de la comunidad de Madrid y no el dato del INE, sobre el consumo medio de agua en los hogares españoles. Se utiliza el dato proporcionado por el sector hotelero porque este es mayor y porque, normalmente, el gasto de agua por persona se ve incrementado cuando se realiza fuera del hogar.

Estimado el consumo futuro, se procede al estudio de la que ha sido la situación de trabajo de la estación de bombeo desde que fue instalada. Se busca evaluar cuál es su estado, puesto que durante todos estos años no ha recibido ningún tipo de mantenimiento, pero cabe destacar que tampoco ha dado ningún tipo de problema o advertencia. Se estiman factores como el consumo durante los años que el sistema ha estado instalado, el clima del lugar donde se encuentra ubicada, la forma en la que se instalaron las tuberías, etc...

Concluido el análisis de todo lo anteriormente mencionado, se realiza un estudio del coste que supondría cambiar una o varias partes del sistema. Para la elección de la bomba que pueda sustituir a la actual se hace uso del software ABSEL, del que obtenemos dos tipos de bombas diferentes, y ambas adecuadas a nuestras condiciones de trabajo. El programa, por un lado, recomienda el uso de una bomba centrífuga ABS sumergible y, por otro, la instalación de una bomba con un diseño más novedoso que cuenta con un rodete triturador. Después de estudiar el precio de la instalación de cada bomba, su expectativa de vida útil, los precios de mantenimiento asociados a cada una, el consumo eléctrico, etc... se recomienda la sustitución del sistema actual por la bomba con rodete triturador. También se investiga el cambio de las tuberías, y se recomienda la sustitución de las mismas por tuberías de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Este tipo de tuberías son más ligeras que las de PEHD y, sobre todo, al estar reforzadas en el exterior por fibra de vidrio son mucho más resistentes al medio, por consiguiente, tienen una mayor vida útil.

A continuación, conociendo ya los precios de las bombas y las tuberías, se preparan los presupuestos de las obras con las que se reemplazarían parte de los sistemas actuales. Conocidos estos, se analiza cuál es la decisión óptima respecto a cuándo realizar la sustitución. Del mismo modo, se evalúan las posibles formas de actuar a la hora de sustituir tanto la bomba como las tuberías y siempre teniendo en cuenta, por un lado, el elevado coste de las obras y, por otro, la satisfacción de los futuros clientes que residan en la finca.

Debido a lo largos que son los periodos de entrega de la bomba Piranha (2 meses) se propone la compra de esta, pero no proceder a su instalación hasta que la bomba Belardi falle. Se propone la compra anticipada porque el alquiler de una bomba supone un gasto de 100 euros semanales, sin contar con los costes de instalación y de desinstalación. En cuanto a las tuberías, se sugiere reservar una cantidad de dinero igual a la determinada en el cálculo de presupuestos para cambiar el sistema en cuanto éste de signos de empezar a fallar. De esta forma podemos prolongar el uso de los sistemas actuales al máximo, siempre estando preparados para el fortuito caso de que se produzca una rotura.

En la segunda parte del proyecto se estudia la estación de bombeo de una forma diferente, analizando una serie de mejoras que se pueden implementar, principalmente centradas en mejorar la experiencia del cliente y, en la medida de lo posible, reducir el impacto medio ambiental que supondría la estancia de los futuros usuarios. Los dos proyectos principales que se recomiendan son: la automatización del llenado del depósito de agua y el uso de macrófitas para depurar de forma natural los desechos fecales de los clientes.

La automatización del depósito se persigue porque a día de hoy el mismo se rellena de forma manual, es decir, cuando se observa que los niveles de agua son muy bajos se arranca la bomba y, cuando se observa que ya está lleno, se para la bomba. Este sistema no solo resultaría tedioso para los inquilinos, sino que también puede llevar a problemas como que nunca se desactive la bomba. Luego, lo que se propone es la construcción de un sistema basado en el uso de unas boyas de nivel, que automatice este proceso. Estas boyas dependiendo de si flotan o no mandan una señal eléctrica diferente, y con la ayuda de un cuadro eléctrico estas señales son interpretadas y la bomba se arranca o se para. En la siguiente imagen se ilustra el modo de funcionamiento de estas boyas.

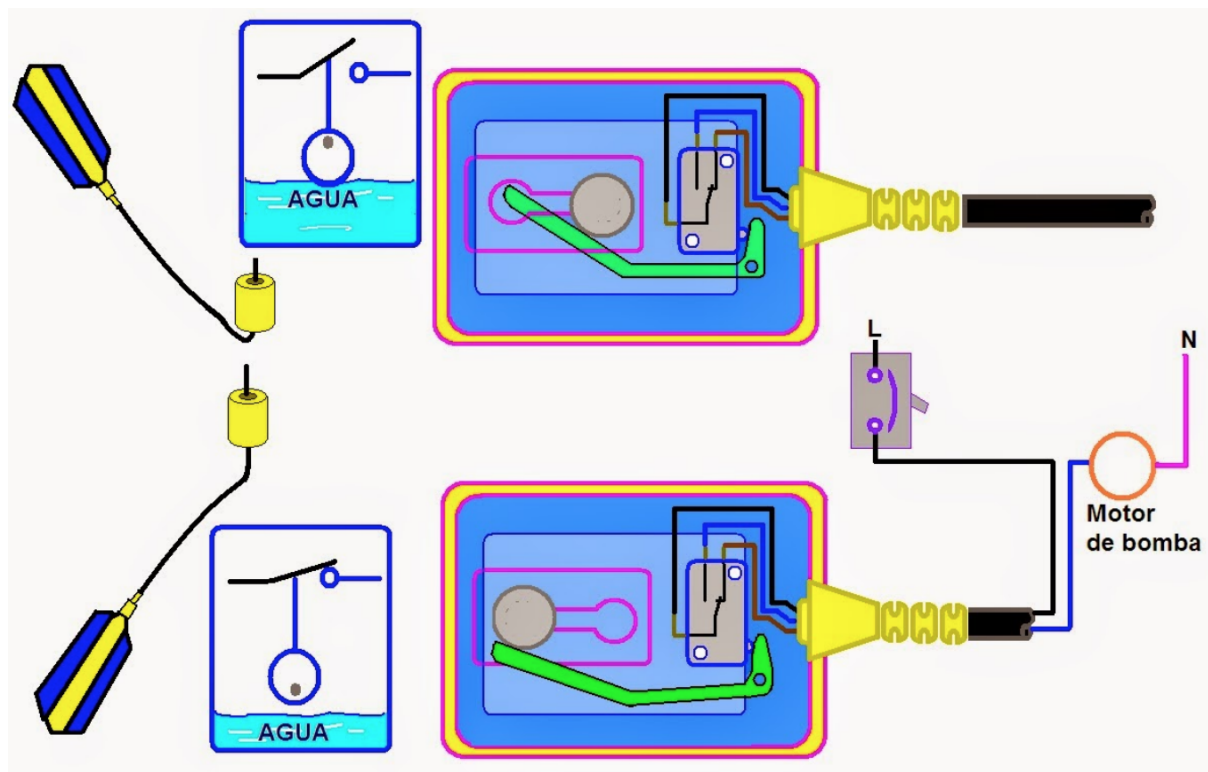


Ilustración 1, Fuente: Coparoman

La otra gran mejora que se propone se centra en la reducción del impacto ambiental antes que en la reducción de costes o mejora de la experiencia del cliente. Se recomienda la creación de un estanque con macrófitas donde se depuren las aguas fecales generadas en la casa. Este sistema sustituiría al actual, en el cual, se vierten los desechos a una fosa séptica donde se separa gran parte de la materia orgánica del agua, por el fenómeno físico de la decantación, para luego acabar del filtrarse esta en la tierra.

STUDY AND POSSIBLE IMPROVEMENT OF A WATER PUMP STATION

This project is born from the necessities raised by the transformation of an old house in the countryside to a holiday rental. Taking advantage of the increasing demand of unconventional holiday rentals popularized by apps like Airbnb, which easily puts in touch the guests with the landlord. This house is considered like an unconventional rental because the tenants by renting the house have access to all the land surrounding it, 250 acres of fields for their own leisure. Where they can perform activities like hiking or having a picnic in the nature. This is all possible because it is all the same property.

Currently, all of the systems that operate in the house, like the heating system or the pumping system operate perfectly. But the house is prepared to be used a few times through the year by the family and family friends. This is the main reason why the system of the house will be studied, in order to verify what is best to do, considering that the house will suffer an increase of activity. Some improvements would also be raised in order to improve the clients experience.

The house is located far from a population center and in the foot of a mountain, due to these conditions the water used in the house has to be pumped from a well, which is located 227 meters away and 18 meters below the house level. The pumping system currently installed is very simple, it consists of a hydraulic pump, a system of pipelines, a well and a water deposit located in the house from where the water is taken for all the domestic needs.

The system was not all constructed at the same time, water has been pumped to the house since 1991 but in 2008 the well from where the water was traditionally pumped was closed. It was closed because it was only 8 meters deep and had been dry for a very long time, but because it was impermeable it was kept in use, filling it with water with a tanker truck, until it was decided that this was too expensive. In 2008 a new well, with a depth of 32 meters is built and the system starts pumping underground water. The well has an inner diameter of 1 meter and is concrete coated. The pipelines are made of high density polyethylene (PEHD) and most of the system was installed in 2001. The pump is a Belardi, an Italian brand, it is submerged 29 meters in the well and was also installed in 2008. The system is not automated, in order to start or stop the pump, it has to be done manually.

Therefore, in this project it will be studied what should be done with the current used pumping system, considering its simplicity, the years it has been on service and the potential increase of activity due to the expected increase in water consumption. Minimizing the economic cost of any change but considering the satisfaction of the client and what could entail if the client ran out of water due to a break in the system.

Because the hole pumping station is made up by many elements, each of this would be studied independently. Focusing in the parts which are more susceptible of breaking, which are the pump and the pipelines.

The study begins estimating the future water consumption of the house considering that it would be working as a vacation rental. In order to avoid estimating a number which is below what the real consumption would be, it will be assumed that the house would always be rented when available, that it would always be occupied by the maximum number of people allowed, which is 11 and that each guest would consume 250 liters of water each day, which is the average amount of water consumed by a guest in a Hotel in Madrid. In the study it could have been used the data provided by the Spanish national institute of statistics (INE) of the average consumption of water in the Spanish homes, but the hotel sector data was used because it was higher and because people behave differently when they are on vacation.

Once, the future consumption is estimated, the operation of the pump system since it was installed, will be studied in order to determine what its current situation is. During all the years it has been working it

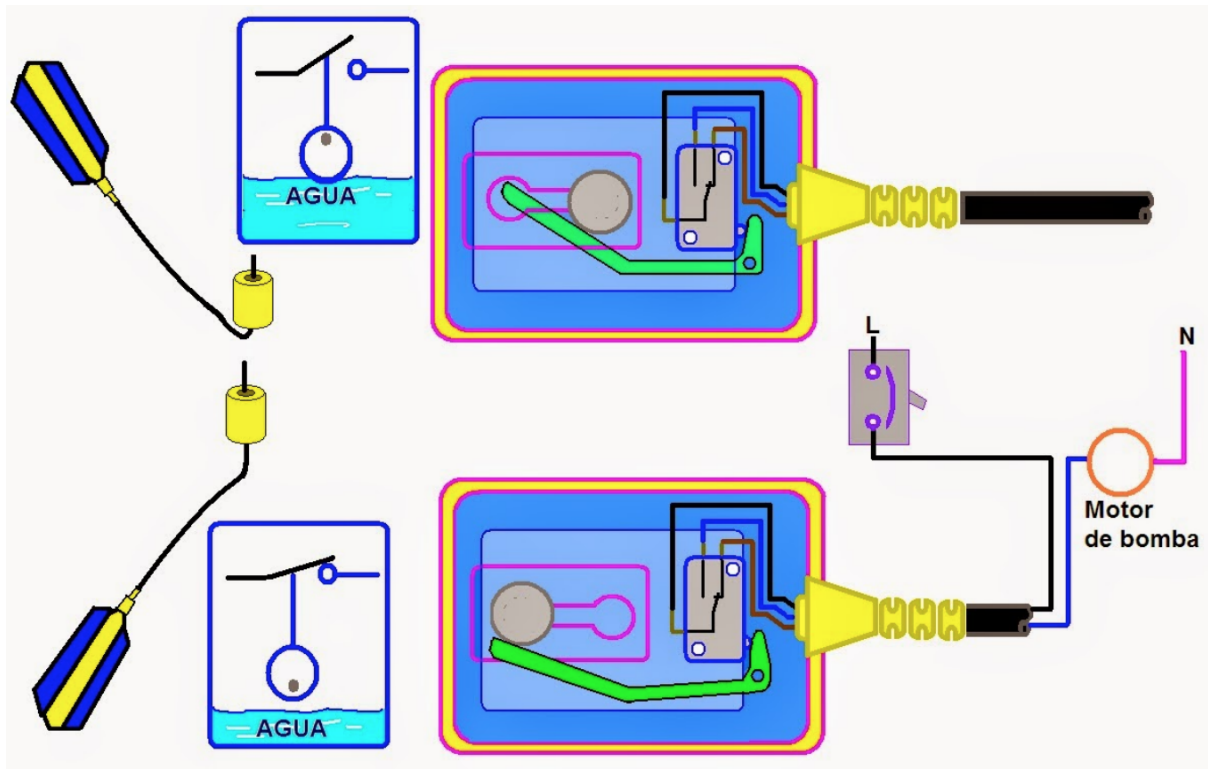
has not received any type of maintenance, but it has also not had any type of problem. In order to determine the current status of the system it will be taken into account the amount of work developed by the system, the climate, the way the pipeline was installed, etc..

After this, a study is made on what the cost is going to be for changing each part of the system. In order to determine what could be the best substitute for the hydraulic pump, a software called ABSEL is used. From this software, two different types of pumps fit the working conditions of the cottage and are recommended by the software. The program recommends the use of a centrifugal submersible pump of the brand ABS or a pump that incorporates a new system that crushes at the same time it pumps, ideal in situations where the water can have anything that will get stuck inside the pump and therefore disables it. After studying the price of installation of each pump, their expected useful life, their maintenance costs, their electric consumption.... It is recommended the substitution of the current system by the pump that can also crush at the same time. It is also studied the substitution of the pipeline system and determined that the best option is a new type of pipelines that are fabricated with plastic reinforced with fiber glass (PRFV). This material is lighter than PEHD and because of the fiber glass is more resistant to the environment, which means it has a higher life expectancy.

Knowing the cost, the pumps and the pipelines have, a budget on what would be the cost of substituting each of the parts of the system is prepared. After preparing this, it is analyzed what the optimal decision is regarding on when to conduct the labour work. Because of the high cost the construction works but also the negative impact that would have on our clients satisfaction, the failure of the system. It is recommended a different way of acting for the pump, that it is for the pipelines. Due to the long delivery periods of a Piranha pump (2 months) it is recommended to buy a pump of this kind and have it kept without use until the Belardi pump fails, because renting a pump has a price of 100 euros for a week without the installation and deinstallation costs. When it comes to the pipelines, it is recommended to safe and pull apart the amount of money needed to pay for the substitution work, in order to change the pipeline as soon as theses starts to fail. This way, both the pumping and the pipeline systems can be used until the end of its useful lives and whenever the system fails it can be quickly change, minimizing the dissatisfaction of the clients.

In the second part of the project the system is studied in a different way, analyzing improvements that could be made in order to improve the clients experience and in the way it is possible, reducing the environmental impact produced by the habitants of the house. The two main improvements that are recommended to install are the automation of the water deposit and the natural treatment of the fecal waste.

The automation of the water deposit is pursued because currently it is filled manually. A person needs to go to the room where the deposit is and check the water level. If this level it is low, it would then activate the pump through a switch and in the same way, once this person observes that the level is high it would then stop the pump with the same switch. It is very important that there is always water in the deposit or there would not be water in the house, but making the clients take care of this, would not affect the vacation rental positively. Therefore, it is recommended the construction of a system that automates this process. This process is not very expensive and consists in the use of buoys that send a different type of electric signal if they float or not. Through these signals and a distribution panel it would be possible to stop and start the pump when there is water needed or there is a lack of this in the deposit. The next image shows the way the buoys work.



The other big improvement recommended to install is thought to reduce the environmental impact of the house. It is recommended the construction of a pond with macrophytes, this pond with the help of the microorganisms that live because of the macrophytes, disintegrate the fecal waste faster and therefore purifies the water.

Tabla de contenido

Documento Nº1 Memoria.....	18
1.1 Memoria	18
1.1.1 Descripción general del proyecto.....	18
1.1.1.1 Contexto del proyecto.....	18
1.1.1.2 Estado de la cuestión.....	18
1.1.1.3 Motivación	21
1.1.1.4 Objetivos del proyecto.....	21
1.1.1.5 Metodología de trabajo	22
1.1.1.6 Recursos a emplear.....	23
1.1.2 Estudio de la instalación actual.....	23
1.1.2.1 Ficha técnica del sistema actual.....	23
1.1.3 Estudio de la situación futura.....	28
1.1.3.1 Aproximación del futuro consumo de litros.....	28
1.1.4 Estudio de alternativas del sistema de bombeo actual.....	30
1.1.4.2 Sistema de tuberías	30
1.1.4.2 Bomba hidráulica.....	35
1.1.4.3 Elección de bomba.....	41
1.1.4.4 Ficha técnica de la bomba.....	41
1.1.4.5 Consumo eléctrico de la bomba en situación actual	42
1.1.4.6 Consumo eléctrico de la bomba trabajando como casa rural.....	42
1.1.5 Comparación del sistema actual con el que se propone.....	43
1.1.6 Otras posibles mejoras al sistema	44
1.1.6.1 Llenado del depósito automatizado	44
1.1.6.2 Incorporar variadores de frecuencia (VFD) en el arranque de las bombas.....	47
1.1.6.3 Instalación de una red pluviométrica	48
1.1.6.4 Instalar una bomba Piranha para el uso de las aguas grises como riego.....	49
1.1.6.5 Uso de macrófitas para el tratamiento de aguas fecales.....	50
1.1.6.6 Instalar depósitos de reserva (GRG) en paralelo.....	51
1.2 Cálculos.....	53
Cálculo 1.2.1	53
1.3 Estudio económico.....	56
1.4 Impacto ambiental.....	57
1.5 Anejos	58
Índice de imágenes 1.5.2.....	58
Imagen 1.5.2.1	58

Imagen 1.5.2.2	58
Imagen 1.5.2.3	59
Imagen 1.5.2.4	59
<i>Índice de bocetos 1.5.3</i>	60
Boceto 1.5.3.1.....	60
Boceto 1.5.3.2.....	60
Boceto 1.5.3.2.....	61
Boceto 1.5.3.4.....	61
<i>Documento N°2 Planos</i>	62
<i>2.1 Listado de planos</i>	62
<i>2.2 Planos</i>	62
<i>Documento N°3 Pliego de condiciones</i>	74
3.1 Aprovechamiento de aguas subterráneas	74
3.2 Fosa séptica	80
<i>Bibliografía.....</i>	84

Documento N°1 Memoria

1.1 Memoria

1.1.1 Descripción general del proyecto

1.1.1.1 Contexto del proyecto

El proyecto consiste en el estudio y posible mejora de una estación de bombeo existente. La estación que se estudiará es la de una casa de campo situada en la falda de el Puntal de la Casa, una montaña con una altitud de setecientos noventa metros sobre el nivel del mar. El sistema completo se encuentra cerca del pueblo de Argamasilla de Calatrava, provincia de Ciudad Real, Castilla la Mancha.

La casa necesita de una estación de bombeo para hacer funcionar los diferentes electrodomésticos y aparatos domésticos como son la ducha, la lavadora, el lavavajillas, los retretes, etc.... La estación se encarga de bombear agua desde un pozo cercano, superando un salto geométrico de dieciocho metros. Actualmente, la casa se utiliza únicamente de forma recreacional, pero se pretende empezar a explotar la finca alquilando la casa por periodos de entre 3 días y una semana. El proyecto tiene como objetivo principal el estudio de la actual instalación. Se analizará si la estación es la mejor opción para el futuro propósito de la casa, teniendo en cuenta que la mayoría del sistema de tuberías se construyó en el año 2001 y el resto, bomba y pozo, en el 2008 y, sabiendo que, el mantenimiento que recibe actualmente es nulo.

Asimismo, estudiaremos la instalación desde un punto de vista económico. Puede que la mejor opción sea no modificar la instalación existente, por ende, no teniendo que iniciar una obra. A su vez, es necesario tener en cuenta otro tipo de factores como, por ejemplo, las pérdidas económicas que se puedan generar por la rotura de la bomba o bombas. Estas incluirían no solo el lucro cesante, sino también todos aquellos gastos derivados del pago de compensaciones por daños y perjuicios a los usuarios y los que se originen por el hecho de arreglar la estación o, bien, por tener que alquilar otra mientras la actividad continúe. En definitiva, se barajarán todos los posibles escenarios y se propondrá una decisión en función a un criterio LCC (Life Cycle Cost).

1.1.1.2 Estado de la cuestión

La situación de la casa de campo es la siguiente: se trata de una casa que fue edificada antes de los años cincuenta y su construcción se realizó en dos etapas. La primera parte de la casa se construyó en los años 50 y consta de las dos habitaciones que han sido resaltadas en el plano que se encuentra a continuación. (Véase detalle del plano A402 que corresponde a la planta de la casa)



Ilustración 2, detalle del plano A402

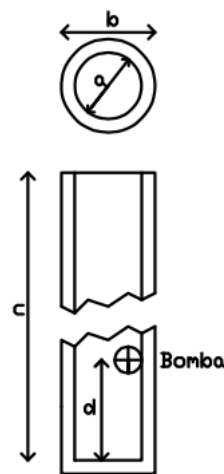
En 1991 se construyó el resto de la casa aprovechando un antiguo palomar en ruinas. A la parte ya existente se añadieron: dos cuartos, un salón comedor y un cuarto de baño. La casa, en aquel momento, no contaba con ningún tipo de sistema de fontanería, calefacción ni electricidad. Fue durante esta ampliación que se instalaron todos éstos. (Véase plano A402).

La casa está situada en la falda de una montaña y utiliza una estación de bombeo para suministrar agua al inmueble. La instalación ha de bombear agua a una altura geométrica de dieciocho metros. El sistema de bombeo que fue instalado en el año 1991 es diferente al que actualmente opera en la casa. En esa época se bombeaba agua desde un pozo, el cual ya existía con anterioridad a la construcción de la casa y que se encuentra frente al almacén. (Véase detalle del plano A401).



Ilustración 3, detalle del plano A401

El antiguo pozo llevaba seco muchos años, pero se siguió utilizando debido a su fondo impermeable. De él no se extraía agua de forma natural, sino que, se vertía agua con la ayuda de un camión cisterna y, así, se rellenaba cada vez que el nivel de agua era insuficiente. Aunque la finca se encuentre cerca de la CM-413, una carretera comarcal, y que el camino desde esta hasta el pozo fuese en un camino de tierra en buen estado y plano, su coste era muy alto. El pozo tenía una capacidad de unos siete metros cúbicos, y se pagaba alrededor de noventa y cinco euros por llenarlo. El pozo tenía que ser rellenado alrededor de siete veces, luego solamente la compra de agua costaba al año alrededor de seiscientos sesenta y cinco euros. En 2008 se decidió tapar el pozo y construir uno nuevo que pudiera extraer agua de un acuífero, eliminando así el uso del camión cisterna. Este nuevo pozo fue construido con revestimiento de tubo de hormigón y tiene una profundidad de treinta y dos metros. (Véase el boceto 1.5.3.1.)



Boceto 1.5.3.1, perfil pozo construido 2008. Fuente: elaboración propia

La nueva estación de bombeo fue instalada en ese mismo año y es, actualmente, la que se emplea. El sistema de bombeo cuenta con tuberías de un diámetro de 1 1/2", y una bomba Belardi Motor de dos caballos de vapor de potencia. La capacidad de la bomba es de tres metros cúbicos la hora (5/6 de litro por segundo). La instalación bombea agua directamente a un depósito con una capacidad de 1 metro cúbico, situado en la parte trasera de la casa, donde se encuentra la calefacción y desde la cual se coge agua tanto para las duchas como para el lavavajillas, la lavadora, grifos varios y la calefacción. La estación se inicia manualmente cuando el depósito se encuentra vacío o hay poca cantidad. El proceso no está automatizado, es decir, la bomba se inicia a través de un guardamotor tras comprobar visualmente como se encuentra el nivel del agua del depósito.

La bomba se encuentra sumergida a veintinueve metros de profundidad, tomando como referencia el nivel de la superficie. Se encuentra sumergida a tanta profundidad para protegerla de un posible cambio brusco del nivel de agua del pozo, que supondría tener que cebarla de nuevo. Esto por supuesto que limita el posible mantenimiento que le queramos hacer a la bomba, y es por esta razón por la que, actualmente, no recibe ningún tipo de mantenimiento. Por lo tanto, no se pueden cambiar los rodamientos frecuentemente, siendo así, el desgaste de estos elementos críticos, los principales responsables del mal funcionamiento de las bombas. Siendo nuestra bomba de carácter domestico, se estima que los rodamientos tendrán una vida estándar de cincuenta mil horas de uso.

Se pueden observar algunos de los diferentes elementos de la estación, instalada en 2008, en el apartado de imágenes. Concretamente las imágenes 1.5.2.1, 1.5.2.2, 1.5.2.3 y en 1.5.2.4. En ellas encontramos el depósito de agua, el interior y el exterior del pozo nuevo y el cuadro eléctrico.

1.1.1.3 Motivación

El proyecto se realiza con el objetivo de aportar conocimiento, sobre lo que podría suponer uno de los mayores gastos asociados a la reforma que se quiere realizar sobre la casa, para transformarla en una casa rural. Mi motivación es esencialmente personal, puesto que, como ya ha sido previamente mencionado, familiares cercanos ostentan la propiedad de la finca y, de ahí que, mi objetivo no sea otro que encontrar la mejor solución para el nuevo negocio que quieren iniciar.

Se busca que, con el desarrollo del presente proyecto, se pueda aportar conocimiento útil que tenga repercusión sobre el futuro de la instalación y demás mejoras que se realizarán. Parte de la motivación es averiguar qué variaciones se pueden realizar para conseguir maximizar la satisfacción de los futuros clientes, optimizando el gasto que conllevará la ejecución de las obras. Se pretende encontrar la estación que resulte económicamente más rentable para los próximos años, sin lastrar por ello la satisfacción del cliente. De forma secundaria y con el objetivo de dejar de depender del factor humano constantemente, se quiere automatizar, en la medida de lo posible, algunas de las funciones de la casa. Cuando se habla de en la medida de lo posible se hace referencia a que se realizará un estudio previo de los daños medio ambientales que se puedan generar y se aplicarán, únicamente, aquellas medidas imprescindibles y menos perjudiciales.

1.1.1.4 Objetivos del proyecto

En el proyecto se espera resolver:

-Teniendo en cuenta el año de construcción de la instalación y que ésta está orientada a satisfacer un consumo doméstico esporádico e irregular, pues no todas las semanas se encuentra habitada. ¿Es la instalación actual la más adecuada para su uso en el futuro como casa rural?

-Tras bombear agua hasta la casa, esta se almacena en un depósito de mil litros. La bomba no está automatizada, por lo tanto, la instalación se activa de manera manual a través de un guardamotor, tras haber observado que el nivel de agua en el depósito es bajo. En el proyecto se persigue diseñar un sistema por el cual se automatiza este proceso de llenado del depósito, de tal manera que, los futuros clientes no tengan que estar pendientes del nivel del agua constantemente. Si no fuera así lo más probable es que su nivel de satisfacción se viera reducido. Además, cabe destacar que con la automatización se evitarían multitud de futuros problemas e inconvenientes, tales como: que se dejara la bomba conectada por descuido, provocando que se desbordase el depósito y dañando así otros aparatos cercanos al mismo; que se rompiera la bomba por un uso prolongado o, simplemente, que se generase un gasto energético inútil. Otro posible inconveniente podría ser que los clientes no fuesen capaces de retener toda la información respecto a cómo iniciar la instalación en el supuesto en el que deje de haber agua en la casa. Esto generaría malestar en los usuarios y una carga de trabajo extra para los gestores de la finca que tendrán la obligación de conferir una constante atención personal o telefónica para resolver el problema.

-Puesto que se prevé un aumento de flujo de personas en la casa, también se estudiarán otros sistemas que se puedan ver afectados como la gestión de los desechos fecales. Se analizará qué

tratamiento reciben estos actualmente, se comprobará si cumplen con la legislación vigente y si son lo más respetuosos posible con el medio ambiente.

-Se persigue optimizar el consumo eléctrico al máximo posible, siempre minimizando en la medida de lo posible la inversión de capital.

-Se estudiarán mejoras que puedan mejorar de alguna forma la instalación actual. Se estudiará el aumento de volumen o la instalación de depósitos de reserva (GRG) en paralelo. Así se arrancarían la bomba menos. Se estudian sistemas de aprovechamientos de agua de lluvia, entre otros.

1.1.1.5 Metodología de trabajo

El problema se resolverá analizando la situación actual de la bomba. En concreto, se quiere averiguar cuál es el estado de la instalación desde su construcción. Lo primero que se quiere abordar es qué se debe hacer con la actual estación de bombeo y, posteriormente, se procederá a diseñar y estudiar otras posibles mejoras de la casa como la automatización del depósito de agua y la gestión de los residuos fecales.

Respecto a la estación de bombeo, se puede estimar el uso de esta a lo largo del año. En primer lugar, conociendo la capacidad de la finca y sabiendo que, en caso de que se alquile, se ocupará completamente, se puede estimar el uso de agua utilizando el consumo promedio por persona de agua en un hotel. Una casa rural se asemeja a un hotel, de ahí que se utilicen esos datos como referencia para el cálculo de la cantidad de agua que deberá ser bombeada al día. Teniendo en cuenta los días del año que es más propicio que la casa se encuentre alquilada; fines de semana excluyendo aquellos meses de más calor (junio, julio, agosto), las vacaciones de Navidad, de Semana Santa, y los festivos nacionales, podemos estimar el consumo anual. Esto será útil para tomar una decisión respecto al futuro de la estación de bombeo actual. El consumo previsto de agua también servirá para estimar el consumo eléctrico, lo cual será útil para establecer el precio de alquiler de la vivienda.

Seguidamente, se estudiará que sistemas ofrece el mercado para automatizar el depósito de agua. En caso de no encontrar ninguno o de que su precio fuese elevado, se analizará si se puede desarrollar. Colocando dos sensores, uno en la parte inferior del depósito, que mandaría una señal a la bomba indicando que el nivel del depósito es bajo y, otro sensor en la parte superior del cubo, que mandase una señal a la bomba en cuanto detectase agua para así parar el bombeo y que no rebase agua. Se considerará la posible colocación de dos sensores adicionales para asegurar el correcto funcionamiento de la estación para el caso de que alguno falle.

A continuación, se estudiarán diferentes métodos destinados a mejorar el sistema. Se busca con estos; una optimización de los recursos, en nuestro caso el agua, al igual que se estudiarán sistemas para reutilizar las aguas grises o formas de fortalecer y por tanto, prolongar la vida útil de la bomba, a través de la ampliación del depósito de agua o del uso de variadores de frecuencia para que el arranque sea menos directo.

Respecto a los desechos fecales, con un cálculo parecido al usado con el consumo de agua, estudiaremos si el emplazamiento actual es el adecuado para la futura empresa, si este emplazamiento cumple con la normativa y si es la mejor forma de tratar los desechos.

1.1.1.6 Recursos a emplear.

Además de toda la literatura y carga teórica existente, se emplearán programas de selección de equipos de los fabricantes globales (disponibles en la red) como puede ser SULZER, KSB, Grundfoss. Asimismo, se emplearán diferentes softwares de cálculo para analizar la idoneidad de la instalación y las pérdidas de carga, como pueda ser el EPANET, Pipe Calc o similares.

1.1.2 Estudio de la instalación actual

El estudio de la actual instalación tiene el objetivo de comprobar si el sistema actual es el más recomendado puesto que en el futuro se contempla convertir la casa en una casa de alquiler disponible en vacaciones y fines de semana.

1.1.2.1 Ficha técnica del sistema actual

Estudio de la actual instalación

Pozo:

- El pozo tiene una profundidad de 32 m y se construyó con revestimiento de tubo de hormigón de 1 metro de diámetro interior.

- Año de la construcción 2008

Bomba:

-Bomba centrífuga sumergida.

-Tipo y potencia de los equipos elevadores:

-Bomba sumergible BELARDI Motor de 2 CV (caballos de vapor).

$$Potencia\ en\ el\ eje\ de\ la\ bomba = 2\ CV * \frac{735\ W}{1\ CV} * \frac{1\ KW}{1000W} = 1.47\ KW$$

Ecuación 1

y absorbe una potencia de la red de 2.6 KW (Kilowatio).

-La bomba se encuentra a 29 metros de profundidad respecto a la superficie superior del pozo.

-La altura geométrica es de 18 metros.

- La capacidad de la bomba es $3m^3/h$ o lo que es lo mismo $0.8\dot{3} l/sg$

-Suministro de corriente RBT 230 Voltios

-Año de instalación: 2008

- Los rodamientos tienen aproximadamente una vida útil de 50.000 horas de uso. Los rodamientos son los elementos críticos de las bombas y, por tanto, sería bueno estimar cuando pueden estar llegando a su fin para realizar un mantenimiento preventivo, es decir, cambiar la bomba o los rodamientos antes de que fallen, evitando así el lucro cesante en caso de que falle durante la estancia de algún cliente.

Depósito agua:

-Capacidad de un metro cúbico, se acciona mediante un guardamotor. Este se encuentra en el cuadro eléctrico de la casa.

Cuadros eléctricos:

El sistema tiene un total de dos. Hay uno en la casa, desde el que se arranca la bomba y otro en el pozo.

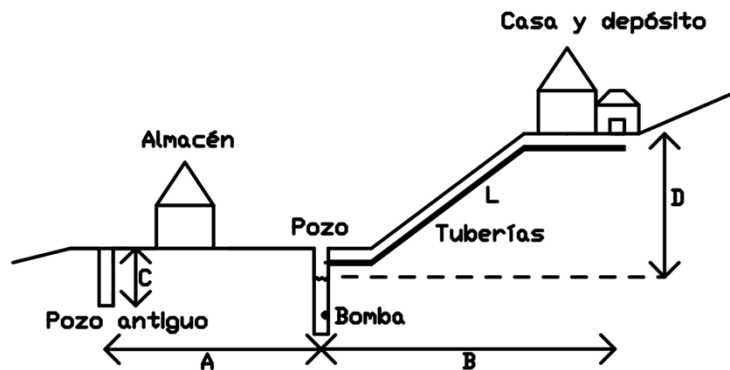
Sistema de tuberías

-La separación horizontal entre el pozo y el depósito es de 225.89 metros, tal y como se puede apreciar en el detalle del plano A401. Por lo tanto, la longitud aproximada del plano inclinado y, por lo tanto, del sistema de tuberías, teniendo en cuenta la altura geométrica de 18 metros es de 226.60 metros

$$L = \sqrt{L_h^2 + h_g^2} = \sqrt{225.89^2 + 18^2} = 226.6 \text{ metros}$$

Ecuación 2

Este cálculo se entiende mejor con ayuda del boceto 1.5.3.2. Donde B son 225.89 metros y L es 226.6 metros.



Boceto 1.5.3. 2, perfil de la montaña. Fuente: elaboración propia

-Tuberías de Polietileno (PEHD)

-El diámetro interno de las tuberías es de 1 ½” o 38,1 milímetros.

-La mayoría de la instalación de tuberías se hizo en 2001, pero con la nueva obra en 2008, se cambió la localización del pozo y, por tanto, hubo que adaptar el sistema de tuberías. El pozo antiguo se

encuentra a 69.95 metros del nuevo (véase detalle del plano A401), no obstante, el pozo nuevo se encuentra mas cerca de la casa. Esto supone que el nuevo sistema de tuberías que se tuvo que construir fue muy pequeño, lo justo para unir la nueva bomba con el sistema de PEHD del año 2001. Los dos sistemas se juntaron a través de una arqueta.

-EL sistema de tuberías está enterrado en todos sus tramos a una profundidad aproximada de 30 centímetros.

Potencia energética

La casa tiene una potencia contratada de 6.9 KW. Esta es muy superior a la que necesita la bomba, y a más potencia contratada, mayor es el peaje de entrada y, por tanto, el precio a pagar. La bomba y el resto de los aparatos eléctricos comparten esta cantidad de potencia, razón por la cual la potencia es mucho mayor que la que absorbe la bomba de la red.

Clima

La finca se encuentra en la provincia de Ciudad Real donde el clima es considerado mediterráneo continental. Se caracteriza sobre todo por ser una provincia con una de las mayores amplitudes térmicas del país. Teniendo una diferencia térmica media de 20.4°C, pero alcanzando una diferencia máxima media de 33.4°C

La diferencia de temperaturas máxima en Argamasilla de Calatrava será la diferencia entre la temperatura máxima media del mes más caluroso y la temperatura mínima media del mes más frío, que corresponden a julio y a enero respectivamente:

$$\Delta\text{Temperatura máxima} = 34.6^{\circ}\text{C} - 1.2^{\circ}\text{C} = 33.4^{\circ}\text{C}$$

Ecuación 3

Por lo tanto, es interesante tener en cuenta esta diferencia por la posible dilatación que puedan sufrir las tuberías y la tensión a la que se verán sometidas. Sin embargo, al estar las tuberías enterradas, éstas sufrirán un cambio de temperatura más leve, pues la temperatura bajo el suelo es menor en verano y mayor en invierno. Luego, a pesar de que la finca se encuentra localizada en una zona de climatología extrema, ésta no se tendrá en cuenta precisamente por el hecho de que las tuberías se localizan bajo tierra.

Salto manométrico y condiciones de trabajo

La altura geométrica es de 18 metros y la bomba trabaja con una altura manométrica total de 22.81 metros, tal y como se puede comprobar en el cálculo 1.2.1. La instalación bombea agua a la zona residencial de la finca, concretamente a un depósito. Esta agua es la que se utiliza en todos los electrodomésticos que la requieren y, sobre todo, en las duchas. La finca actualmente no tiene ninguna función comercial, por lo tanto, la casa no está habitada entre semana. Suele estar ocupada el fin de semana, aunque no es muy común que se haga noche en la finca. De forma que, el consumo de agua y, por ende, el uso de la bomba es pequeño a lo largo del año.

Consumo aproximado de litros al año

A continuación, se estiman los litros de agua consumidos actualmente en la casa al año. Estos se tienen que estimar debido a que la bomba no tiene ningún contador de horas de funcionamiento. Esto es importante para determinar el estado de la bomba.

Siete personas pasan en la casa alrededor de 30 días al año. Teniendo en cuenta que de media gastarían alrededor de 250 litros por día hace que necesitemos bombear 52,500 litros al año.

$$7 \text{ personas} * 250 \frac{\text{litros}}{\text{persona y día}} * 30 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 52,500 \text{ litros/año}$$

Ecuación 4

Otras dos personas suelen ir casi todos los sábados, pero nunca duermen ahí, por lo que su gasto de agua es mínimo. Estimamos que pasan 30 días al año en la casa y que consumen unos 100 litros al día. Esto supone que hacen bombear unos 6,000 litros desde el pozo al año.

$$2 \text{ personas} * 100 \frac{\text{litros}}{\text{persona y día}} * 30 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 6,000 \text{ litros/año}$$

Ecuación 5

$$\text{Consumo total anual} = 52,500 \text{ litros/año} + 6,000 \text{ litros/año} = 58,500 \text{ litros/año}$$

Ecuación 6

Por supuesto, esto es una estimación. No siempre la casa se ocupa con 7 personas, ni todos los años estas personas duermen 25 días. Es por ello por lo que se empleará un factor de seguridad de 1.2. Lo que se pretende con este coeficiente es asegurar que el consumo estimado sea el correcto o, al menos, que sea superior al real, puesto que, en este caso, nos interesa que en el supuesto de que exista un error en la estimación ésta se encuentre por encima del consumo real. Básicamente, esta decisión se debe a que estimar un consumo menor podría llevar a tener que tomar decisiones más perjudiciales que las que se deberían tomar si se estimara un consumo mayor. Por ejemplo, si los cálculos obviasen un tipo de consumo, y la estimación de consumo total de agua saliese muy por debajo de la real, se podría acabar tomando la errónea decisión de no cambiar la bomba debido al poco uso que se le da. Siendo esta conclusión incorrecta, la bomba hidráulica podría romperse mucho antes de lo previsto, provocando una situación en la que un cliente se quedase sin suministro de agua. Todo ello supondría la pérdida de los ingresos que se habrían derivado del pago del alquiler y, además, los gastos derivados de la compensación por daños y perjuicios que se tendría que abonar al cliente. En cambio, estimando el consumo por encima del real, únicamente, nos conduciría a cambiar la bomba un poco antes del fin de su vida útil, evitando así los problemas relacionados con el fallo de la bomba. Solamente a costa de unas pequeñas pérdidas por cambiar esta antes de agotar su vida útil y de amortizarla completamente.

Luego, el consumo estimado de agua al año es:

$$\text{Consumo de agua} = (1.2) * 58,500 \text{ litros} = 70,200 \text{ litros/año}$$

Ecuación 7

Consumo eléctrico del sistema actual

Analizamos el año 2018, en el que se ha dado a la casa un uso normal. La empresa encargada de suministrar electricidad a la finca es Naturgy Energy Group S.A, cuyo nombre anterior era Gas Natural Fenosa. La finca no está lejos de la ciudad de Puertollano, pero debido a que no deja de estar apartada, esta empresa nunca realiza mediciones en el contador y, el consumo de las facturas que recibimos, son solo estimaciones del consumo. Sin embargo, sí se tiene un registro del consumo real a través del contador. Por medio de este obtenemos que el consumo del 2018 ha sido de 2,252 KWh. Dicho registro aparece en la tabla 1, que se expone a continuación:

	Lecturas kWh	Consumo kWh	días
28/1/17	14.682		
18/2/17	14.749	67	21
11/3/17	14.801	52	21
18/3/17	14.826	25	7
22/4/17	15.084	258	35
6/5/17	15.185	101	14
27/5/17	15.318	133	21
24/6/17	15.541	223	28
8/7/17	15.647	106	14
15/7/17	15.704	57	7
2/9/17	16.252	548	49
30/9/17	16.498	246	28
21/10/17	16.667	169	21
18/11/17	16.859	192	28
16/12/17	16.972	113	28
10/2/18	17.177	205	56
14/4/18	17.456	279	63
12/5/18	17.630	174	28
2/6/18	17.697	67	21
1/7/18	17.898	201	29
8/9/18	18.583	685	69
8/10/18	18.805	222	30
3/11/18	19.025	220	26
25/11/18	19.129	104	22
7/12/18	19.189	60	12
15/12/18	Nos cambian el contador		
26/1/19	206		
16/2/19	297	91	21
2/3/19	363	66	14
27/4/19	724	361	56

Tabla 1. En esta tabla aparecen anotados los valores del contador por fecha, el consumo total de kWh en el periodo y duración del periodo. Fuente: Elaboración propia

El problema es que hay una sola factura que engloba la bomba y los electrodomésticos, por lo que, no sabemos con exactitud cuánto cuesta el uso de la bomba. Es por esta razón por la que se calculará mediante una estimación que tendrá en cuenta el consumo aproximado de litros y la potencia que la bomba actual, la bomba Belardi, absorbe de la red.

Sabiendo que el caudal del sistema de bombeo es de tres metros cúbicos por hora, lo que se traduce en que el sistema bombea el depósito a razón de $\frac{5}{6}$ litros por segundo, se puede calcular que la bomba trabajará un total de X horas al año:

$$X = \frac{70,200 \text{ litros/año}}{\frac{5}{6} \text{ litros/segundo}} = 84,240 \text{ segundos/año} * \frac{1 \text{ hora}}{3,600 \text{ segundos}} = 23.4 \text{ horas/año}$$

Ecuación 8

Ahora, teniendo en cuenta la potencia que la bomba absorbe de la red, el consumo eléctrico estimado es:

$$\text{Consumo eléctrico} = 2.6KW * 23.4 \text{ horas} = 60.84 \text{ kWh}$$

Ecuación 9

Por consiguiente, de los 2,252 kWh que se consumen al año, solo 60.84 kWh son consumidos por el sistema de bombeo. A priori, parece que el cálculo pueda estar sesgado, pero hay que tener en cuenta que la casa no está habitada gran parte del año, por lo que no se consume agua, pero que elementos

como la nevera no se desconectan durante gran parte del año o que debido a las temperaturas en invierno se hace mucho uso de la calefacción. Estos dos equipos son antiguos y pueden ser los responsables de la mayor parte del consumo eléctrico.

A continuación, utilizando los valores de la última factura que se tiene, se realizará una aproximación del coste eléctrico anual de la bomba. Estos cálculos serán muy útiles en el momento de realizar la comparación del sistema actual con el sistema de bombeo que se propone para el futuro.

PVPC 2.0A			
Facturación por potencia contratada			
Importe por peaje de acceso (2,6 kW)	365/365 días	38.043426 €/kW y año	98.9129076
Importe por margen de comercialización fijo (2,6 kW)	365/365 días	3.113000 €/kW y año	8.0938
Facturación por energía consumida			
Importe por peaje de acceso (estimado)	60.84KWh	0.044027 €/KWh	2.67860268
Importe por coste de la energía (estimado)	60.84KWh	0.074958 €/KWh	4.56044472
Subtotal			114.245755
Impuesto electricidad			
Impuesto Eléctrico	114.25 €	5.11%	5.84 €
Alquiler equipos de medida y control			
Alquiler equipos de medida y control	365 días	0.047671 €/día	17.399915
Subtotal			23.24 €
Importe Total			137.49 €
Impuesto aplicado			
I.V.A. (21 %)	137.49 €	21%	28.87 €
TOTAL IMPORTE FACTURA			166.36 €

Tabla 2

El precio que se paga actualmente por el funcionamiento de la bomba es 166.36 euros. El precio que se paga por el coste de la energía consumida es mucho más pequeño que los precios que encontramos en el mercado por consumo de KWh sin discriminación horaria. El precio más barato que encontramos en el mercado PVPC sin discriminación horaria es de 0.1255 €/KWh, ofrecido por Endesa. Esto se debe a que la casa recibe un bono social en la factura de la luz.

1.1.3 Estudio de la situación futura

1.1.3.1 Aproximación del futuro consumo de litros

Para estimar el futuro consumo, supondremos que la casa estará habitada todos los fines de semana y que ésta será ocupada al completo. De esta manera, hacemos una estimación del consumo por encima del que seguramente tengamos en un futuro, puesto que es muy posible que la casa no se alquile todos los días que esté ofertada. No se tendrá en consideración los alquileres de la casa fuera de lo que son fines de semana y días festivos (teniendo en cuenta vacaciones de Semana Santa y Navidades, pero no las vacaciones de verano, puesto que, en estos meses se alcanzan temperaturas por encima de los 40 grados y, no teniendo piscina, se cree que la finca carecerá de atractivo y, por tanto, que no se alquilará).

Calcularemos los días festivos utilizando los días festivos de Castilla-La Mancha, puesto que es la Comunidad Autónoma en la que se encuentra la casa. Por tanto, el número de días disponibles contando cada fin de semana, sin contar la mitad del mes de junio, julio, agosto y mediados de septiembre son 113 días. Todo ello, teniendo en cuenta que el fin de semana empieza el viernes, ya

que, es el día más probable en el que entrarán los huéspedes a alojarse. Pese a que los inviernos en la provincia de Ciudad Real también son extremos, la casa está dotada de un sistema de calefacción, agua caliente y chimenea, lo que permite una estancia cómoda.

La casa cuenta con cuatro habitaciones, dos de estas con capacidad para dos personas y las otras con capacidad para tres y cuatro personas siendo, por tanto, la ocupación máxima de la casa de once huéspedes. Para que la estimación del consumo sea mayor que el consumo que verdaderamente se tendrá, se considerará como día completo el día de entrada de los huéspedes. Es decir, si se alquila la casa el fin de semana, se entrará el viernes y se saldrá el domingo, aunque la hora de llegada de los huéspedes sea tarde en el día de entrada y temprana el día de salida. Por tanto, tanto el viernes como el domingo a efectos del cálculo serán días completos de consumo de agua.

Para el cálculo del consumo diario de agua por persona, utilizaremos los datos del sector hotelero. Concretamente, el consumo medio de agua por día de un huésped en un hotel es de media entre 200 y 250 litros. Este será el dato que se utilizará a la hora de calcular el consumo potencial de la finca. Este dato se obtiene de calcular todo el gasto de agua de los hoteles y dividirlo por el número de huéspedes. En él se incluye desde lavandería y cocina hasta el propio gasto de los trabajadores del hotel. Podemos decir, por tanto, que es muy superior al gasto medio en los hogares españoles por habitante y día, que es de 136 litros según el instituto nacional de Estadística (INE). La variación se debe a que las personas cambian sus hábitos cuando se encuentran de vacaciones y, es por esto mismo, por lo que utilizaremos el dato del sector hotelero y no la media de los hogares españoles.

A continuación, realizaremos una estimación del potencial consumo de agua. Para nuestro calculo de agua nos basaremos en datos del Canal de Isabel II entre otros. El gasto de agua por persona se calculará de la siguiente forma:

-El consumo medio de una ducha son 45 litros por persona y ducha. Solo calcularemos duchas puesto que la casa no cuenta con una bañera. Además, supondremos que los huéspedes se ducharán dos veces al día.

-El consumo por descarga del retrete es de aproximadamente 6 litros, al ser este un retrete de menos de 6 años de antigüedad. Cada persona utiliza de media 4 veces el retrete al día.

-El consumo de agua en actividades tales como el cepillado de dientes, afeitado, lavado de manos y otras actividades varias es de aproximadamente 25 litros por persona y día. Gastamos de media 12 litros de agua por cada minuto que el grifo está abierto.

El cálculo del consumo de agua individual es:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de agua individual} &= \frac{45 \text{ l}}{\text{persona}} * \frac{2 \text{ duchas}}{\text{día}} + \frac{6 \text{ l}}{\text{descarga}} * \frac{4 \text{ descargas}}{\text{día}} + \frac{25 \text{ l}}{\text{persona}} \\ &= 139 \text{ litros/persona y día} \end{aligned}$$

Ecuación 10

También es necesario calcular los gastos comunes de agua que existen. Estos son, básicamente, el uso del lavavajillas y la lavadora. Se supondrá que se pone un lavavajillas por comida (desayuno, comida y cena) y 3 lavadoras por fin de semana, pues no se cree que el cliente lave mucha ropa durante su estancia, pero sí será necesario el lavado de sábanas, manteles, toallas y demás tras la marcha de éste. Además, cabe incluir el gasto de agua empleado en la limpieza de utensilios de cocina como las

sartenes, ollas y demás. Se calcula que se gasta aproximadamente 12 litros por minuto. Estando la estancia pensada para 11 personas, se debe tener en cuenta que, por comida, gastaremos por lo menos 40 litros en limpiar todos aquellos elementos que no se limpian en el lavavajillas.

$$\text{Consumo grupal por día de agua} = \frac{30 \text{ l}}{\text{lavavajillas}} * \frac{3 \text{ lavavajillas}}{\text{día}} + \frac{51 \text{ litros}}{\text{lavadora}} * \frac{3 \text{ lavadora}}{3 \text{ días}}$$

$$+40 \text{ litros en gastos varios} = 181 \text{ litros por día}$$

$$\text{Gasto común de agua por persona} = \frac{181 \text{ litros/día}}{11 \text{ personas}} = 16.45 \text{ litros/persona y día}$$

Gasto total de agua por persona:

$$\text{Gasto total de agua} = \left(\frac{139 \text{ l}}{\text{persona}} + \frac{181 \text{ l}}{11 \text{ personas}} \right) = 155.45 \text{ litros/persona y día}$$

Ecuación 11

Viendo que el gasto por persona calculado es de 155.45 litros y que éste queda muy alejado de los valores que da la Asociación de Empresarios de la Hostelería de Madrid es posible que estemos pasando por alto algunos gastos importantes. Es por este motivo que nos decantaremos por tomar el valor de 250 litros por persona.

Por lo tanto, el consumo anual de agua:

$$\text{consumo anual de agua} = 113 \text{ días} * \frac{11 \text{ huéspedes}}{\text{día}} * \frac{250 \text{ litros}}{\text{huésped}} = 310,750 \text{ litros}$$

Ecuación 12

1.1.4 Estudio de alternativas del sistema de bombeo actual.

Responderemos a continuación a la pregunta clave de nuestro proyecto; ¿Qué hacemos con nuestro sistema de bombeo? Y, ¿cuánto nos va a costar aproximadamente?

1.1.4.2 Sistema de tuberías.

El sistema de tuberías actual es muy sencillo y fue instalado mayoritariamente en el año 2001. Se cabo una zanja, se introdujo la tubería de polietileno de alta densidad (PEHD) y se volvió a tapar con la misma tierra, una tierra arcillosa. Por lo tanto, la tubería no tiene ningún tipo de protección especial, no esta recubierta de hormigón ni nada semejante, simplemente, al encontrarse bajo tierra sufre menos intensamente el cambio brusco de temperaturas de la zona. La ilustración 4 que aparece a continuación muestra la forma en la que se realizó la instalación del sistema de la finca, pero la fotografía no se corresponde con dicho sistema, sino que, fue tomada de una instalación idéntica.



Ilustración 4, Fuente: Arístegui Maquinaria

Esta zanja carece de mantenimiento alguno y, actualmente, sobre ella, ha crecido la vegetación. Al no encontrarse protegida de ningún modo y no haber recibido un mantenimiento adecuado, el sistema de tuberías se encuentra totalmente expuesto a las raíces. Este hecho conlleva el peligro de que las raíces perforen el sistema en alguno de sus puntos, inutilizándolo y obligando a renovarlo completamente.

Tras todo lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta que las tuberías fueron instaladas hace dieciocho años, podemos afirmar que el sistema puede fallar en cualquier momento. Debido a que, actualmente, da muestras de funcionar bien, lo que se propone es reservar una parte de capital para poder hacer frente al reemplazo del sistema en el momento en el éste empiece a dar síntomas de estar llegando al final de su vida útil. La ventaja de este sistema de tuberías es que, si ocurriere algún fallo, éste es relativamente sencillo de detectar. En caso de que el caudal que llega al depósito esté por debajo de lo normal, en primer lugar, se debe comprobar que la bomba funciona correctamente y, posteriormente, si concluimos que el problema no se encuentra en la misma podremos presumir que existe alguna fuga en el sistema de tuberías. Si el sistema tuviera alguna fuga menor, se podría seguir bombeando agua a la casa, pero se estaría perdiendo parte en el trayecto, generando así, un desperdicio de agua y energía.

Una fuga, por pequeña que sea, es relativamente fácil de detectar. Como ya ha sido mencionado, las tuberías se encuentran enterradas a 30 centímetros de la superficie, por tanto, habría una zona del trayecto donde abundaría la vegetación de una forma poco usual, es decir, que encontraríamos excesiva vegetación en una zona donde no debiera de haberla. Es posible que la mejor opción sea, en caso de que la fuga fuese pequeña, simplemente continuar operando asumiendo unas pérdidas energéticas y de agua. Si nos encontrásemos un charco en un tramo, la fuga ya se considera mayor y, por tanto, sí que habría que proceder cuanto antes a la reparación o cambio del sistema completo.

Se prevé que el sistema tenga que ser renovado debido a perforaciones que puedan sufrir las tuberías a causa de las raíces o, bien, por el desgaste de los años debido a su uso y a los cambios de temperatura. De todas maneras, cabe destacar, que no sería común la rotura repentina del sistema sin que el mismo hubiere dado previamente alguna señal de mal funcionamiento. Esta es la razón por la que seguidamente se realizará una partida presupuestaría que nos informará de la cuantía que debe ser reservada para el supuesto en el que se deba reparar el sistema.

Para la sustitución del sistema se propone el uso de tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Estas tuberías presentan varias características clave para una instalación doméstica como la que se estudia en este proyecto. Soportan un abanico de temperaturas mayor que el PVC o el PEHD, llegando a soportar temperaturas de 120º sin ablandarse, lo que es muy beneficioso en este caso ya que el clima sobre en el que trabajarán es continental y, por lo tanto, la temperatura en invierno y en verano varía significativamente. Al aguantar este material mejor el gradiente de temperaturas nos permite reducir la profundidad de la zanja a la mitad, de 30 centímetros a 15 centímetros, reduciendo a la mitad el trabajo de excavación y de tapado de la instalación. Otra cualidad de estas tuberías es que están reforzadas en el exterior por fibra de vidrio, lo que las hace mucho mas resistentes al medio, ya que la fibra de vidrio es mucho mas dura que materiales usados comúnmente en las instalaciones domésticas como es el polietileno. No se tiene pensado reforzar la tubería con otros materiales a su alrededor ya que se considera suficiente con la protección que aporta la fibra de vidrio. La última ventaja que tiene este material es que además es más ligero que los otros usados en instalaciones domésticas (PEHD y PVC), lo que facilita su instalación y abarata los gastos de transporte.

La ilustración número 7 muestra la distancia horizontal que recorrerán las tuberías. Con esto podemos calcular que la longitud aproximada que tendrán las tuberías será:

$$L = \sqrt{L_h^2 + h_g^2} = \sqrt{225.89^2 + 18^2} = 226.6 \text{ metros}$$

Ecuación 2



Ilustración 5, detalle del plano A401

Para que la partida presupuestaria sea lo más económica posible, el proyecto no será entregado por completo a una única empresa, sino que, se contratarían los servicios de forma independiente. A una de las empresas se le efectuaría una compra de unos 226.6 metros de tuberías de PRFV con un diámetro interno de 38.1mm (1 ½”) y una válvula, que será necesaria para el mantenimiento futuro que el sistema requerirá. La ilustración 7, indica aproximadamente el trayecto del sistema de tuberías.

Las tuberías de PRFV vienen en tramos de 6 metros, y tienen un precio aproximado de 10 euros el metro. El pedido mínimo que podemos realizar es de 200 metros, lo cual no es un problema puesto que necesitamos 226.6 metros. Luego, compraremos:

$$\frac{226.6 \text{ metros}}{6 \text{ metros/tubería}} = 37.77 \text{ tuberías} = 38 \text{ tuberías}$$

Ecuación 13

A 10 euros el metro, el coste de las tuberías será de 2,266€, sin contar con el precio del transporte desde China a Puertollano que es de \$482.3 (≈385.4€)¹. Por consiguiente, el precio final es de:

$$\text{Precio final tuberías} = 2,266€ + 385.4€ = 2,651.4€$$

Ecuación 14

Por otro lado, es necesario alquilar un camión con grúa para que transporte las tuberías y las deposite todas cerca de la futura zanja. De esta manera los operarios que se encarguen de instalarlas no

¹ Todos los datos aquí aportados han sido extraídos de la web Alibaba.com/Spain

tendrán que recorrer grandes distancias con ellas. El precio de mercado por día para un camión con grúa, incluyendo a los operarios encargados de descargar la mercancía y al chófer es de 600 euros.

Por otro lado, será necesario rentar una excavadora para que cave una zanja de 15 centímetros de profundidad y con una anchura de medio metro y, también, para que tape la zanja una vez instaladas las tuberías. Existen diferentes opciones que ofrecen el alquiler de excavadoras durante el día. La primera opción consiste en: junto a la zanja se alinearán las nuevas tuberías uno o varios días antes, tras esto, se alquilará la maquinaria necesaria para dar comienzo a la perforación del terreno y, por último, una vez realizada la excavación se colocarán las tuberías en el interior de la zanja a medida que ésta se va abriendo. Una vez completado lo anterior se volverá al inicio de la zanja y se procederá a enterrar la tubería. La segunda opción sería: realizar el transporte de las tuberías el mismo día que se efectúan las perforaciones y ayudarse de la grúa para colocar las tuberías. En definitiva, cualquiera que sea la opción escogida lo que se pretende es que la excavadora no tenga que ser utilizada más de un día. El precio de mercado del alquiler por día de una excavadora, incluyendo el transporte de esta y un operario que la maneje, es de 450 euros.

Por último, será necesario contratar dos operarios más que tengan los conocimientos suficientes para instalar correctamente el sistema de tuberías. Es decir, desde organizar por donde transcurrirá la futura tubería y encargarse de juntarlas hasta dejar el sistema funcionando. Estimamos que el trabajo de éstos durará, aproximadamente, cinco días y se deberá tener en cuenta que al contratarlos de forma independiente van a cotizar como autónomos. Luego, se estima que el salario por hora que se les tendrá que abonar es de 30 euros, donde estará incluido tanto el seguro de responsabilidad civil como el pago de la seguridad social. Sabiendo que se va a necesitar contratar dos operarios a jornada completa, es decir, 8 horas al día y durante una semana, podemos calcular que los costes ascenderán a 2,400 euros.

$$\text{Contratar dos operarios} = 2 \text{ operarios} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} * 5 \text{ días} * \frac{30 \text{ €}}{\text{hora}} = 2,400\text{€}$$

Ecuación 15

	Cantidad	Precio unitario	Precio total (€)
Compra de las tuberías	226,6 metros	10€/metros	2,266
Transporte Tuberías China-Puertollano	-	-	385,4
Alquiler de camión con grúa	1	600€/día	600
Alquiler excavadora	1	450€/día	450
Contratar dos operarios	5	480€/día	2,400
Total partida presupuestaria			6,101.4

Tabla 3

Como podemos observar en la tabla 3 el coste total de la instalación de las tuberías ascendería a 6,101.4€.

Respecto al sistema antiguo, el de PEHD, la solución que se propone consiste en desconectar este tanto del depósito como la bomba, pero no retirarlo del campo debido a que esta operación sería muy costosa.

Si, por otro lado, se decidiera la construcción de un nuevo sistema de tubos de PRFV sobre la zanja sobre la que se encuentra el sistema actual, la excavadora y la grúa tendrían que ser alquiladas dos días y contratar a dos operarios durante dos días más, también. Además, sería necesario pagar por deshacerse correctamente de las tuberías de PEHD. El día extra de alquiler es básicamente porque en un día no es viable excavar la zanja, extraer las tuberías, introducir las nuevas y volver a cubrir la zanja. Luego, sumando todos estos, los gastos por retirar las tuberías antiguas ascenderían a 2,010 euros a los que se le tendrá que añadir el desembolso que se realice en el punto limpio. Eso sí, esta sería la forma más efectiva de sustituir los sistemas, ya que, no sería necesario cubrir una zanja y abrir una nueva.

La solución que se propone no es la más ecológica, pero sí la más barata. Las tuberías se dejan enterradas para que se descompongan, con la consecuencia de que, la completa descomposición tardará muchísimos años en suceder.

Estas tuberías duraran como mínimo 30 años, aunque no se sabe a ciencia cierta, pues es un material muy novedoso. Los ensayos de durabilidad hablan de que pueden llegar a durar hasta 50 años, pero, en cualquier caso, pasados 25 años de su instalación se realizaría de nuevo una partida presupuestaria y se reservaría la cantidad de dinero necesaria para el supuesto de rotura del sistema.

1.1.4.2 Bomba hidráulica.

Como se detalla en el apartado 1.1.2.1 Ficha técnica del sistema actual, la actual bomba lleva instalada desde el 2008, es decir, once años. Los rodamientos son los elementos más críticos de las bombas y la principal razón por la que se rompen las mismas. Se estima que una bomba como la nuestra, tiene unos rodamientos con una vida útil de 50,000 horas.

Actualmente, la bomba no trabaja mucho a lo largo del año, lo que también puede provocar que se rompa debido a su baja actividad. Como ha sido previamente calculado, recordamos que se estima que la casa consume actualmente 70,200 litros, y que la bomba trabaja 23.4 horas al año. Teniendo en cuenta que la bomba lleva instalada desde el 2008, podemos decir que la ésta únicamente ha trabajado:

$$23.4 \text{ horas/año} * 11 \text{ años} = 257.4 \text{ horas}$$

$$\% \text{ vida útil} = \frac{257.4 \text{ horas}}{50,000 \text{ horas}} * 100 = 0.51\%$$

Ecuación 16

Lo que se traduce en un 0.51% de la vida útil del rodamiento, y suponiendo que con los clientes ahora se usará la bomba aproximadamente 100 horas al año, se necesitarían 498 años para llegar a las 50,000 horas de la vida útil del rodamiento. Luego no se cree que la rotura de la bomba vaya a ser provocada por el fallo de un rodamiento. Estando la bomba sumergida y en contacto contantemente con el agua de un acuífero, es mucho mas probable que el fallo venga por la interacción de la bomba con la naturaleza. En cualquier caso, es una bomba que lleva trabajando más de 10 años y que es

imposible prever en qué momento dejará de funcionar. Esta es la razón principal por la que se propone realizarle un mantenimiento correctivo.

Lo que se sugiere es comprar una bomba y dejarla almacenada, para así poder disponer de ella rápidamente en caso de que la bomba Belardi se estropee y cambiar las bombas en un plazo mínimo de tiempo. De esta manera la futura actividad económica de vería afectada lo mínimo posible. La compra de una bomba del tipo que nosotros requerimos tiene unos plazos de entrega variables, pero generalmente largos, por ejemplo, el kit completo Piranhamat tiene un plazo de entrega de 2 meses, debido en parte a que se fabrica en Wexford, Irlanda.

Si se comprara la bomba una vez la actual se rompiera supondría tener que alquilar una bomba hasta que llegase la nueva. Las bombas se alquilan por semanas y tienen un precio de 100 euros por semana. Siendo el plazo de algunas bombas de dos meses, no comprar a tiempo una nos podría costar 800 euros solo en el alquiler de una de recambio.

Una vez comprada la bomba más adecuada a la situación (se llevará a cabo más adelante), se le realizará un diagnóstico a la bomba actual, que consiste en sacarla del pozo y examinarla. Este diagnóstico tiene un precio de 480 euros, ya que tenemos que sacar la bomba del pozo, inspeccionarla, volver a instalarla y por último cebarla de nuevo. Este diagnóstico consiste en verificar el consumo, el caudal, las vibraciones y el ruido.

Para este trabajo se requerirá el trabajo de dos operarios durante un día completo y a los que se les dará una retribución de 30 euros la hora. Estos operarios que son contratados de forma independiente como autónomos serán responsables de abonar las tasas de la seguridad social y de responsabilidad civil.

Dependiendo de este diagnóstico inicial se determinará qué hacer con la bomba. Si este no es favorable se optará por el cambio completo de la bomba. Si la bomba se encuentra en buen estado, se volverá a sumergir y se le realizará una nueva inspección dentro de 6 meses o un año. Puede ocurrir, también, que el informe de los operarios sea favorable, pero con un aviso de que debido al estado de la bomba sea necesario el cambio de esta dentro de unos seis meses, permitiendo así su completa amortización.

Una opción que no se contempla en este mantenimiento correctivo es llevar la bomba a reparar. Esto, pese a que puede parecer lo más económico y, sobre todo, el que menor impacto ecológico tiene, no es una opción. Las bombas que se manejan en este proyecto, Belardi, ABS, Piranha pese a ser de compañías muy extendidas en España, no ofrecen ningún servicio de reparación, lo que nos lleva a tener que llevar la bomba a sitios muy especializados que, además de estar lejos, no serán baratos. Además, no está garantizado que la bomba no se rompa en un periodo corto de años, por lo que pese a ser la opción mas ecológica, no se adecua mucho a la futura actividad de la casa.

A continuación, se determinará qué tipo de bomba es más adecuada al sistema de la finca, teniendo en cuenta el precio, su robustez y su gasto energético. Para esto, utilizaremos el software ABSEL y los puntos conocidos de trabajo, que son los siguientes:

-Fluido: Agua a 20°C

-Buscamos una instalación de bomba simple. Con la opción de tener dos bombas juntas, para que una esté de reserva.

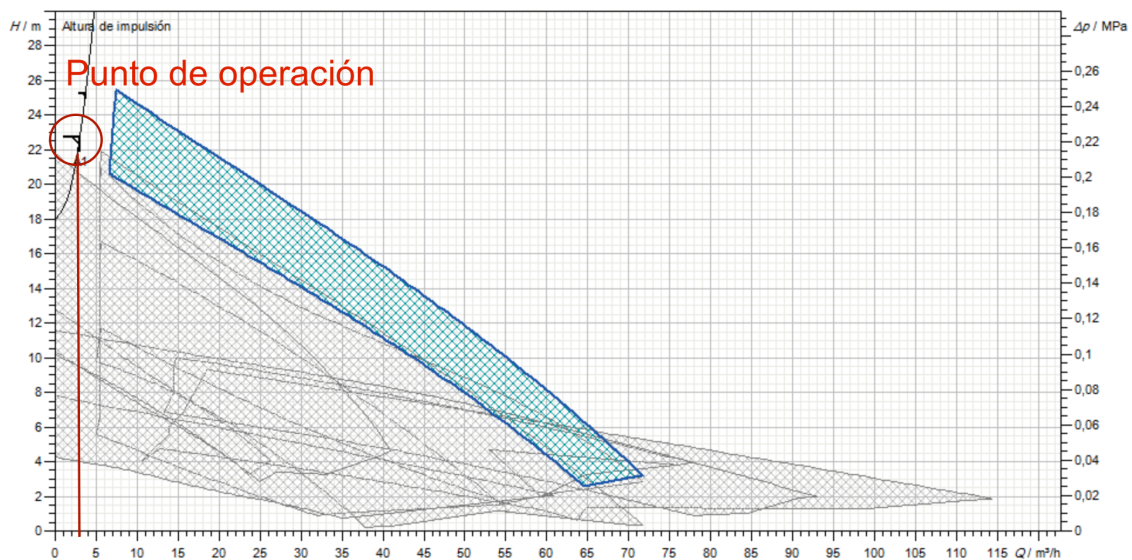
-Caudal de $3 \text{ m}^3/h$

-Altura geométrica de 18 metros

-Altura manométrica de 22.815 metros. (cálculo 1.2.8)

-Con una aplicación de uso domestico de agua (waste water technology, Domestic and comercial)

Debido al tipo de bombas que se han preseleccionado, es decir, del modelo AS, el programa no es capaz de encontrar una bomba que se encuentre dentro de los parámetros.



Se modifica en el programa el caudal, pues es lo único que se puede modificar artificialmente a través de un variador de frecuencia. Siempre será más barato jugar con la electrónica que hacer una bomba a medida. El resultado que se obtiene es el siguiente:

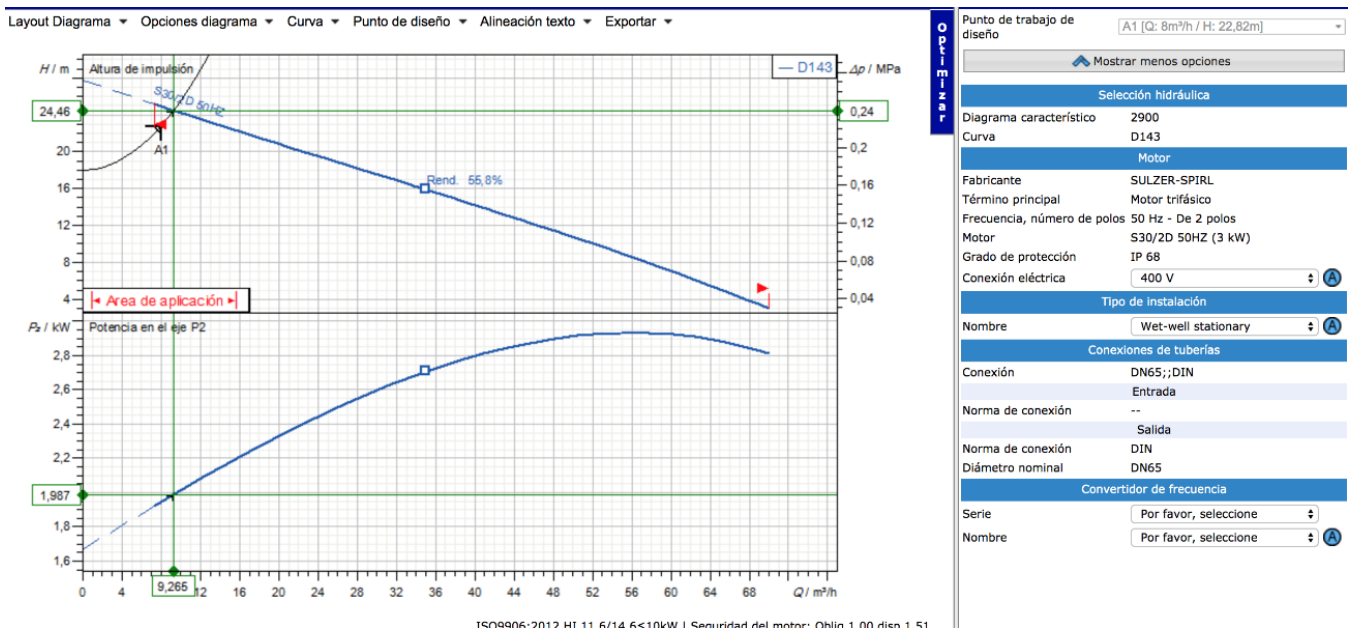


Gráfico 2, Fuente ABSEL

Una bomba AS0641 D, con una potencia en el eje de 1.987 KW, un diámetro nominal de 65 milímetros y un caudal de $9.265 \text{ m}^3/\text{h}$. A través de un variador de frecuencia se puede ajustar el caudal a $3 \text{ m}^3/\text{h}$, pero aumentaría el consumo eléctrico un 20%. Una ventaja de comprar esta bomba es que en caso de necesitar rellenar el deposito más rápido se podría ya que tendríamos, inicialmente, a nuestro sistema trabajando a menor capacidad.

Esta bomba tiene un precio de 3,000 euros, no estando incluido el IVA ni el variador de frecuencia y se estima que la vida útil de la bomba varía entre 10 y 20 años en función del uso que se haga del sistema. El mantenimiento mínimo que habría que realizarle a la bomba sería una vez al año verificar el consumo caudal, ruido y vibraciones con los datos históricos de operación de la bomba. Este mantenimiento supondría sacar la bomba del agua y luego inspeccionarla. Para esta labor se necesitan dos operarios trabajando una jornada completa, que supone un desembolso al año de 480€.

$$\text{Precio operarios} = 2 \text{ operarios} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} * 1 \text{ día} * \frac{30 \text{ €}}{\text{hora}} = 480\text{€}$$

Ecuación 17

Para el futuro, se busca instalar 2 bombas en disposición 1+1, una trabaja y otra está de reserva. Para esto es necesario instalar un cuadro eléctrico que incluya un variador de frecuencia (VFD) para dos bombas. Luego el precio de venta al público (PVP) es:

	Cantidad	Precio Unitario	Precio (€)
Bomba AS0641 D	2	3000	6000
Cuadro eléctrico con dos variadores de frecuencia (VFD)	1	600	600
Precio total	-	-	6,600

Tabla 4

Otra opción, es buscar otro tipo de bomba que pueda operar con las condiciones de trabajo originales. Debido a que la bomba anterior es demasiado potente para nuestro sistema, probaremos con unas bombas menos potentes. Además, al estar la bomba en contacto con el agua de un acuífero donde es posible que haya alguna planta o animal, sería interesante comprar una bomba con un rodete triturador, ya que una de las principales causas por las que se rompen las bombas en el campo es por la obstrucción de algún elemento de la naturaleza en el rodete. Por consiguiente, el resultado que obtenemos con una bomba del tipo Piranha con el software es el siguiente:

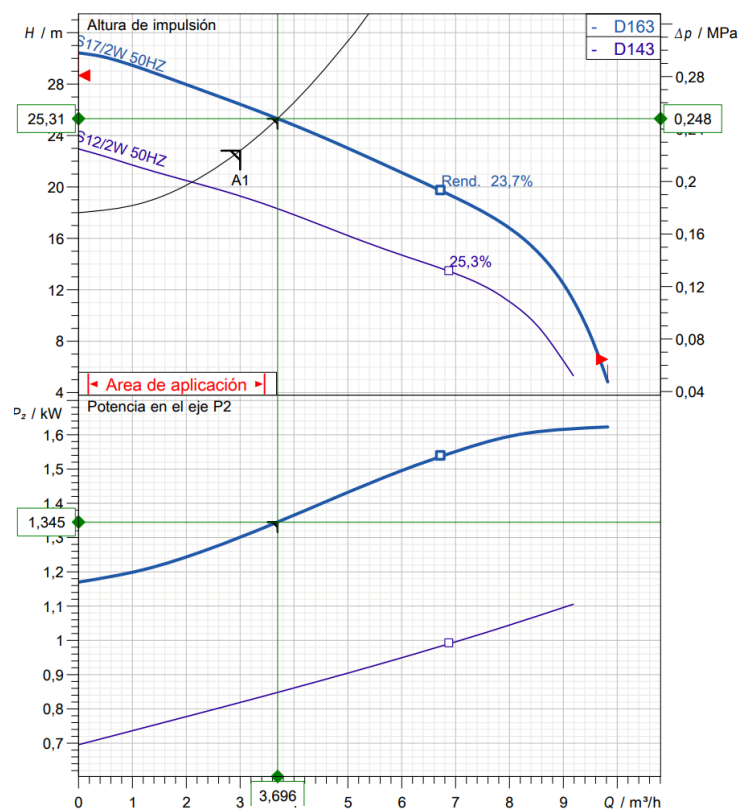


Gráfico 3, Fuente ABSEL

La bomba que el programa ABSEL considera óptima es una bomba Piranha de la serie Piranha-S y con un motor S17 2W 50Hz (1.65KW). Los datos que se ven en el gráfico 3, muestra los datos de la bomba sin optimizar a nuestro punto de trabajo. Esta bomba, trabajando en nuestro punto de trabajo tiene las siguientes características:

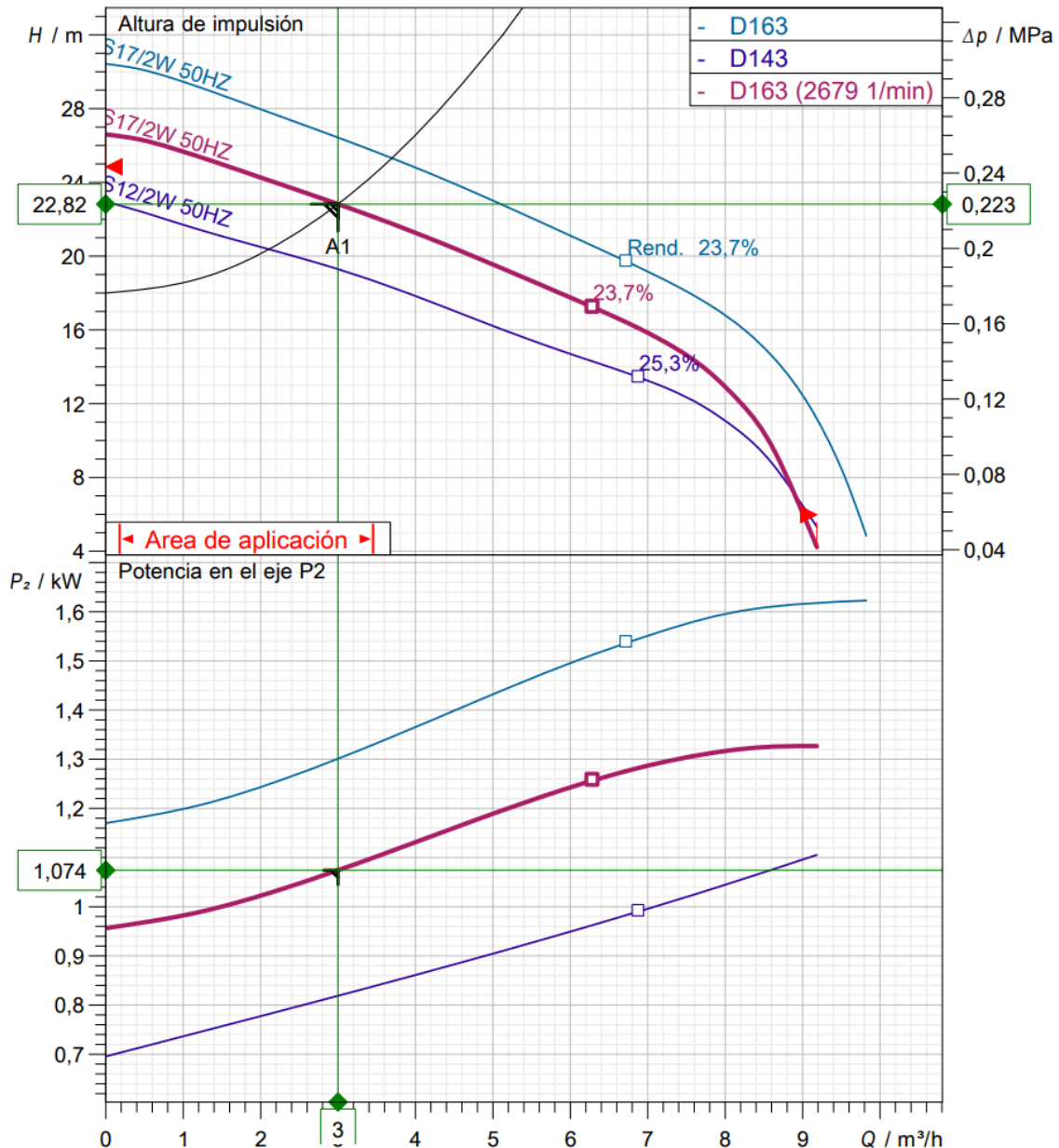


Gráfico 4, Fuente ABSEL

Por lo que la potencia desarrollada en el eje es de 1,074 KW, siendo esta potencia bastante menor que la desarrollada por la bomba sin optimizar a nuestro punto de trabajo. Esto ocurre porque la bomba esta diseñada para una potencia mayor, nosotros la usaremos por debajo de su punto de trabajo ideal.

Nuestra anterior bomba era sumergible, pero esta, como va a trabajar de forma interrumpida esta diseñada para instalarse en seco. El precio de una instalación completa de Piranhamat incluyendo 2 bombas y un cuadro eléctrico es inferior a los 5000 euros, sin incluir el IVA. Las bombas serían colocadas en disposición 1+1, una trabaja y otra está de reserva. En el cuadro eléctrico habría dos variadores de frecuencia (VFD) que se encargaría de alternar el uso de las dos bombas y así aumentar su vida útil. Este sistema se prevé que tenga una vida útil de entre 25 y 30 años, dependiendo del uso que se le de. La bomba recibiría como mínimo un mantenimiento que consistiese en verificar el

consumo, ruido, las vibraciones y el caudal. El mantenimiento mínimo es igual que el que se haría en la otra opción de bomba, la bomba AS pero siendo un 50% más barata debido a que la bomba Piranha no está sumergida y por lo tanto al estar más accesible es más barata. Luego la bomba recibiría al año como mínimo un diagnóstico de su estado por un precio de 240 €.

1.1.4.3 Elección de bomba

No hay en el mundo solo estos dos modelos de bomba entre los que elegir. El programa que utilizamos, ABSEL, solo trabaja con las marcas dentro de la compañía suiza SULZER. Hay otras marcas que podrían también desempeñar el trabajo que aquí estamos analizando, pero verdaderamente no estamos analizando las marcas, sino más bien el tipo de bomba que mejor se adecua a resolver el problema. La elección que tomar es entre una bomba centrífuga sumergible y una bomba dilacedora.

La bomba centrífuga sumergible es un 32% más cara. Pese a trabajar con agua no tratada de ninguna forma, no tiene un sistema triturador, lo cual la hace muy propensa a atascarse. Tiene también un consumo eléctrico mucho mayor, desarrollando una potencia en el eje de 1,987KW frente a los 1,074KW de la bomba Piranha. El mantenimiento de la bomba AS es el doble de cara. Por último, tiene una vida útil esperada de 10 años frente a los 25 de la Piranha.

El Piranhamat supera a la bomba centrífuga en todos los campos que hemos comparado. Luego de entre los dos tipos de bomba elegiremos el Piranhamat como potencial sustituto de la bomba Belardi.

1.1.4.4 Ficha técnica de la bomba

Fabricante: SULZER

Datos bomba:

- Modelo: Piranha S W 50HZ
- Potencia en el eje: 1.07KW
- Potencia absorbida de la red: 1.63KW
- Potencia nominal:1.65KW
- Rendimiento hidráulico:17.1%
- Rodete triturador con 4 álabes

Datos motor:

- Motor: S17 2W
- Potencia nominal:1.65KW
- Tensión nominal 230V
- 2 polos
- Intensidad de arranque: 35.6A
- intensidad nominal: 10.6A
- Par de arranque: 2.19Nm
- Par nominal: 5.61Nm
- Grado de protección: IP68

1.1.4.5 Consumo eléctrico de la bomba en situación actual.

Calcularemos cuanto sería el consumo eléctrico de bomba en las condiciones de trabajo actuales, es decir, no trabajando aún como casa rural.

PVPC 2.0A			
Facturación por potencia contratada			
Importe por peaje de acceso (1,63 kW)	365/365 días	38,043426 €/kW y año	62,0107844
Importe por margen de comercialización fijo (1,63 kW)	365/365 días	3,113000 €/kW y año	5,07419
Facturación por energía consumida			
Importe por peaje de acceso (estimado)	60,84KWh	0,044027 €/kWh	2,67860268
Importe por coste de la energía (estimado)	60,84KWh	0,074958 €/kWh	4,56044472
Subtotal			74,3240218
Impuesto electricidad			
Impuesto Eléctrico	74,32 €	5,11%	3,80 €
Alquiler equipos de medida y control			
Alquiler equipos de medida y control	365 días	0,047671 €/día	17,399915
Subtotal			21,20 €
Importe Total			95,52 €
Impuesto aplicado			
I.V.A. (21 %)	95,52 €	21%	20,06 €
TOTAL IMPORTE FACTURA			115,58 €

Tabla 5. Fuente: Elaboración propia

Luego el importe pagar por el uso de la bomba Piranha con la situación actual es de 115.58 €. Esto supone 50.78 € menos al año que usando la bomba Belardi:

$$\text{Ahorro} = 166.36\text{€} - 115.58\text{€} = 50.78\text{€}$$

Ecuación 18

1.1.4.6 Consumo eléctrico de la bomba trabajando como casa rural.

Calculamos cual sería el consumo eléctrico en euros del uso de la bomba Piranha con la casa trabajando como casa rural. Primero calculamos el numero de horas que estimamos que nuestra bomba trabajará:

$$\frac{310750 \text{ litros al año}}{0.833 \text{ litros por segundo}} = 372900\text{sg} = 103.58 \text{ horas}$$

Ecuación 19

Además, hay que tener en cuenta que la potencia absorbida de la red por parte del motor de la bomba es 1.63 KW. Luego el consumo estimado al año será:

$$KWh \text{ al año} = 1.63W * 103.58hr = 168.83KWh$$

Ecuación 20

Luego el consumo futuro estimado será:

PVPC 2.0A			
Facturación por potencia contratada			
Importe por peaje de acceso (1,63 kW)	365/365 días	38,043426 €/kW y año	62,0107844
Importe por margen de comercialización fijo (1,63 kW)	365/365 días	3,113000 €/kW y año	5,07419
Facturación por energía consumida			
Importe por peaje de acceso (estimado)	168.83KWh	0,044027 €/kWh	7,43307841
Importe por coste de la energía (estimado)	168.83KWh	0,074958 €/kWh	12,6551591
Subtotal			87,1732119
Impuesto electricidad			
Impuesto Eléctrico	87,17 €	5,11%	4,46 €
Alquiler equipos de medida y control			
Alquiler equipos de medida y control	365 días	0,047671 €/día	17,399915
Subtotal			21,86 €
Importe Total			109,03 €
Impuesto aplicado			
I.V.A. (21 %)	109,03 €	21%	22,90 €
TOTAL IMPORTE FACTURA			131,93 €

Tabla 6. Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el consumo futuro se estima que sea menor que el consumo actual pese a que la bomba Piranha pasaría a trabajar un 77.4% de horas más.

1.1.5 Comparación del sistema actual con el que se propone

La bomba hidráulica incorporada en este momento en el sistema de bombeo es una bomba Belardi de dos caballos de vapor de potencia en el eje. Esta bomba, lleva funcionando once años y no ha sufrido ningún tipo de daño que haya provocado el cese del bombeo, pese a que se estima que la vida útil de este tipo de bombas es de 10-15 años. Esta bomba tiene un precio de venta al público de 538,30 € con el IVA incluido. Esta bomba tiene un caudal máximo de tres metros cúbicos por hora y una altura manométrica máxima de 205 metros.

El Piranhamat incluye dos bombas Piranha que trabajan en disposición 1+1, luego siempre hay una bomba de reserva en caso de que haya algún tipo de fallo y también incluye un cuadro eléctrico. Cada bomba Piranha tiene una vida útil de entre 25 a 30 años. Estas bombas tienen además una garantía de 2 años desde su instalación y la marca ABS proporciona un servicio de post venta que se realiza a través de una serie de talleres a nivel nacional. Las bombas Piranha tienen un caudal máximo de 30m³/h y una altura de 75 metros.

La bomba Belardi es mucho más barata pero el sistema actual no cuenta con un cuadro eléctrico, el precio por uno ronda los 600 €, y solo tiene una bomba. Esta bomba tiene una vida útil casi 3 veces más corta. Es también una bomba que se encuentra sumergida, lo que encarece su mantenimiento frente a la bomba Piranha que esta instalada en seco.

Pese a estas diferencias, se recomienda la instalación de un sistema completo de Piranhamat por las razones expuestas en el párrafo anterior pero principalmente porque es un sistema mucho más fiable y robusto en un medio campestre gracias a su rodete triturador.

1.1.6 Otras posibles mejoras al sistema

1.1.6.1 Llenado del depósito automatizado

La gran mejora que se busca en el sistema es la automatización del depósito desde el cual se hace uso del agua necesaria para la actividad de la casa tal como el uso del lavavajillas o las duchas. Esta es la mejora más importante pues contribuirá a una mayor satisfacción del cliente al no tener que encargarse de algo a lo que no está acostumbrado. Además, el caso más probable es que el usuario no este atento, el agua del depósito se agote y que, por lo tanto, no funcione nada. Esto conllevará una mayor insatisfacción del cliente y que alguien se tenga que acercar a comprobar cuál es el problema por el cual no funciona nada.

Se propone un sistema de 3 boyas, que no dejan de ser accionamientos mecánicos que se activan o desactivan dependiendo de si están flotando o no. Estas boyas cuentan con una bola de acero en su interior. Las boyas al flotar hacen que dicha bola se coloque de cierta manera, cerrando un circuito y, por tanto, enviando una señal. De igual manera si no están flotando, el circuito permanece abierto. Véase la siguiente ilustración para comprender mejor el proceso:

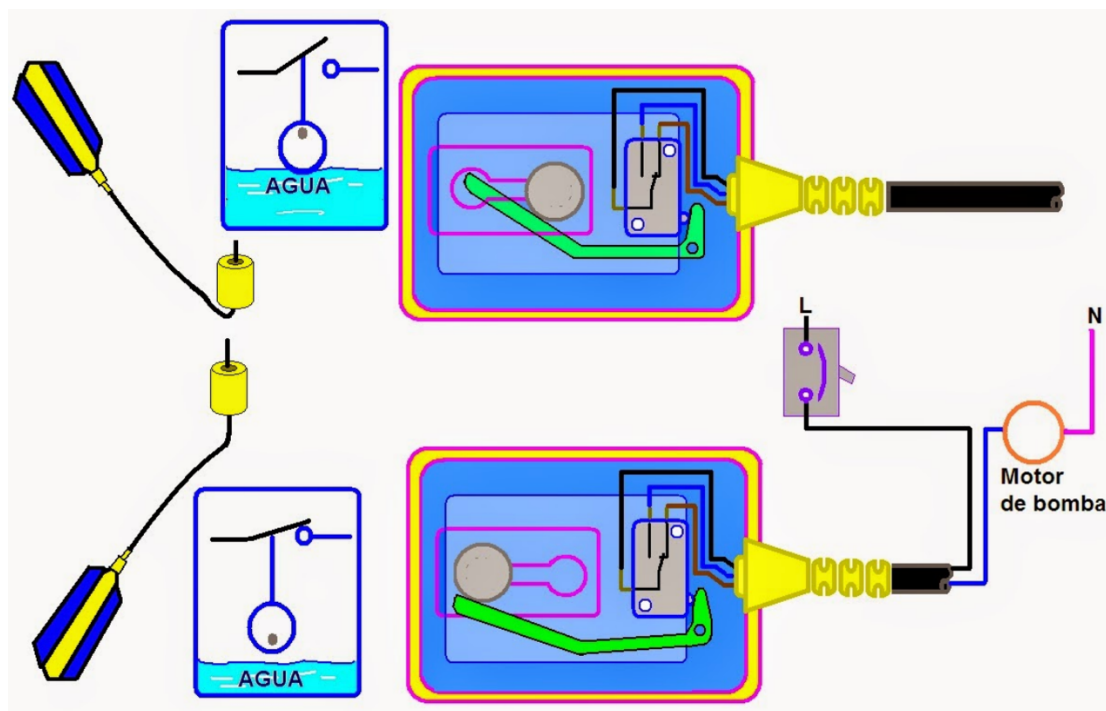
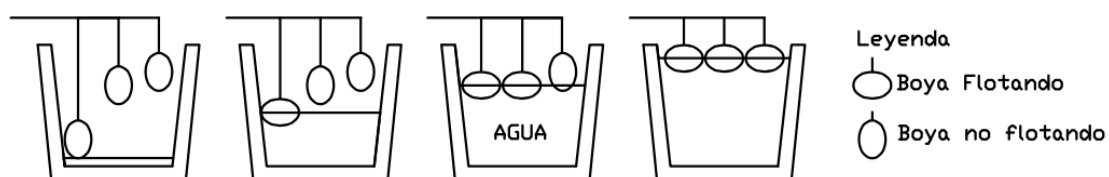


Ilustración 6, fuente: Coparoman

La idea es colocar 3 boyas de diferente longitud en el depósito. La boya de mayor longitud será la responsable de mandar una señal a la bomba de que se ha alcanzado el nivel mínimo de agua en el depósito cuando esta deje de flotar y que por lo tanto se necesita iniciar el bombeo de agua. Las otras dos boyas serán las responsables de señalar que se ha llegado al nivel de agua óptimo para dejar de bombear agua al depósito. La segunda boya de mayor longitud será la responsable de mandar esta señal cuando empiece a flotar. La tercera boya será la de menor longitud y, por tanto, la de seguridad. Esta siempre se encontrará más alta que la segunda boya y solo flotará si la segunda boya ha fallado, haciendo detener el bombeo pese a que la segunda boya haya fallado.

Este sistema, además, contaría con otros sistemas de seguridad. En caso de que también falle la boya de seguridad, el agua empezaría a desbordarse, pero esto no provocaría daños en el resto de los aparatos que se encuentran en las cercanías al depósito, puesto que, este está diseñado de tal manera que si el agua rebosa sea dirigida al exterior mediante un sistema de canales. Además, la bomba estaría programada para dejar de funcionar, independientemente de las señales que envían las boyas, tras cierto tiempo de continua actividad. Esto ayudaría al mantenimiento de la bomba, ya que, siendo bombas diseñadas para trabajar de forma intermitente, un trabajo continuo podría hacer que se sobrecalentasen. Por otro lado, también actuaría como seguridad frente al fallo de las boyas en caso de que las dos superiores dejen de funcionar o que, debido a una fuga en el depósito, el sistema piense que éste no está lleno. El siguiente boceto pretende facilitar la comprensión de este sistema:



Boceto 1.5.3. 3, Fuente: Elaboración propia

Hay otros factores de seguridad que también entrarían en este diseño. En caso de que fallen las boyas superiores, queremos dejar de bombear agua lo más rápido posible para evitar desperdiciar agua y energía. Se podría incluir en la tubería de desagüe, en caso de que haya desbordamiento, un sensor mecánico que mandase una señal cuando tenga un flujo la tubería. Esto indicaría claramente que hay un fallo, parando inmediatamente el sistema de bombeo y emitiendo una señal de error.

Se le da menos importancia al fallo de la boya más larga o la que indica el nivel mínimo del depósito. En caso de que esta fallase no se activaría el sistema de bombeo y la casa se quedaría sin agua, cosa que supone un problema, pero menor que el provocado por un desbordamiento. En este caso, podemos adoptar dos medias a la vez o por separado. La primera sería incorporar una cuarta bomba, que sería la más larga, que sea de seguridad para el nivel mínimo de agua del depósito. La segunda medida sería no retirar el interruptor manual del cuadro eléctrico para poder activar y desactivar la bomba manualmente.

El hecho de que las boyas sean accionamientos mecánicos hace que sean más fiables, además de que, son más asequibles (precio por boya ronda los 6 euros + IVA), ideal para nuestra situación. Además, se optimizaría la longitud de las boyas en el depósito para minimizar el número de arranques de la bomba, pero sin comprometer la tercera boya (la de seguridad).

Para construir este sistema se necesita, además de las boyas, un par de amplificadores de señal, un cuadro eléctrico y cableado para unir todo. Además, tanto el cuadro eléctrico como el amplificador de señal deberán estar correctamente aislados del medio, sobre todo de la lluvia.

El principal problema al que nos enfrentamos al automatizar la bomba es la distancia que hay entre el depósito y la bomba. Como ha sido comentado, las boyas al flotar o dejar de flotar mandan una señal. La señal generada es de pequeña intensidad, entre 4 y 20 miliamperios, por lo tanto, debido a que la distancia es grande necesitamos colocar una serie de amplificadores, que amplifiquen la señal. La distancia entre el depósito y el futuro cuadro eléctrico es de 265 metros y la distancia desde el cuadro eléctrico hasta la bomba será de 46.3 metros.

Debido a lo débil que es la señal y la distancia entre el depósito y el cuadro eléctrico, será necesario colocar amplificadores de señal para evitar que esta se atenúe. Teniendo en cuenta que para evitar que la señal se atenúe hay que colocar amplificadores de señal cada 100 metros, se deberán colocar 3. Para dos de ellos, habrá que construirles una estructura que los aisle de fenómenos como la lluvia o el viento y el último, aprovecharemos el almacén para instalarlo ahí, evitando así tener que construir otra estructura que aisle el tercer amplificador.

Es muy conveniente la existencia del almacén cerca del pozo, ya que nos ahorra tener que montar una estructura que proteja uno de los amplificadores y el cuadro eléctrico. Esto nos ahorra construir dos infraestructuras extra para aislar estos equipos. Véase a continuación, los planos donde se muestra marcado por un punto blanco la localización futura de los amplificadores de señal y un detalle del almacén.



Ilustración 7, detalle del plano A401



Ilustración 8, detalle de plano A401

La idea es que desde el cuadro eléctrico no solo lleguen las señales de las boyas, sino que también sea a través de este desde donde se alimente la bomba. En el cuadro se puede incorporar el código por el cual la bomba actuaría en función de los descrito anteriormente.

Para automatizar el sistema lo que necesitamos es:

- Alrededor de 312 metros de cable de cobre para poder transmitir la señal de las boyas y también para transmitir la señal para que la bomba arranque o se pare.

- Un cuadro eléctrico, que se encarga de recibir las señales de las boyas y a raíz de estas hacer responder a la bomba hidráulica de una u otra manera.

- Debido a lo tenue que es la señal transmitida y que estas se atenúan demasiado con distancias mayores de 100 metros, necesitaremos por lo menos 2 amplificadores con la protección que precisen contra el clima.

1.1.6.2 Incorporar variadores de frecuencia (VFD) en el arranque de las bombas

Una posible variación que puede prolongar la vida útil de una bomba es arrancar esta de forma progresiva y no directa. Esto se consigue incorporando un variador de frecuencia (VFD). Para lograr esto, será necesario comprar e instalar en nuestro sistema un cuadro eléctrico. A través de este podríamos realizar un arranque del sistema menos directo. Los arranques directos hacen sufrir mucho a aparatos tales como las bombas y si se modificara se podría reducir las posibilidades de rotura del equipo.

1.1.6.3 Instalación de una red pluviométrica

- Datos: 483mm al año, por cada metro cuadrado se recoge 483 litros por año.

Se plantean a continuación dos sistemas.

El primer sistema plantea la posibilidad de crear un aljibe o depósito cerca de la casa, pero sin que este sea visible desde ella, que recoja el agua de la lluvia. Esto se puede implementar a la situación de la casa debido a que esta se encuentra en la falda de una montaña y, por lo tanto, con el uso de unas placas podríamos aprovechar la pendiente y desviar el agua hacia nuestro aljibe o depósito, desde el que bombear el agua a la casa. Reduciendo así el salto geométrico de manera significativa. Debido a que no es una zona del país la que llueve mucho, será necesaria una plancha de un tamaño grande (a diseñar, pero de unos 650m²) ya que:

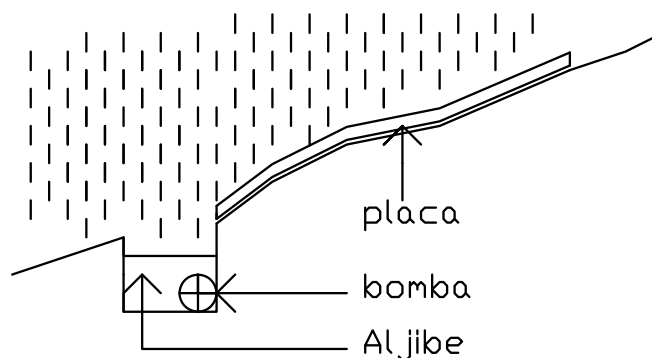
$$\frac{310750 \text{ litros}}{483 \text{ litros/m}^2} = 644 \text{ m}^2$$

Ecuación 21

Luego 26 metros por 26 metros.

Para llevar a cabo este proyecto se necesita no solo una gran inversión, sino que debido a la escasez de lluvia en esa zona del país el tamaño de las placas sería muy grande y tendría un impacto visual negativo en los huéspedes ya que necesitaríamos de una gran superficie llena de placas de hormigón.

Para llevar a cabo esta instalación se necesitaría instalar un sistema de bombeo nuevo (sistema de tuberías, bomba y por lo menos una válvula para realizar el mantenimiento), un cuadro eléctrico, un depósito y por lo menos seiscientos cincuenta metros cuadrados (m²) de placas de hormigón. En el siguiente boceto, se representa la idea expuesta anteriormente. A través de placas se guía al agua de la lluvia hacia el aljibe o depósito.



Boceto 1.5.3.4. Fuente: Elaboración propia

Además, que la implementación de este sistema siempre sería complementario. Si el sistema pudiese cubrir al 100% las necesidades de la casa, tendría más sentido instalarlo ya que colocando el aljibe a una cota parecida a la casa el gasto energético de transportar el agua sería mínimo. El problema es que no se puede depender de la lluvia para el abastecimiento de la casa, puesto que en los meses menos lluviosos no seríamos capaces de cumplir la demanda de agua. Una posibilidad sería instalar un aljibe muy grande que pudiese abastecer agua en los meses que más se necesitasen. El problema en este caso es que el agua si se almacena mucho tiempo en un depósito pasa a ser agua estancada,

se torna de un color verdoso porque aparecen algas y empieza a oler, lo que hace que no podamos usarla ni como agua no potable. Por lo que el agua recolectada tendría que ser usada inmediatamente y claramente, no es el caso. Por lo que desechamos este método por no ser viable económicamente, por la contaminación visual que produce y por el reto logístico que presenta.

Otra opción, que podría ser implementada a la par con la idea expuesta anteriormente o de forma independiente, sería recoger el agua de lluvia sobre el tejado de la casa, almacenando esta agua en el mismo depósito al que se bombea el agua desde el pozo. La casa tiene una extensión de tejado $168.8m^2$, lo que supondría una recolección de 81530 litros de agua con una instalación menor que consistiría básicamente de un sistema para guiar el agua desde el tejado hasta el depósito de $1m^3$ que se encuentra en la parte trasera de la casa. Para asegurarnos que somos capaces de recoger la mayor cantidad de agua cuando llueve, se instalarían uno o dos depósitos en paralelo al ya existente, ya que los días de lluvia son escasos, pero dejan abundante agua y sería contraproducente no recoger toda el agua disponible porque los depósitos están llenos.

Esta mejora del sistema no requeriría de una gran inversión, ya que solo hay que poner en el tejado unas guías hasta el depósito y comprar otros depósitos para ponerlos en paralelo con el existente. Esta instalación, no tiene la intención de cubrir toda la demanda de agua, pero si aproximadamente un 25%. Haciendo de esta manera trabajar menos al sistema de bombeo, concretamente un 25% menos de media y reduciendo así el consumo energético de la casa.

El problema vuelve a ser el mismo que ocurría con el sistema de placas. Si el agua se queda mucho tiempo sin moverse, se vuelve agua estancada y ya no es útil. Ya que no la puedes usar para ducharte, lavavajillas, etc... y supondría tener que deshacerse tanto del agua limpia como de la contaminada, ya que comparten depósito. Pero, como esta agua no se va a ser ingerida por seres humanos, hay formas de combatir la formación de algas en el agua estancada, a través de una serie de cloros.

Luego, debido a la simplicidad de la instalación, el poco mantenimiento que requiere y la reducción energética que supondría sería recomendable implementarlo en la futura casa rural

1.1.6.4 Instalar una bomba Piranha para el uso de las aguas grises como riego

Actualmente, al ser la finca únicamente de uso recreacional por parte de los integrantes de la familia y estar la casa en la falda de una montaña no hay un jardín en los alrededores de la casa. Hay algún árbol que, si que ha sido plantado por temas estéticos, pero no reciben cuidado alguno. Por lo tanto, no se riega nada. Esto implica que a día de hoy no tiene sentido la instalación de una bomba Piranha, capaz de transformar las aguas residuales en aguas grises que pueden ser utilizadas para el riego. Pero debemos de tener en consideración esta idea para un futuro lejano, en el que se quiera mejorar estéticamente la casa con la construcción de un jardín. Si en un futuro esto pasa, sería conveniente estudiar si esto es rentable, puesto que el gasto de bombear agua desde el pozo puede ser mucho mayor a la larga, que el de la instalación que se encargue de reciclar el agua que ya ha sido bombeado hasta la casa.

Las bombas de tipo Piranha, no suponen ser mas riguroso con lo que se tira por el retrete. Al tener un rodete triturador acaban fácilmente no solo con los desechos fecales, pero también con papel higiénico, plásticos y demás. El problema aquí es que todo lo que sea tirado por el retrete será usado para regar. Luego, si el papel se desecha por el retrete este será triturado y luego almacenado en un depósito con el resto de las aguas para después ser utilizadas para el riego. El papel triturado se desintegra muy rápidamente, pero hay otros elementos que no tanto, y de no tener cuidado con donde se desechan ciertos materiales se podría llegar a tener un jardín repleto de materiales que

tardan en desintegrarse varios cientos de años. Luego, para implementar este sistema, habría que concienciar a los huéspedes de con lo que se debe depositar en el retrete y lo que no. Se propone, informar al cliente a través de carteles informativos en el cuarto de baño. En caso, de que estos no tuviesen el efecto deseado se estudiaría si hay alguna forma de separar (decantación) los plásticos del resto en el depósito.

El gasto en litros que puede suponer tener un jardín alrededor de la casa aproximadamente de 200m², tal y como se puede apreciar en el plano 2.7. Un jardín de ese porte puede consumir 2 metros cúbicos de agua a la semana. Lo que supone al año un gasto, solamente en agua, de unos 104000 litros (teniendo en cuenta que el año tiene aproximadamente 52 semanas). Este consumo, supondría un tercio de que se consumirá por parte de los huéspedes.

El coste de una instalación de este tipo, sin tener en cuenta los gastos de jardinería, solamente el sistema de bombeo costaría unos 7500. En costes incluirían el Piranhamat (bomba, cuadro eléctrico, etc.), el depósito, las tuberías necesarias y la instalación del sistema. Además, pese a que estas bombas son dilacedoras y no se atascan fácilmente, habría que incluir el plan de mantenimiento.

Se pretende crear un jardín sencillo, compuesto principalmente por césped, y especies autóctonas tales como la encina, plantas que no requieran mucho mantenimiento. Pese a su sencillez, implicaría contratar un jardinero para realizar labores de cuidado. Lo que haría aumentar el coste del jardín. El césped se regaría 5 minutos por la tarde y otros 5 minutos al alba por sistema de aspersión. Estando este sistema automatizado y conectado a nuestro depósito.

El objetivo de la construcción del jardín es mejorar la experiencia del cliente, justificando así un incremento en el precio del alquiler. Instalar este sistema supondría una inversión muy elevada, y lo que se obtiene de esta no es viable. La casa ya se encuentra en plena naturaleza, luego la creación de un jardín no crearía el efecto deseado, que en este caso es aumentar la satisfacción del cliente. Luego si no puede ser utilizado para aumentar el precio de alquiler, no hay incentivos en la creación de este jardín. Además, el bombeo del agua necesaria para regar el jardín puede ser bombeada desde el acuífero, ahorrando en el uso de una bomba trituradora y la posibilidad de que el agua gris contenga plásticos y demás desechos.

El uso de una bomba Piranha reduciría el impacto ambiental de la creación de un jardín, debido a que se estaría dando una segunda vida a un agua consumida y, por tanto, contaminada. Pese a esto, no tiene sentido la creación de un jardín para darle un segundo uso al agua y así descontaminarla. Hay otros métodos más baratos y naturales para descontaminar el agua y poder darle un segundo uso.

1.1.6.5 Uso de macrófitas para el tratamiento de aguas fecales.

Actualmente los desechos fecales de la casa no son tratados de ninguna manera, simplemente se conducen a una fosa séptica, donde se separan las partes líquidas y sólidas (por decantación), tras esto salen de la fosa séptica las aguas con escasa materia sólida, que terminan en un pozo ciego. Un pozo ciego no es más que un pozo cubierto de unas paredes por las que se filtra el agua en el terreno. Esto cumple con la normativa actual, puesto que la casa al no estar lo suficientemente cerca de un núcleo urbano no cuenta con un sistema de alcantarillado. Se propone un sistema para depurar estas aguas de forma natural y barata, a través de macrófitas. Estas plantas ya eran utilizadas por los romanos para depurar el agua, el problema es que el sistema es lento y, por lo tanto, no es más recomendado para núcleos de población grandes. La situación de la casa es muy diferente a la que tiene un núcleo urbano, hay abundancia de espacio y la cantidad de agua a depurar al año es de 310750 litros. Por lo que el uso de este sistema es muy conveniente en nuestra situación.

Se vierten las aguas negras en un estanque, de una profundidad de entre 25 y 50 cm. Lo primero que ocurre en el estanque es que se separa la materia sólida de la líquida. Precipitándose la materia sólida, que tiene un mayor peso específico que el agua, al fondo. Este proceso físico se conoce como decantación y también ocurre en las fosas sépticas. Las macrófitas son unas plantas flotantes, caracterizadas por tener la gran parte de su cuerpo sumergido. La gran mayoría de este cuerpo sumergido son raíces que proporcionan al medio acuático con abundante oxígeno, propiciando la aparición de microorganismo que degradan la materia orgánica. Luego el agua limpia se queda en la superficie y el resto se va degradando, y por lo tanto purificando. Si el agua llega a cierto nivel, rebosa del estanque, derramándose y filtrándose entonces en la tierra. Depurándose completamente y volviendo al medio como agua limpia y reutilizable.

No es una instalación cara, requiere la construcción de un estanque impermeable, plantar una red de macrófitas y alimentar el estanque con aguas negras. El estanque tiene que tener el fondo impermeable para que no se filtre el agua más sucia a la tierra, el agua más sucia es la que está en el fondo ya que es donde se encuentran la mayor parte del material orgánico. La impermeabilidad se logra recubriendo el fondo de un material impermeable. A continuación, se plantaría una red de macrófitas en el estanque y se alimentarían estas, con aguas negras. El único mantenimiento que habría que hacerle sería segar las plantas. Véanse las siguientes imágenes para mayor claridad.



Ilustración 9. Fuente Lomeda medioambiente

Implementar este sistema reduciría el impacto ambiental de nuestros huéspedes significativamente al dotar al medio de agua limpia reciclada. Desde el punto de vista económico, no tiene sentido implementar esto de forma inmediata, pero si cuando la fosa séptica en uso tenga que ser cambiada, ya que esto supone un desembolso de 600 euros como mínimo. De implementar este método, se podría excavar el estanque el mismo día que se excavan el nuevo sistema de tuberías del sistema de bombeo, ahorrando así 450 euros del alquiler de una excavadora.

Debido a la reducción del impacto ambiental, lo barata que es la instalación y el poco mantenimiento que supone se recomienda el uso de macrófitas para depurar aguas negras en la futura casa rural.

1.1.6.6 Instalar depósitos de reserva (GRG) en paralelo

A continuación, se plantea la instalación de depósitos de reserva (GRG) en paralelo, aumentando así el volumen de nuestro depósito actual que es de un metro cúbico. La aplicación de esta propuesta reduciría el número de arranques y paradas que tendría que hacer la bomba y, por lo tanto, reduciendo el riesgo de rotura de bomba debido al número de arranques, que es cuando más sufre una máquina de este tipo.

Los depósitos de reserva (GRG) de un metro cúbico tienen un precio de mercado de 463 euros. El problema es que, debido al poco espacio en la sala del depósito, habría que instalar los depósitos (GRG) fuera del cuarto de la caldera, ver el detalle del plano 2.2. Esto supondría que sería necesario instalar una protección a modo de cobertizo para proteger los depósitos (GRG) de la intemperie.

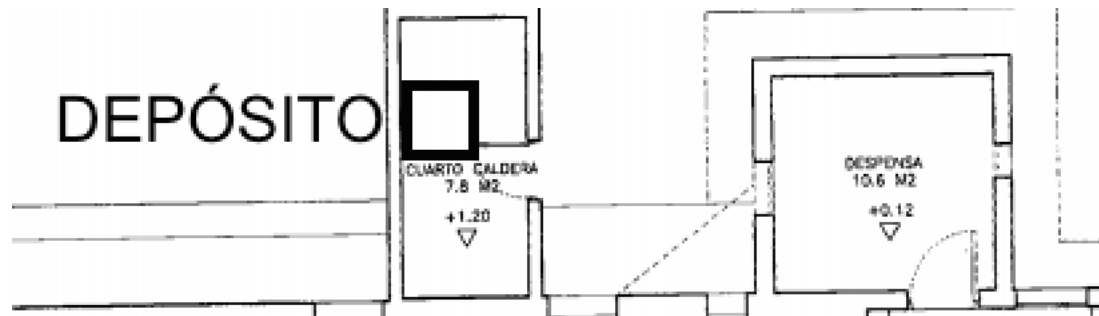


Ilustración 10, detalle del plano A402

Debido a la poca mejora que supone en el sistema esta mejora y el precio que implica, no se recomienda la instalación de unos depósitos (GRG) en paralelo para así disminuir el número de arranques de las bombas.

1.2 Cálculos

Cálculo 1.2.1

Cálculo de las pérdidas de carga del sistema actual, se calcula también como cambiaría con un elemento de defensa contra los golpes de ariete como las válvulas anti-retorno, concretamente la válvula de retención de bola.

Para el cálculo de las pérdidas de carga del sistema actual y de esta forma poder calcular la altura manométrica, se calculan las pérdidas siendo el fluido a estudio el agua a 20°C. Se Considera esta una correcta temperatura para nuestro estudio debido a factores como que las tuberías estén enterradas.

El agua a 20°C cuenta con:

- una densidad (ρ) de $998.3 \text{ Kg}/\text{m}^3$
- una viscosidad (μ) de $0.001003 \text{ Kg}/\text{metros} * \text{sg}$

El sistema esta formado por tuberías de PEHD, por lo tanto, con una rugosidad de 0.0025 milímetros. Estas tuberías tienen un diámetro interno de 38.1 milímetros y una longitud de 226.6 metros. La altura geométrica (h_g) es de 18 metros y el caudal es de $3 \text{ m}^3/\text{hr}$

A partir de estos datos se puede calcular la velocidad a la que viaja el fluido, además, como no cambia la sección de las tuberías en todo momento la velocidad es constante. Esta velocidad es la siguiente:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{3 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} * \frac{1 \text{hr}}{3600 \text{sg}}}{\frac{\pi * 0.0381^2}{4}} = 0.73 \text{ m/sg}$$

A continuación, se calcula como será el flujo completamente desarrollado. Para esto se obtiene el numero de Reynolds. Siendo diámetro (d):

$$Re = \frac{\rho * v * d}{\mu} = \frac{(998.3 \text{ Kg}/\text{m}^3) * (0.73 \text{ m/sg}) * (0.0381 \text{m})}{0.001003 \text{ Kg}/\text{metros} * \text{sg}} = 26993.935 \approx 2.7 * 10^4$$

Por lo tanto, al estar el número de Reynolds en el siguiente rango: $10^4 \leq Re \leq 10^6$ se puede considerar turbulento y que el cálculo de pérdidas de carga tiene una moderada dependencia al numero de Reynolds.

Se calculan las pérdidas de carga como suma de las primarias y las secundarias.

$$h_m = h_{prim} + h_{sec}$$

Para el cálculo de las primarias se usa el parámetro adimensional f, que se conoce también como el coeficiente de Darcy y la ecuación de Darcy-Weisbach que es válida tanto para flujo laminar como turbulento.

Primero se calcula el coeficiente de Darcy (f), y para evitar tener que iterar , se usa el método de Swami-Jain ya que me encuentro en los rangos siguientes:

$$5 * 10^5 \leq Re \leq 10^8$$

$$10^{-6} \leq \varepsilon_r \leq 10^{-2}$$

Siendo la rugosidad relativa $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0.0025mm}{38.1mm} = 6.56 * 10^{-5}$ (-)

$$f = 0.25 * \left(\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7 * d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^{-2} = 0.25 * \left(\log_{10} \left(\frac{0.0025}{3.7 * 38.1mm} + \frac{5.74}{26993.935^{0.9}} \right) \right)^{-2} = 0.024$$

$$h_{prim} = f * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g} = 0.024 * \frac{226.6m}{0.0381m} * \frac{(0.73 m/s)^2}{2 * 9.81 m/s^2} = 4.765 \text{ metros}$$

Pese a que el sistema de tuberías es bastante sencillo, pues este no cuenta con ningún tipo de válvulas, si presenta a lo largo de la instalación una serie de codos y estos hay que tenerlos en cuenta en el cálculo de pérdidas de carga. Estas perdidas, que se deben a la geometría del sistema son conocidas como perdidas de carga menores o localizadas. El sistema cuenta concretamente con 2 codos de radio largo de 90º roscado de PEHD y 2 codos de radio largo de 45º roscados de PEHD. Con unos parámetros relativos al flujo de valor $K_1=0.7$ y $k_2=0.2$ respectivamente. También, se coloca en el sistema una válvula de compuerta, que tiene uno parámetro $K_3 = 0.15$ que será necesaria para realizar la manutención pertinente al sistema. Siendo gravedad (g)

$$h_{sec} = 2 * K_1 * \frac{v^2}{2g} + 2 * K_2 * \frac{v^2}{2g} + K_3 * \frac{v^2}{2g} = (2 * (0.7 + 0.2) + 0.15) * \frac{(0.73 m/s)^2}{2 * 9.81 m/s^2} = 0.05 \text{ metros}$$

Luego,

$$h_m = h_g + h_{prim} + h_{sec} = 18m + 4.765m + 0.05m = 22.815 \text{ metros}$$

Se observa si cambia significativamente el uso de una válvula anti-retorno como es la válvula de retención de bola en nuestras pérdidas de carga.

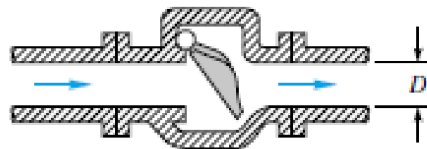
Para proteger la instalación contra posibles aumentos repentinos de presión colocaremos en esta una válvula de retención de bola. A continuación, se calcula si la instalación de esta tiene alguna consecuencia grande en el valor de la altura manométrica. En caso de que aumentase la altura manométrica considerablemente habría que recalcular el tipo de bomba que sería optima para nuestra instalación. El parámetro K para el calculo de las perdidas de carga secundarias sería de $K_3=2$, (swing check, forward flow)

$$h_{sec} = K_3 * \frac{v^2}{2g} = 2 * \frac{(0.73 m/s)^2}{2 * 9.81 m/s^2} = 0.054 \text{ metros}$$

Una válvula de retención de bola solo nos sería útil en mi sistema en caso de producirse golpes de ariete muy fuertes que no es el caso. Además, esta válvula si el caudal no es muy potente no es capaz de empujar lo suficiente la válvula, lo que se traduce en un aumento significativo de las pérdidas de carga secundarias, pudiendo llegar a tener un coeficiente $K=210$. Lo que podría suponer un aumento en la altura manométrica de:

$$h_{sec} = K_3 * \frac{v^2}{2g} = 210 * \frac{(0.73 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 5.7 \text{ metros}$$

Por lo tanto, debido a que no solo el sistema no se enfrentará a golpes de ariete lo suficientemente pequeños debido a su punto de trabajo, el posible aumento de pérdidas en el sistema, el mantenimiento que hay que realizar sobre esta debido a que es propensa a atascarse y lo caro que supone esta válvula (alrededor de 1000 euros) no la consideraremos en el sistema.



Anti-retorno

Ilustración 11, válvula de retención de bola o anti-retorno, Fuente: apuntes de mecánica de fluidos de ICAI

1.3 Estudio económico

El proyecto consiste en estudiar una estación de bombeo y si es posible mejorarla. Teniendo en cuenta que la estación que se estudia forma parte de una casa que se pretende convertir en un alquiler vacacional, se tiene muy en cuenta el interés económico a la hora de plantear recomendaciones.

Todas las mejoras estudiadas en este proyecto se basan para su justificación en su viabilidad, fiabilidad e interés económico del mismo. No se basan principalmente en la rentabilidad porque no son proyectos a partir de los cuales se obtenga un beneficio de forma directa, pero si que son fundamentales en la mayoría de los casos para el correcto funcionamiento del alquiler vacacional. Luego, se tiene en cuenta que cualquier malfuncionamiento afecta de manera indirecta a la rentabilidad del proyecto en general.

Estudiando cual sería la mejor forma de automatizar el proyecto, lo primero que se tiene en cuenta es si el proyecto es viable, si se puede llevar a cabo. En este caso, se busca implementar a un depósito existente un sistema que se comercializa y que esta implementado en otros sistemas de bombeo. Se busca que el sistema sea lo más fiable posible, en este ejemplo, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de boyas se tiene en cuenta la atenuación que sufren las señales eléctricas debido a la distancia y se propone la implementación de amplificadores de señal. Por último, al ser un proyecto destinado a un alquiler vacacional de tamaño pequeño siempre se busca minimizar el precio, teniendo muy en cuenta la satisfacción del cliente. En este caso, se propone el uso de boyas, por ser accionamientos mecánicos en vez de aparatos más caros y no muchos más fiables como pueden ser interruptores conductivos.

1.4 Impacto ambiental

En el proyecto aparecen varios estudios que harían repercutir positivamente el impacto ambiental de este. Principalmente, se busca la utilización de métodos naturales cuando sea posible, como es el caso del uso de macrófitas para depurar desechos fecales. Se busca optimizar la obtención y uso de recursos, como es el caso de recoger el agua de la lluvia para el uso doméstico para evitar tener que bombearla desde el pozo o en el caso de crear un jardín utilizar aguas grises gracias a bombas del tipo Piranha. Por último, se busca la instalación de bombas y tuberías que tengan vidas útiles muy largas, para evitar comprar una bomba barata y tirarla en un vertedero a los 10 años de uso.

1.5 Anejos

Índice de imágenes 1.5.2

Imagen 1.5.2.1



Esta imagen corresponde al interior del pozo. En ella se puede apreciar elementos del sistema como son las tuberías de PEHD y un codo de 90°. En cuanto al pozo, se puede apreciar que está reforzado con hormigón.

Imagen 1.5.2.2



Esta imagen corresponde al exterior del pozo “nuevo” construido en 2008.

Imagen 1.5.2.3



Esta imagen corresponde al cuadro eléctrico instalado actualmente en el sistema de bombeo.

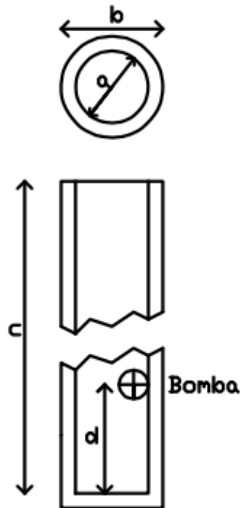
Imagen 1.5.2.4



Esta imagen corresponde al depósito al que se bombea agua y de capacidad de un metro cúbico.

Índice de bocetos 1.5.3

Boceto 1.5.3.1

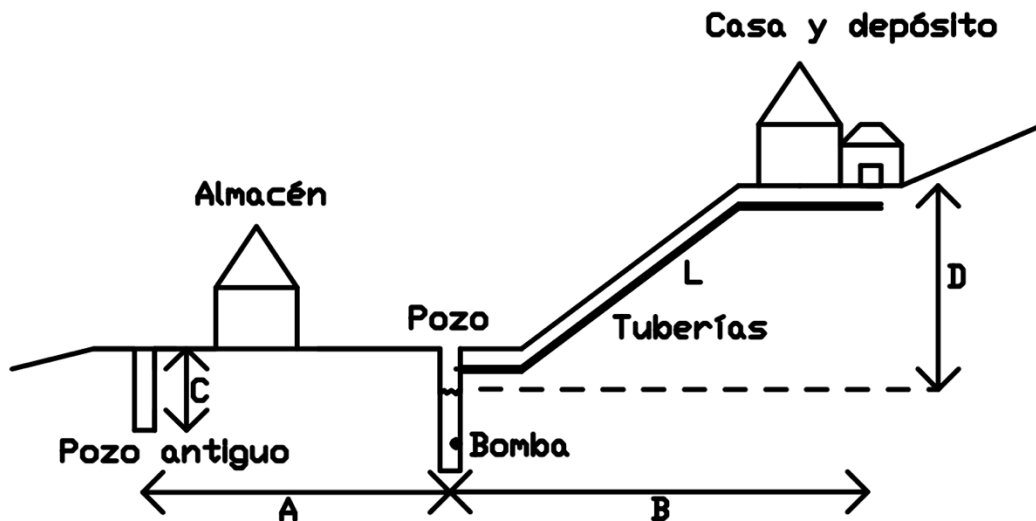


En este boceto, se representa el pozo construido en el año 2008. Las cotas representadas son las siguientes:

- A: 1 metro. Representa el diámetro interno del pozo
- B: 1.4 metros. Representa el diámetro exterior del pozo.
- C: 32 metros. Representa la profundidad del pozo. En esta medida no se ha tenido en cuenta la estructura de ladrillo de 1 metro de altura que sobresale de la superficie.
- D: 3 metros. Representa la distancia entre el nivel mas bajo del pozo y la situación de la bomba. Por lo tanto, representa que la bomba esta sumergida 29 metros.

Fuente: elaboración propia.

Boceto 1.5.3.2

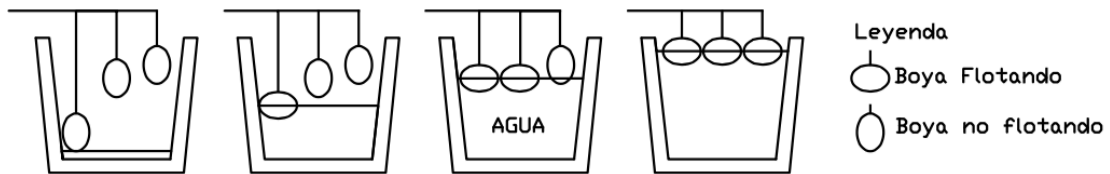


Este boceto representa el perfil de la montaña Puntal de la casa. Las cotas representadas son las siguientes:

- A: 70.6 metros. Representa la distancia entre el pozo antiguo y el pozo nuevo.
- B: 224.24 metros. Representa la distancia horizontal entre el deposito y la bomba.
- C: 8 metros. Representa la profundidad del pozo antiguo.
- D: 18 metros. Representa la altura geométrica
- L: 224.97 metros. Representa aproximadamente la distancia del sistema de tuberías conectando el pozo con el depósito.

Fuente: elaboración propia.

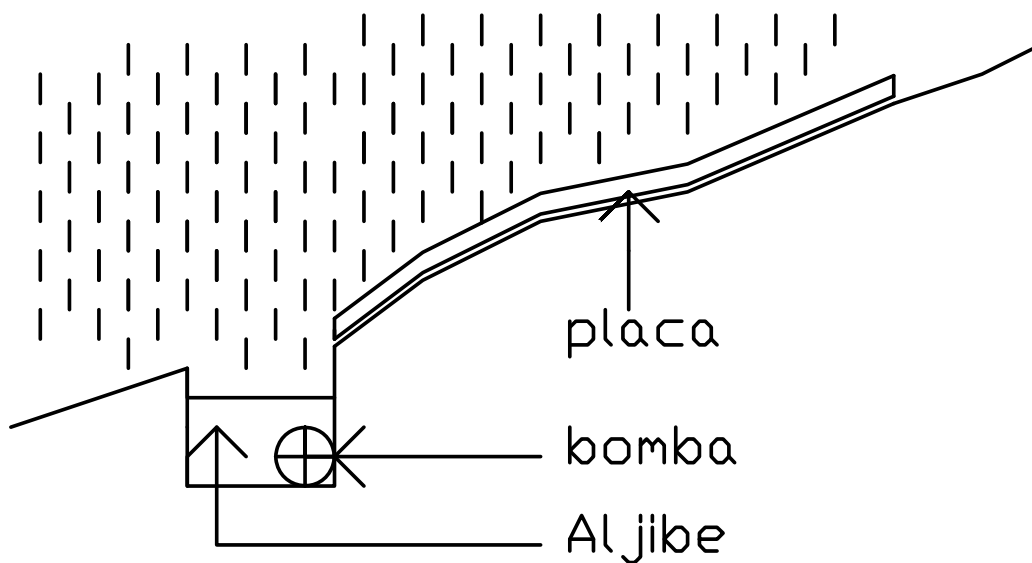
Boceto 1.5.3.2



Este boceto ilustra el funcionamiento del sistema de boyas.

Fuente: elaboración propia.

Boceto 1.5.3.4



Boceto que ilustra el funcionamiento del sistema pluviométrico con placas

Fuente: Elab

Documento N°2 Planos

2.1 Listado de planos

PLANO A401- Plano de situación general

En este plano de situación aparecen todas las estructuras relevantes en el proyecto. Fuente: Google Maps.

DETALLES PLANO A401

-A4D011- Detalle del plano general, Almacén y pozos.

En este detalle se aprecia lo que viene a ser “la parte de abajo” de la casa. Donde están el almacén y tanto el pozo antiguo como el nuevo. Fuente: Google Maps

-A4D012-Detalle sistema de tuberías.

Plano que muestra la distancia horizontal entre el pozo y el depósito. Fuente: Google Maps

-A4D013-Detalle cableado boyas

-A4D014-Detalle almacén

En este detalle se muestra toda la estructura de lo que denominamos almacén. Aun que solo se considere como almacén lo marcado como almacén principal, puesto que el establo está en ruinas. A ambos lados del denominado almacén principal se encuentran unos almacenes más pequeños y que a día de hoy no tienen una función de almacén. Fuente: Google Maps

PLANO A402-Planta de la casa.

Este plano fue realizado por el estudio de arquitectura de Miguel Cabeza, Brigitte Holeyha y Daniel Holeyha.

DETALLE PLANO A402

-A4021-Detalle parte de la casa construida en los años 50

-A4022-Detalle localización depósito

PLANO A4031- Alzado Bomba Piranha.

Este es un plano de la bomba Piranha. Fuente: Plano propiedad de la empresa SULZER

PLANO A4031- Alzado Bomba Piranha.

Este es un plano de la bomba Piranha. Fuente: Plano propiedad de la empresa SULZER

2.2 Planos

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

D

E


E



152,18 m

100,00 m

0

		NOMBRE	FECHA	PLANO DE SITUACIÓN	
DIBUJADO	GOOGLE MAPS	9/05/19			
COMPROBADO	ISF	26/06/19			
ESCALA:	FIRMA:			E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI	Nº DE LÁMINA: A401

1

2

3

4

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E



F

F

	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	GOOGLE MAPS	9/05/19
COMPROBADO	ISF	26/06/19
ESCALA:	FIRMA:	

DETALLE PLANO DE SITUACIÓN

E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI

Nº DE LÁMINA:
A4D011

1

2

3

4



	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	GOOGLE MAPS	9/05/19
COMPROBADO	ISF	26/06/19
ESCALA:	FIRMA:	

DETALLE PLANO DE SITUACIÓN

E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI

Nº DE LÁMINA:
A4D012

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E



F

F

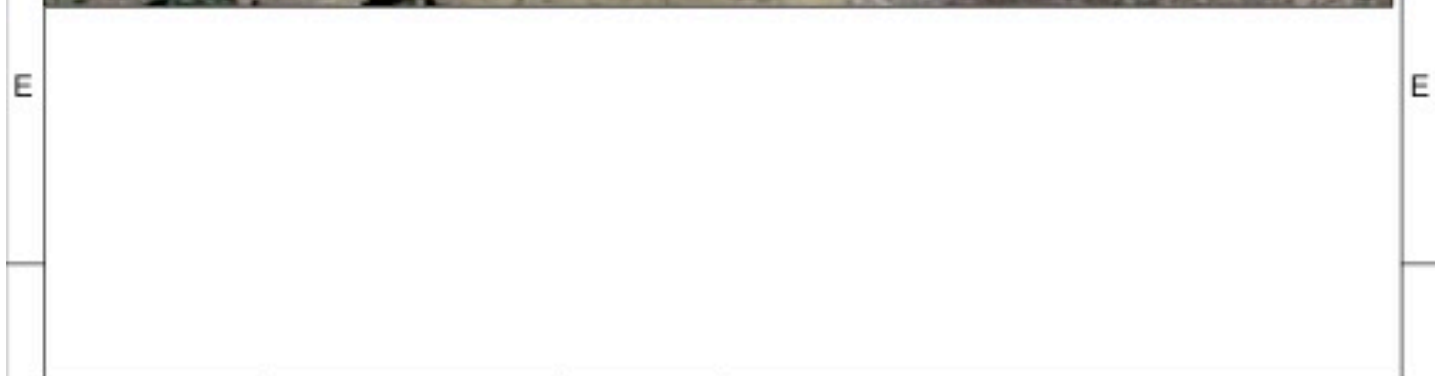
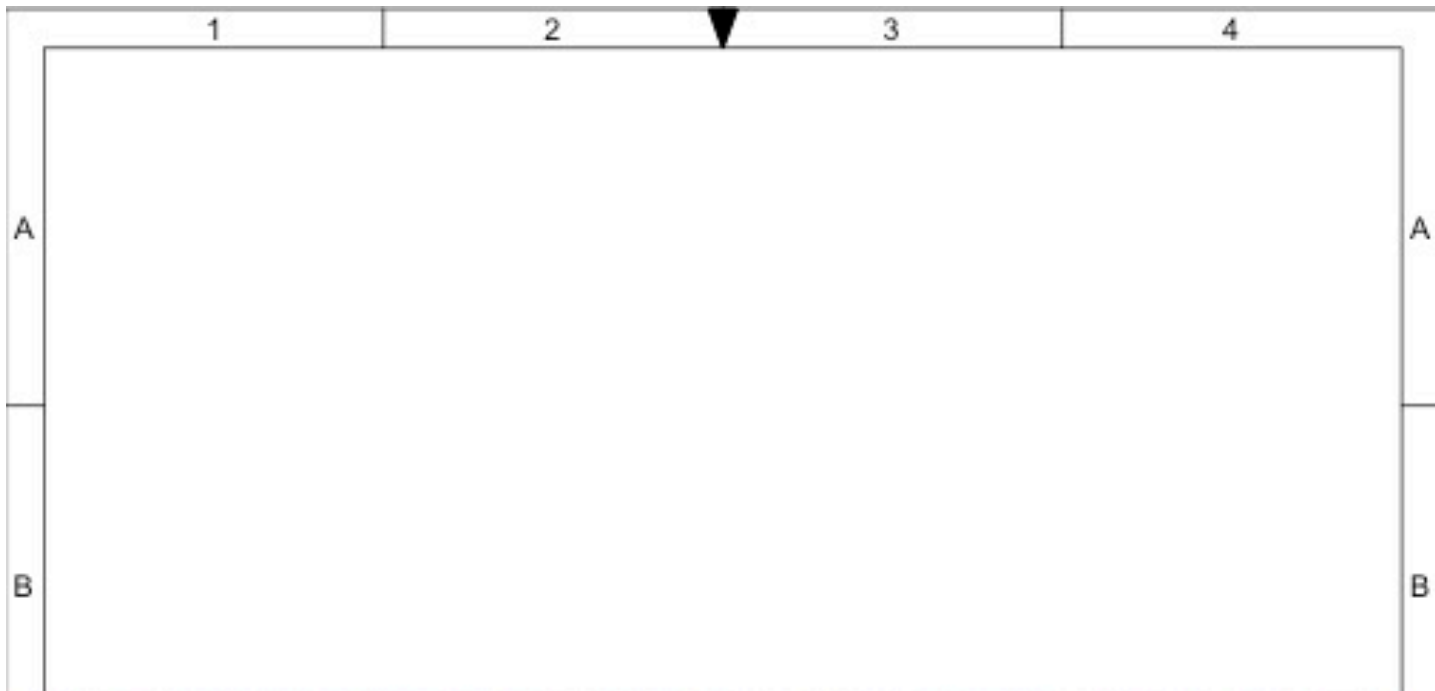
	NOMBRE	FECHA	DETALLE PLANO DE SITUACIÓN	
DIBUJADO	GOOGLE MAPS	9/05/19		
COMPROBADO	ISF	26/06/19		
ESCALA:	FIRMA:			E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI
				N° DE LÁMINA: A4D013

1

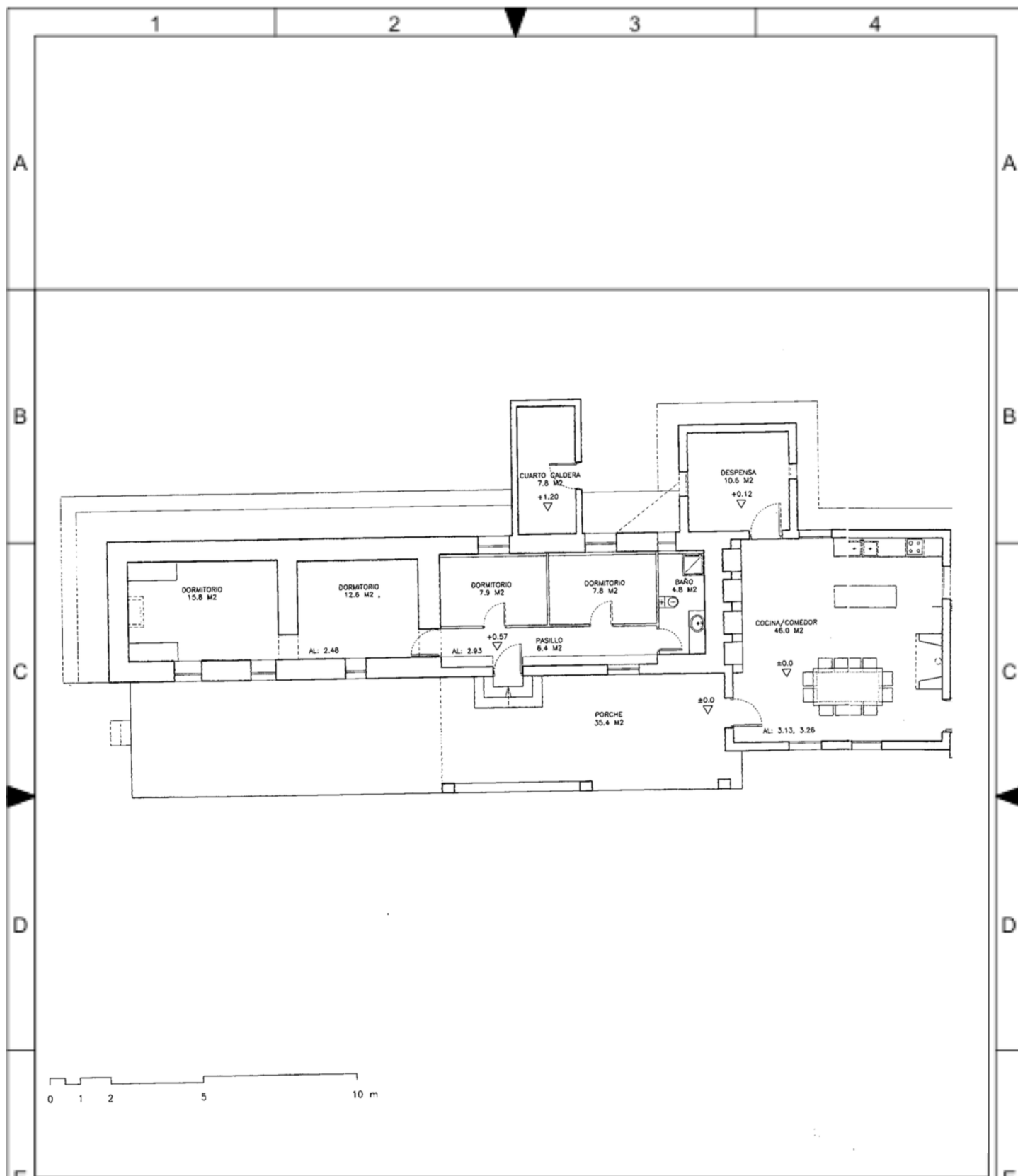
2

3

4



	NOMBRE	FECHA	DETALLE PLANO DE SITUACIÓN		
F	DIBUJADO	GOOGLE MAPS		9/05/19	
	COMPROBADO	ISF		26/06/19	
	ESCALA:	FIRMA:		Nº DE LÁMINA:	
				E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI	A4D014



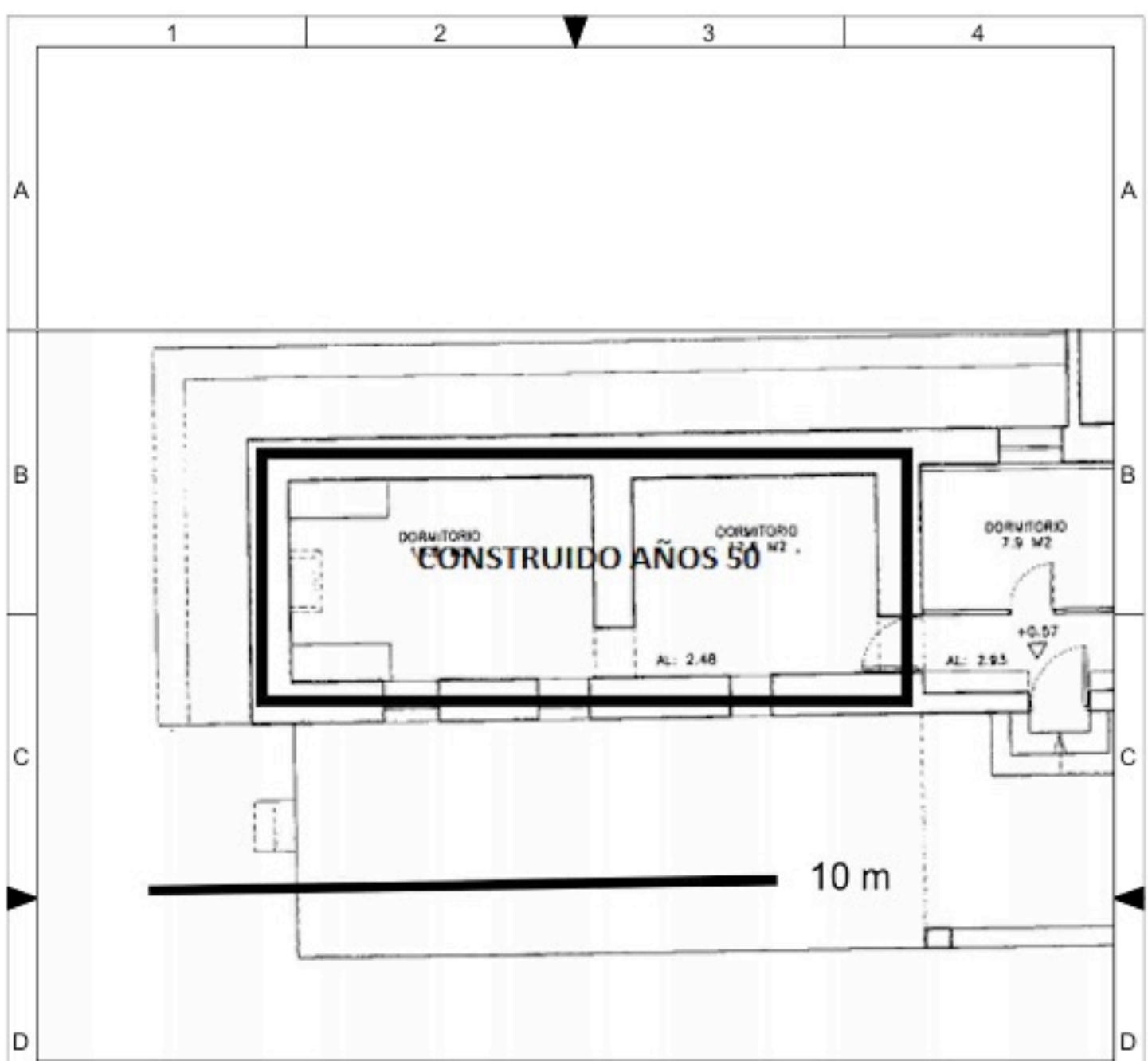
	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	ARQUITECTOS MC, BH, MH	10/02/10
COMPROBADO	ISF	26/06/19

ESCALA: FIRMA: 

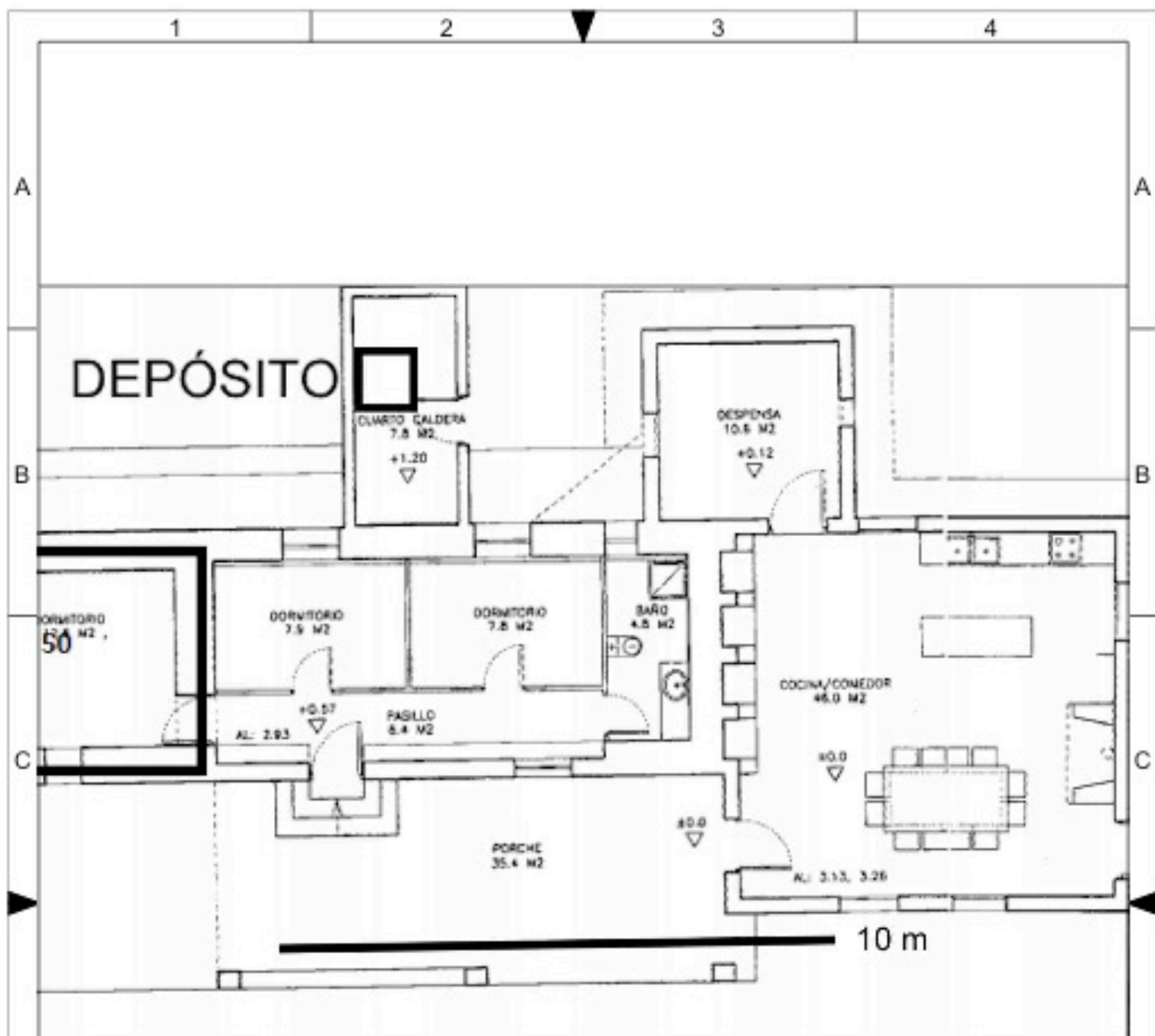
PLANO PLANTA DE LA CASA

E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI

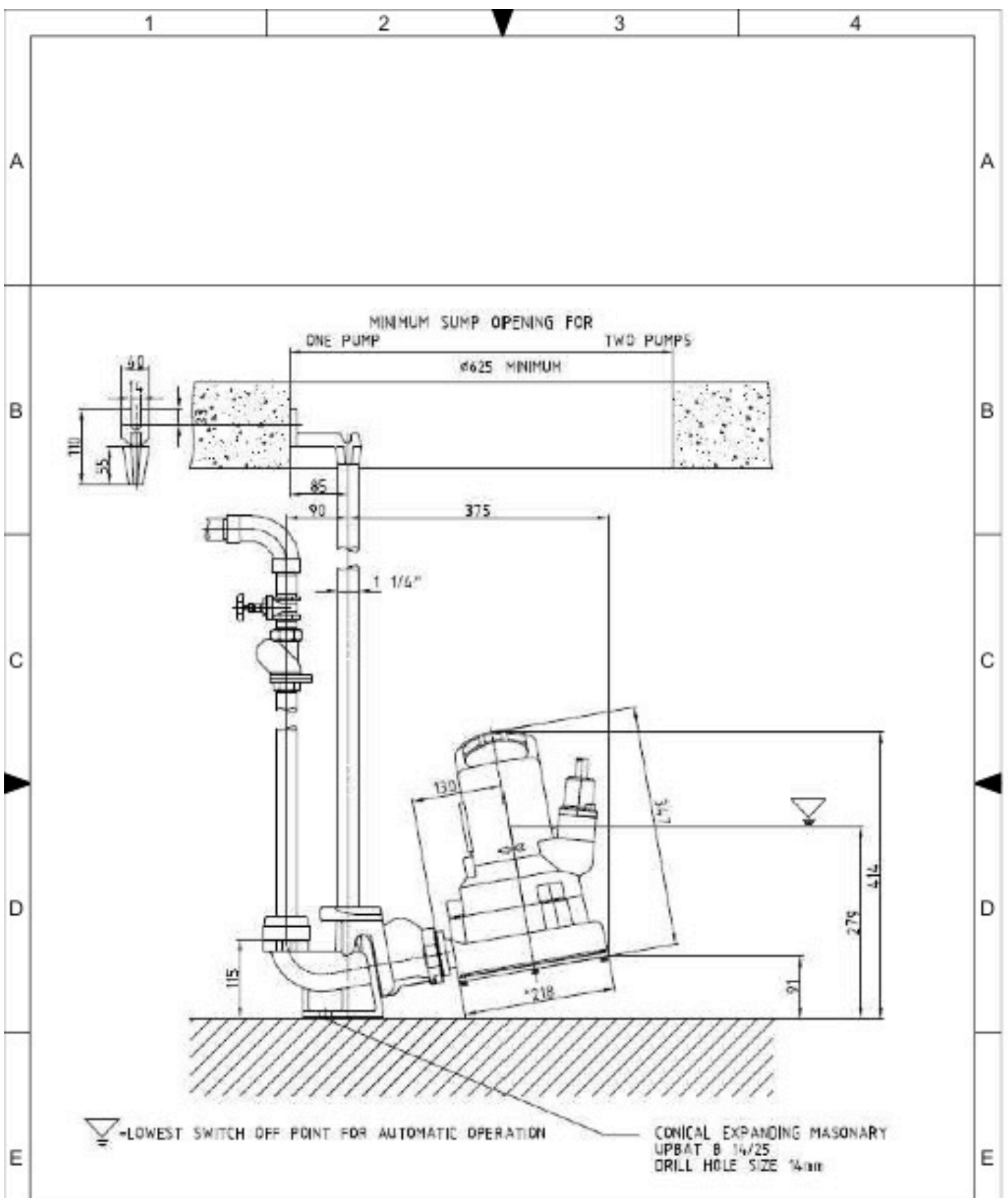
Nº DE LÁMINA:
A402



		NOMBRE	FECHA	DETALLE PLANO PLANTA DE LA CASA	F
DIBUJADO	ARQUITECTOS MC. BH, MH	10/02/10			
COMPROBADO	ISF	26/06/19			
ESCALA:	FIRMA:			E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI	Nº DE LÁMINA: A4D021
1	2	3	4		



		NOMBRE	FECHA	DETALLE PLANO PLANTA DE LA CASA	F
DIBUJADO	ARQUITECTOS MC, BH, MH	10/02/10			
COMPROBADO	ISF	26/06/19			
ESCALA:	FIRMA:			E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI	Nº DE LÁMINA: A4D022



	NOMBRE	FECHA	ALZADO BOMBA PIRANHA
DIBUJADO	SULZER	9/11/06	
COMPROBADO	ISF	26/06/19	
ESCALA:	FIRMA:		E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES ICAI
			Nº DE LÁMINA: A4031

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

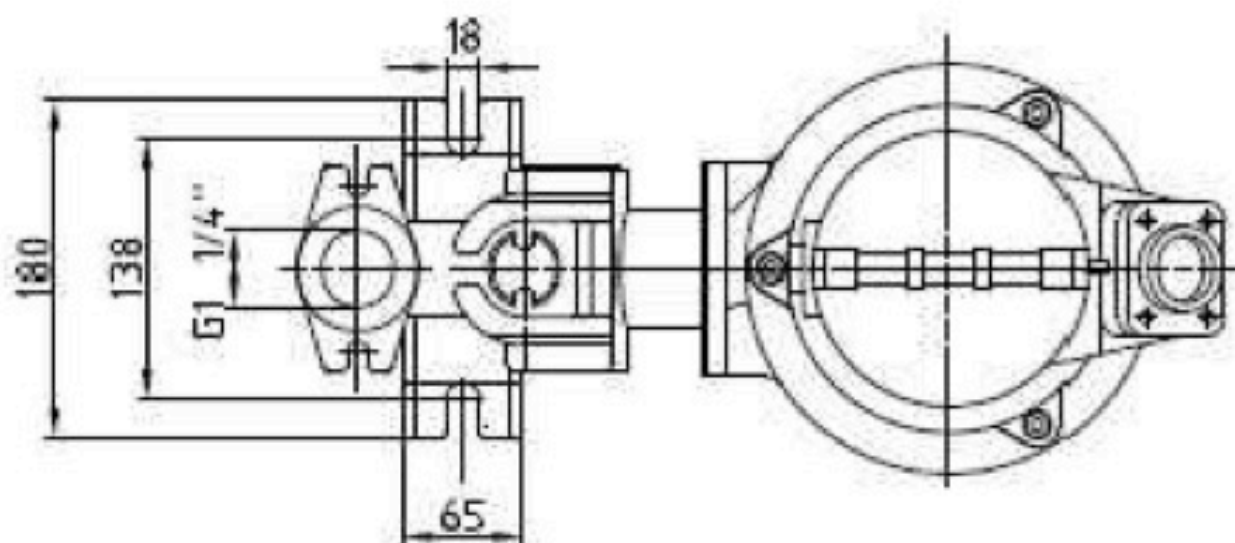
D

E

E

F

F



		NOMBRE	FECHA	PLANTA BOMBA PIRANHA
DIBUJADO	SULZER	9/11/06		
COMPROBADO	ISF	26/06/19		
ESCALA:	FIRMA:			Nº DE LÁMINA: A4032

1

2

3

4

Documento N°3 Pliego de condiciones

En este documento se indicarán las Normas, Reglamentos y demás Leyes de carácter general relacionadas con el proyecto. Más concretamente, se revisarán las leyes respecto al uso de aguas subterráneas y al uso de fosas sépticas. Se realizará un estudio sobre el método y la cantidad de agua que consumimos y se analizará si el proyecto objeto de estudio se encuentra dentro de la legalidad vigente. De igual forma, se analizará si todo el tratamiento de los desechos fecales se está realizando de manera legal.

3.1 Aprovechamiento de aguas subterráneas.

Respecto al uso de aguas subterráneas, el primer paso es acudir a la Constitución para saber a quién corresponde la competencia en materia de aguas, al Estado o bien a las Comunidades Autónomas. Todo esto lo encontraremos en la Constitución, en el título VIII, capítulo tercero, artículos 143 a 158, concretamente artículos 148 y 149. Del artículo 148 interesa el 1. 3ª que es la ordenación del territorio, la 1.10ª y la 1.21ª. Del artículo 149 interesa solo el 1. 23ª. Estos artículos son los siguientes:

Artículo 148

«1. Las Comunidades Autónomas podrán asumir competencias en las siguientes materias: 3.ª Ordenación del territorio, urbanismo y vivienda.

10.ª Los proyectos, construcción y explotación de los aprovechamientos hidráulicos, canales y regadíos de interés de la Comunidad Autónoma; las aguas minerales y termales.

21.ª Sanidad e higiene».

Artículo 149

«1. El Estado tiene competencia exclusiva sobre las siguientes materias:

23.ª Legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las Comunidades Autónomas de establecer normas adicionales de protección. La legislación básica sobre montes, aprovechamientos forestales y vías pecuarias».

Vistos los anteriores artículos, podemos determinar que la competencia en materia de aguas les corresponde a las Comunidades Autónomas. La finca se encuentra en la provincia de Ciudad Real, por tanto, el siguiente paso es buscar qué ley regula las aguas en Castilla La Mancha. El agua es de dominio público y, por tanto, hay que acudir a la legislación vigente para saber si todo aquello que se quiere realizar en la finca se encuentra dentro de la legalidad o no.

La primera ley que se debe consultar es la Ley de Aguas, concretamente nos interesa el título I, Capítulo IV, artículo 12.

Artículo 12

«El dominio público de los acuíferos o formaciones geológicas por las que circulan aguas subterráneas, se entiende sin perjuicio de que el propietario del fondo pueda realizar cualquier obra que no tenga por finalidad la extracción o aprovechamiento del agua, ni perturbe su régimen ni deteriore su calidad, con la salvedad prevista en el apartado 2 del artículo 54».

Artículo 54. Usos privativos por disposición legal.

«1. El propietario de una finca puede aprovechar las aguas pluviales que discurran por ella y las estancadas, dentro de sus linderos, sin más limitaciones que las establecidas en la presente Ley y las que se deriven del respeto a los derechos de tercero y de la prohibición del abuso del derecho.

2. En las condiciones que reglamentariamente se establezcan, se podrán utilizar en un predio aguas procedentes de manantiales situados en su interior y aprovechar en él aguas subterráneas, cuando el volumen total anual no sobrepase los 7.000 metros cúbicos. En los acuíferos que hayan sido declarados como sobreexplotados, o en riesgo de estarlo, no podrán realizarse nuevas obras de las amparadas por este apartado sin la correspondiente autorización».

Artículo 59. Concesión administrativa.

«1. Todo uso privativo de las aguas no incluido en el artículo 54 requiere concesión administrativa.

2. Las concesiones se otorgarán teniendo en cuenta la explotación racional conjunta de los recursos superficiales y subterráneos, sin que el título concesional garantice la disponibilidad de los caudales concedidos.

3. Si para la realización de las obras de una nueva concesión, fuese necesario modificar la toma o captación de otra u otras preexistentes, el organismo de cuenca podrá imponer, o proponer en su caso, la modificación, siendo los gastos y perjuicios que se ocasionen a cargo del petitionerio.

4. Toda concesión se otorgará según las previsiones de los Planes Hidrológicos, con carácter temporal y plazo no superior a setenta y cinco años. Su otorgamiento será discrecional, pero toda resolución será motivada y adoptada en función del interés público. Las concesiones serán susceptibles de revisión con arreglo a lo establecido en el artículo 65 de esta Ley».

Tras la lectura de los diferentes artículos, queda palmariamente evidenciado, que el uso de las aguas subterráneas se encuentra dentro de la legalidad. A continuación, se averigua cuál es la regulación a la que atenerse para todo lo relacionado con el uso de las aguas subterráneas y a quién hemos de dirigirnos.

Para poder saber a qué organismo dirigirnos hay que saber si la cuenca hidrográfica a la que pertenece la finca discurre por una única comunidad autónoma o por más de una. Antes de poder determinar esto, hay que saber qué se entiende por cuenca hidrográfica, definición que se encuentra en la Ley de Aguas también.

Artículo 16. Definición de cuenca hidrográfica.

«A los efectos de esta ley, se entiende por cuenca hidrográfica la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente lagos hacia

el mar por una única desembocadura, estuario o delta. La cuenca hidrográfica como unidad de gestión del recurso se considera indivisible».

Para saber a qué confederación hidrográfica se debe acudir, es necesario buscar en el listado publicado por el fondo español de garantía agraria, sobre la delimitación de las diferentes confederaciones hidrográficas. Por otro lado, el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, también nos indica en su artículo 3 la delimitación de las diferentes confederaciones hidrográficas y, concretamente, en el apartado cinco la del Guadiana.

Con esto se determina que la confederación hidrográfica en la que se encuentra la finca es la del Guadiana y, por esta razón, se acude a lo establecido en las leyes sobre planificación hidrológica que tienen vigente. Estas leyes se encuentran recogidas en el Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro.

Puesto que la cuenca hidrográfica a la que pertenece la finca transcurre por más de una comunidad autónoma se estará a lo establecido en el capítulo III, sección 1ª y 2ª.

Artículo 3. Delimitación de la parte española de las Demarcaciones Hidrográficas correspondientes a las cuencas hidrográficas compartidas con otros países.

«5. Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. Comprende el territorio español de la cuenca hidrográfica del río Guadiana, así como la parte española de sus aguas de transición. Las aguas costeras tienen como límite oeste el límite entre el mar territorial de Portugal y España, y como límite este la línea con orientación 177.º que pasa por el límite costero entre los términos municipales de Isla Cristina y Lepe».



Ilustración 12, Fuente: MARM

Puesto que el pozo del que se extrae el agua subterránea y la fosa séptica ya se han construido, únicamente será necesario acudir a la legislación de la confederación hidrográfica del Guadiana para ver si cumple los requisitos establecidos. Es necesario constatar que las construcciones cumplen la legalidad vigente en el plan, pues es a la confederación hidrográfica a quién le corresponde la competencia sobre las solicitudes de aprovechamientos de agua.

Ahora bien, si acudiendo a la legislación se observara que el pozo no cumple los requisitos establecidos y fuera necesario realizar algún tipo de reforma para adecuarlo, todo lo relacionado con esas obras se regirían por lo establecido en la normativa urbanística del ayuntamiento de Argamasilla de Calatrava. Como el Plan de Ordenación Municipal (POM) no fue aprobado en su día nos estaremos a lo que establezca la normativa subsidiaria del plan.

En primer lugar, se tendría que localizar la parcela de la finca en los planos de calificación y ver qué tipo de calificación se le da a ese suelo (urbano, urbanizable o rústico). Sabiendo la calificación que el plan le da al solar ya se puede acudir directamente a aquella sección que regula los usos permitidos en ese tipo de suelo. Serán ese conjunto de artículos los que van a informar de si las obras de acondicionamiento del pozo están permitidas y, si lo están, qué clase de permiso requieren y a quién se le debe solicitar el mismo. En estas mismas normas se encuentran regulados todos aquellos documentos que se deberán aportar junto a la solicitud y el plazo de entrega que tiene el solicitante.

Lo explicado previamente únicamente aplicaría al supuesto de que la demarcación hidrográfica del Guadiana denegase la solicitud de aprovechamiento de aguas subterráneas por no cumplir las dotaciones de la finca con la normativa vigente.

Para todo lo relacionado con el aprovechamiento de aguas hay que acudir al Reglamento 1/2016. Las disposiciones normativas del plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Guadiana se encuentran recogidas en el Anexo VI del Reglamento.

En el capítulo I, Sección II se encuentra la identificación de masas de agua subterránea, hay 20 y se adjuntan en el apéndice 3.

Artículo 6. Identificación de las masas de agua subterránea

«1. Para dar cumplimiento al artículo 9 del RPH, el presente Plan Hidrológico identifica 20 masas de agua subterránea en su cuenca, que figuran relacionadas en el apéndice 3»

APÉNDICE 3. MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Apéndice 3.1. Masas de agua subterránea.

CÓDIGO MASA	NOMBRE MASA	SUPERFICIE (km ²)
30596	AYAMONTE	162
30597	VEGAS ALTAS	437
30598	LOS PEDROCHES	1.460
30599	VEGAS BAJAS	517
30600	LA OBISPALÍA	490
30601	BULLAQUE	561
30602	ALUVIAL DEL AZUER	12
30603	ALUVIAL DEL JABALÓN	58
30604	AROCHE-JABUGO	271
30605	CABECERA DEL GÉVORA	262
30606	MANCHA OCCIDENTAL I	2.003
30607	SIERRA DE ALTOMIRA	2.575
30608	RUS-VALDELOBOS	1.459
30609	CAMPO DE MONTIEL	2.199
30610	LILLO - QUINTANAR	1.102
30611	MANCHA OCCIDENTAL II	2.536
30612	TIERRA DE BARROS	1.728
30613	ZAFRA - OLIVENZA	903
30614	CAMPO DE CALATRAVA	2.022
30615	CONSUEGRA - VILLACAÑAS	1.606

Tabla 7, Fuente: Reglamento del plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Guadiana

A continuación, es necesario averiguar si el agua subterránea que se utiliza se encuentra en riesgo o no.

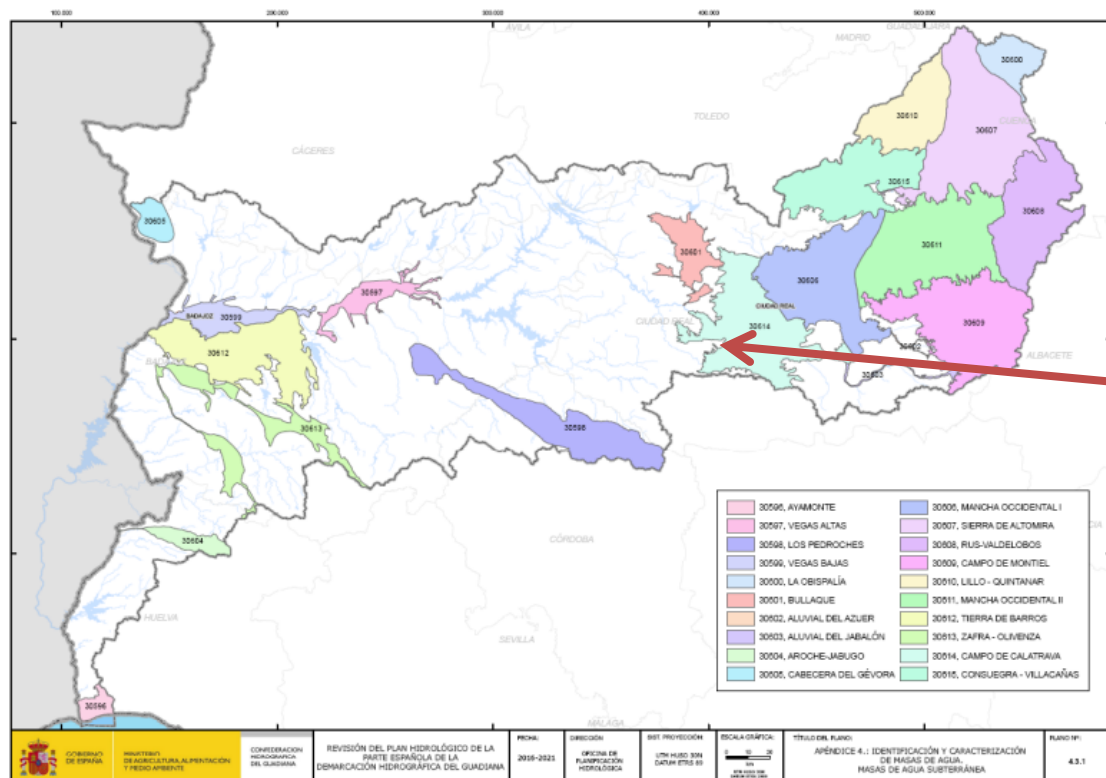


Ilustración 12, Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente

Artículo 26. Identificación de las masas de agua subterránea en riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo.

«1. El presente Plan Hidrológico identifica 20 masas de agua subterránea, de las cuales 11 están en riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo. Dichas masas de agua son las que se indican en las siguientes tablas, donde además se define el recurso disponible máximo de cada una de ellas».

CÓD. MASA	DENOMINACIÓN DE LA MASA	OBJETIVO MEDIOAMBIENTAL	HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN PREVISTO PARA SU CONSECUCCIÓN
30610	LILLO - QUINTANAR	Alcanzar Buen Estado	2022-2027
30611	MANCHA OCCIDENTAL II	Alcanzar Buen Estado	2022-2027
30612	TIERRA DE BARROS	Alcanzar Buen Estado	2022-2027
30613	ZAFRA - OLIVENZA	Alcanzar Buen Estado	Después de 2022-2027
30614	CAMPO DE CALATRAVA	Alcanzar Buen Estado	2016-2021
30615	CONSUEGRA - VILLACAÑAS	Alcanzar Buen Estado	Después de 2022-2027

Tabla 8,, Fuente: Reglamento del plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Guadiana

Código MaSb	Denominación	Recurso disponible máximo (hm ³ /año)	Riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo: SÍ/NO
30596	Ayamonte	9,5	NO
30597	Vegas Altas (*)	64,8	NO
30598	Los Pedroches	4,2	NO
30599	Vegas Bajas (*)	68,9	NO
30600	La Obispalía	2,3	NO
30601	Bullaque	19,3	NO
30602	Aluvial del Azuer	0,8	SÍ
30603	Aluvial del Jabalón	1,5	SÍ
30604	Aroche-Jabugo	4,6	NO
30605	Cabecera del Gévora	2,3	NO
30606	Mancha Occidental I (***)	91,2	SÍ
30607	Sierra de Altomira (***)	26,0	SÍ
30608	Rus-Valdelobos (***)	24,6	SÍ
30609	Campo de Montiel (**)	4,0-28,0	SÍ
30610	Lillo-Quintar (***)	17,0	SÍ
30611	Mancha Occidental II (***)	106,2	SÍ
30612	Tierra de Barros	25,6	SÍ
30613	Zafra-Olivenza	37,9	NO
30614	Campo de Calatrava	19,9	SÍ

Tabla 9,, Fuente: Reglamento del plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Guadiana

Artículo 27. Condiciones específicas para el aprovechamiento y explotación de masas de agua subterránea en riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo

«3. Con el objetivo de no deteriorar y mantener el buen estado cuantitativo de las masas de agua subterránea señaladas en la tabla incluida en el artículo 26, los volúmenes máximos de extracción anual no serán superiores al recurso disponible máximo definido en dicha tabla. No obstante, en las masas de agua subterránea declaradas en riesgo se podrán definir en el Programa

de Actuación, regímenes de extracción variables en períodos de cuatro años, pudiéndose superar los máximos anuales anteriores siempre que los excesos de un año se compensen con menos extracción en otros años del período, de modo que de media no se supere el máximo anual y se asegure que no se pone en riesgo el buen estado de la masa, ni de las masas de agua superficial relacionadas, ni de los ecosistemas asociados. El Programa de Actuación podrá prever periodos transitorios para llegar a los regímenes anteriores».

En conclusión, la masa de agua de la cual se abastece la finca, denominada Campo de Calatrava, se encuentra en este momento en riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo. Esto podría cambiar en los próximos años como se puede ver en la tabla 2 donde se especifica que el horizonte previsto para alcanzar el buen estado es entre el año 2016 y el 2021. Actualmente, no se ha rectificado el estado de las masas de agua por lo que sigue en riesgo.

Es importante tener conocimiento de este hecho pues la zona se va a ver muy restringida a la hora de construir nuevos pozos o solicitar nuevas licencias. Hasta que la zona sea declarada de no riesgo todas aquellas concesiones que ya han sido otorgadas pueden estar sujetas a modificaciones. Esto significa que van a poder ver reducido el volumen de extracción de agua anual autorizado. Estas reducciones se harían para cumplir con el recurso máximo disponible de la masa del agua al año, que se especifica en la tabla 3.

La finca ya obtuvo en su momento la autorización correspondiente para la extracción de agua. Por ello, mientras la administración no lo modifique, se registrará por lo establecido en el artículo 54 de la ley de aguas, por el cual se puede disponer de hasta 7,000 metros cúbicos de agua, cifra muy por encima a la que realmente requiere la casa.

3.2 Fosa séptica

La regulación vigente respecto al uso de fosas sépticas se encuentra en el Texto Refundido de la Ley de Aguas. Esta ley estatal regula todo lo que tiene que ver con las aguas terrestres.

«4.6. Fosos sépticas.

En sectores de viviendas unifamiliares con edificabilidad no superior a 0,1 m²/m², se podrá admitir el sistema de evacuación mediante fosos sépticas y pozos filtrantes, si se hubiere demostrado documentalmente, mediante informe geológico, la idoneidad del terreno para este cometido, y siempre que no esté dotada de alcantarillado la vía a la que la parcela a construir dé a fachada, puesto que en este caso será preceptiva la conexión a dicho alcantarillado».

Los desechos fecales generados en la casa son tratados a través de una fosa séptica y un pozo filtrante. Esto está permitido porque la vivienda tiene una edificabilidad menor a 0,1 metros cuadrados por metro cuadrado y el terreno es idóneo para este sistema de evacuación, hecho que ha sido demostrado mediante un informe geológico. Además, debido a que la casa se encuentra alejada de cualquier núcleo de población, no está dotada de alcantarillado.

Actualmente la fosa séptica instalada en la casa tiene un volumen de 2,200 litros y está fabricada con polietileno de alta densidad. Después de que se separe la mayoría de la materia orgánica del agua por decantación en el depósito, se vierte esta en un pozo de 6 metros de altura y 1 metro de diámetro revestido de ladrillo. El pozo cuenta con una tapa en la parte superior. El pozo de la finca se encuentra dentro de la legalidad tal y como establece la normativa del Ayuntamiento de Argamasilla de Calatrava.

«IV.III.18. FOSAS SÉPTICAS

- a. *Queda terminantemente prohibida la construcción de pozos negros, minas filtrantes y, en general, todo medio de recogida de aguas fecales que no se ajusten a las presentes Ordenanzas.*
- b. *La disposición de los desagües, ramales secundarios y principales y del pozo central del registro será la misma señalada para las fincas que acometen a la alcantarilla. La unión del pozo de registro con la fosa séptica se hará también en forma análoga a la señalada para acometer a la alcantarilla.*
- c. *Las fosas sépticas automáticas y filtros serán de cualquiera de los sistemas conocidos hoy día, siempre que sean aprobados por los servicios técnicos municipales, a cuyo efecto se acompañará al plano de la red de desagüe, otro plano de detalle a escala 1:10, y una memoria descriptiva sobre el sistema de fosas que se adopte y su funcionamiento, así como la disposición de lechos o filtros bacterianos que hayan de recoger las aguas procedentes de las fosas sépticas.*
- d. *La capacidad interior de cada fosa séptica será de 250 l., por persona, si éstas no pasan de 10, sin que pueda ser inferior a 750 litros. Si el número de personas está comprendido entre 10 y 50, la capacidad para cada una será de 200 litros y de 150 litros si el número de personas excede de 50. La altura del líquido dentro de la fosa séptica deberá ser por lo menos de un metro y de tres metros, como máximo, dejando entre el nivel superior del líquido y la cara inferior de la cubierta de la fosa un espacio libre de 0,20 m. Se dará salida a los gases por medio de un tubo de ventilación de 0,10 m., de diámetro interior, como mínimo, prolongándolo hasta por lo menos 1 metro por encima de la parte más alta de la cubierta del edificio o de las medianerías si está adosada a ellas. El tubo de entrada de las aguas fecales en la fosa deberá quedar sumergido en el líquido a una profundidad mínima de 0,40 m., la máxima de 0,80. Del mismo modo, el tubo de salida deberá estar sumergido en el líquido en iguales condiciones que el anterior, debiendo llevar en la boca de la entrada, una rejilla que impida la salida de los gruesos antes de su disolución. En la parte acodada del tubo se colocará una salida de aire que establezca comunicación con el tubo de salida de agua y la ventosa y tubo de ventilación anteriormente dicho. En cualquier punto de la fosa séptica se colocará una tapa de ajuste hermético que pueda quitarse fácilmente para efectuar la limpieza y reparaciones en aquella.*
- e. *A corta distancia de la fosa séptica y formando conjunto con ella, se filtro bacteriano con una superficie filtrante de un metro cuadrado, como mínimo, por cada 10 personas que habiten la finca y una altura mínima de 1,40 m., para la capa o capas de materias filtrantes, cuyo material (carbón, cok o escoria u otro material que reúna las condiciones anteriores filtrantes), se colocará en capa de menor a mayor; es decir, colocando los fragmentos de menos tamaño en la parte superior. La superficie del filtro será de 0,50 m²., como mínimo. El líquido entrará por la parte superior en forma de riego o lámina delgada sobre la superficie del filtro, evitándose la caída a lo largo de las paredes. Las aguas se recogerán después de pasar por las capas filtrantes, en una cámara o espacio interior, de donde pasarán a un depósito o pozo. En la parte superior de la caja o cámara filtrante se colocará un tubo de toma de aire. El desagüe interior llevará a la salida de un tubo de ventilación y a continuación un sifón aislado que impida toda salida de gas al exterior.*
- f. *Tanto la fosa séptica como los filtros bacterianos se construirán formando cajas o depósitos cuyas paredes sean de materiales perfectamente impermeables y aislado de todo contacto con*

el exterior; se situarán en jardines o patios y, en el caso de querer colocarlos en el interior de la finca, se destinará un local exclusivamente para este servicio. A dichas fosas acometerán exclusivamente las aguas fecales y las procedentes de retretes, lavabos y demás usos domésticos, exceptuando las de baños y lavabos de ropa o lejía que acometerán directamente al pozo de que se trata en el siguiente artículo.

- g. Las aguas, después de depuradas, se recogerán en un pozo o depósito que tengan una profundidad máxima de 8 m., y mínima de 5 m. Dicho pozo será de forma circular de un metro de diámetro, revestido de fábrica de ladrillo de 0,28 a 0,14 m. de espesor, según la clase de terreno. Se enlucirán todos sus paramentos con mortero de cemento fratasado y bruñido de 1 cm de espesor. En la parte superior se colocará un buzón de piedra con su tapa de 0,30 m. de grueso. El diámetro de la boca de entrada al pozo deberá ser de 0,80 m. como mínimo. Dicho pozo se situará en los patios interiores o zonas verdes».*

Bibliografía

- [WHIT08] White, F.M. “Mecánica de fluidos”, McGraw Hill, ISBN 978-84-481-6603-8, 6ª Edición, Madrid 2008.
- [SANZ04] Sanz Fernández, I. “El agua es vida (Tales de Mileto 624-548 a.C.)”, Anales de mecánica y electricidad, ISSN 0003-2506, Vol. 81, Fasc. 5, págs. 45-56, Enero 2004.
- [MATA09] Mataix Plana, C. “Turbomáquinas hidráulicas: Turbinas hidráulicas, bombas, ventiladores”, Biblioteca Comillas. Ingeniería, 2ª Edición, Septiembre 2009.
- [SANZ03] Sanz Fernández, I. “el coste de ciclo de vida en las bombas”, Anales de mecánica y electricidad, ISSN 0003-2506, Vol. 80, No. 5, págs. 16-24, 2003

ABS Manual para Proyectista. Guía de aplicación.

Clima de Argamasilla de Calatrava: Climate-Data.org

Datos consumo de agua:

-Asociación Empresarial Hostelera de Madrid (AEHM)

-Canal de Isabel II

Información Flotador eléctrico con bola de acero: Coparoman

Características técnicas respecto a las tuberías PEHD: Plasticbages Industrial, S.L.

Características técnicas respecto a las tuberías PRFV: Tecnipul Composites

Fuente de precios: mercado de precios actualizado por director de proyecto. Empresa Lomeda Medioambiente

Programa informático: ABSEL pump selection Program, propiedad de la empresa SULZER AG

Facturas de electricidad de Naturgy Energy Group S.A.

Legislación

Constitución Española. Boletín Oficial del Estado, 29 de diciembre de 1978, núm. 311, pp. 29313 a 29424.

España. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Boletín Oficial del Estado, de 24 de julio de 2001, núm. 176.

España. Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro. Boletín Oficial del Estado, de 19 de enero de 2016, núm. 16.

España. Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas. Boletín Oficial del Estado, de 3 de febrero de 2007, núm. 30.

Normas urbanísticas. Plan de Ordenación Municipal del Ayuntamiento de Argamasilla de Calatrava.
<http://www.argamasilladecalatrava.es/wp-content/descargas/pom/POM%20Argamasilla%20-%20Normas%20Urbanisticas.pdf>

