



PROYECTO FINAL

# INGENIERIA A PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

PROFESOR: Martin Reimondez

TUTORES: Facundo Grondona, Omar Rueda

ALUMNO: Marin Agustin

LEGAJO: 2633

Trelew, Diciembre 2023



## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Chubut por haber permitido formarme profesionalmente dentro de su institución. Y al profesorado que me acompañó durante todas las cursadas a lo largo de la carrera, un trabajo que suele ser invisible pero tiene un impacto enorme en el estudiante.

Al Ingeniero Martin Reimondez por su especial atención y seguimiento con este trabajo y por haber hecho que este trabajo se consolide con sus instruidas recomendaciones. A los Ingenieros Omar Rueda, y Facundo Grondona por su gran apoyo , asesoría , interés, tiempo y tutoría para realizar este trabajo.

A mis compañeros de clase, en especial Lucas Suligoy, a quien le agradezco su tiempo, acompañamiento y amistad , quien también es parte de la realización de este trabajo y que sin sus ideas, ayuda y participación no fuera esto posible

A Esteban Ricardo Morala por darme un lugar y una oportunidad en el mundo laboral y por su tutela personal que ha nutrido fuertemente mi formación como profesional, un gesto que no pasa desapercibido y no cualquiera tiene semejante calidad como persona.

Una dedicatoria especial a Daniel Rossi Q.E.P.D. quien fue mi profesor y tutor particular durante mis estudios y no lograra estar presente para ver sus frutos de tanto trabajo que se ha tomado conmigo.

Y por último a mi familia y a mi pareja quienes me han dado su apoyo incondicional y este nunca ha flaqueado después de tantos años.



Las siguientes son las abreviaturas utilizadas en el presente documento:

COD: Código.  
N/D: No definido.  
PAP: Puesta a Punto.  
AaT: Agua a Tratar.  
APr: agua producto  
MTo: Mantenimiento.  
PO: Planta de osmosis  
CDS: Control a distancia y señalización  
PTA: Planta de Tratamiento  
OI: Ósmosis Inversa  
PTO: Puerto  
PLC: Controlador Lógico Programable  
PE: Polietileno  
HDPE: Polietileno de alta densidad  
FRP: Fibra de vidrio reforzada con plástico  
SCADA: Supervisión control y adquisición de datos  
PVC: Policloruro de vinilo  
UF: Ultrafiltración  
ORP: Potencial de oxido reduccion  
PEAD: Polietileno de alta densidad  
NA: No aplica  
Esc: Escala  
AEA: Asociación electrotécnica Argentina  
A: Área  
V: Volumen  
W: Peso  
D: Diámetros  
R: Radios  
Q: Caudal  
Re: Número Reynolds  
h: Altura  
g: Aceleración de la gravedad  
P: Presión hidrostática  
p: Densidad del fluido  
 $\pi$ : Pi, constante  
PRI: Periodo Recuperación Inversión  
VAN : Valor Actual Neto  
TIR: Tasa Interna de Retorno



## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
1.1. CONCEPTUALIZACIÓN	9
1.1.1. Osmosis inversa	9
1.1.2. Membranas de osmosis inversa	12
1.1.3. Agua a tratar	14
1.1.4. Captación o toma de agua	17
1.2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3.1. Problema principal	19
1.3.2. Problemas específicos	21
1.4. OBJETIVO	22
1.4.1. Objetivo general	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
1.4.3. Motivación personal	23
1.5. RESEÑA HISTÓRICA	24
1.6. FUNDAMENTACIÓN SOCIAL/AMBIENTAL	29
<b>CAPÍTULO 2 - INVESTIGACIÓN Y RELEVAMIENTO</b>	<b>33</b>
2.1. INVESTIGACIÓN PTO PIRAMIDES	33
2.2. OTRAS INVESTIGACIONES	59
<b>CAPÍTULO 3 - ANTEPROYECTO</b>	<b>67</b>
3.1. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	67
3.2. REQUERIMIENTOS	67
3.3. ALCANCE	70
3.4. CONTEXTO DE USO	71
3.5. FORMULACIÓN DEL PROYECTO	72
<b>CAPÍTULO 4 - MARCO TEÓRICO</b>	<b>75</b>
4.1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS	75
4.2. SISTEMAS HIDRÁULICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA DE POZO	78
4.3. CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS DE CUERPOS DE AGUA SUBTERRÁNEAS	80
<b>CAPÍTULO 5 - DESARROLLO</b>	<b>87</b>
5.1. PRUEBA DE AFORO DE POZO	88
5.2. DISEÑO HIDRÁULICO	92
5.2.1. Ubicación física de la planta de bombeo	92
5.2.2. Instalaciones	97
5.2.3 Bomba de profundidad	108
5.2.4. Bomba de impulsión	123
5.3. ESTRUCTURA	132
5.4. AUTOMATIZACIÓN	143
5.4.1. Instrumentación y control	143



5.4.2. Lenguaje de programación	145
5.4.3. Interface	147
5.4.4. Sensores	152
5.5. DISEÑO ELÉCTRICO	157
<b>CAPÍTULO 6 - ANÁLISIS DE COSTOS</b>	<b>190</b>
6.1. COSTOS DE INVERSIÓN	191
6.2. COSTOS DE OPERACIÓN	193
6.3. INGRESOS POR PRODUCCIÓN	194
6.4. FLUJO DE CAJA	195
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>199</b>



## RESUMEN

El desarrollo del presente Proyecto de Ingeniería Electromecánica surgió de la necesidad de ampliar el nivel de producción de la planta de Osmosis inversa (Desalinizadora) ubicada en la comunidad de Pto. Pirámides en la región de la Península Valdés, provincia de Chubut Arg; además de la búsqueda del aumento de eficiencia, seguridad a través del seguimiento y control de la misma.

Lo anterior con el fin de satisfacer una oferta adecuada tanto como en cantidad como en calidad, de oferta de agua potable así como para el consumo de la comunidad que permanece habitado a lo largo del año como también para brindar las condiciones básicas para desarrollar al turismo ocioso y al turismo científico

En primera instancia se ha realizado una investigación preliminar en donde se ha coordinado y consultado personalmente con distintos agentes que intervienen en el proceso productivo así como la “Subsecretaria de Servicios Públicos” de la provincia de Chubut y la empresa “Servicoop” encargada de la operación de la planta. Así también para el asesoramiento se ha recurrido a la consulta de grupos de investigación como el grupo GEMYS operando en la UTN FRCH.

Durante esta investigación se ha visitado la planta de ósmosis inversa en cuestión y áreas de influencias en donde se ha relevado los equipos, instrumental y las instalaciones. Se ha recopilado datos e información acerca del funcionamiento y la producción de la planta y se ha realizado el análisis de la misma para determinar el mejor plan de mejoras en base a la seguridad y a la rentabilidad.

Prosiguiendo con la información recolectada se ha decidido determinar el desarrollo de un plan de distintas mejoras como: La implementación de bombas de pozo para la captación de agua a tratar, el rediseño de las instalaciones eléctricas y su correcta ubicación, instalación de instrumental de control, sensores para un monitoreo integral del proceso y control del funcionamiento de los equipos. como así también la implementación de energías limpias a través de paneles fotovoltaicos para abastecer de energía la planta de bombeo.

En resumen, esta tesis representa un viaje a través de la ciencia, la ingeniería y la innovación que tienen el poder de transformar no solo la disponibilidad de agua potable, sino también la perspectiva de una comunidad hacia un futuro más prometedor y sostenible.



## ABSTRACT

The development of this Electromechanical Engineering Project arose from the need to expand the production capacity of the Reverse Osmosis plant (Desalination) located in the community of Pto. Pirámides in the Península Valdés region, Chubut Province, Argentina; as well as the pursuit of increased efficiency, safety through its monitoring and control.

The aforementioned aims to meet an appropriate supply of both quantity and quality of drinking water, for the consumption of the community that remains inhabited throughout the year, as well as to provide the basic conditions for leisure tourism and scientific tourism development.

In the first instance, a preliminary investigation has been conducted, where personal coordination and consultation has taken place with various stakeholders involved in the production process. This includes the 'Subsecretary of Public Services' of the Chubut Province and the company 'Servicoop,' responsible for the plant's operation. Additionally, for guidance, consultation has been sought from research groups such as the GEMYS group operating at UTN FRCH.

During this investigation, the reverse osmosis plant in question and its surrounding areas were visited, where equipment, instruments, and facilities were surveyed. Data and information regarding the operation and production of the plant were collected, and an analysis of the same was conducted to determine the best improvement plan based on safety and profitability.

Continuing with the gathered information, it has been decided to determine the development of a plan for various improvements, including the implementation of well pumps for water intake, the redesign of electrical installations and their proper placement, installation of control instruments, sensors for comprehensive process monitoring, and equipment operation control. Additionally, the implementation of clean energy through photovoltaic panels to power the pumping plant is planned.

In summary, this thesis represents a journey through science, engineering, and innovation that has the power to transform not only the availability of drinking water but also a community's perspective toward a more promising and sustainable future.



# CAPITULO 1 – INTRODUCCION

PROYECTO FINAL

INGENIERIA A PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

## 1.1. CONCEPTUALIZACIÓN

1.1.1. Osmosis inversa

1.1.2. Membranas de osmosis inversa

1.1.3. Agua a tratar

1.1.4. Captación o toma de agua

## 1.2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema principal

1.3.2. Problemas específicos

## 1.4. OBJETIVO

1.4.1. Objetivo general

1.4.2. Objetivos específicos

1.4.3. Motivación personal

## 1.5. RESEÑA HISTÓRICA

1.6. FUNDAMENTACIÓN SOCIAL/AMBIENTAL



## CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el acceso a agua potable de calidad y en cantidades suficientes se ha convertido en uno de los desafíos más apremiantes a nivel mundial. La creciente demanda de agua y los efectos del cambio climático han puesto en relieve la necesidad de desarrollar tecnologías innovadoras que permitan el abastecimiento sostenible de este recurso vital. En este contexto, la ingeniería y la ciencia han desempeñado un papel fundamental en la creación de soluciones que respondan a esta urgente problemática.

Una de las innovaciones más destacadas en el campo del tratamiento y suministro de agua es la planta de ósmosis inversa. Esta tecnología, basada en principios científicos de separación de solutos, ha revolucionado la forma en que las comunidades obtienen agua potable, especialmente en zonas donde la disponibilidad de recursos hídricos es limitada. A través de avances científicos en la captación y purificación del agua, la ósmosis inversa ha permitido transformar fuentes de agua salina o salobre en una fuente viable de agua potable, abriendo un horizonte de posibilidades para comunidades que dependen de fuentes no convencionales.

Este trabajo no solo representa una contribución al conocimiento científico y tecnológico, sino que también busca explorar su impacto en una comunidad cuya fuente de agua potable depende de una planta desalinizadora y comprender cómo la innovación en la captación y tratamiento del agua puede mejorar las condiciones de vida de una comunidad, garantizando un acceso sostenible a un recurso esencial.

El objetivo primordial de este trabajo es explorar a fondo la ingeniería detrás de las plantas de ósmosis inversa y su significado en la actualidad. No solo se trata de la implementación de tecnologías, sino también de una respuesta integral a la problemática del acceso al agua potable. Además, se abordará el impacto y la importancia de estas plantas desalinizadoras en comunidades cuya única fuente de agua potable es una planta de este tipo.



## CHAPTER 1 - INTRODUCTION

Currently, access to quality drinking water in sufficient quantities has become one of the most pressing challenges worldwide. The increasing demand for water and the effects of climate change have underscored the need to develop innovative technologies that enable the sustainable supply of this vital resource. In this context, engineering and science have played a fundamental role in creating solutions that address this urgent issue.

One of the most noteworthy innovations in the field of water treatment and supply is the reverse osmosis plant. This technology, based on scientific principles of solute separation, has revolutionized the way communities access drinking water, especially in areas where the availability of water resources is limited. Through scientific advancements in water capture and purification, reverse osmosis has enabled the transformation of saline or brackish water sources into a viable source of drinking water, opening up a horizon of possibilities for communities dependent on unconventional sources.

It is worth noting that there are several ways to harness energy from the environment around us. Some of them are derived from clean and environmentally friendly sources, known as renewables, which are either inexhaustible or can be regenerated. Others are obtained through processes that alter the environment, known as non-renewables, as once consumed or generated, they cannot be replenished.

This work not only represents a contribution to scientific and technological knowledge but also seeks to explore its impact on a community whose source of drinking water relies on a desalination plant. It aims to understand how innovation in water capture and treatment can enhance the living conditions of a community, ensuring sustainable access to an essential resource.

The primary objective of this work is to delve deep into the engineering behind reverse osmosis plants and its significance today. It goes beyond the implementation of technologies and provides a comprehensive response to the issue of access to drinking water. Additionally, it addresses the impact and significance of these desalination plants in communities where the sole source of drinking water is such a plant.



## 1.1. CONCEPTUALIZACIÓN

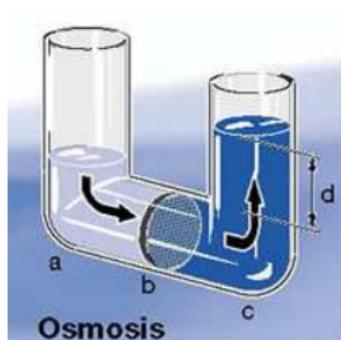
### 1.1.1. Osmosis inversa

La tecnología de la ósmosis inversa se basa en el proceso de ósmosis, que es un fenómeno natural que se produce en las células de los seres vivos, por el cual dos soluciones de distinta concentración salina puestas en contacto a través de una membrana semipermeable tienden a igualar sus concentraciones.

Para ello se produce un movimiento desde la solución más diluida hacia la más concentrada, que se detiene cuando se alcanza un equilibrio entre ambas concentraciones. La fuerza que provoca ese movimiento se conoce como presión osmótica y está relacionada con la concentración de sales en el interior de ambas soluciones.

Cuando dos soluciones de diferente concentración o salinidad están colocadas en dos recipientes separados por una pared impermeable, cada una de ellas alcanza en el depósito correspondiente una altura que es función únicamente del volumen de la solución y del diámetro del depósito.

Si sustituimos la citada pared por una membrana semipermeable (permeable al agua, no a las sales) se produce un movimiento a través de la membrana desde la solución más diluida a la más concentrada, que se detiene cuando se alcanza un desnivel entre ambos tubos,  $\Delta h$ , que corresponde a la presión osmótica de la solución más concentrada, o más propiamente a la diferencia de presiones osmóticas entre ambas soluciones. Este valor de  $\Delta h$  es la presión diferencial que impulsa el agua a través de la membrana.



- a) Solución diluida
- b) Membrana semipermeable
- c) Solución concentrada
- d) Columna de agua correspondiente a la presión osmótica

Fig. 1.1. Ósmosis convencional

Se observa dos vasos comunicantes en donde se contiene dos soluciones de diferentes concentraciones separadas por una membrana semipermeable



Si invertimos el proceso aplicando una presión en el tubo de la solución más concentrada, el movimiento se produce desde ésta hacia la más diluida.

Finalmente se alcanza una posición de equilibrio. La altura que alcanza la solución en el nuevo equilibrio es función de la presión aplicada, de las características de la membrana y de las concentraciones de ambas soluciones

Este proceso es lo que constituye la ósmosis inversa. Se le llama así porque para conseguir un flujo de solvente a través de la membrana hay que ejercer al menos una presión suficiente para vencer la presión osmótica de la solución.

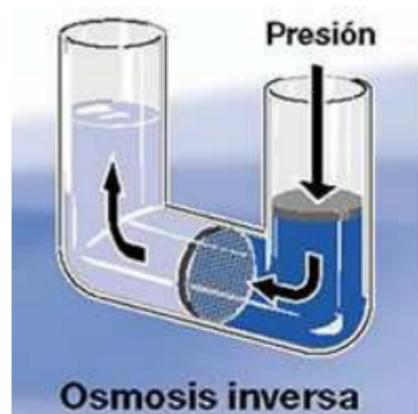


Fig 1.2. Ósmosis Inversa

En la práctica, sin embargo, no es necesario vencer la presión osmótica de la solución de alimentación, sino sólo la diferencia de presión osmótica entre las soluciones de alimentación y producto. Esta presión depende del flujo de agua a través de la membrana y cambia de cero hasta un límite dado por las características de la membrana.

Con las membranas reales puede producirse flujo con diferencias de presión que son pequeñas comparadas con la presión osmótica de la solución de alimentación, pero la desalación, o mejor dicho el caudal desalado, es en estas circunstancias, prácticamente despreciable.

Si analizamos las distintas fases de este proceso vemos que los elementos fundamentales para poder reproducir este fenómeno a escala industrial lo constituyen la bomba necesaria para aplicar la presión y la membrana capaz de realizar la separación de sales.

El elemento diferenciador de la ósmosis inversa frente a otros procesos es la membrana, la cual debe reunir una serie de características:



1. Debe ser capaz de resistir las presiones a que se va a someter la solución para invertir el proceso.
2. Suficientemente permeable al agua para que el flujo que proporciona sea elevado.
3. Rechazar un porcentaje de sales elevado para que el producto sea de buena calidad.

Si partimos de los flujos o caudales que se generan en el proceso podemos distinguir:

1. Flujo o caudal de alimentación que es el que se pretende desalar y se aplica en un lado de la membrana:  $F_a$ .
2. Flujo o caudal de producto, que corresponde al agua a la que se le han eliminado o reducido las sales:  $F_p$ .
3. Flujo o caudal de concentrado (rechazo), que arrastra las sales que han sido separadas por la membrana y que se depositaron sobre ella:  $F_r$

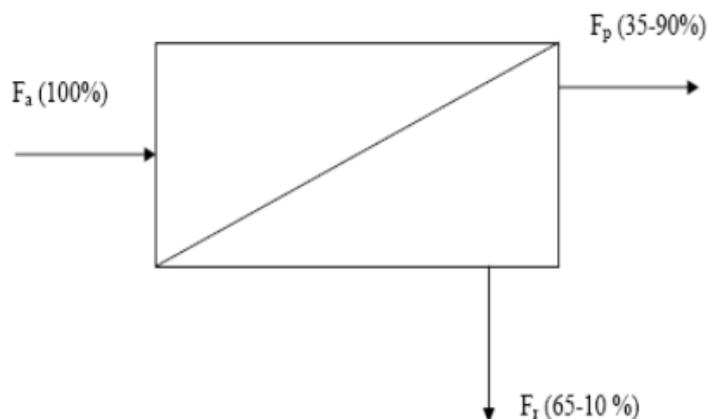


Figura 1.3. Relación de flujos

Conversión o recobro Es la relación expresada en porcentaje, del caudal que puede desatarse a partir de un determinado caudal de alimentación a la instalación. Puede variar pero siempre dentro de unos límites muy concretos. Si aumentamos el recobro de una instalación aprovechamos más el agua de aporte y reducimos en consecuencia el caudal o volumen de salmuera del rechazo.

### 1.1.2. Membranas de osmosis inversa

Una membrana para osmosis inversa debe ser adecuada para resistir presiones mucho mayores a la diferencia de presiones osmóticas de ambas soluciones. En el caso del agua del mar esta presión puede ascender a 50-90 bar.

Las membranas que se fabrican actualmente se montan dentro de tubos horizontales de diámetros normalizados llamados módulos que mejoran su rendimiento y limpieza, minimiza la polarización, son más compactos y facilita su sustitución.

Desde una visión macroscópica lejana, podría parecer ser simplemente otro proceso de filtración que involucra poros extremadamente finos sin embargo, a nivel microscópico o molecular, era más complejo con la separación no es resultado de poros físicos, sino más bien de procesos químicos interacción entre el agua y el propio material de la membrana.



Figura 1.4. Membrana para osmosis inversa.

Las membranas que se fabrican actualmente se montan dentro de tubos horizontales de diámetros normalizados llamados módulos que mejoran su rendimiento y limpieza, minimiza la polarización, son más compactos y facilita su sustitución.

Los principales objetivos que persiguen los fabricantes de módulos de ósmosis inversa son:

- Obtener el máximo rendimiento de las membranas.
- Conseguir un sistema lo más compacto posible.
- Minimizar los fenómenos de polarización de las membranas.
- Facilitar la sustitución de las membranas deterioradas.
- Mejorar la limpieza de las membranas sucias.



Figura 1.5. Módulo de membranas de ósmosis .

Nota. Foto Módulo de Membranas de planta desalinizadora localizada en la localidad de Pto Deseado, Santa Cruz. Autoría propia



### 1.1.3. Agua a tratar

El agua susceptible de desalar tiene distintas características físico- químicas, por ese motivo es conveniente antes de seguir adelante, tener en cuenta algunos aspectos de la misma que tienen incidencia en el diseño de la instalación. Cuatro son las características básicas que definen un agua desde el punto de vista químico.

#### 1. Conductividad eléctrica o salinidad.

Se define la salinidad del agua como el contenido total de sales del mismo. En este aspecto deberemos diferenciar el tipo de agua del que estamos hablando ya que no será lo mismo desalar agua de mar con un contenido en sales de 40.000 ppm que agua salobre con tan solo 4.000 ppm. Incluso un agua con la misma salinidad, como por ejemplo 2.000 ppm, debido a si esa salinidad la determinan cloruros o si es causada por sulfatos o carbonatos puede tener comportamiento y aplicaciones diferentes.

Tabla 1.1

Espectro salinidades Agua

Salmuera	300.000 ppm
Agua de mar	30.000ppm
Agua salobre	3.000 ppm
Agua potable	300ppm
Agua industrial	30 ppm
Agua desionizada	3 ppm
Agua pura de calderas	0.3 ppm
Agua ultrapura	0.003 ppm

El agua que contiene más elementos disueltos ofrece una mayor facilidad para conducir la corriente eléctrica a través de ella, por lo tanto una mayor conductividad eléctrica. Pero la conductividad eléctrica de un agua determinada no es un parámetro constante sino que depende de la temperatura, aumentando su valor al hacerlo ésta. Para que puedan hacerse comparaciones se debe tomar una temperatura como referencia, que es de 20 °C



Tabla 1.2.

Resistividad de los distintos tipos de agua

Tipo de agua	Resistividad ( $\Omega$ -m)
Agua de lagos y arroyos de las montañas	3103 - 103
Agua dulces superficiales	102 - 10
Agua Salobres superficiales	2 - 10
Agua subterráneas	1 - 20
Aguas marinas	0.2
Aguas de los lagos salados	0.1 - 1
Agua de impregnación en las rocas	0.03 - 10

## 2. Composición química del agua

Conocer la composición química del agua, causante de su salinidad, resulta muy conveniente puesto que tiene un efecto directo sobre las membranas así como en el uso final del agua desalada, principalmente industria, agricultura y consumo humano.

Tabla 1.3.

Resistividad de los distintos tipos de agua

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE C.A.A.
pH	u pH	8,00	6,5 – 8,5
Conductividad	$\mu$ S/cm	64.400,00	N/A
Sólidos disueltos totales <sup>1</sup>	mg/l	41.216,00	Máx. 1.500
Sólidos suspendidos	mg/l	0,19	
Turbidez	NTU	1,84	
DQO	mg/l	5,50	
Bicarbonato (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	108,00	N/A
Carbonato (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	22,60	N/A
Cloruro	mg/l	18.417,00	Máx. 350
Fluoruro	mg/l	1,74	
Fósforo total	mg/l	0,17	
Nitrato	mg/l	<4,00	Máx. 45
Nitrito	mg/l	<0,10	Máx. 0,10
Sílice	mg/l	1,07	
Sulfato	mg/l	2.343,00	Máx. 400
Bario	mg/l	<0,10	
Boro	mg/l	<0,10	
Calcio	mg/l	393,00	
Estroncio	mg/l	<0,10	
Hierro	mg/l	0,04	
Magnesio	mg/l	1.167,00	
Manganeso	mg/l	<0,20	
Potasio	mg/l	382,00	
Sodio	mg/l	10.819,00	N/A

Nota. Se presentan los resultados del análisis fisicoquímico realizado a una muestra de agua de mar de la zona de Pto Deseado, Santa Cruz.



### 3. Sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión o materia en suspensión están presentes en el agua y se determina por gravimetría. No se distingue entre los sólidos de origen inorgánico o los orgánicos.

La cantidad de sólidos presentes, está muy relacionada con el tipo de captación o toma de agua de mar. Las tomas abiertas pueden ejecutarse mediante pozos de playa, que se introducen unos cientos de metros en el mar como es en el caso de las plantas de Osmosis inversa de Caleta Olivia y de Pto Deseado, Santa cruz; o bien en bateas de decantación, en las que se retiene el agua de mar para permitir la sedimentación de las partículas de cierto tamaño como es el presente caso en la Planta de Pto Pirámides Chubut.

En estos casos el agua mantiene un alto contenido en sólidos no sedimentables (se mantienen en suspensión) que suelen presentar problemas en las plantas, especialmente en las membranas y en los filtros.

Otra manera de realizar la captación es mediante un pozo costero o pozo playero, siempre que el terreno permita la perforación. En estos casos, el propio terreno permeable actúa como prefiltración, por lo cual el agua obtenida tiene mucho menor contenido en sólidos y biomasa.

### 4. Contenido Microbiológico

El contenido microbiológico del agua de mar también merece atención, muy especialmente cuando se trabaja en una desaladora mediante procesos de membranas. Los microorganismos presentes en el agua bruta tienden a formar biopelículas (biofilm) sobre las superficies por las que van pasando, de forma que pueden llegar a formar agregados de importancia.

Esto trae consigo el fenómeno de ensuciamiento biológico (biofouling) que produce atascamientos y la consiguiente pérdida de carga en las membranas, y en definitiva una reducción de la producción del agua. Se han realizado mediciones que demuestran que un elemento de membrana con crecimiento biológico puede alcanzar un peso doble de su peso original.



#### 1.1.4. Captación o toma de agua

Una planta de ósmosis inversa consta esencialmente de cuatro partes o áreas de proceso, que enumeramos a continuación:

- Captación o toma de agua.
- Pretratamiento físico-químico.
- Bomba de alta presión y Proceso (OI).
- Post-tratamiento.

La forma de captar el agua tiene una extraordinaria importancia en el diseño y comportamiento de la planta, ya que es el factor determinante del pretratamiento requerido en el agua de alimentación

La toma puede ser de:

- Aguas superficiales
- Aguas profundas.

Las aguas superficiales contienen materiales en suspensión, por lo que el ensuciamiento de las membranas. En este tipo de tomas la actividad biológica también suele ser alta. Todo ello encarece y complica el pretratamiento.

Si el agua procede de un pozo profundo, tendrá niveles de sólidos disueltos bajos (inferiores a 3) y también una reducida actividad biológica, lo que redundará en una mayor vida de las membranas.

En el caso de desalación de agua de mar, es preferible extraer el agua necesaria de un pozo perforado en la proximidad de la costa. El mayor consumo de energía derivado del bombeo, queda compensado por la mayor limpieza y la salinidad algo más reducida del agua.



## 1.2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

La planta de ósmosis inversa se ha establecido como una tecnología esencial en la desalinización y purificación del agua, desempeñando un papel crucial tanto en aplicaciones industriales como en el abastecimiento de agua potable.

A pesar de sus innegables beneficios, es evidente que la operación y el rendimiento de las plantas de ósmosis inversa enfrentan desafíos técnicos y económicos que demandan un análisis en profundidad.

En este sentido, la presente investigación se propone explorar y analizar en detalle los aspectos clave relacionados con la operación, el rendimiento y los equipos de distintas plantas de ósmosis inversa a lo largo de la región, con un enfoque particular en la planta de Pto Pirámides como caso principal de estudio.

La investigación buscará una comprensión completa de los procesos operativos y técnicos involucrados en la ósmosis inversa, poniendo un énfasis especial en las distintas plantas que implementan esta tecnología, con la planta de Pto Pirámides como referente central. Se analizarán los desafíos técnicos y económicos a los que se enfrentan estas plantas, identificando las áreas críticas que requieren mejoras y optimización.

Además, se abordarán los equipos y componentes esenciales de las plantas de ósmosis inversa, evaluando su funcionamiento, eficiencia y durabilidad. Se examinará cómo los avances científicos y tecnológicos han influido en el diseño y la operación de estos equipos, y se propondrán soluciones innovadoras para superar los obstáculos identificados.

A través de un análisis riguroso y exhaustivo, esta investigación tiene como objetivo no solo proporcionar una comprensión profunda de las plantas de ósmosis inversa y sus desafíos, sino también proponer recomendaciones concretas y viables para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y el rendimiento de estas tecnologías.

Con la planta de Pto Pirámides como estudio de caso principal, esta investigación aspira a contribuir al avance del conocimiento en el campo de la ósmosis inversa y a brindar perspectivas valiosas para la operación exitosa y la optimización de estas plantas en diversos contextos.



### 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El presente estudio se propone abordar los siguientes aspectos críticos relacionados con la planta de ósmosis inversa situada en Puerto Piramides:

1. Eficiencia Energética: ¿Cómo afectan los diferentes parámetros operativos, como la presión de entrada y la concentración de sales, a la eficiencia energética de la planta de ósmosis inversa? ¿Qué estrategias de optimización energética pueden implementarse para reducir el consumo de energía en el proceso?
2. Durabilidad y Mantenimiento: ¿Cuáles son los principales factores que contribuyen al desgaste de las membranas de ósmosis inversa y a la reducción de su vida útil? ¿Cómo pueden implementarse técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo para mejorar la durabilidad y el rendimiento a largo plazo de las membranas?
3. Costos de Operación y Viabilidad Económica: ¿Cómo se relacionan los costos de operación, incluidos los costos de energía, mantenimiento y reemplazo de componentes, con la viabilidad económica de la planta de ósmosis inversa? ¿Qué enfoques pueden aplicarse para reducir los costos operativos y mejorar la relación costo-beneficio?

Mediante el análisis detallado de estos aspectos, esta investigación busca proporcionar recomendaciones prácticas y soluciones innovadoras para mejorar la operación, eficiencia y viabilidad económica de las plantas de ósmosis inversa en diferentes contextos de aplicación.

#### 1.3.1. Problema principal

En el contexto de la planta de ósmosis inversa, uno de los problemas fundamentales es la baja producción de agua producto y la insuficiente inversión científica e ingenieril para aumentar su eficiencia. Esta problemática afecta la capacidad de la planta para satisfacer la demanda de agua potable o procesos industriales, lo que a su vez puede tener impactos negativos en la sostenibilidad ambiental y la viabilidad económica.



### **Baja Producción de agua producto:**

La producción insuficiente de agua producto en las plantas de ósmosis inversa es un desafío que puede atribuirse a múltiples factores. Entre ellos se encuentran la degradación prematura de las membranas, la obstrucción de los poros debido a incrustaciones y el desgaste de los componentes clave del sistema. Estos problemas pueden limitar la cantidad de agua purificada que se obtiene y comprometer la capacidad operativa de la planta en general.

### **Baja Inversión Científica e Ingenieril:**

La falta de inversión adecuada en investigación y desarrollo científico e ingenieril es otro aspecto crucial del problema. La ósmosis inversa es una tecnología altamente especializada que requiere enfoques innovadores y adaptados a las condiciones específicas de operación.

La falta de investigación y experimentación para optimizar los procesos y mitigar los problemas de rendimiento puede limitar el potencial de mejora de la planta y la implementación de soluciones eficaces.

### **Impactos y repercusiones:**

La combinación de baja producción de agua producto y escasa inversión científica e ingenieril puede tener repercusiones significativas. Estas incluyen:

- **Escasez de Agua:** La incapacidad de la planta para producir la cantidad necesaria de agua purificada puede llevar a la escasez de agua potable o a interrupciones en los procesos industriales que dependen de ella.
- **Costos Elevados:** Los costos asociados con el bajo rendimiento y la necesidad de mantener y reemplazar componentes con frecuencia pueden elevar los costos operativos, lo que afecta la viabilidad económica.
- **Sostenibilidad Ambiental:** La ineficiencia operativa y los problemas de rendimiento pueden resultar en un mayor consumo de recursos, como energía y agua, lo que impacta negativamente en la sostenibilidad ambiental.

Sintetizando, la baja producción de agua producto y la falta de inversión científica e ingenieril son cuestiones interrelacionadas que afectan el funcionamiento, la eficiencia y la viabilidad de las plantas de ósmosis inversa.

Abordar este problema es esencial para optimizar el rendimiento de las plantas y garantizar un suministro confiable de agua purificada en diversos contextos de aplicación.



### 1.3.2. Problemas específicos

Para abordar el problema de baja producción de agua potable en la planta de ósmosis inversa en Puerto Pirámides, es crucial seguir un plan estructurado, para ello se definen los siguientes problemas específicos:

1. Falta de Suministro de Agua debido a las Fluctuaciones de las Mareas afectando la captación y Falta de Control a Distancia de las Bombas:
  - Investigar y analizar cómo las fluctuaciones de las mareas afectan el suministro de agua a la planta y su disponibilidad constante.
  - Diseñar un sistema de control a distancia para el bombeado de agua a tratar que permita ajustar su operación según las variaciones en el nivel del agua y las demandas de la planta..
2. Mala Calidad del Suministro de Agua debido a Material Biológico y Sólidos Suspendedos:
  - Evaluar cómo estas estrategias de mejora de la calidad del agua impactan la eficiencia y la vida útil de las membranas de ósmosis inversa.
  - Analizar los problemas de calidad del agua relacionados con la presencia de material biológico y sólidos suspendidos en el suministro.
3. Falta de Monitoreo y Control de Equipos y Procesos:
  - Analizar las áreas de la planta que carecen de monitoreo y control, identificando los puntos críticos donde la automatización podría mejorar el rendimiento.
  - Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real que registran datos sobre el rendimiento de los equipos, la calidad del agua y otros parámetros clave.
4. Revisión de la Seguridad de las Instalaciones para Proteger la Producción y a los Operarios:
  - La seguridad de las instalaciones eléctricas e hidráulicas es fundamental para proteger tanto la producción como la seguridad de los operarios.
  - Realizar una revisión exhaustiva de las instalaciones eléctricas e hidráulicas para identificar posibles riesgos, deficiencias y áreas de mejora.



## 1.4. OBJETIVO

### 1.4.1. Objetivo general

El presente proyecto tiene por objeto definir los requerimientos necesarios para llevar a cabo el diseño y la construcción de correspondiente a un plan de mejoras basadas en cumplir con la continuidad y calidad del servicio de agua potable para el Municipio de Puerto Pirámides.

Describir las tareas a realizar como de plan de mejoras basadas en cumplir con la continuidad y calidad del servicio de agua potable para la comunidad, indicando la documentación a suministrar y las acciones necesarias para la ejecución, verificación y validación del diseño.

Servir como un vehículo para volcar toda la investigación y el relevamiento que se han desarrollado hasta el momento. La información recopilada y analizada a lo largo del proceso de investigación será transformada en soluciones concretas y recomendaciones para la mejora del servicio de agua potable. Cada detalle técnico, cada consideración social y cada aspecto ambiental relevante serán cuidadosamente integrados en el diseño del plan de mejoras.

### 1.4.2. Objetivos específicos

Con base en la descripción del problema y las áreas de mejora identificadas, los objetivos específicos de la investigación para mejorar la eficiencia y el rendimiento de la planta de ósmosis inversa son los siguientes:

- Lograr un funcionamiento continuo del sistema de potabilización de agua.
- Minimizar el efecto producido por error operacional humano.
- Obtener información, tanto histórica como en tiempo real del estado funcional de las distintas etapas que se llevan a cabo en el proceso.
- Proporcionar control a distancia.



### 1.4.3. Motivación personal

#### **Aprender y adquirir nuevos conocimientos:**

- Profundizar la comprensión de la tecnología de ósmosis inversa, las operaciones de desalinización y los principios de purificación del agua.
- Ampliar conocimientos en el diseño de sistemas de control automatizado y el funcionamiento de bombas de vacío.

#### **Superación a uno mismo y adquirir herramientas para enfrentar desafíos técnicos:**

- Desarrollar habilidades de resolución de problemas al abordar desafíos técnicos y diseñar soluciones innovadoras para optimizar la planta de ósmosis inversa.
- Superar obstáculos y obstáculos en el camino de la investigación, fortaleciendo la capacidad de perseverancia y determinación.

#### **Contribuir positivamente a la sociedad y el medio ambiente:**

- Contribuir a la mejora de la calidad del agua potable y la disponibilidad de agua en comunidades afectadas por la escasez hídrica.
- Reducir el impacto ambiental al optimizar la eficiencia energética y operativa de la planta de ósmosis inversa, contribuyendo a la sostenibilidad a largo plazo.

#### **Crear un aporte científico e ingenieril significativo:**

- Desarrollar soluciones técnicas que puedan tener aplicaciones prácticas en la industria y la gestión del agua, generando un aporte innovador a la ingeniería y la ciencia.
- Contribuir al conocimiento existente al realizar investigaciones originales y experimentos que puedan expandir la comprensión en el campo de la ósmosis inversa.

#### **Fomentar la colaboración interdisciplinaria:**

- Establecer colaboraciones y comunicación con expertos en diferentes disciplinas, como la ingeniería, la química y la gestión ambiental, para abordar los desafíos de manera integral

#### **Desarrollar habilidades de comunicación y presentación:**

- Mejorar la habilidad para comunicar resultados técnicos y científicos de manera clara y efectiva, tanto a audiencias técnicas como no técnicas.
- Refinar las habilidades de presentación para compartir mis hallazgos en conferencias y publicaciones, contribuyendo a la divulgación de conocimientos.

## 1.5. RESEÑA HISTÓRICA

Probablemente la mejor manera de entender las tecnologías básicas de desalinización es tratarlas en el orden cronológico de su aparición.

### Destilacion simple

Durante muchos siglos, se sabía que se podía producir agua dulce a partir del agua de mar mediante una simple destilación en un dispositivo que consistía básicamente en una caldera para generar vapor y un condensador para producir agua a partir de ese vapor.

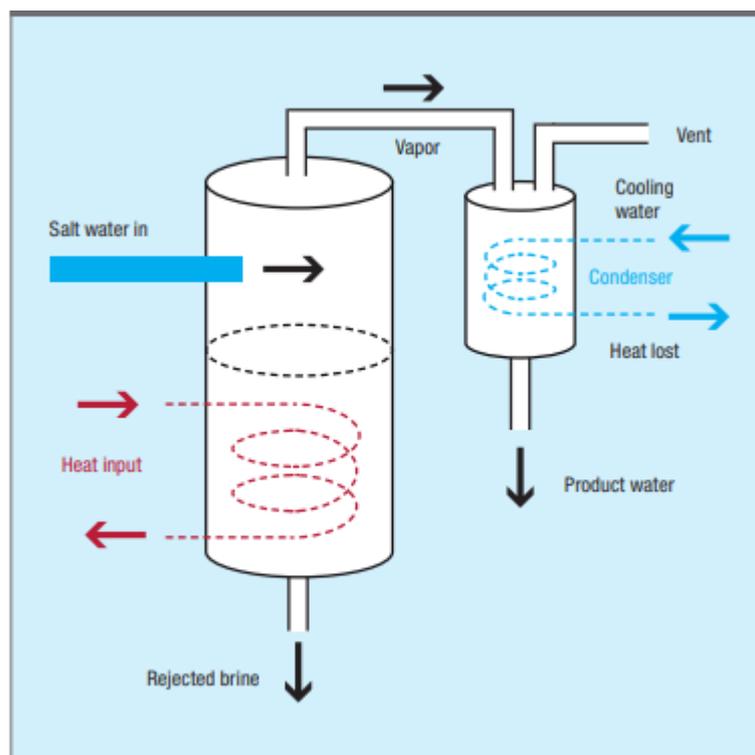


Figura 1.6. Destilador Simple

Proceso de desalinización (Adaptado de International Desalination Association, 2011).

Copyright © 2011 International Desalination Association. Todos los derechos reservados.



Luego se agrega calor adicional (el calor de vaporización) para convertir el agua caliente en vapor a la misma temperatura. (El calor de vaporización puede ser de 6 a 7 veces el calor necesario para llevar el agua a su punto de ebullición).

Este calor de vaporización luego se pierde en el agua de enfriamiento (o aire) que se usa para condensar el vapor. El alto consumo de energía limitó el uso de destiladores principalmente a situaciones de emergencia

### Destilación Multietapa

A principios del siglo XIX, la comprensión de la naturaleza del calor y el vapor había aumentado considerablemente.

El calor liberado durante la condensación se podría utilizar como fuente de calor para evaporar vapor adicional si la evaporación del agua se mantuvo a presión reducida. Y este nuevo vapor podría, a su vez, condensarse para evaporar más agua a una presión aún más reducida.

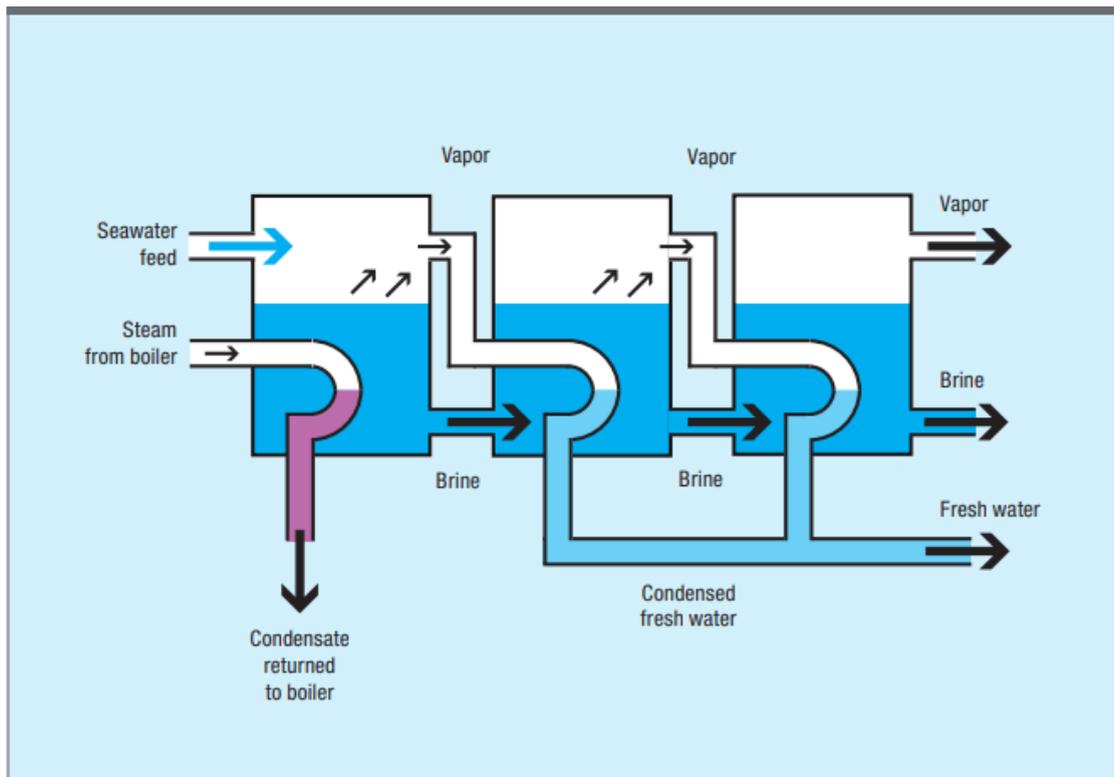


Figura 1.7. Destilador Multietapa.

Proceso de desalinización (Adaptado de International Desalination Association, 2011).

Copyright © 2011 International Desalination Association. Todos los derechos reservados.



## Electrodialysis (ED)

A pesar de las opciones anteriores hubo una creciente opinión de que los procesos que no implican cambio de fase se podría ofrecer más ahorros de energía este utilizó membranas sintéticas que son selectivamente permeables a iones con carga positiva o negativa, pero no al agua el proceso fue impulsado por una corriente eléctrica.

Una "Stack" se compone de alternancia permeable a aniones y cationes membranas con espaciadores entre ellas para formar canales de flujo. Cuando se aplica corriente continua, la concentración de sal de canales alternos aumenta o disminuye.

ED hizo para agua salobre de desalinización en todo el mundo en las décadas de 1960 y 1970. Pero ED no era energía eficiente para el tratamiento de agua de mar, ya que la energía consumida es demasiado fuerte en función de la cantidad de sal que se debe eliminar.

## Osmosis Inversa

Aunque la ósmosis inversa se había anticipado durante muchos años, no existían membranas con permeabilidad al agua, rechazo de sales y propiedades mecánicas adecuadas.

Aproximadamente una década después de que se comercializara la ED, la ósmosis inversa (OI) apareció en escena. Como ED, dependía de semipermeable membranas, pero en el caso de OI, las membranas eran permeables a agua pero no a sales disueltas

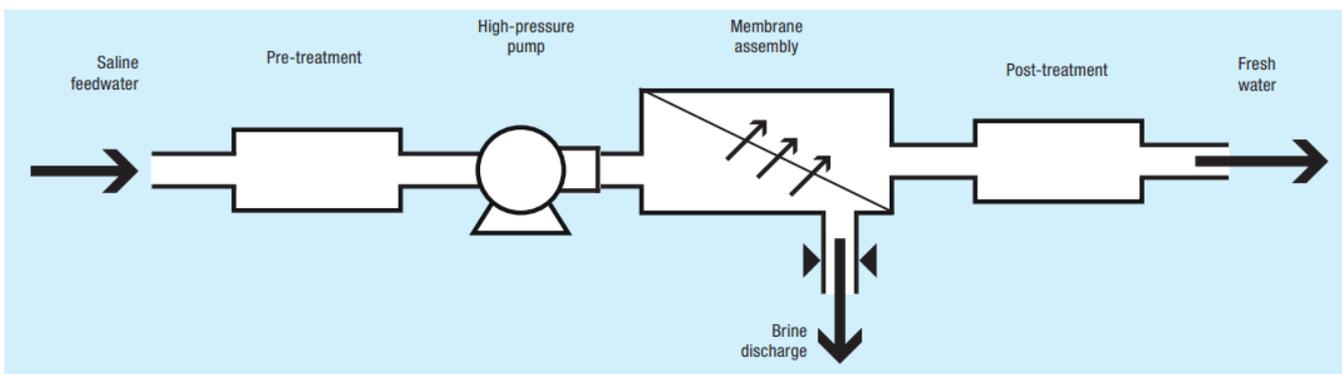


Figura 1.8. Esquema Básico de proceso de OI.

Proceso de desalinización (Adaptado de International Desalination Association, 2011).  
Copyright © 2011 International Desalination Association. Todos los derechos reservados.



Los años 1958 a 1960 también fueron importantes para la ósmosis inversa, puesto que en la Universidad de California en Los Ángeles, Loeb y Sourirajan desarrollaban la membrana que resultó el antecedente inmediato de los módulos comerciales.

Esta membrana se comenzó a aplicar a aguas salobres en los años 60, mientras que en 1956 se desarrolló el modelo de solución-difusión para la transferencia de materia a través de la membrana de ósmosis inversa.

En los años 70 se comenzó a utilizar la compresión de vapor de forma comercial, con consumos energéticos de hasta 22 kWh/m<sup>3</sup>, mientras que hacia 1978 se construyó la primera gran planta de OI para agua de mar, en Jeddah, Arabia Saudí.

En el inicio de la utilización de esta tecnología, la corriente de rechazo (salmuera o concentrado) que salía de un del sistema se reducía habitualmente a la presión atmosférica a través de un orificio o “válvula rota”. La energía representada por este flujo era considerable y era desperdiciada. Hoy, mediante el uso de dispositivos de recuperación de energía, la mayor parte de esta energía puede volver a procesarse.

Los Recuperadores de energía adoptan muchas formas, desde simples bombas de funcionamiento inverso a rueda Pelton y turbinas Francis, a trabajo o presión lineal o giratorio intercambiadores o a otros dispositivos centrífugos.



Figura 1.9. y 1.10. Equipo recuperador de energía. Turbina Pelton

Los avances en el rendimiento de Ósmosis Inversa no se han limitado a los sistemas de agua de mar. Se han producido mejoras paralelas en el rendimiento y el costo con agua salobre y especialmente en el área bastante vaga de “otras aguas deterioradas”.



Es decir, existen grandes cantidades de aguas superficiales y municipales, flujos de desechos industriales y agrícolas que contienen niveles suficientemente altos de concentración de materiales inorgánicos disueltos (sales) que no pueden ser tratados eficazmente mediante métodos convencionales de tratamiento de agua a tratar (por ejemplo, filtración, sedimentación, floculación, etc...)

Desde hace más de medio siglo que se sabe que existe un mínimo de energía de separación para procesos de desalinización, determinada por sustancias químicas. Consideraciones de energía libre. Es una función de las concentraciones de alimentación de agua, salmuera, agua producto, sus temperaturas y el porcentaje de recuperación. Es independiente del proceso de separación.

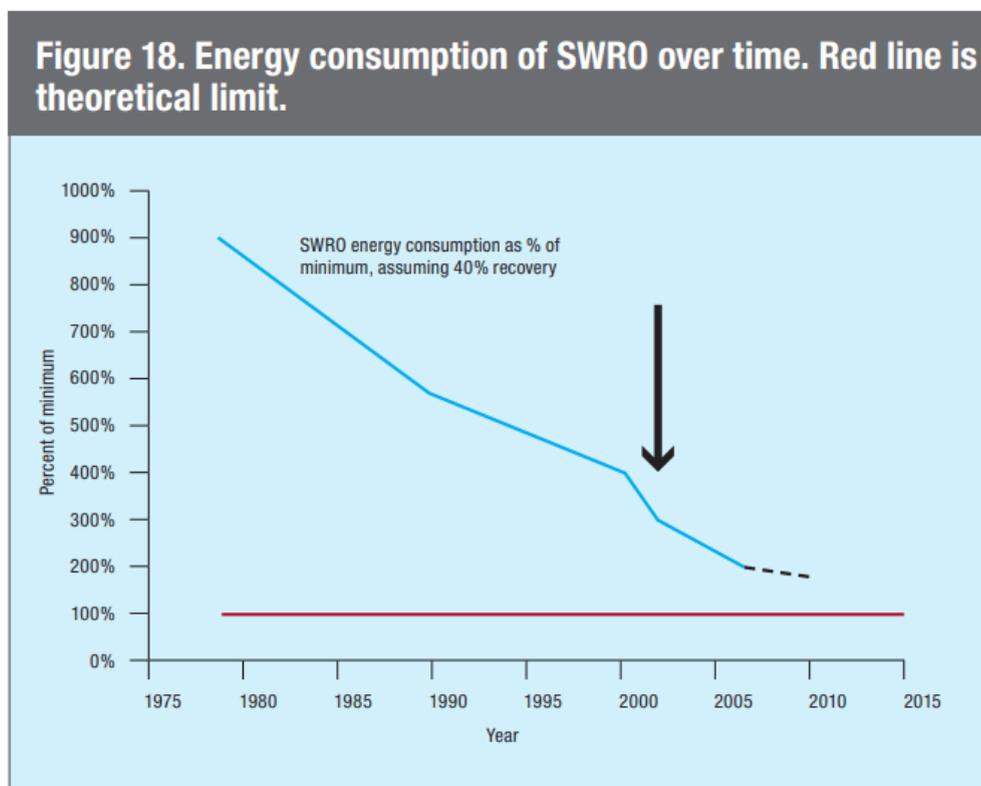


Figura 1.11 Energía consumida en el proceso de desalinización por OI a lo largo de los años  
Proceso de desalinización (Adaptado de International Desalination Association, 2011). Copyright ©  
2011 International Desalination Association. Todos los derechos reservados.



## 1.6. FUNDAMENTACIÓN SOCIAL/AMBIENTAL

Para la consideración de la elaboración del presente proyecto que consiste en mejoras puntuales es pertinente basarnos en los ODS (OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE). Estas son una serie de metas globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible.



Figura 1.12.ODS.

Tomado del Ministerio de Desarrollo Social de Argentina 2020. Argentina.gob.ar. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/politicassociales/ods/institucional/17objetivos>

Esta investigación no solo tiene relevancia local, sino que también se relaciona con preocupaciones globales.

Las soluciones identificadas en el presente trabajo tienen implicaciones más amplias y se integran en el panorama de desarrollo sostenible a nivel mundial.

Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse se examinaron los 17 ODS y determinaron cuáles de ellos son más relevantes alinean con los temas de la presente investigación.



A continuación se destacarán los Objetivos con sus respectivas metas específicas a los que se apelara para realizar el aporte desde el presente proyecto

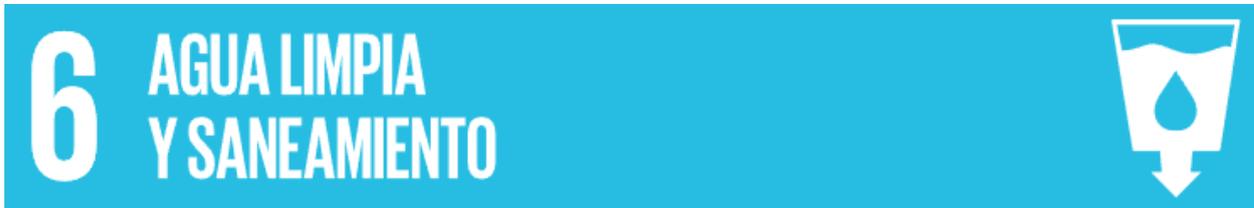


Figura 1.13 Objetivo de desarrollo sustentable N°6

Tomado del Ministerio de Desarrollo Social de Argentina 2020. Argentina.gob.ar. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/politicassociales/ods/institucional/17objetivos>

Objetivo 6.1 De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos

Objetivo 6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua

Objetivo 6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos

Objetivo 6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización

Objetivo 6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento



Figura 1.14. Objetivo de desarrollo sustentable N°11

Tomado del Ministerio de Desarrollo Social de Argentina 2020. Argentina.gob.ar. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/politicassociales/ods/institucional/17objetivos>

Objetivo 11.1 De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales

Objetivo 11.3 De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países

Objetivo 11.4 Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo



# CAPITULO 2 – INVESTIGACIÓN Y RELEVAMIENTO

PROYECTO FINAL  
INGENIERIA A PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

2.1. INVESTIGACIÓN PTO PIRAMIDES

2.2. OTRAS INVESTIGACIONES



## CAPÍTULO 2 - INVESTIGACIÓN Y RELEVAMIENTO

### 2.1. INVESTIGACIÓN PTO PIRAMIDES

A lo largo de esta investigación, se realizaron actividades de relevamiento detallado en la planta de ósmosis inversa de Puerto Pirámides. A continuación se vuelca la información integral de las etapas de investigación y relevamiento realizadas, así como de los resultados obtenidos de este estudio.

En las siguientes secciones se presentará en detalle la metodología utilizada en la investigación los hallazgos significativos

#### PLANTA DE CAPTACIÓN

Dentro de la infraestructura instalada podemos encontrarnos en primer lugar la planta de captación, esta edificación puede ser encontrada en la punta sur/este de la región costera de la localidad, acceso “2da bajada al mar” pasando “Prefectura Naval Argentina”



Figura 2.1. Imagen satelital Planta de Captación - localidad Puerto Pirámides

Esta edificación se encuentra sobre la superficie rocosa a metros de la Zona Costera y del Mar Argentino.

Dentro de esta infraestructura podemos encontrar distintos equipos como bombas de captación y de elevación y es un punto altamente estratégico dentro del proceso en donde permite el alcance a la materia prima básica que es toda la extensión de agua de mar alcanzable durante las mareas.



Figura 2.2 Planta de captación, Zona costera

Nota. Fotografía autoría propia

Aquí se encuentran las bombas (2) de aspiración, que bombeaban el agua desde el mar hacia los decantadores, en donde decantan las partículas más pesadas o de mayor tamaño y hacia el depósito de reserva.

Cabe destacar la dificultad de acceso durante las noches debido a la baja iluminación, la presencia de rocas y las subidas de aguas de manera extraordinaria, volviendo así la tarea de operar los equipos que se encuentran en el interior riesgosa para los operarios.



A metros del edificio de captación, podemos encontrarnos con la toma del Agua de mar, esta toma cuenta con un filtro para evitar que objetos extraños o seres vivos sean capturados al momento del bombeo del agua.



Figura 2.3. Toma de Agua, Zona costera

Nota. Fotografía autoría Propia

Esta boca de aspiración será encargada de ser el punto de donde se bombeará el agua desde el mar hacia el tanque de reserva que se encuentra en la planta de captación.

Esta toma que se encuentra en el exterior solamente se encontrará sumergida cuando la marea aumenta y supere el nivel de la toma. En el caso contrario cuando la marea se encuentre en niveles cercanos a bajamar la toma se encontrará al aire libre, es por esto que es muy importante no captar durante este estado debido a que las bombas funcionan en vacío.

El Agua de mar captada, esperara almacenada en el depósito de reserva o coloquialmente llamado “Cisterna” para luego ser bombeada por el segundo pra de Bombas que son las bombas encargadas de enviar el agua desde captación hasta la planta desalinizadora en donde será tratada

A pesar de que las circunstancias generales es encontrar el mar sereno, cabe destacar que el oleaje es un factor a tener en cuenta durante la captación debido a que este puede descubrir la boca de la toma, aspirando así aire junto al agua. Además de revolver el suelo llevando así a aumentar los niveles de sólidos disueltos del agua captada

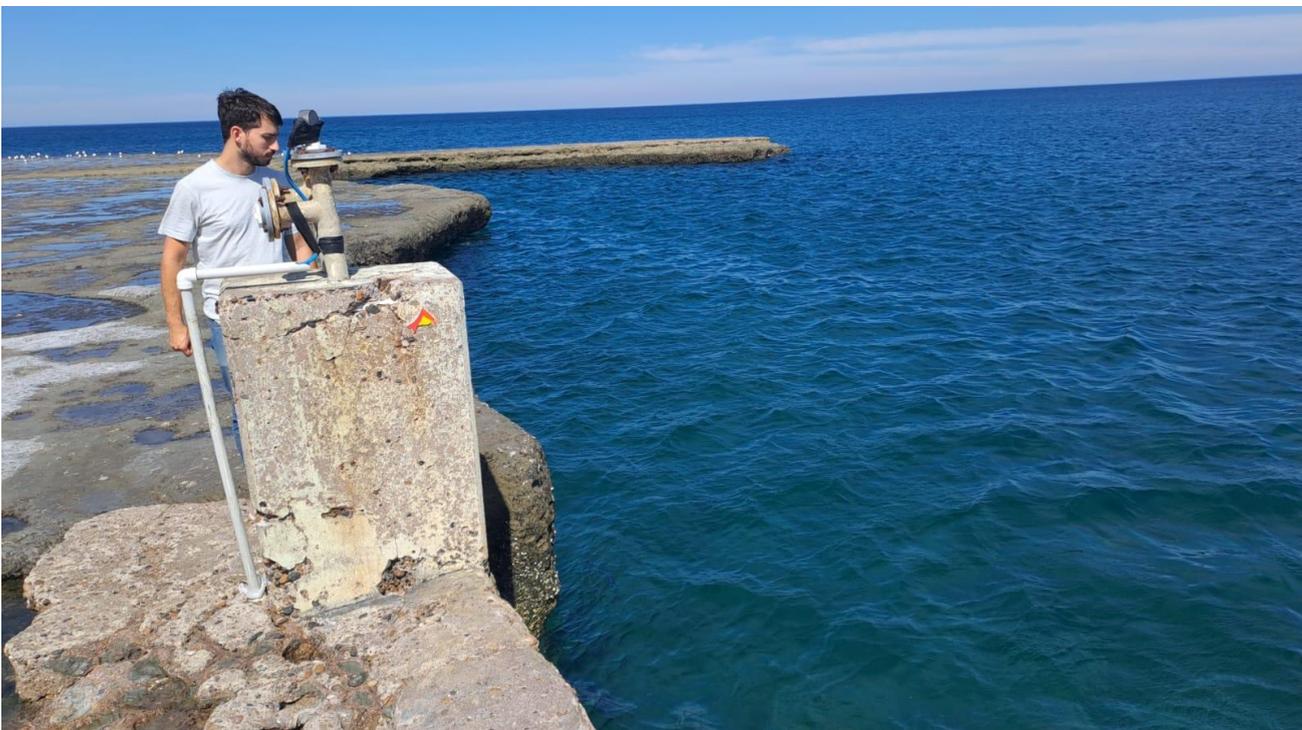


Figura 2.4. Toma de Agua vista superior, Zona costera

Nota. Fotografía autoría Propia

El tipo de bombas que se utilizan en la captación de agua depende de la solución adoptada.

A continuación se puede observar la sala de captación en su interior. Aquí se puede apreciar que por dentro se encuentran dos módulos para bombas de captación que envían el agua hacia una cisterna. Y además de dos módulos de bombas de impulsión que elevan el agua captada hacia la planta general para su tratamiento.



Figura 2.5. Planta de Captación Interior - Sala de Bombeo

Nota. Fotografía autoría Propia

La eficiencia y seguridad del presente nuestro de bombeo de agua desde el mar están intrínsecamente ligadas a las variaciones en los niveles de las mareas.

Durante las fases de marea alta, la boca de captación se sumerge, permitiendo un suministro adecuado de agua para el bombeo. Sin embargo, es crucial destacar que cuando las mareas disminuyen y la boca de captación queda expuesta, la capacidad de bombeo se ve afectada significativamente.

La exposición de la boca de captación puede llevar a que las bombas operen en vacío.



A continuación se presenta un gráfico con los cambios de niveles del mar de la zona, aproximadamente, durante el transcurrir las horas del día.

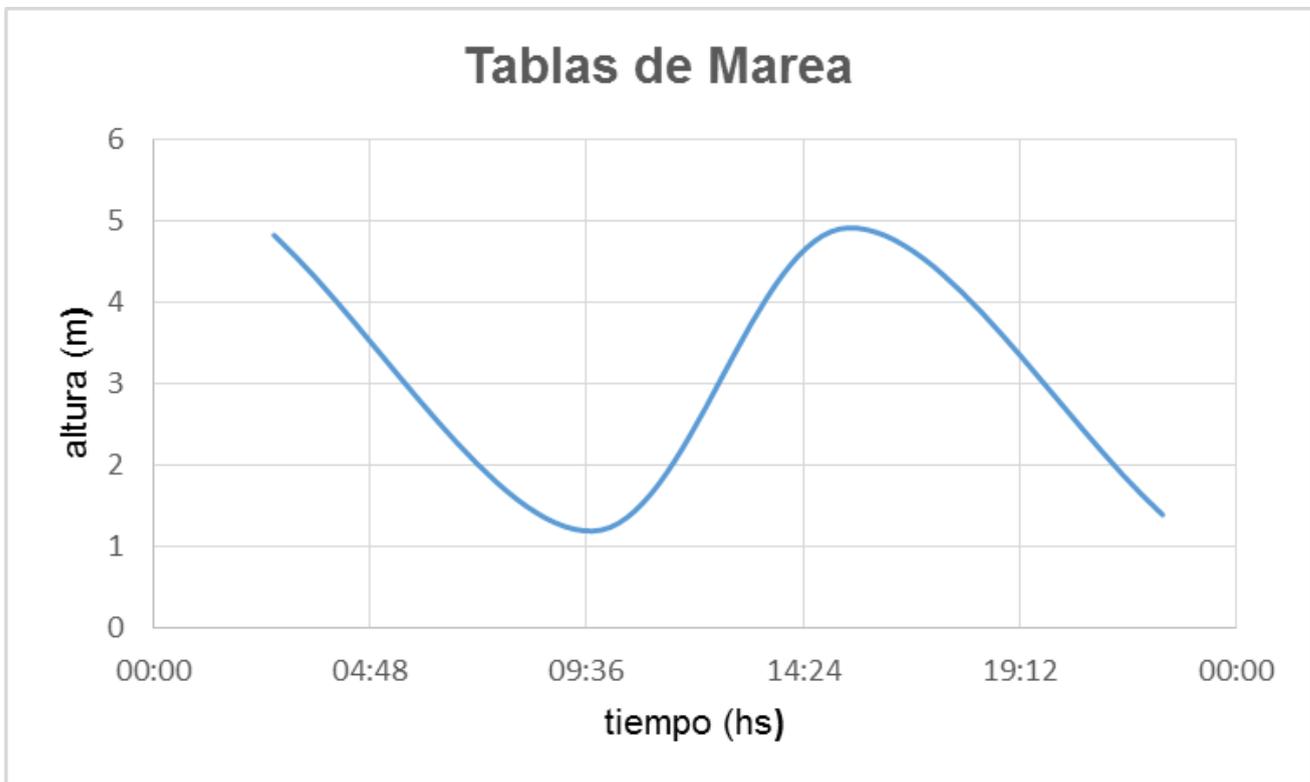


Figura 2.6. Gráfico fluctuación de los niveles de la marea

Tomado de Hidrografía Argentina 2023. Servicio de hidrografía naval. Recuperado de [http://www.hidro.gov.ar/oceanografia/tmareas/form\\_tmareas.asp](http://www.hidro.gov.ar/oceanografia/tmareas/form_tmareas.asp)

La eficiencia del sistema de captación de agua desde el mar se ve fundamentalmente influenciada por la cantidad de horas al día durante las cuales el nivel del agua supera la boca de bombeo.

Este factor crítico determina la capacidad del sistema para aprovechar de manera efectiva la disponibilidad de agua para el bombeo.

La eficiencia de la captación se centra en la "ventana de oportunidad diaria", el período en el cual la marea se eleva por encima del nivel de la boca de bombeo. Este intervalo de tiempo representa la oportunidad máxima para recolectar agua de manera eficiente



En el gráfico presentado a continuación, se podrá observar de manera esquemática que la planta de captación sólo podrá tomar agua desde el mar en un lapso finito de horas al día, como se ha descrito antes, cuando el nivel supere la boca de captación.



Figura 2.7. Gráfico Nivel requerido para captación

Nota. Fotografía autoría Propia

Para calcular la cantidad total de agua bombeada al día estimada, se procede a calcular el caudal de la bomba por la duración total de operación diaria. En este caso, la bomba opera aproximadamente durante 4 horas dos veces al día.

Volumen de agua captado diario=Caudal por hora×Duración de operación diaria×Número de operaciones diarias

Sustituyendo los valores obtenidos en el trabajo de campo y estimaciones basadas en bombeo en estado óptimo:

$$\text{Volumen de agua captado diario}=30 \text{ m}^3/\text{h}\times 4 \text{ h}\times 2$$

$$\text{Volumen de agua captado diario}=240 \text{ m}^3/\text{día}$$



Ahora para calcular el caudal promedio en metros cúbicos por hora ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) en un período de 24 horas, se procederá a dividir la cantidad total de agua bombeada al día por la duración total de 24 horas.

Caudal Promedio=Volumen de agua captado diario/Horas diarias

Sustituyendo los valores:

$$\text{Caudal promedio} = \frac{240 \text{ m}^3}{24 \text{ hs}} = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{hs}}$$

Por lo tanto, el caudal promedio de la bomba durante un período de 24 horas sería de 10  $\text{m}^3/\text{h}$ .

## PLANTA DESALINIZADORA

La Planta Principal es decir la Planta Desalinizadora se encuentra más en el interior de la urbanización, también sobre la calle “la 2da bajada”

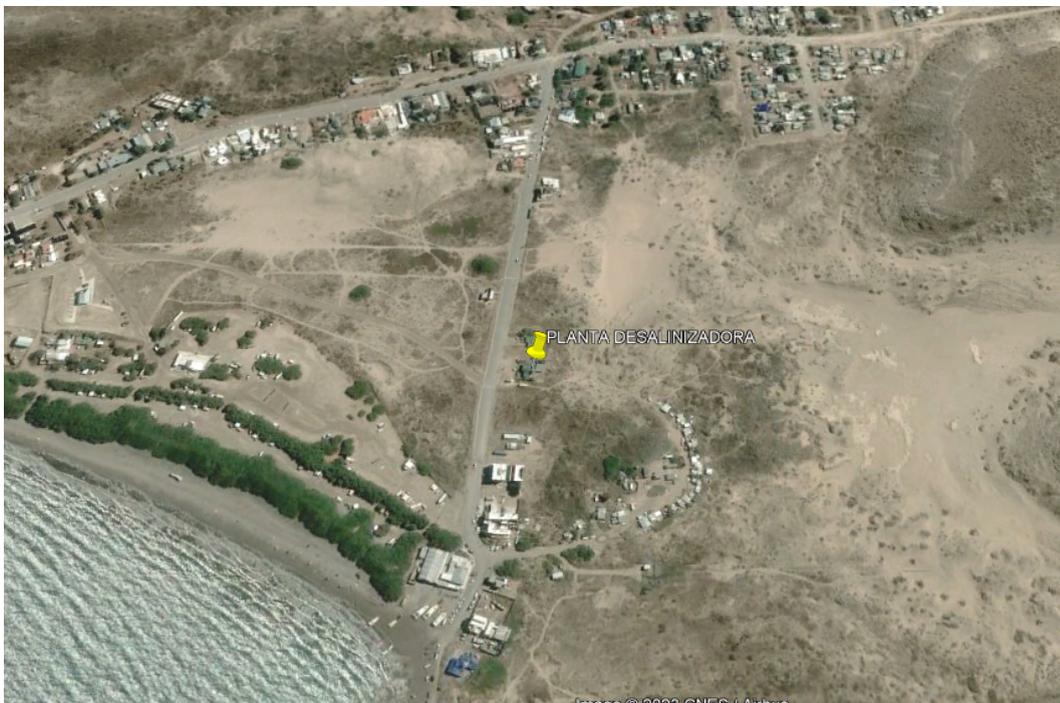


Figura 2.8. Imagen satelital Planta de Procesamiento - localidad Puerto Pirámides



Esta Planta es administrada en conjunto por Servicoop, Municipalidad de Pto Pirámides y D.G.S.P Dirección General de Servicios Públicos.



Figura 2.9. Planta Desalinizadora (Street view - año 2014)

Aquí podemos encontrar los principales equipos de Ósmosis Inversa, los sistemas de almacenamiento tanto como de “Agua para tratar”, “Agua producto” y “Agua Desecho (SALMUERA)”. Además que es en esta planta en donde los operarios dedican la mayoría de su tiempo y en donde cuentan con los vehículos que disponen para su movilidad.



## EQUIPOS INSTALADOS

En esta sección, se explorará en detalle el conjunto diverso de equipos que componen la planta de ósmosis inversa.

Desde los sistemas de bombeo que impulsan el flujo del agua de mar, pasando por las membranas semipermeables que hacen posible la separación de impurezas, hasta los sistemas de control y monitoreo que garantizan la operación segura y efectiva.

Cada equipo cumple una función específica y esencial en la cadena de eventos que culmina en la producción de agua potable de calidad.

**Tabla 2.1**

Relevamiento de los equipos

EQUIPOS		
Nº	TAG	DESCRIPCION
1	BAP 001	BOMBA ALTA PRESION
2	BC 001	BOMBA MEDIA PRESION
3	BC 002	BOMBA EXTERIOR
4	BD 001	BOMBA ANTI-INCRUSTANTE
5	BC 151	BOMBA ENJUAGE
6	-	BOMBA TOMA IMPULSION
7	-	BOMBA TOMA ASPIRACION
8	-	BOMBA CEBADORA
9	REC 001	RECUPERADOR DE ENERGIA
10	PSL 001	PRESOSTATO DANFOSS KPI35
11	MF 001/002	FILTROS DE PLANTA
12	-	TANQUE 6000I AGUA/PRODUCTO
13	-	TANQUE 6000I SALMUERA
14	-	TANQUE 6000I AGUA A TRATAR
15	TQ 002	TANQUE AGUA ENJUAGUE

A medida que se exploran los roles individuales y colectivos de estos componentes, también se apreciará la complejidad y la precisión requeridas para llevar a cabo un proceso de desalinización exitoso y sostenible.



## PLC / SCADA

El sistema SCADA es un componente vital en la operación de la planta de ósmosis inversa de Puerto Pirámides. Su capacidad para centralizar y controlar los datos y procesos esenciales permite una mejor gestión y un desempeño



Figura 2.10. Pantalla visible del SCADA

Nota. Fotografía autoría Propia

En el anterior SCADA se puede apreciar de manera más simplista y esquemática como es el diagrama de flujo del proceso y como todos los equipos interactúan entre sí. También cabe aclarar que muchos de los sensores han sido anulados o no funcionan del todo correcto, es por esto que ha decidido hacer caso omiso de los datos revelados por los instrumentos mencionados

Por último este sistema cuenta con un PLC que funciona como controlador lógico, a este equipo no se ha logrado acceder durante la investigación de campo

## Unidad de ósmosis inversa

El agua bruta impulsada por la bomba de alta presión será introducida en la unidad de ósmosis inversa, la cual estará constituida por 3 líneas de 1 paso con membranas.

En el interior de cada línea podemos encontrarnos con varios módulos de membranas, estas se encuentran interconectadas entre sí con acoples de tipo “manguito” logrando así intercambiar los fluidos de manera conjunta durante el proceso.



Figura 2.11. Módulo de OI

Nota. Fotografía autoría Propia

Por efecto de la alta presión el agua salada es obligada a penetrar en el interior de las fibras, obteniéndose como producto un agua exenta de sales (permeado), quedando estas retenidas en el interior de las membranas y siendo evacuadas en el flujo residual (salmuera de rechazo), el cual es conducido hacia la turbina de recuperación de energía y posteriormente al desagüe.



## BOMBA DE ALTA PRESIÓN

Las bombas de proceso, conocidas genéricamente como de alta presión, que se utilizan son fundamentalmente de dos tipos: Bombas de desplazamiento positivo y bombas centrífugas.

En este caso contamos con una bomba centrífuga de 50 hp de potencia eléctrica, TAG:BAP 001



Figura 2.12 Bomba de alta presión

Nota. Fotografía autoría Propia

Las características esenciales que se le exige a una bomba de alta presión para ósmosis inversa son:

1. Fiabilidad
2. Resistencia a las aguas agresivas.
3. Buen rendimiento hidráulico.
4. Bajo mantenimiento.
5. Facilidad de reparación en caso de avería



## BOMBA MEDIA PRESIÓN RECUPERADORA

En un sistema de Ósmosis inversa, se necesita una bomba de recirculación para mover el agua a través del circuito de alta presión. La bomba de recirculación proporciona un incremento de presión necesario para compensar por las pérdidas hidráulicas en las membranas, en la unidad recuperadora de energía y en todos los tramos de tuberías y accesorios asociados.

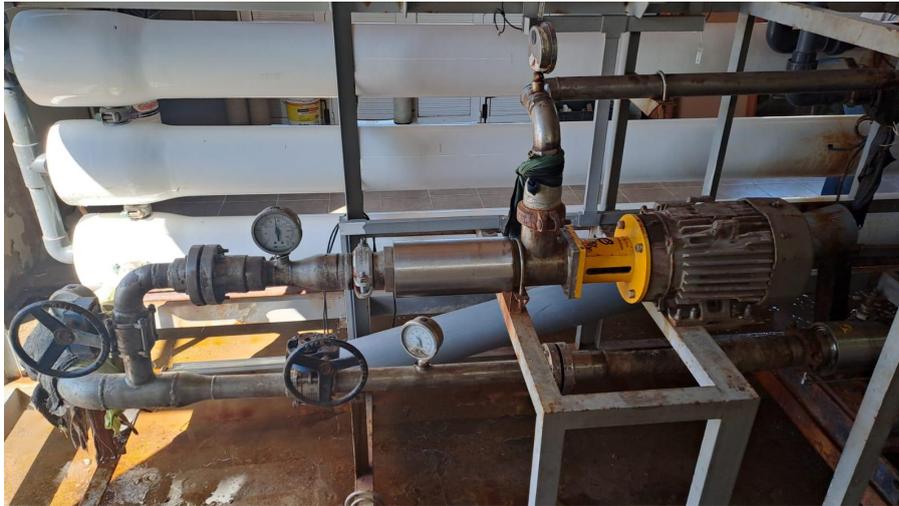


Figura 2.13 Bomba de Media presión.

Nota. Fotografía de autoría propia.

## BOMBA EXTERIOR

Equipo encargado de ingresar el agua a tratar desde los reservorios ubicados en planta hacia los módulos de OI.



Figura 2.14 Bomba exterior.



## Turbina recuperadora de energía

En las instalaciones de agua de mar, cuya recuperación es baja, se instalan turbinas para recuperar la energía y reducir el consumo energético de la instalación.

El recuperador de energía, transfiere la presión del flujo de salmuera de alta presión hacia el flujo de agua de mar de baja presión, este proceso de transferencia de presión ocurre mediante el contacto momentáneo de ambos flujos en los conductos del rotor

El rotor se encuentra dentro de una camisa y de dos tapas hechas de cerámica con tolerancias muy precisas, que crean un cojinete hidrodinámico con fricción casi cero cuando es llenado con agua a alta presión.



Figura 2.15

Recuperador de Energía

Nota. Fotografía de autoría propia

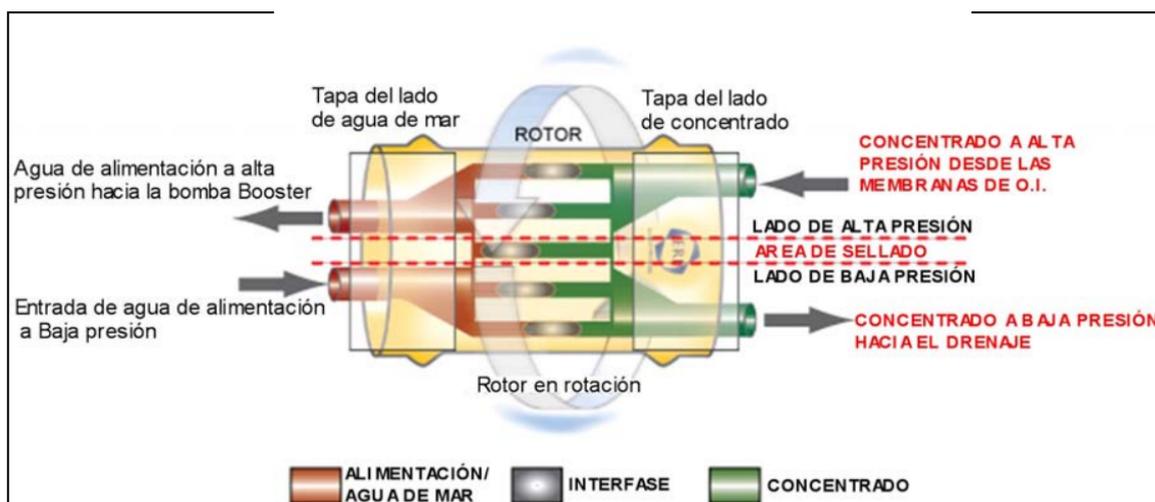


Figura 2.16. Representación del funcionamiento interno del Recuperador de energía

En otras palabras, un recuperador de energía en una planta de ósmosis inversa aprovecha la presión y energía contenida en el agua concentrada (rechazo) para pre acondicionar el agua de alimentación antes de su paso por las membranas.

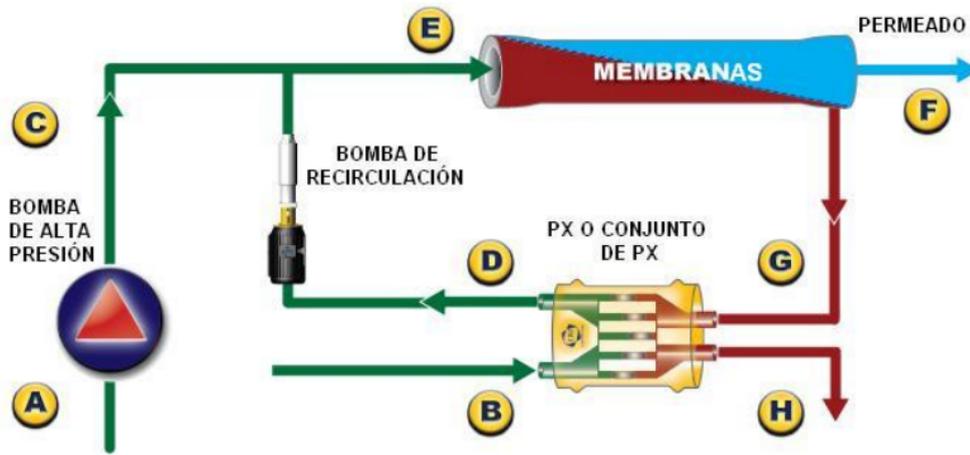


Figura 2.17. Esquema del conexionado del del recuperador en el sistema de OI.

Esto resulta en una mejora de la eficiencia energética del proceso de desalinización y en una disminución de los gastos operativos asociados



Figura 2.18. Recuperador de Energía montado en el sistema de cañerías del sistema de O

Nota. Fotografía de autoría propia

### Pretratamiento del Agua a Tratar

El pretratamiento es la parte fundamental de la planta, ya que su diseño condiciona el funcionamiento y mantenimiento de la misma.

La misión del pretratamiento es suprimir o reducir los atascamientos de las membranas, para lo que se han de tener en cuenta multitud de factores.

El no diseñar correctamente el pretratamiento de la planta puede acarrear las siguientes consecuencias:

- Aumento de la polarización por concentración (ya que las partículas depositadas en la superficie de la membrana retardan la retrodifusión de las sales hacia el seno de la solución concentrada).
- Incremento de la salinidad del permeado.
- Reparto irregular de flujos a través de las membranas (lo que ocasiona su deterioro prematuro).
- Disminución del caudal de permeado.
- Aumento de la presión de trabajo



Figura 2.19y 2.20 Decantadores de cemento contra corriente

Nota. Fotografías de autoría propia

La misión de los filtros es retener las partículas que contenga el líquido. Se llama filtración en superficie a la retención de éstas en la superficie y filtración en profundidad a la retención de las partículas en el seno de una masa filtrante.



Figura 2.21 Filtros de partículas finas - Planta

Nota. Fotografías de autoría propia

En este punto es importante destacar el gran costo que el recambio y mantenimiento de estos filtros puede llegar a significar, la calidad del agua en sólidos disueltos afectará directamente en el deterioro de estos filtros encareciendo así el proceso.



Aunque se hayan efectuado al agua bruta los pretratamientos hasta ahora descritos, posibles alteraciones del medio (pH, concentración, temperatura...), pueden causar que sustancias disueltas en el agua se hacen insolubles formando incrustaciones, generalmente cálcicas y magnésicas, duras y adherentes a la superficie de la membrana, provocando su rápido atascamiento.



Figura 2.22. Bomba Dosificadora De antiincrustante

Nota. Fotografía de autoría propia

Para impedir la precipitación de estas sales en el interior de los módulos es conveniente añadir al agua algún producto inhibidor que actúe como antiincrustante.

Para esto se cuenta con una bomba dosificadora. Las bombas dosificadoras son dispositivos diseñados para medir y administrar volúmenes precisos de líquidos o productos químicos en procesos industriales, tratamiento de agua, y otras aplicaciones donde se requiere una dosificación controlada. Estas bombas son esenciales en situaciones donde la precisión en la cantidad de producto es crítica,



### Tanque de agua de enjuague y Bombas de lavado de filtros

El retrolavado de los filtros de arena precisa de bombas que funcionan a presiones entre 2,5 y 4 Kg/cm<sup>2</sup> proporcionen los caudales necesarios para producir el esponjamiento de los materiales filtrantes y el posterior arrastre de los elementos que han quedado retenidos en los mismos.

Para prolongar así la vida útil de las membranas, es conveniente efectuar un barrido periódico de la superficie activa de las mismas arrastrando hacia el vertido los posibles solutos o incrustaciones de partículas.

La frecuencia de estos lavados se determinará de manera experimental durante el funcionamiento de la instalación, debiendo realizarse por lo general tan solo una vez cada 3 ó 6 meses aproximadamente.



Figura 2.23 y 2.24 Tanque de agua de enjuague - Bombas de lavado de filtros

Nota. Fotografías de autoría propia



### Bombas de impulsión de producto

Forman parte de toda la instalación ya que el agua producida por ósmosis inversa sale casi sin presión del bastidor.



Figura 2.25 Bomba de impulsión

Nota. Fotografía de autoría propia

Con ellas se bombea generalmente desde el depósito de captación y se elevan hasta la planta general donde el agua será tratada.

## INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

### Barómetros analógicos

Los instrumentos de aguja desempeñan un papel crucial en la inspección visual de procesos industriales.

Estas herramientas, a pesar de su simplicidad, poseen un valor significativo al proporcionar una medición visual y directa de variables clave en tiempo real. Su importancia radica en su capacidad para brindar información inmediata y confiable sobre condiciones críticas en diversas operaciones.



Figura 2.26 Y 2.27

BARÓMETRO FILTRO - BARÓMETRO ETAPA RECUPERADORA

Nota. Fotografías de autoría propia



Figura 2.28 Y 2.29 BARÓMETRO INGRESO - BARÓMETRO IMPULSIÓN

Nota. Fotografías de autoría propia



Figura 2.30 Y 2.31 Presostato Danfoss KPI Foto - Imagen

Nota. Fotografías de autoría propia



## Caudalímetro

El caudalímetro o Rotámetro en este caso es un instrumento de medición que determina el caudal (cantidad de fluido que se mueve dentro de un tubo por unidad de tiempo) de aquellos líquidos y gases que trabajen con un salto de presión constante, consiste en un tubo cónico con un flotador interno móvil. A veces conocidos como caudalímetros mecánicos, caudalímetros por gravedad o caudalímetros de área variable

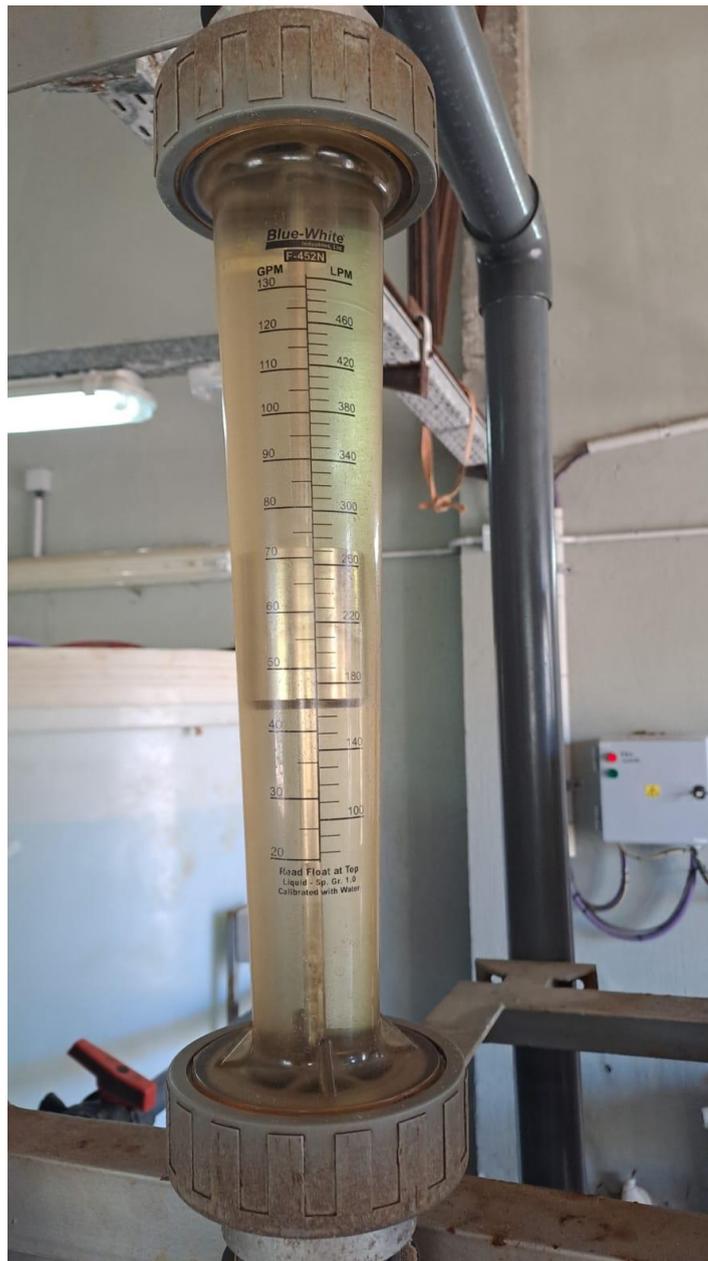


Figura 2.32 Rotámetro Blue-White (GPM - LPM)

Nota. Fotografías de autoría propia



## Informes de ensayos

Para todo este trabajo se ha contado con la gran ayuda de La Dirección General de Servicios Públicos de Chubut (D.G.S.P) que nos ha brindado acceso a las instalaciones y a diversos datos e informes que han sido de gran utilidad para este desarrollo.

La **D.G.S.P** es una entidad gubernamental en la provincia de Chubut, Argentina, encargada de supervisar y administrar diversos aspectos relacionados con los servicios públicos en la provincia. Estos servicios pueden incluir agua potable, saneamiento, energía eléctrica, transporte público, entre otros.

Está generalmente tiene la responsabilidad de regular y coordinar la prestación de estos servicios para garantizar que sean accesibles, seguros y eficientes para los residentes de la provincia. Esto incluye la supervisión de la calidad y el acceso a los servicios y la planificación de infraestructura.



Figura 2.33. Imagen. D.G.S.P Dirección General de Servicios Públicos

Tomado de Servicio Público de la Ciudad (2019). Gobierno del Chubut. Recuperado de <https://serpubchu.gov.ar/wordpress/>

Para la optimización de la captación de agua se plantea a partir de la realización de un pozo de profundidad en la cual a los 80m de profundidad se encuentra agua y basándose en los siguientes estudios.



A continuación se podrán apreciar los resultados de ensayos realizados con respecto al agua obtenida en estas circunstancias.

**Informe de Ensayos**  
Departamento Provincial Laboratorio  
Dirección Provincial de Salud Ambiental  
Ministerio de Salud

Número de Muestra: 7810 / 22 Fecha de Impresión: 14/11/2022

**Datos del Solicitante**

Solicitante: DEPARTAMENTO SANEAMIENTO BASICO  
Remite: DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS PÚBLICOS Dirección del Remitente: 25 DE MAYO N° 96  
Localidad: RAWSON Provincia: CHUBUT

**Datos de la muestra**

N° certificado cadena de custodia: Entrada: CONTROL  
Matriz: AGUA Identificación: MUESTRA 1  
Tipo de Muestra: AGUA SUBTERRANEA Muestra: PERFORACION  
Fecha de Entrada: 08/11/2022 Fecha de Extracción: 08/11/2022 Hora Extracción: 08:00 h  
Realizo Muestreo: ING. MIGUEL JONES Lugar de Extracción: PUERTO PIRAMIDES  
Localidad: PUERTO PIRAMIDES Provincia: CHUBUT  
Conservación: NO Cloro Residual:  
Tipo de Envase: PLASTICO Cantidad: 1 Peso/Volumen: 5000 ML

Los Datos consignados de la Muestra son suministrados por el Solicitante

**Datos del Análisis**

Fecha de inicio de análisis: 08/11/2022 Fecha de fin de análisis: 10/11/2022

Ensayo Solicitado	Norma/Proced.	Resultado	Unidades
Alcalinidad de Bicarbonatos	SM 2320-A	113	mg/l
Alcalinidad de Carbonatos	SM 2320-A	0	mg/l
Alcalinidad Total	SM 2320-A	113	mg/l
Amoniaco	HACH 8038	1.12	mg/l
Arsénico	HACH DOC 326.98.00005	<0.01	mg/l
Cloruros	SM 4500-Cl- B	6600	mg/l
Conductividad	SM 2510 B	33600	µS/cm
Dureza total	SM 2340-C	5974	mg/l
Fluoruros	Obras Sanitarias	1.04	mg/l
Hierro	HACH 8008	0.08	mg/l
Nitratos	HACH 8039	1.82	mg/l
Nitritos	HACH 8507	0.111	mg/l
pH	SM 4500-H+ B	7.8	
Sodio	SM 3500-Na D	4630	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	SM 2540 C modif.	15158	mg/l
Sulfatos	SM 4500 E	2900	mg/l
Turbiedad	HACH 46500-00	4.59	NTU
Manganeso	HACH 8149	0.353	mg/l

**Observaciones:**

ND: No detectable  
Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida y el Laboratorio declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciera de éste informe. El presente certificado solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita del Laboratorio

Berwyn 226, Trelew - Chubut, Argentina - Teléfono:(+54) 280 4427421/4421011 - Email:laboratoriopdsachubu@gmail.com

Figura 2.34 Informe de ensayos proporcionado por D.G.S.P 1



## 2.2. OTRAS INVESTIGACIONES

### Planta desalinizadora - Santa Cruz

La provincia de Santa Cruz es conocida por su clima árido y semiárido, lo que resulta en una disponibilidad limitada de agua dulce. La escasez de agua es un desafío importante para la población, la agricultura y otras actividades económicas.

Las comunidades rurales y remotas de Santa Cruz pueden tener dificultades para acceder a agua potable segura debido a la falta de infraestructura y servicios adecuados. Esto puede afectar la calidad de vida de los residentes y limitar sus oportunidades de desarrollo.

La gestión adecuada de los recursos hídricos es fundamental para abordar estos problemas. La planificación eficaz de la gestión del agua, la conservación y el uso sostenible son aspectos clave para mitigar los desafíos relacionados con los recursos hídricos.

En el año 2016 se marcó un hito en la provincia de Santa Cruz, con la puesta en marcha de las primeras Plantas de Ósmosis Inversa, una obra ingenieril sin precedentes. Estas plantas innovadoras fueron diseñadas con la capacidad de producir 3.000 metros cúbicos de agua potable al día para la comunidad local, lo que implica la captación de 300 metros cúbicos por hora de agua de mar.

Figura 2.35  
Planta Desalinizadora Caleta Olivia



## Puerto Deseado

Puerto Deseado es una ciudad portuaria ubicada en la provincia de Santa Cruz, en el sur de Argentina, cuenta con una población alrededor de los 20 mil habitantes. Se encuentra a orillas del Mar Argentino y es conocida por su importancia económica y turística debido a su actividad portuaria y su rica vida marina.

La economía de Puerto Deseado está vinculada en gran medida a la actividad portuaria, la pesca y el comercio marítimo. Muchos habitantes dependen directa o indirectamente de estas industrias para su sustento. Además, el turismo relacionado con la vida marina también contribuye a la economía local.

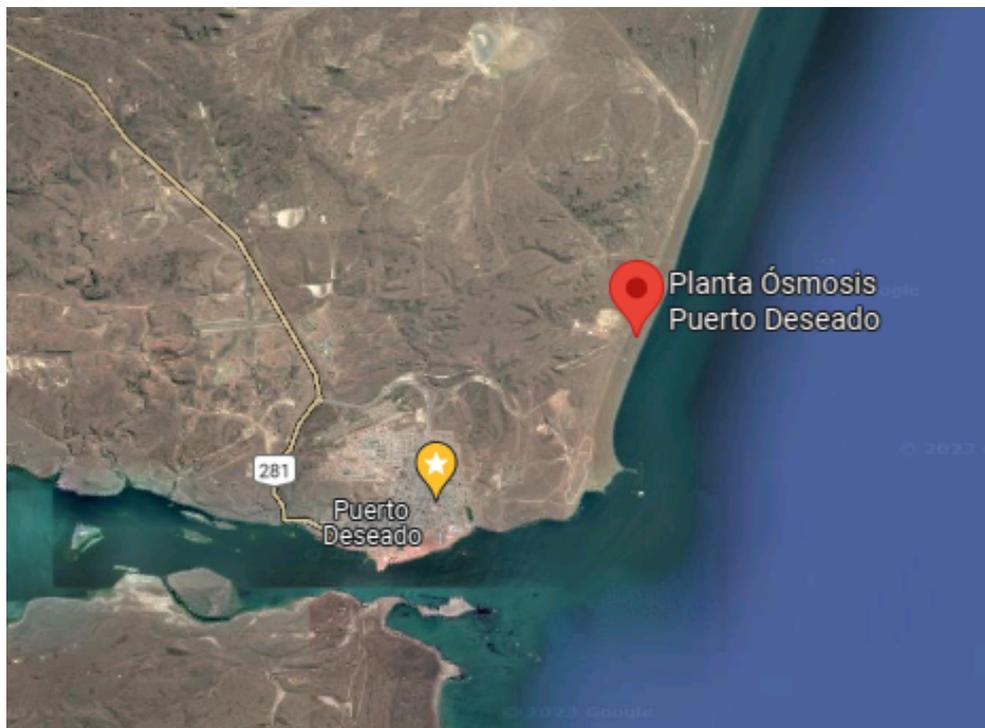


Figura 2.36. Ubicación geográfica Pto Deseado - Planta OI

Nota. Google Maps

La planta desalinizadora de Puerto Deseado, la primera potabilizadora de agua de mar de porte medio de Argentina, cambió la vida de los más de 20 mil habitantes de la localidad que anteriormente padecían la intermitencia del servicio. Añadieron que esta planta, construida en

Cabe resaltar que en la ciudad, teniendo en cuenta una familia tipo conformada por cuatro personas, se utilizan al menos dos tanques de agua de unos 1.500 litros cada uno, o sea unos 3000 litros diarios. Se estima, actualmente, que la frecuencia de suministro se estaría realizando cada 3 o 4 días a la población, donde una familia debe realizar sus actividades cotidianas utilizando al menos 1000 litros por día.

### Caleta Olivia

Además, durante el año 2015 se inició la construcción de una segunda Planta de Ósmosis Inversa en Caleta Olivia, ubicada en la provincia de Santa Cruz.

Esto representó un hito importante al superar las dificultades históricas relacionadas con el suministro de agua para los residentes de la zona. Además, este sistema ahora proporciona un caudal de agua superior al experimentado en toda la historia de la comunidad, asegurando así un abastecimiento confiable y satisfaciendo las necesidades de los habitantes locales.

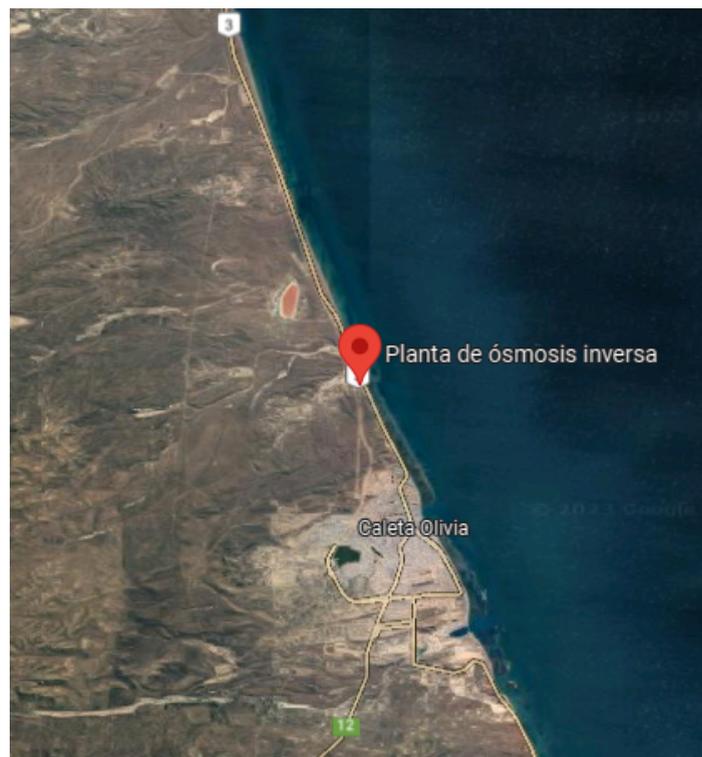


Figura 2.37. Ubicación geográfica Caleta Olivia - Planta OI  
Nota. Google Maps

En el año 2020, se concretó el proyecto destinado a la comunidad de la Zona Norte de la provincia de Santa Cruz. Se estima que esta planta puede lograr producir diariamente un máximo de 12.000 metros cúbicos de agua segura para el consumo, lo cual implica la captación de 1280 metros cúbicos por hora de agua de mar.

La planta opera ininterrumpidamente las 24 horas del día, siendo alimentada por una fuente de 132 kilovatios provenientes del Interconectado Nacional



## Plantas desalinizadoras

La planta de Puerto Deseado es de ósmosis inversa (con un sistema de dos conjuntos de 120 membranas cada uno) y tiene una capacidad de producción diaria de 3.000 metros cúbicos o 3 millones de litros.



Figura 2.38 - FOTO - Planta OI

El diseño de la PTA cuenta con dos trenes de producción cada uno con una capacidad de producción del 50% de la nominal, lo que permitirá mantener la producción de agua (a menor caudal) en caso de necesidades de mantenimiento y/o limpieza química en uno de los trenes.

Su diseño incluye membranas de ultrafiltración como pretratamiento, un sistema de radiación ultravioleta –para eliminar bacterias– y un sistema de recuperación de energía, para disminuir lo más posible el consumo de electricidad.

El agua es captada desde el océano a una velocidad de succión que no pone en peligro la fauna de la costa, minimizando el impacto ambiental.

Luego el agua a tratar pasará por un pretratamiento para asegurar una adecuada calidad de agua de ingreso a la etapa de OI se utilizará para el acondicionamiento previo del agua de mar se utilizará la tecnología de ultrafiltración (UF).

Como paso previo a la UF se utilizará una batería de filtros autolimpiantes con un grado de apertura de  $130\ \mu\text{m}$ . De esta forma se evita el ingreso de partículas con un tamaño excesivo que pudieran dañar las fibras de los módulos de UF.



Figura 2.39 Montaje Planta OI

Y además para minimizar el potencial de ensuciamiento por crecimiento microbiológico dentro de las membranas (biofouling) se realiza una etapa de desinfección por luz UV. De esta manera se alimentan las membranas de ósmosis inversa con agua desinfectada lo que reduce sustancialmente el biofouling y prolongando los períodos entre limpiezas y alargando su vida útil.



Figura 2.40 Planta OI Interiores



El agua desmineralizada por OI posee típicamente un bajo pH (5 a 6) y una composición fisicoquímica que la hace muy agresiva para los sistemas de distribución (cañerías, bombas, etc.). Por este motivo es que se recomienda una remineralización previo a su almacenamiento en el tanque de agua potable.

El agua potable es transferida a una cisterna de distribución existente mediante sistema de bombas. El agua desalinizada es luego enviada mediante bombas de impulsión a la red de distribución.

En forma genérica el sistema de control de proceso, potencia, mando y gestión de motores y otras cargas eléctricas de la planta de desalación consta de: Centro de control de motores, Tablero eléctrico de control, Tablero eléctrico de auxiliares y Gabinetes de paso montados en skids y otros puntos clave de la PTA.



Figura 2.41 Planta OI - Filtros



La planta potabilizadora cuenta con la instrumentación necesaria para su automatización y control desde sala de control. Se utilizan transmisores para las variables de proceso más relevantes, switches de posición para indicación de posición de válvulas automáticas, etc.; La provisión incluye la instrumentación para el control del proceso, en general se consideran las siguientes marcas:

- Transmisores de caudal: ABB magnéticos
- Transmisores de presión: ABB
- Transmisores de temperatura: ABB
- Medidores de ORP: ABB
- Interruptores y sensores de nivel: Sobma / ABB / Nohken
- Conductímetros: ABB
- Manómetros: JMH/ Winters o similar
- Presostatos: Danfoss / ABB
- Termómetros: Winters o similar

El control de proceso de la planta potabilizadora se realiza mediante un PLC Siemens S7-300 central comunicado con un sistema SCADA Siemens WinCC que se utilizará como interfaz con el operador y para el archivo de datos históricos. El sistema SCADA contará con una estación de operación ubicada en una sala de control desde donde el operador podrá visualizar el estado de las distintas variables de proceso y tomar las acciones que pudieran requerirse en forma remota.



# CAPITULO 3 – ANTEPROYECTO

PROYECTO FINAL  
INGENIERIA A PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

- 3.1. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS
- 3.2. REQUERIMIENTOS
- 3.3. ALCANCE
- 3.4. CONTEXTO DE USO
- 3.5. FORMULACIÓN DEL PROYECTO



## CAPÍTULO 3 - ANTEPROYECTO

### 3.1. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS

A continuación se detallan las distintas problemáticas identificadas durante la investigación de campo las cuales serán el objetivo a resolver en el presente proyecto.

- Baja eficiencia de producción.
- Dependencia de las mareas para el captador de agua a tratar.
- Exceso de presencia de sólidos disueltos y material biológico en el agua captada.
- Falta de instrumentación y control.
- Demanda de un monitoreo remoto de los equipos

### 3.2. REQUERIMIENTOS

A continuación se clasifican los requerimientos en cuatro categorías principales:

- Requerimientos Generales, Son declaraciones de alto nivel que describen necesidades generales del proyecto. En estos se incluyen objetivos amplios, limitaciones temporales.
- Requerimientos Generales No Funcionales, son características del sistema que no están directamente relacionadas con las funciones específicas, sino con características transversales como el rendimiento, la seguridad, la usabilidad y otros atributos.
- Requerimientos Específicos Funcionales, describen las funciones específicas que el sistema. Estos requerimientos se centran en las capacidades y comportamientos del sistema.
- Requerimientos Específicos No Funcionales, establecen criterios específicos que deben cumplirse en términos de características no funcionales.



### **Requerimiento Generales Funcionales:**

1. Deberá poseer un apropiado sistema de control y monitoreo.
2. La planta deberá tener una alta disponibilidad, asegurando que esté operativa la mayor parte del tiempo y minimizando los periodos de inactividad planificados o no planificados.
3. Deberá proporcionar agua a tratar con una menor cantidad de sólidos disueltos
4. Deberá proporcionar agua a tratar con menor material biológico
5. Deberá transportar el agua captada hacia la planta general
6. Se deberá garantizar la interoperabilidad del sistema con otros sistemas o tecnologías existentes

### **Requerimientos Generales No Funcionales**

1. Deberá ser seguro
2. Deberá ser confiable
3. Deberá tener en cuenta el impacto ambiental y social
4. Deberá ser accesible para su inversión inicial
5. Deberá ser rentable a mediano y largo plazo

### **Requerimientos Específicos Funcionales**

1. Se deberá captar no menos de 8m<sup>3</sup>/h desde el pozo.
2. Se deberá transportar no menos de 8m<sup>3</sup>/h desde la planta de bombeo hacia la planta de general.
3. Se deberá captar agua a un nivel debajo del suelo de 80 m como mínimo
4. Se deberá contar con un reservorio de agua adicional de 25.000l
5. La instalación deberá contar con un Controlador Lógico programable para el monitoreo y control de los equipos.
6. Los reservorios de agua deberán contar con sensores de monitoreo
7. Las bombas deberán poseer un control automatizado.



8. La instalación deberá contar con un Gabinete Eléctrico que cuente tanto con las protecciones como los elementos de potencia.

### **Requerimientos Específicos No funcionales**

1. El sistema de control y monitoreo deberá ser intuitivo y de fácil uso para el personal operativo, minimizando la posibilidad de errores humanos.
2. minimizar el consumo de energía durante todo el proceso de tratamiento y transporte del agua.
3. Asegurarse de que todo el sistema eléctrico cumpla con las normativas y códigos eléctricos aplicables.
4. Implementar dispositivos de protección contra fallas, como interruptores automáticos, disyuntores, guardamotors y otros, para prevenir daños a los equipos eléctricos.
5. Marcar claramente los equipos y paneles eléctricos con señalización y etiquetas que indiquen la información relevante, como voltajes, corrientes y precauciones de seguridad.



### 3.3. ALCANCE

Los alcances descritos a continuación han sido delineados en función del relevamiento llevado a cabo en la planta desalinizadora de Puerto Pirámides. Este análisis detallado proporciona una base sólida para la definición de objetivos, la identificación de requerimientos y la planificación estratégica, asegurando que las metas del proyecto estén alineadas con las características y necesidades específicas observadas durante el proceso de relevamiento en dicha planta.

#### **Implementar una Bomba sumergible para Asegurar el Suministro y la Calidad del Agua:**

- Diseñar e implementar un sistema de bombeo sumergible que garantice un suministro constante de agua a través de la planta de ósmosis inversa.
- Diseñar e implementar un sistema de bombeo que suministre el agua captada desde la nueva planta hacia la planta general.
- Evaluar cómo la utilización de una bomba sumergible puede mejorar la calidad del agua producto al aumentar la eficiencia de separación de sales y contaminantes.

#### **Implementar Sistemas de Control para Automatizar, Releva Información y Monitorear la Planta:**

- Desarrollar e implementar sistemas de control automatizado que regulen los parámetros operativos clave de la planta, como la presión, los niveles y el flujo.
- Diseñar sistemas de monitoreo en tiempo real que recojan datos sobre el rendimiento de la planta y la calidad del agua, permitiendo ajustes precisos y toma de decisiones informadas.

#### **Realizar un Estudio del Estado de las Instalaciones Eléctricas y Hidráulicas:**

- Realizar una evaluación exhaustiva de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y de piping de la planta de ósmosis inversa.

#### **Evaluar el Impacto Ambiental y la Seguridad de los Operarios:**

- Evaluar el impacto ambiental de la planta de ósmosis inversa, considerando el consumo de energía, el uso de productos químicos y la disposición de subproductos.

#### **Elaborar Recomendaciones y Propuestas de Mejora:**

- Con base en los resultados de la investigación, elaborar recomendaciones y propuestas concretas para la optimización del rendimiento de la planta, la eficiencia operativa y la seguridad de los operarios



### 3.4. CONTEXTO DE USO

Basándonos en las condiciones actuales en que se encuentra el estado del servicio de potabilización de agua en la ciudad de Puerto Pirámides, el cual no cumple satisfactoriamente las necesidades de la población. Así mismo es pertinente aclarar el lugar geográfico, el cual es una reserva Nacional, por lo que reducir el impacto ambiental del transporte de servicios es una prioridad. Es debido a estos factores que el presente proyecto está dirigido a mantener cubiertas las necesidades de consumo de agua en esta localidad.

### Zonas de Operación

Las operaciones se desarrollan en La Cooperativa eléctrica situada en la ciudad de Puerto Pirámides ubicada en la Reserva provincial Punta Pirámides dentro de península Valdés Provincia del Chubut.

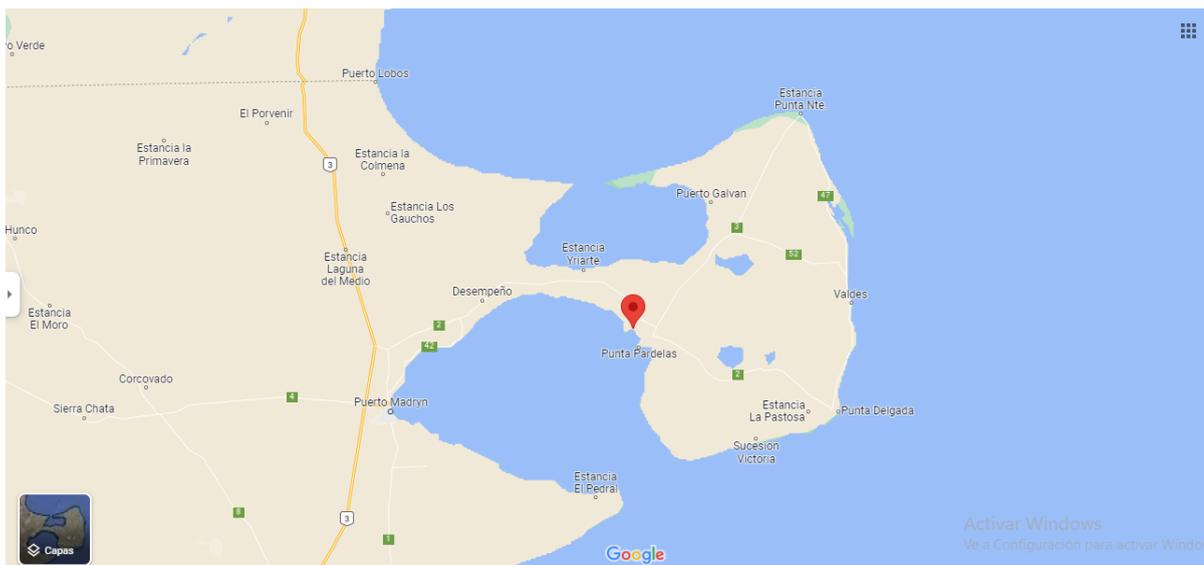


Figura 3.1. Ubicación Geográfica del proyecto

Nota. Imagen extraída de Google Maps



### 3.5. FORMULACIÓN DEL PROYECTO

El análisis de la caja negra es una técnica utilizada en la ingeniería y otras disciplinas para comprender cómo funciona un sistema o proceso, sin necesariamente conocer los detalles internos o los componentes individuales del sistema.

En el contexto de un análisis de proyecto, la caja negra se utiliza para examinar el proyecto o sistema en su conjunto, centrándose en los resultados, los efectos y las consecuencias sin profundizar en los detalles técnicos o las operaciones internas.

Planteando desde el concepto de la caja negra en donde podemos encontrarnos con: Entradas, variables, datos, energía, materia prima, etc... Salida: productos finales, desechos, información procesada, etc... y la caja negra como el mismo proyecto.

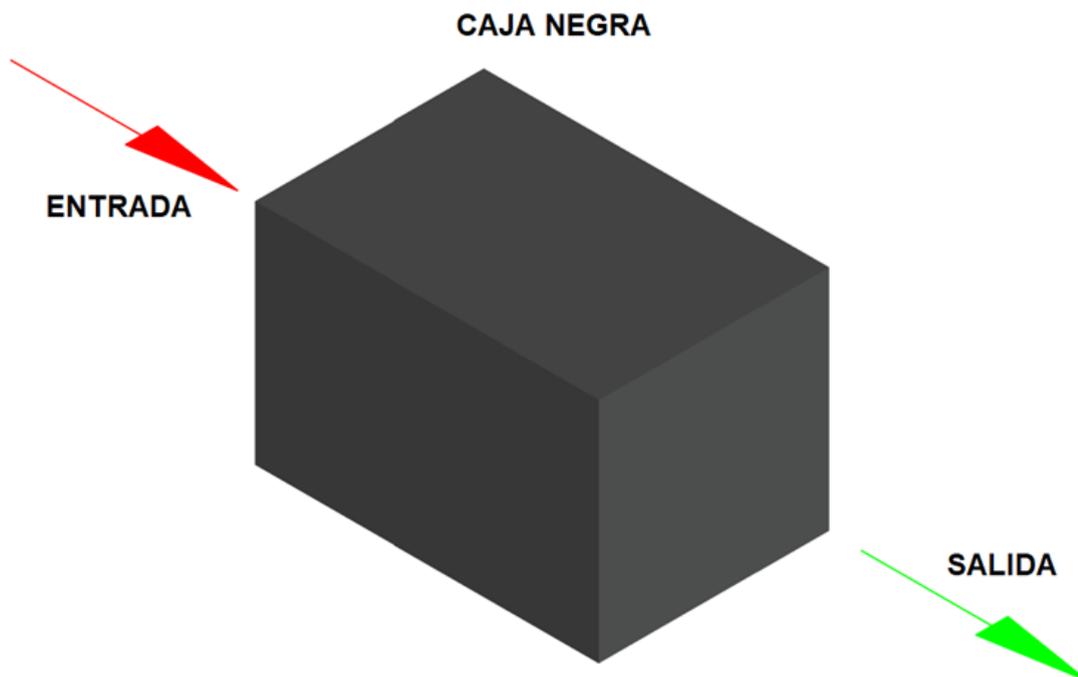


Figura 3.2 Esquematización caja negra.

Nota. Producción Propia

Es crucial señalar que las entradas y salidas analizadas en el marco de la caja negra están directamente relacionadas con la formulación del proyecto. Este enfoque específico nos permite comprender a fondo los factores clave que influirán en la planificación y diseño de la planta de ósmosis inversa, garantizando que las decisiones de ingeniería estén fundamentadas en una evaluación exhaustiva de los componentes esenciales del sistema.



#### Entradas:

- **Suministro de Agua:** El agua es la entrada principal al sistema. Se refiere al agua cruda que se recoge para ser procesada y suministrada como agua potable o para otros fines.
- **Electricidad:** La energía eléctrica es necesaria para alimentar la bomba sumergible, los sistemas de control y otros componentes eléctricos del proyecto.
- **Parámetros Operativos:** Esto incluye la configuración y ajustes de los sistemas de control, como la presión de bombeo, el caudal, la temperatura, etc.
- **Datos de Monitoreo:** Cualquier información recopilada por los sistemas de monitoreo, como datos de calidad del agua, flujo, presión, consumo de energía, entre otros.

#### Salidas:

- **Agua Potable y de Calidad:** El principal resultado del proyecto es el suministro de agua potable y de mejor calidad que cumple con los estándares requeridos.
- **Automatización y Control:** Los sistemas de control implementados permiten la automatización del proceso, regulando la operación de la bomba y otros componentes para optimizar el rendimiento y la calidad del agua.
- **Información de Monitoreo:** Los datos recopilados por los sistemas de monitoreo proporcionan información en tiempo real sobre el rendimiento del sistema, la calidad del agua y otros parámetros clave.
- **Informe del Estudio de Instalaciones:** El estudio del estado de las instalaciones eléctricas e hidráulicas genera un informe que identifica posibles problemas, mejoras y recomendaciones para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de la planta.
- **Eficiencia Energética:** El proyecto también puede tener como salida una mejora en la eficiencia energética al utilizar sistemas de control para regular el consumo de energía.



# CAPITULO 4 – MARCO TEORICO

PROYECTO FINAL

INGENIERIA A PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

4.1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

4.2. SISTEMAS HIDRÁULICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA DE POZO

4.3. CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS DE CUERPOS DE AGUA SUBTERRÁNEAS



## CAPÍTULO 4 - MARCO TEÓRICO

### 4.1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

En el diseño de sistemas de bombeo, los cálculos hidráulicos desempeñan un papel fundamental para garantizar un rendimiento eficiente y sostenible. Estos cálculos proporcionan la base para dimensionar adecuadamente las bombas, determinar las pérdidas de carga y evaluar la viabilidad operativa del sistema. A continuación, se detallan los principales aspectos de los cálculos hidráulicos relevantes para el diseño de sistemas de bombeo.

#### Conceptos teóricos utilizados

El primer paso en el diseño hidráulico es determinar el caudal necesario para satisfacer los requisitos de la aplicación específica. Esto implica considerar factores como la demanda de agua, la altura de elevación y las pérdidas de carga en el sistema. Es imperativo conocer la relación entre el Caudal, la velocidad del fluido y la sección de las cañerías

#### Velocidad

$$V[\text{m/s}] = \frac{Q [\text{m}^3/\text{s}]}{A[\text{m}^2]}$$

#### Numero de Reynolds

El número de Reynolds (Re) es un parámetro fundamental en el ámbito de la mecánica de fluidos y desempeña un papel esencial en el diseño y análisis de sistemas de bombeo. Este número adimensional describe el tipo de flujo que ocurre en un fluido, ya sea laminar, transicional o turbulento, y su aplicación en sistemas de bombeo es crucial para comprender y predecir el comportamiento del flujo.

$$\text{Re} = \frac{\rho * v * D_i}{\eta}$$



## Ecuación de Bernoulli

La Ecuación de Bernoulli proporciona una perspectiva integral de la energía en sistemas de bombeo, permitiendo la evaluación de la presión, la velocidad y la altura en diferentes puntos del sistema.

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - \sum H_{r1-2} + \sum H_b - \sum H_t = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Donde:

P: Presión del fluido.

$\rho$ : Densidad del fluido.

V: Velocidad del flujo.

g: Aceleración debida a la gravedad.

Z: Altura con respecto a un punto de referencia.

H<sub>b</sub> : Altura positiva proporcionada por la bomba

H<sub>1-2</sub>: Pérdidas primarias y secundarias

## Pérdidas Primarias

Las pérdidas de carga en las tuberías son críticas para evaluar la eficiencia del sistema. Considera factores como la longitud de la tubería, el diámetro, la rugosidad y los accesorios para calcular las pérdidas de carga total.

$$H_{rp}[m] = \frac{\lambda * l * (v)^2}{D_i * 2 * g}$$

Donde:

$\lambda$ : Factor adimensional Lambda

l: Longitud de la cañería



## Pérdidas Secundarias

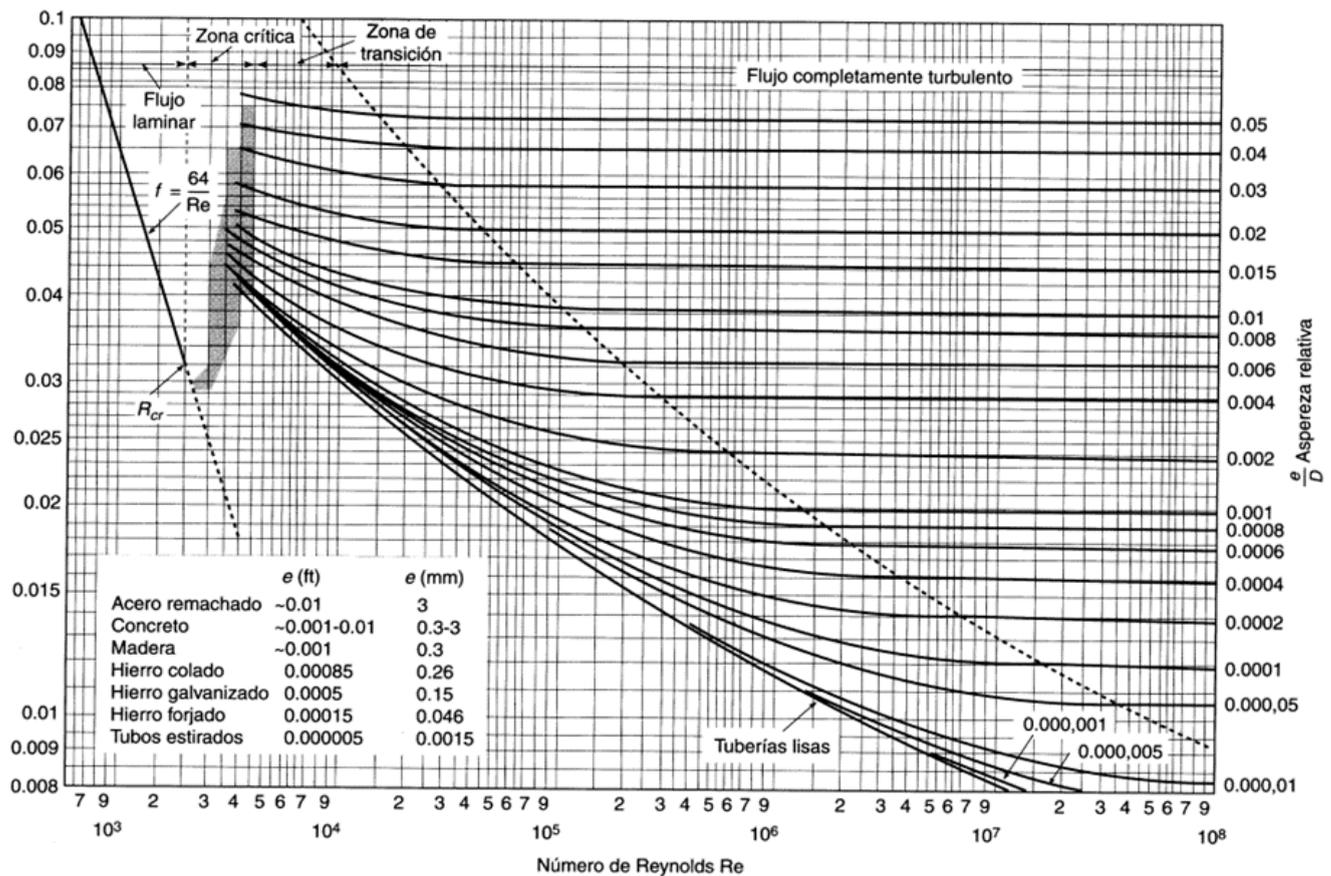
$$\text{Hrs}[m] = \frac{\zeta (v)^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

$\zeta$  : Coeficiente de pérdida de carga de los accesorios

## Diagrama de moody

El "Diagrama de Moody" es una representación gráfica utilizada en ingeniería de fluidos y mecánica de fluidos para analizar y visualizar las pérdidas de fricción en el flujo de fluidos en tuberías



## 4.2. SISTEMAS HIDRÁULICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA DE POZO

Cuando deseamos explotar agua por debajo del nivel del suelo nos podemos encontrar con distintas opciones, a continuación se presentan dos tipos convencionales de bombeo.

Extracción de agua de pozo con bomba de turbina de eje vertical hueco.

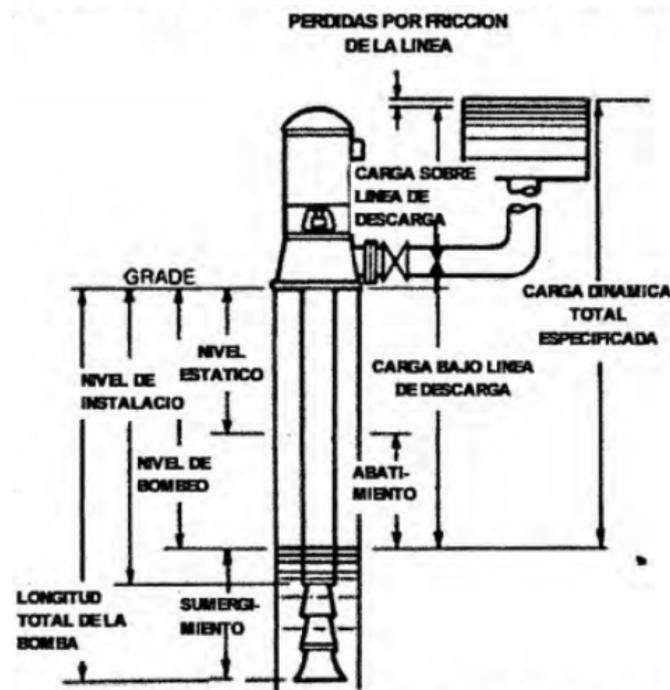


Figura 4.1. Sistema de extracción de agua de pozo con bomba de eje vertical

El motor eléctrico o motor de combustión interna es el que entrega energía mecánica se encuentra en la parte superior en la cual se conecta a través de un eje hueco con la bomba sumergible.

### Ventajas:

- Demanda menos costo de montaje y desmontaje en caso de realizar mantenimiento del equipo.
- Los motores de superficie tienen mayor eficiencia que los motores sumergidos.

### Desventajas:

- Se requiere diámetros mayores del Pozo para la instalación de una bomba de eje vertical.
- Para pozos poco profundos.
- Mayor potencia de accionamiento debido a la fricción en las partes móviles.
- Es necesario que el pozo se encuentre completamente recto para realizar la instalación de la bomba de turbina de eje vertical.

## Extracción de agua de pozo con electrobomba sumergible

El motor eléctrico está acoplado con la bomba sumergible como una sola unidad completa y compacta.

### Ventajas:

- Extracción de grandes caudales.
- El motor eléctrico trabaja a altas revoluciones por minuto (rpm)
- Para instalación en pozos profundos mayores a 30 m
- Puede ser instalado en pozo que no está completamente recto
- Tiene menos costo de mantenimiento.
- La transmisión de energía mecánica entre motor eléctrico y la bomba presenta menor inercia en el momento del arranque.

### Desventajas:

- Genera mayor costo en el montaje y desmontaje del sistema de extracción de agua en caso de reparación o falla del equipo.
- Mayor tiempo medio para reparar (MTTR), caso que falle el equipo.

### ESQUEMA DE SISTEMA HIDRÁULICO DE EXTRACCIÓN DE AGUA DEL POZO CON ELECTROBOMBA SUMERGIBLE

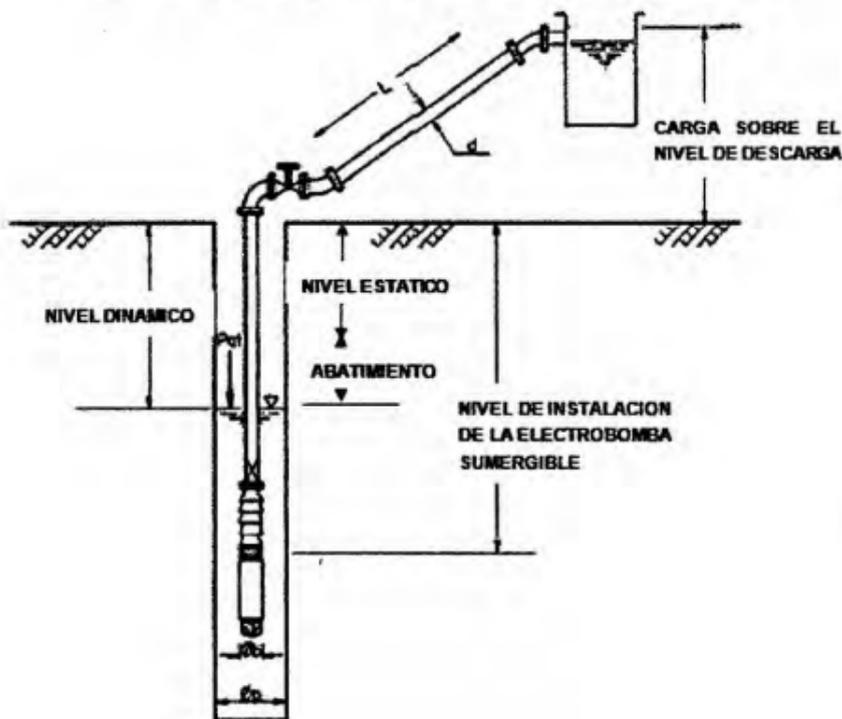


Figura 4.2. Extracción de agua con electro bomba de pozo sumergible

### 4.3. CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS DE CUERPOS DE AGUA SUBTERRÁNEAS

Los cuerpos de agua subterránea se refieren a la presencia de agua almacenada debajo de la superficie terrestre, en el subsuelo. Estos cuerpos de agua pueden encontrarse en diversas ubicaciones, incluyendo áreas cercanas a las costas del mar.

En las áreas costeras, los cuerpos de agua subterránea suelen estar influenciados por la cercanía al océano. Esto puede dar lugar a un fenómeno conocido como intrusión salina. La intrusión salina ocurre cuando el agua salada del mar se filtra hacia los acuíferos subterráneos, contaminando así el agua dulce que se encuentra en el subsuelo.

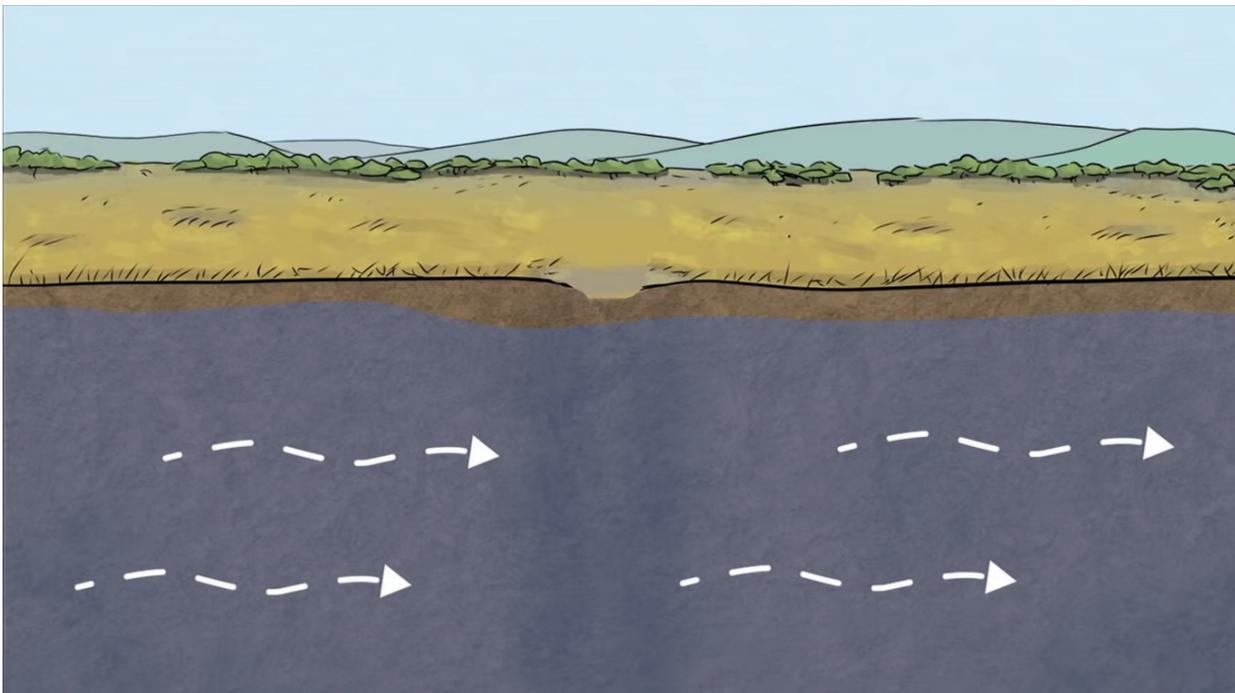


Figura 4.3. Flujos de agua subterránea.

La proximidad al mar puede influir en la calidad y la salinidad de las aguas subterráneas costeras. A menudo, existe una interacción entre las aguas subterráneas dulces y el agua salada del mar. Esto puede deberse a la intrusión de agua salada en los acuíferos debido a la presión del agua del mar o a la elevación del nivel freático en áreas costeras.

La inserción de conductos para la extracción de agua de cuerpos de agua subterráneos, como acuíferos cercanos a las costas, es un proceso importante que requiere planificación y consideración cuidadosa

Antes de realizar cualquier instalación, se debe realizar un estudio preliminar para comprender la geología subterránea, la calidad del agua y la ubicación óptima para la inserción de conductos. Esto puede requerir la colaboración de geólogos y expertos en recursos hídricos.

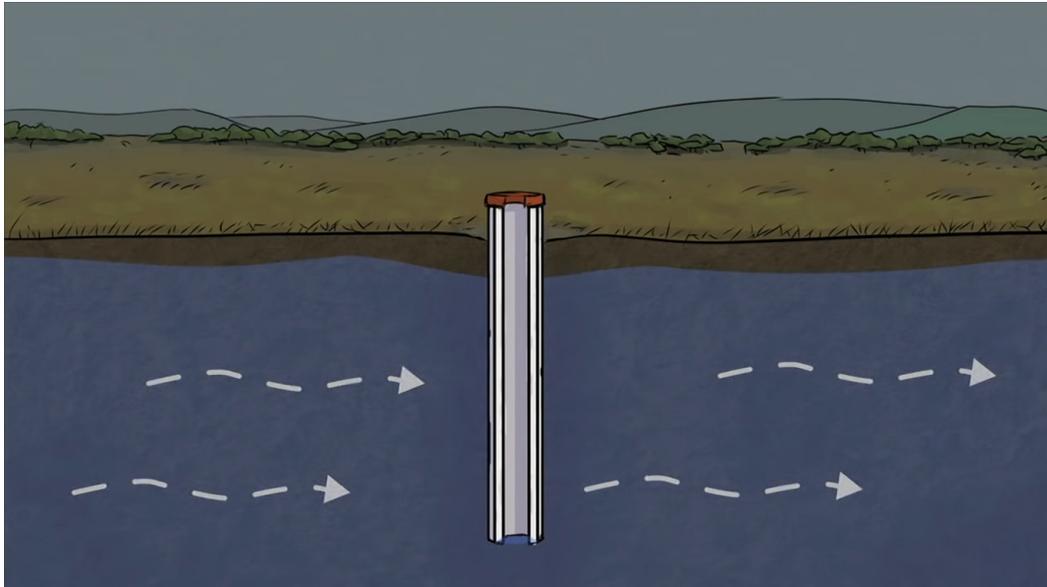


Figura 4.4. Perforación de pozo hacia el cuerpo de agua subterráneo

Los conductos, generalmente de PVC u otro material adecuado, se insertan en el pozo hasta alcanzar el nivel del agua subterránea. Estos conductos sirven como canal para extraer el agua.

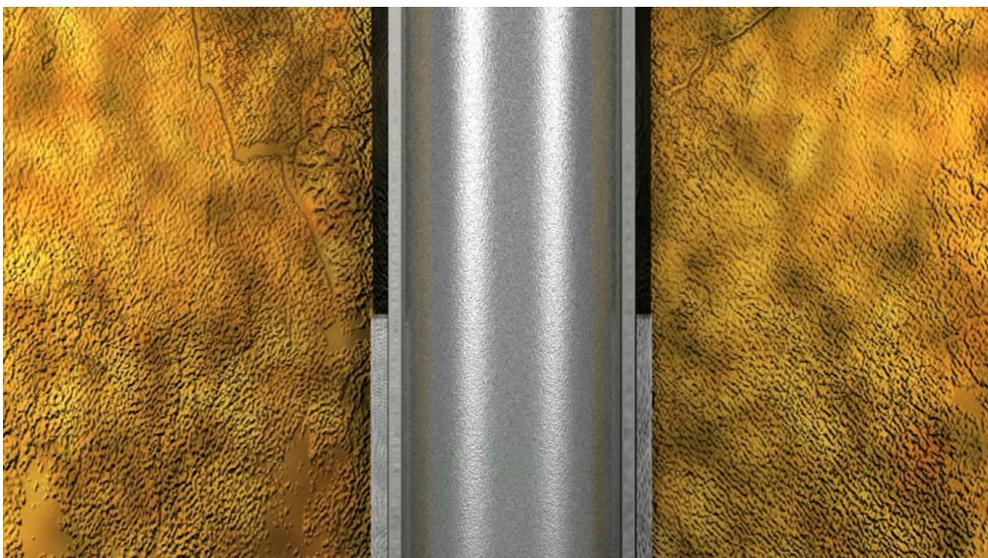


Figura 4.5. Encamisado del pozo

Entre los canales de perforación y las cañerías se procede a llenar el espacio anular restante con arena gruesa de sílice con el fin de estabilizar el sistema.

La bomba de agua se instala en el extremo de los conductos dentro del pozo. Se selecciona una bomba que se adapte a la capacidad de extracción requerida y que sea compatible con las condiciones del acuífero.

En la parte superior de la instalación se crea una base de cemento

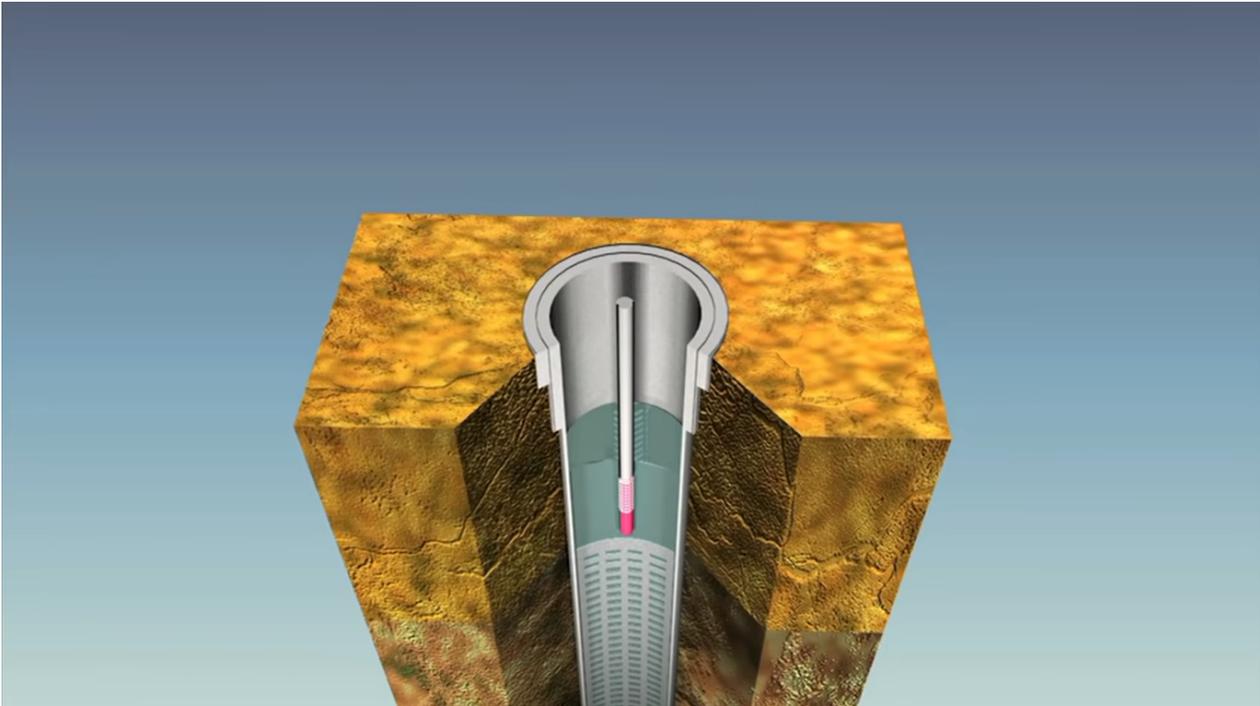


Figura 4.6. Base superior de cemento

La base de cemento se construye generalmente como una losa sólida en la superficie del suelo y se conecta a la tubería del pozo que lleva el agua.

La elección del diseño y las dimensiones de la base dependerá de varios factores, incluida la profundidad del pozo, el tipo de bomba y otros detalles específicos de la instalación.

Antes de poner en marcha la bomba de manera continua, se realizan pruebas y ajustes para garantizar su funcionamiento adecuado. Esto incluye verificar la presión, el flujo y la calidad del agua.

Cuando se enciende la bomba y se extrae agua del acuífero, se crea un espacio de baja presión alrededor del punto de extracción. Esto hace que el nivel del agua subterránea en ese lugar disminuya. El cono de depresión es la forma cónica que toma el nivel del agua cuando se crea esta baja presión.

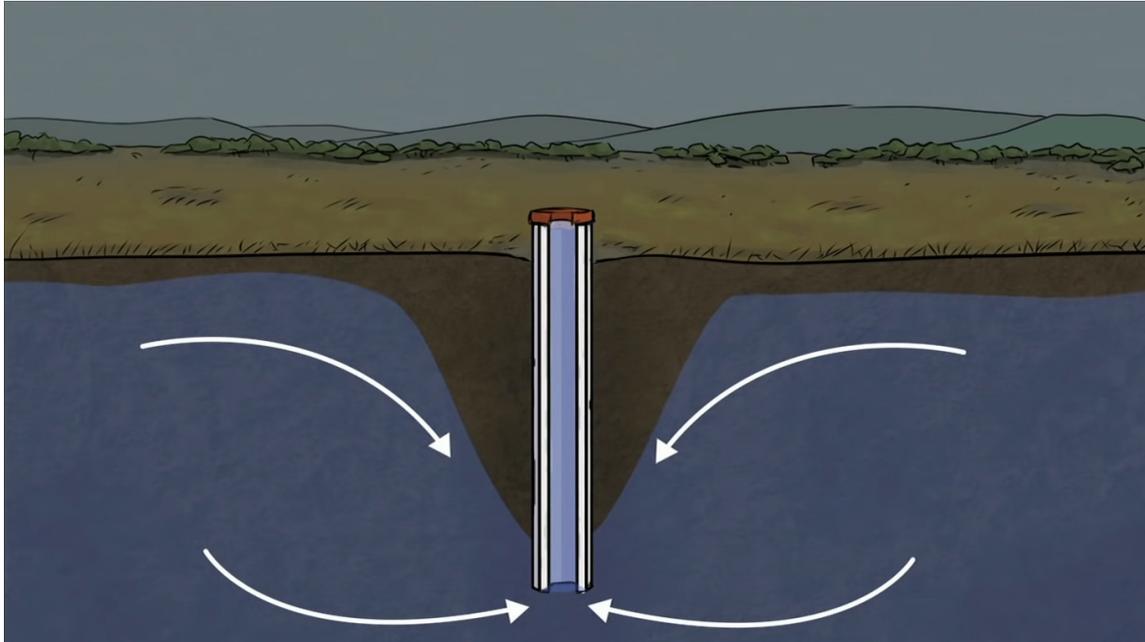


Figura 4.7. Depresión del Pozo

La depresión del nivel freático se produce cuando la bomba extrae agua del pozo. Este proceso reduce el nivel del agua en el pozo en comparación con el nivel freático original en el acuífero. La magnitud de esta depresión depende de la capacidad de la bomba y la tasa de extracción de agua. Cuanto mayor sea la tasa de bombeo, mayor será la depresión del nivel freático. Esta depresión puede llevar a la formación de un cono de depresión alrededor del pozo, que puede afectar a otros pozos cercanos y a la disponibilidad de agua en la zona.

Esta caída de nivel se extiende desde el pozo o el conducto de extracción y puede variar en su magnitud dependiendo de varios factores, incluyendo la tasa de extracción, la capacidad del acuífero para recargarse y la geología subyacente.

La caída del nivel del agua en el acuífero puede tener varios efectos, como la reducción de la capacidad de extracción del pozo con el tiempo y la disminución de la disponibilidad de agua para otros pozos cercanos.

Después de que se detiene la extracción de agua, el nivel freático en el acuífero comenzará a recuperarse gradualmente. La velocidad de recuperación depende de la tasa de recarga natural del acuífero, que puede provenir de la infiltración de agua de lluvia u otras fuentes.

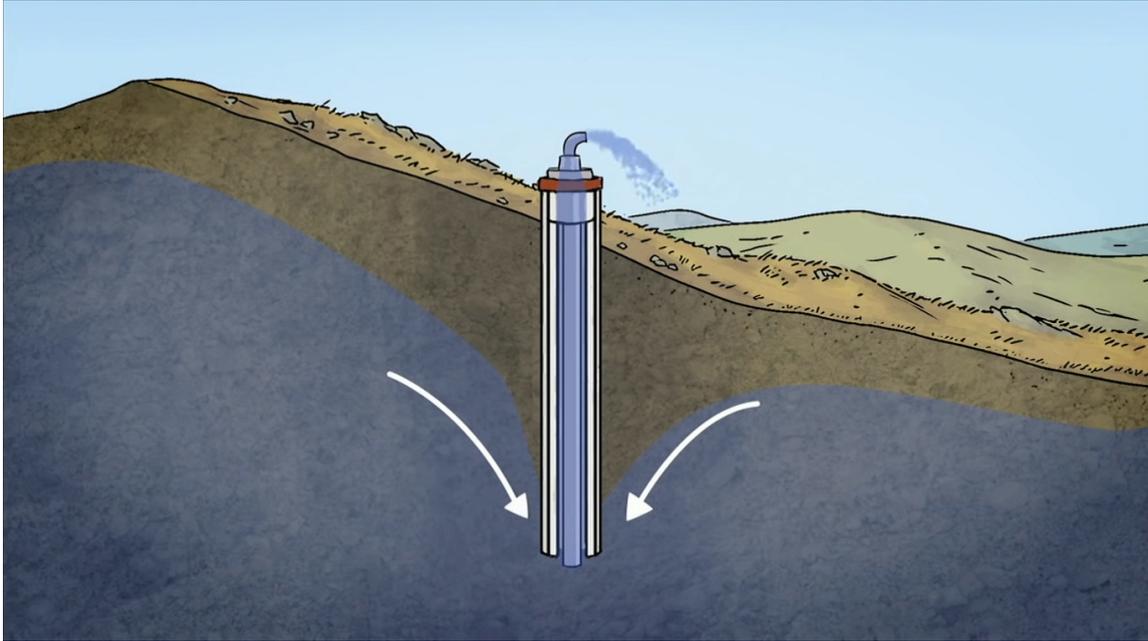


Figura 4.8. Aforo del Pozo

Con el fin de aumentar el aforo del pozo se suelen recurrir a distintos métodos como el uso de ácidos para disolver piedras calizas o hasta la fracturación hidráulica, una metodología similar al Fracking.

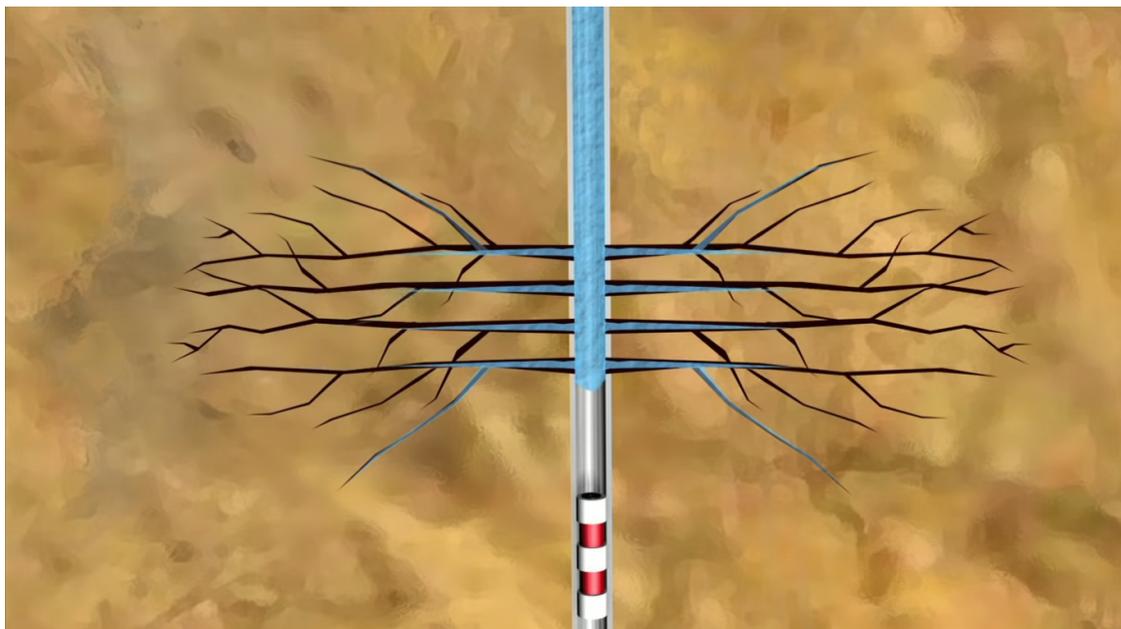


Figura 4.9. Métodos de aumento del aforo del pozo



Una vez que el sistema está configurado y se ha comprobado su eficacia, se puede poner en marcha la bomba para extraer agua de manera continua según las necesidades. Se monitorea regularmente para asegurarse de que funcione correctamente.

Es fundamental gestionar la extracción de agua subterránea de manera sostenible para evitar la sobreexplotación del acuífero y asegurar un suministro continuo de agua a largo plazo. Esto implica un monitoreo constante del nivel del agua y la implementación de prácticas de gestión que eviten la sobreexplotación.

### **Prueba de aforo**

Para la prueba del acuífero un pozo es bombeado a una descarga "Q" constante y la variación de los abatimientos es medido en uno o más piezómetros vecinos, a esta prueba se denomina prueba de descenso.

# CAPITULO 5 - DESARROLLO

PROYECTO FINAL

INGENIERIA A PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

5.1. PRUEBA DE AFORO DE POZO

5.2. DISEÑO HIDRÁULICO

5.2.1. Ubicación física de la planta de bombeo

5.2.2. Instalaciones

5.2.3 Bomba de profundidad

5.2.4. Bomba de impulsión

5.3. ESTRUCTURA

5.4. AUTOMATIZACIÓN

5.4.1. Instrumentación y control

5.4.2. Lenguaje de programación

5.4.3. Interface

5.4.4. Sensores

5.5. DISEÑO ELÉCTRICO



## CAPÍTULO 5 - DESARROLLO

En el proceso de implementación de un sistema de bombeo de pozo profundo para una planta de ósmosis inversa, es esencial comprender el comportamiento del acuífero subterráneo desde el cual se extraerá el agua. Uno de los aspectos cruciales en este proceso es la necesidad de evaluar el aforo del pozo.

El aforo del pozo se refiere a la capacidad de recuperación de agua del pozo, es decir, la cantidad de agua que el pozo puede suministrar de manera sostenible sin agotarse. Este concepto es fundamental para determinar la profundidad de instalación de la bomba y asegurar un funcionamiento eficiente del sistema de bombeo.

Durante el proceso de bombeo de agua de un pozo profundo, se producen una serie de cambios en el acuífero subterráneo. Estos cambios incluyen la depresión del nivel freático y la caída del nivel estático del agua subterránea. Estos dos fenómenos están estrechamente relacionados y son de gran importancia para la gestión y el diseño de sistemas de bombeo.

La caída del nivel estático es un fenómeno relacionado con la depresión del nivel freático. Representa la disminución a largo plazo del nivel del agua en el pozo debido a la extracción continua. A medida que el agua se extrae del pozo, el nivel estático disminuye y puede llegar a un punto en el que la bomba se encuentre funcionando en vacío. Esto puede dañar la bomba y reducir la eficiencia del sistema de bombeo.

Para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema de bombeo y evitar problemas como el funcionamiento en vacío de la bomba, es fundamental determinar el aforo del pozo. El aforo del pozo se calcula evaluando la tasa de extracción de agua sostenible que el pozo puede proporcionar sin causar una caída excesiva del nivel estático. Esto implica la realización de pruebas de bombeo, la observación del comportamiento del nivel estático y el monitoreo a largo plazo del pozo.

La comprensión de los fenómenos de depresión y caída del nivel estático es esencial en el diseño y la operación de sistemas de bombeo de pozos profundos. La gestión adecuada de estos aspectos es esencial para el éxito a largo plazo de la planta de ósmosis inversa y la disponibilidad de agua de calidad.

## 5.1. PRUEBA DE AFORO DE POZO

El ensayo de prueba de aforo es la prueba en conjunta de la capacidad de la fuente subterránea y de la capacidad del pozo en sí para aprovecharse de su recurso hídrico. La capacidad del acuífero es una condición natural, o sea preexistente a la construcción del pozo, por lo cual para llenar la anterior finalidad de calificar el acuerdo mediante la construcción y el ensayo de bombeo .

En el contexto de esta tesis, se presenta una metodología esencial y accesible destinada a brindar una comprensión profunda y orientación práctica en el ámbito de la extracción de aguas subterráneas. La propuesta de esta metodología tiene como objetivo proporcionar las herramientas necesarias para que un amplio espectro de profesionales y personas interesadas en la explotación sostenible de recursos hídricos subterráneos, incluyendo perforadores, operarios, instaladores, y aquellos involucrados en proyectos de infraestructura hídrica, puedan abordar sus actividades de manera efectiva y responsable.

### DISEÑO HIDRÁULICO DEL POZO.

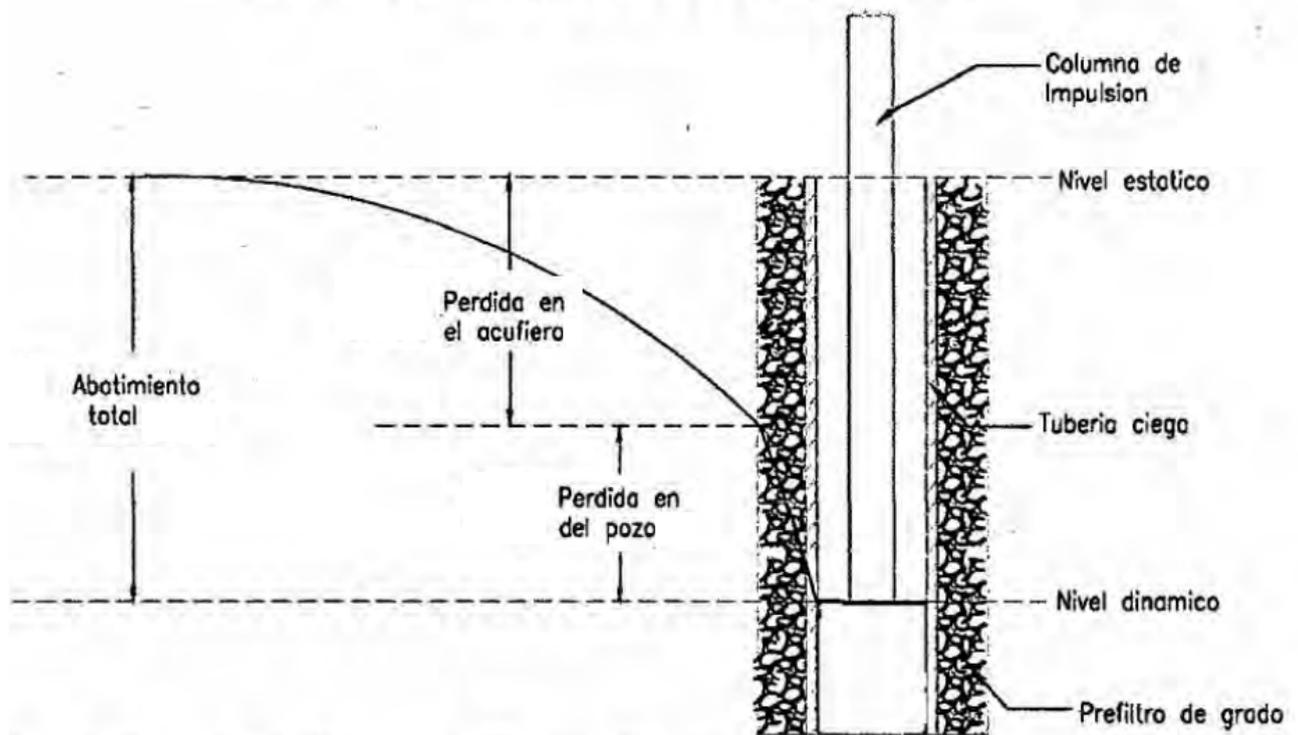


Figura 5.1 Diseño Hidráulico del pozo

El interés inmediato del ensayo de bombeo es definir la capacidad del pozo, o sea la cantidad de agua que produce en una cantidad determinada de tiempo.

En la interpretación del ensayo de bombeo debe tenerse en cuenta los siguientes factores para el cálculo de la bomba y capacidad del pozo:



1) Los detalles de la construcción del pozo: profundidad, diámetro; longitud, colocación; diámetro, tipo y calidad del filtro y cualquier otra como relleno de grava de grava, etc.

2) El nivel piezométrico del agua, o sea el nivel del agua medido en condiciones naturales antes del bombeo y después de algunas horas terminada la perforación y limpieza del pozo

3) La cantidad de agua bombeada en litros por segundo por minuto durante el ensayo de bombeo

4) El tiempo total e ininterrumpido de bombeo del pozo

5) el descenso de nivel de agua provocado por el bombeo y medido frecuentemente, en tal forma que sea posible asegurarse de que se haya obtenido un nivel de bombeo estable . Esto quiere decir que con la cantidad de agua que se está bombeando ha llegado el momento en que el nivel de agua no descienda más (Esta operación debe prolongarse por no menos de 24hs)

El método propuesto es el de bombear el pozo durante un tiempo que se determinara no menor a 24hs, a razón de metros cúbicos por hora, con un descenso de tantos metros durante todo ese tiempo de bombeo. No debe haber interrupción en el bombeo, una vez comenzado y el dato de da la cantidad de agua bombeada son de mayor importancia

Si al cabo de las 24hs no se ha estabilizado el nivel de bombeo, es de todas maneras necesario continuar el bombeo hasta que se estabilice, lo cual se interpreta como que el agua que se extrae es igual al aforo del pozo

Los datos que se deben recopilar son:

- Cantidad de agua bombeado.
- tiempo continuo de bombeado.
- descenso del nivel de agua debido a ese bombeado (Hasta alcanzar un nivel estable de bombeado).

Con el fin de clarificar la metodología del ensayo de aforo de pozo se adjunta la descripción de un cuadro junto a su gráfico acerca de los datos que se esperan obtener durante un ensayo con la metodología propuesta.



RECUPERACION DEL NIVEL  
 DE AGUA DESPUES DEL  
 BOMBEO

FECHA	HORA	NIVEL DEL AGUA	FECHA	HORA	NIVEL DEL AGUA
JUN. 3	6 o.m.	2 mts.	JUN. 3	4.00	4.92 mts.
	6.40	2		5.00	4.99
	7.15	2		6.00	5.05
	7.55	2		7.00	5.10
	8.00	2		8.00	5.13
	8.15	2.50		9.00	5.15
	8.40	3.15		10.00	5.17
	9.00	3.40		11.00	5.20
	9.30	3.67		12.00	5.20
	10.00	3.86	JUN. 4	2	5.20
	11.00	4.20		4.00	5.20
	12.00	4.42		6.00	5.20
	1	4.60		8.00	5.20
	2.00	4.75			
	3.00	4.85			

FECHA	HORA	NIVEL DEL AGUA
JUN. 4	8 o.m.	5.20 mts.
	8.30	4.16
	9.00	3.67
	9.30	3.50
	10.00	3.33
	11.00	3.04
	12.00	2.80
	1	2.60
	2.00	2.45
	3.00	2.35
	4.00	2.25
	5.00	2.20
	6.00	2.15
	7.00	2.10
	8.00	2.05
	10.00	2.00

Figura 5.2. Tabla esquemática de valores que se deben recopilar durante en ensayo

Como se puede observar a continuación, el descenso de nivel en las primeras horas de bombeo es bastante rápido y luego tiende a estabilizarse en un punto que dependerá de la cantidad de agua que se bombea y la capacidad de recuperación del pozo.

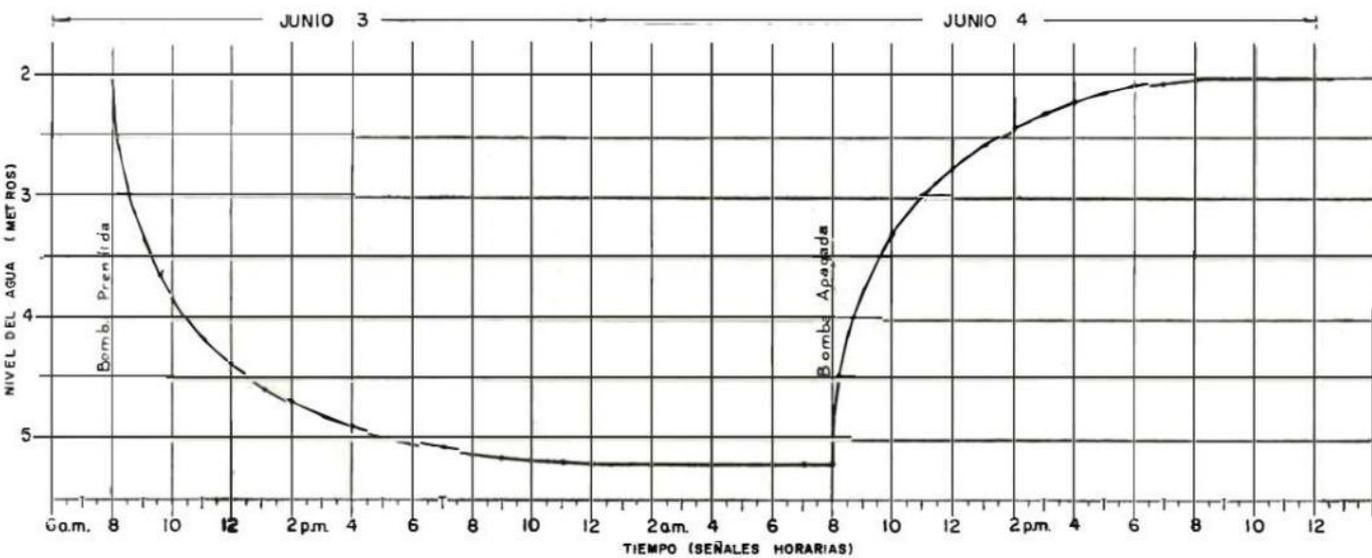


Figura 5.3. Gráfico del comportamiento esperado del nivel del pozo durante el ensayo



Cuando se suspende el bombeo, la curva de recuperación muestra un comportamiento invertido, lo que es un fenómeno natural. La velocidad y la magnitud de la recuperación dependen de factores como la cantidad de agua bombeada, la capacidad de recuperación del pozo y las características hidrogeológicas del acuífero.

Como conclusión del ensayo se podrá estimar:

- Nivel Dinámico
- Nivel de bombeo final
- Caudal de captación
- Aforo del pozo

## 5.2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 5.2.1. Ubicación física de la planta de bombeo

La planta de bombeo que se analiza en este informe se ubicará estratégicamente en terrenos baldíos situados en las inmediaciones de la planta potabilizadora actual. Esta elección de ubicación se ha tomado con el propósito de optimizar la eficiencia del sistema de suministro de agua potable.



Figura 5.4. Ubicación nueva planta de bombeo por pozo

La proximidad de la planta de bombeo a la planta potabilizadora existente presenta varias ventajas significativas que deben ser destacadas.

En primer lugar, la ubicación cercana permite una conexión fluida y directa entre la planta de bombeo y la planta potabilizadora.

Esto simplifica la transferencia de agua desde la fuente original hasta el proceso de bombeo, lo que reduce las posibles pérdidas de agua y garantiza un suministro continuo y confiable.



Figura 5.5. FOTO - Ubicación nueva planta de bombeo por pozo

Además, esta proximidad facilita las operaciones de mantenimiento y reparación, lo que minimiza el tiempo de inactividad y asegura una respuesta rápida ante cualquier problema que pueda surgir en el sistema.

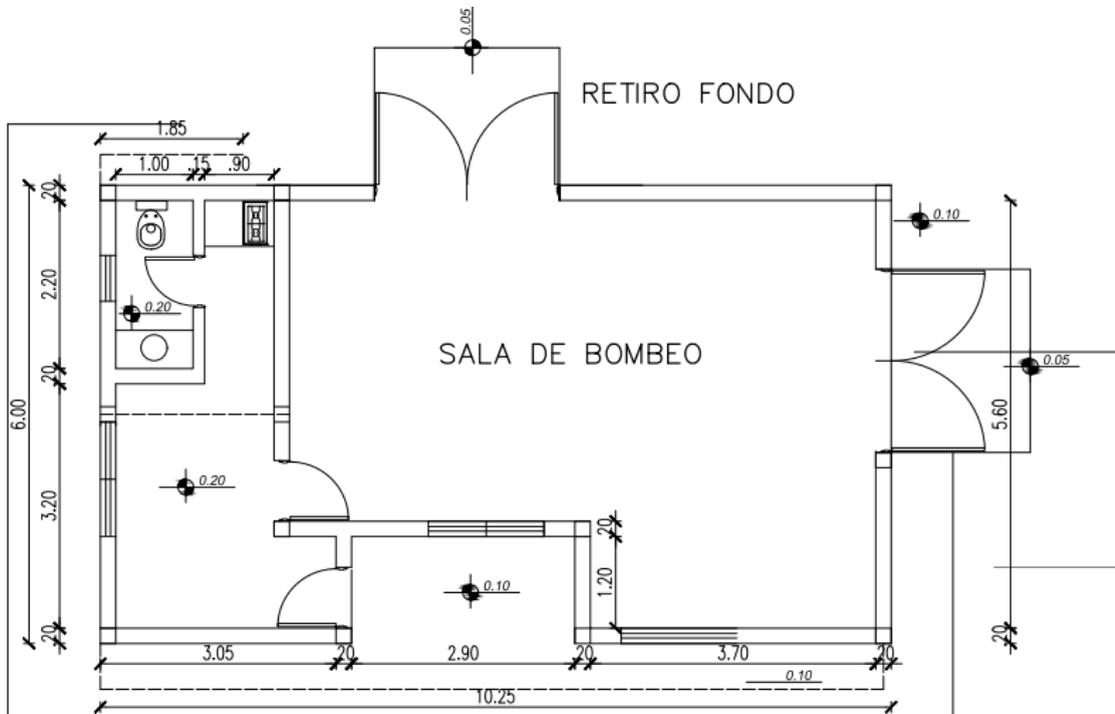


Figura 5.6. Planta de Bombeo



Otro aspecto fundamental que ha influido en la decisión de ubicar la planta de bombeo en los terrenos baldíos en frente de la planta potabilizadora actual es el acceso a la capa freática en la zona. Este acceso se ha confirmado a través de la realización de tomas de muestras de agua en pozos vecinos, lo que constituye un factor clave en la elección de esta ubicación.

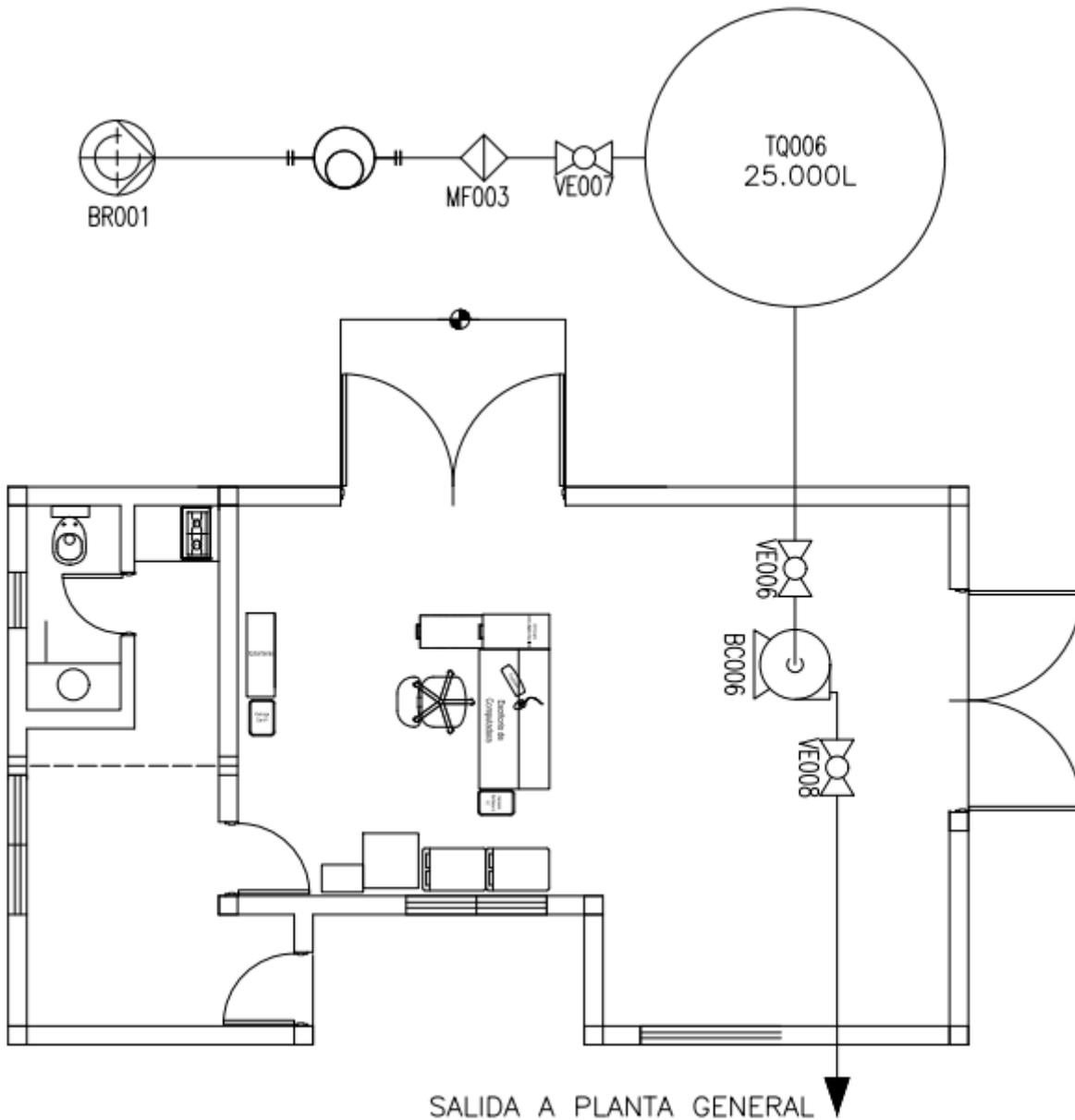


Figura 5.7. Lay Out Equipos



La instalación de una bomba de pozo profundo para bombear al menos 10 metros cúbicos por hora a una altura de 80 metros es un proyecto que requiere una planificación adecuada para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro.

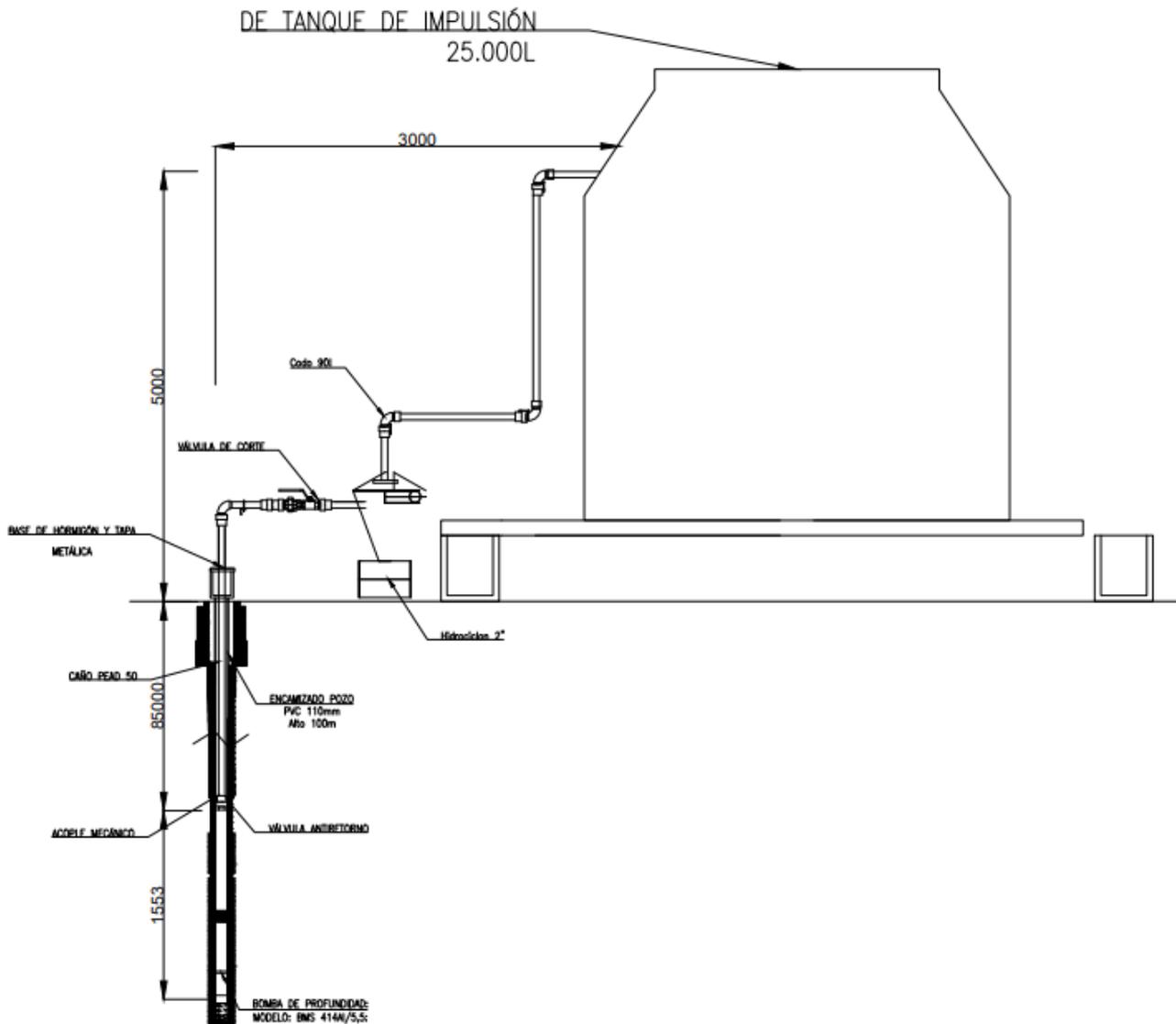


Figura 5.8 Bombeo de pozo



A continuación, se abordará un aspecto crucial de este proceso: el diseño y cálculo de las instalaciones hidráulicas para el suministro de agua a través de una bomba de pozo que se encuentra a una profundidad de 80 metros.

El objetivo principal es analizar y determinar los parámetros hidráulicos clave que garantizan un suministro de agua óptimo, incluyendo el caudal requerido, la velocidad del fluido y las pérdidas en accesorios y cañerías. Estos cálculos son fundamentales para garantizar que el sistema de bombeo funcione de manera eficiente y cumpla con las necesidades de la comunidad a la que sirve.

En este proceso, se abordarán diversas consideraciones técnicas, desde la profundidad del pozo hasta los factores que influyen en la selección de bombas, la determinación de caudales adecuados y la minimización de las pérdidas en el sistema. Además, se prestará atención a la importancia de la eficiencia energética y la sostenibilidad en el diseño de las instalaciones de bombeo.

El presente proyecto no solo será valioso para aquellos encargados de diseñar y operar las instalaciones de bombeo, sino que también servirá como referencia para la toma de decisiones informadas en relación con la gestión del agua y el suministro de agua potable de calidad.

Se recuerdan los Requerimientos

- Que se logre un abastecimiento de agua a tratar de entre 8m<sup>3</sup>/h a 10m<sup>3</sup>/h
- Que se pueda captar agua las 24hs del día, los 7 días de la semana.
- Que sea segura y fiable para mantener una continuidad del servicio
- Se deberá captar agua a un nivel debajo del suelo de 80 m como mínimo



### 5.2.2. Instalaciones

Primero, es fundamental determinar los elementos materiales que serán parte de la instalación para así luego poder determinar las características de las mismas como lo es las pérdidas de carga

#### **MATERIALES**

La eficiencia y confiabilidad de una instalación hidráulica dependen en gran medida de la selección de los materiales utilizados en su construcción. Cada componente, desde las tuberías hasta las válvulas y las bombas, juega un papel crucial en el funcionamiento de todo el sistema. En esta sección, presentaremos una lista de materiales clave que constituirán la instalación hidráulica.

La elección cuidadosa de estos materiales es esencial para garantizar un suministro de agua eficiente y sostenible. Además, la calidad y durabilidad de los materiales influyen directamente en los costos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo.

#### **Caño PEAD**

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua Potable/ Agua a Tratar.
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Diseño Económico
- Larga vida útil.
- Bajo peso específico.
- Presión Nominal > 8 bar
- Sección mínima > 50mm



El caño para agua de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) es un tipo de tubería ampliamente utilizado en aplicaciones de suministro de agua potable y sistemas de distribución de agua. Está fabricado con polietileno de alta densidad, un material plástico altamente resistente y duradero.



Figura 5.9. Rollo de caño PEAD

Las tuberías de PEAD son conocidas por su flexibilidad y facilidad de instalación, lo que las hace ideales para proyectos de construcción, especialmente en áreas con terrenos irregulares. Además de su flexibilidad, estas tuberías son resistentes a la corrosión y a la mayoría de los productos químicos, lo que garantiza un suministro de agua limpio y seguro.

Para este diseño se ha seleccionado la cañería de Diámetro Ext de 50mm y 3.7mm de espesor.

SDR PE 80 PE 100 Diámetro	41 PN 3,2 PN 4 Espesor	33 PN 4 PN 5 Espesor	26 PN 5 PN 6 Espesor	21 PN 6 PN 8 Espesor	17 PN 8 PN 10 Espesor	13,6 PN10 PN 12,5 Espesor	11 PN 2,5 PN 16 Espesor	9 PN 16 PN 20 Espesor	7,4 PN 2,0 PN 25 Espesor	6 PN 2,5 - Espesor
Ext (mm)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
20	-	-	-	-	-	1,80	2,00	2,30	3,00	3,40
25	-	-	-	-	1,80	2,00	2,30	3,00	3,50	4,20
32	-	-	-	-	2,00	2,40	3,00	3,60	4,40	5,40
40	-	-	1,80	2,00	2,40	3,00	3,70	4,50	5,50	6,70
50	-	-	2,00	2,40	3,00	3,70	4,60	5,60	6,90	8,30
63	-	2,00	2,50	3,00	3,80	4,70	5,80	7,10	8,60	10,50
75	-	2,30	2,90	3,60	4,50	5,60	6,80	8,40	10,30	12,50

Figura 5.10 Tabla de valores comerciales de Caño Pead



## Válvula Antirretorno

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua Potable/ Agua a Tratar.
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Presión Nominal > 8 bar
- Sección = 50mm

Las válvulas antirretorno para agua de bronce, también conocidas como válvulas de retención de bronce, son componentes utilizados en sistemas de plomería y tuberías para controlar el flujo de agua en una dirección específica y evitar que el agua fluya en la dirección opuesta.



Figura 5.11. Válvula antirretorno Bronce 2"

Estas válvulas son especialmente adecuadas para aplicaciones en las que se necesita una resistencia a la corrosión y una durabilidad superior, ya que el bronce es un material resistente a la corrosión y adecuado para aplicaciones en sistemas de agua.

La función principal de una válvula antirretorno de bronce es evitar que el agua fluya en la dirección opuesta a la deseada en un sistema de tuberías. Esto es especialmente útil en sistemas de plomería y tuberías para evitar retrocesos de agua no deseados.



## Acople Compresión Mecánico - Rosca Macho

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua Potable/ Agua a Tratar.
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Diseño Económico
- Bajo peso específico
- Presión Nominal > 8 bar
- Sección mínima =50mm

Un "Acople Compresión Mecánico - Rosca Macho" es un componente utilizado en instalaciones hidráulicas para unir de manera segura y hermética la bomba con la cañería, así como la cañería con distintos accesorios.

Este tipo de acople es una pieza versátil y fundamental en la interconexión de componentes en un sistema de suministro de agua.



Figura 5.12. Acople Compresion PEAD 2"



El extremo de rosca macho del acople se enrosca en el componente que se va a unir, como una bomba, una cañería o un accesorio. El roscado se realiza de manera firme para asegurar una conexión sólida.

Una vez que el extremo de rosca macho está conectado, el extremo de compresión mecánica se aprieta utilizando una herramienta adecuada. Esto puede implicar girar o ajustar una tuerca que presiona un anillo de compresión contra la superficie del componente (cañería o accesorio) que se va a unir

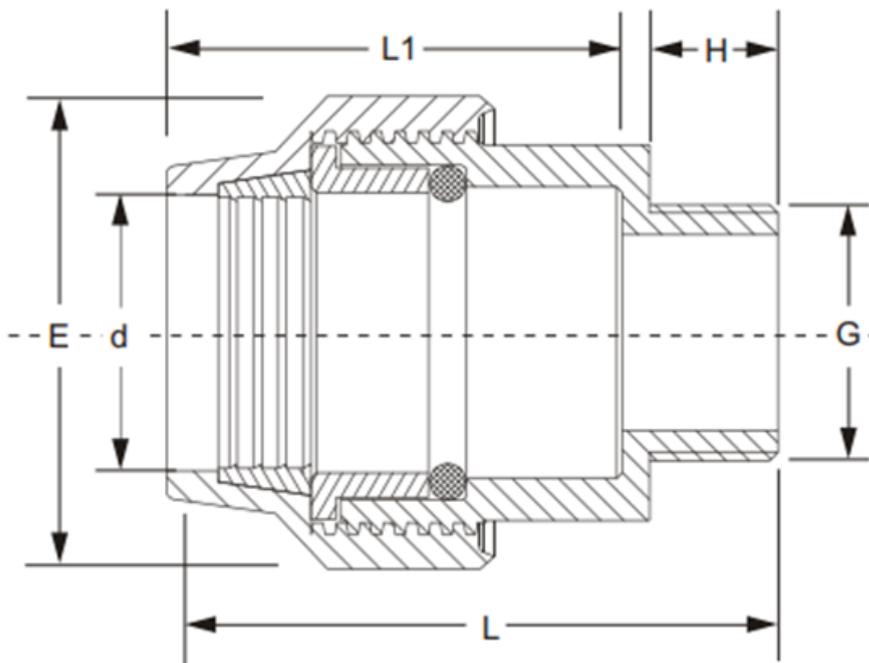


Figura 5.13. Dimensiones Compresión PEAD 2"

El anillo de compresión presiona de manera efectiva la cañería o el accesorio contra el extremo del acople, lo que crea una unión hermética y segura. Esta hermeticidad evita fugas de agua y asegura que el sistema funcione de manera eficiente y sin pérdidas.

Dimensiones del acople seleccionado:

d x G	E	L	L1	H	Peso/Weight (gr)
50x2"	86	117	87	25	217

Figura 5.14. Tabla de medidas acople 50x2"



## Codo 90°

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua Potable/ Agua a Tratar.
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Diseño Económico
- Sección mínima = 50mm

Un "Codo de 90 grados" es un componente utilizado en instalaciones hidráulicas para cambiar la dirección del flujo del agua en un ángulo de 90 grados.



Figura 5.15. Codo 90° PEAD

Este componente es esencial para direccionar el flujo de agua a lo largo de tuberías o cañerías, permitiendo giros en un sistema de tuberías sin necesidad de curvar las tuberías mismas

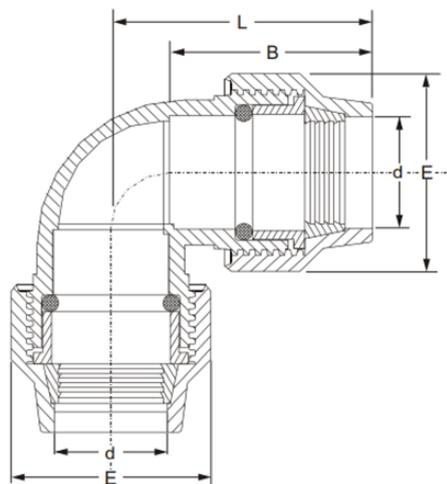


Figura 5.16. Dimensiones Codo 90° PEAD



El sistema mecánico de ajuste y acople es idéntico al del acople de compresión mecánico.  
Dimensiones del acople seleccionado:

d	E	L	B	Peso/Weight (gr)
50	86	112	84	440

Figura 5.17. Tabla de medidas Codo 50

### El Filtro Hidrociclón

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua Potable/ Agua a Tratar.
- Sección = 2"

El separador de partículas tipo ciclón utiliza fuerza centrífuga y es capaz de remover grandes cantidades de arena, escoria y partículas sólidas del agua. El agua entra en el filtro y es acelerada por el movimiento giratorio, la arena y las partículas sólidas más pesadas del agua se acumulan en el depósito, mientras que el agua limpia sube por la parte central del cuerpo.

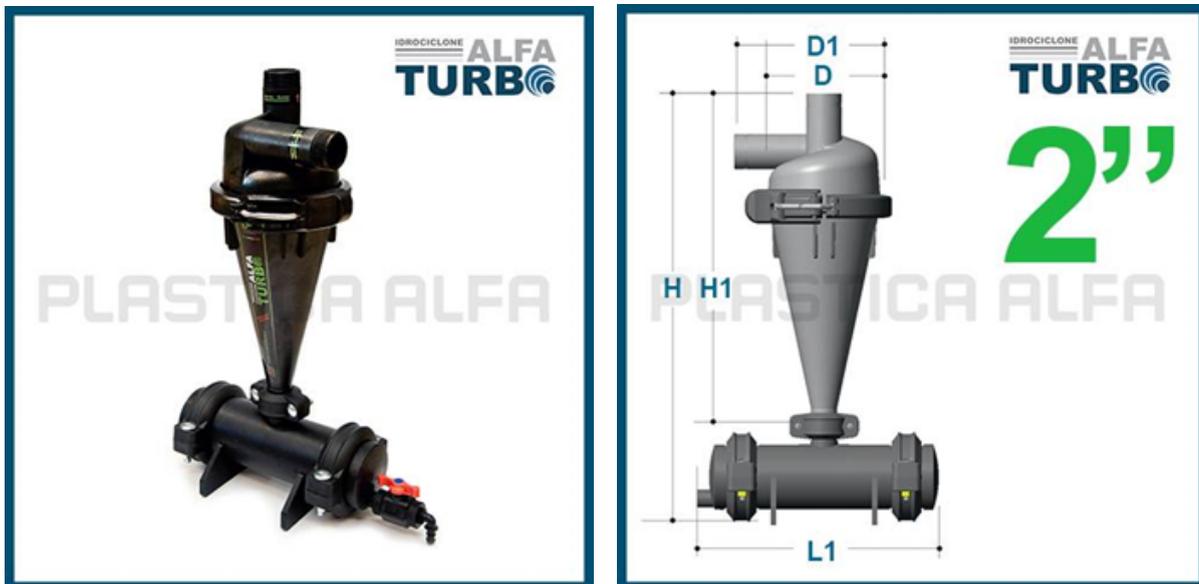


Figura 5.18. Hidrociclón

El filtro separador de arena utiliza un material polimérico en su fabricación que le confiere una notable resistencia ante la corrosión causada por partículas sólidas en movimiento. Esta ventaja lo



diferencia de filtros metálicos similares y le permite soportar la abrasión ocasionada por sólidos suspendidos en el agua.

Datos Característicos:

CAPACIDAD DE FILTRADO:

- Partículas: > 70 micras

CAPACIDAD DEL TANQUE DE PURGA:

- 2,86 L

Pérdidas de carga hidráulicas

PORTATA Flow			PERDITA DI CARICO Pressure Loss		
lt/sec	mc/h	USgpm	bar	PSI	mt
2.8	10.1	44.4	0.20	2.90	2.04
3.4	12.2	53.5	0.30	4.35	3.06
4.0	14.4	63.4	0.40	5.80	4.08
4.5	16.2	71.3	0.50	7.25	5.10
5.0	18.0	79.3	0.60	8.70	6.12
5.3	19.2	84.5	0.70	10.15	7.14

Figura 5.19 Valores de pérdida de carga de Hidrociclón



Figura 5.20 Principio de funcionamiento



## Válvula Bola

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua Potable/ Agua a Tratar.
- Sección = 2"
- Corte total de agua

La Válvula de Bola serie Universal es ideal para conectar tuberías híbridas de polietileno (PEBD, PEMD y PEAD) cuando es necesario cerrar el circuito de agua.

La válvula de bola está diseñada y probada para garantizar una presión de trabajo PN16.



Figura 5.21 Válvula Bola

En comparación con algunos otros tipos de válvulas, las válvulas esféricas tienden a tener una baja resistencia al flujo cuando están completamente abiertas. Esto minimiza la pérdida de carga en el sistema.

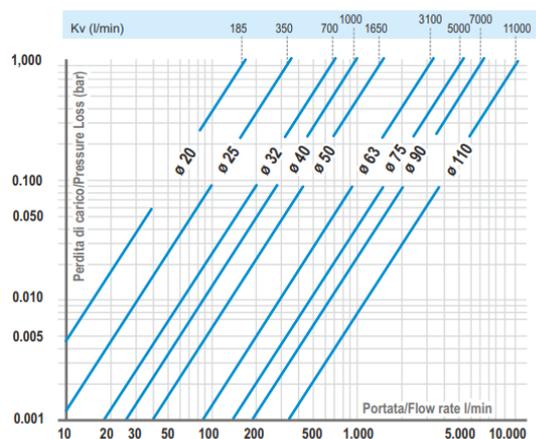


Figura 5.22 Pérdida de carga. Válvula



## Adaptador tanque

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua Potable/ Agua a Tratar.
- Sección = 2"



Figura 5.23 Adaptador tanque

Un adaptador de tanque a caño con rosca es un componente utilizado para conectar un tanque a un conducto o caño mediante roscas. Este tipo de adaptador facilita la conexión y desconexión de un tanque a un sistema de tuberías.



Código	Medida	Embalaje
120114	1/2"	10 - 100
120214	3/4"	10 - 80
120314	1"	10 - 70
120414	1 1/4"	5 - 50
120514	1 1/2"	5 - 40
120614	2"	5 - 30

Figura 5.24 Adaptador tanque. Tipos



## Acople de Compresión Mecánico Doble

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua Potable/ Agua a Tratar.
- Sección = 2"



Figura 5.25 Acople de compresión mecánico doble

El acoplamiento de compresión serie es ideal para conectar dos tuberías de polietileno en la distribución de fluidos presurizados en sistemas de riego y abastecimiento de agua. El acoplamiento no requiere desmontaje completo y está diseñado y probado para garantizar una presión de trabajo PN16.

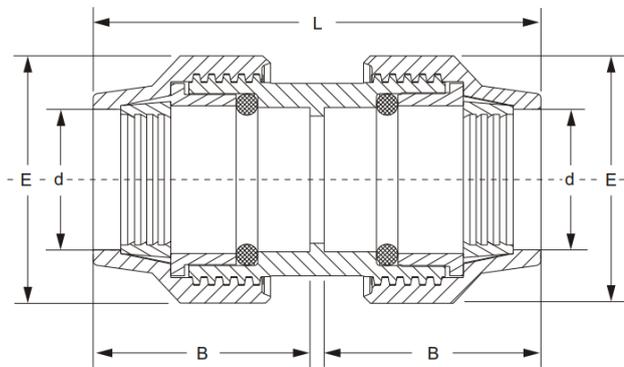


Figura 5.26 Acople de compresión mecánico doble. Diseño

d	E	L	B	Peso/weight (gr)
16	39	86	41	38
20	42.5	87	42	63
25	48.5	94	46	79
32	60	108	53	130
40	72	133	65	232
50	86	152	73	362

Figura 5.27 Tabla de medidas. Acople de compresión mecánico doble

### 5.2.3 Bomba de profundidad

Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua a Tratar.
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Caudal de bombeo > 10m<sup>3</sup>/h
- Altura de Bombeo > 80m
- Capacidad de bombeo de agua con presencia de sólidos disueltos
- Tamaño adecuado para incorporación en pozo profundo

Se procederá a seleccionar el tipo de bomba al que se puede acceder en el mercado, que se adecue a las condiciones ambientales y garantice el funcionamiento esperado.

Debido a la gran altura y los condiciones del subsuelo, podemos determinar el uso de la línea de Bombas para pozo profundo BMS SALIDA 4 " ANTIARENA" de la Marca MOTORARG.

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

La línea de electrobombas sumergibles "BMS AI" con bridas de aspiración y descarga en acero inoxidable AISI304, está diseñada para la extracción de agua en pozos profundos de 4" encamisados con caño de 110 mm de diámetro exterior (102 mm interior).

#### CARACTERÍSTICAS

- Bridas en acero inoxidable
- Carcaza de acero inoxidable
- Impulsores y difusores de NORYL® con carga de fibra de vidrio.
- Diseño hidráulico ANTIARENA de impulsores flotantes
- Motores eléctricos sumergibles REBOBINABLES y REPARABLES
- Opción motor 2 alambres: no requiere tablero de arranque en versión monofásica
- Opción motor 3 alambres: incluye tablero de arranque en versión monofásica
- Aislación clase F – IP 68
- Cumplen con las normas de seguridad eléctrica internacionales IEC

#### CONDICIONES DE USO

- Temperatura del fluido hasta +35°C
- Rango de PH del agua a bombear 6.5 a 8
- Agua con sólidos en suspensión hasta 150 gr/m<sup>3</sup>



Sistema Antiarena  
de impulsores flotantes

Figura 5.28. Datos generales de electrobomba



Se selecciona la línea de bombas de pozo profundo BMS Anti arena, en especial para este caso de estudio se preseleccionaron la línea de Bombas BMS 413AI



Figura 5.29 Logotipo Motorarg

De esta línea de electrobombas podemos encontrar una serie de variedad con respecto a la potencia de las mismas. Para el presente proyecto como se propone un nivel de caudal de bombeo y una altura relativamente elevados se recurrirá a la preselección de la bomba BMS 413AI/7.5T

MODELO	HP	Ø Motor	CUERPO DE BOMBA			MOTOR			ELECTROBOMBA				
			N° de Etapas	"A" Ø max. (mm)	"E" Largo (mm)	Peso Kg	"B" Ø max. (mm)	"D" Largo (mm)	Peso Kg	Ø max. (mm)	"F" Largo (mm)	"C" Descarga	Peso Kg
BMS 413AI/1,5M	1,5	4"	6	99	380	3,2	98,6	394,5	10,7	99,0	775	2"	13,9
BMS 413AI/1,5T	1,5	4"	6	99	380	3,2	98,6	404,5	10,4	99,0	785	2"	13,6
BMS 413AI/2M	2,0	4"	8	99	442	3,8	98,6	434,5	12,6	99,0	877	2"	16,4
BMS 413AI/2T	2,0	4"	8	99	442	3,8	98,6	444,5	12,1	99,0	887	2"	15,9
BMS 413AI/3T	3,0	4"	13	99	597	5,2	98,6	542,0	16,2	99,0	1139	2"	21,4
BMS 413AI/4T	4,0	4"	17	99	721	6,3	98,6	597,0	20,0	99,0	1318	2"	26,3
BMS 413AI/5,5T	5,5	4"	23	99	945	8,4	98,6	608,0	22,3	99,0	1553	2"	30,7
BMS 413AI/7,5T	7,5	4"	32	99	1224	11,0	98,6	766,0	27,9	99,0	1990	2"	38,9



Figura 5.30. Características Electrobombas

La "gráfica de rendimiento de una bomba" es una representación gráfica que muestra cómo se comporta una bomba en términos de caudal (volumen de fluido que puede mover) y altura (la energía que puede agregar al fluido) a diferentes condiciones de operación.



Además se incluye la tabla de prestaciones para los distintos tipos de modelos de bombas

MODELO	HP	Etap.	Desc.	ALTURA MANOMETRICA ( metros )																					
				10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	190	200	210
BMS 413AI/1,5	1,5	6	2"	12,8	11,8	10,5	8,9	6,6	2,8																
BMS 413AI/2	2	8	2"	13,2	12,55	11,75	10,9	9,6	8,4	6,6	3,9														
BMS 413AI/3	3	13	2"	13,7	13,3	12,9	12,5	12	11,5	11	10,3	9,5	7,8	5											
BMS 413AI/4	4	17	2"	13,9	13,55	13,2	13	12,6	12,3	11,95	11,6	11,2	10,1	8,9	7,6	5,5	2,4								
BMS 413AI/5,5	5,5	23	2"	14	13,8	13,6	13,35	13,1	12,9	12,7	12,4	12,2	11,6	11	10,2	9,3	8,5	7,35	5,8	1,3					
BMS 413AI/7,5	7,5	32	2"	14,15	14	13,8	13,65	13,5	13,3	13,2	13	12,8	12,5	12,2	11,8	11,4	10,9	10,3	9,7	8,45	6,65	3,9	2,1		

Figura 5.31. Tabla de prestaciones

En este caso de estudio se preseleccionaron la bomba modelo BMS 413AI/7.5

A continuación se presenta la gráfica de rendimiento de nuestra bomba pre seleccionada.

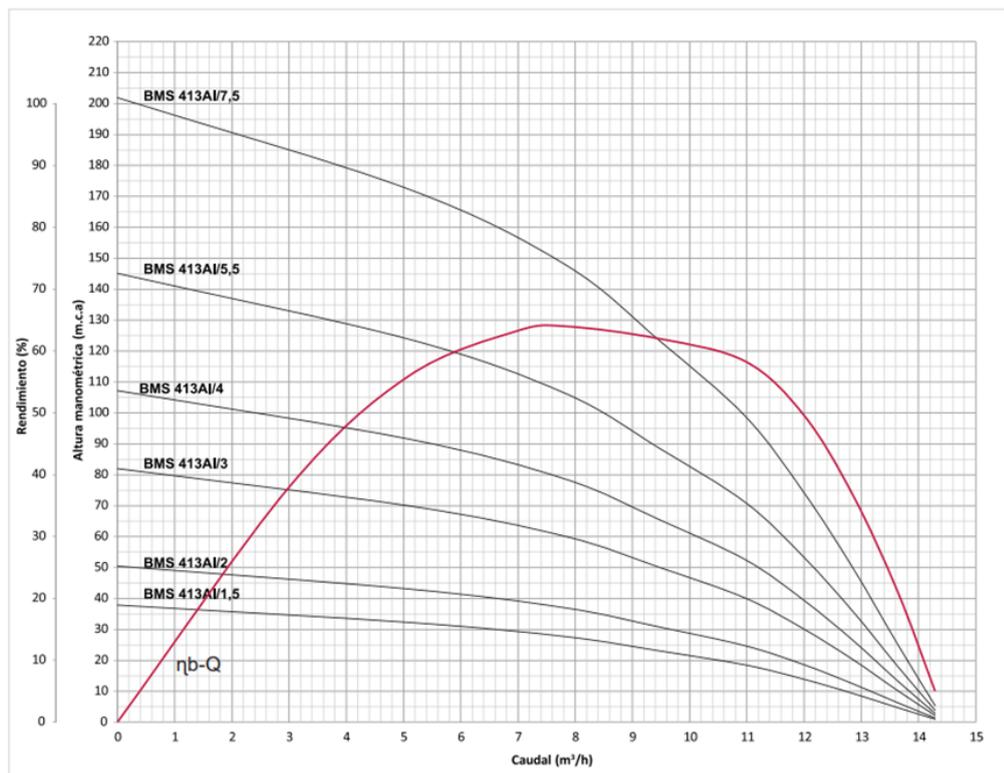


Figura 5.32. Gráfica de rendimientos

La gráfica de rendimiento también incluye la curva de eficiencia que muestran cómo cambia la eficiencia de la bomba en función del caudal. La eficiencia es un indicador importante de la calidad de una bomba y representa la relación entre la potencia de entrada y la potencia de salida de la bomba

## Cálculo Hidráulico

### DETERMINACIÓN DE NIVELES/ALTURAS

El diseño de una planta de bombeo que utiliza una bomba de pozo profundo implica una cuidadosa consideración de los distintos niveles de altura presentes en el sistema. Estos niveles de altura son esenciales para determinar la capacidad de la bomba y garantizar un funcionamiento eficiente y confiable.

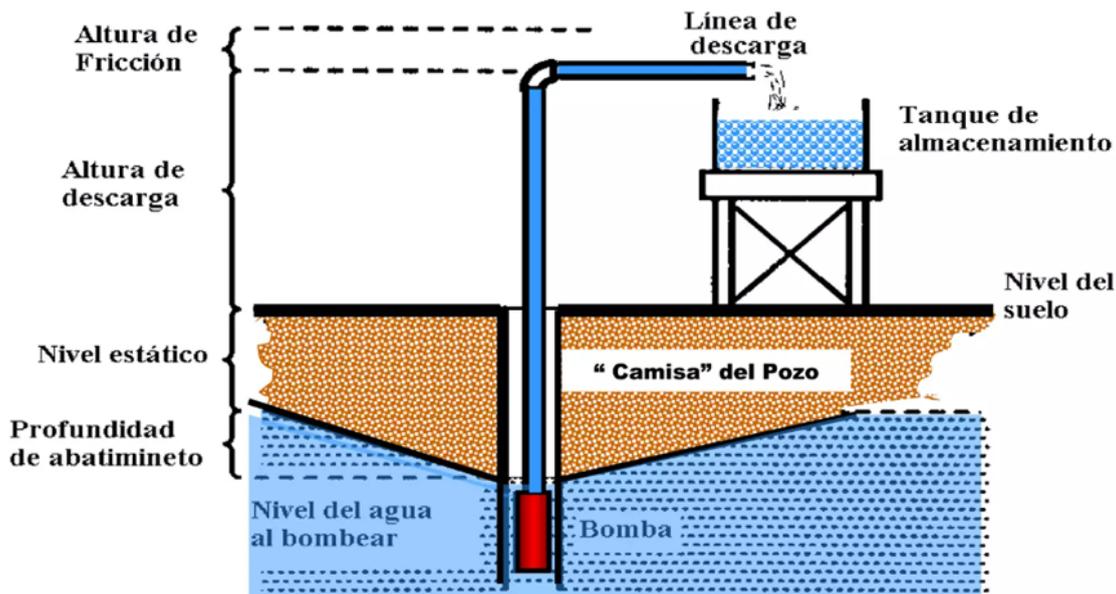


Figura 5.33. Esquema de distintos niveles hidráulicos

A continuación, se destacan los niveles de altura clave que deben tenerse en cuenta al realizar los cálculos hidráulicos:

- Nivel Estático: Es la distancia desde la superficie al nivel del espejo de agua
- Altura de descarga: Es la distancia vertical a la que hay que elevar el agua medida desde el nivel del suelo hasta el borde superior del tanque de almacenamiento
- Nivel Dinámico: Es la distancia desde la superficie al nivel que adquiere el espejo de agua durante el proceso de bombeo
- Carga Hidráulica: Es la distancia que se debe elevar el agua desde el nivel de abatimiento hasta la altura de descarga. Medurada en metros



- Carga Hidráulica Real: Es la Carga Hidráulica teniendo en consideración las pérdidas en las cañerías y en los accesorios

Entonces para el cálculo inicial definimos como:

Tabla 5.1. Definición de Alturas

<b>Hs</b>	ALTURA ESTÁTICA
<b>Hd</b>	ALTURA DESCARGA
<b>Ha</b>	PROFUNDIDAD DE ABATIMIENTO
<b>Ht</b>	ALTURA TOTAL (+2m)

Se tendrán en cuenta para los siguientes cálculos las propiedades específicas del agua a bombear. A 26 grados Celsius, los valores típicos de densidad, viscosidad cinemática y gravedad específica del agua son los siguientes:

Tabla 5.2. Propiedades del agua

	Densidad	Visc. Cin [m <sup>3</sup> /s]	G [m/s <sup>2</sup> ]
a 26°	996,6	0,000000875	9,8

Entonces para determinar los valores iniciales de:

<b>Qo</b>	CAUDAL PRELIMINAR
<b>D</b>	DIÁMETRO DE CAÑERÍA
<b>A</b>	ÁREA DE CAÑERÍA
<b>V</b>	VELOCIDAD DEL FLUIDO
<b>e</b>	ESPESOR



Se presentan como datos iniciales

Tabla 5.3. Altura piezométricas iniciales

<b>Hs</b>	<b>80</b>	<b>m</b>
<b>Ha</b>	<b>3</b>	<b>m</b>
<b>Hd</b>	<b>5</b>	<b>m</b>
<b>Ht</b>	<b>90</b>	<b>M</b>

Observando la gráfica de rendimiento de la bomba podemos determinar a este nivel de carga hidráulica un caudal de 11.4 m<sup>3</sup>/h.

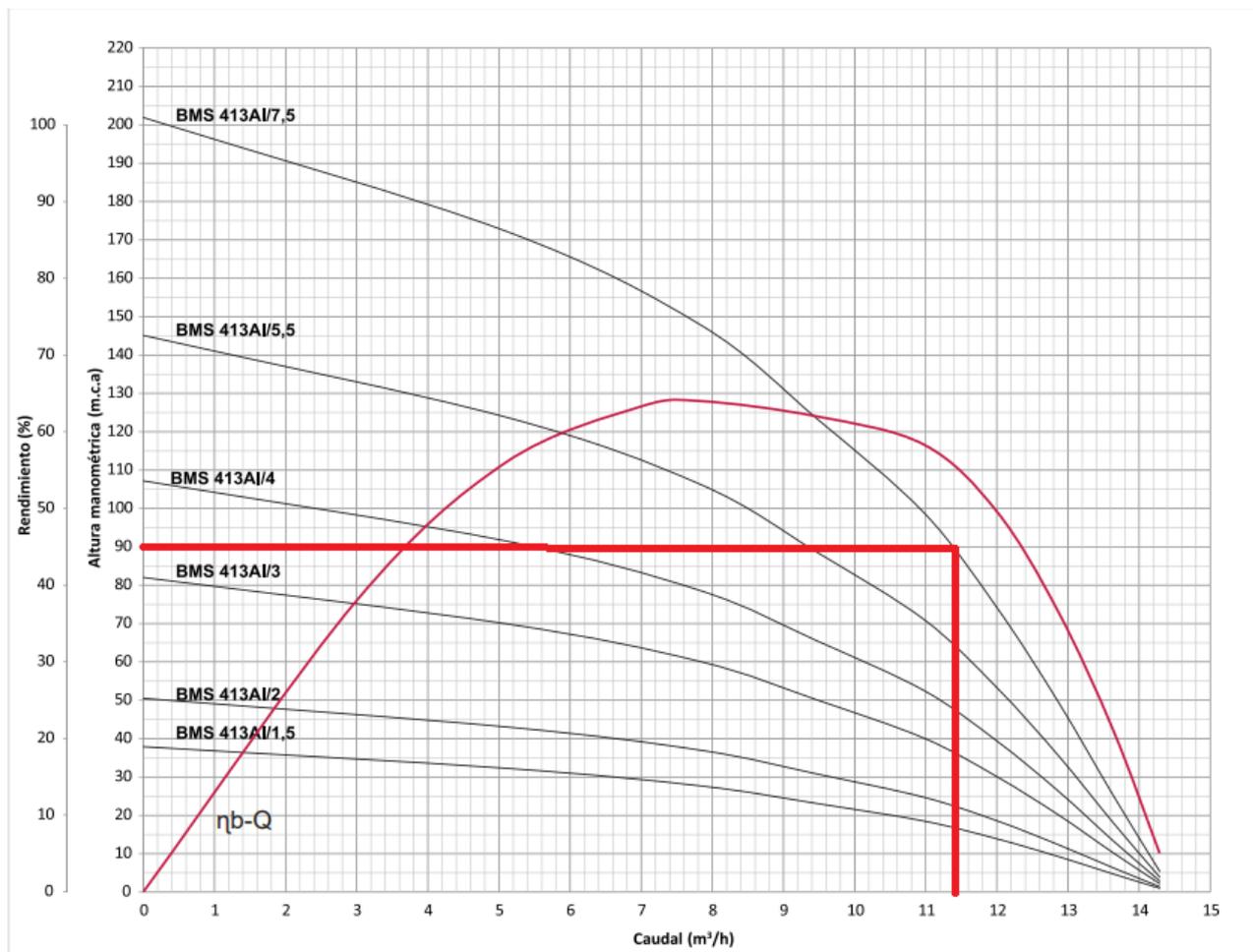


Figura 5.34 Rendimiento Bomba a 90m de altura sin pérdidas



Por lo que se logra determinar las siguientes variables

Tabla 5.4. Valores iniciales

<b>Q<sub>o</sub></b>	11,4	m <sup>3</sup> /h
	0,0032	m <sup>3</sup> /seg
<b>D</b>	2	"
	50	mm
<b>e</b>	3,4	mm
<b>A</b>	0,0015	m <sup>2</sup>

Primero es necesario calcular el Número de Reynolds para poder deducir a través del diagrama de Moody y utilizando la rugosidad específica de la cañería el factor adimensional lambda.

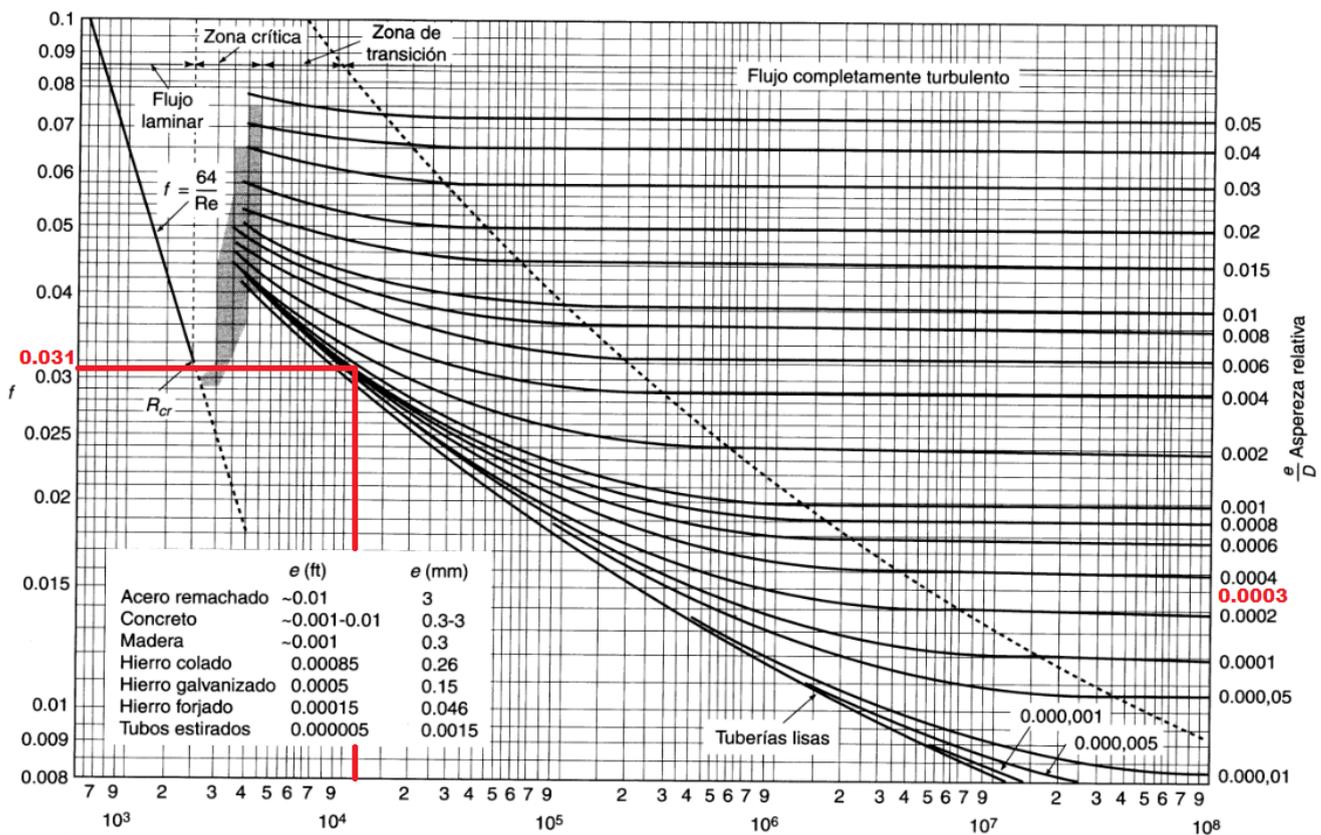


Figura 5.35 Diagrama de Moody determinación del factor lambda



Una vez obtenido estos valores podemos continuar a calcular las pérdidas en las cañerías, Tramo por Tramo.

Tabla 5.5. Pérdidas primarias 1era Iteración

Pérdidas Primarias									
	Long [m]	D [m]	Vel [m/s]	Lambda	Reynolds	k [m]	k/D	Caudal [m3/h]	Hrpri [m]
Tramo 1 - 2	90	0,043	2,18	0,031	1,08E+05	0,000013	0,0003	11,4	15,71
Tramo 2 - 3	3	0,043	2,18	0,031	1,08E+05	0,000013	0,0003	11,4	0,52
								<b>TOT.</b>	16,23

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de presión que se producen debido a componentes adicionales a lo largo del trayecto de la tubería, estos componentes incluyen válvulas, codos, cierres, reducciones, accesorios y cualquier otro elemento que cause cambios en la dirección, velocidad o diámetro del flujo de fluido.

A continuación, se desarrollan los cálculos de las pérdidas secundarias de la instalación: Cada accesorio impacta de manera única en la resistencia del flujo y su coeficiente de pérdida de presión.

Accesorio	Km
Válvula de globo, completamente abierta	10,0
Válvula en ángulo, completamente abierta	5,0
Válvula de registro, completamente abierta	2,5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0,2
Válvula de compuerta, con 3/4 de apertura	1,0-1,15
Válvula de compuerta, con 1/2 apertura	5,6
Válvula de compuerta, con 1/4 de apertura	24,0
Codo de radio corto (r/d = + 1)	0,9
Codo de radio mediano	0,75-0,8
Codo de gran radio (r/d = + 1,5)	0,6
Codo de 45°	0,4-0,42
Retorno (curva en U)	2,2
Tee en sentido recto	0,3
Tee a través de la salida vertical	1,8
Unión	0,3
Vee de 45° en sentido recto	0,3
Vee de 45° en salida Lateral	0,8
Entrada recta a tope	0,5
Entrada con boca acampanada	0,1
Entrada con tubo reentrando	0,9
Salida	1,0

Figura 5.36. Factor de pérdida de carga de accesorios



Primero es importante detallar la cantidad de accesorios y su índice de pérdidas de presión o carga hidráulica.

Tabla 5.6. Coeficientes artefactos

Coef. Seg z	Accesorio	Cantidad	$\Sigma$ Coef. Seg z
0,9	Codo de radio corto	4	3,6
0,3	Unión	6	1,8
0,2	Válvula de Compuerta	1	0,2
			<b>5,6</b>

Ahora una vez discriminado lo anterior se puede proceder a calcular las pérdidas secundarias.

Tabla 5.7. Pérdidas secundarias 1era Iteración

<b>Pérdidas Secundarias</b>				
	$\Sigma$ Coef. Seg z	Velocidad [m/s]	Diámetro [m]	Hrseg [m]
<b>Accesorios</b>	<b>5,6</b>	<b>2,16</b>	<b>0,0432</b>	<b>0.29</b>
<b>Filtro ciclón</b>	-	-	-	<b>2</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>3,33</b>

Sumamos las pérdidas primarias y secundarias y luego agregamos la altura de bombeo.

Tabla 5.8. Pérdidas Totales 1era Iteración

<b>Pérdidas totales</b>		
<b>Primarias</b>	<b>16,23</b>	<b>m</b>
<b>Secundarias</b>	<b>3,3</b>	<b>m</b>
<b>Totales</b>	<b>19,6</b>	<b>m</b>



La fórmula para el cálculo total de la altura requerida de la bomba es la siguiente:

$$\text{Altura Total} = \text{Pérdidas Primarias} + \text{Pérdidas Secundarias} + \text{Altura de Bombeo}$$

Tabla 5.9. Altura Total 1era Iteración

Altura total		
Altura piezométrica	90	m
Altura Pérdidas	19,6	m
Altura	109,6	m

### CALCULO 2da ITERACIÓN

Nuevamente pero teniendo en cuenta esta vez la altura total, es decir la altura de bombeo más las pérdidas tanto primarias como secundarias se procede a realizar una iteración de los cálculos anteriores sólo que esta vez utilizando las nuevas condiciones:

**Altura Total = 103,5 m**

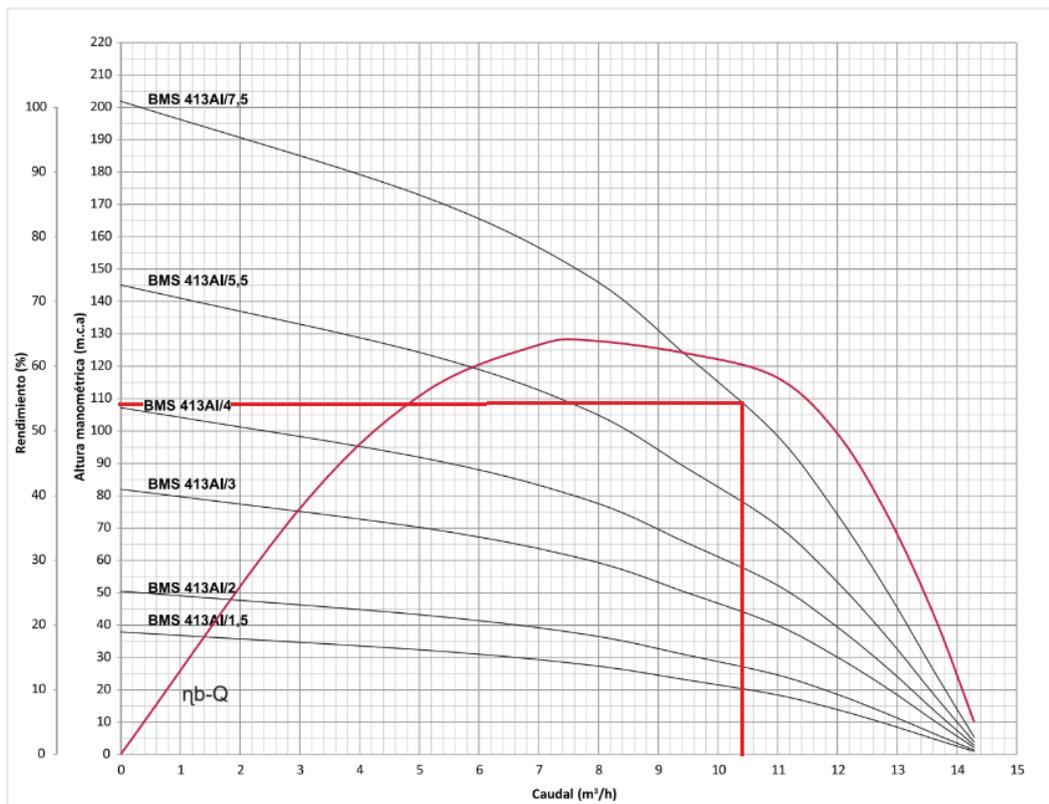


Figura 5.37 Rendimiento Bomba en primera instancia con pérdidas



**Caudal Determinado = 10,4 m<sup>3</sup>/h**

Se procederá a estimar nuevamente las pérdidas con el nuevo caudal cambiando así las condiciones iniciales de funcionamiento.

Tabla 5.10. Valores iniciales con pérdidas

<b>Q<sub>o</sub></b>	10,4	m <sup>3</sup> /h
	0,0029	m <sup>3</sup> /seg
<b>D</b>	2	"
	50	mm
<b>e</b>	3,4	mm
<b>A</b>	0,0015	m <sup>2</sup>

Obteniendo nuevamente el cálculo de pérdidas primarias, estas por su puesto difieren del cálculo inicial.

Tabla 5.11. Pérdidas primarias 2da Iteración

Pérdidas Primarias									
	Long [m]	D [m]	Vel [m/s]	Lambda	Reynolds	k [m]	k/D	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Hr <sub>pri</sub> [m]
<b>Tramo 1 - 2</b>	90	0,043	1,98	0,03	9,77E+04	0,000013	0,0003	10,4	12,48
<b>Tramo 2 - 3</b>	3	0,043	1,98	0,03	9,77E+04	0,000013	0,0003	10,4	0,42
								<b>TOT.</b>	12,9

Calculando nuevamente las pérdidas secundarias

Tabla 5.12. Pérdidas secundarias 2da Iteración

Pérdidas Secundarias				
	∑ Coef. Seg z	Velocidad [m/s]	Diámetro [m]	Hr <sub>seg</sub> [m]
<b>Accesorios</b>	5,6	1,97	0,0432	1,11
<b>Filtro ciclon</b>				2
				<b>3,11</b>



Y las pérdidas totales.

Tabla 5.13. Pérdidas totales 2da Iteración

<b>Pérdidas totales</b>		
<b>Primarias</b>	<b>12,9</b>	<b>m</b>
<b>Secundarias</b>	<b>3,1</b>	<b>m</b>
<b>Totales</b>	<b>16</b>	<b>m</b>

Para dar con la altura total

Tabla 5.14. Altura total 2da Iteración

<b>Altura total</b>		
<b>Altura piezométrica</b>	<b>90</b>	<b>m</b>
<b>Altura Pérdidas</b>	<b>16</b>	<b>m</b>
<b>Altura Total</b>	<b>106</b>	<b>m</b>



Condiciones finales de funcionamiento:

Para finalizar se reafirma con los últimos datos de altura hidráulica las condiciones de operación de la bomba y su rendimiento.

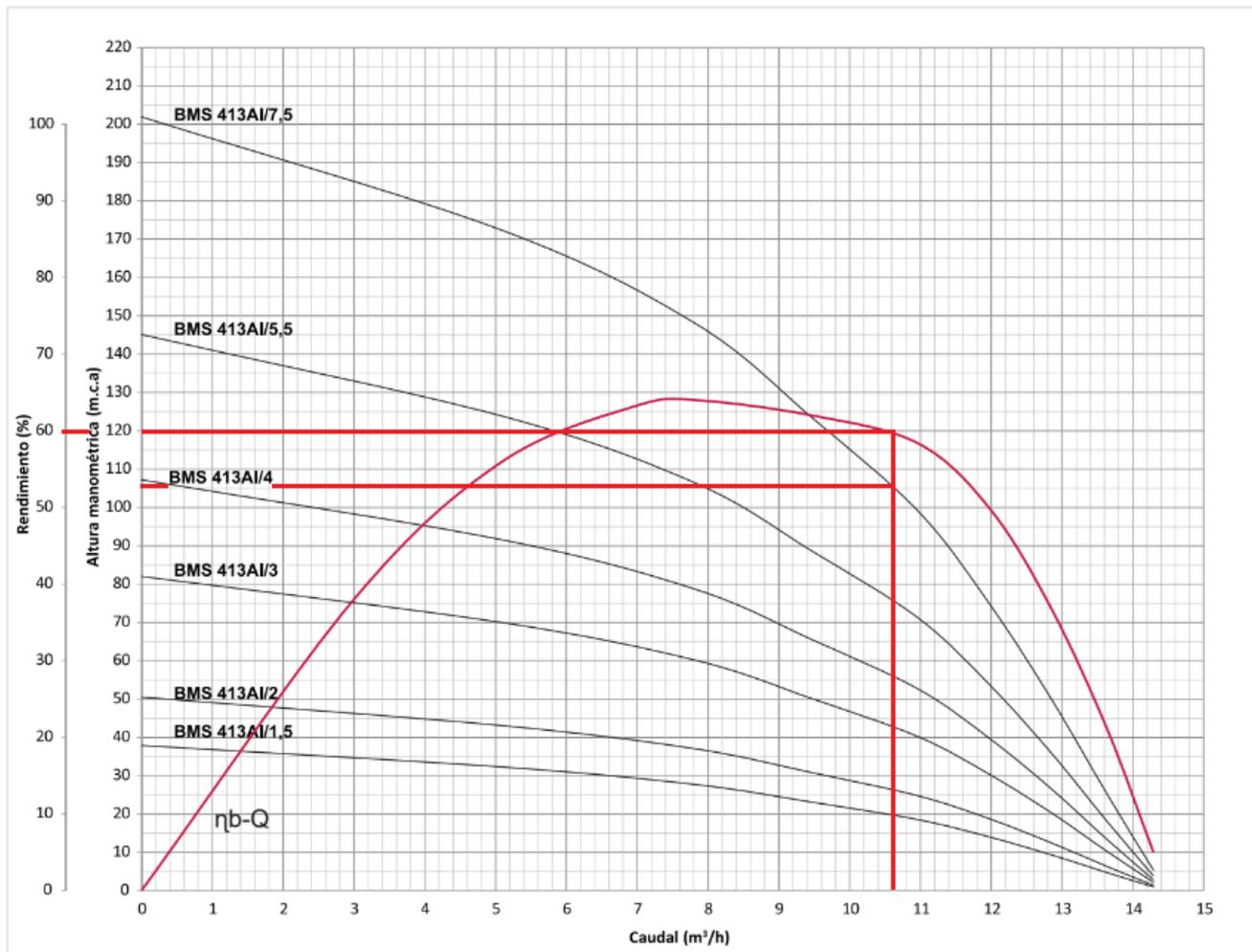


Figura 5.38 Rendimiento Bomba final

**Condiciones finales de operaciones:**

**Caudal = 10,6 m<sup>3</sup>/h**

**Rendimiento= 60%**



## CURVA DEL SISTEMA

La curva del sistema visualiza de manera gráfica la cantidad de altura necesaria para transportar el fluido a través del sistema planificado. Esta curva toma en cuenta las pérdidas de presión de todos los componentes necesarios en diferentes caudales dentro del sistema, así como la altura estática.

Tabla 5.15. Pérdidas del sistema.

Caudal [m <sup>3</sup> /h]	en [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>tot</sub>
0,5	0,0001	90,11
1	0,0003	90,23
2	0,0006	90,47
5	0,0014	95,23
6	0,0017	97,13
7	0,0019	98,52
8	0,0022	100,50
9	0,0025	102,80
10	0,0028	105,38
11	0,0031	108,35
12	0,0033	110,41
13	0,0036	113,69
14	0,0039	117,54
15	0,0042	120,76

Es importante entender la curva del sistema al diseñar o analizar un sistema de bombeo, ya que proporciona información valiosa sobre cómo la bomba responderá a diferentes condiciones de operación y cómo se puede optimizar el rendimiento.

Al superponer la curva del sistema con la curva de rendimiento de la bomba, se podrán tomar decisiones informadas sobre la selección y el funcionamiento de las bombas en función de las necesidades específicas del sistema.

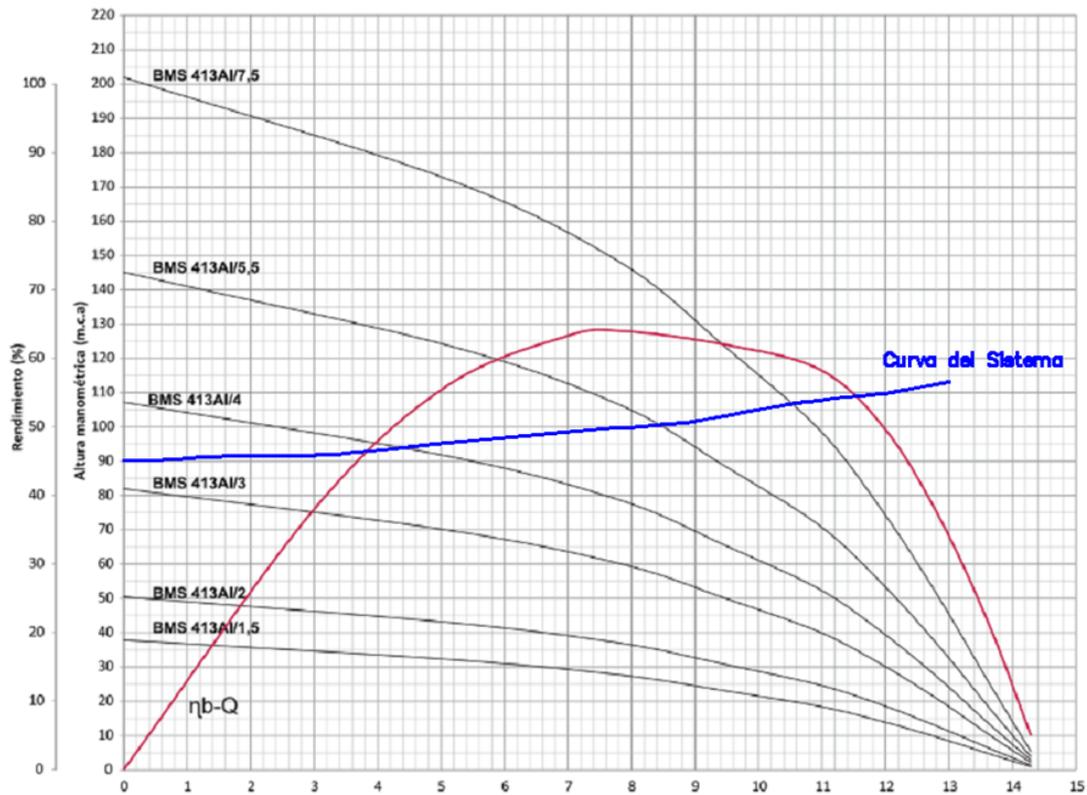


Figura 5.39 Curva del sistema

Por lo que podemos observar, es que a partir de la curva del sistema podemos observar el punto de operación de todos los tipos de bomba y concluir que la preselección de la bomba BMS 413/7,5 es la más adecuada para esta situación.

#### 5.2.4. Bomba de impulsión

En esta sección, procederemos a explorar en detalle los cálculos y diseños fundamentales del sistema de bombeo que conecta la planta de bombeo del pozo con los tanques de la planta principal. Estos cálculos y diseños son esenciales para garantizar un suministro de agua eficiente y confiable desde la fuente subterránea hasta el sistema de almacenamiento principal.

Si bien la altura de bombeo vertical se limita prácticamente a los 5 metros correspondientes a la altura del tanque, es de vital importancia evaluar y determinar la distancia horizontal de bombeo. A pesar de la falta de una elevación vertical significativa, la distancia horizontal juega un papel crítico en el diseño del sistema de bombeo. La determinación de la distancia horizontal adecuada es esencial para seleccionar la bomba apropiada y garantizar la eficiencia y el rendimiento óptimos del sistema.

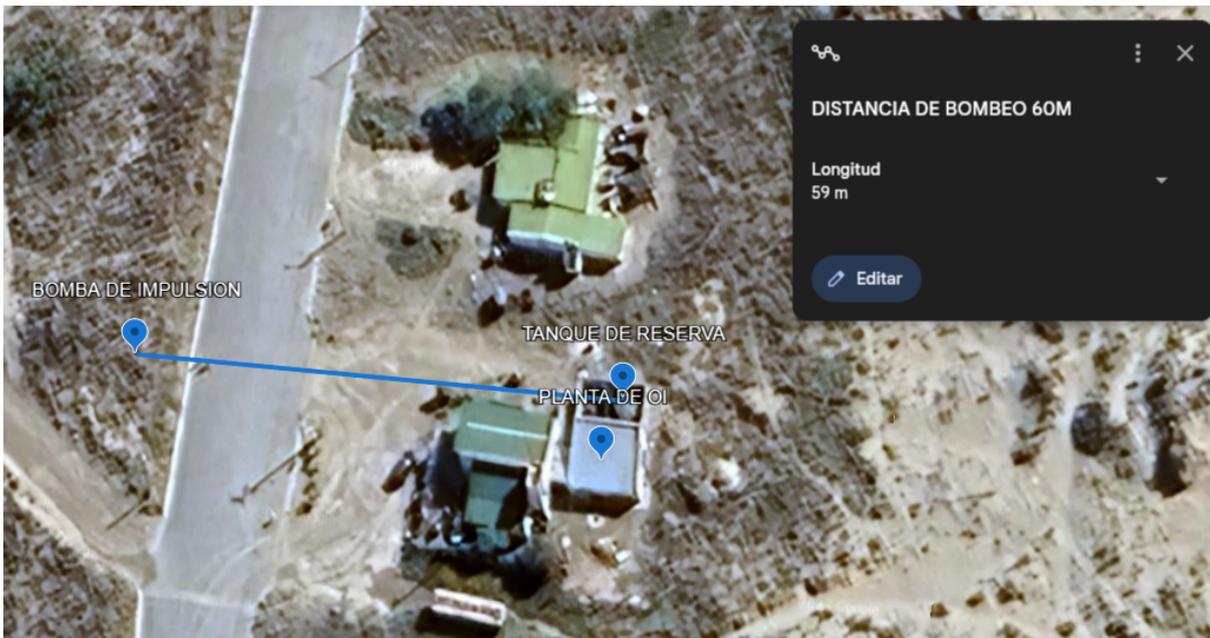


Figura 5.40. Distancia entre tanques

En este contexto, la distancia horizontal de bombeo de 60 metros se convierte en un factor central en la selección de la bomba. A pesar de que no hay una elevación vertical considerable que supere la altura del tanque, la bomba debe ser capaz de superar esta distancia para transportar el líquido desde su fuente hasta el punto de destino.



La elección de una bomba que pueda manejar eficazmente la distancia horizontal requerida es crucial para asegurar que el sistema funcione de manera eficiente y confiable.

Para bombear 8 metros cúbicos por hora ( $8 \text{ m}^3/\text{h}$ ) a una distancia de 60 metros al mismo nivel del suelo, deberías considerar una bomba centrífuga. Las bombas centrífugas son una opción común para aplicaciones de bombeo de líquidos a presiones moderadas y distancias moderadas.

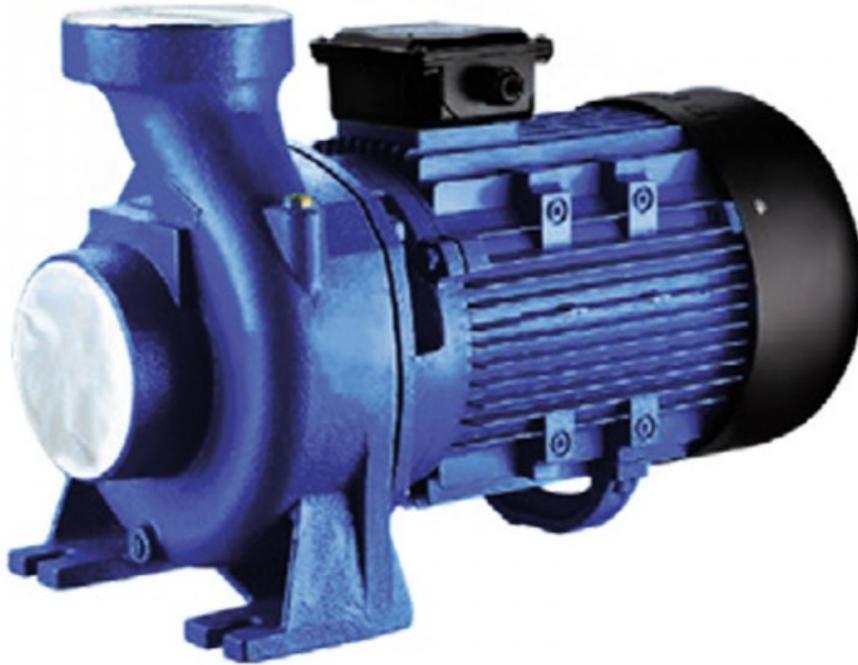


Figura 5.41. Bomba de Alto Caudal

#### Descripción del Producto

#### Datos de diseño:

- Fluido a transportar: Agua a Tratar.
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Caudal de bombeo  $> 10 \text{ m}^3/\text{h}$
- Bombeo a una distancia horizontal de aproximadamente 60m
- Salida y entrada de 2"
- Bomba centrífuga convencional trifásica



La línea de electrobombas centrífugas de está diseñada para brindar prestaciones hidráulicas de gran caudal en relación a alturas manométricas medio-bajas. Por los altos caudales que proporcionan y la posibilidad de un uso continuo, hacen ventajoso su empleo en trasvases, riegos por inundación, bombeo de agua de lagos, ríos y pozos.

### Curva de rendimiento de bomba de impulsión

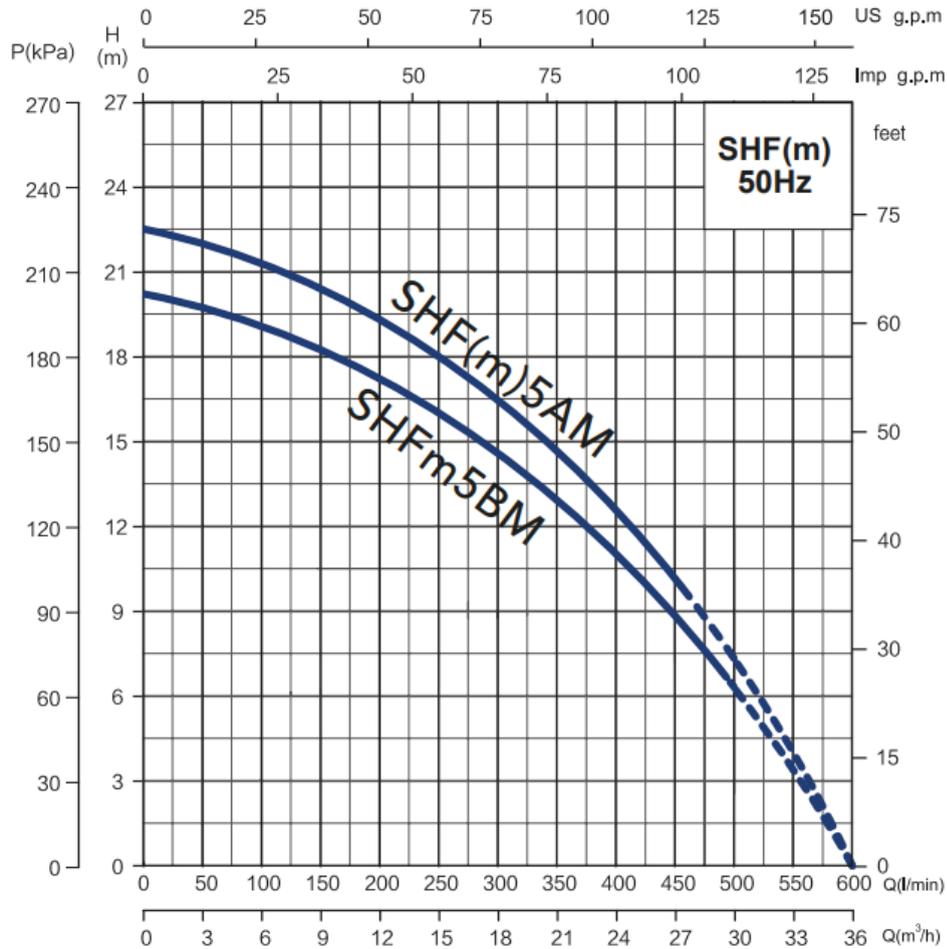


Figura 5.42. curva de rendimiento de bomba de impulsión



A continuación podemos observar la selección de la bomba SHF 5AM, siendo esta la de menor consumo para verificar que cumpla con los datos de diseño

Tabla 5.15.

**TABLA DE RENDIMIENTO**

Modelo	Potencia		Voltaje	Caudal (L/H)	Máxima Altura	Rango Altura (M)	Máxima Succión	Dimensiones (MM)	Peso
	HP	KW							
SHF M5MB	1.5	1.1	220	36000	20.2	7 - 20.2	7	425 x 250 x 290	22
SHF 5AM	2	1.5	380	36000	22.5	10 - 22,5	7	425 x 250 x 290	20
SHF 6A	3	2	380	78000	18.5	8 - 18,5	7	460 x 285 x 345	31

Se tendrán en cuenta para los siguientes cálculos las propiedades específicas del agua a bombear. A 26 grados Celsius, los valores típicos de densidad, viscosidad cinemática y gravedad específica del agua son los siguientes

**Entonces si recordamos las propiedades del agua:**

	Densidad	Visc. Cin [m3/s]	G [m/s2]
a 26°	996,6	0,000000875	9,8

Definimos los valores iniciales de la instalación

Tabla 5.16. Valores iniciales Bombeo de impulsión

<b>Qo</b>	<b>14</b>	<b>m3/h</b>
	<b>0,0039</b>	<b>m3/seg</b>
<b>D</b>	<b>2,00</b>	<b>"</b>
	<b>50,00</b>	<b>mm</b>
<b>e</b>	<b>2,00</b>	
<b>A</b>	<b>0,002</b>	<b>m2</b>
<b>V</b>	<b>1.98</b>	<b>m/seg</b>



Entonces si definimos la altura de elevación hasta el tanque de la planta general como “Ha” y la distancia horizontal de 63m, “Dist”

Tabla 5.17. Distancias iniciales

<b>Ha</b>	<b>6</b>	<b>m</b>
<b>Dist</b>	<b>63</b>	<b>m</b>

Una vez obtenido estos valores podemos continuar a calcular las pérdidas en las cañerías, Tramo por Tramo.

Tabla 5.18. Pérdidas Primarias

Pérdidas Primarias									
	Long [m]	D [m]	Vel [m/s]	Lambda	Reynolds	k [m]	k/D	Caudal [m3/h]	Hrpri [m]
<b>Tramo 1 - 2</b>	69	0,046	2,3	0,026	1,23E+05	0,000013	0,0003	14	10,9

Primero es importante detallar la cantidad de accesorios y su índice de pérdidas de presión o carga hidráulica.

Tabla 5.19. Coeficientes artefactos

Coef. Seg z	Accesorio	Cantidad	$\sum$ Coef. Seg z
0,9	Codo de radio corto	7	6,3
0,3	Unión	2	0,6
0,2	Válvula de Compuerta	2	0,4
			7,3



A continuación, se desarrollan los cálculos de las pérdidas secundarias de la instalación: Cada accesorio impacta de manera única en la resistencia del flujo y su coeficiente de pérdida de presión.

Tabla 5.20. Pérdidas Secundarias

<b>Pérdidas Secundarias</b>				
	$\Sigma$ Coef. Seg z	Velocidad [m/s]	Diámetro [m]	Hrseg [m]
<b>Accesorios</b>	<b>7,3</b>	<b>1,98</b>	<b>0,046</b>	<b>1,46</b>

Ahora una vez discriminado lo anterior se puede proceder a calcular las pérdidas secundarias.

Tabla 5.21. Pérdidas Totales

<b>Pérdidas totales</b>		
<b>Primarias</b>	<b>10,90</b>	<b>m</b>
<b>Secundarias</b>	<b>1,5</b>	<b>m</b>
<b>Totales</b>	<b>12,4</b>	<b>m</b>

Recordamos la fórmula para el cálculo total de la altura requerida de la bomba es la siguiente:

$$\text{Altura Total} = \text{Pérdidas Primarias} + \text{Pérdidas Secundarias} + \text{Altura de Bombeo}$$

Tabla 5.22. Altura Total

<b>Altura total</b>		
<b>Altura piezométrica</b>	<b>6</b>	<b>m</b>
<b>Altura Pérdidas</b>	<b>12,4</b>	<b>m</b>
<b>Altura Total</b>	<b>18,4</b>	<b>m</b>



Para finalizar se reafirma con los últimos datos de altura hidráulica las condiciones de operación de la bomba y su rendimiento.

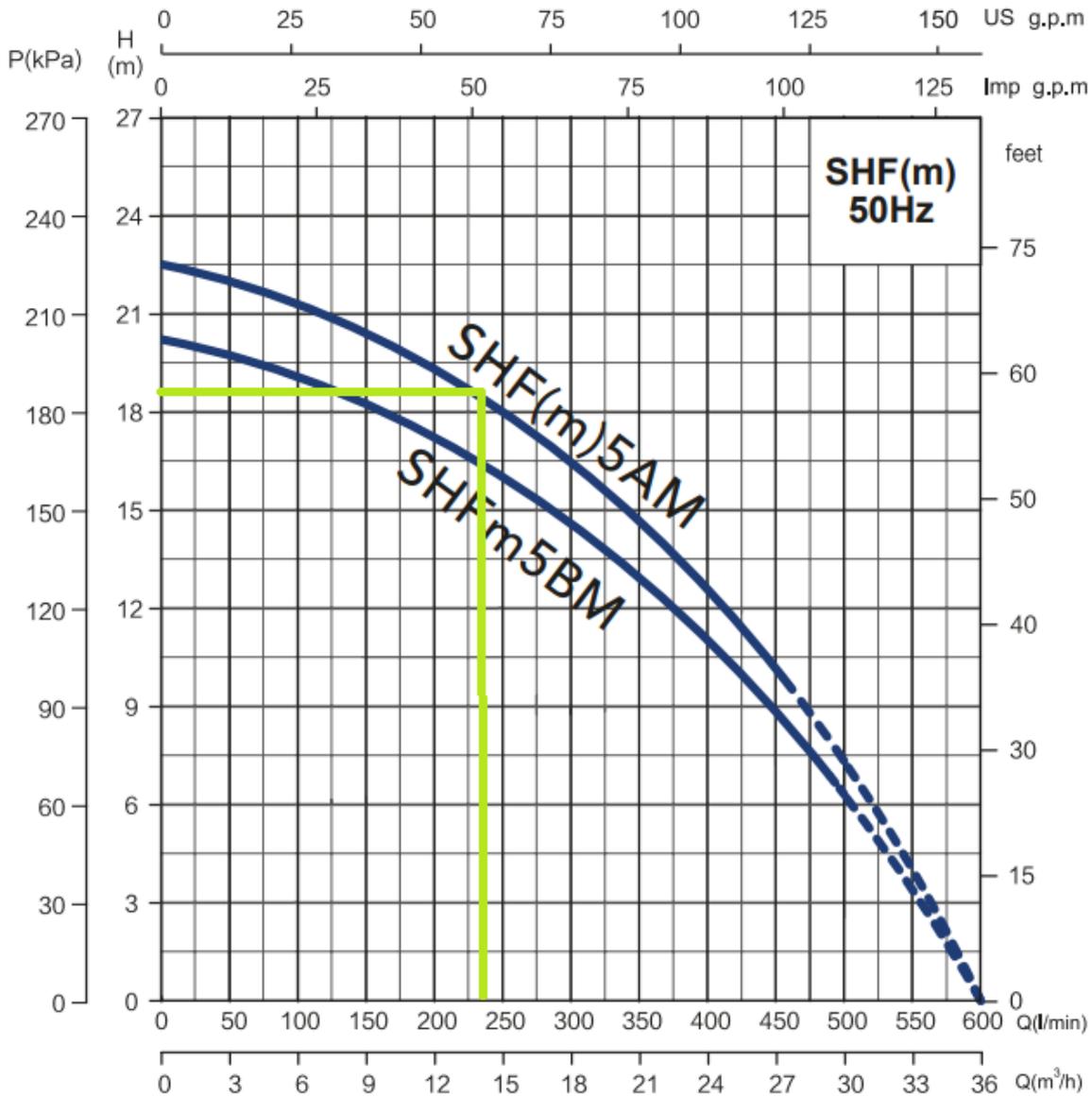


Figura 5.43. Rendimiento final bomba de impulsión



## Base de Bomba

Diseñar una base adecuada para una bomba es un proceso crítico en la ingeniería de sistemas de bombeo, y requiere un conocimiento detallado de las medidas y partes específicas de la bomba en cuestión.

### DIMENSIONES Y PESO

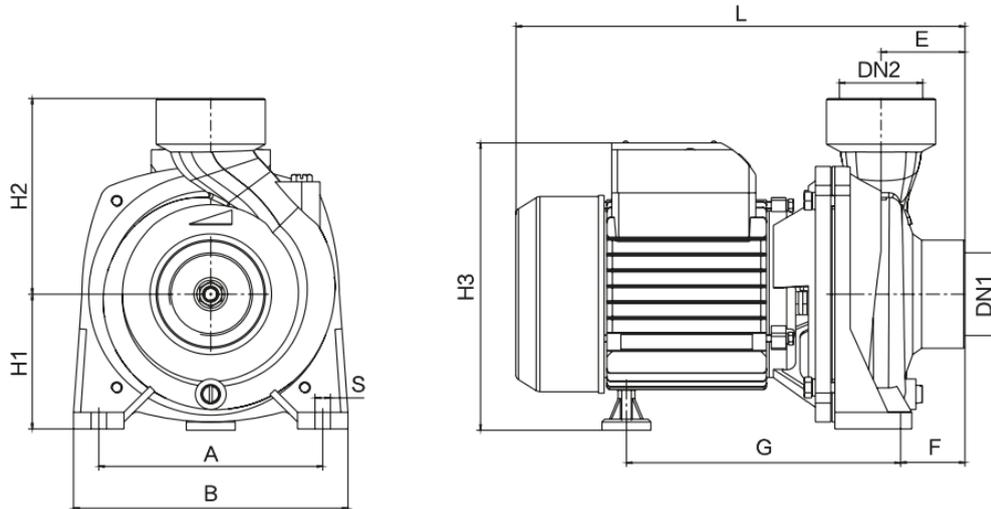


Figura 5.44. Bomba de impulsión dimensiones.

Un conocimiento detallado de las medidas y partes de una bomba es esencial para diseñar una base que no solo proporcione un soporte físico adecuado, sino que también considere aspectos como mantenimiento, alineación, vibraciones y resistencia a la corrosión.

### COMPONENTES Y MATERIALES

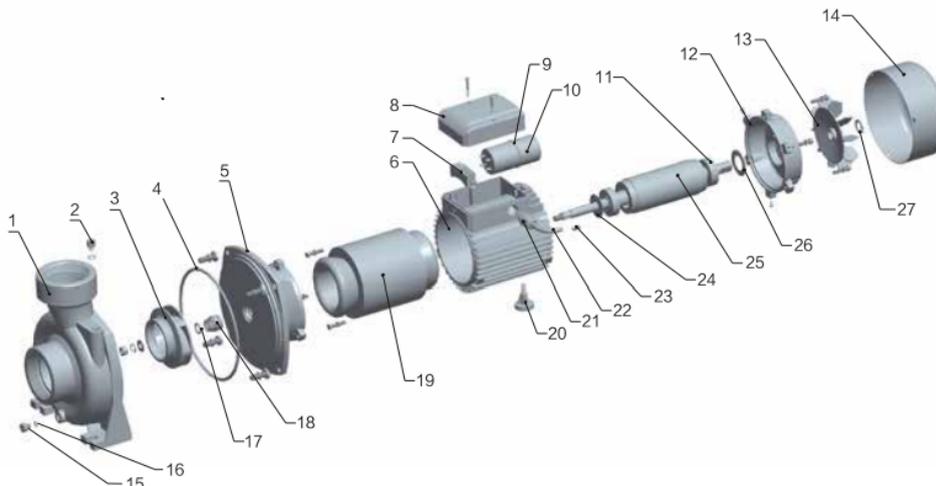


Figura 5.45. Bomba de impulsión despiece



Una base sólida proporciona estabilidad a la bomba, evitando vibraciones excesivas y movimientos no deseados. Además, la nivelación adecuada es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo de la bomba y prevenir desgastes irregulares.

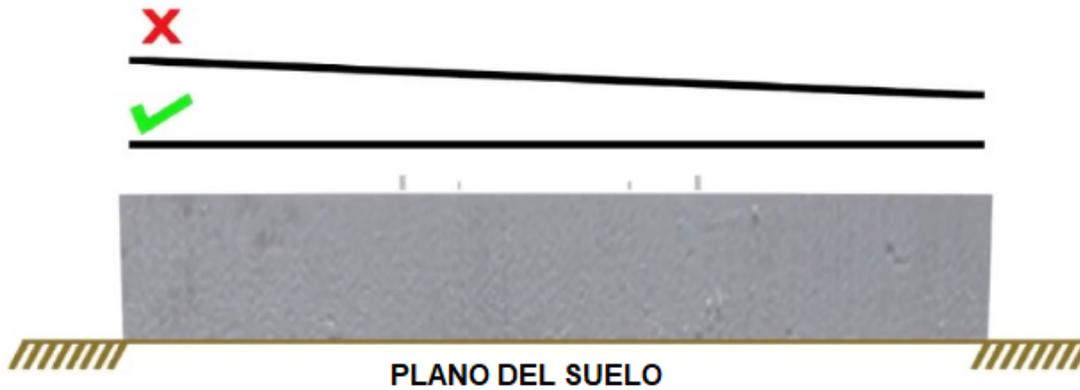
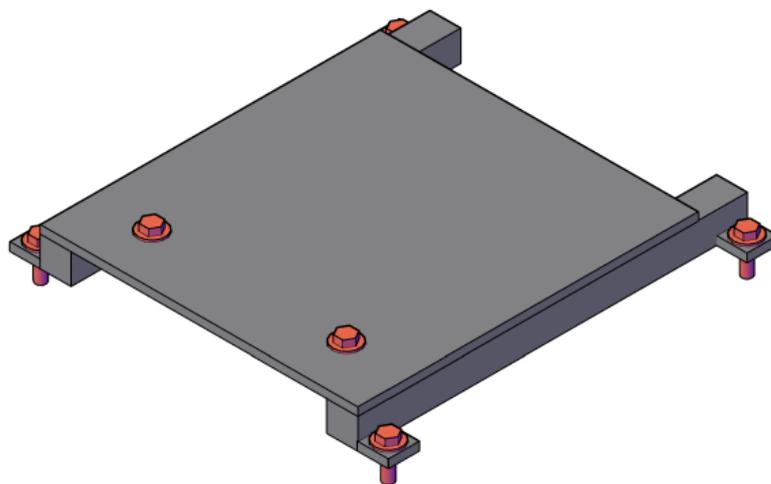


Figura 5.46. Nivel base de bomba

Una base bien diseñada y construida ayuda a absorber vibraciones, reduciendo así el nivel de ruido producido por la operación de la bomba. Esto es especialmente importante en entornos donde se valora la eficiencia y la comodidad acústica.

Elevar la bomba centrífuga sobre el suelo mediante una base adecuada ayuda a protegerla contra la corrosión y la entrada de contaminantes del entorno circundante, como agua estancada, sedimentos y sustancias químicas.



Perspectiva – Base de Bomba Centrífuga

Figura 5.47 Base de bomba



### 5.3. ESTRUCTURA

Encamisado.

Datos de diseño:

- Diámetro interno 100mm
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Fácil montaje
- Fácil acceso comercial

#### **PVC (Policloruro de vinilo):**

El PVC es una opción popular para pozos de menor profundidad y diámetro estrecho como el que mencionas. Es un material no corrosivo, ligero y fácil de instalar. Se utiliza comúnmente en pozos de agua domésticos y agrícolas.



Figura 5.48. Caño PVC 110mm

Para el presente proyecto se plantea la implementación de **PVC** para el encamisado del pozo. Esta decisión se basa en las siguientes razones:



- Resistencia a la Corrosión: El PVC es conocido por su resistencia a la corrosión, lo que lo hace especialmente adecuado para entornos con agua subterránea y suelos que pueden contener elementos corrosivos. Al utilizar PVC, se minimiza la preocupación por la degradación del material con el tiempo.
- Facilidad de Instalación: El PVC es un material liviano y fácil de manejar, lo que simplifica la instalación en comparación con materiales más pesados como el acero. Esto puede reducir el tiempo y los costos de instalación, así como la necesidad de equipo pesado.
- Durabilidad: A pesar de su peso ligero, el PVC es duradero y puede soportar las condiciones de un pozo de 80 metros de profundidad. Proporciona una vida útil razonablemente larga sin comprometer la integridad del pozo.
- Costo Asequible: El PVC tiende a ser una opción más económica en comparación con materiales como el acero o el concreto. Esto puede ayudar a mantener los costos del proyecto dentro del presupuesto.
- Buen Comportamiento en Pozos de Diámetro Estrecho: Para pozos de 100 mm de diámetro, el PVC es una opción lógica debido a su facilidad de ajuste en espacios reducidos, lo que permite la perforación de pozos más delgados sin sacrificar la calidad y la eficiencia del pozo.

Selección de entre los productos que se pueden acceder en el mercado

DN (mm)	Código	L (mm)	S (mm)
40 x 4 m	0113	400	3.2
5 x 4 m	0114	400	3.2
63 x 4 m	0115	400	3.2
110 x 4 m	0126	400	3.2
110 x 3 m	0127	300	3.2
160 x 4 m	0155	400	3.2
200 x 4 m	0156	400	3.2
110 x 4 m pluvial	0139	400	2.2

Figura 5.49. Catálogo Caños PVC



## SOPORTE CABLE DE ACERO GALVANIZADO

Datos de diseño:

- Resistencia de al menos 90 Kg de peso
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Fácil montaje
- Fácil acceso comercial

Es fundamental contar con personal capacitado y experimentado en la instalación y manejo de bombas de pozo. La conexión del cable de acero a la bomba debe realizarse con cuidado para garantizar la seguridad y el funcionamiento eficiente del sistema de bombeo.

Para determinar los dos cables de acero necesarios para sostener la bomba junto a la instalación, primero debemos calcular la suma de los posibles pesos de todas las variables involucradas.



Figura 5.50. Rollo Cable de Acero Galvanizado

El cable de acero galvanizado es un componente esencial para asegurar la bomba. Debe estar dimensionado y conectado de manera adecuada para soportar la carga de la bomba y otros equipos asociados.



Cálculo de la Suma de Pesos de Todas las Variables:

1. Peso de la Cañería:
2. Peso de la Bomba y la Instalación:
3. Peso del agua en el pozo: Dado que estás extrayendo agua de un pozo profundo, también debes tener en cuenta el peso del agua que se encuentra en el pozo.
4. Peso del propio cable.

En la parte superior de la bomba de pozo, generalmente hay una estructura de enganche, a menudo en forma de ojal o un punto de anclaje, que se utiliza para conectar el cable de acero. Este enganche puede ser parte integral de la bomba o un componente adicional que se instala en la parte superior de la bomba.



Figura 5.51. Ojal de electrobomba para cable de acero



Para conectar el cable de acero a la bomba, se utiliza comúnmente un grillete o una abrazadera de elevación. Estos componentes proporcionan un punto de conexión seguro y confiable entre el cable y la bomba.



Figura 5.52. Grillete

#### PESO DE COLUMNA DE AGUA

Para calcular el peso de la columna de agua en una cañería vertical de 90 metros de altura y 46 mm de diámetro, podemos utilizar la fórmula de la presión hidrostática:

$$\text{Presión hidrostática (P)} = \text{Densidad del fluido } (\rho) \times \text{Gravedad (g)} \times \text{Altura (h)}$$

Donde:

- P es la presión hidrostática en Pascales (Pa).
- $\rho$  es la densidad del agua, que es aproximadamente  $1000 \text{ kg/m}^3$ .
- g es la aceleración debida a la gravedad, que es aproximadamente  $9.81 \text{ m/s}^2$ .
- h es la altura en metros (en este caso, 90 metros).

Primero, necesitamos convertir el diámetro de la cañería a metros:

$$\text{Diámetro (d)} = 46 \text{ mm} = 0.046 \text{ metros}$$

Ahora, podemos calcular la presión hidrostática:

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 90 \text{ metros} \approx 88,290 \text{ Pascales (Pa)}$$



Para encontrar el peso de la columna de agua, necesitamos multiplicar la presión hidrostática por el área de la sección transversal de la cañería (considerando que la sección es circular):

$$\text{Área (A)} = \pi \times (\text{radio})^2$$

El radio es la mitad del diámetro, es decir,  $0.046/2 = 0.023$  metros.

$$A = \pi \times (0.023 \text{ metros})^2 \approx 0.00166 \text{ metros cuadrados}$$

Ahora, podemos calcular el peso de la columna de agua:

$$\text{Peso} = \text{Presión} \times \text{Área}$$

$$\text{Peso} = 88,290 \text{ Pa} \times 0.00166 \text{ m}^2 \approx 146.89 \text{ Newtons (N)}$$

El peso de la columna de agua en una cañería vertical de 90 metros de altura y 46 mm de diámetro es aproximadamente 146.89 Newtons.

#### VERIFICACIÓN

Una vez que se determine el peso total de la carga, se procederá a dimensionar adecuadamente los cables de acero, teniendo en cuenta factores de seguridad y las capacidades de carga del material del cable que se planea utilizar.

Tabla 5.23. Peso de los equipos y elementos involucrados

	Peso (Kgf)	Peso (N)
<b>Bomba</b>	20,1	196,98
<b>Columna de Agua</b>	15	147
<b>Caños y accesorios</b>	45	441
<b>Cable de acero</b>	9	88,2
<b>TOTAL</b>	<b>89,1</b>	<b>873,18</b>



El factor de seguridad (FS) se calcula dividiendo la resistencia del cable de acero galvanizado por el peso de la instalación.

Diámetro	Masa aprox.	Grado 120 (daN/mm <sup>2</sup> )	
		[kN]	[t]
[mm]	[Kg/m]		
1,20	0,007	-	-
1,50	0,011	-	-
3,00	0,045	6,4	0,7

Figura 5.53. Resistencia cable de Acero

La fórmula general para el cálculo del factor de seguridad es:

$$FS = (\text{Resistencia del Material}) / (\text{Carga o Fuerza Aplicada})$$

En este caso, la resistencia del cable de acero galvanizado es de 6.7 kN (kilonewtons), que debemos convertir a newtons (N) para que las unidades sean coherentes con la carga de la instalación. Un kilonewton es igual a 1000 newtons.

$$6.7 \text{ kN} = 6.7 \times 1000 \text{ N} = 6700$$

Ahora podemos calcular el factor de seguridad:

$$FS = 6700 \text{ N} / 874 \text{ N}$$

$$FS \approx 7.66$$

El factor de seguridad en este caso es aproximadamente 7.66. Esto significa que la resistencia del cable de acero galvanizado es aproximadamente 7.66 veces mayor que el peso de la instalación. Un factor de seguridad mayor a 1 indica que la instalación es segura, ya que la resistencia del cable es significativamente mayor que la carga que debe soportar. En este caso, el factor de seguridad es bastante alto, lo que es positivo en términos de seguridad.



## TANQUE DE RESERVA DE AGUA

Datos de diseño:

- Capacidad de almacenamiento 25.000l
- Resistencia a la corrosión y al deterioro físico.
- Fácil montaje
- Fácil acceso comercial

Para determinar el tamaño adecuado del tanque de reserva, primero se debe considerar el flujo de agua que la bomba está suministrando y cuánto tiempo deseas que el tanque de reserva suministre agua sin ser rellenado.

Dado que la bomba está bombeando 10 metros cúbicos por hora (10 m<sup>3</sup>/h), es posible calcular la cantidad de agua que se bombea en una hora. Sin embargo, para calcular el tamaño del tanque de reserva en litros, es conveniente convertir lo anterior a litros por hora.

1 metro cúbico (m<sup>3</sup>) es igual a 1,000 litros. Entonces, 10 m<sup>3</sup>/h es igual a 10.000 litros por hora.

Ahora, si deseas que el tanque de reserva te proporcione, por ejemplo, 5 horas de agua en caso de que la bomba falle o haya un problema de suministro, se procede a multiplicar el flujo de agua (10,000 litros/hora) por el tiempo deseado (5 horas):

litros/hora x 5 horas = 50,000 litros.

Por lo tanto, para tener 5 horas de suministro de agua de reserva con una bomba que bombea 10 m<sup>3</sup>/h, se precisara un tanque de reserva de al menos 50,000 litros, o 50 metros cúbicos.

Pero en nuestro caso de estudio, dado que ya se cuenta con un tanque de reserva con una capacidad considerable, no será necesario instalar un tanque adicional, a menos. La capacidad de 25,000 litros debería ser adecuada para la mayoría de las situaciones.

Al momento de determinar el tanque de agua de 25,000 litros, hay varias opciones de tipos y materiales disponibles. La elección del tipo y material dependerá las necesidades específicas y del entorno en el que se utilizará el tanque. Aquí algunas opciones comunes:



1. Tanque de Almacenamiento de Polietileno (PE):
  - Material: Polietileno de alta densidad (HDPE).
  - Ventajas: Ligero, resistente a la corrosión, fácil de instalar y mantener, adecuado para aplicaciones de agua potable.
  - Uso: Ampliamente utilizado en aplicaciones de agua potable, almacenamiento de agua en agricultura y aplicaciones industriales.
  
2. Tanque de Fibra de Vidrio Reforzado con Plástico (FRP):
  - Material: Fibra de vidrio reforzado con resina epoxi o poliéster.
  - Ventajas: Ligero, resistente a la corrosión, duradero, no conductor, adecuado para una variedad de líquidos.
  - Uso: Comúnmente utilizado en aplicaciones industriales y de tratamiento de agua.
  
3. Tanque de Acero Inoxidable:
  - Material: Acero inoxidable (generalmente acero inoxidable 304 o 316).
  - Ventajas: Duradero, resistente a la corrosión, adecuado para aplicaciones de agua potable y líquidos químicos.
  - Uso: Ampliamente utilizado en aplicaciones de agua potable, industria alimentaria y farmacéutica.
  
4. Tanque de Hormigón o Concreto:
  - Material: Hormigón o concreto prefabricado.
  - Ventajas: Robusto, duradero, adecuado para aplicaciones de gran capacidad.
  - Uso: Utilizado en aplicaciones de gran capacidad como el almacenamiento de agua municipal y proyectos de construcción.



En nuestro caso de estudio el cual se necesita almacenar agua con sólidos disueltos y en suspensión, la elección entre un tanque vertical y uno horizontal dependerá de varios factores. A continuación, se detallan algunas consideraciones a tener en cuenta en la elección del tipo de tanque a disponer:

- Tanque Vertical:
  - Mayor capacidad de almacenamiento en altura.
  - Puede ser adecuado para líquidos que tienden a sedimentar ya que los sólidos tienden a asentarse en el fondo del tanque vertical.
  - Puede ser más eficiente en cuanto a espacio si tienes espacio vertical disponible.
  - La limpieza y el drenaje pueden ser más desafiantes en un tanque vertical.
  
- Tanque Horizontal:
  - Facilita la mezcla y agitación de líquidos con sólidos en suspensión.
  - Puede ser más fácil de limpiar y drenar debido a su forma horizontal.
  - Tiene una capacidad de almacenamiento limitada en comparación con tanques verticales de tamaño similar.
  - La sedimentación de sólidos puede ser menos eficiente en un tanque horizontal.

Debido a que la sedimentación de sólidos es un aspecto importante durante el proceso, un tanque vertical puede ser preferible, ya que los sólidos tienden a asentarse en el fondo de un tanque vertical.

Es por esto que denominamos al tanque de Polietileno de reserva de 25.000l con el TAG:TQ006

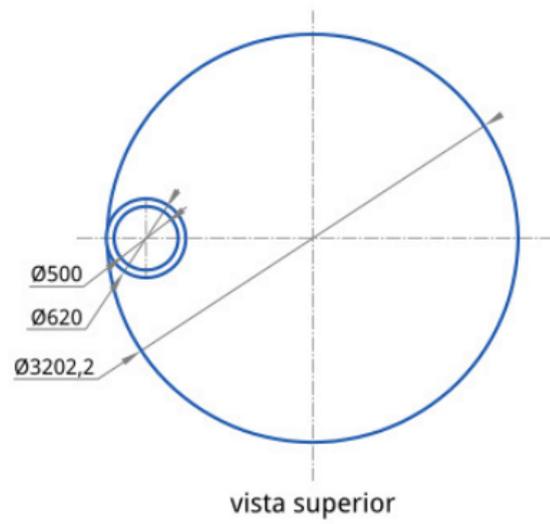


Figura 5.54. Tanque 25000 I VS

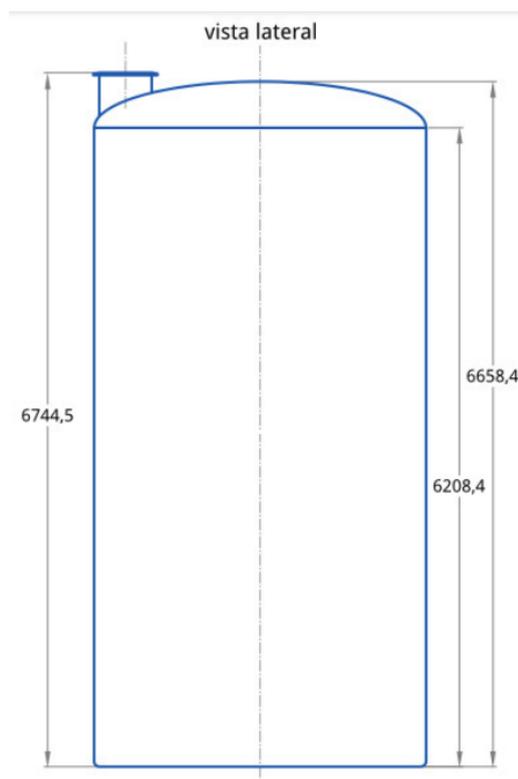


Figura 5.55. Tanque 25000 I VI



## 5.4. AUTOMATIZACIÓN

### 5.4.1. Instrumentación y control

#### SELECCIÓN DE PLC

Analizando los distintos factores es que se opta por la selección del PLC Siemens S7-1200 para la automatización. Cuya fundamentación se detalla a continuación.



Figura 5.56. PLC SIEMENS

La automatización de plantas de ósmosis inversa representa un paso fundamental para mejorar la eficiencia operativa y garantizar un control preciso de los procesos involucrados. En este contexto, la selección del controlador programable (PLC) juega un papel esencial en la implementación exitosa de sistemas automatizados.

Criterios de Selección:

Rendimiento y Velocidad de Procesamiento:



La robustez y la velocidad de procesamiento del PLC son críticas para gestionar los complejos algoritmos y el control preciso requerido en la planta de ósmosis.

#### Conectividad y Comunicación:

La capacidad del PLC para integrarse con otros dispositivos y sistemas, así como su compatibilidad con protocolos de comunicación estándar, se consideran factores clave para facilitar la interoperabilidad en la planta.

#### Facilidad de Programación:

La interfaz de programación y la facilidad de desarrollo son elementos esenciales. La plataforma de programación del Siemens S7-1200 ofrece un entorno de desarrollo intuitivo que simplifica la creación y el mantenimiento de código.

#### Entradas/Salidas (E/S) y Capacidad de Expansión:

Evaluar la cantidad y tipos de E/S necesarios para monitorear y controlar los dispositivos en la planta. Además, considerar la capacidad de expansión del PLC para adaptarse a futuras mejoras o modificaciones en el sistema.

#### Durabilidad y Condiciones Ambientales:

La planta de ósmosis puede estar expuesta a condiciones ambientales desafiantes. Seleccionar un PLC robusto y resistente que pueda soportar condiciones adversas es esencial para garantizar la fiabilidad a largo plazo.

#### Razones para la Elección del PLC Siemens S7-1200:

##### Tecnología Avanzada:

El Siemens S7-1200 incorpora tecnología de punta que cumple con los requisitos avanzados de automatización y proporciona un rendimiento confiable en entornos industriales.

##### Escalabilidad:

La capacidad de escalabilidad del S7-1200 permite adaptarse fácilmente a los cambios en los requisitos de la planta, asegurando una inversión a largo plazo.

##### Integración Sin Problemas:

La amplia conectividad del PLC con otros dispositivos y sistemas permite una integración sin problemas en el entorno de la planta de ósmosis.



Soporte Técnico y Actualizaciones:

Siemens, como fabricante reconocido, proporciona un sólido soporte técnico y actualizaciones continuas que respaldan la fiabilidad y el rendimiento del PLC a lo largo del tiempo.

Conclusión:

La selección del PLC Siemens S7-1200 se fundamenta en un análisis exhaustivo de los requisitos de automatización de la planta de ósmosis. Este controlador programable proporciona la combinación perfecta de rendimiento, conectividad y escalabilidad necesaria para optimizar la eficiencia operativa y garantizar un control preciso en todas las fases del proceso de ósmosis inversa.

#### **5.4.2. Lenguaje de programación**

La programación en Ladder, también conocida como lenguaje de programación en escalera, es un enfoque gráfico utilizado comúnmente en la programación de controladores lógicos programables (PLC). La justificación para utilizar la programación en Ladder se basa en varias ventajas que ofrece, especialmente en entornos industriales y de automatización. Aquí hay algunas razones clave para justificar la programación en Ladder:

Intuitividad Visual:

La programación en Ladder utiliza símbolos gráficos que representan elementos de control y lógica, como bobinas, contactos y temporizadores. Esto facilita la comprensión visual del flujo del programa, haciéndolo intuitivo para ingenieros y técnicos.

Representación de Lógica de Contactos:

Ladder se asemeja a los esquemas eléctricos tradicionales con contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados. Esto facilita la representación directa de la lógica de control en términos de circuitos eléctricos, lo que resulta familiar para aquellos con experiencia en electrónica.

Facilidad de Diseño y Modificación:

La naturaleza gráfica de Ladder facilita el diseño y la modificación del código. Los elementos se pueden organizar en una estructura visual que refleje directamente la lógica de control del sistema, simplificando la creación y el mantenimiento del programa.



#### Depuración Sencilla:

La programación en Ladder facilita la identificación rápida de problemas y errores. Los símbolos gráficos y la estructura en forma de escalera hacen que sea más fácil seguir el flujo del programa y detectar posibles problemas durante la fase de depuración.

#### Estructuras de Control Claras:

Ladder proporciona estructuras de control claramente definidas, como bobinas y contactos, que se utilizan para representar funciones lógicas y secuenciales. Esto simplifica la implementación de lógica de control compleja mediante una representación gráfica clara.

#### Adaptabilidad a Lógica de Relés Tradicional:

Ladder tiene sus raíces en la lógica de relés tradicional, lo que hace que sea especialmente adecuado para sistemas que evolucionaron desde controladores basados en relés. Muchos ingenieros y técnicos están familiarizados con este enfoque.

#### Estándar en la Industria:

La programación en Ladder es un estándar ampliamente aceptado en la industria de automatización y control. Muchos PLCs y sistemas de control admiten este lenguaje, lo que facilita la portabilidad y la reutilización de código en diferentes entornos.

#### Documentación Clara:

La programación en Ladder proporciona una documentación visual clara del control del proceso. Los esquemas en forma de escalera son fáciles de entender y ayudan en la documentación y el análisis del sistema.

En resumen, la programación en Ladder es una elección justificada debido a su naturaleza gráfica e intuitiva, su adaptabilidad a la lógica de relés tradicional, su amplio uso en la industria y su facilidad para el diseño, la depuración y la documentación en entornos de automatización industrial.



### 5.4.3. Interface

La implementación de un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para monitorizar una planta de ósmosis puede justificarse mediante diversos beneficios y mejoras operativas que este tipo de sistema ofrece. A continuación, se presentan algunas razones clave para confeccionar un sistema SCADA en el contexto de una planta de ósmosis:

#### Supervisión en Tiempo Real:

Un sistema SCADA permite la supervisión continua y en tiempo real de todos los aspectos del proceso de ósmosis. Esto proporciona a los operadores una visión completa de la planta, facilitando una toma de decisiones inmediata ante cualquier situación.

#### Optimización del Rendimiento:

La capacidad de monitorear constantemente variables clave, como la presión, el flujo y la calidad del agua, permite identificar oportunidades para optimizar el rendimiento de la planta. Puede contribuir a ajustes precisos que mejoren la eficiencia operativa.

#### Alertas y Alarmas Tempranas:

El sistema SCADA puede configurarse para generar alertas y alarmas automáticas en respuesta a condiciones anómalas o eventos críticos. Esto posibilita una respuesta inmediata y la implementación de medidas correctivas antes de que se produzcan problemas mayores.

#### Reducción de Costos de Operación:

La capacidad de identificar y abordar eficientemente problemas operativos puede contribuir a la reducción de costos asociados con mantenimientos no programados, tiempos de inactividad y consumo ineficiente de recursos.

#### Historial y Análisis de Datos:

El sistema SCADA almacena datos históricos detallados que pueden utilizarse para realizar análisis retrospectivos. Esto facilita la identificación de patrones, tendencias y la toma de decisiones informadas basadas en datos concretos.

#### Gestión Remota y Acceso Seguro:

La posibilidad de gestionar y supervisar la planta de ósmosis de forma remota ofrece flexibilidad operativa. Un sistema SCADA suele incorporar medidas de seguridad avanzadas para garantizar un acceso seguro y proteger contra amenazas cibernéticas.



#### Cumplimiento Normativo:

Muchas plantas de ósmosis deben cumplir con regulaciones y normativas específicas. Un sistema SCADA facilita la documentación y el cumplimiento normativo al proporcionar registros detallados y seguimiento de variables críticas.

#### Mejora de la Eficiencia Energética:

Monitorear y controlar activamente el consumo de energía en la planta puede llevar a la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética, reduciendo así los costos operativos y el impacto ambiental.

#### Integración con Sistemas Existentes:

Un sistema SCADA puede integrarse fácilmente con otros sistemas existentes en la planta, como sistemas de control de bombas, válvulas y equipos de filtrado. Esta integración proporciona una visión completa y coherente de la operación.

#### Mejora de la Confiabilidad y Disponibilidad:

Al anticiparse a problemas potenciales y realizar un mantenimiento preventivo basado en datos, un sistema SCADA contribuye a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de la planta, asegurando una operación continua.

En resumen, la implementación de un sistema SCADA para monitorizar una planta de ósmosis ofrece una serie de beneficios que van desde la optimización del rendimiento hasta la mejora de la confiabilidad operativa, lo que justifica su confección como una inversión estratégica para el control efectivo y eficiente del proceso de ósmosis.

## Simulación

En el marco de este proyecto, se ha explorado la posibilidad de implementar un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) como parte integral de la propuesta. Es fundamental destacar que la presente discusión se centra en una simulación de la implementación de un SCADA y no en el desarrollo completo y operativo de dicho sistema.



La simulación se ha diseñado con el propósito de demostrar la viabilidad y los beneficios potenciales de la integración de un SCADA en el contexto específico de este proyecto. A través de esta simulación, se pretende ofrecer una visión conceptual de cómo un SCADA podría interactuar con los diferentes elementos y procesos involucrados en nuestra propuesta.

Es crucial enfatizar que la simulación es una representación teórica y no implica la implementación práctica y operativa de un SCADA en el entorno real de este proyecto. La simulación sirve como una herramienta para visualizar el impacto y la eficacia potencial de un SCADA, pero no constituye un despliegue definitivo.

Es importante tener en cuenta que, dado que se trata de una propuesta, la simulación no aborda todos los detalles y desafíos operativos que podrían surgir en una implementación completa. En lugar de ello, se enfoca en proporcionar una perspectiva general y una evaluación inicial de cómo un SCADA podría contribuir al éxito y eficiencia de la propuesta presentada

### Esquema tipo SCADA de distribución de almacenamiento de planta

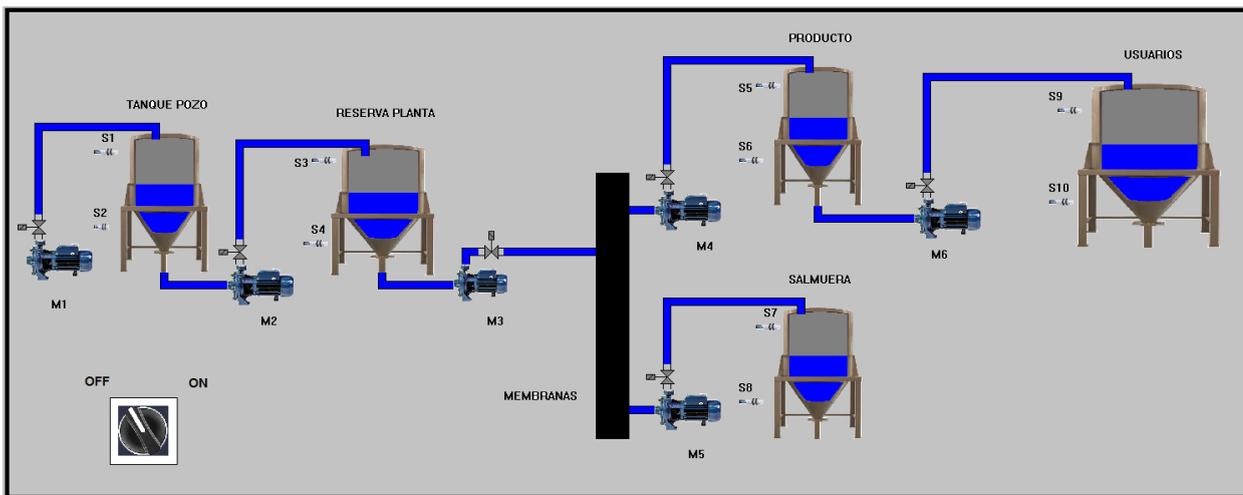


Figura 5.57. SCADA



El esquema realizado representa el circuito de llenado de tanques que abastecen y almacenan el agua a tratar, agua producto y el agua residuo. En el mismo se puede observar:

- M1, que representa la bomba eléctrica situada en el pozo.
- M2, representa la bomba situada en la salida del tanque de acumulación del pozo.
- M3, es la bomba que abastece la planta de osmosis.
- M4, bomba que representa salida de producto de planta de osmosis.
- M5, bomba que representa la dosificadora de anticrustante
- M6, representa la bomba que acumula producto en el tanque de reserva de usuarios.
- S1, sensor de nivel superior del tanque de pozo.
- S2, sensor de nivel inferior del tanque de pozo.
- S3, sensor de nivel superior del tanque de reserva de planta.
- S4, sensor de nivel inferior de tanque de reserva de planta.
- S5, sensor de nivel superior de tanque de producto.
- S6, sensor de nivel inferior de tanque producto.
- S7, sensor de nivel superior de tanque de salmuera (residuo).
- S8, sensor de nivel inferior de tanque de salmuera.
- S9, sensor de nivel superior de tanque de usuarios.
- S10, sensor de nivel inferior de tanque de usuarios.
- Llave on – off, que da inicio al sistema automático.



El sistema inicia en la toma cuando la bomba M1, se pone en marcha y llena el tanque de pozo. Este sistema cuenta con dos señales que dan marcha o detiene la bomba detallada, es decir cuando el S2 no detecta la presencia de Agua dará señal de inicio a la bomba M1, y cuando el sensor S1 detecte la presencia de agua dará señal de paro a la Bomba M1.

La bomba M2 tiene la función de enviar agua al tanque de reserva que se encuentra en la planta de osmosis para ser tratada. Para que inicie su función debe recibir una señal del tanque de pozo indicando que el mismo contiene agua para ser transportada, esta señal actúa como seguridad para que la bomba no funcione en vacío, luego con la señal enviada por el sensor S3 la bomba M2 se detendrá dando indicio que el tanque de reserva de planta se encuentra al máximo de su capacidad de almacenamiento.

Cuando la planta de ósmosis se encuentra en régimen de funcionamiento envía una señal SO1 la cual indica que la bomba M3 puede iniciar marcha para alimentar las membranas que realizarán el proceso de osmosis inversa, así mismo cuenta con una señal del S4 que indica si el tanque de reserva de planta cuenta con agua para alimentar las membranas de caso contrario la bomba no podrá dar marcha o se detendrá evitando su funcionamiento en vacío.

La planta enviará una señal SO2 lo cual indicará la marcha de la bomba M4, la cual se encarga de llenar el tanque que corresponde al almacenamiento de agua producto. Este sistema además cuenta con una señal enviada por el S5, que indica si el tanque ha cumplido con el máximo de su capacidad, lo cual no permitirá iniciar marcha a la bomba M5 o en caso que esté en marcha dará parada a la misma.

Semejante al sistema descrito anteriormente la planta emitirá una señal SO3 la cual indicará la marcha de la bomba M5, con la cual se descartó el residuo del proceso de osmosis "salmuera". Este sistema cuenta con una señal que envía el sensor S7 el cual indica la parada de la bomba M5 dado que el tanque alcanzó su capacidad de almacenamiento.

La bomba M6 opera cuando el sensor S9 en conjunto con S6 indican que el tanque de usuarios no ha alcanzado su capacidad máxima de almacenamiento y que el tanque de producto cuenta con agua para ser transportada, en caso contrario la bomba no iniciará marcha o se detendrá en caso de encontrarse en funcionamiento.



#### 5.4.4. Sensores

##### SENSORES DE NIVEL

Para poder detectar el llenado del tanque y monitorear el nivel de llenado, seleccionamos sensores ultrasonicos dado que cuentan con diversas características com:

**Sin Contacto**, los sensores ultrasónicos operan sin contacto físico con el agua. Esto significa que no hay partes móviles que entren en contacto con el líquido, lo que reduce el desgaste y evita la contaminación del agua.

**Precisión en la Medición**, los sensores ultrasónicos ofrecen mediciones precisas del nivel del agua. Emiten pulsos ultrasónicos y miden el tiempo que tarda el eco en regresar, calculando así la distancia al nivel del agua con alta precisión.

**Adaptabilidad a Diferentes Medios**, los sensores ultrasónicos son versátiles y pueden adaptarse a diferentes tipos de líquidos, incluyendo agua limpia o aguas residuales, sin necesidad de recalibración significativa.

**Fácil Instalación**, la instalación de sensores ultrasónicos es generalmente sencilla. Pueden montarse en la parte superior del tanque sin necesidad de sumergirse en el agua, lo que facilita la instalación y el mantenimiento.

**Rango Adecuado**, los sensores ultrasónicos están disponibles en una variedad de rangos que permiten medir niveles de agua en tanques de diferentes alturas. Esto facilita la selección de un sensor que se adapte al tamaño específico del tanque.

**Salida Estándar (4-20 mA, Modbus, etc.)**, la mayoría de los sensores ultrasónicos están equipados con salidas estándar, como corriente analógica (4-20 mA) o protocolos de comunicación como Modbus. Estas salidas facilitan la interfaz con un PLC u otros dispositivos de control.

**Integración con PLC**, los PLC son dispositivos de control programables que se utilizan comúnmente en aplicaciones industriales. Los sensores ultrasónicos son compatibles con la mayoría de los PLC y pueden integrarse fácilmente para proporcionar información en tiempo real sobre el nivel del agua.

**Fiabilidad en Entornos Industriales**, los sensores ultrasónicos están diseñados para operar en entornos industriales adversos, con resistencia a condiciones como polvo, humedad y variaciones de temperatura.



Monitoreo Continuo, la capacidad de proporcionar lecturas continuas hace que los sensores ultrasónicos sean ideales para el monitoreo constante del nivel del agua, permitiendo una gestión eficiente de los recursos hídricos.

Costo Eficiente, en comparación con otras tecnologías de medición de nivel, los sensores ultrasónicos suelen ser una opción rentable, especialmente considerando su precisión y facilidad de instalación.

Es por ello que seleccionamos el siguiente sensor ultrasónico para medición y monitoreo de nivel de:

1. Tanque de agua a tratar Planta General
2. Tanque de agua producto
3. Tanque de agua Planta de Pozo



Figura 5.58. Sensor Ultrasónico

Transmisor de Nivel para aplicaciones sencillas en tanques de depósito o almacenamiento hasta los 15 metros, con compensación de temperatura integrada



Application:	Solids,Liquids
Measuring Range:	0 ~ 30m
Connection Process:	Thread
Process Pressure:	≤0.3MPa
Accuracy:	0.5%-1.0%
Protection Grade:	Display Meter IP66/Probe IP68
Signal Output:	(4-20)mA/RS485Modbus

Figura 5.59. Sensor Ultrasónico Características

Estos equipos ultrasónicos disponen de una tecnología avanzada para poder adaptarse fácilmente a una variedad de entornos complejos, con ajustes de ganancias en ciertas ocasiones y compensaciones de temperatura.

Tienen un excelente ángulo de haz estrecho y señal fuerte con alta penetración en los líquidos y fluidos, pudiendo alcanzar así hasta los 15 metros de rango de medición.

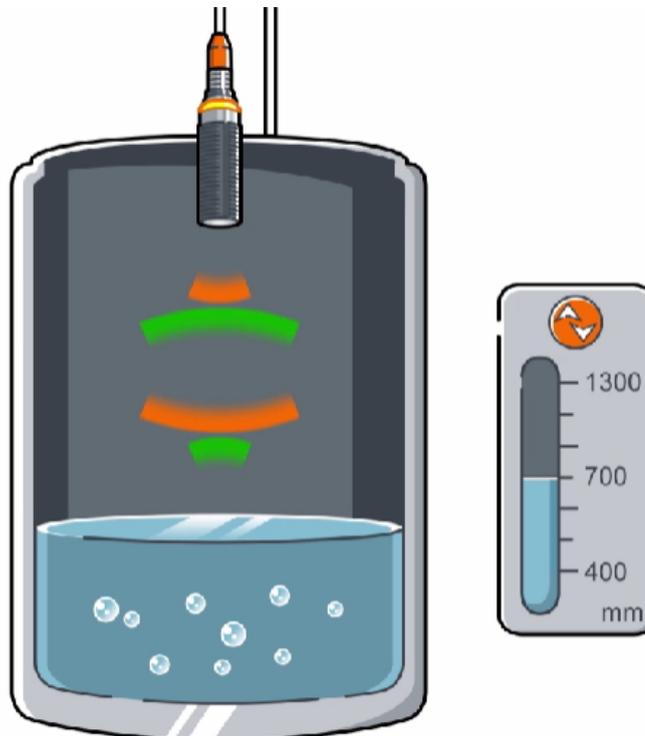


Figura 5.60. Diagrama de Funcionamiento



Tienen la posibilidad de adicionarle salidas de Relé lo cual hace a estos equipos una opción ideal para controlar el corte o arranque de bombas

### **Aplicaciones:**

Plantas de Tratamientos de Aguas y Aguas Residuales

Tanques de Almacenamiento con Líquidos algo corrosivos

Áreas o Sectores con Plantas Potabilizadoras

Silos Pequeños de Almacenamiento de Sólidos

Control de arranque y parada de bombas en Tanques o Piletones.

### **Sensores Flotantes**

Al momento de seleccionar el sensor que estaría a cargo del comando de marcha y para de las bombas de llenado de los tanques se analizó lo siguiente:

Operación Mecánica Simple, los sensores mecánicos tipo flotante tienen un diseño simple y robusto. Funcionan mediante un flotador que se mueve hacia arriba o hacia abajo con el nivel del líquido, activando o desactivando interruptores eléctricos según la posición del flotador.

Fiabilidad, la simplicidad de los sensores mecánicos a menudo se traduce en una mayor confiabilidad operativa. Al no depender de componentes electrónicos complejos, estos sensores son menos propensos a fallas y son duraderos en entornos industriales.

Costo Efectivo, los sensores mecánicos tipo flotante son generalmente más económicos en comparación con otras tecnologías de sensores más avanzadas. Esto puede ser beneficioso, especialmente en aplicaciones que requieren múltiples puntos de medición.

Fácil Instalación y Mantenimiento, la instalación de sensores mecánicos tipo flotante es relativamente sencilla. Además, su mantenimiento es simple, ya que generalmente solo implica la limpieza periódica para asegurar un funcionamiento adecuado.

Adaptabilidad a Diferentes Líquidos, estos sensores son adecuados para medir el nivel de una variedad de líquidos, incluyendo agua, productos químicos, aceites, etc. No requieren ajustes significativos para adaptarse a diferentes medios.

Control de Niveles Precisos, los sensores mecánicos tipo flotante permiten un control preciso del nivel del líquido en el tanque. Al activar y desactivar los interruptores eléctricos en función del movimiento del flotador, se puede lograr un control efectivo del llenado del tanque.



Interfaz Directa con Sistemas de Control, estos sensores suelen ser compatibles con sistemas de control eléctrico estándar, lo que facilita su integración con sistemas de automatización industrial y PLC para el control del llenado del tanque.

Resistencia a Condiciones Ambientales, los sensores mecánicos tipo flotante son resistentes y pueden adaptarse a diferentes condiciones ambientales, como temperaturas extremas o presencia de polvo, lo que los hace adecuados para entornos industriales.

En resumen, la elección de sensores mecánicos tipo flotante para el control eléctrico de llenado de tanques se basa en su simplicidad, fiabilidad, costo efectivo y capacidad para adaptarse a una variedad de condiciones. Estos sensor de accionamiento mecánico para tanques y reservorios de agua, sirve tanto para accionar en high-level y low-level

## INTERRUPTOR FLOTANTE - FAT

- Control de llenado y vaciado
- 1.5 metros de cable
- Cable PVC 3 x 1mm<sup>2</sup>
- Hasta 10A - 250V



Figura 5.61. Flotante



## 5.5. DISEÑO ELÉCTRICO

A continuación, Se brindara una lista de los componentes esenciales a considerar:

**Interruptor principal:** Es el interruptor general que controla la alimentación de energía eléctrica al tablero eléctrico y a la bomba de agua. Puede ser un interruptor automático o un interruptor manual.

**Interruptor de la bomba:** Este interruptor se encarga de controlar el encendido y apagado de la bomba de agua. Puede ser un interruptor automático de nivel o un interruptor manual.

**Contactores:** Los contactores son dispositivos electromecánicos que permiten controlar el flujo de energía hacia la bomba de agua. Deben ser dimensionados de acuerdo a la corriente y voltaje requeridos por la bomba.

**Relés térmicos o protección de sobrecarga:** Estos dispositivos se utilizan para proteger la bomba de agua contra sobrecargas y sobrecalentamientos. Se conectan en serie con la bomba y se activan cuando la corriente o la temperatura superan ciertos límites preestablecidos.

**Transformador:** Si la alimentación del comando o de los elementos de control son a través de un voltaje diferente al voltaje estándar del suministro eléctrico, se podrá requerir un transformador para adaptar el voltaje.

**Indicadores y botones de control:** Deben incluirse indicadores luminosos (LEDs) para mostrar el estado de encendido y apagado de la bomba, así como botones de control para activar o desactivar la bomba manualmente.

Y por último cabe señalar que el tipo de conductor que ingresara en el tablero suministrando la energía y los que alimentarán a los equipos serán de conductor de cobre con vaina protectora de PVC, de bajas tensiones.

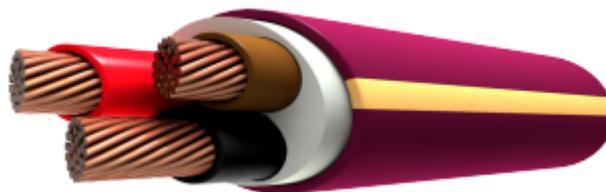


Figura 5.62 Cable Cubierta PVC



## MOTOR DE BOMBA

Se abordará el cálculo de la corriente de fase de los motores trifásicos, un parámetro esencial para comprender y optimizar el funcionamiento de estos dispositivos. La corriente de fase es un indicador clave que permite evaluar la carga eléctrica y dimensionar adecuadamente los componentes del sistema eléctrico.



Figura 5.63. Motor electrobomba de pozo profundo

### CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV  
ISO 9001: CALIDAD  
ISO 14001: AMBIENTE Y SEGURIDAD



### ANODO DE SACRIFICIO

(Suministro bajo pedido – código ASS4PDA01)

- Realizado con una aleación especial de aluminio-zinc “cadmium-free”, adecuada para el contacto con agua potable.
- Se aplica fácilmente a la extremidad inferior de los motores 4PD para protegerlos de la corrosión en presencia de corrientes vagues o aguas particularmente agresivas, aumentando notablemente la duración de los componentes del motor.

Figura 5.64. Datos Motor electrobomba



Es crucial observar y utilizar las fichas técnicas de los equipos para obtener datos precisos y relevantes. Las fichas técnicas proporcionan información detallada sobre las especificaciones y características técnicas de los dispositivos, lo cual es esencial para realizar cálculos precisos y para comprender plenamente el rendimiento de un motor trifásico.

Versiones trifásicas						
MODELO	Potencia nominal		Carga axial	Rev.	Corriente arranque / Corriente nominal	Factor de potencia
	P <sub>2</sub>					
400 V / 50 Hz	kW	HP	N	rpm		cos φ
4PD / 0.50	0.37	0.50	2000	2855	3.2	0.52
4PD / 0.75	0.55	0.75		2835	4	0.63
4PD / 1	0.75	1		2825	3.8	0.71
4PD / 1.5	1.1	1.5		2825	4.6	0.79
4PD / 2	1.5	2		2835	3.8	0.66
4PD / 3	2.2	3		2810	6.5	0.73
4PD / 4	3	4	3000	2840	5.6	0.79
4PD / 5.5	4	5.5	5000	2835	5.4	0.77
4PD / 7.5	5.5	7.5		2830	5.5	0.87
4PD / 10	7.5	10		2840	5.4	0.76

Figura 5.65. Prestaciones Eléctricas

En el caso de motores trifásicos, las fichas técnicas suelen incluir información sobre la potencia nominal, el factor de potencia, la eficiencia, la corriente nominal, la tensión de operación y otras características importantes.

MODELO	TENSION	
	230 V	400 V
Trifásica		
4PD / 0.50	2.2 A	1.8 A
4PD / 0.75	3.4 A	2.0 A
4PD / 1	4.1 A	2.5 A
4PD / 1.5	5.9 A	3.4 A
4PD / 2	8.1 A	4.8 A
4PD / 3	10.6 A	6.1 A
4PD / 4	12.8 A	7.1 A
4PD / 5.5	15.6 A	9.2 A
4PD / 7.5	22.7 A	11.7 A
4PD / 10	-	16.4 A

Figura 5.66. Consumo de Corriente



Si sabemos que el motor trifásico tiene una potencia nominal de 5.5 kW, podemos calcular el consumo de energía utilizando la fórmula de energía:

Consumo de energía (kWh)=(Potencia activa (kW)/ Factor de potencia) ×Tiempo de funcionamiento (hs)

Dado que la potencia activa (en este caso, la potencia nominal del motor) es de 5.5 kW y el factor de potencia es 0.87, y el motor funciona durante 24 horas

$$\text{Consumo de energía} = (5.5\text{kW}/0.87) \times 24\text{h}$$

$$\text{Consumo de energía} \approx 152.87\text{kWh}$$

Por lo tanto, considerando un factor de potencia de 0.87, el consumo de energía del motor sería aproximadamente 152.87 kilovatios-hora si funciona continuamente durante 24 horas. Este cálculo toma en cuenta la influencia del factor de potencia en la relación entre la potencia activa y la potencia aparente del motor.

### **Canalizaciones de conductores**

Datos de diseño:

- Poder conducir al menos los 3 conductores de cubierta de PVC preseleccionado.

En una planta industrial, las canalizaciones para cables de potencia desempeñan un papel crucial en el tendido seguro y organizado de cables eléctricos. Algunos tipos comunes de canalizaciones incluyen:

- Canalización Plástica:

Conductos plásticos que ofrecen protección mecánica y son adecuados para entornos menos agresivos.

- Bandejas Portacables:

Estructuras que sostienen y protegen los cables, facilitando la instalación y el mantenimiento.

- Bandejas Galvanizadas Tipo Escalera:

Estructuras con forma de escalera formadas por barras y peldaños, galvanizadas para resistir la corrosión.



Figura 5.67 Bandeja galvanizada tipo escalera

Justificación de la Elección de Bandeja Galvanizada Tipo Escalera:

Resistencia a la Corrosión:

- La galvanización proporciona una capa protectora que previene la corrosión, crucial en entornos industriales donde pueden existir condiciones adversas.

Facilidad de Inspección y Mantenimiento:

- La estructura abierta tipo escalera facilita la inspección visual de los cables y simplifica las operaciones de mantenimiento.

Ventilación y Refrigeración:

- La disposición abierta permite la ventilación natural, ayudando a disipar el calor generado por los cables y equipos eléctricos.

Adaptabilidad y Flexibilidad:

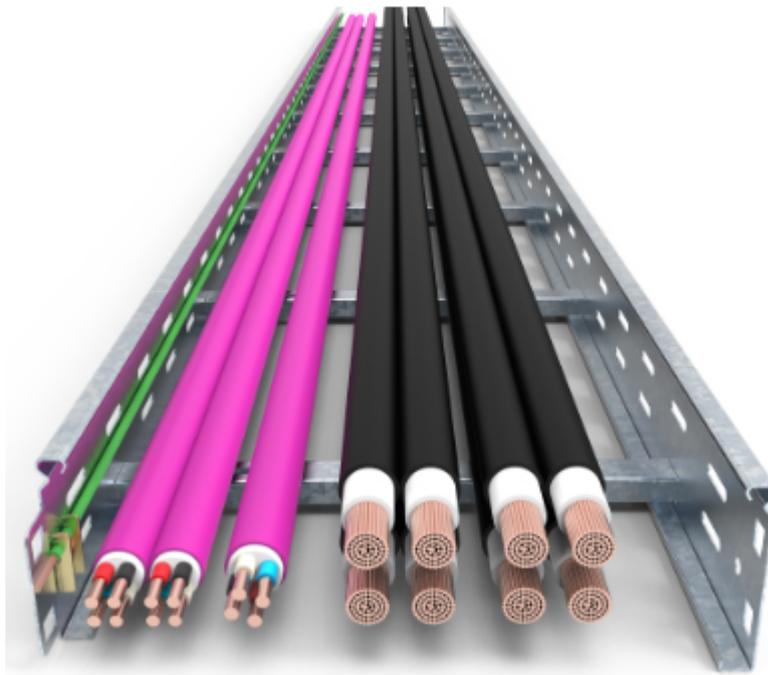
- Las bandejas tipo escalera son modulares y permiten la adición o modificación de cables fácilmente, adaptándose a cambios en la configuración de la planta.

Soporte para Cables de Gran Tamaño y Peso:

- La estructura robusta de la bandeja escalera es ideal para soportar cables pesados y de gran tamaño, comunes en instalaciones industriales.

Seguridad y Cumplimiento Normativo:

- Cumple con normativas de seguridad al proporcionar una estructura segura y resistente, reduciendo riesgos de daño a los cables y garantizando el cumplimiento de normativas locales.



ANCHO Width	ESPESOR Thickness	ALA 65	
150	1.24	TRES-150-065-18-	Z
300	1.24	TRES-300-065-18-	Z
450	1.24	TRES-450-065-18-	Z
600	1.24	TRES-600-065-18-	Z

Figura 5.68 Datos técnicos

Se concluye con la selección de bandeja tipo escalera de 150 mm de ancho. TRES-150-065-18-Z.



## SELECCIÓN DE CONDUCTORES DE POTENCIA

### BOMBA DE POZO

Datos de diseño:

- Cubierta de PVC
- I nominal > 11,7 A
- Caída de Tensión en régimen < 5%
- Caída de Tensión de Arranque <15%

Para los conductores se ha seleccionado desde el catálogo de la marca PRYSMAN, línea SINTENAX VALIO.



Figura 5.69 Logo PRYSMAN

Esta cuenta con sellos de calidad como el sello de conformidad IRAM y el sello de seguridad eléctrica Argentina. Esto permite demostrar que el producto cumple con todos los requisitos pertinentes de seguridad, aplicables al mercado de destino.



Figura 5.70 Sellos de calidad

Además de contar con las siguientes normativas:



- IRAM 2178, IEC 60502-1
- Calidad bajo normas ISO 9001 - 2000

Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: IRAM NM IEC 60332-1; NFC 32070-C2.
- No propagación del incendio: IRAM NM IEC 60332-3-24; IEEE 383/74.

Seleccionar un conductor apropiado para el consumo de la bomba es una parte crucial del diseño del sistema eléctrico para garantizar un rendimiento seguro y eficiente. Se procede a determinar el conductor para su posterior verificación. Pre seleccionando a partir del consumo del sistema, 11,7A, un conductor de 2,5mm<sup>2</sup> cuya Intensidad admisible en ampere para cables con conductores de cobre tripolares en bandeja tipo escalera es igual a 22A

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada Bandeja tipo escalera	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52

Figura 5.71 Selección de Conductor 3x2,5mm<sup>2</sup>

Citando la Normativa AEA 90364 Parte 771.13, los niveles máximos de caída de tensión admisibles son los siguientes:

1. Circuitos terminales, de uso general o especial y específico, para iluminación: 3 %.
2. Circuitos de uso específicos que alimentan sólo motores: 5 % en régimen y 15 % durante el arranque



Utilizando las características técnicas del conductor procederemos a verificar por caída de tensión debido a que se cuenta con 10m de longitud de conductor desde el tablero hacia la boca del pozo y 90m de profundidad hacia el motor de la bomba, es decir un total de longitud de cable de 100m aproximadamente.

Características técnicas- Cables con conductores de cobre							
Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km
Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)							
1,5	1,5	0,8	1,8	10	152	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	11	195	9,55	0,09995
4	2,5	1,0	1,8	13	280	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	15	356	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	17	509	2,29	0,0860

Figura 5.72 Características técnicas conductores tripolares

Entonces si utilizamos la fórmula que se encuentra en la Normativa AEA 90364 Parte 771.13 podemos determinar el cálculo aproximado de la caída de tensión en los conductores:

$$\Delta U = k \cdot I \cdot L (R \cos \varphi + X \text{sen } \varphi) \text{ [volt]}$$

Donde:

- $k$  = constante igual a 2 para sistemas monofásicos y bifásicos y  $\sqrt{3}$  para sistemas trifásicos
- $I$  = intensidad de la corriente de línea en ampere.
- $L$  = longitud del circuito en kilómetros ( $L$  es la distancia que separa los dos puntos entre los que se calcula la caída de tensión y no debe confundirse con la longitud que totalizan los conductores involucrados)
- $R$  = resistencia eléctrica efectiva del conductor a la temperatura de servicio en ohm / km (1)
- $X$  = reactancia de los conductores en ohm / km (2)
- $\varphi$  = ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente
- $\cos \varphi$  = factor de potencia (3)



Procedemos a verificar, primero presentando los datos de consumo

Tabla 5.24. Datos del Motor (7,5Hp)

DATOS DEL MOTOR		
P	7,5	HP
UL	380	V
I	11,7	A
I Arranque	64,35	A
FP	0,87	

Luego utilizando las características técnicas

Tabla 5.25. Características Técnicas Conductor tripolar 2,5mm<sup>2</sup>

CONDUCTOR		
SECCION	2,5	mm <sup>2</sup>
R	9,55	ohm/km
X	0,1	ohm/km
L	0,1	km
ZI	8,3585	ohm/km

Se procede a verificar las caidas de tension

Tabla 5.26. Caidas de Tension

Caida de Tension en regimen		
dU	16,94	V
dU%	4,46%	
Caida de Tension Arranque		
dU	93	V
dU%	24,52%	

Como podemos observar, no cumple los niveles máximos de caída de tensión durante el arranque establecidos por la AEA. Por lo que debemos iterar el cálculo con el conductor de calibre más grande que le sigue al verificado anteriormente.



Entonces, procederemos a verificar conductor tripolar de 4mm<sup>2</sup>

**Características técnicas- Cables con conductores de cobre**

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro del conductor mm	Espesor nominal de aislación mm	Espesor nominal de envoltura mm	Diámetro exterior aprox. mm	Masa aprox. kg/km	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz. ohm/km	Reactancia a 50 Hz. ohm/km
Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)							
1,5	1,5	0,8	1,8	10	152	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	11	195	9,55	0,09995
<b>4</b>	2,5	1,0	1,8	13	280	<b>5,92</b>	<b>0,0991</b>
6	3	1,0	1,8	15	356	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	17	509	2,29	0,0860

Figura 5.73 Características técnicas conductor tripolar (4mm)

Las características técnicas del conductor

Tabla 5.27. Características Técnicas Conductor tripolar 4mm<sup>2</sup>

<b>CONDUCTOR</b>	
SECCION	4 mm <sup>2</sup>
R	5,9 ohm/km
X	0,99 ohm/km
L	0,1 km
Zl	5,628 ohm/km

Se procede a verificar las caidas de tension

Tabla 5.28. Caidas de Tension

<b>Caida de Tension en regimen</b>	
dU	11,4051389
<b>dU%</b>	<b>3,00%</b>
<b>Caida de Tension Arranque</b>	
dU	62,7282638
<b>dU%</b>	<b>16,51%</b>

Como podemos observar, no cumple los niveles máximos de caída de tensión durante el arranque establecidos por la AEA. Por lo que debemos iterar el cálculo con el conductor de calibre más grande que le sigue al verificado anteriormente.



Entonces, procederemos a verificar conductor tripolar de 6mm<sup>2</sup>

Características técnicas- Cables con conductores de cobre							
Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	kg/ km	ohm/ km	ohm/ km
Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)							
1,5	1,5	0,8	1,8	10	152	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	11	195	9,55	0,09995
4	2,5	1,0	1,8	13	280	5,92	0,0991
<b>6</b>	3	1,0	1,8	15	356	<b>3,95</b>	<b>0,0901</b>
10	3,9	1,0	1,8	17	509	2,29	0,0860

Figura 5.74 Características Técnicas conductor tripolar (6mm<sup>2</sup>)

Las características técnicas del conductor

Tabla 5.29. Características Técnicas Conductor tripolar 6mm<sup>2</sup>

CONDUCTOR	
SECCION	6 mm <sup>2</sup>
R	3,95 ohm/km
X	0,9 ohm/km
L	0,1 km
ZI	3,8865

Se procede a verificar las caidas de tension

Tabla 5.30. Caidas de Tension

Caida de Tension en regimen	
dU	8,07793856
<b>dU%</b>	<b>2,13%</b>
Caida de Tension Arranque	
dU	44,4286621
<b>dU%</b>	<b>11,69%</b>

Con el cálculo anterior podemos concluir que el cable tripolar de 6mm<sup>2</sup> verifica los límites de caídas de tensión establecidas por la normativa de la AEA.



## BOMBA DE IMPULSIÓN

Vamos a calcular la corriente de fase para el motor trifásico con una potencia de 1.5 kW y un factor de potencia de 0.8. Usaremos la fórmula mencionada anteriormente:

Para calcular la corriente de fase en un motor trifásico, se podrá utilizar las siguientes fórmula:

Calcular la Potencia Aparente (S)

$$\text{Corriente de fase} = \frac{\text{Potencia Aparente}}{\sqrt{3} * \text{Tensión de Línea} * \text{Factor de potencia}}$$

Siendo:

S: Potencia Aparente

P: Potencia Activa

FP: Factor de Potencia

$$S = P / FP$$

$$S = 1,5 \text{ kW} / 0.8$$

$$S = 1,875 \text{ kVA}$$

Suponemos una tensión de línea de 400 V

$$\text{Corriente de Fase} = S / (\sqrt{3} * V)$$

$$\text{Corriente de Fase} = 1,875 \text{ KVA} / (\sqrt{3} * 400 \text{ V})$$

$$\text{Corriente de Fase} = 1,875 \text{ KVA} / (692,82 \text{ V})$$

$$\text{Corriente de Fase} = 2,71 \text{ A}$$

Por lo tanto, la corriente de fase para el motor de la bomba de impulsión sería aproximadamente 2.71 A.



Si sabemos que el motor trifásico tiene una potencia nominal de 1.5 kW, podemos calcular el consumo de energía utilizando la fórmula de energía:

Consumo de energía (kWh)=(Potencia activa (kW)/ Factor de potencia) ×Tiempo de funcionamiento (hs)

Dado que la potencia activa (en este caso, la potencia nominal del motor) es de 1.5 kW y el factor de potencia es 0.95, y el motor funciona durante 24 horas

$$\text{Consumo de energía} = (1.5\text{kW}/0.95) \times 24\text{h}$$

$$\text{Consumo de energía} \approx 37,89 \text{ kWh}$$

Por lo tanto, considerando un factor de potencia de 0.95, el consumo de energía del motor sería aproximadamente 37,89 kilovatios-hora si funciona continuamente durante 24 horas. Este cálculo toma en cuenta la influencia del factor de potencia en la relación entre la potencia activa y la potencia aparente del motor.

Se selecciona un conductor apropiado para el consumo de la bomba de impulsión.

Datos de diseño:

- Cubierta de PVC
- I nominal > 2,71 A

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada Bandeja tipo escalera	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52

Figura 5.75 Selección de Conductor 3x2,5mm<sup>2</sup>



Procedemos a verificar, primero presentando los datos de consumo.

Tabla 5.31. Datos del Motor (2 HP)

DATOS DEL MOTOR		
P	1,5	HP
UL	380	V
I	2,7	A
I Arranque	14,85	A
FP	0,87	

Luego utilizando las características técnicas

Tabla 5.32. Características Técnicas Conductor tripolar 2,5mm<sup>2</sup>

CONDUCTOR		
SECCION	2,5	mm <sup>2</sup>
R	9,55	ohm/km
X	0,1	ohm/km
L	0,1	km
ZI	8,3585	ohm/km

Se procede a verificar las caidas de tension

Tabla 5.33. Caidas de Tension

Caída de Tension en regimen		
dU	3,91	V
<b>dU%</b>	<b>1,03%</b>	
Caída de Tension Arranque		
dU	21	V
<b>dU%</b>	<b>5,66%</b>	

Con el cálculo anterior podemos concluir que el cable tripolar de 6mm<sup>2</sup> verifica los límites de caídas de tensión establecidas por la normativa de la AEA



Para la selección del conductor de suministro de energía se considera el consumo total procediendo así a seleccionar el siguiente conductor.

Datos de diseño:

- Cubierta de PVC
- I nominal > 14,4 A

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada Bandeja tipo escalera	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52

Figura 5.76 Selección de Conductor 4x4mm<sup>2</sup>

### SELECCIÓN DE CONDUCTORES DE COMANDO/SEÑALIZACIÓN

Para el cableado del tablero, el conexionado de comando, señalización y señales se procede a seleccionar el conductor unipolar de 1mm<sup>2</sup> de sección.

Características físicas y electricas

Número de conductores x sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad admisible al aire (1) (A)	Caída de tensión cos Φ= 0,8 (V/A.km)
1x0,5	2,1	10	15	7,5	64,78
1x0,75	2,3	15	15	10	43,22
1x1	2,5	15	15	12	32,44

Figura 5.77 Datos técnicos conductor unipolar (1mm)



## COMPONENTES ELÉCTRICOS

Ahora a continuación se detallaran todos los elementos que contará el tablero eléctrico

Para la determinación del calibre de las protecciones utilizamos la fórmula que se encuentra en la Normativa AEA 90364 Parte 771.19.2.1 donde explica que las características de funcionamiento u operación de un dispositivo de protección de un cable o un conductor contra las sobrecargas debe satisfacer siguiente condición:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Donde:

- **$I_b$** : Corriente de proyecto
- **$I_n$** : Corriente asignada o nominal del dispositivo de protección.
- **$I_z$** : Intensidad de corriente admisible en régimen permanente por los cables o conductores a proteger.



A continuación se puede observar la determinación del calibre de las protecciones utilizando el criterio anterior (AEA 90364 Parte 771.19.2.1)

Tabla 5.34. Selección de calibre de protecciones

Ib	Iz	In
<b>GENERAL TOTAL</b>	<b>DISYUNTOR QD001</b>	<b>CABLE TRIPOLAR PVC 6mm<sup>2</sup></b>
15A	32A	37A
<b>Ib</b>	<b>Iz</b>	<b>In</b>
<b>GENERAL TOTAL</b>	<b>TERMOMAGNETICA QF001</b>	<b>CABLE TRIPOLAR PVC 6mm<sup>2</sup></b>
15A	25A	37A
<b>Ib</b>	<b>Iz</b>	<b>In</b>
<b>BOMBA DE POZO</b>	<b>TERMOMAGNETICA QF006</b>	<b>CABLE TRIPOLAR PVC 6mm<sup>2</sup></b>
12A	16A	37A
<b>Ib</b>	<b>Iz</b>	<b>In</b>
<b>BOMBA DE IMPULSION</b>	<b>TERMOMAGNETICA QF007</b>	<b>CABLE TRIPOLAR PVC 2,5mm<sup>2</sup></b>
12A	25A	37A
<b>Ib</b>	<b>Iz</b>	<b>In</b>
<b>COMANDO/SEÑALIZA CION</b>	<b>TERMOMAGNETICA QF002</b>	<b>CABLE 1mm<sup>2</sup></b>
3,64A	6A	12A
<b>Ib</b>	<b>Iz</b>	<b>In</b>
<b>TOMACORRIENTE TABLERO</b>	<b>TERMOMAGNETICA QF005</b>	<b>CABLE 2,5mm<sup>2</sup></b>
-	10A	25A
<b>Ib</b>	<b>Iz</b>	<b>In</b>
<b>IUG LOCAL</b>	<b>TERMOMAGNETICA QF003</b>	<b>CABLE 2,5mm<sup>2</sup></b>
-	10A	25A
<b>Ib</b>	<b>Iz</b>	<b>In</b>
<b>TUG LOCAL</b>	<b>TERMOMAGNETICA QF004</b>	<b>CABLE 2,5mm<sup>2</sup></b>
-	16A	25A



- **Interruptor disyuntor diferencial**

Datos de diseño:

- 4 polos
- Capacidad de corte > 16 A
- Corriente de fuga 30mA
- Voltaje de operación = 380V AC

Un disyuntor diferencial es un componente esencial en instalaciones eléctricas diseñado para proteger a las personas y los equipos contra corrientes de fuga. Su función principal es desconectar rápidamente la corriente eléctrica en caso de una fuga, lo que significa que parte de la corriente está fluyendo por un camino no deseado, como a través de una persona o un mal funcionamiento en un aparato



Figura 5.78 Interruptor diferencial Easy9 4P 32A tipo AC 30mA



## Contactores

Los contactores son dispositivos eléctricos diseñados para controlar el flujo de corriente en un circuito eléctrico, especialmente en aplicaciones industriales y comerciales. Estos componentes permiten establecer o interrumpir la conexión eléctrica entre diferentes dispositivos o equipos.

### Contactador KM01

Datos de diseño:

- 4 polos
- Corriente asignada de empleo = 20 A
- Tensión del circuito de comando = 220 V



Figura 5.79 Contactador K 20A 4P 220V 50-60Hz



## Contactor KM02

Datos de diseño:

- 3 polos
- Corriente asignada de empleo = 12 A
- Tensión del circuito de comando = 24 V AC

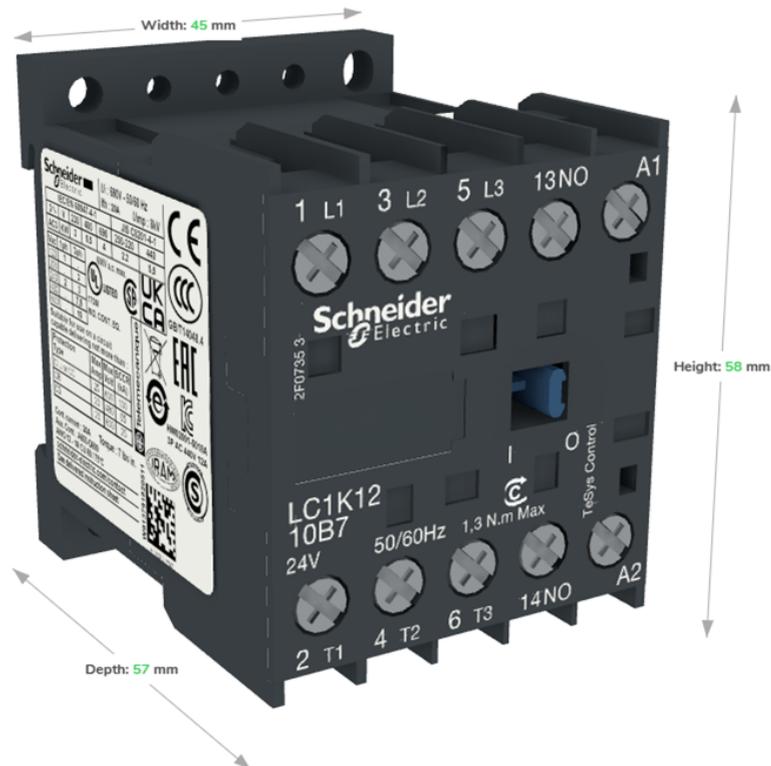


Figura 5.80 CONTACTOR: Cont. K 3P 12A 1Na 24V 50/60Hz



## Contactor KM03

Datos de diseño:

- 3 polos
- Corriente asignada de empleo = 6 A
- Tensión del circuito de comando = 24 V AC
- CONTACTOS AUXILIARES

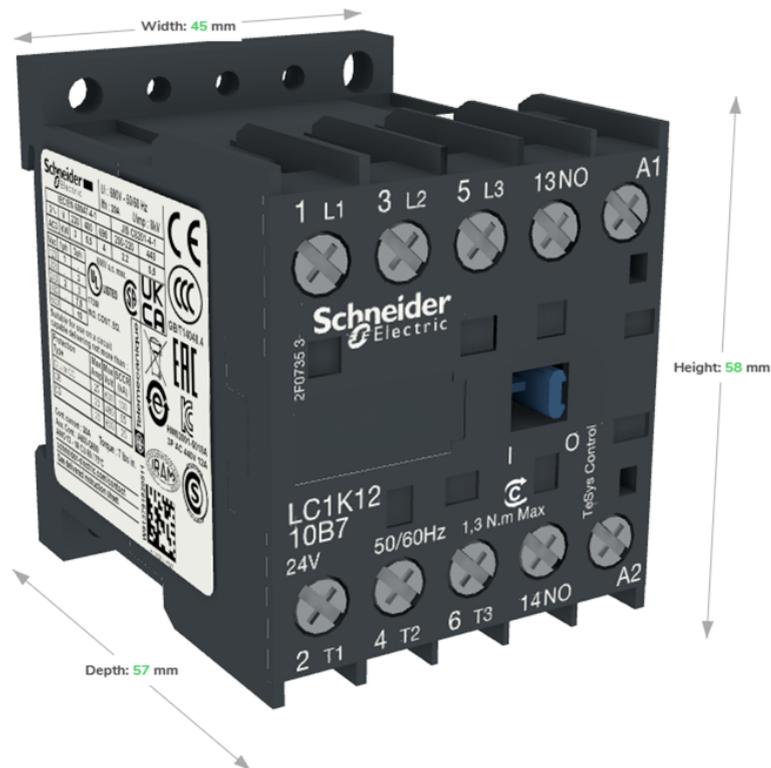


Figura 5.81 CONTACTOR: Cont. K 3P 6A 1Na 24V 50/60Hz



## CONTACTOS AUXILIARES

Los contactos auxiliares son componentes adicionales que se incorporan a los contactores y otros dispositivos de control eléctrico para realizar funciones secundarias. Estos contactos son independientes de los contactos principales del dispositivo y se utilizan para realizar tareas específicas de señalización, control y monitoreo en un sistema eléctrico.

Datos de diseño:

- Compatible con contactores seleccionados
- 1 Contacto NO
- 1 Contacto NC



Figura 5.82 CONTACTOS AUXILIARES

## Relé Térmico

El Relé Térmico es un dispositivo de protección utilizado en sistemas eléctricos y en particular en el control de motores eléctricos. Su función principal es proteger el motor contra corrientes excesivas y sobrecalentamiento que podrían dañar el equipo.

Datos de diseño:

- Compatible con contactores seleccionados
- Potencia asignada de 2Hp y de 7,5HP



Figura 5.83 Relé Térmico Para Contactor K 10-14 A y Relé Térmico Para Contactor K 2-6 A

### Interruptor termomagnético

Un interruptor térmico-magnético, es un dispositivo de protección utilizado en sistemas eléctricos para desconectar automáticamente un circuito en caso de corrientes excesivas o cortocircuitos

Datos de diseño:

- Cantidad de polos: 3
- Corriente Nominal 25A (QF-001)
- Corriente Nominal 16A (QF-006)
- Corriente Nominal 10A (QF-007)
- Tensión Asignada de empleo 380V

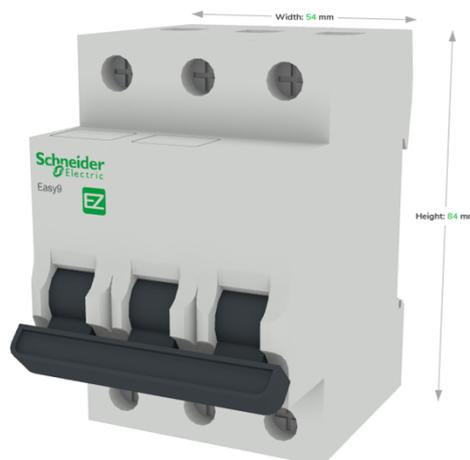


Figura 5.84 Interruptor termomagnético Easy9 3P 16A 4,5kA curva C



### Interruptor termomagnético para Comando y Señalización

Datos de diseño:

- Cantidad de polos: 2
- Corriente nominal 6A
- Tensión Asignada de empleo 24V

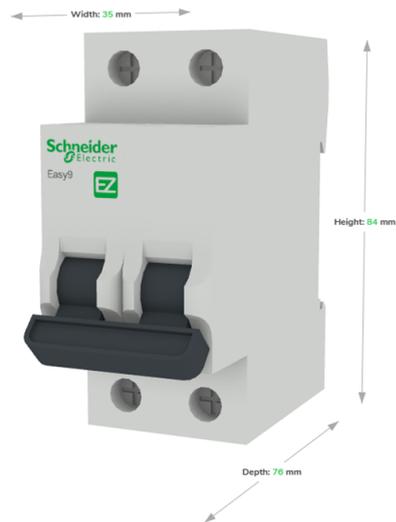


Figura 5.85 Interruptor termomagnético Easy9 2P 6A 4,5kA curva C

Interruptor Termomagnético para señales

Datos de diseño:

- Cantidad de polos: 1
- Corriente nominal 6A



Figura 5.86 Interruptor termomagnético Easy9 1P 6A 4,5kA curva C



## Pulsadores

Los pulsadores son dispositivos electromecánicos diseñados para abrir o cerrar un circuito eléctrico temporalmente cuando se presionan. Estos componentes son comúnmente utilizados para enviar señales o controlar funciones específicas en sistemas eléctricos y electrónicos.

### Pulsador de parada

Datos de diseño:

- Color de tapa: ROJO
- Contacto NC
- Tensión Asignada de empleo 24V
- Forma Redonda
- Diámetro de montaje 22mm
- Retorno de resorte



Figura 5.87 PULSADOR RASANTE 1NC ROJO

### Pulsador de Marcha

Datos de diseño:

- Color de tapa: VERDE
- Contacto NO
- Tensión Asignada de empleo 24V
- Forma Redonda
- Diámetro de montaje 22mm
- Retorno de resorte



Figura 5.88 PULSADOR RASANTE 1NA VERDE

### Pulsador de Emergencia

Datos de diseño:

- Color de tapa: ROJO
- Contacto NC
- Tensión Asignada de empleo 220V
- Forma Redonda
- Diámetro de montaje 22mm
- Girar para liberar



Figura 5.89 PAR EMER 1/4 GIRO 1NC TRIG



### **Interruptor Selector (Selector):**

Un interruptor selector, también conocido como selector o interruptor de selección, es un dispositivo electromecánico utilizado para controlar la dirección o función de un circuito eléctrico. Estos interruptores permiten elegir entre diferentes opciones o modos de operación al cambiar la posición del selector.

Datos de diseño:

- Contacto 1 NC + 1 NO.
- Tensión Asignada de empleo 220V.
- Forma redonda.
- Diámetro de montaje 22mm.
- 2 Posiciones.



Figura 5.90 SELECTORA 2 POS FIJAS 1NA+1NC

### **Pilotos luminosos**

Los pilotos luminosos son cruciales para proporcionar información visual rápida sobre el estado de los sistemas eléctricos, facilitando la operación y el mantenimiento efectivos. Su presencia es común en tableros de control, paneles eléctricos y equipos industriales.

Señalización de parada

Datos de diseño:

- Color Rojo
- Tensión Asignada de empleo 24V AC
- Forma Redonda
- Diámetro de montaje 22mm



Figura 5.91 PILOTO LUMINOSO ROJO LED 24VCA/CC

Señalización de marcha

Datos de diseño:

- Color Verde
- Tensión Asignada de empleo 24V AC
- Forma Redonda
- Diámetro de montaje 22mm



Figura 5.92 PILOTO LUMINOSO VERDE LED 24VCA/CC

Señalización de presencia de fase/Falla

Datos de diseño:

- Color Ambar
- Tensión Asignada de empleo 24V AC
- Forma Redonda
- Diámetro de montaje 22mm



Figura 5.93 PILOTO LUMINOSO AMAR LED 24VCA/CC

### Relés Frontera

Los relés son dispositivos electromagnéticos que permiten controlar un circuito eléctrico utilizando otro circuito eléctrico. Estos componentes son fundamentales en sistemas de control y automatización, ya que permiten el manejo de corrientes y voltajes significativos mediante señales eléctricas más pequeñas.

Datos de diseño:

- Tensión Asignada de empleo 24V AC
- Contactos 2 NA



Figura 5.94 ZELIO RELE 12A 2NANC 24VCA



## Gabinete Electrico

Un gabinete es una estructura cerrada que aloja y protege componentes eléctricos, electrónicos o mecánicos. Estos gabinetes tienen como objetivo proporcionar un entorno seguro para los equipos, protegiéndolos contra factores ambientales adversos y minimizando el riesgo de daños externos.

Datos de diseño:

- Protección y resguardo de los componentes
- Resistente al polvo y al agua
- Montaje sobre la pared



Figura 5.95 Puerta lisa Spacial CRN con montura. H600xW500xD200 IP66 IK10 RAL7035



### Selección de transformador

Para seleccionar el transformador de comando de 220v/24v se tomaron en cuenta las cargas a la que se vería sometido el mismo. para ello se confeccionó la siguiente tabla en donde se describe cada componente eléctrico que estará conectado al mencionado transformador y se sumaron las potencias de consumo de cada equipo.

Tabla 5.34 Consumo del transformador

CANT.	DESCRIPCIÓN	CONSUMO (W)	CONSUMO TOTAL (W)
2	PILOTO LUMINOSO, COLOR VERDE CON LED 24V CA	0,648	1,296
2	PILOTO LUMINOSO, COLOR ROJO CON LED 24V CA	0,648	1,296
5	PILOTO LUMINOSO, COLOR AMBAR CON LED 24V CA	0,648	3,24
2	CONTACTOR TRIPOLAR 24V CA	30	60
6	RELE IN: 6A 24VCA 4NANC	0,9	5,4
		<b>CONSUMO TOTAL</b>	71,232

Tomando en cuenta estos datos se opta por el siguiente transformador de voltaje:

TRANSFORMADOR DE COMANDO, CLASE F, PRIMARIO 220/380V, SECUNDARIO 24+24V, POT= 150VA.



Figura 5.96. Transformador de Voltaje



# CAPITULO 6 – ANALISIS DE COSTOS

PROYECTO FINAL

INGENIERIA A PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

- 6.1. COSTOS DE INVERSIÓN
- 6.2. COSTOS DE OPERACIÓN
- 6.3. INGRESOS POR PRODUCCIÓN
- 6.4. FLUJO DE CAJA



## CAPÍTULO 6 - ANÁLISIS DE COSTOS

Cuando se invierte fondos en un proyecto, cualquiera que sea su tipo, el análisis de costos es una práctica importante que considerar dentro de este ámbito, es por eso que en este apartado se analizará los aspectos económicos del presente proyecto. Por medio de este análisis se pretende brindar información para un análisis de la conveniencia económica/social del proyecto.

Para recomendar la aprobación de un proyecto de inversión, es imperativo evaluar la viabilidad, entendiéndose por viabilidad como la posibilidad o la conveniencia de realizar un proyecto.

Viabilidad Económica, el estudio de esta última pretende definir mediante la comparación de beneficios y costos estimados de un proyecto, si es recomendable su implementación y posterior operación.

Tiempo de evaluación del proyecto

Otro factor a definir es el tiempo de evaluación del proyecto, este corresponde al periodo de tiempo en el cual se espera recuperar la inversión inicial, obteniendo a la vez ganancias respectivas y generalmente se opta por evaluar el proyecto durante el tiempo que se espera dure la vida útil óptima del proyecto o de los equipos instalados.

Indicadores de Evaluación Económica del Proyecto

Los indicadores económicos más apropiados para evaluar este tipo de proyectos son el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI). Estos emplean herramientas financieras que consideran el valor del dinero a través del tiempo.

- Periodo de Retorno de la Inversión (PRI): El PRI es una métrica financiera utilizada para evaluar el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial realizada en un proyecto o negocio mediante los flujos de efectivo generados por el proyecto. El PRI se expresa en términos de años y proporciona una estimación del tiempo que se tardará en recuperar la inversión original. Un PRI más corto indica que la inversión se recupera más rápidamente, lo que generalmente se considera más favorable.
- Valor Actual Neto (VAN): Este valor compara todos los ingresos y egresos del proyecto a valores nominales del presente. La razón de esto es que así se logra apreciar la magnitud de las cifras futuras a valores presentes ya que cuando se calcula este valor, se obtiene un valor



inferior al que se tendría por la simple suma de los ingresos debido que esta se debe ajustar el costo de oportunidad.

Si el VAN es mayor a cero, el proyecto es rentable, si es igual a cero el proyecto entrega la rentabilidad esperada y si es menor a cero no la rentabilidad es menor y no es recomendable abordar el proyecto.

- La Tasa Interna de Retorno (TIR): es un indicador utilizado para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Representa la tasa de rendimiento que hace que el valor presente neto (VPN o VAN) de los flujos de efectivo de un proyecto sea igual a cero. En otras palabras, la TIR es la tasa de descuento a la cual la inversión inicial se iguala exactamente a los flujos de efectivo futuros generados por el proyecto.

Al evaluar proyectos de inversión, generalmente se compara la TIR con la tasa de descuento requerida o el costo de oportunidad del capital. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento, el proyecto puede ser considerado como una inversión atractiva.

## 6.1. COSTOS DE INVERSIÓN

Para nuestro caso particular, consideramos los costos de instalación junto con los materiales. Los costos de instalación incluyen bombas, tuberías, accesorios, instalación eléctrica, entre otros.

A continuación se desglosan los equipos y materiales computados para el presente proyecto, cantidades y precios aproximado:

Tabla 6.1. Presupuesto del proyecto

EQUIPO Y MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tubería de PEAD PE100 PN12,5 50mm	m	180	\$3.612,00	\$650.160,00
2	Válvula Antirretorno Bronce 2"	U	1	\$56.300,00	\$56.300,00
3	Acople Compresión - Rosca Macho 2"-50mm PEAD	U	5	\$21.000,00	\$105.000,00
4	Codo 90° Compresion 50mm Pead	U	12	\$46.000,00	\$552.000,00
5	Filtro Hidrociclón 2"	U	1	\$460.000,00	\$460.000,00



ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
7	Tanque Polietileno 25,000l	U	1	\$3.000.000,00	\$3.000.000,00
8	Bomba de pozo BMS 4" ANTIARENA	U	1	\$2.500.000,00	\$2.500.000,00
9	Bomba Centrífuga SFH 5AM	U	1	\$610.000,00	\$610.000,00
10	Caño PVC 110mm	m	90	\$2.100,00	\$189.000,00
11	Cable de Acero Galvanizado 3mm + 2 grilletes	m	180	\$600,00	\$108.000,00
12	Adaptador tanque 2"	U	3	\$3.600,00	\$10.800,00
13	PLC Siemens S7-1200	U	1	\$1.330.000,00	\$1.330.000,00
14	Sensor de nivel ultrasónico	U	2	\$715.000,00	\$1.430.000,00
16	Bandeja pasa cable tipo escalera 150mm	m	15	\$22.000,00	\$330.000,00
17	Cable Tripolar 6mm2 PVC	m	100	\$7.500,00	\$750.000,00
18	Cable Tripolar 2,5mm2 PVC	m	15	\$3.000,00	\$45.000,00
19	Cable Tetrapolar 6mm2 PVC	m	10	\$8.600,00	\$86.000,00
20	Cable unipolar 1mm2	m	25	\$650,00	\$16.250,00
21	Cable unipolar 2,5mm3	m	25	\$800,00	\$20.000,00
22	Cable unipolar 6mm4	m	25	\$1.300,00	\$32.500,00
23	Interruptor diferencial Easy9 4P 32A t 30mA	U	1	\$140.000,00	\$140.000,00
24	Contactador K 20A 4P 220V 50-60Hz	U	1	\$50.000,00	\$50.000,00
25	Contactador K 3P 12A 1Na 24V 50/60Hz	U	1	\$43.000,00	\$43.000,00
26	Contactador K 3P 6A 1Na 24V 50/60Hz	U	1	\$32.000,00	\$32.000,00
27	Bloque de contactos	U	2	\$17.000,00	\$34.000,00
28	Relé Térmico Para Contactador K 10-14 A	U	1	\$28.700,00	\$28.700,00
29	Relé Térmico Para Contactador K 2-6 A	U	1	\$12.000,00	\$12.000,00
31	Interruptor termomagnético 3P 16A 4,5kA	U	1	\$18.000,00	\$18.000,00
32	Interruptor termomagnético 2P 10A 4,5kA	U	1	\$20.000,00	\$20.000,00



ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
33	Interruptor termomagnético 2P 16A 4,5kA	U	1	\$22.000,00	\$22.000,00
34	Interruptor termomagnético 2P 6A 4,5kA curva C	U	1	\$16.400,00	\$16.400,00
36	Pulsador Rasante 1NC ROJO	U	2	\$6.150,00	\$12.300,00
37	Pulsador Rasante 1NO VERDE	U	2	\$6.150,00	\$12.300,00
38	Parada de EMER 1/4 GIRO 1NC	U	1	\$25.000,00	\$25.000,00
39	SELECTORA 2 POS FIJAS 1NA+1NC	U	1	\$5.000,00	\$5.000,00
40	Piloto Luminoso Rojo Led 24vca/Cc	U	2	\$3.300,00	\$6.600,00
41	Piloto Luminoso Verde Led 24vca/Cc	U	2	\$3.300,00	\$6.600,00
42	Piloto Luminoso Amar Led 24vca/Cc	U	2	\$3.300,00	\$6.600,00
43	ZELIO RELE 12A 2NANC 24VCA	U	4	\$8.000,00	\$32.000,00
44	Gabinete Metálico H600xW500xD200 IP66	U	1	\$160.000,00	\$160.000,00
45	TRANSFORMADOR 220V/24V POT= 150VA	U	1	\$37.000,00	\$37.000,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$13.144.510,00</b>

## 6.2. COSTOS DE OPERACIÓN

A continuación se considerarán los costos debido al consumo energético de los equipos, tanto la bomba de pozo como la bomba de impulsión. Para esto se considera el cuadro tarifario de servicoop para la Cooperativa de Puerto Pirámide.

T3MT - Cooperativa Puerto Pirámide (categoría 207)

Rango	Consumo		CD <sup>(POT)</sup> (\$/kW)	CD <sup>(ENE)</sup> (\$/kWh)
	Desde kW	Hasta kW		
T3MT	300,01	en adelante	s/convenio	s/convénio

Régimen de Paso Compra Energía M.E.M.(*)				
Tipo Usuario	Potencia Precio Estabilizado (kW)	Subsidio Estado Nacional Potencia (kW)	Energía Precio Estabilizado (\$/kWh)	Subsidio Estado Nacional (\$/kWh)
GUc	80,0000	80,0000	-	32,1160

Figura 6.1 Cuadro Tarifario energía eléctrica



Computando así, los consumos energéticos de los equipos y el costo de la energía se puede estimar el costo de operación.

Tabla 6.2. Costos de Operación

COSTOS DE OPERACIÓN				
N°	Descripción	Consumo [kwh]	Costo Energía [\$/kwh]	Costo total
1	Bomba de Pozo	152,87	32,1116	\$4.908,90
2	Bomba de Impulsión	37,89	32,1116	\$1.216,71
			<b>Total</b>	<b>\$6.125,61</b>

### 6.3. INGRESOS POR PRODUCCIÓN

Idem a lo desarrollado anteriormente se busca determinar los ingresos usando de referencia el cuadro tarifario del servicio de agua sanitaria de Servicoop. Para nuestro caso de estudio recurriremos a la categoría "12 - general" desde 30,01m<sup>3</sup> hasta 50m<sup>3</sup>

Categoría	Consumo Agua Potable		Servicio Agua Medida Tarifa Plena			
	Desde m <sup>3</sup>	Hasta m <sup>3</sup>	CD (CF) (\$/mes)	CD (CV) (\$/m <sup>3</sup> )	T.A.P (CF) (\$/mes)	T.A.P (CV) (\$/m <sup>3</sup> )
12 - General	0	30	4.429,16		1.334,00	-
	30,01	50	-	147,6385	-	44,4665
	50,01	70		221,4578		44,4665
	70,01	100		295,2770		44,4665
	100,01	en adelante		442,9155		44,4665

Figura 6.2 Cuadro Tarifario Agua Potable

Utilizando como referencia de valor de Agua producida se tomará el valor esperado de un aumento de producción de 5m<sup>3</sup>/h de AP

Tabla 6.3. Ingresos Mensuales

INGRESOS MENSUALES						
Agua producida [m <sup>3</sup> /h]	Agua producida al mes [m <sup>3</sup> /mes]	CD [\$/m <sup>3</sup> ]	T.A.P [\$/m <sup>3</sup> ]	CD TOTAL	T.A.P TOTAL	INGRESO TOTAL
5	3600	147,64	44,47	\$531.504,00	\$160.092,00	\$691.596,00



## 6.4. FLUJO DE CAJA

### Premisas del Flujo de Caja Proyectado

El flujo de caja del proyecto “Ingeniería a Plantas de Ósmosis Inversa” tiene las siguientes premisas:

1. **Periodo de proyección:** Se consideró como horizonte un periodo de 5 años.
2. **Ingresos por Ventas:** Los ingresos provendrán de la facturación a los usuarios por el consumo del agua producto en m<sup>3</sup> y el transporte de la misma hacia los usuarios.

Se considera la venta total de la producción debido a la fuerte demanda existente en la comunidad y que está reemplazará a otros medios de obtención de agua como el de camiones cisterna. Es por esto que se considera 100% de ventas por producción.

3. **Egresos Operativos:** Los gastos operativos del proyecto provendrán del consumo energético de los equipos y del mantenimiento de los mismos. Además de un monto fijo para mantenimiento periódicos y viáticos para el personal
4. **Ingresos No Operativos:** Inversión del costo del proyecto

Supuestos:

- Debido a la situación económica inflacionaria, los valores representados en el flujo de caja se consideran a precios nominales del mes de la fecha y no se considerará la inflación.
- Se considerará un tasa de descuento de un 10%
- No se consideran gastos por la perforación del pozo debido a que el ente del estado interviniente cuenta con los equipos para llevarlo a cabo.



Tabla 6.4. Flujo de caja mensualizado:

FIUJO DE CAJA							
Meses	0	1	2	3	4	5	6
<b>INGRESOS</b>							
Ingresos por suministro de agua		\$691.596,00	\$691.596,00	\$691.596,00	\$691.596,00	\$691.596,00	\$691.596,00
<b>EGRESOS OPERATIVOS</b>							
Gastos por operaciones		\$6.125,61	\$6.125,61	\$6.125,61	\$6.125,61	\$6.125,61	\$6.125,61
Gastos por mantenimiento		\$300.000,00	\$300.000,00	\$300.000,00	\$300.000,00	\$300.000,00	\$300.000,00
<b>INGRESOS NO OPERATIVOS</b>							
Inversión total del costo del proyecto	\$12.481.740,00						
<b>FIUJO</b>							
Flujo de Caja	-\$12.481.740,00	\$385.470,39	\$385.470,39	\$385.470,39	\$385.470,39	\$385.470,39	\$385.470,39
Flujo de Caja Acumulado	-\$12.481.740,00	-\$12.096.269,61	-\$11.710.799,22	-\$11.325.328,83	-\$10.939.858,44	-\$10.554.388,05	-\$10.168.917,66



Tabla 6.5. Flujo Anualizado dentro del periodo de proyección

AÑOS	INGRESOS NO OP	EGRESOS OP		INGRESOS	FLUJO	ACUMULADO
	CAP. INICIAL	COST. OP	COST. MANT.	AGUA SUMINISTRADA		
0	\$12.481.740,00				-\$12.481.740,00	-\$12.481.740,00
1		\$73.507,31	\$3.600.000,00	\$8.299.152,00	\$4.625.644,69	-\$7.856.095,31
2		\$73.507,31	\$3.600.000,00	\$8.299.152,00	\$4.625.644,69	-\$3.230.450,61
3		\$73.507,31	\$3.600.000,00	\$8.299.152,00	\$4.625.644,69	\$1.395.194,08
4		\$73.507,31	\$3.600.000,00	\$8.299.152,00	\$4.625.644,69	\$6.020.838,78
5		\$73.507,31	\$3.600.000,00	\$8.299.152,00	\$4.625.644,69	\$10.646.483,47

En el cuadro anterior podemos observar que dentro del periodo de proyección se recupera la inversión por lo tanto el  $PRI=3$ . Pero estos valores no están ajustados por la tasa de descuento por lo que podemos proceder a calcular el  $PRI$  descontado

Tabla 6.6. Flujo Ajustado

AÑOS	FLUJO AJUSTADO	FLUJO ACUMULADO AJUSTADO
0	-\$12.481.740,00	-\$12.481.740,00
1	\$4.205.131,54	-\$8.276.608,46
2	\$3.822.846,85	-\$4.453.761,61
3	\$3.475.315,32	-\$978.446,28
4	\$3.159.377,57	\$2.180.931,28
5	\$2.872.161,42	\$5.053.092,71

Una vez aplicado la tasa de descuento y haber llevado los valores de caja futuros a valores presente ahora sí podemos afirmar que el  $PRI$  descontado=4; es decir podemos afirmar que dentro del periodo de proyección se recupera la inversión inicial.



Utilizando las tablas anteriores podemos determinar el valor del VAN:

<b>VAN</b>	\$5.053.092,71
------------	----------------

Según los datos obtenidos se estima un VAN de \$5.053.092,71 por lo que podemos afirmar que existe una compensación atractiva, en el sentido de que el proyecto no solo es capaz de financiar los costos de operación, sino que además recupera lo invertido y genera como renta la tasa exigida

Ahora utilizando las tablas anteriores podemos determinar el valor de la TIR:

<b>TIR</b>	13%
------------	-----

Ya que la tasa de descuento es de un 10% y si la TIR es igual a un 13%, es mayor que la tasa de descuento requerida, eso es generalmente positivo y sugiere que el proyecto tiene el potencial de generar un rendimiento que compensa el riesgo y el costo de oportunidad del capital.



## BIBLIOGRAFÍA

- AEA 90364 (2006) Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles (parte 7) Reglas Particulares para las Instalaciones en Lugares y Locales Especiales Sección 771: Viviendas, Oficinas y Locales (unitarios).
- COMBEPower S.A <https://mec-argentina.com.ar/electrobombas/9-linea-shf-alto-acudal.html>
- Energy Recovery, inc (2008) Document Number 80019-03 Revision 8
- Imágenes satelitales y distancias calculadas a través de Google Earth <https://earth.google.com/web/>.
- International Desalination Association (2011) Desalination at a glance.
- L.F.Moody, Trans .ASME (1944) Diagrama de Moody, (vol 66)
- Mataix Claudio (1982) MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS (2da Ed)
- Ministerio de minas y petróleo, Instituto Geológico Nacional (1956) El ensayo de bombeo en las captaciones de agua subterránea.
- Motorarg S.A (2012) <https://www.motorarg.com.ar/download/bms-ai/>
- Mott Robert (2006) Mecánica de fluidos.(6ta Edición). .
- Polimex <http://www.polimex.com.ar/productos/sistema-roscados.html>
- Plastica Alfa <https://www.plasticaalfa.it/catalogoprodotti/>
- PRYSMIAN (2008) Instalaciones fijas (pág, 01-14).
- RWL Water (2015) MEMORIA DESCRIPTIVA. Planta potabilizadora de agua de mar.
- Servicio de hidrografía naval. Tablas de marea. [http://www.hidro.gov.ar/oceanografia/.tmareas/form\\_tmareas.asp](http://www.hidro.gov.ar/oceanografia/.tmareas/form_tmareas.asp)
- Tigre <https://www.tigre.com.ar/informaciones-tecnicas/categoria/catalogos-tecnicos>
- Video de Youtube Canal FFGAGUA ( 29 Diciembre,2017). Cap 04 El agua subterránea o invisible- "captación del agua subterránea" [https://www.youtube.com/watch?v=r18PvCbafLM&ab\\_channel=Ffgagua-Fundaci%C3%B3nFomentoyGesti%C3%B3ndelagua](https://www.youtube.com/watch?v=r18PvCbafLM&ab_channel=Ffgagua-Fundaci%C3%B3nFomentoyGesti%C3%B3ndelagua)



- Wilkin Rojas, Llanca Blas (2015) “Diseño de un sistema hidráulico de extracción de agua salobre de pozo profundo para satisfacer la demanda de planta de tratamiento de agua para la empresa corporación Lindley S.A- Pucusana” Universidad Nacional del Callao. [https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/1507/Wilkin\\_Tesis\\_titulo profesional\\_2015.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/1507/Wilkin_Tesis_titulo profesional_2015.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- XVI Safety, Health and Environment World Congress (2016) Análisis de membranas de ósmosis inversa en potabilización de agua para consumo humano.

# PLANTA DE BOMBEO

## NOTAS:

PH: PLANO HIDRAULICO  
 PM: PLANO MECANICO  
 PC: PLANO CIVIL  
 PE: PLANO ELECTRICO

		FECHA		UTN FRCH	La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO		01/12/23	MARIN	PROYECTO FINAL	
REVISO					
APROBÓ					
ESC: NA				SISTEMA DE BOMBEO	Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa
				PLANTA DE BOMBEO	Plano: PH000
Hoja 000	Sigue 001			CARATULA	Reemplaza:

# INDICE

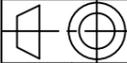
- H001 - PH001 (SIMBOLOGIA)
- H002 - PH002 (P&ID)
- H003 - PH003 (ISOMETRICO)
- H004 - PH004 (CAPTACIÓN PLANTA)
- H005 - PH005 (IMPULSIÓN PLANTA)
- H006 - PH006 (LAY OUT)
- H007 - PC007 (PLANTA DE BOMBEO)
- H008 - PC008 (ZANJEO)
- H009 - PM009 (BASE DE BOMBA)
- H010 - PE010 (CORTE GENERAL- PE)
- H011 - PE011 (DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN)
- H012 - PE012 (POTENCIA)
- H013 - PE013 (SEÑALIZACIÓN)
- H014 - PE014 (DISTRIBUCIÓN DE SEÑALES)
- H015 - PE015 (SEÑALES IN)
- H016 - PE016 (PLC)
- H017 - PE017 (RELE DE FRONTERA)
- H018 - PE018 (COMANDO)
- H019 - PE019 (SEÑALES SENSORES)
- H020 - PE020 (SEÑALES SENSORES)
- H021 - PE021 (TOPOGRÁFICO VISTAS)

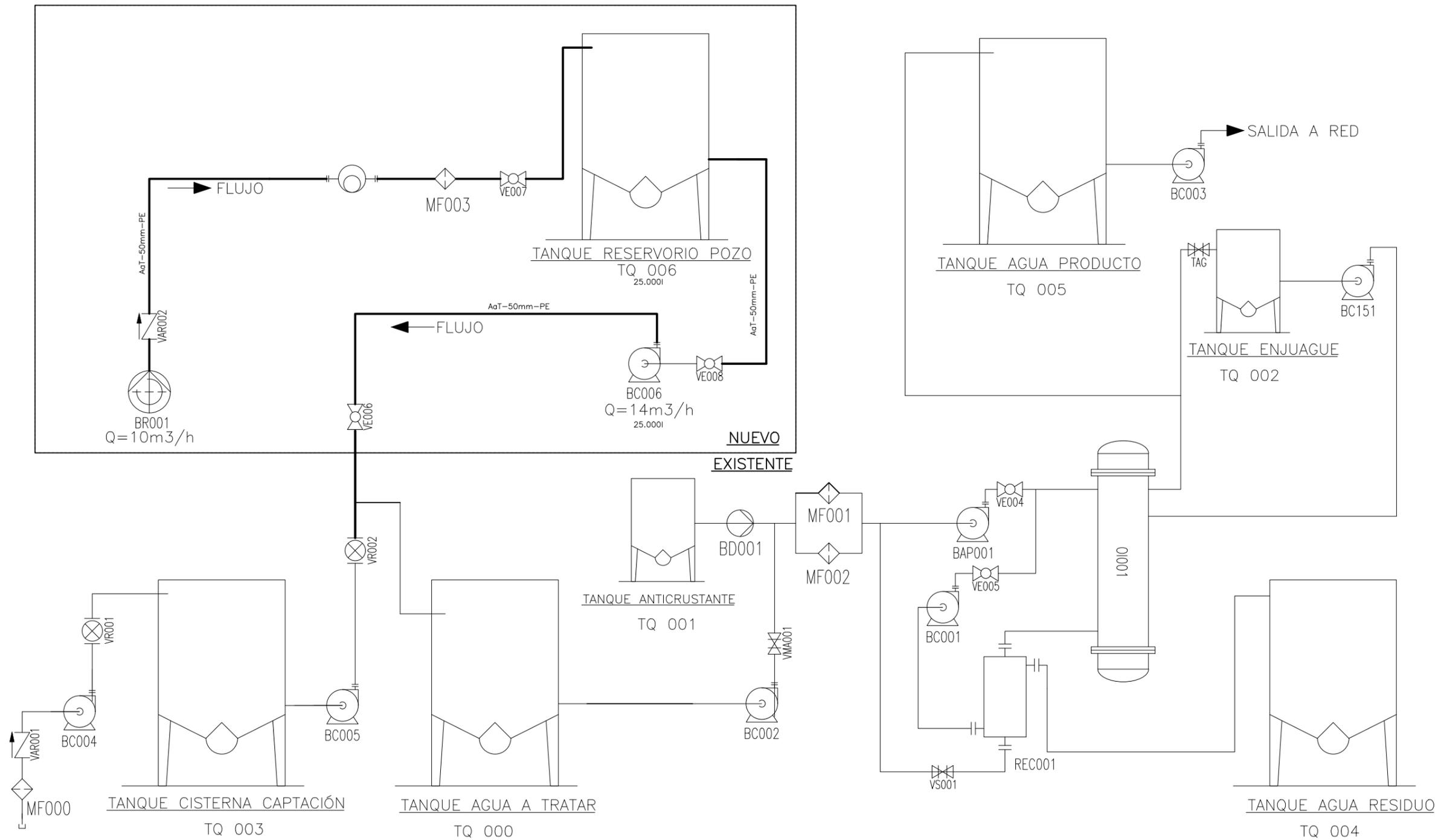
# SIMBOLOGIA

-  BOMBA DE POZO (ROTODINAMICA)
-  BOMBA CENTRIFUGA
-  BOMBA DOSIFICADORA
-  VALVULA ESFERICA
-  VALVULA DE COMPUERTA
-  VALVULA ANTIRRETORNO
-  FILTRO
-  DRENAJE/CAPTACION
-  MODULO MEMBRANA OI
-  RECUPERADOR DE ENERGIA

## NOTAS:

- PE: PEAD
- AP: AGUA PRODUCTO
- AaT: AGUA A TRATAR
- AR: AGUA RESIDUO

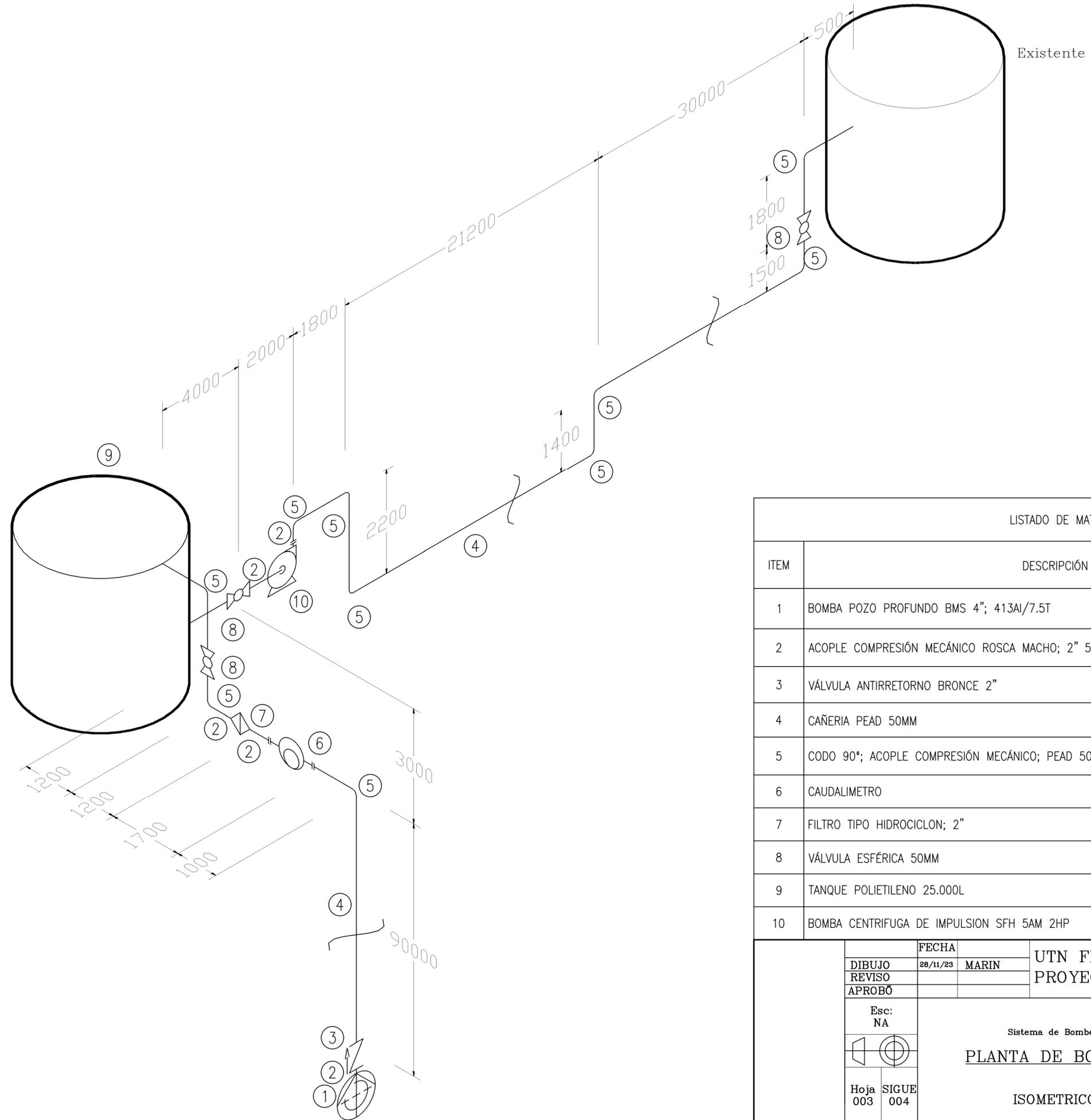
		FECHA		UTN FRCH		La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.	
DIBUJO		01/12/23	MARIN	PROYECTO FINAL			
REVISO							
APROBÓ						Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa	
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>PLANTA DE BOMBEO</b>					Plano: PH001
							
Hoja 001	Sigue 002	INDICE - SIMBOLOGÍA					Remplaza:



**NOTAS:**

- PE: PEAD
- AP: AGUA PRODUCTO
- AaT: AGUA A TRATAR
- AR: AGUA RESIDUO

DIBUJO REVISO APROBÓ	FECHA	UTN FRCH PROYECTO FINAL	La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.	
	28/10/23			MARIN
	ESC: NA			
Sistema de Bombeo <b>PLANTA DE BOMBEO</b>		Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa		
Hoja 002	Sigue 003			Plano: PH002
P&ID		Remplaza:		



LISTADO DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT
1	BOMBA POZO PROFUNDO BMS 4"; 413A/7.5T	1
2	ACOPLE COMPRESIÓN MECÁNICO ROSCA MACHO; 2" 50MM PEAD	5
3	VÁLVULA ANTIRRETORNO BRONCE 2"	1
4	CAÑERIA PEAD 50MM	180m
5	CODO 90°; ACOPLÉ COMPRESIÓN MECÁNICO; PEAD 50MM	10
6	CAUDALIMETRO	1
7	FILTRO TIPO HIDROCICLON; 2"	1
8	VÁLVULA ESFÉRICA 50MM	3
9	TANQUE POLIETILENO 25.000L	1
10	BOMBA CENTRIFUGA DE IMPULSION SFH 5AM 2HP	1

FECHA	28/11/23	MARIN
DIBUJO		
REVISO		
APROBÓ		

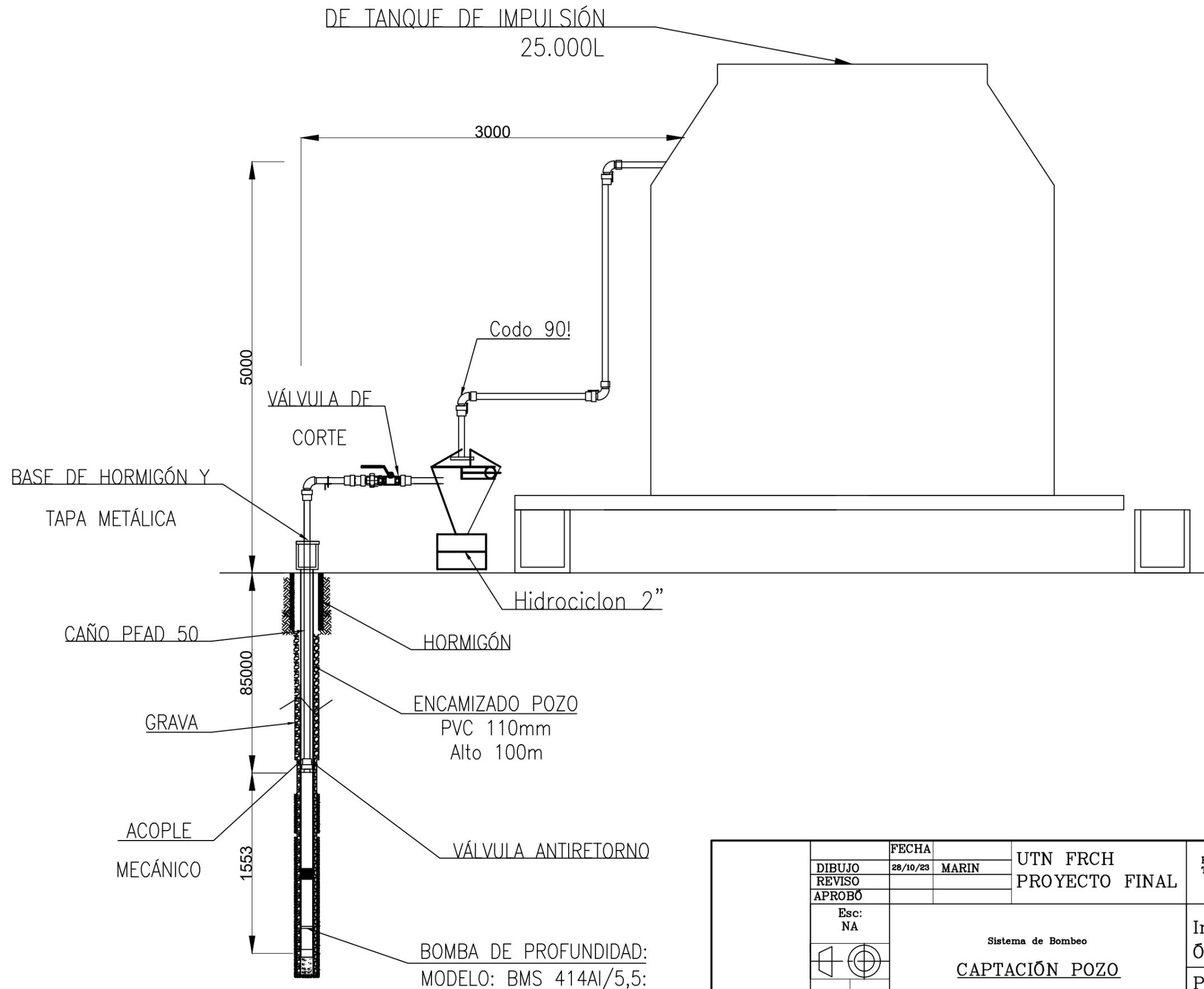
UTN FRCH  
PROYECTO FINAL

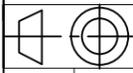
La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.

Esc: NA	
Hoja 003	SIGUE 004

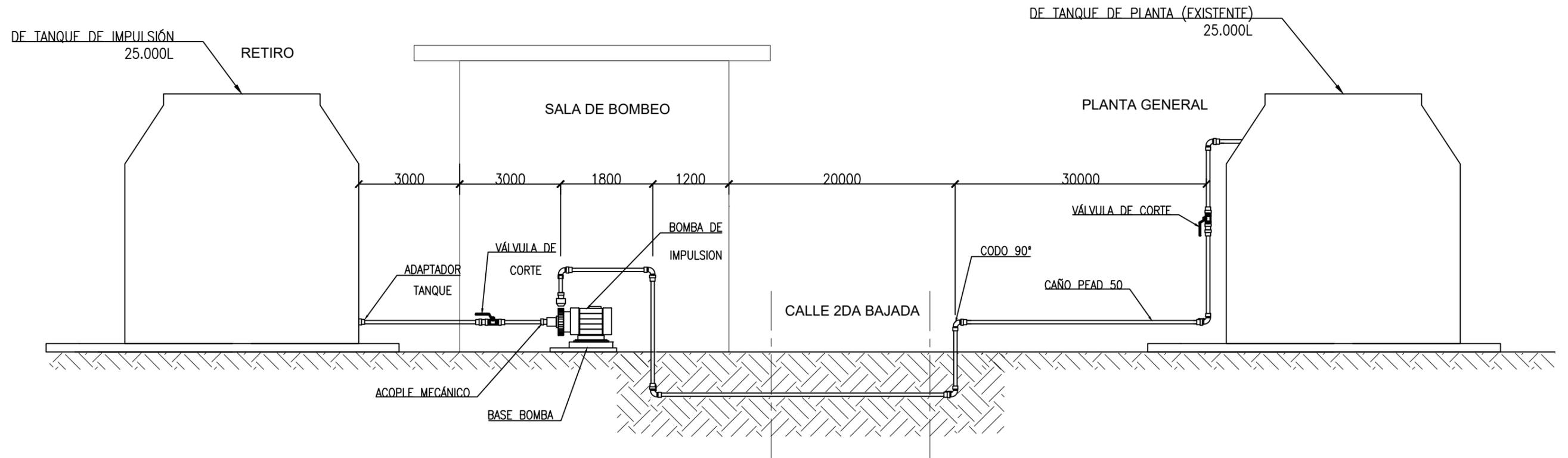
Sistema de Bombeo  
**PLANTA DE BOMBEO**  
ISOMETRICO

Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa  
Plano: PH003  
Reemplaza:

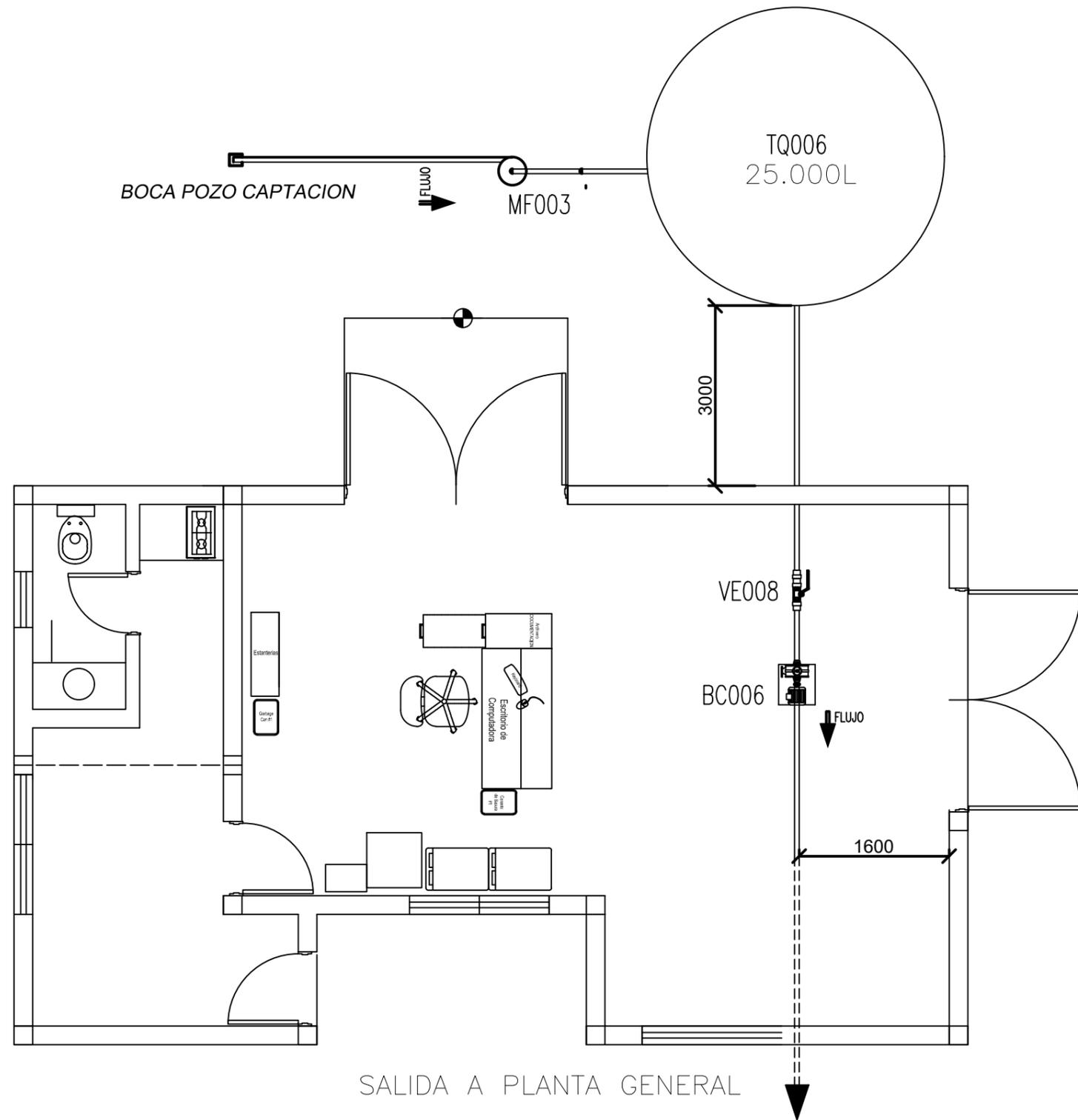


DIBUJO		FECHA	UTN FRCH PROYECTO FINAL	La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
REVISO		28/10/23		
APROBÓ		MARIN		
Esc: NA		Sistema de Bombeo		Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa
		CAPTACIÓN POZO		Plano: PH004
Hoja 004	Sigue 005	PLANTA		Reemplaza:

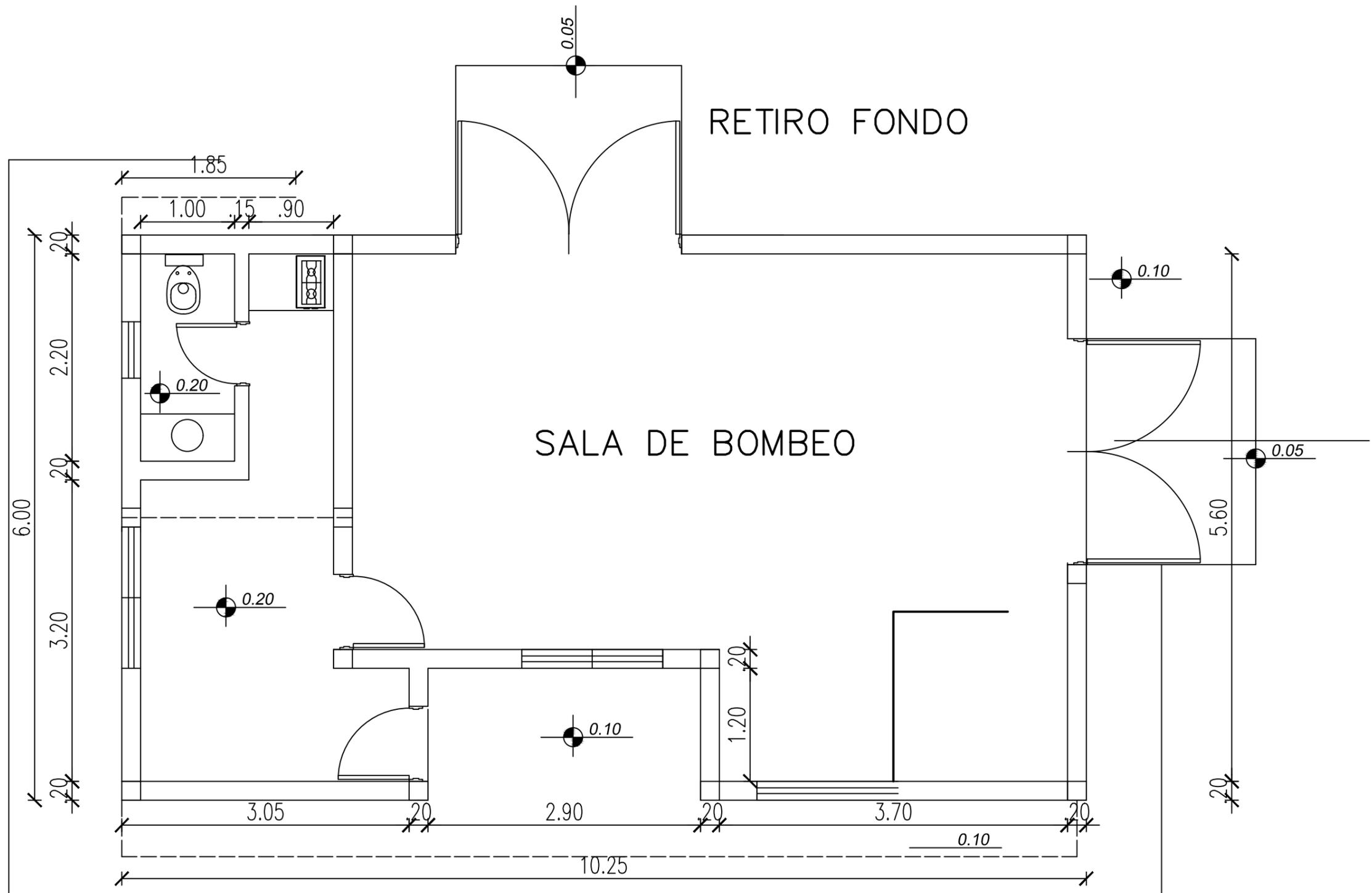
PLANTA DE BOMBEO



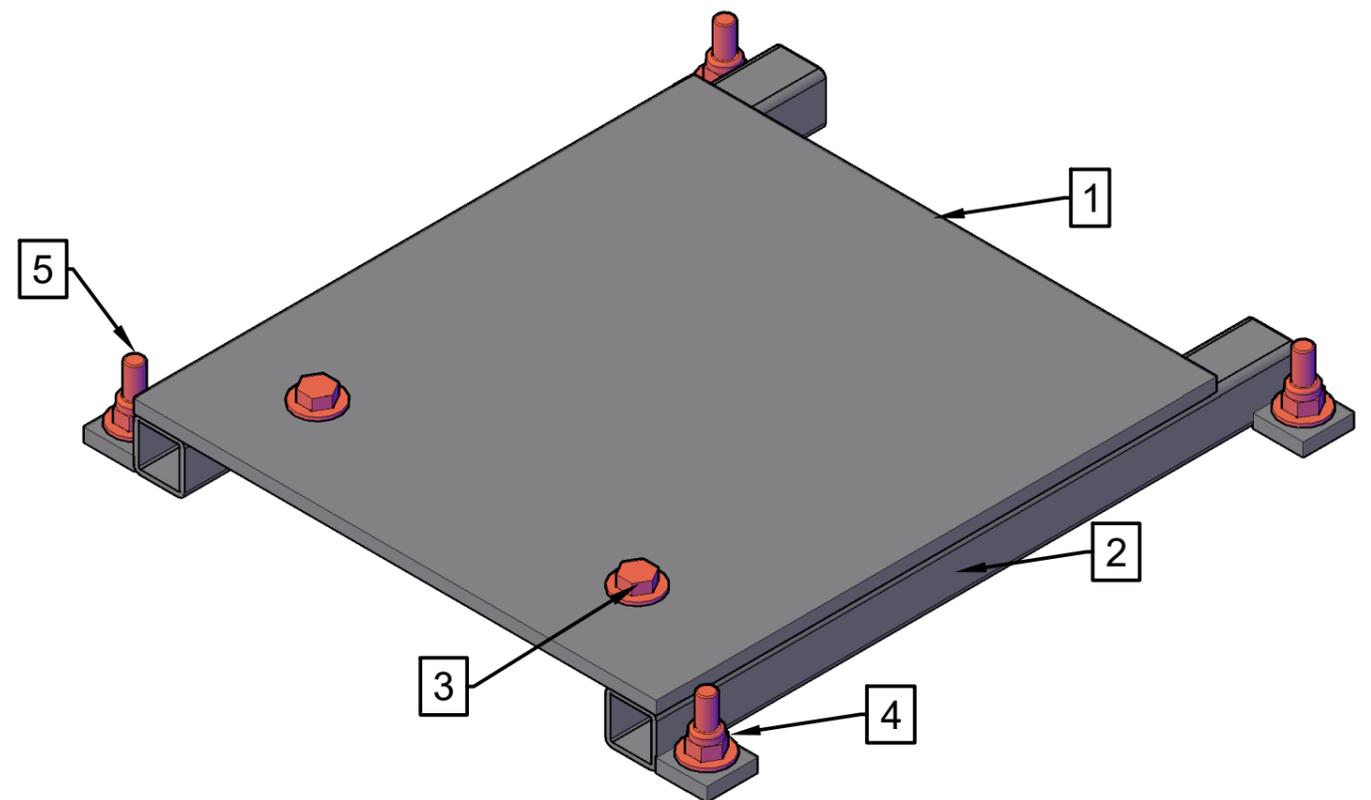
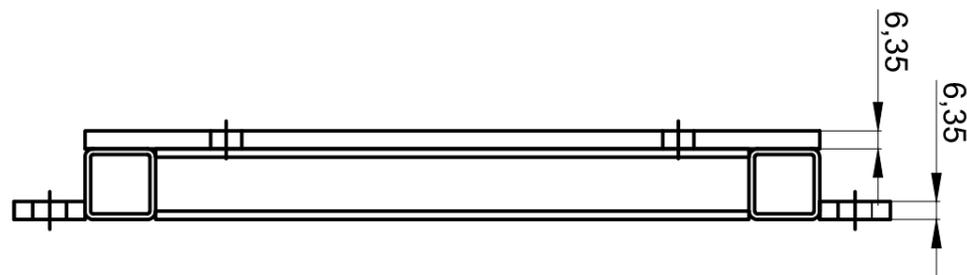
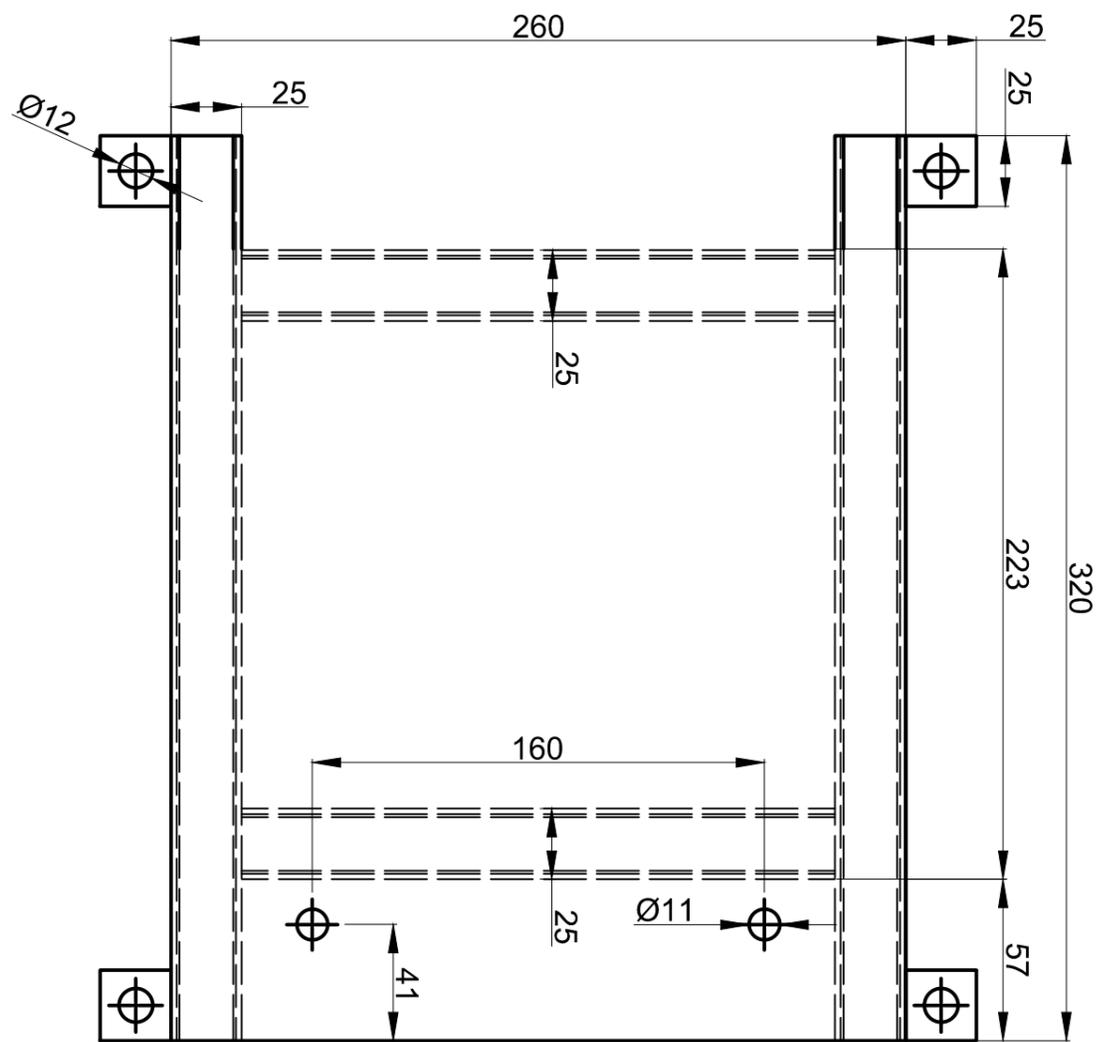
	FECHA		UTN FRCH PROYECTO FINAL	La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO	28/10/23	MARIN		
REVISO				
APROBÓ				
Esc: NA	Sistema de Bombeo BOMBEO DE IMPULSIÓN			Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa
 				Plano: PH005
Hoja 005	Sigue 006	PLANTA		Reemplaza:



		FECHA	UTN FRCH		La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO		28/10/23	MARIN		
REVISO					
APROBÓ					
ESC: NA		Sistema de Bombeo <b>PLANTA DE BOMBEO</b>			Ingeniería a Planta de Ósmosis Inversa
					
Hoja 006    Sigue 007					
LAY OUT					Plano: PH006
					Reemplaza:



		FECHA	UTN FRCH	La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO		28/10/23	MARIN	
REVISO				
		APROBÓ		
ESC: S/E				Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa
				Sistema de Bombeo
Hoja 007		Hoja 008		Plano: PC007
		PLANTA DE BOMBEO		Remplaza:
		DIMENSIONES		



Perspectiva - Base de Bomba Centrífuga

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT
1	Chapa 1/4" 260x280	1
2	Caño Estructural 25x25	
3	Bulones M10 40mm	2
4	Tuerca y Arandela M10	6
5	Perno de anclaje 10/15 x 95	4

DIBUJO	FECHA	APROBÓ
	07/12/23	MARIN
REVISO		
APROBÓ		

UTN FRCH  
PROYECTO FINAL

La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.

ESC: 1: 2,5	

Sistema de Bombeo  
**BASE DE BOMBA CENTRIF.**

Ingeniería Planta de  
Ósmosis Inversa

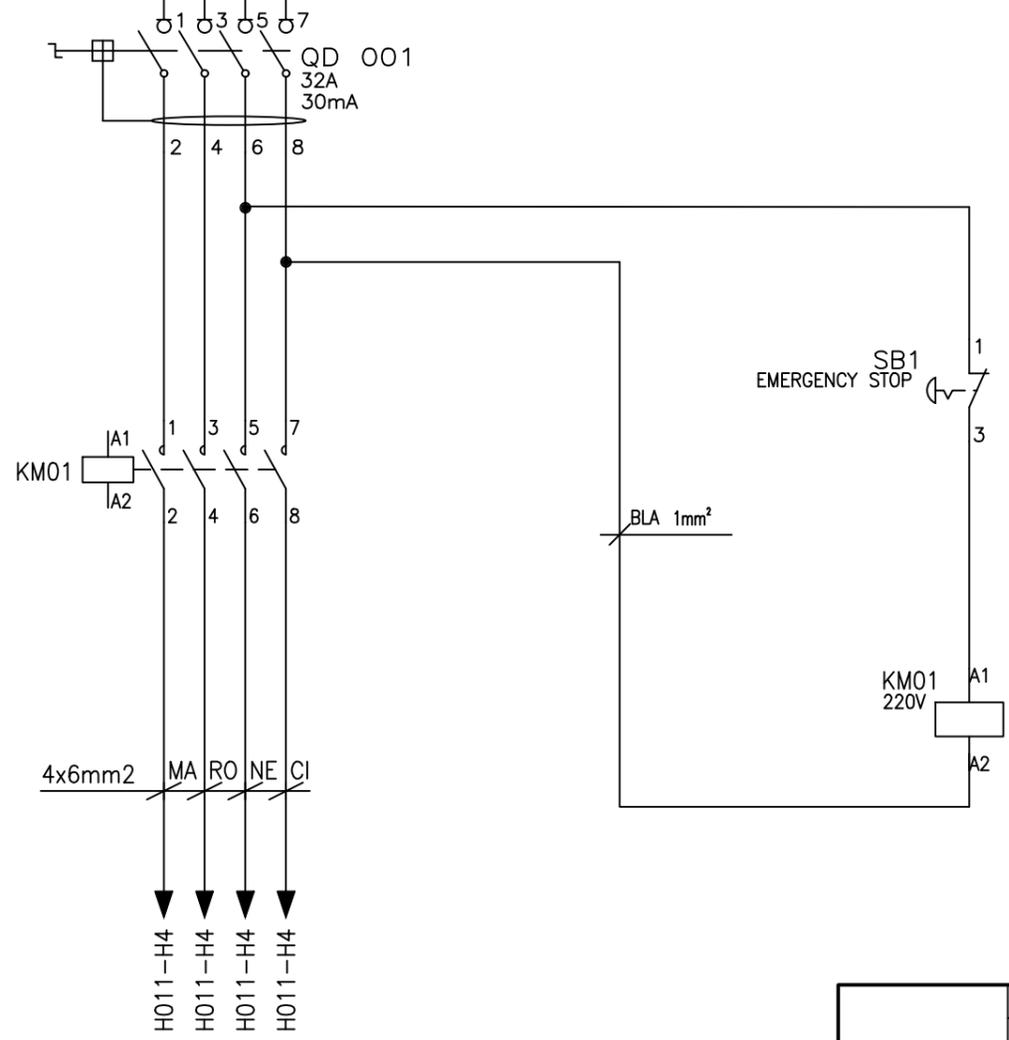
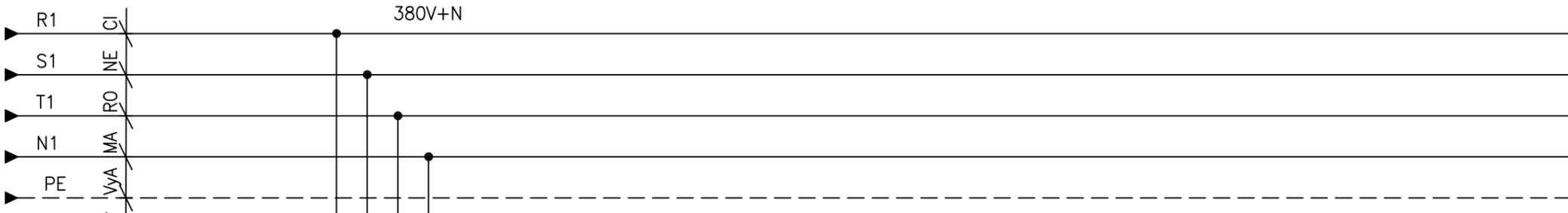
Hoja 009  
Sigue 010

DETALLE

Plano: PM009

Reemplaza:

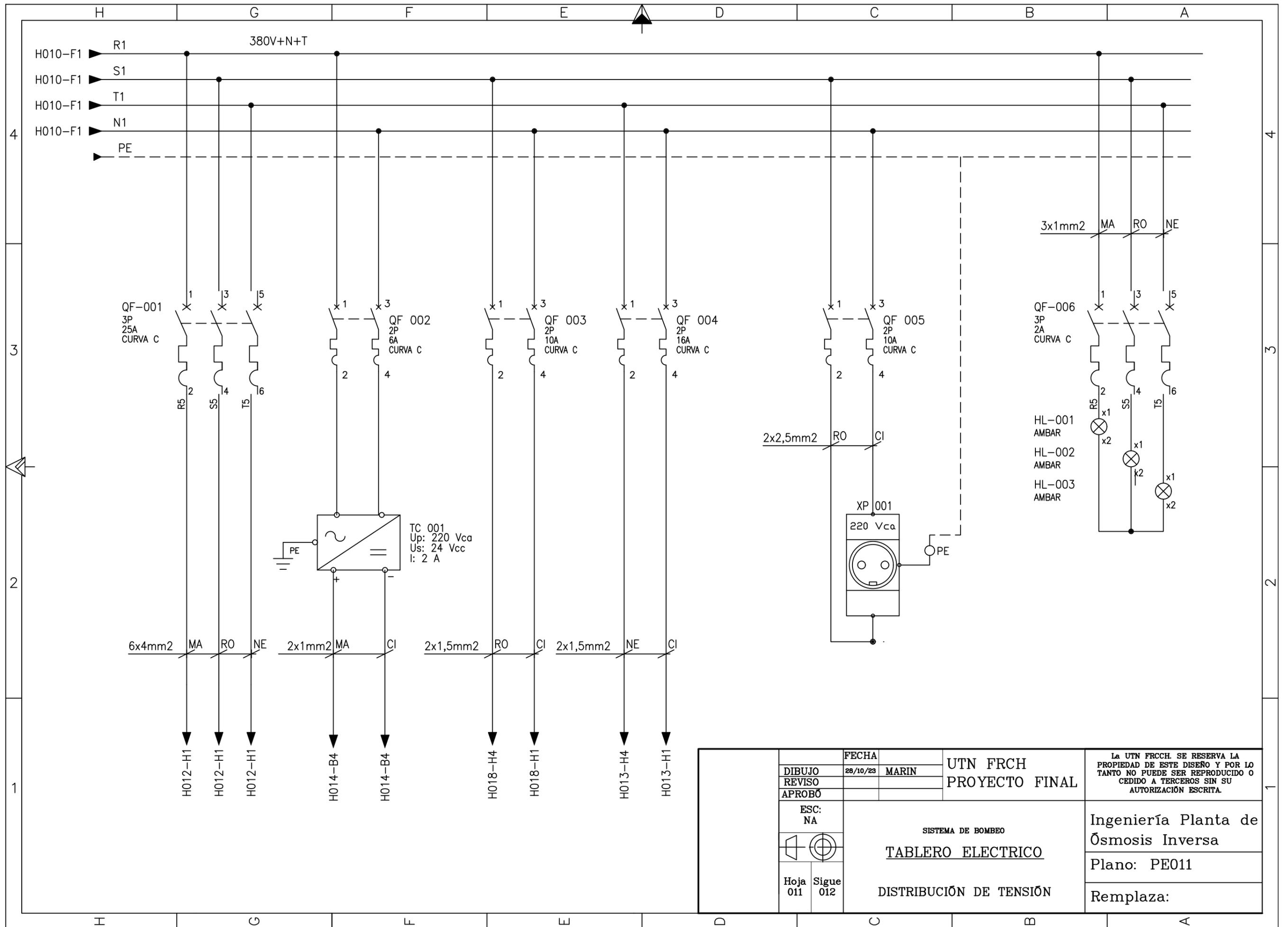
POWER SUPPLY  
CUSTOMER  
380V TRI



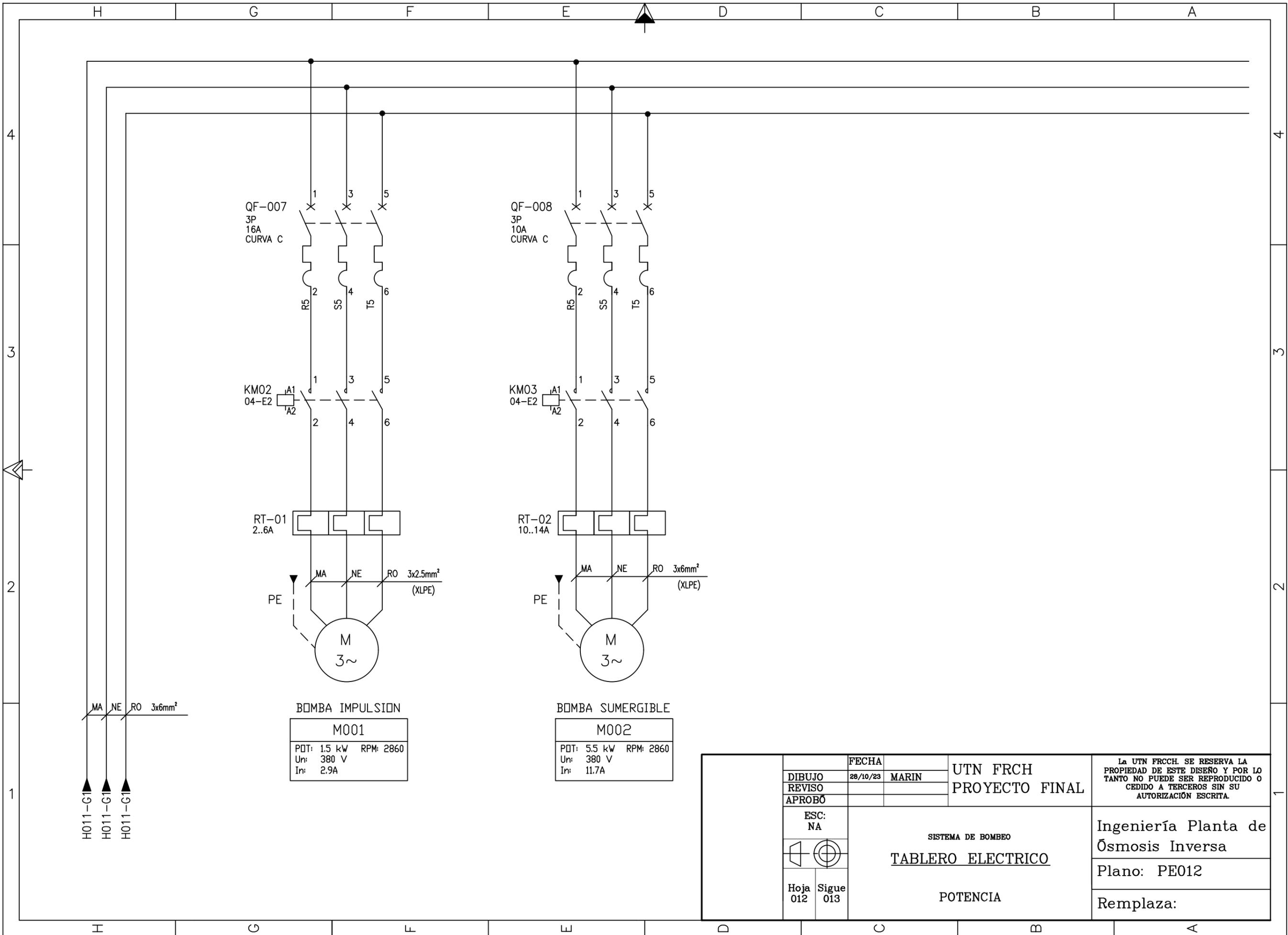
REFERENCIAS

SIMBOLO	DESCRIPCION
R	Conductor correspondiente a fase "R"
S	Conductor correspondiente a fase "S"
T	Conductor correspondiente a fase "T"
N	Conductor correspondiente a neutro
QD	Disyuntor diferencial
KM	contactor
SB	Pulsador de parada de emergencia
QF	Llave termomagnetica
TV	Transformador de Voltaje
XP	Toma corriente
HL	lampara testigo
RT	Relevo Termico
M	Motor
PP	Pulsador de parada
PM	pulsador de Marcha
ZS	Señal de sensor de nivel
RF	Rele frontera de PLC
PLC	PROGRAMADOR LOGICO COMPUTADO

DIBUJO		FECHA	UTN FRCH PROYECTO FINAL	La UTN FRCH SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
REVISO		28/11/23		
APROBÓ		MARIN		
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b>		Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa
				Plano: PE010
Hoja 010	Sigue 011	CORTE GENERAL - PE		Reemplaza:



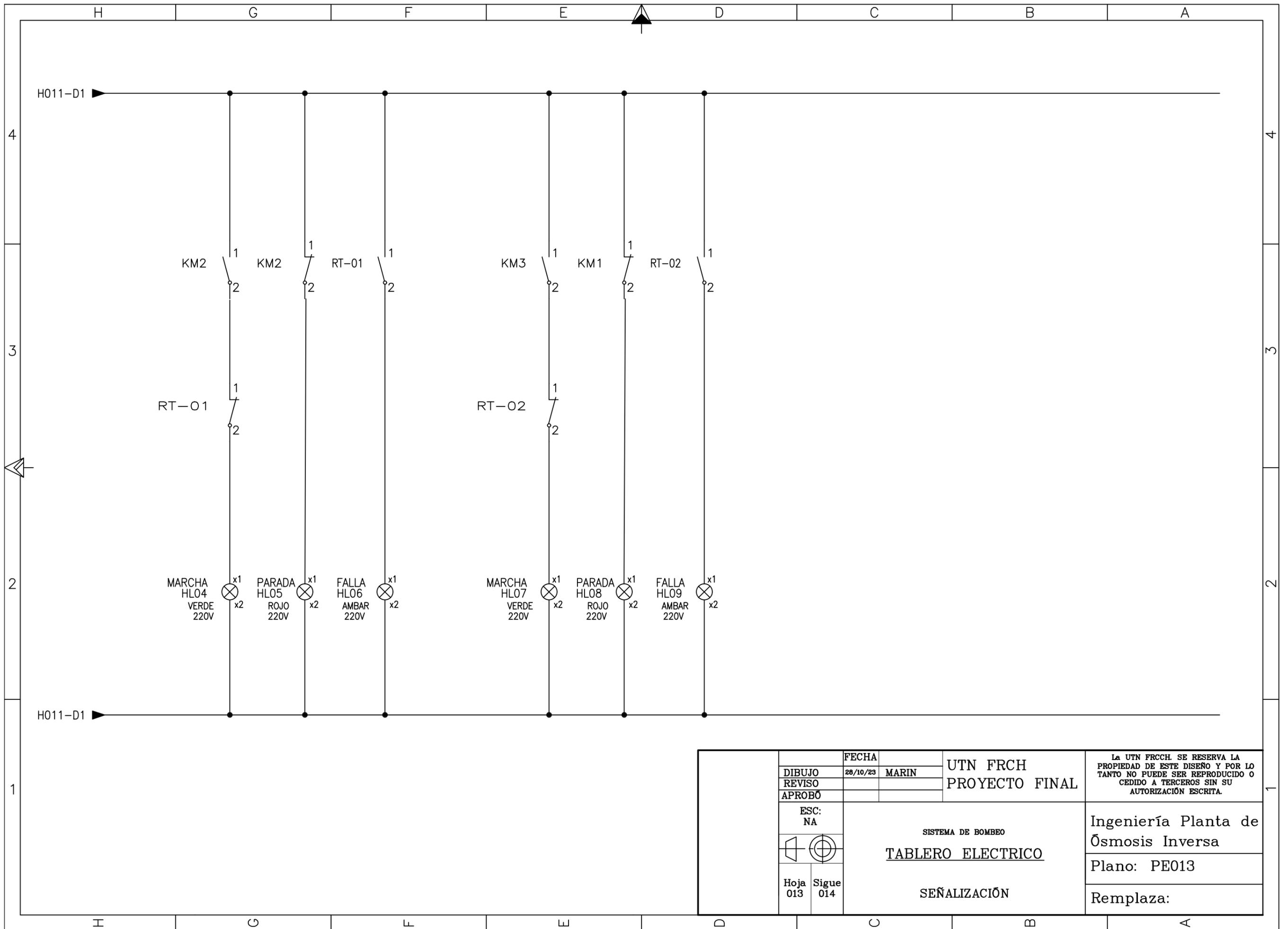
		FECHA	UTN FRCH		La UTN FRCH SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.	
DIBUJO		28/10/23	MARIN			PROYECTO FINAL
REVISO						
APROBÓ					Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa	
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b>				Plano: PE011
						
Hoja 011		DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN				Remplaza:
Segue 012						



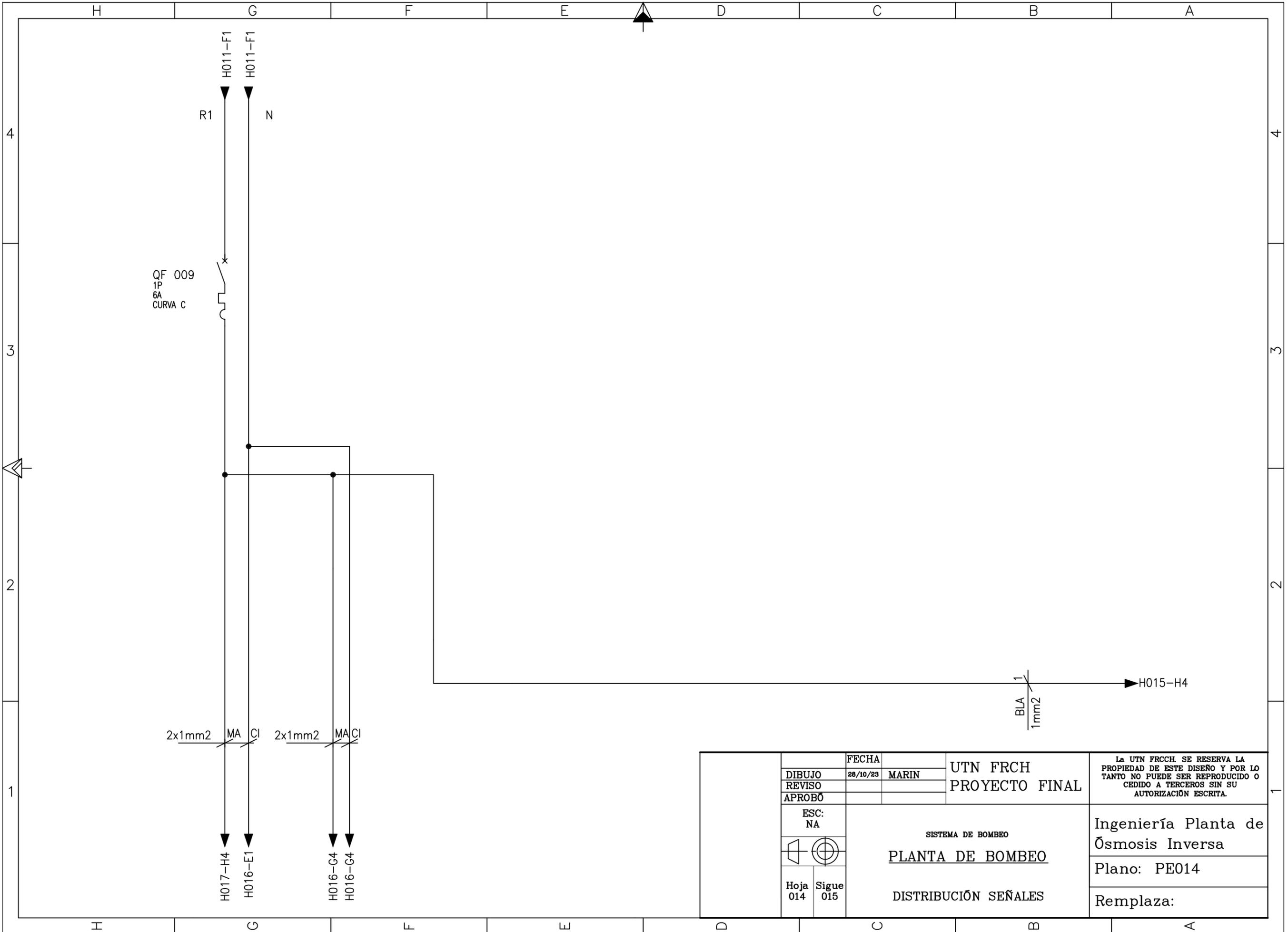
**BOMBA IMPULSION**  
**M001**  
 POT: 1.5 kW RPM: 2860  
 Un: 380 V  
 In: 2.9A

**BOMBA SUMERGIBLE**  
**M002**  
 POT: 5.5 kW RPM: 2860  
 Un: 380 V  
 In: 11.7A

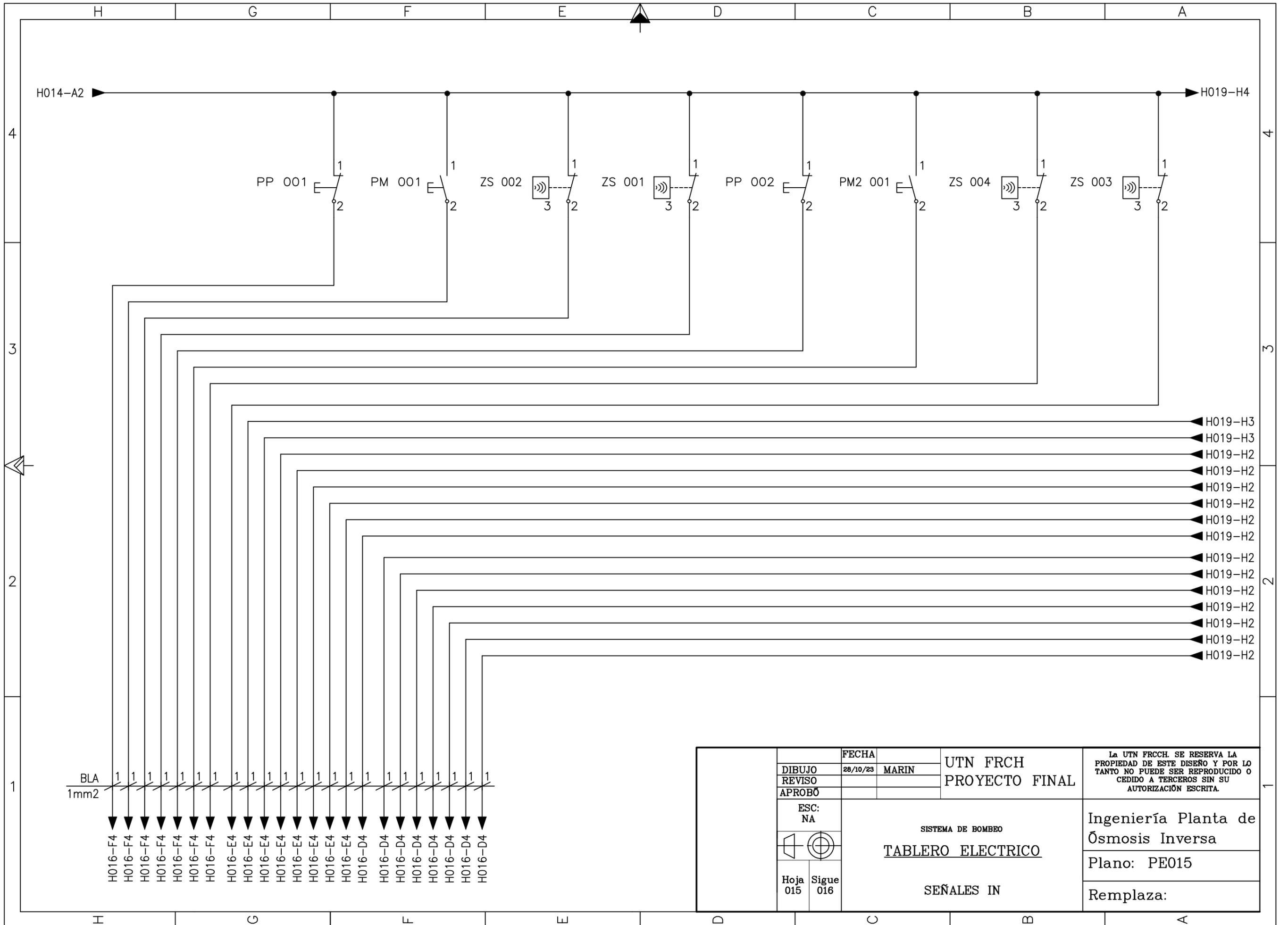
		FECHA	UTN FRCH		La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO	28/10/23	MARIN	PROYECTO FINAL		
REVISO					
APROBÓ					Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa Plano: PE012 Reemplaza:
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b> POTENCIA			
					
Hoja 012	Sigue 013				



		FECHA	UTN FRCH		La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO	28/10/23	MARIN	PROYECTO FINAL		
REVISO					
APROBÓ					
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b>			Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa
 					Plano: PE013
Hoja 013	Sigue 014	SEÑALIZACIÓN			Reemplaza:



		FECHA	UTN FRCH		La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO	28/10/23	MARIN	PROYECTO FINAL		
REVISO					
APROBÓ					
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>PLANTA DE BOMBEO</b>			Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa
					Plano: PE014
Hoja 014	Sigue 015	DISTRIBUCIÓN SEÑALES			Reemplaza:



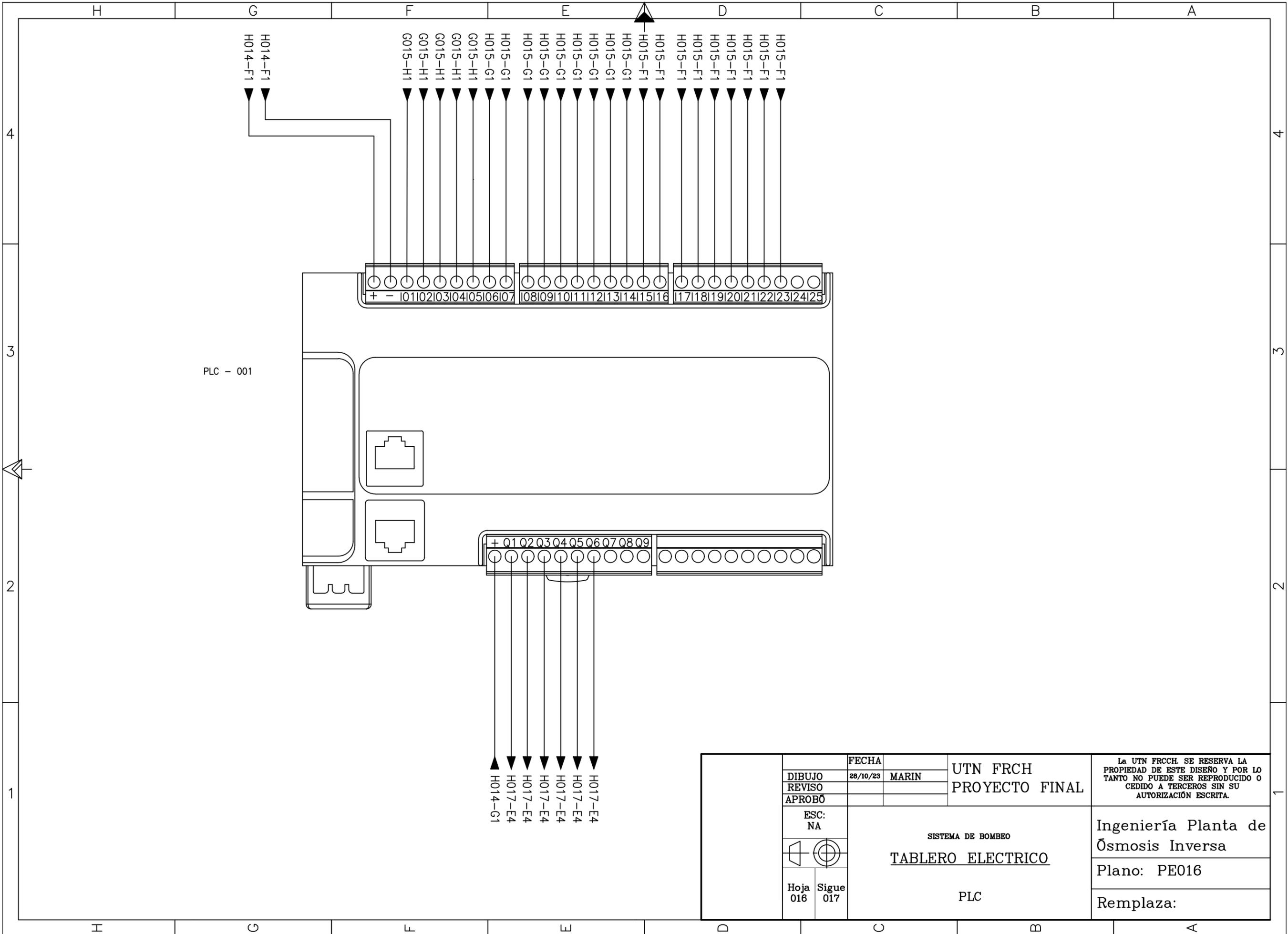
	FECHA		UTN FRCH PROYECTO FINAL
DIBUJO	28/10/23	MARIN	
REVISO			
APROBÓ			
ESC: NA	 		SISTEMA DE BOMBEO <u>TABLERO ELECTRICO</u>
 			
Hoja 015	Sigue 016	SEÑALES IN	

La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.

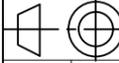
Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa

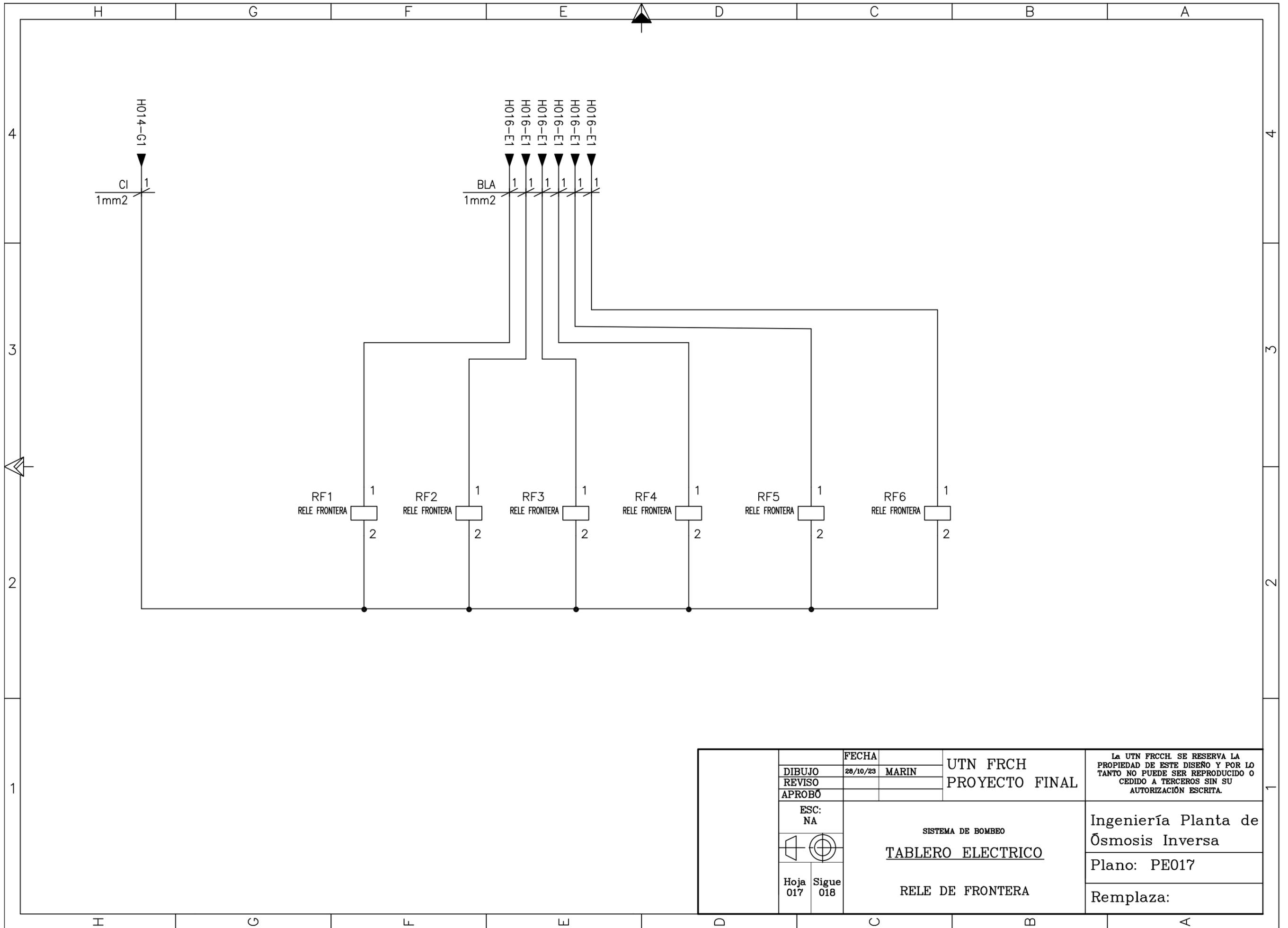
Plano: PE015

Reemplaza:

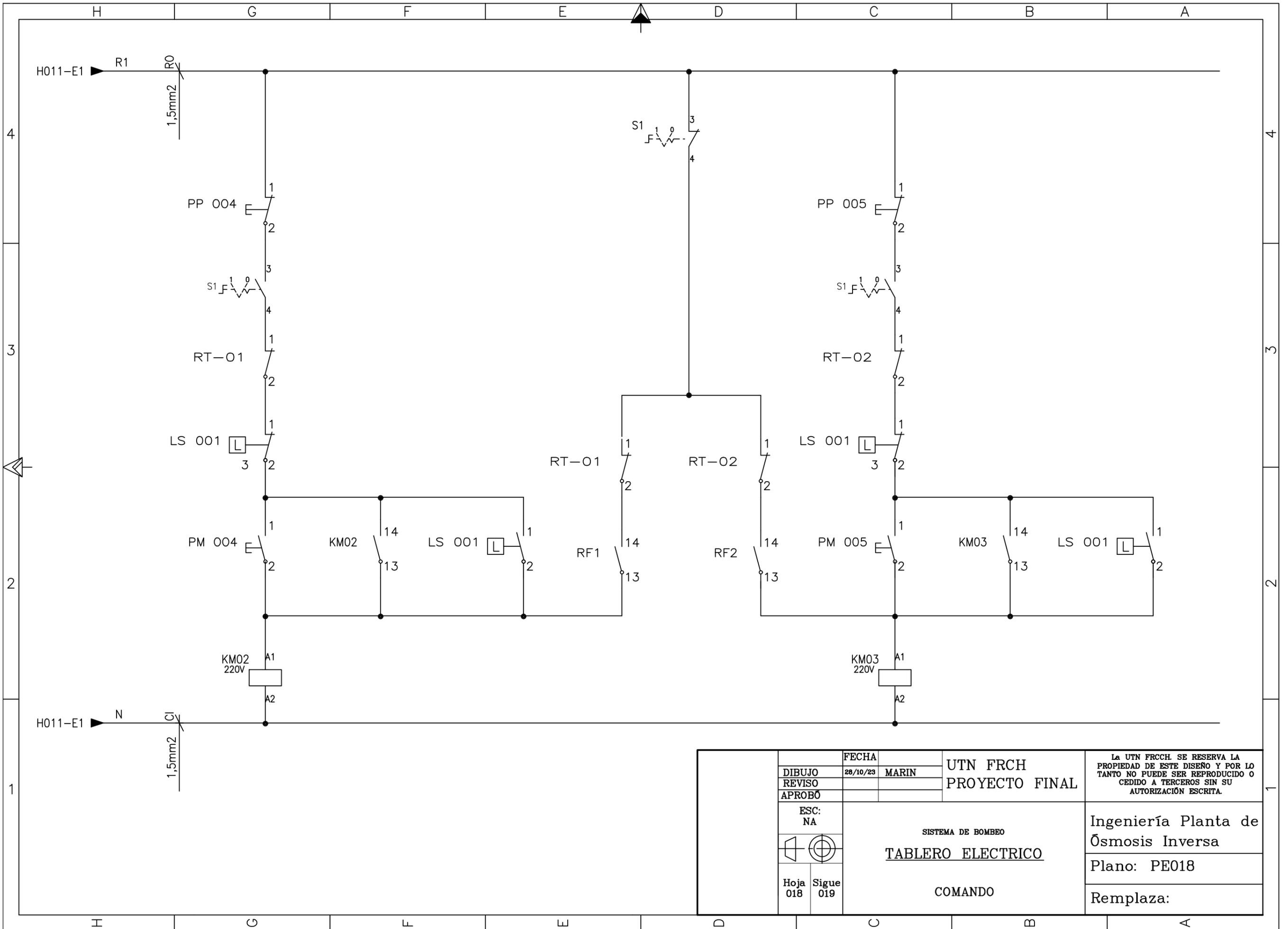


PLC - 001

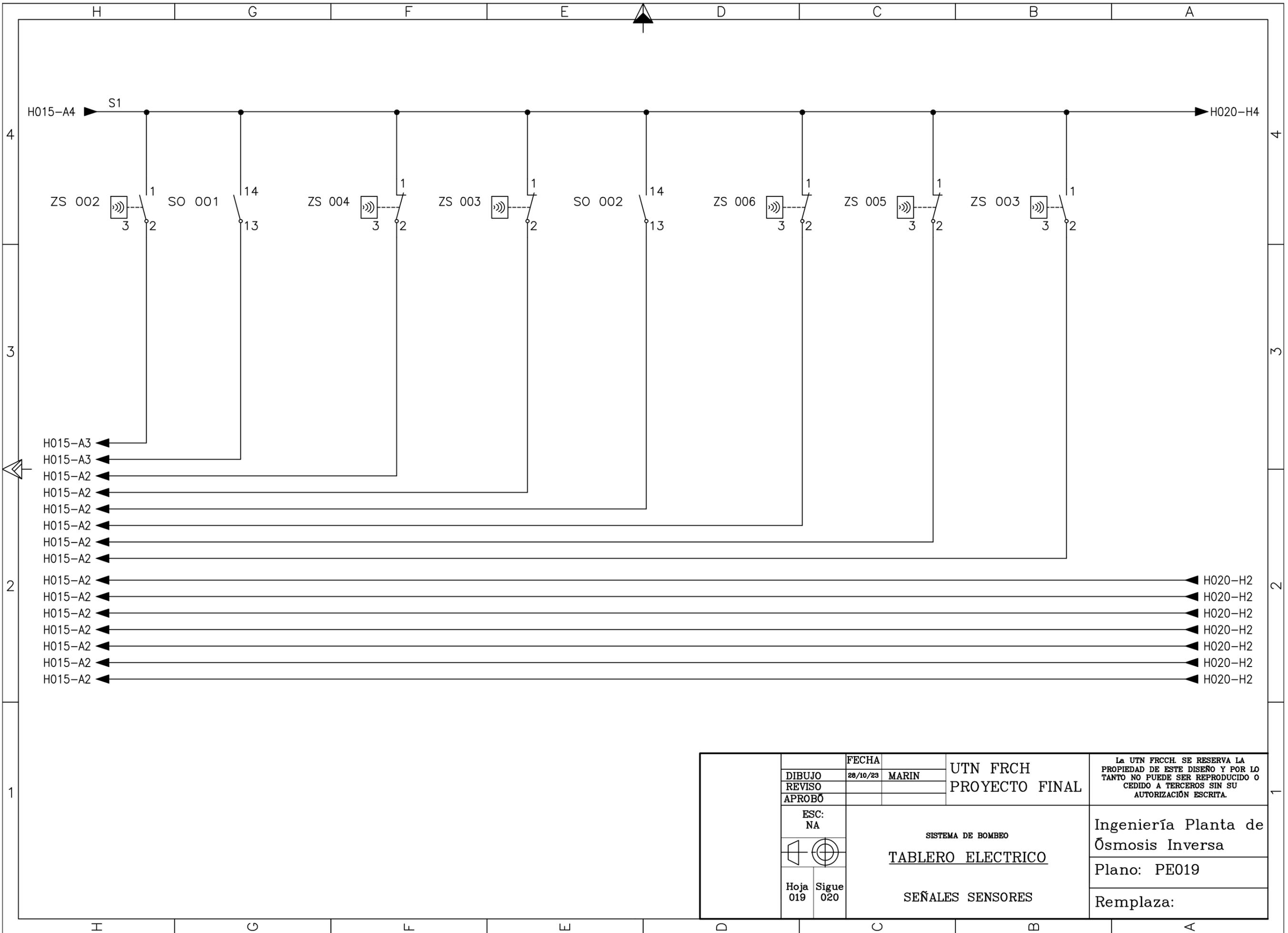
		FECHA	UTN FRCH		La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO		28/10/23	MARIN		
REVISO					
APROBÓ			PROYECTO FINAL		Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa Plano: PE016 Reemplaza:
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b>			
					
Hoja 016	Sigue 017	PLC			



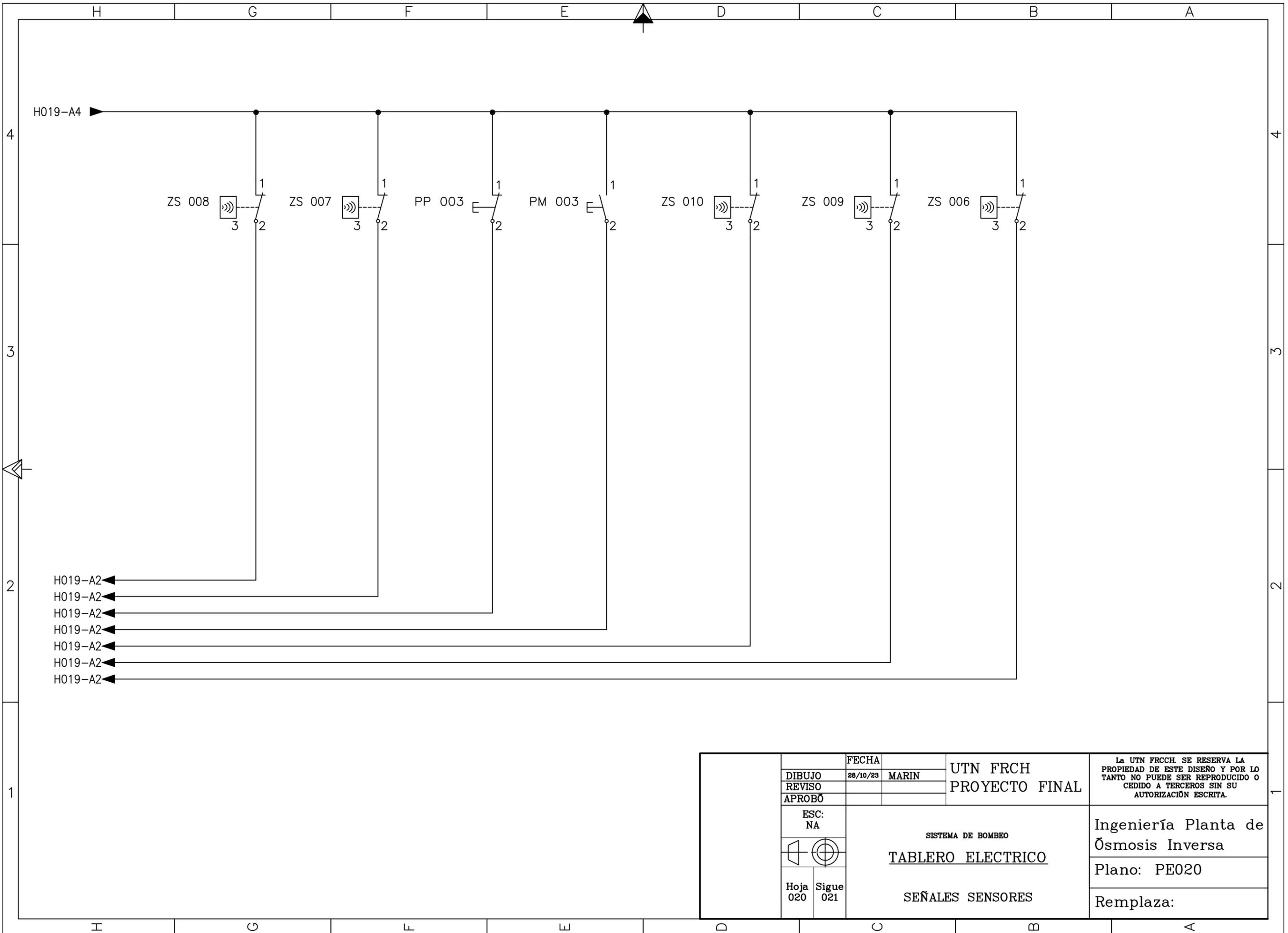
		FECHA	UTN FRCH		La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.
DIBUJO		28/10/23	MARIN		
REVISO					
APROBÓ					
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b>			Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa
 					RELE DE FRONTERA
Hoja 017	Sigue 018				Reemplaza:



		FECHA	UTN FRCH		La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.	
DIBUJO	28/10/23	MARIN	PROYECTO FINAL			
REVISO						
APROBÓ					Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa	
ESC: NA		SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b>				Plano: PE018
						
Hoja 018	Sigue 019	COMANDO				Reemplaza:

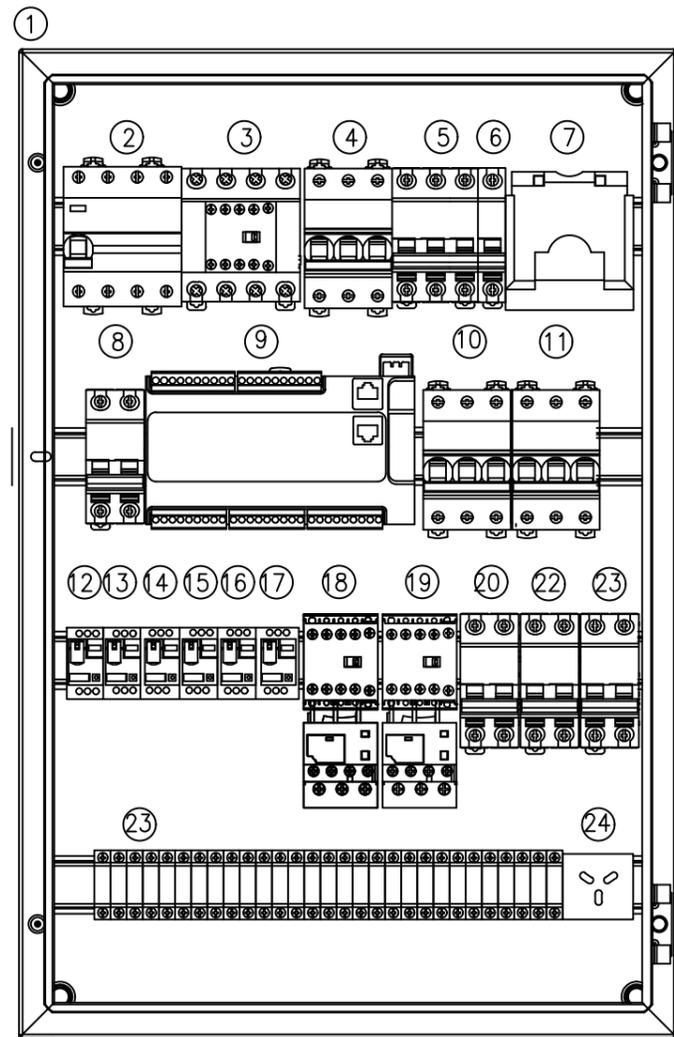


		FECHA		UTN FRCH	La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.	
	DIBUJO	28/10/23	MARIN	PROYECTO FINAL		
	REVISO					
	APROBÓ					
	ESC: NA				Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa	
					SISTEMA DE BOMBEO	
		<b>TABLERO ELECTRICO</b>			Plano: PE019	
	Hoja 019	Sigue 020	SEÑALES SENSORES			Reemplaza:

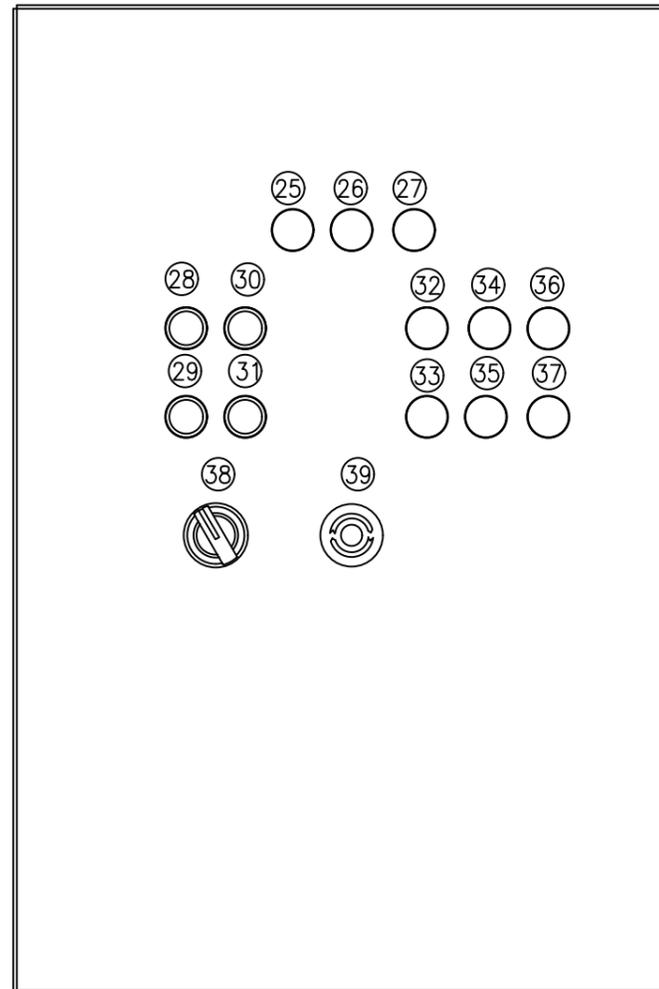


		FECHA		UTN FRCH PROYECTO FINAL	La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.	
	DIBUJO	28/10/23	MARIN			
	REVISO					
	APROBÓ					
	ESC:	SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b>			Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa	
	NA					
						
	Hoja	Sigue	SEÑALES SENSORES			Plano: PE020
	020	021				
					Reemplaza:	

Alto: 600 mm – Ancho: 400 mm – Profundidad: 250 mm



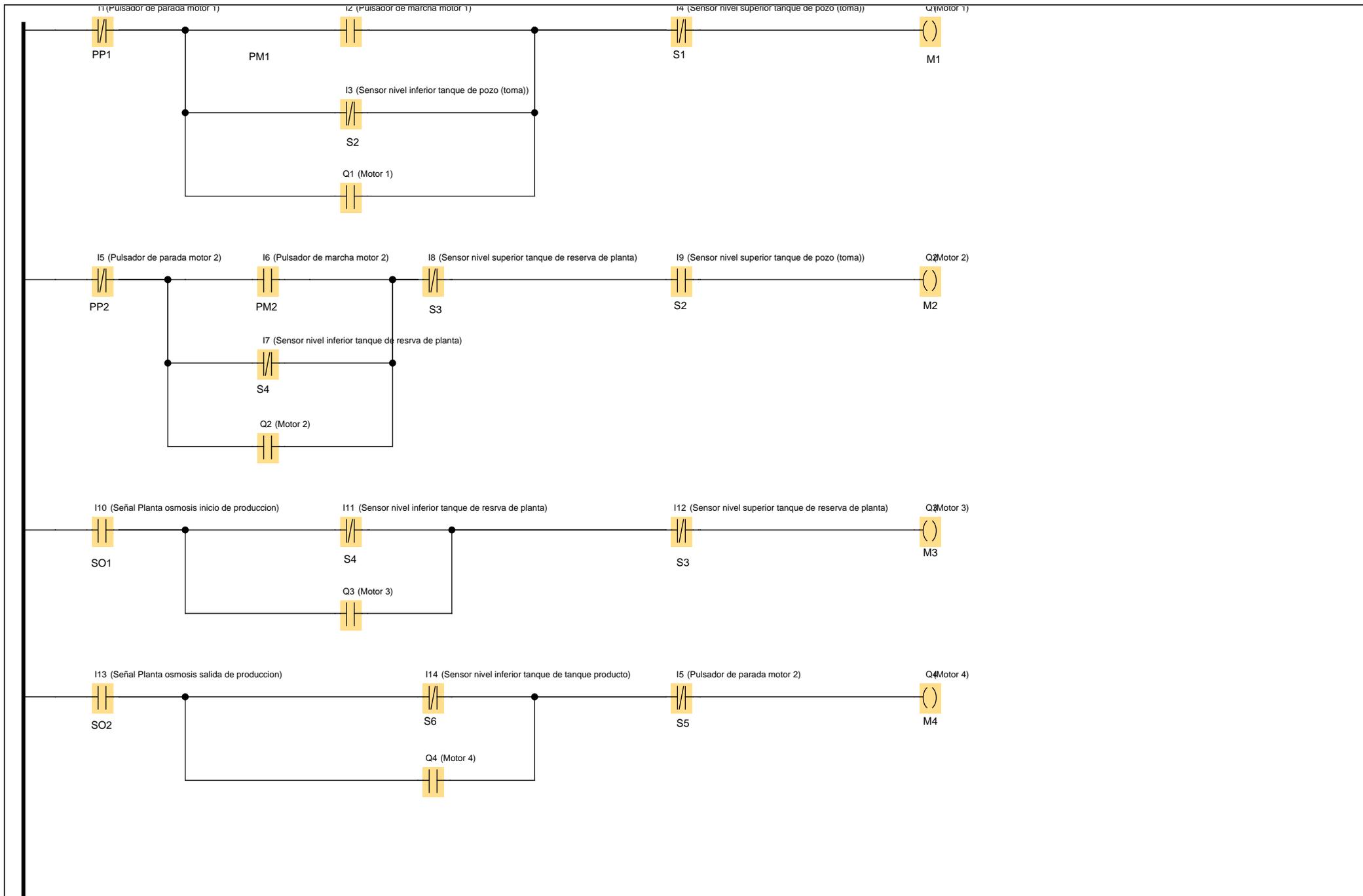
VISTA FRONTAL INTERNA



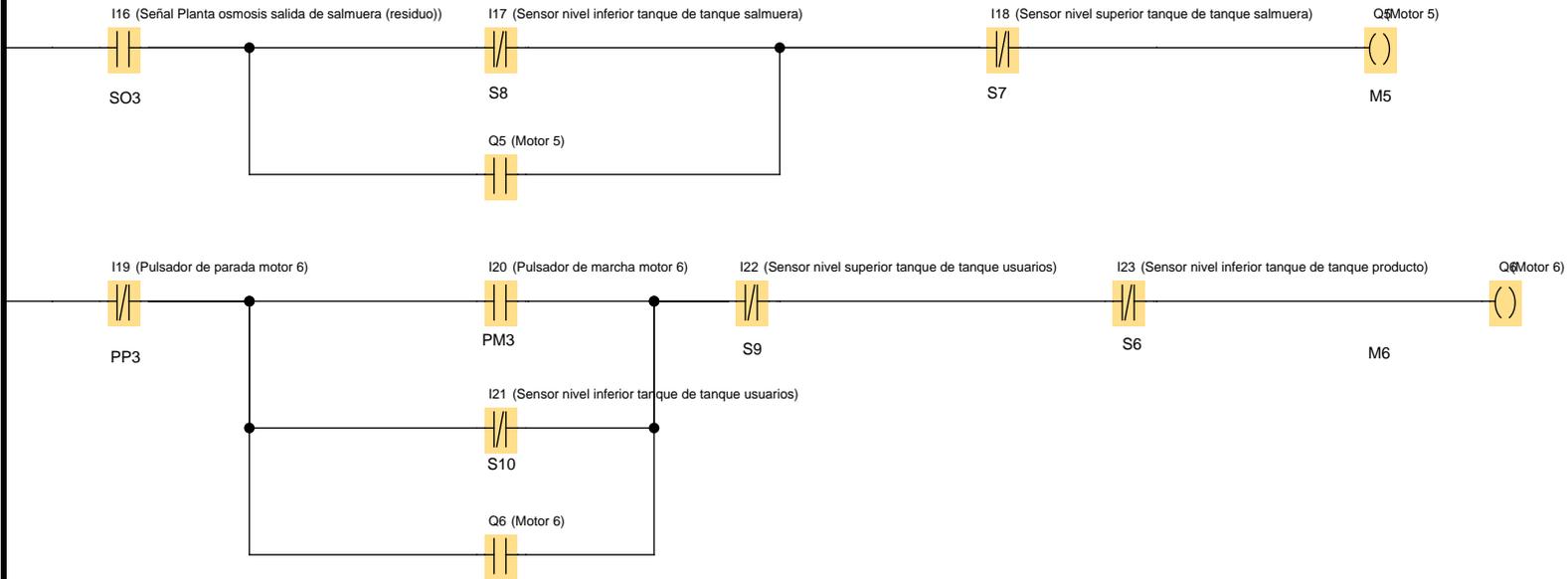
VISTA FRONTAL EXTERNA

N	TAG	DESCRIPCION
1	GM	GABINETE METÁLICO 600X400X250
2	QD001	DISYUNTOR DIFERENCIAL 4P 32A 30MA
3	KM01	CONTACTOR 4P 220V In=20A
4	QF001	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P 25A C
5	QF006	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P 2A C
6	QF009	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1P 6A C
7	TC01	FUENTE 220VAC/24VCC 100W
8	QF002	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2P 6A C
9	PLC001	PLC SIEMENS S7 – 1200 24V
10	QF007	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P 16A
11	QF008	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P 10A
12-17	RF1/2/3/4/5/6	RELE DE FRONTERA In=6A 24VCC
18	KM02	CONTACTOR 3P 220V In=12A
19	KM03	CONTACTOR 3P 220V In=6A
20-22	QF003/4/5	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2P 10A C
23	GM	BORNERAS CON ACOPLE RIEL DIN
24	XP001	TOMACORRIENTE DE TABLERO 10A
25-27	HL001/2/3	PILOTO LUMINOSO AMBAR 220V
28-29	PM004/5	PULSADOR RASANTE 1NO VERDE
30-31	PM004/5	PULSADOR RASANTE 1NC ROJO
32-33	HL004/7	PILOTO LUMINOSO VERDE 220V
34-35	HL005/8	PILOTO LUMINOSO ROJO 220V
36-37	HL006/9	PILOTO LUMINOSO AMBAR 220V
38	S1	INTERRUPTOR SECCIONAL ROTATIVO
39	SB1	PULSADOR DE EMERGENCIA

DIBUJO REVISO APROBÓ	FECHA	<b>UTN FRCH</b> <b>PROYECTO FINAL</b>	La UTN FRCH. SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DISEÑO Y POR LO TANTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO O CEDIDO A TERCEROS SIN SU AUTORIZACIÓN ESCRITA.	
	28/10/23			MARIN
	ESC: NA			
				
Hoja 021	SISTEMA DE BOMBEO <b>TABLERO ELECTRICO</b>		Ingeniería Planta de Ósmosis Inversa	
	TOPOGRÁFICO VISTAS		Plano: PE021	
			Reemplaza:	



Autor:	De Pedro - Marin	Proyecto:	Ingeniería a Planta de Osmosis Inversa	Ciente:	UTN FRCH
Comprobado:		Instalación:	Proyecto Final	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	12/11/23 15:32/12/11/23 20:02	archivo:	Planta de Osmosis.Ild	Página:	1 / 3



Autor:	De Pedro - Marin	Proyecto:	Ingeniería a Planta de Osmosis Inversa	Ciente:	UTN FRCH
Comprobado:		Instalación:	Proyecto Final	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	12/11/23 15:32/12/11/23 20:02	archivo:	Planta de Osmosis.Ild	Página:	2 / 3

Conector	Rotulación
I1	Pulsador de parada motor 1
I10	Señal Planta osmosis inicio de produccion
I11	Sensor nivel inferior tanque de resrva de planta
I12	Sensor nivel superior tanque de reserva de planta
I13	Señal Planta osmosis salida de produccion
I14	Sensor nivel inferior tanque de tanque producto
I16	Señal Planta osmosis salida de salmuera (residuo)
I17	Sensor nivel inferior tanque de tanque salmuera
I18	Sensor nivel superior tanque de tanque salmuera
I19	Pulsador de parada motor 6
I2	Pulsador de marcha motor 1
I20	Pulsador de marcha motor 6
I21	Sensor nivel inferior tanque de tanque usuarios
I22	Sensor nivel superior tanque de tanque usuarios
I23	Sensor nivel inferior tanque de tanque producto
I3	Sensor nivel inferior tanque de pozo (toma)
I4	Sensor nivel superior tanque de pozo (toma)
I5	Pulsador de parada motor 2
I6	Pulsador de marcha motor 2
I7	Sensor nivel inferior tanque de resrva de planta
I8	Sensor nivel superior tanque de reserva de planta
I9	Sensor nivel superior tanque de pozo (toma)
Q1	Motor 1
Q2	Motor 2
Q3	Motor 3
Q4	Motor 4
Q5	Motor 5
Q6	Motor 6

Autor:	De Pedro - Marin	Proyecto:	Ingenieria a Planta de Osmosis	Cliente:	UTN FRCH
Comprobado:		Instalación:	Proyecto Final	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	15/12/2023 15:32/12/11/23 20:02	archivo:	Planta de Osmosis.Ild	Página:	3 / 3