



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

TEMA:

**Diseño y simulación para una planta de purificación de agua salada
para la embarcación Eclipse.**

AUTOR:

Ramos Plúas, Andreina Stefanía

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

TUTOR:

Ing. Palau de la Rosa, Luis Ezequiel

Guayaquil, Ecuador

16 de septiembre del 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Ramos Plúas, Andreina Stefanía**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera en Eléctrico Mecánica**.

TUTOR

Ing. Palau de la Rosa, Luis Ezequiel

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Bohórquez Escobar, Bayardo Celso, Mgs

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Ramos Plúas, Andreina Stefanía**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diseño y simulación para una planta de purificación de agua salada para la embarcación Eclipse** previo a la obtención del título de **Ingeniera en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2022

LA AUTORA

Ramos Plúas, Andreina Stefanía



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Ramos Plúas, Andreina Stefanía**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño y simulación para una planta de purificación de agua salada para la embarcación Eclipse**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2022

LA AUTORA:

Ramos Plúas, Andreina Stefanía

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento: [titulacion completo Andreina Ramos Pluas.docx](#) (D143612624)
Presentado: 2022-09-05 06:14 (-05:00)
Presentado por: fernandopm23@hotmail.com
Recibido: edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje: RV: Solicitud de Revisión por Urkund [Mostrar el mensaje completo](#)
3% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

Lista de fuentes	Bloques
Categoría	Enlace/noml
+	https://www
+ >	Universidad
+	UNIVERSIDA
+	https://www

100% # 1 Activo

a infinidad de seres vivos. El volumen más importante de biomasa lo compone el plancton, constituido fundamentalmente por algas (fitoplancton) y animales microscópicos (zooplancton). (

López Martín, 2015, p. 16)

PARÁMETRO INTERVALO DE REFERENCIA Temperatura, °C pH Sales disueltas, mg/L Conductividad, µS/cm (a 20 °C) 15 - 35 7,9 - 8,1 30.000 - 45.000 44.000 - 58.000 Bicarbonatos, mg/L Sulfatos, mg/L Cloruros, mg/L Bromuros, mg/L Nitratos, mg/L Fluoruros, mg/L Boro, mg/L 120 - 170 2.425 - 3.000 17.500 - 21.000 59 - 120 0,001 - 4,0 1 4 - 6 Amonio, mg/L Sodio, mg/L Potasio, mg/L Calcio, mg/L Magnesio, mg/L

Reporte Urkund del trabajo de titulación en ingeniería Eléctrico Mecánica denominado: **Diseño y simulación para una planta de purificación de agua salada para la embarcación Eclipse**, perteneciente al estudiante **Ramos Plúas, Andreina Stefanía**. Una vez efectuado el análisis de antiplagio el resultado indica 3% de coincidencia.

Atentamente,

Ing. Palau de la Rosa, Luis Ezequiel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en cada paso de mi vida, por brindarme salud y trabajo, por darme la sabiduría y discernimiento para poder afrontar los retos que se me han presentado en el transcurso de mi carrera.

Quiero dar gracias a mi madre Cecilia Plúas quien ha sabido guiarme y motivarme a culminar mis estudios.

A mi tutor y docentes de la ucsg por brindarme sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

Ramos Plúas, Andreina Stefanía

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este proyecto a Dios quien me prestado salud y vida para culminar con éxito mi carrea universitaria.

A mi madre y hermanos a quien amo mucho.

A mi esposo que con su apoyo he logrado salir adelante profesionalmente.

A mi amado hijo Andrew por ser el motivo de mi superación personal.

A mi bisabuela Albertina Rugel, a quien quiero mucho.

A mis amistades mas cercanas quienes me han apoyado a lo largo de mi carrera universitaria.

Ramos Plúas, Andreina Stefania



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO MSc.
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f.

MSc. VELEZ TACURI, EFRAIN OLIVERIO
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f.

MSc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JASUS
OPONENTE

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I.....	3
GENERALIDADES.....	3
1.1 Justificación y alcance.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Metodología de la investigación.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Estado del arte.....	6
2.2 Osmosis inversa.....	7
2.3 Agua potable.....	8
2.4 Agua salada.....	9
2.5 La desalación.....	10
2.6 Sistema de desalinización.....	10
2.6.1 Desalación mediante membranas.....	11

2.6.2	Desalación por destilación o evaporación	12
2.7	Membranas de ósmosis inversa. Configuraciones existentes	13
2.7.1	De placas (plato y marco).....	15
2.7.2	Tubular	16
2.7.3	De fibra hueca	17
2.7.4	Arrollamiento en espiral.....	19
2.8	Calidad del agua desalinizada.....	20
2.8	Análisis del consumo diario del agua purificada en la embarcación Eclipse.....	22
2.8.1	Bombas	26
2.8.1.1	Bomba de agua Booster (Bomba de refuerzo).....	26
2.8.1.2	Bomba de agua de alta presión.....	27
2.8.2	Membranas	27
2.8.3	Válvulas.....	28
2.8.4	Salinómetro	29
2.8.5	Válvula de tres vías	30
2.8.6	Cañerías.....	31
2.8.7	Sensor de presión	31
2.8.8	Filtros.....	32
2.8.9	Manómetro	33
2.8.10	Tablero de automatización para arranque del sistema.....	34
CAPÍTULO III.....		36
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		36

3.1	Características de la investigación	36
3.1.1	Investigación Mixta	37
3.1.2	Técnicas de investigación utilizadas.....	37
3.1.2.1	Búsqueda bibliográfica	38
3.1.2.2	Observación	38
3.2	Metodología de desarrollo	39
3.2.1.	Ventajas de la metodología de desarrollo empleada.....	39
CAPÍTULO IV.....		41
DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE LA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE LA EMBARCACIÓN ECLIPSE		41
4.1	Listado de E/S	41
4.1.1	Características 1214C DC/DC/DC	42
4.2	Planos eléctricos	43
4.3	Secuencia de programa.....	43
4.4	Desarrollo de programa PLC	44
4.5	Desarrollo de programa HMI (HUMAN-MACHINE INTERFACE) ..	48
4.6	Simulación	53
CONCLUSIONES		62
RECOMENDACIONES.....		63
REFERENCIAS		64
ANEXOS.....		68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de desalinización por medio de membranas.....	12
Figura 2 Desalación por destilación	13
Figura 3 Estructura de las membranas	14
Figura 4 Modelo de placa – marco.....	16
Figura 5 Membrana Tubular.....	17
Figura 6 Membrana de fibra hueca	19
Figura 7 Bomba Booster	26
Figura 8 Bomba de alta presión	27
Figura 9 Membranas de la planta de purificación	28
Figura 10 Válvula de la planta de purificación	29
Figura 11 Salinómetro de la planta de purificación	30
Figura 12 Válvula de tres vías.....	31
Figura 13 Sensor de presión de una planta de purificación	32
Figura 14 Filtros de una planta de purificación	33
Figura 15 Manómetro Bourdon	33
Figura 16 CPU 1214C DC/DC/DC	42
Figura 17 Diseño interno, externo de Tablero.....	43
Figura 18 Tia Portal V16	44
Figura 19 Tia Portal V16 – Creación de Nuevo Proyecto	45
Figura 20 Tia Portal V16 – Configurar dispositivo.....	45
Figura 21 Tia Portal V16 – Selección de Dispositivo	46
Figura 22 Tia Portal V16 – Selección de Versión.....	46

Figura 23 Tia Portal V16 – Asignar Dirección IP	47
Figura 24 Tia Portal V16 – Declaración de Variables	47
Figura 25 Tia Portal V16 – Programación KOP	48
Figura 26 Tia Portal V16 – Selección Estación PC	49
Figura 27 Tia Portal V16 – Selección Módulo Profinet.....	49
Figura 28 Tia Portal V16 – Asignación Dirección IP	50
Figura 29 Tia Portal V16 – Conexión Red Profinet	50
Figura 30 Tia Portal V16 – Pantalla Principal	51
Figura 31 Tia Portal V16 – Pantalla Proceso	51
Figura 32 Tia Portal V16 – Dinamización.....	52
Figura 33 Tia Portal V16 – Dinamización.....	52
Figura 34 Runtime – Pantalla Principal.....	53
Figura 34 Runtime – Pantalla Proceso	53
Figura 36 Runtime – Comandos IN PLC.....	55
Figura 37 Runtime – Comandos IN PLC.....	55
Figura 38 Runtime – Proceso Listo para Iniciar	56
Figura 39 Runtime – Comandos Bomba Booster (Baja)	56
Figura 39 Runtime – Bomba Booster (Baja) Encendida	57
Figura 41 Runtime – Seguridades Activadas.....	57
Figura 42 Runtime – Comandos Bomba de Alta.....	58
Figura 43 Runtime – Bomba de Alta Encendida	58
Figura 44 Runtime – Bomba de Alta Encendida con Seguridades	59
Figura 45 Runtime – Salinómetro Activado.....	60

Figura 46 Runtime – Salinómetro Desactivado.....	60
Figura 47 Runtime – Sistema Apagado	61
Figura 48 Runtime – Alarmas	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición y características típicas del agua de mar	10
Tabla 2 Clasificación de membrana	15
Tabla 3 Consumo diario de agua	23
Tabla 4 Producción de agua de cada membrana	24
Tabla 5 Elementos instalados en el tablero	35
Tabla 6 Listado E/S.....	41
Tabla 7 Características del PLC	42
Tabla 8 Status de los elementos.....	54

RESUMEN

El presente proyecto de titulación proporciona el diseño y simulación para la implementación de una planta purificadora de agua salada a agua dulce en la embarcación Eclipse. A partir del estudio realizado se detalla los diferentes equipos con los que se puede obtener una purificación de agua tales como, osmosis inversa, evaporación y desalinizadora en los cuales cada uno tiene sus beneficios y costos diferentes. Entre los equipos adicionales que se podría utilizar para automatizar cualquiera de las plantas, sería, un tablero de control y fuerza que permitirá ayudar al correcto funcionamiento ya que con sus elementos externos analógicos y digitales ayudan al monitoreo del proceso de desalinización y al visualizarlo permite ser más eficiente al poder controlar su funcionamiento. En base a esto se hará una simulación en forma manual y automática de cómo quedará operando la planta y los procesos por los que va pasando y determinar en qué momento cambia de estado el agua procesada de salada a dulce y ver a través de una pantalla HMI su funcionamiento.

Palabras claves: osmosis inversa, evaporación, desalinizadora, simulación, automática, purificadora.

ABSTRACT

This degree project provides the design and simulation for the implementation of a purification plant from salt water to fresh water in the boat Eclipse. From the study carried out, the different equipment that can be used to obtain water purification such as reverse osmosis, evaporation and desalination, each of which has its benefits and different costs. Among the additional equipment that could be used to automate any of the plants, would be a control panel and force that will help the proper functioning and that with its external analog and digital elements help to monitor the desalination process and to visualize it allows to be more efficient to control its operation. Based on this, there will be a manual and automatic simulation of how the plant will be operating and the processes it goes through and determine at what moment the processed water changes from salty to fresh water and see through an HMI screen its operation.

Key words: reverse osmosis, evaporation, desalination, simulation, automatic, purification.

INTRODUCCIÓN

Como parte de la mejor eficiencia para producir agua a través del proceso de desalinización en una embarcación se explicará a continuación un sin número de procesos que se utilizarán para poder logra este cometido.

Normalmente dependiendo el tipo de embarcación y el trabajo que realiza y por ende cuantas personas trabajan abordo se utilizará la que mejor coincide con lo que se desea obtener, es por eso que se tocará el tema de la producción del agua a través de ciertos equipos y equipamiento que existen abordo, es muy importante detallar estas plantas como objetivo principal ya que en base a esto se busca obtener una producción de agua a bajo costo con mayor eficiencia.

En el caso de la embarcación Eclipse se tiene varias alternativas para la producción de agua a través del agua de mar que se posee en cantidades y que se produce por medio de estas plantas, se empieza con las evaporadoras, las plantas de osmosis inversas, y por ultimo las desalinizadoras.

Cada una de estas plantas dará el resultado deseado dependiendo el uso de la embarcación a la que se tenga que implementar.

En lo que respecta a la embarcación se utilizará la planta de desalinización ya que debido al consumo alto de agua de la embarcación eclipse, es necesario tener una buena producción de la misma para poder sostener una operación ya que al transportar pasajeros hace que se tenga que producir suficiente agua para su consumo normal, de sanitarios, cocina, y en general.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Justificación y alcance

En la industria naviera, el agua dulce se convierte en una necesidad importante. Se requiere para casi todas las actividades como por ejemplo preparación de alimentos, duchas y uso general del agua mientras está a bordo. Aunque el agua dulce se puede transportar para aplicaciones generales, los tanques están diseñados para tener una autonomía de la cual no dependa de llegar a un puerto en general.

Los beneficios de tener agua fresca a demanda brindan mayor autonomía, seguridad y comodidad. Un sistema de desalinización sería una opción eficiente para el suministro de agua dulce a bordo.

Como parte de darle solución a este tipo de producción de agua potable y de sanitarios se procederá al diseño y simulación de la implementación de un sistema alternativo que permitirá producir más cantidad de agua a través del proceso de osmosis inversa con el agua de mar y poder potabilizarla y mantener el llenado de los tanques, esto permitirá tener más autonomía sin el riesgo de quedarnos sin el líquido vital durante las travesías y navegaciones de varios días, es importante señalar que este sistema se lo hará de forma automatizada para garantizar la optimización de los recursos y la implementación del mismo, el ahorro que se llegara a obtener será suficiente para costear la inversión en los equipos ya que al no abastecerse en puerto todo ese costo por compra de agua en los puertos de destino, se reinvertirá al producir el agua la misma embarcación.

Se propone realizar un diseño eléctrico y simulación del sistema automatizado para una implementación a futuro en la embarcación.

1.2 Planteamiento del problema

Como parte del funcionamiento normal de una embarcación (buque, yate, etc.), cuando se navega de un punto a otro dependiendo las distancias a recorrer que varían desde tres a 25 días sin llegar a puerto es muy indispensable el suministro de agua potable para el funcionamiento de todo el sistema sanitario abordo.

Normalmente en estas embarcaciones poseen un sin número de tanques alojados como parte integral del mismo, donde se almacena cierta cantidad de agua para sus recorridos, una vez que se llega a puerto son llenados nuevamente para continuar abastecidos así mantienen su sistema de agua potable y sanitarios en óptimas condiciones, en donde el principal objetivo es siempre tener la capacidad de no quedarse sin este líquido vital para su navegación.

Sin embargo, estas mismas embarcaciones poseen un sistema de producción de agua muy limitado a través de un sistema de evaporación que normalmente se lo utiliza para emergencia ya que la cantidad de producción no abarca ni el 20% del consumo del barco lo que limita su producción. El proceso trabaja a través de un recipiente que en su interior pasan unos serpentines de tubería que rodean el escape de las máquinas principales y en su interior de estos tubos pasa agua de enfriamiento, que al pasar por el escape aumentan la temperatura del mismo y a través de una flauta de tubos donde se rocía dichos serpentines lo que al ser enfriados por esta agua produce un vapor del cual lo hacen pasar por una cámara donde se condensa y se aprovecha esta condensación se recoge el agua que servirá para el suministro del barco. Como se comentó en líneas anteriores este sistema es muy limitado y se lo mantiene funcionando como parte del rellenado de los tanques que se encuentran en servicio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar el diseño eléctrico de una planta de purificación de agua salada a agua dulce para la embarcación Eclipse.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar planos eléctricos de fuerza y control, elaboración del P&ID de la planta de purificación.
- Seleccionar elementos para el diseño y funcionamiento de la planta de purificación.
- Desarrollar una aplicación en el software TiaPortal incluida la simulación que cumpla con las seguridades y condiciones para el correcto funcionamiento de la planta de purificación.

1.4 Metodología de la investigación

El presente trabajo se realizará con el método de investigación de análisis, el cual va a permitir realizar procedimientos para llevar a cabo la simulación que se propone y alcanzar los objetivos que se están planteando en este presente trabajo de titulación. También se utilizará el método deductivo el cual permitirá deducir conclusiones a partir de una serie de análisis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

De acuerdo a ciertas investigaciones realizadas la ósmosis inversa es un proceso que elimina los iones del agua mediante la tecnología de membranas. Funciona forzando el agua presurizada a través de una membrana semipermeable u osmótica especializada para eliminar la mayoría de las impurezas. El agua purificada, también conocida como permeado, sigue avanzando por el sistema para su posterior procesamiento. Mientras tanto, el agua que contiene las sales iónicas rechazadas, llamada concentrado o retentado, se suele desaguar o recuperar si se le da un uso adecuado. Desde que se aplicó comercialmente por primera vez en el agua de mar en la década de 1980, esta forma de tecnología se ha considerado generalmente como el medio más eficaz de purificación del agua (Hannifin, 2010).

En consecuencia, la ósmosis inversa suele ser un medio de desalinización mucho más rentable. Esto es aún más cierto gracias a los recientes avances tecnológicos, como la mejora de los filtros de membrana, el uso de materiales de bajo coste y los sistemas modulares, que también contribuyen a mejorar la fiabilidad de los sistemas de ósmosis inversa. En definitiva, este método de desalinización con sistemas modernos significa que el coste de purificación de agua, suele ser menor (Hannifin, 2010).

Hoy en día, la desalinización puede realizarse mediante varias tecnologías. En general, una planta desalinizadora incluye diferentes procesos para obtener agua dulce, entre los cuales la unidad de desalinización es el componente más caro energéticamente. Una planta desalinizadora suele incluir:

- Toma, compuesta por bombas y tuberías para tomar el agua de la fuente (mar o pozos).

- Pretratamiento, que consiste en la filtración del agua bruta para eliminar los componentes sólidos y la adición de sustancias químicas para reducir la precipitación de la sal y la corrosión en el interior de la unidad de desalinización.
- Desalinización, donde se extrae el agua dulce del agua salada.
- Postratamiento, para corregir el pH mediante la adición de sales seleccionadas para cumplir los requisitos de los usos finales.

El proceso de desalinización representa el mayor consumo energético en el tratamiento del agua. (Curto et al., 2021)

2.2 Osmosis inversa

El desarrollo de este proceso permite la aplicación de presión para poder superar la presión osmótica que presenta el agua a procesar. Este proceso de osmosis inversa es prácticamente el método más fácil de desarrollar para desalinizar el agua y que a su vez nos muestra un mejor rendimiento de energía. Este sistema lleva su nombre debido a que permite el ingreso de soluciones de manera contraria a los demás procesos de osmóticos habituales. Por ende, estas soluciones de menor concentración se trasladan, por desigualdad en su energía potencial, hacia las de mayor concentración, mediante una membrana semipermeable, que tiene la obligación de superponer una fuerza exterior para obtener una disolución entre el agua y las sales.

Por ende, mientras mayor sea el nivel de salinización del agua, mayor será el nivel de la presión osmótica que se debe superar. Posee una entrada que permite la obtención de agua de mar, consecutivamente de un procedimiento de pre tratamiento físico y químico el cual sirve de apoyo para regular el pH del agua de alimentación y aumento de anti incrustante que previene o evita que la sal se acumule en las membranas. Una vez que se desaliniza el agua, se vincula un ten de pos tratamiento el cual sirve de desinfectante utilizando una serie de lámparas UV, ozonación y cloración, lo que ayuda a reforzar la calidad que tiene el agua en las líneas de distribución y almacenamiento. En cuanto al arreglo ya sea en paralelo o serie de las

membranas, el área designada para la planta es limitada, demostrando una ventaja en relación a los sistemas térmicos. (Dévora-Isiordia et al., 2013)

Para el correcto funcionamiento del sistema ósmosis inversa en las embarcaciones se utilizan los elementos que se detallan continuación:

- Bomba de baja presión
- Bomba de alta presión
- Membranas tipo Filmtec-Membranes
- Filtros
- Indicador de salinidad
- Válvulas de tres vías
- Salinómetro
- Sensores de presión
- Flujómetro
- Manómetros
- Sistema eléctrico
- Sistema automatizado

Por lo tanto, la osmosis inversa se entiende como un procedimiento donde se disminuye el caudal por medio de una membrana semipermeable donde se aplica una fuerza de empuje mayor a la presión osmótica en una dirección contraria al proceso de osmosis. Obteniendo como resultado la separación de las sustancias que se hallan en el agua a un costado de la membrana y del otro costado consigue una solución con un bajo grado de solidos diluidos. A esto se le puede llamar filtro físico, pero al ser una membrana que impide el paso de elementos solidos reteniéndolos, es contradictorio llamarlo filtración porque al retener las moléculas diluidas esta utiliza principios de física y química. (Carbotecnia, 2022)

2.3 Agua potable

El agua potable se la denomina como el agua que puede ser consumida sin ningún tipo de restricción y que no afecta a la salud humana, al hablar de agua potable no solo se refiere al consumo humano como beberla, sino también para la preparación de alimentos, aseo personal, lavado de ropa o limpieza de áreas (Saguapac, 2016).

Dentro de los objetivos de la OMS para el desarrollo sostenible la meta 6.1, es decir, agua potable procedente de una fuente mejorada de suministro

de agua ubicada en el lugar de uso, disponible cuando se necesita y que no contenga contaminación fecal ni de sustancias químicas prioritarias (Organización Mundial de la Salud, 2022).

2.4 Agua salada

El 97.5% de agua del planeta es de mar según la OMM, la cual es una gran opción para las embarcaciones y que puedan hacer uso está siempre y cuando pase por un proceso de desalinización y purificación para la seguridad del consumo humano (Organización Meteorologica mundial & UNESCO, 1997, p. 8).

Los altos niveles de salinidad entre otros del agua de mar son los que no permiten que esta se pueda consumir o utilizar para procesos humanos, este elemento es considerado óptimo para los ecosistemas acuáticos y su sustentación ya que posee componentes que son vitales para la vida marina (Monsalve Tapia, 2018).

El agua de mar es una solución concentrada de sales inorgánicas, y sirve de hábitat a infinidad de seres vivos. El volumen más importante de biomasa lo compone el plancton, constituido fundamentalmente por algas (fitoplancton) y animales microscópicos (zooplancton) (López Martín, 2015, p. 16).

PARÁMETRO	INTERVALO DE REFERENCIA
Temperatura, °C	15 – 35
pH	7,9 – 8,1
Sales disueltas, mg/L	30.000 – 45.000
Conductividad, μ S/cm (a 20 °C)	44.000 – 58.000
Bicarbonatos, mg/L	120 – 170
Sulfatos, mg/L	2.425 – 3.000
Cloruros, mg/L	17.500 – 21.000
Bromuros, mg/L	59 – 120
Nitratos, mg/L	0,001 – 4,0
Fluoruros, mg/L	1
Boro, mg/L	4 – 6

Amonio, mg/L	0.005 – 0.05
Sodio, mg/L	9.600 – 11.700
Potasio, mg/L	350 – 500
Calcio, mg/L	375 – 525
Magnesio, mg/L	1.025 – 1.400
Estroncio, mg/L	12 – 14
Silíce (SiO ₂), mg/L	0,01 – 7,4
Carbono orgánico total, mg/L	1,2 – 3,0
Nitrógeno orgánico, mg/L	0,005 – 0,03

Tabla 1 Composición y características típicas del agua de mar

Fuente: (López Martín, 2015)

2.5 La desalación

La desalación se lo conoce como el proceso de separar la sal de una solución acuosa, con el fin de poder ser utilizada para el consumo humano, doméstico o industrial. Es decir, este proceso se define como el lavado y drenado de salinidad de aguas salobres. La desalación se puede realizar por medio de diferentes procesos, en el presente trabajo se va a simular por el proceso de osmosis inversa (Valero et al., 2001, p. 15).

2.6 Sistema de desalinización

El sistema de desalinización consiste en alimentar de agua salobre o marina a una planta desaladora, que tiene como función acondicionar y eliminar sales al agua, para obtener un producto y un rechazo o salmuera.

La desalinización de agua salobre se realiza principalmente en dos sistemas, los que utilizan combustibles fósiles (sistemas térmicos) y por otro lado los que utilizan membranas y alta presión. (Dévora-Isiordia et al., 2012)

En las etapas preliminares de pre tratamiento, el agua es desalada mediante varios procedimientos. Los sistemas más empleados actualmente se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Desalación mediante membranas.
- Desalación por destilación o evaporación.

Sin embargo, el sistema de desalación más empleado actualmente es por medio de membranas, específicamente mediante ósmosis inversa (OI) (Ministerio de Sanidad y Política Social, 2009).

2.6.1 Desalación mediante membranas

En los últimos años, se han llevado a cabo muchos experimentos para encontrar el tipo de membrana y el módulo adecuado. Además, la aplicación de calor solar o residual como fuente de calor y la capacidad de acoplamiento con otros procesos como la ósmosis directa y la destilación osmótica distinguen el proceso de MD de otros procesos de membrana. Este capítulo aborda las características de la membrana, las aplicaciones de la DM, los mecanismos de transporte y los retos del proceso (Shirzad Kebria & Rahimpour, 2020).

El proceso de presión en destilación de membranas es el más común para este tipo de embarcaciones de pasajeros ya que permite una rápida desalinización que permite casi de inmediato el uso del agua purificada para su circulación y consumo del navío, la presión ejercida por estas permite el rechazo de los constituyentes disueltos en el agua de alimentación del sistema. Las membranas son permeables al agua, pero no a las sustancias presentes en ella, por estos son rechazadas y removidas. En la industria del agua potable estos procesos se utilizan para la desalinización, ablandamiento, remoción de sólidos orgánicos disueltos, color y bacterias (Grueso-Domínguez et al., 2019).

La desalinización de agua de mar por medio de membranas es un proceso que separa el agua salina en dos vertientes: una corriente de agua potable dirigida a un tanque de almacenamiento del cual se dirige a consumo de toda la embarcación con baja concentración de sales disueltas y una corriente de salmuera concentrada que regresa al mar como desecho. Los sistemas más utilizados son ósmosis inversa y electrodiálisis (Dévora-Isiordia et al., 2013).

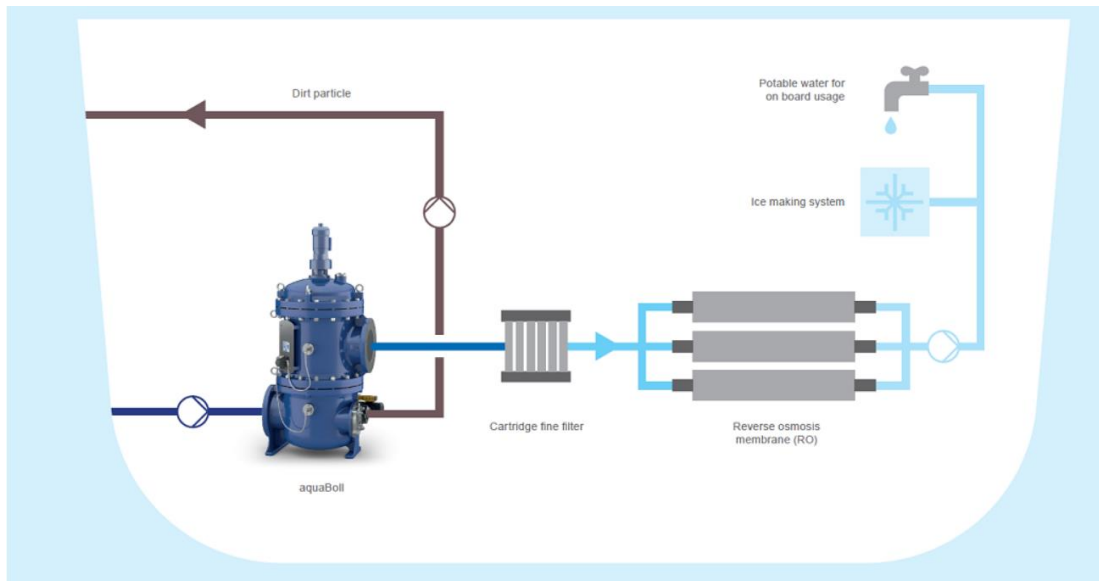


Figura 1 Proceso de desalinización por medio de membranas

Fuente: (Bollfilter, 2022)

2.6.2 Desalación por destilación o evaporación

El proceso de destilación se basa en la evaporación de agua para la obtención de vapor libre de partículas salinas, en la parte interna o externa se produce la condensación del vapor. Estos sistemas de desalación comúnmente trabajan por debajo de los parámetros de la presión atmosférica, es decir que se requiere un sistema de vacío, adicional a esto también es necesario la extracción de aire y gases que no se pueden condensar (Ros Romero, 2011).

En la siguiente figura se puede apreciar un proceso simple de desalación por destilación, en una de las cámaras se produce el vapor proveniente del agua de mar caliente, el vapor pasa por la condensación para ser destilada.

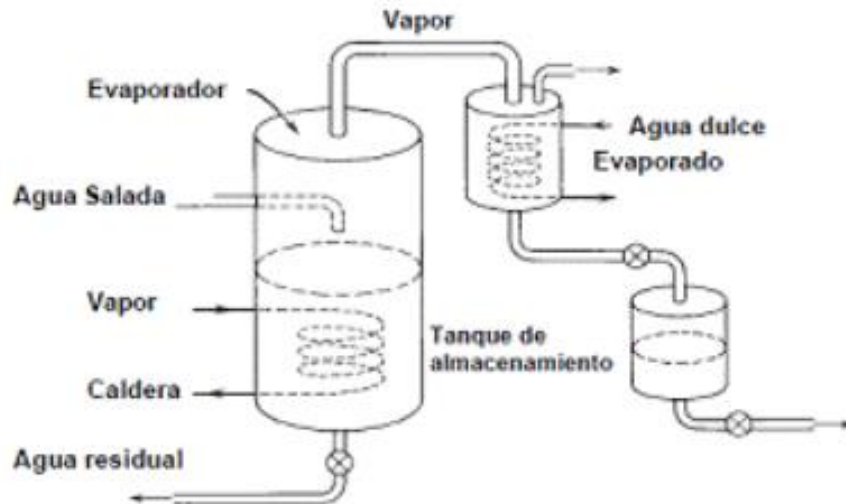


Figura 2 Desalación por destilación

Fuente: (Ros Romero, 2011)

2.7 Membranas de ósmosis inversa. Configuraciones existentes

La membrana de ósmosis inversa fue inventada en 1960 por S. Loeb y S. Sourirajan y se ha utilizado para la desalinización de agua de mar. Uno de los acontecimientos más simbólicos de la historia de la desalinización del agua de mar fue el famoso discurso pronunciado por el presidente estadounidense J. F. Kennedy en 1961 para aprobar la desalinización del agua de mar como proyecto nacional. En aquella época, producir agua potable a partir del agua de mar era un sueño de los hombres huecos. Este sueño se ha hecho realidad y la desalinización de agua de mar es una parte esencial de la infraestructura social en todo el mundo (Takabatake et al., 2021).

Los sistemas de membrana de ósmosis inversa de agua de mar (SWRO) han surgido en las últimas décadas para superar el aumento global de la demanda de agua dulce. Un tema fundamental en los procesos de filtración SWRO es el ensuciamiento de la membrana. El ensuciamiento de la membrana aumenta la resistencia hidráulica del sistema y aumenta los requisitos de energía (Ansari, citado por Takabatake et al., 2021).

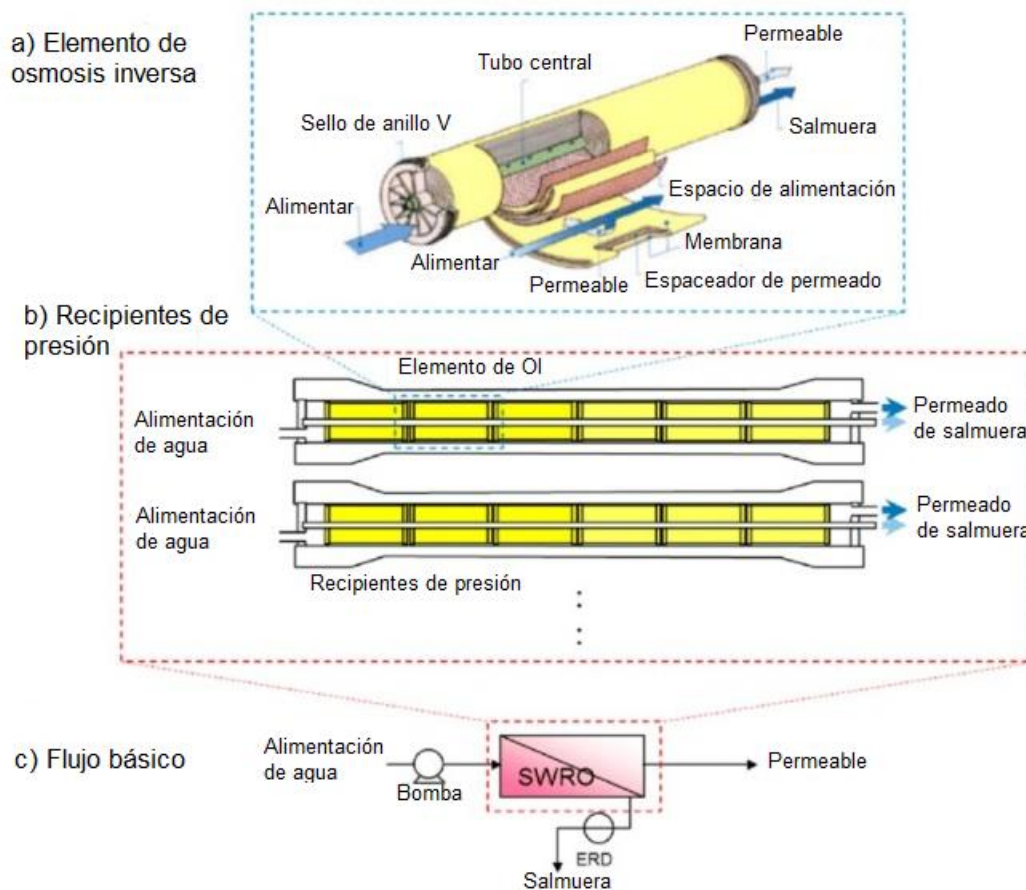


Figura 3 Estructura de las membranas

Fuente: (Takabatake et al., 2021)

Las membranas pueden clasificarse en función de distintos parámetros, como muestra la tabla 2.

PARÁMETROS	TIPOS
Estructura	Simétricas / Asimétricas
Naturaleza	Integrales / Compuestas de capa fina
Forma	Planas / Tubulares / Fibras huecas
Composición química	Orgánicas / Inorgánicas
Carga superficial	Neutras / Catiónicas / Aniónicas
Morfología de la superficie	Lisas / Rugosas
Presión de trabajo	Muy baja / Baja / Media / Alta

Tabla 2 Clasificación de membrana**Fuente:** (Fariñas Iglesias, 1999)

La membrana de osmosis inversa está estructurada y empaquetada cuidadosamente para su integración en los módulos. Tanto el soporte como el empaquetado tienen como objetivo maximizar el flujo de agua a través de la membrana, minimizando el paso de sales.

Entre los objetivos que persiguen los distintos fabricantes de módulos de ósmosis inversa se encuentran:

- 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.

Comercialmente se consideran cuatro configuraciones básicas de módulos:

- De placas (plato y marco).
- Tubular.
- De fibra hueca.
- Arrollamiento en espiral.

2.7.1 De placas (plato y marco)

Los sistemas de membrana de placa y marco utilizan membranas colocadas sobre una estructura similar a una placa, que a su vez se mantiene unida por un soporte similar a un marco. Las membranas de lámina plana se atornillan con un marco alrededor del perímetro; similar a un intercambiador de calor o filtro prensa. Hay dos tipos de configuraciones de membrana de placa y marco; callejón sin salida y flujo cruzado. En los sistemas de marco y placa sin salida, la solución de alimentación fluye perpendicularmente hacia la membrana, mientras que los sistemas de flujo cruzado se hacen de modo que el flujo sea tangencial a la pared de la membrana (Synder Filtration, 2014).

CONFIGURACION DEL MODELO - MODELO DE PLACA/MARCO

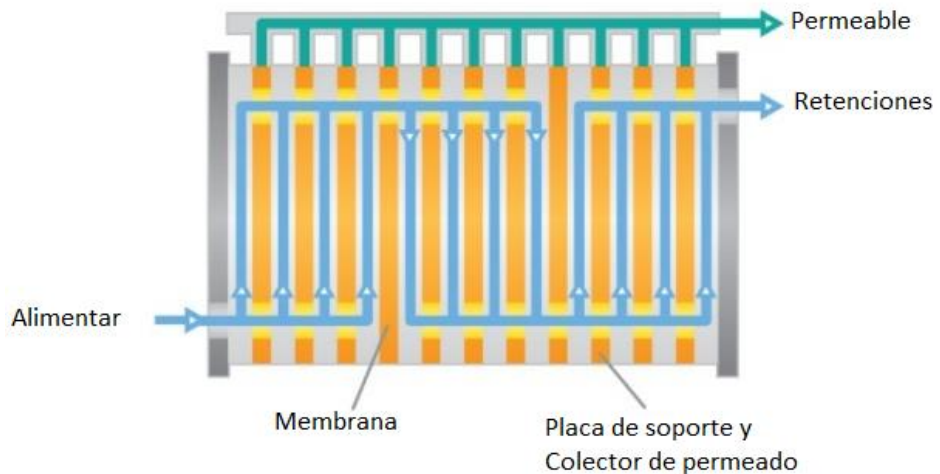


Figura 4 Modelo de placa – marco

Fuente: (Synder Filtration, 2014)

Están hechos de membranas de hoja plana y placas de soporte. La alimentación circula entre las membranas de dos placas adyacentes, atravesando los conjuntos de membranas que se ensamblan a partir de membranas intercambiables, ya sea individuales o por paquetes. El espesor de la lámina es de 0,5 a 3 mm. La densidad de compactación de las unidades de placa y bastidor es de 100 a 400 m²/m³. Las placas aseguran el soporte mecánico de la membrana y el drenaje del permeado y deben ser corrugadas en el lado de la alimentación para aumentar la transferencia de masa.

La circulación de las membranas puede ser colocadas en serie o paralelo, estas conexiones facilitan la limpieza de las mismas o el cambio de forma manual (Library, 2006).

2.7.2 Tubular

Se la denomina como una configuración simple, puesto que la membrana procede a moldearse en la parte interior del tubo, este por dentro es poroso y funciona como soporte, están comprendidos por diámetros interiores que varían de 6 a 40 mm, pero el que más se utiliza tiene un diámetro de 13 mm. Las membranas trabajan a bajas presiones y se caracterizan por ser auto soportante, los elementos que conforman las membranas se encuentran conectadas en paralelo o en serie dependiendo

de la velocidad que se requiera. Al necesitar alta velocidad de circulación las membranas son conectadas en paralelo, estas se encuentran en el interior de una vasija, ayudando a reducir las pérdidas de carga, y cuando se necesita disminuir la velocidad, las membranas son conectadas en serie.

Este tipo de membranas no requieren de un pre filtrado de alimentación, puesto que no tienden a ensuciarse fácilmente, este proceso es requerido porque proporciona una variación flujo en el camino hidrodinámico, su limpieza es sencilla y se realiza de forma mecánica, y se acoplan favorablemente en los procesos de fluidos muy viscosos (Library, 2006).

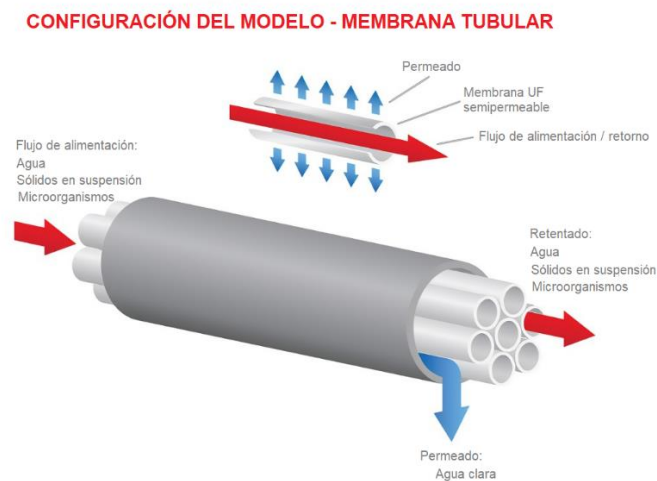


Figura 5 Membrana Tubular

Fuente: (Shirzad Kebria & Rahimpour, 2020)

2.7.3 De fibra hueca

Este tipo de membranas tiene una similitud a un cilindro con una cantidad de porosidad numerosa que se encuentra comprendido por una pared gruesa, permitiendo que el flujo de alimentación circule por dentro y fuera de las fibras.

Estas membranas fueron elaboradas con la idea de que tengan una vida de uso prolongada, por lo que está de por sí misma brinda confianza de su desvalimiento en un sistema de tratamiento de agua y ayudando a cumplir de forma eficaz con los requisitos regulatorios.

Estas membranas son utilizadas para agua potable, aguas residuales, utilidades terciarias y de reutilización de agua, además de haber tratado previamente el agua de alimentación industrial y osmosis reversa. Estas membranas poseen varias características favorables además de reducir el impacto que existe en las plantas de tratamiento, tal y como es el que son capaces de tratar varias calidades del agua que no es potable hasta el punto de conseguir la calidad necesaria o requerida.

Las membranas de fibra hueca tienen la cualidad de que como primer caso la hermeticidad que posee de agua entre flujos de alimentación y permeado es asegurada mediante una resina la cual forma un plato plano al final de cada haz. En el segundo caso este haz tubular tiene la forma de una U en el que las fibras solo pueden ser selladas por un lado o directamente al final. (Water Technologies & Solutions, 2022)

Entre las ventajas que brindan las membranas de fibras huecas podemos resaltar:

- Son poseedoras de alta densidad reforzada lo cual les permiten alcanzar una mayor cifra de producción resguardando el mismo impacto, contribuye en disminuir los costos del capital y el ciclo de vida de su aplicación.
- Se optimiza el ciclo de vida debido a que la vida útil de la membrana tiene una mayor duración consumiendo menos energía y menos productos químicos.
- Al poseer una barrera física de ultrafiltración le facilita alcanzar una mayor calidad del afluente de forma consistente, el cual sobrepasa los exigentes requisitos normativos durante varias alteraciones en la calidad que tiene el agua cruda.

CONFIGURACIÓN DEL MODELO - MEMBRANA DE FIBRA HUECA

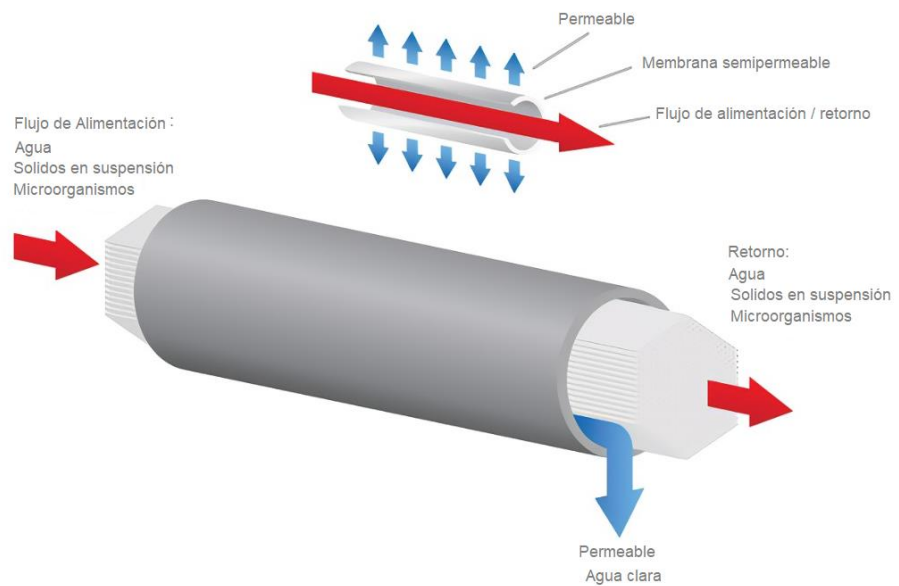


Figura 6 Membrana de fibra hueca

Fuente: (Shirzad Kebria & Rahimpour, 2020)

2.7.4 Arrollamiento en espiral

Este tipo de membrana se encuentra compuesto de envoltentes de membranas planas que se ubican enrolladas en pares abarcando una hoja flexible porosa. El par de membranas debe ir sellado por sus tres bordes donde el borde que se encuentra abierto debe ir conectado y enrollado alrededor de un tubo con varios orificios el cual traslada el permeado. Cada uno de los envoltentes se encuentran distanciados y ubicados por un costado de la alimentación el cual permite el paso de turbulencias que producen una reducción en la concentración de su polarización y a su vez incrementa el traspaso de la masa con un nivel de energía bajo en su ingreso. El separador puede ser tanto de malla como un separador corrugado, el cual aumenta las características en base al control de los sólidos en los módulos del tipo espiral, es decir incrementa la superficie de trabajo y disminuye su costo de energía. La alimentación circula de forma paralela al eje del tubo del permeado. (Library, 2006)

En la actualidad esa configuración de la membrana de arrollamiento en espiral es la más usada en las plantas desalinizadoras de osmosis inversa,

funcionando aguas salobres así mismo como agua del mar. Debido a la mejora de su estructura logra que los flujos internos incrementen, suministrando a la membrana de varias ventajas positivas que aumentan su rendimiento y mejoran su relación producción/rechazo. (Asociación española de desalación y reutilización, 2020)

2.8 Calidad del agua desalinizada

La calidad del agua desalinizada depende del uso que se le vaya a dar, en el caso de los barcos es usada comúnmente para sanitarios, duchas, cocina, apto para el consumo humano.

a) Parámetros físicos

- **Color:** Es capaz de absorber las radiaciones del espectro visible. El color puede ser indicativo de que existen contaminantes en el agua, puesto que normalmente el agua posee un color azulado en ciertos espesores.
- **Turbidez:** Indica que el agua tiene ciertos materiales insolubles en suspensión, estos materiales son difíciles de filtrar
- **Conductividad y Resistividad:** La conductividad se relaciona con el movimiento de las impurezas presentes en el agua. La Resistividad se relaciona con la medida de la conductividad. (Moreno, 2004)

b) Parámetros químicos

- **PH:** Es la medida que tiene una solución ya sea acida o alcalina dependiendo de la solución acuosa. La mayor parte de las aguas naturales poseen un pH que se encuentra entre 6 y 8. La medida de esta se obtiene mediante un pHmetro, aunque se puede obtener mediante papeles especiales, resaltando su coloración se muestra la cantidad de pH que tiene. Las cantidades del pH tienen relación a la temperatura en cuanto a la medición, pues los valores cambian con ella.
- **Dureza:** Consiste en medir la facultad que tiene el agua para crear incrustaciones por el efecto que tiene el que se encuentren presentes sales diluidas compuestas de calcio y magnesio. Esta

es la fuente fundamental de depósitos e incrustaciones en tuberías, cambiadores internos de calor, etc. Por otra parte, muy contraria a esta, existen aguas las cuales son muy suaves volviéndolas agresivas y pudiendo no ser aptas para el consumo.

Existen variantes de la dureza, las cuales son:

- Dureza total o título hidrotimétrico.
- Dureza permanente o no carbonatada.
- Dureza temporal o carbonatada.

Cuando la dureza está por debajo de la alcalinidad, significa que la dureza es carbonatada, al contrario, si la dureza se encuentra por encima de la alcalinidad existe una porción de dureza no carbonatada.

Cuando se quiere bajar la dureza en algún tipo de agua, esta puede tratarse por medio de un proceso de ablandamiento o desmineralización.

- Alcalinidad: Nos permite medir facultad que tiene el agua para neutralizar ácidos. El carbonato y oxhidrilo, bicarbonato, iones, fosfato y ácido silícico, junto con otros tipos de ácidos asisten a la alcalinidad ya que estos son capaces de producir CO₂ en el vapor, el cual es un surtidor de corrosión en las líneas de condensado. Este es capaz de crear recopilación de sólidos y debilitar el acero de las calderas.

Existen dos tipos de alcalinidad las cuales se nombran a continuación:

- Alcalinidad Total o TAC.
- Alcalinidad simple o TA.

Esta se puede medir mediante las mismas unidades que posee la dureza. Se enmienda mediante descarbonatación con cal, desmineralización por cambio de iones, o curación por medio de ácido.

- Sólidos en suspensión: Esta medida es vista en sólidos no disueltos los cuales logran ser retenidos en filtros. Estos pueden ser determinados cuando se pesa el residuo que se encuentra en el filtro, posterior a ser secado. Son despreciables cuando se encuentran en aguas procesadas debido a que pueden ocasionar acumulación en las conducciones, equipos, etc. Pueden ser divididos por medio de filtración y decantación. (Moreno, 2004)

2.8 Análisis del consumo diario del agua purificada en la embarcación Eclipse

Para el sistema osmosis inversa utilizada en las embarcaciones y en especial a la que se está abordando se encuentran las siguientes especificaciones técnicas de los equipos que se mencionarán a continuación:

- Bomba de baja presión (grundfos CR5-7)
- Bomba de alta presión (danfoss APP 2.5)
- Membranas tipo Filmtec-Membranes serial # T9425502
- Filtros de 20 pulgadas
- Filtros primarios
- Tablero de automatización para arranque del sistema
- Indicador de salinidad
- Válvulas de tres vías
- Salinómetro
- Sensores de presión
- Flujómetro
- Manómetros

Como parte de la colocación de la planta de osmosis inversa se ha considerado diferentes detalles para poder conseguir la planta apropiada de acuerdo a las necesidades de la embarcación, es por eso que la cantidad de personas que trabajan en esta unidad son de 16 pasajeros y 8 tripulantes, dando un total de 24 personas, hay que considerar el agua de consumo para

sanitarios, agua para limpieza, agua de bebidas, agua para el área de cocina, etc.

En base a esta información se mostrará una tabla donde se detallan los consumos diarios totales por día de la embarcación.

ITEMS	DESCRIPCIÓN	CONSUMO DIARIO
1	Agua de bebidas	30 Galones
2	Cocina	120 Galones
3	Lavaplatos	60 Galones
4	Lavandería	100 Galones
5	Sanitarios	100 Galones
6	Agua caliente	20 Galones
7	Máquina de hielo	15 Galones
8	Agua para limpieza de cubierta	80 Galones
9	Jacuzzi	300 Galones
10	Máquina para limpieza general	30 Galones
Total de galones		855 Galones diarios

Tabla 3 Consumo diario de agua

Fuente: Elaborado por Autor

Abordo se tienen 4 tanques distribuidos en diferentes áreas del barco, cada tanque tiene una capacidad de 1000 galones, esto da un total de 4 mil galones almacenados para una travesía de 15 días, con estos parámetros y en base al itinerario de la embarcación, el cual varía entre 15 días y 20 días de recorrido, en base a esto se ha realizado el cálculo para poder adquirir una planta desalinizadora que cumpla con los requisitos de poder producir el agua suficiente para el consumo diario y almacenamiento que detallare en la tabla que sigue a continuación.

ITEMS	DESCRIPCIÓN	PRODUCCIÓN
1	Membrana 1	1.5 litros por minutos
2	Membrana 2	1.5 litros por minutos
3	Membrana 3	1.5 litros por minutos
4	Membrana 4	1.5 litros por minutos
Total de producción		1080 Galones en 12 horas

Tabla 4 Producción de agua de cada membrana

Fuente: Elaborado por Autor

Una vez conocido todo este planteamiento se detalla cual es el proceso que realiza. Normalmente en toda embarcación existe en la parte más baja del barco (quilla, termino mariner) unas tomas de fondo que son unas cajas de diferentes dimensiones dependiendo la cantidad de agua que se va absorber para el proceso de desalinización, una vez que el agua entra a estas cajas por seguridad se coloca una válvula para poder controlar el ingreso y evitar que por alguna falla se pueda inundar la embarcación, después de esta válvula se conecta un filtro primario que consta de una malla metálica con perforaciones diminutas que filtran y no permiten que se concentren algas, incrustaciones, sedimentación y algún otro elemento que pueda dañar el equipo, luego del filtro se encuentran tuberías de 3" de espesor, codos, uniones, T, nudos, bridas , válvulas cheques, y válvulas de pasos. Con tuberías de las mismas dimensiones se llega a la bomba primaria o llamada booster, luego de la bomba se coloca ductería de la misma dimensión y en esta tubería se colocan elementos de seguridad como el Flujómetro que ayudará cuando la bomba primaria por cualquier motivo deje de funcionar, permitiendo activar una alarma y bloquee el sistema.

Luego de pasar por estos elementos se continúa con el recorrido de la tubería a los filtros secundarios que son de una medida de 20" pulgadas, en

su interior se encuentra sus elementos de filtración de 5 micras de grosor que sirve para la filtración de sólidos en suspensión sea esto óxido, barro, arena.

A continuación de este proceso el agua llega con una presión de 40 a 60 psi a la bomba de alta presión que trabaja con un motor de 10 hp a 3600 rpm a 60 Hz, la salida de esta bomba es integrada con mangueras de alta presión ya que al elevar una presión de 60 a 70 bares es necesario utilizar dichos elemento de presión, estas mangueras están conectadas a las membranas donde empezará el proceso de osmosis inversa y la producción de agua dulce, cuando entra a trabajar todo el equipo y se da arranque a las bombas tanto la booster como la de alta empieza el proceso de desalinización, existe una válvula de estrangulamiento que permite aumentar la presión de alta para que pase a través de las membranas y permita por este procedimiento expandir la parte sólida del agua (la sal) y al quedarse alojada en la membrana esta parte del otro lado de la misma la producción de agua dulce, cabe mencionar que existen dos tubos interior el primero es donde sale la producción de agua dulce y la otra que no se utiliza se sigue descargando al mar como un proceso de recirculación.

Todo este equipo está conformado con un sistema de arranque, seguridad, indicadores, manómetros, que permiten el mejor funcionamiento del mismo y hacerlo lo más eficiente posible, entre estos equipos existe un salinómetro que es el que censa las ppm (partículas por millón) para que el agua sea considerada para el consumo humano, este equipo cuando pasa los límites permitidos envía una señal a una válvula de tres vías y desvía la producción la cual es descargada de nuevo al mar y evita la contaminación en los tanques de almacenamiento, así mismo envía una señal al operador y saber porque se bloqueó el equipo, así mismo hay presostatos de alta y baja que también sirven para la protección del mismo.

Este equipo a los 15 días de producción es necesario realizar un retro lavado con químicos para evitar que se tapen las membranas y al mismo tiempo que su vida útil se alargue y mantengan una producción adecuada.

2.8.1 Bombas

2.8.1.1 Bomba de agua Booster (Bomba de refuerzo)

Este tipo de bomba normalmente utilizada en sistemas de desalinización, de riego, de auto cebado, etc.

Como parte del correcto funcionamiento de una planta desalinizadora se utilizan este tipo de bomba, ya que ayudan a mantener una presión fija y un cebado constante en el circuito de agua a través de las tuberías.

Una de las principales características de este tipo de bombas son de multietapas, eso significa que en el interior de sus carcasas se encuentran alojadas un grupo de impeller que hacen la función de ir aumentando en forma paulatina la presión del agua y evitar que sea cebada externamente, esta es una ayuda importante en los circuitos de agua cuando es necesario mantener una presión fija en especial cuando se utiliza una planta desalinizadora ya que es necesario mantener una presión de agua de entrada constante y sin pérdidas de las misma.



Figura 7 Bomba Booster

Fuente: Tomado por Autor

2.8.1.2 Bomba de agua de alta presión

Son equipos diseñados para elevar presiones altamente altas y que sirven para equipos de desalinización, riego por aspersión, sistemas sprinkler, etc.

Estas bombas están constituidas por un sistema de pistones de alta velocidad y como parte del enfriamiento utilizan la misma agua que pasa a través de sus circuitos para enfriarlo, estas bombas están acoplados a motores de alta velocidad con una velocidad de 3600 rpm, normalmente al tener esta velocidad y aumentar las presiones es necesario utilizar mangueras de corte hidráulico ya que al tener presiones que sobrepasan los 1000 psi es necesario por seguridad utilizar este tipo de mangueras por la flexibilidad y por su alta resistencia a las altas presiones.



Figura 8 Bomba de alta presión

Fuente: Tomado por Autor

2.8.2 Membranas

Las membranas son barreras que dejan pasar el fluido del agua mas no el paso de sustancias no deseadas, estas eliminan contaminantes del agua como el fluoruro, sulfatos, arsénicos y otros más, estas tampoco permiten pasar los minerales como son calcio, potasio, sodio y magnesio.

Como objetivo principal para el sistema de desalinización utilizamos este tipo de membrana alojada en unos cartuchos de fibra de vidrio para protección de

la alta presión a las que serán sometidas por el paso del agua de mar a través de la bomba de alta, la finalidad que ejercen esta membrana es que por medio de las osmosis inversas alojar las partículas de sal en dichas membranas para producir el agua dulce.



Figura 9 Membranas de la planta de purificación

Fuente: Tomado por Autor

2.8.3 Válvulas

Existen un sin número de válvulas que se utilizan para diferentes equipos de los cuales solo se nombran los que se utilizaran exclusivamente para las desalinizadoras, la válvula de compuerta como su nombre lo dice tiene un vástago que es un sinfín acoplado a una compuerta que conforme se le vaya dando vuelta va cerrando o abriendo dicho dispositivo para poder recircular el agua a través de la válvula, entre las más comunes se nombran a la válvula cheque, de globo de cierre rápido, de mariposa, válvulas de tres vías, de drenaje etc.

La función principal de estos equipos es realizar un corte de suministro de fluido, en este caso de agua de mar para controlar el volumen del mismo que se desea aprovechar.



Figura 10 Válvula de la planta de purificación

Fuente: Tomado por Autor

2.8.4 Salinómetro

Los equipos que miden el agua salada que pasa a través de una tubería para el consumo se llama salinómetro, este equipo tiene una medición de PPM (partes por millón) es una unidad de medición que utilizan para tener un rango aceptable y establecer parámetros para considerar que el agua es apta para ser bebida, el salinómetro es un equipo electrónico que mide la concentración de sólidos disueltos en el agua, es por eso lo necesario este equipo para determinar los niveles de potasio, calcio, magnesio que se encuentran en el agua.

Para determinar la cantidad de estos minerales se utiliza un medidor TDS (total dissolved solid) que calcula la medición de la conductividad de la que depende la cantidad global de los minerales disueltos en el agua de mar a la que se está midiendo.



Figura 11 Salinómetro de la planta de purificación

Fuente: Tomado por Autor

2.8.5 Válvula de tres vías

Se la conoce también como multiválvulas tee, esta se caracteriza por que tiene 3 puertos y son ideales para aplicarlas en donde se necesita recirculación de fluido, mezclarlo o derivarlo a las 2 vías, estas válvulas son accionada de forma manual o eléctrica, de la primera forma utiliza un manubrio la cual se lo mueve en la dirección deseada para realizar el cambio de fluido y poder desviarlo al lugar que se necesite que llegue, de la misma forma la forma de accionar eléctricamente lo hacen a través de una bobina solenoide que puede ser accionada con unas botoneras o en forma automática a través de un logo o PLC dependiendo la lógica a la cual este diseñado, en el caso de las desalinizadora es accionada automáticamente por medio de una señal del salinómetro que al censar una concentración de sal en el circuito de agua dulce abre automáticamente dicha válvula para evitar la contaminación del tanque y desviar esta agua fuera de la embarcación.



Figura 12 Válvula de tres vías

Fuente: (Domínguez Danache, 2022)

2.8.6 Cañerías

Las cañerías son un ducto por donde transporta o circula agua u otros fluidos, estas pueden ser de cobre, acero inoxidable, PVC y hierro galvanizado.

Para el sistema de desalinización se utiliza un sin número de tubos, cañerías, y mangueras, para la recirculación del agua a utilizar se colocan tubos de acero naval para el recorrido desde las tomas de fondo hasta el ingreso de la bombas booster, las cañerías de diámetro interno más reducidas son utilizadas para la colocación de manómetros y elementos de seguridad como presostatos tanto de altas como baja, así mismo las mangueras a utilizar son de tipo hidráulicas debido a las elevadas presiones que se manejan en el circuito.

2.8.7 Sensor de presión

La presión se describe como la fuerza que desempeña un líquido o un gas por encima de una superficie, estos miden en unidades de PASCAL, BAR y PSI.

El sensor mide una proporción física y la envía en una señal, la cual pueden ser; temperatura, fuerza, longitud o presión, estas señales pueden ser

digitales o analógicas de modo que puedan ser visualizadas para que den una alarma o en otros casos ver visualmente la presión real que hay en ese momento como medición del circuito donde se encuentre colocado.



Figura 13 Sensor de presión de una planta de purificación

Fuente: Tomado por Autor

2.8.8 Filtros

La función del filtro es eliminar las partículas grandes y finas de agua potable, como arena, suciedad y partículas de óxido.

En los filtros de alta presión pueden llegar a retener partículas y ciertos microorganismos, estos pueden soportar altas presiones que manejan para lograr su objetivo, en 10 micrones se puede decir que captura hasta el 50% de partículas su eficiencia es del 50% al 98%.

Los filtros lo que hacen es mejorar el sabor del agua, por ello cada tres semanas se hace un lavado y a los seis meses se hace el cambio del filtro.



Figura 14 Filtros de una planta de purificación

Fuente: Tomado por Autor

2.8.9 Manómetro

Es un elemento de medición de presiones de líquidos o de gases, necesita que este en un circuito cerrado, el manómetro tiene un tubo llamado bourdon, este es un tubo enrollado en donde un extremo está cerrado y en el otro extremo se conecta el fluido al cual va medir la presión, al recibir la presión del agua hace que el tubo se empiece a desenrollar y hace que la aguja se empiece a mover.



Figura 15 Manómetro Bourdon

Fuente: (Domínguez Danache, 2022)

2.8.10 Tablero de automatización para arranque del sistema

El tablero tiene una dimensión de 60x120x30 cm y está constituido por los siguientes elementos de control, fuerza y automatización, a continuación, se detallan los elementos instalados:

ITEMS	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS
1	Breaker magnetotérmico de 63 amperios 3 polos
2	Breaker de riel din de 6 amperios de 2 polos
3	Fusibles tipo botella de 3 amperios
4	2 Guardamotors con el rango de 6 amp a 12 amp
5	1 Guardamotor con el rango de 1.5 amp a 4 amp
6	1 Contactor de 40 amperios de 3 polos con bobina de 100 a 240 ABB
7	1 Contactor de 25 amperios 3 polos con bobina de 100 a 240 ABB
8	1 Fuente de poder de 24 voltios de 100 a 240 AC/24 VDC
9	1 Variador de frecuencia ABB AS10 440 voltios 50-60 HZ 10 HP
10	Relay encapsulado de 24 voltios DC de 5 pines
11	Relay encapsulado de 6 amperios 9 pines
12	1 Transformador de 440- 220 voltios 50-60 HZ de 300 VA
13	Selector de arranque 2 de 22mm on off
14	Luces piloto colores verde y rojo de 22mm
15	1 Alarma visual y Sonora de 22mm
16	1 PLC
17	1 HMI
18	1 extensiones de PLC analógicas y digitales
19	Clave RJ45 para interconexión entre HMI y PLC

20	Accesorios varios como, terminales, borneras, topes, pernos, amarras
21	Cable de control marca belden de 3x18 para control
22	Cable de fuerza 3x10

Tabla 5 Elementos instalados en el tablero

Fuente: Elaborado por Autor

Con los elementos mencionados anteriormente y el diagrama unifilar de control y de fuerza se procederá a realizar el montaje para el funcionamiento correcto del Sistema de la planta de purificación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Características de la investigación

Este trabajo de investigación es de carácter mixto y está orientado a solucionar el problema que presentan diversas embarcaciones al navegar, teniendo como objetivo presentar una mejora al momento de producir agua potable.

Al aplicar la metodología mixta en el proceso de esta investigación se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos que aportaron para el desarrollo del proyecto, utilizando de manera óptima los atributos que brinda cada metodología y así se resta importancia a las debilidades que puedan presentar.

La investigación cualitativa permite describir las cualidades de los elementos a utilizarse para el desarrollo del proyecto. En esta investigación no existe un análisis estadístico, el principal objetivo es generar teorías e hipótesis.

La investigación cuantitativa es un proceso deductivo en el cual podemos desarrollar los planteamientos definidos de acuerdo a la necesidad de la embarcación Eclipse, el análisis del consumo diario permitió recopilar la información que permitió seleccionar los equipos necesarios para la implementación del sistema propuesto.

Dicha investigación se ha complementado con información adquirida de documentos bibliográficos que han permitido entender de donde parte el funcionamiento para la purificación de agua y poder demostrarlo por medio de una simulación.

- Mediante al proceso de osmosis inversa se obtiene mas cantidad de galones de agua por minuto.
- Este proceso se realiza por medio de bombas, las cuales cuentas con sus respectivas seguridades.

- Cuenta con una pantalla HMI que permite visualizar el paso a paso de la producción de agua potable.

3.1.1 Investigación Mixta

La investigación mixta es una metodología que consiste en unir dos o mas métodos de investigación. Para el desarrollo del trabajo de titulación se empleo la investigación y deducción.

Como alguno de los beneficios de emplear la investigación mixta podemos definir los siguientes:

- Al emplear varios tipos de investigación se puede aprovechar las facilidades que brindan cada una y de esta manera contrarrestan las debilidades.
- Ayuda a tener una comprensión mas completa del problema de estudio.
- Permite validar los resultados que se obtienen en cada método empleado.

Las principales desventajas que se presentan al emplear esta investigación se podrían definir las siguientes:

- Se emplea mucho tiempo y recursos para el desarrollo de esta investigación.
- Existe una gran acumulación de datos para procesar la información.
- Se genera dificultad al momento de organizar toda la información recopilada.

3.1.2 Técnicas de investigación utilizadas

Las técnicas de investigación ayudan a obtener información de manera organizada y enfocada al tema que se está desarrollando. Existen diferentes técnicas de investigación las cuales se pueden aplicar a diferentes áreas. Las técnicas que se emplearon en el desarrollo del trabajo de titulación se detallan a continuación:

3.1.2.1 Búsqueda bibliográfica

Esta técnica consiste en la recopilación de información del tema a tratar, para poder desarrollarla se debe contar con material informativo como por ejemplo revistas, libros, sitios web, investigaciones científicas. Estas fuentes se pueden encontrar en bibliotecas ya sean físicas o virtuales.

Existen dos fuentes que se pueden considerar cuando se realizan las búsquedas bibliográficas:

- Fuentes primarias. – Estas fuentes proporcionan datos de primera mano los cuales son escritos a partir de una investigación por ejemplo libros, publicaciones periódicas.
- Fuentes secundarias. – Estas fuentes están elaboradas a partir de las fuentes primarias como por ejemplo una traducción.

En el trabajo de titulación se empleo la búsqueda bibliográfica al emplear la recopilación de información que permitió fundamentar la investigación y entender de manera sencilla la función de la osmosis inversa.

3.1.2.2 Observación

Esta técnica de investigación consiste en la apreciación de un determinado objetivo. Es una técnica selectiva porque se aplica a un solo fin dentro de la investigación a realizar.

La técnica de observación se desarrolla siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

- Apreciación. – Consiste en reconocer el objetivo principal.
- Interpretación. – Una vez reconocido el objetivo se debe descifrar la información obtenida.
- Descripción. – En este paso se debe desarrollar de forma objetiva utilizando las conclusiones del autor.

En el trabajo de titulación se empleo la técnica de observación al determinar la necesidad de tener su propia producción de agua potable lo que encamino al desarrollo de este proyecto.

3.2 Metodología de desarrollo

La metodología de desarrollo consiste en elaborar, definir y clasificar el conjunto de métodos y técnicas que se deben seguir durante la ejecución de un proyecto.

La metodología de desarrollo ofrece las siguientes ventajas:

- Permite mejorar la comunicación.
- Brinda herramientas que facilitan la toma de decisiones.
- Asegura que el proceso de investigación sea eficiente y controlado.
- Normaliza las fases del ciclo de vida del proyecto.

Existen cuatro tipos de metodologías, la metodología cascada, metodología cadena critica, metodología ágil, metodología hibrida.

- Metodología cascada. – Este método se lo utiliza habitualmente, se define el objetivo principal del proyecto y se planifica hasta obtener el cierre del mismo.
- Metodología cadena critica. – Siguiendo la metodología cascada este método se basa en dar prioridad a las actividades mas criticas del proyecto.
- Metodología ágil. – Esta metodología permite dividir el proyecto en fases, resolviendo en primer lugar las actividades de corta duración.
- Metodología hibrida. – Esta metodología permite utilizar las ventajas de las metodologías tradicionales y las metodologías agiles.

3.2.1. Ventajas de la metodología de desarrollo empleada

Para el desarrollo del trabajo de titulación se utilizó la metodología cascada, se definieron los objetivos y se desarrollo el proyecto en base al cumplimiento de los mismos.

La secuencia que se utilizó se detalla a continuación:

- Inicio. – se desarrollo el planteamiento del problema.

- Planificación. – Se estructuró las etapas del proyecto.
- Ejecución. – Se elaboraron los planos eléctricos, diagrama de flujo, selección de equipos, desarrollo del programa.
- Monitorización y control. – Se desarrollo la simulación del proyecto.
- Cierre. – Se elaboraron las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

Las ventajas de la metodología empleada son las siguientes:

- Permite determinar el objetivo de una manera rápida.
- Mantiene una estructura clara mediante el desarrollo del proyecto.
- Permite seguir una secuencia de trabajo.
- Permite desarrollar la documentación en cada etapa del proyecto.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE LA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE LA EMBARCACIÓN ECLIPSE

4.1 Listado de E/S

Una vez elaborado el P&ID se procede a elaborar el listado de E/S de acuerdo a los sensores, motores y protecciones que requiere el sistema.

Este listado nos ayuda a dimensionar el PLC que se requiere para el funcionamiento del sistema. De acuerdo a lo elaborado se puede resumir lo siguiente:

Resumen Listado de E/S	
Entradas Digitales	9
Salidas Digitales	4

Tabla 6 Listado E/S

Fuente: Elaborado por Autor

Para mayor detalle revisar ANEXO LISTADO DE ENTRADAS Y SALIDAS. ANEXO P&ID.

El PLC seleccionado para el desarrollo de la aplicación de la desalinizadora es de la marca Siemens modelo 1214C DC/DC/DC.



Figura 16 CPU 1214C DC/DC/DC

Fuente: Autor

4.1.1 Características 1214C DC/DC/DC

El PLC seleccionado permite desarrollar la automatización de diferentes procesos de una manera sencilla pero muy precisa. A continuación, se detallan las características del equipo:

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Tensión de Alimentación	24 VDC
Consumo (Valor Nominal)	500Ma
Memoria Integrada	100 KB
Número de Entradas Digitales	14
Número de Salidas Digitales	10
Número de Entradas Analógicas	2
Interfaz	Profinet
Servidores Web	Si
Dimensiones	110 X 100 X 75 mm

Tabla 7 Características del PLC

Fuente: (Siemens, 2020)

4.2 Planos eléctricos

Al tener seleccionado el controlador con el que se va a trabajar y el listado de e/s se procede a realizar el diseño de los planos eléctricos del sistema.

Se realiza el diseño interno y externo del tablero de fuerza y control.

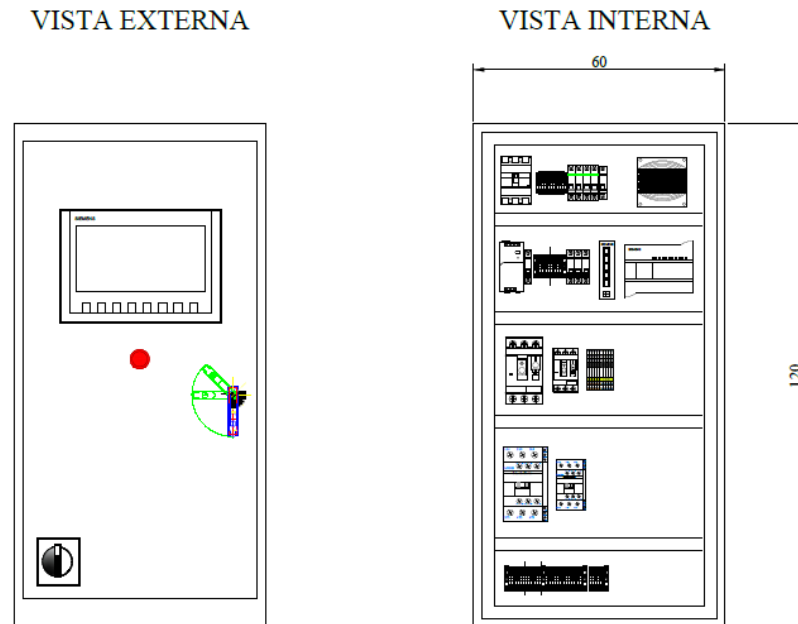


Figura 17 Diseño interno, externo de Tablero

Fuente: Autor

Para revisión en mayor detalle revisar ANEXO PLANOS ELECTRICOS.

4.3 Secuencia de programa

Para el correcto funcionamiento de la planta desalinizadora se define la siguiente secuencia de trabajo.

1. Una vez que las seguridades de los equipos se encuentren OK, se procede a dar Marcha a la Bomba de Baja.
2. El flujómetro detecta Presencia de líquido.
3. El presostato de baja detecta la presión seteada.

4. Si no se detecta flujo ni presión transcurren 10 seg y la bomba de baja se apagará e indicará una alarma para que se revise la bomba.
5. Si se detecta flujo y presión de baja estas dos condiciones permiten encender la bomba de alta.
6. El presostato de alta detecta la presión seteada.
7. Si no detecta presión de alta transcurren 10 seg y apaga la bomba de baja y de alta e indicará una alarma para que se revise la bomba.
8. Al estar encendida la bomba de alta y detectarse presión de alta el agua pasa por las membranas pasa por la válvula de 3 vías y se almacena en el tanque de almacenamiento.
9. A la salida de las membranas se encuentra el salinómetro, en caso de detectar exceso de sal PPM en el agua la válvula de 3 vías activa la otra salida para desviar el agua al mar y evitar contaminar el producto del tanque de almacenamiento.

4.4 Desarrollo de programa PLC

Para el desarrollo del programa se utiliza la plataforma Tia Portal V16.

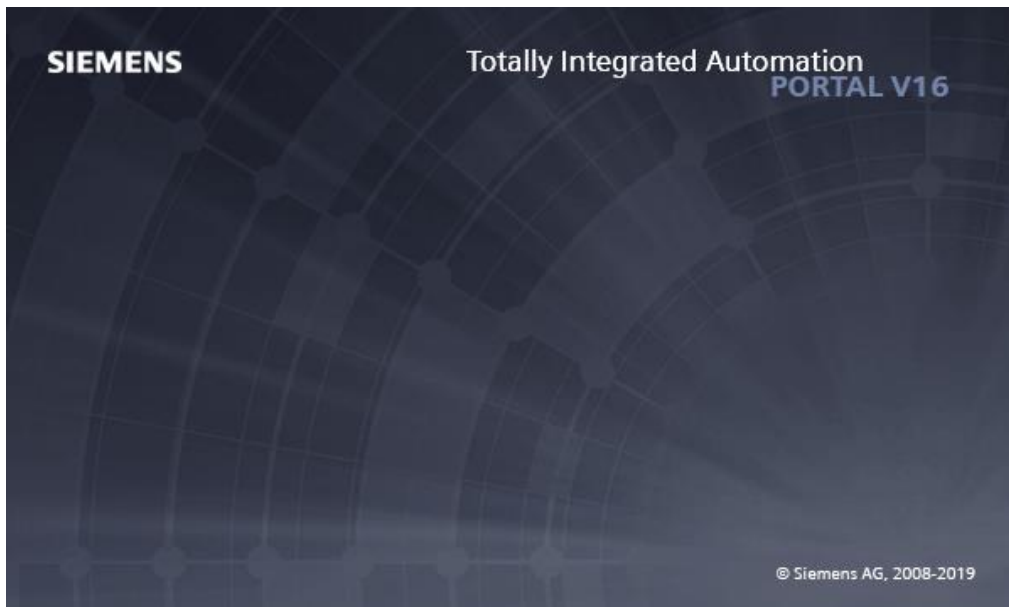


Figura 18 Tia Portal V16

Fuente: Autor

Se crea un nuevo proyecto. Para esto se selecciona CREAR PROYECTO, se asigna un nombre y se especifica la dirección donde se va a guardar y se procede a pulsar el botón CREAR.

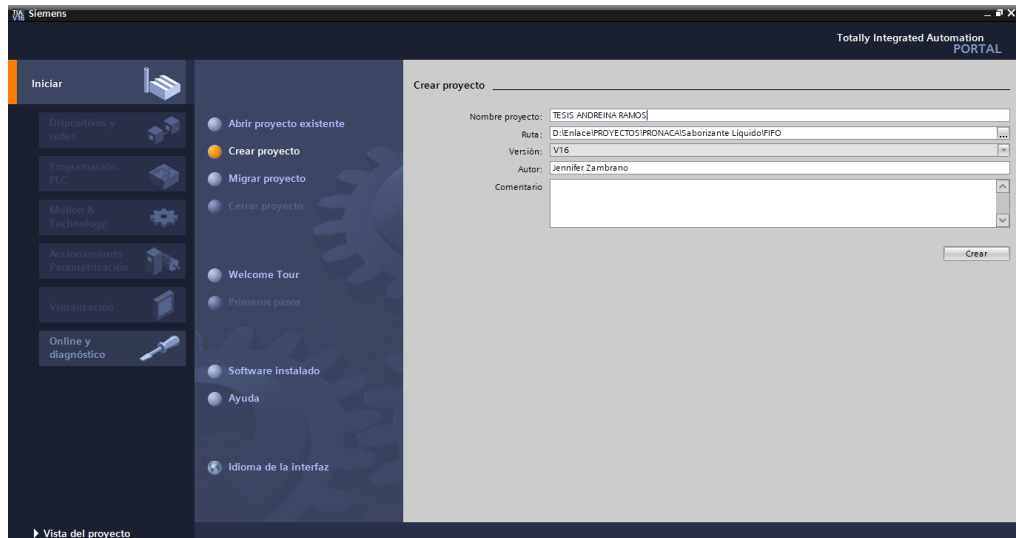


Figura 19 Tia Portal V16 – Creación de Nuevo Proyecto

Fuente: Autor

El siguiente paso es configurar el dispositivo.

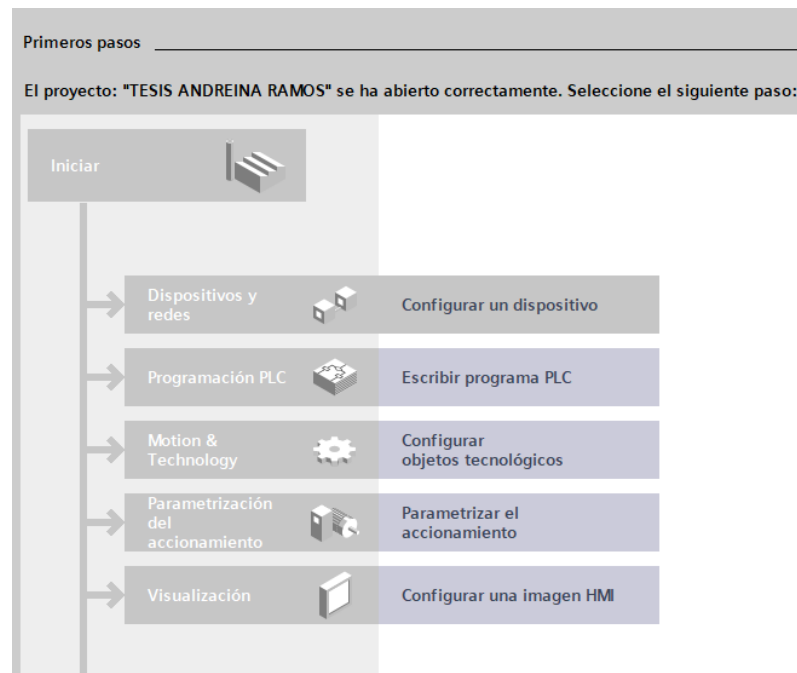


Figura 20 Tia Portal V16 – Configurar dispositivo

Fuente: Autor

Se mostrará una nueva pantalla en donde se podrá realizar la selección del controlador.

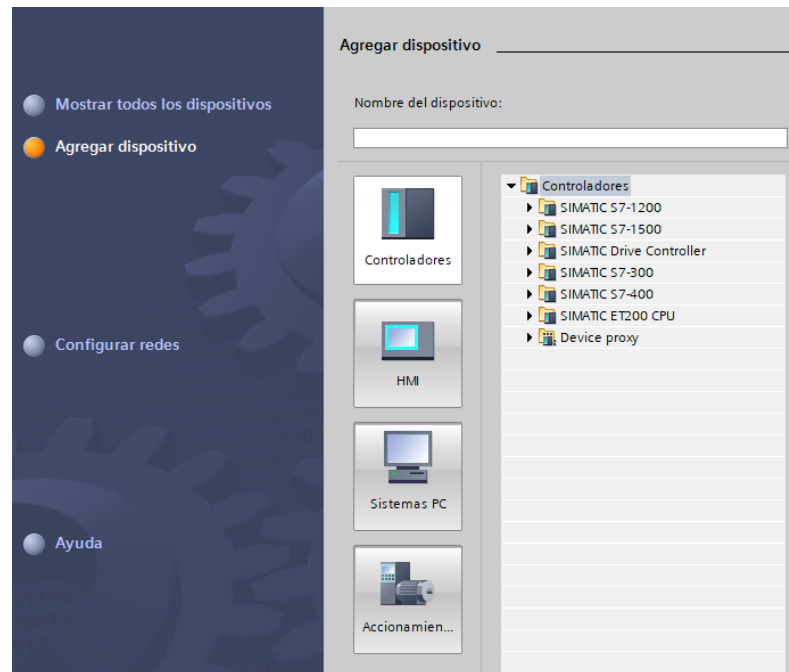


Figura 21 Tia Portal V16 – Selección de Dispositivo

Fuente: Autor

Se busca el modelo de CPU que ha sido seleccionado previamente, se escoge la versión que tendrá físicamente el controlador.

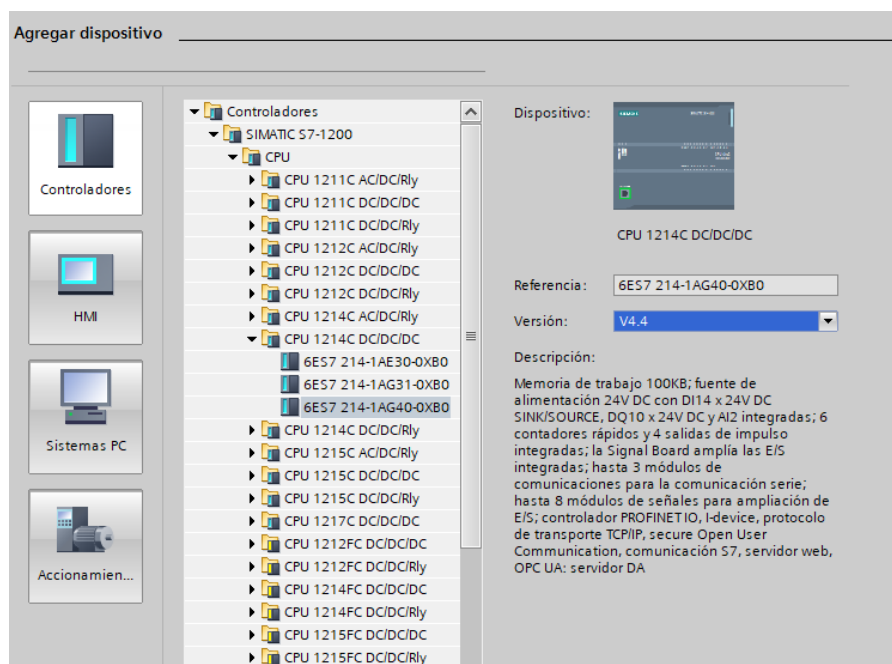


Figura 22 Tia Portal V16 – Selección de Versión

Fuente: Autor

Al agregar el dispositivo, se debe configurar la dirección IP. El usuario debe dirigirse a PROPIEDADES del dispositivo y agregar la IP que este dentro de la red que se desee trabajar.

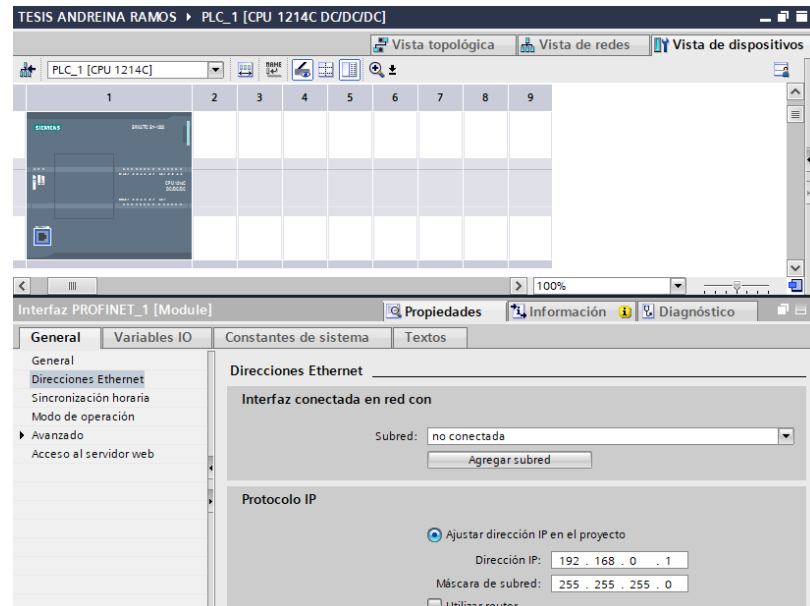


Figura 23 Tia Portal V16 – Asignar Dirección IP

Fuente: Autor

Se declaran las variables en el programa, de acuerdo al listado de e/s y las variables internas que se necesitaran para el desarrollo del programa.

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	FI	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Flujometro
2	PSL	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Presostato de Baja
3	PSH	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Presostato de Alta
4	NaCL	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Salinometro
5	QFPH	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Guardamotor Bomba de A...
6	KAPH	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Confirmación Contactor B...
7	QFPL	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Guardamotor Bomba de B...
8	KAPL	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Confirmación Contactor B...
9	PE	Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Paro de Emergencia
10	KMPH	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bomba de Alta
11	KMPL	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bomba de Baja
12	VAB	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Válvula 3 vías - Tanque
13	Alarma	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Alarma
14	Entrada_HMI_0.0	Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Flujometro
15	Entrada_HMI_0.1	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Presostato de Baja
16	Entrada_HMI_0.2	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Presostato de Alta
17	Entrada_HMI_0.3	Bool	%M0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Salinometro
18	Entrada_HMI_0.4	Bool	%M0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Guardamotor Bomba de A...
19	Entrada_HMI_0.5	Bool	%M0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Confirmación Contactor B...
20	Entrada_HMI_0.6	Bool	%M0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Guardamotor Bomba de B...
21	Entrada_HMI_0.7	Bool	%M0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Confirmación Contactor B...
22	Entrada_HMI_1.0	Bool	%M1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Paro de Emergencia
23	Entrada_0.0	Bool	%M1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	Entrada_0.1	Bool	%M1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 24 Tia Portal V16 – Declaración de Variables

Fuente: Autor

Se desarrolla la lógica de acuerdo a la secuencia de programa descrita en puntos anteriores.

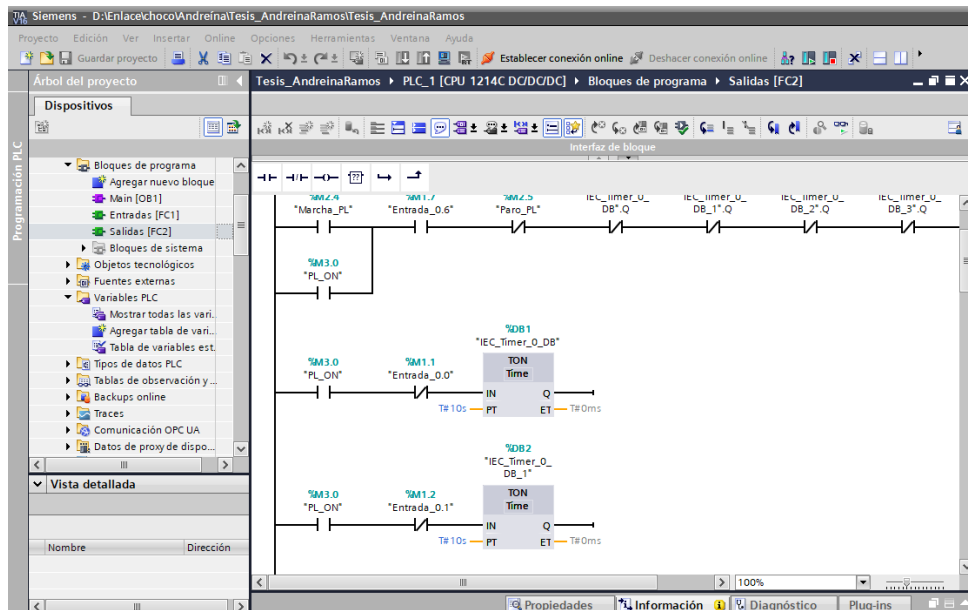


Figura 25 Tia Portal V16 – Programación KOP

Fuente: Autor

4.5 Desarrollo de programa HMI (HUMAN-MACHINE INTERFACE)

La aplicación gráfica que se va a desarrollar se lo realizará para ejecutarse en un computador, esta aplicación será válida para ser ejecutada en un HMI para esto solo se deberá reemplazar el dispositivo.

Como primer paso se debe agregar el dispositivo, para esto se seleccionará SISTEMA PC.

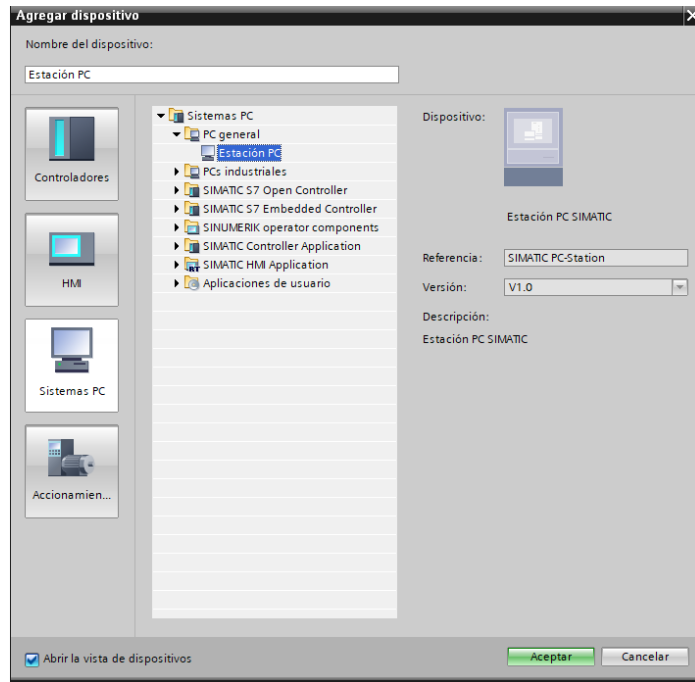


Figura 26 Tia Portal V16 – Selección Estación PC

Fuente: Autor

Una vez se ha agregado la estación PC se debe agregar el módulo de comunicación PROFINET para poder comunicarlo con el PLC.

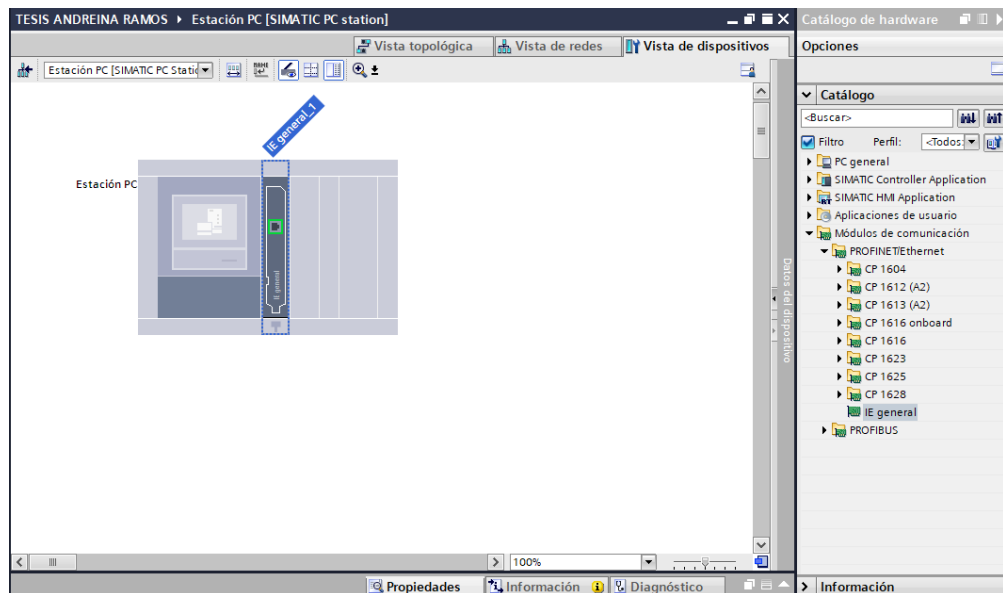


Figura 27 Tia Portal V16 – Selección Módulo Profinet

Fuente: Autor

Se asigna la dirección IP la cual debe encontrarse dentro de la misma red que el PLC para que la comunicación sea exitosa.

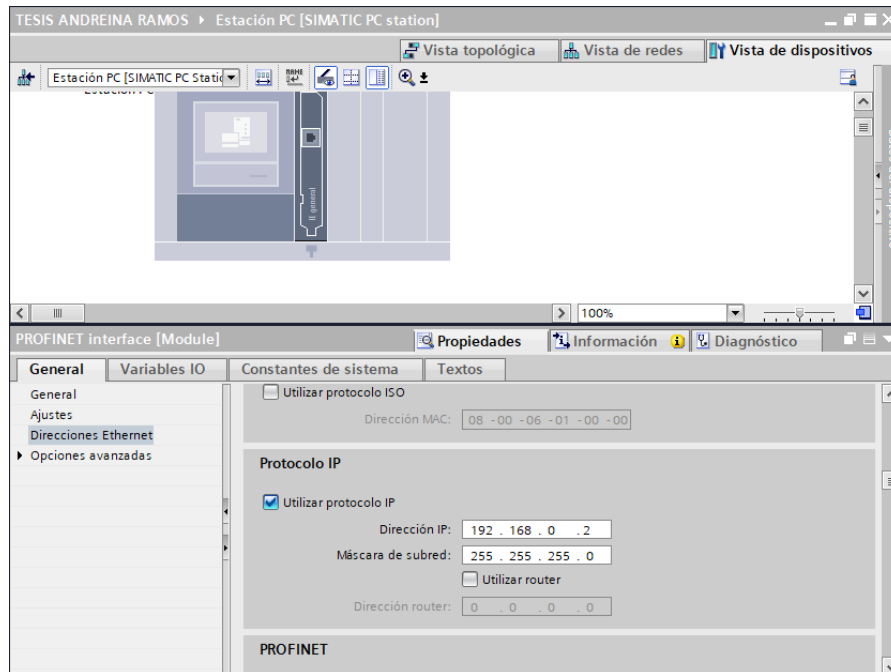


Figura 28 Tia Portal V16 – Asignación Dirección IP

Fuente: Autor

Se realiza la conexión entre PLC+HMI (Estación PC).

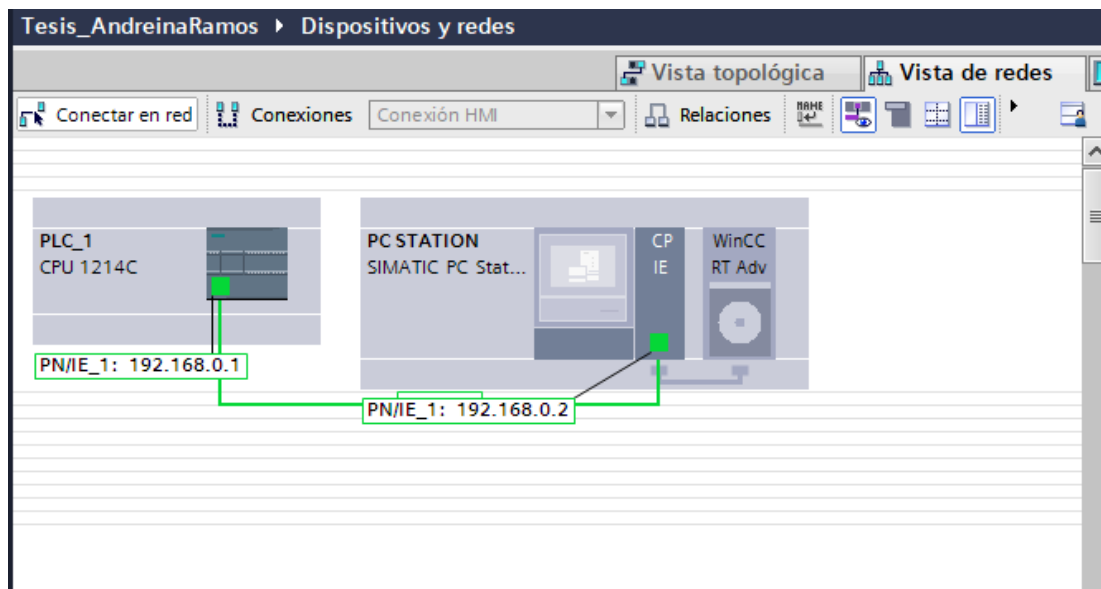


Figura 29 Tia Portal V16 – Conexión Red Profinet

Fuente: Autor

Una vez realizadas las configuraciones de comunicación se debe realizar la parte gráfica del sistema. Se ha diseñado una pantalla principal y una pantalla de proceso.



Figura 30 Tia Portal V16 – Pantalla Principal

Fuente: Autor

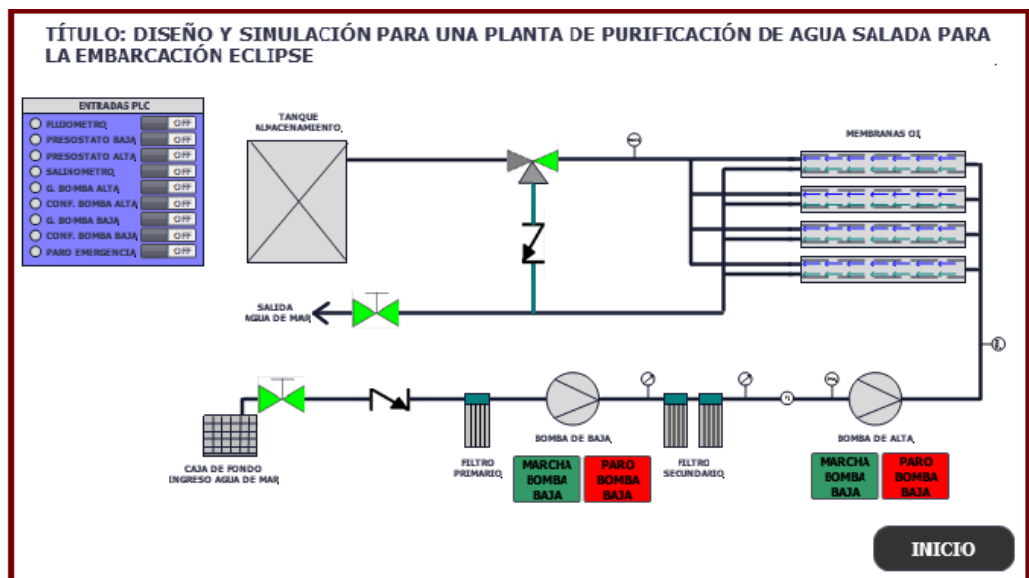


Figura 31 Tia Portal V16 – Pantalla Proceso

Fuente: Autor

Se dinamiza cada objeto, esta dinamización es realizando la conexión con cada una de las variables del PLC.

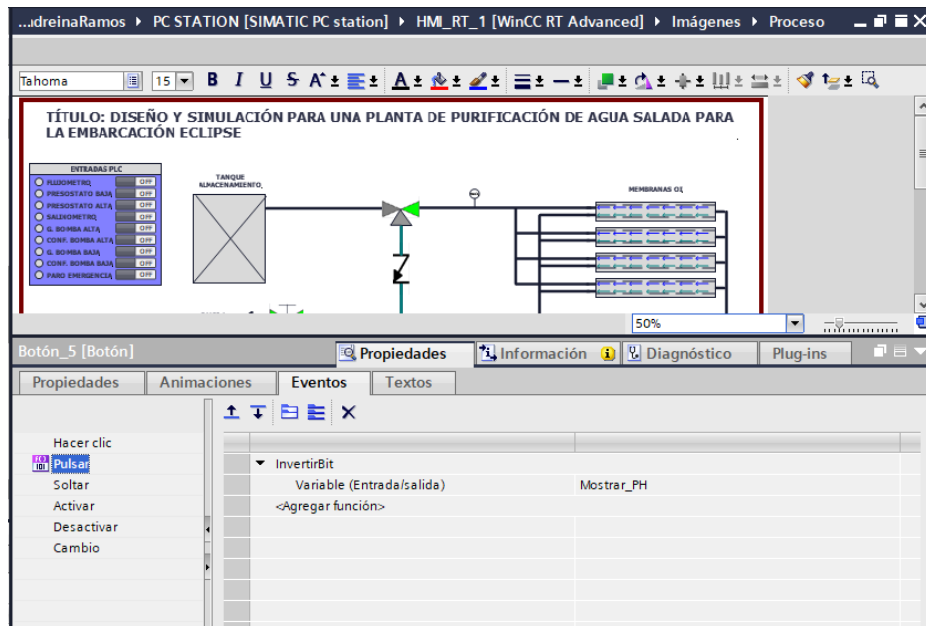


Figura 32 Tia Portal V16 – Dinamización

Fuente: Autor

Se asignan las alarmas del sistema y se agregan los mensajes para que se muestren en la aplicación.

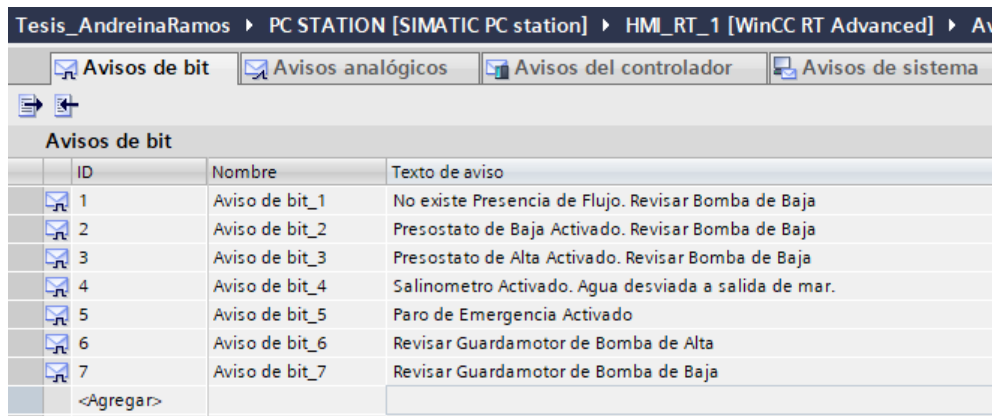


Figura 33 Tia Portal V16 – Dinamización

Fuente: Autor

4.6 Simulación

Al momento de iniciar la simulación se visualiza la pantalla principal.



Figura 34 Runtime – Pantalla Principal

Fuente: Autor

Para acceder al proceso se debe pulsar el botón **PROCESO** e inmediatamente direccionará a la siguiente pantalla:

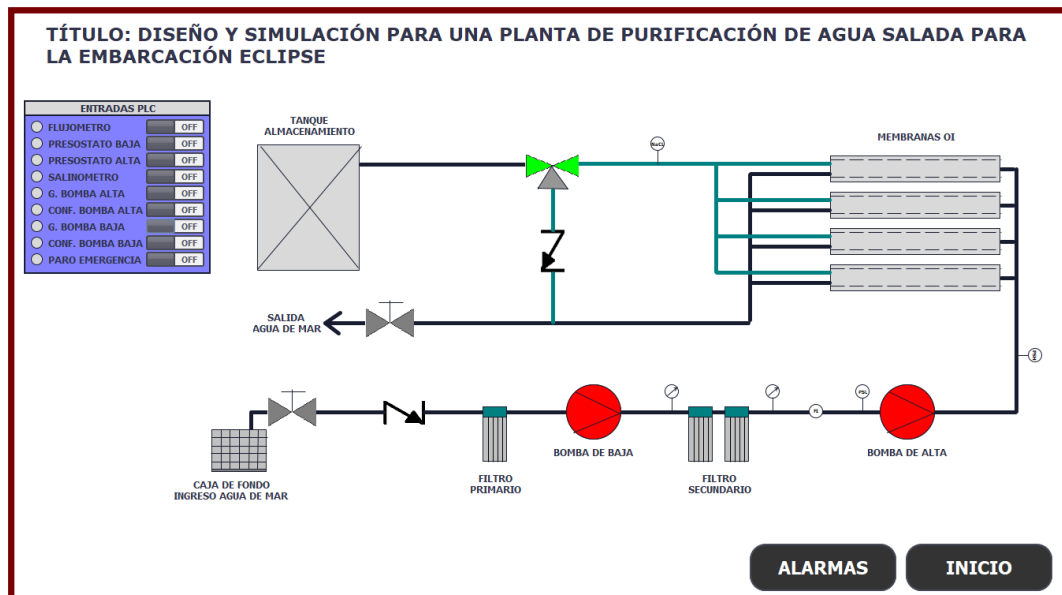


Figura 35 Runtime – Pantalla Proceso

Fuente: Autor

En la cual se podrá ir visualizando como cambian de estado los elementos al momento de ir activándose. A continuación, se detallan el status de los elementos.

ELEMENTO	ESTADO	COLOR
Bomba	Falla Guardamotor	Rojo
	Apagado	Gris
	Encendido	Verde
Válvula	Abierta	Verde
	Cerrada	Gris
Sensores	Activado	Verde
	Desactivado	Blanco
	Agua de Mar	Verde
	Agua Dulce	Azul

Tabla 8 Status de los elementos

Fuente: Elaborado por Autor

Se visualiza que se encuentran activas dos alarmas en el sistema. El guardamotor de las bombas no se encuentre habilitado, bajo esta condición no se pueden activar las bombas por seguridad no lo permite.

Se habilitan los guardamotores desde la caja de control que se encuentra en la pantalla de Proceso.

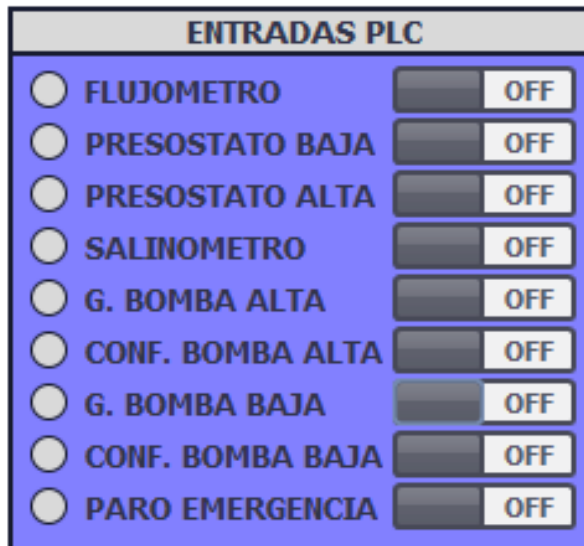


Figura 36 Runtime – Comandos IN PLC

Fuente: Autor

Para habilitar se cambia el interruptor de la señal que se desea simular a modo ON, se podrá visualizar que cambia el modo del interruptor y el circulo que se encuentra antes del nombre cambia a color verde indicando que esta activa la señal.



Figura 37 Runtime – Comandos IN PLC

Fuente: Autor

Una vez se ha habilitado los guardamotores de las bombas están ya no se visualizan de color rojo, han cambiado a color gris indicando que están listas para ser prendidas.

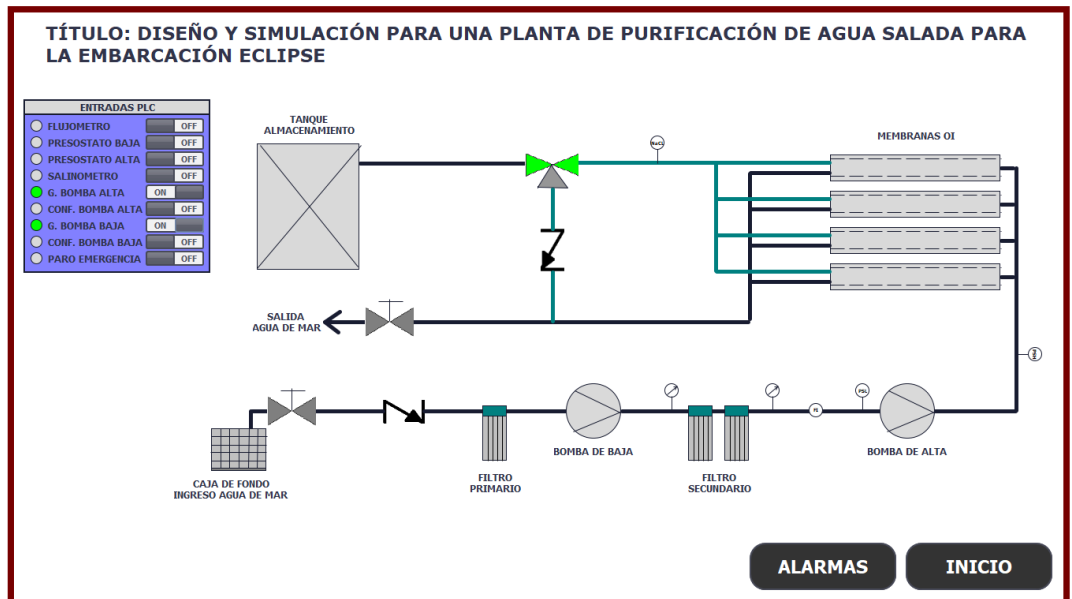


Figura 38 Runtime – Proceso Listo para Iniciar

Fuente: Autor

Para dar inicio a la bomba de baja se pulsa sobre la bomba y se mostrará uno comandos que permitir encender y apagar la bomba.

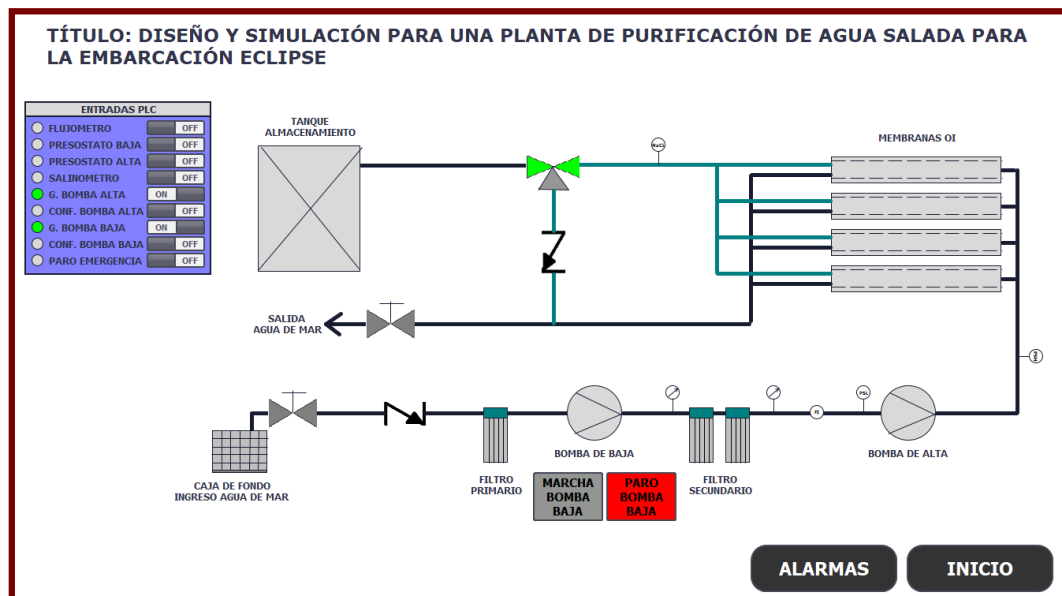


Figura 39 Runtime – Comandos Bomba Booster (Baja)

Fuente: Autor

Al pulsar sobre el botón Marcha la bomba se enciende y cambia de gris a verde indicando que está encendida.

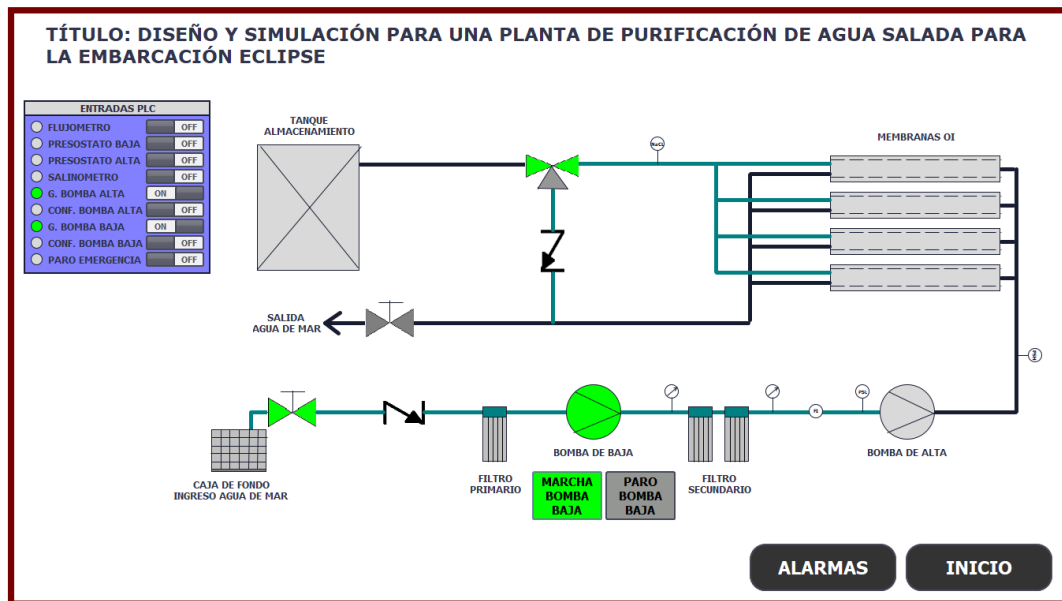


Figura 40 Runtime – Bomba Booster (Baja) Encendida

Fuente: Autor

Una vez se enciende llega la confirmación que se activó el contactor y espera 10 seg para que el flujómetro (FI) detecte producto y el presostato de baja (PSL) sense la presión seteadas. Estos sensores cambian de color blanco a verde indicando que se encuentran activados y permiten el paso a la siguiente fase del proceso.

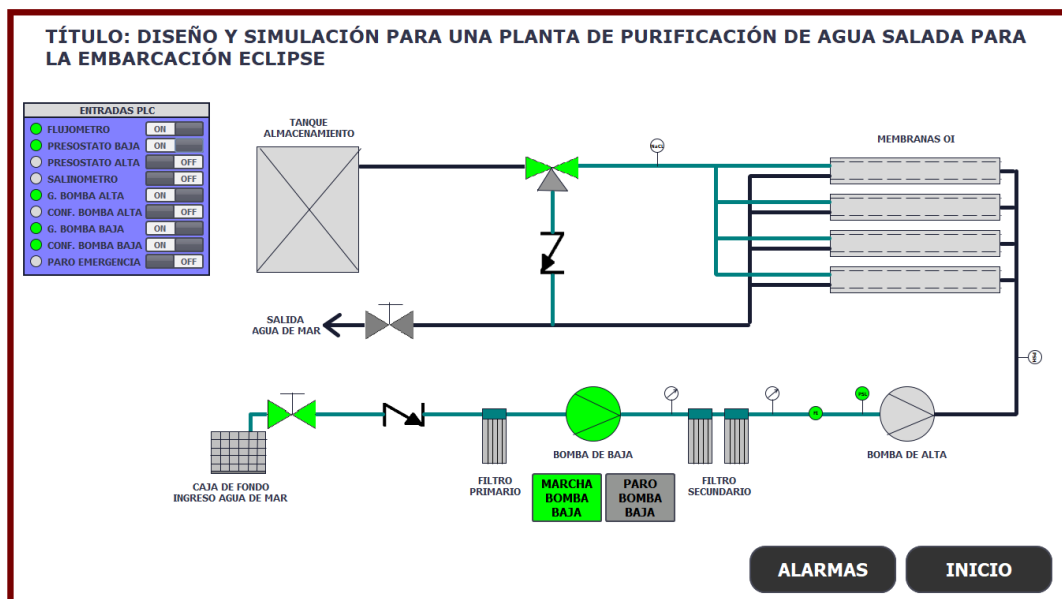


Figura 40 Runtime – Seguridades Activadas

Fuente: Autor

El siguiente paso es activar la bomba de alta para esto se deben haber cumplido las condiciones descritas anteriormente.

Se pulsa sobre la bomba, aparece el cuadro de control para poder comandar el elemento.

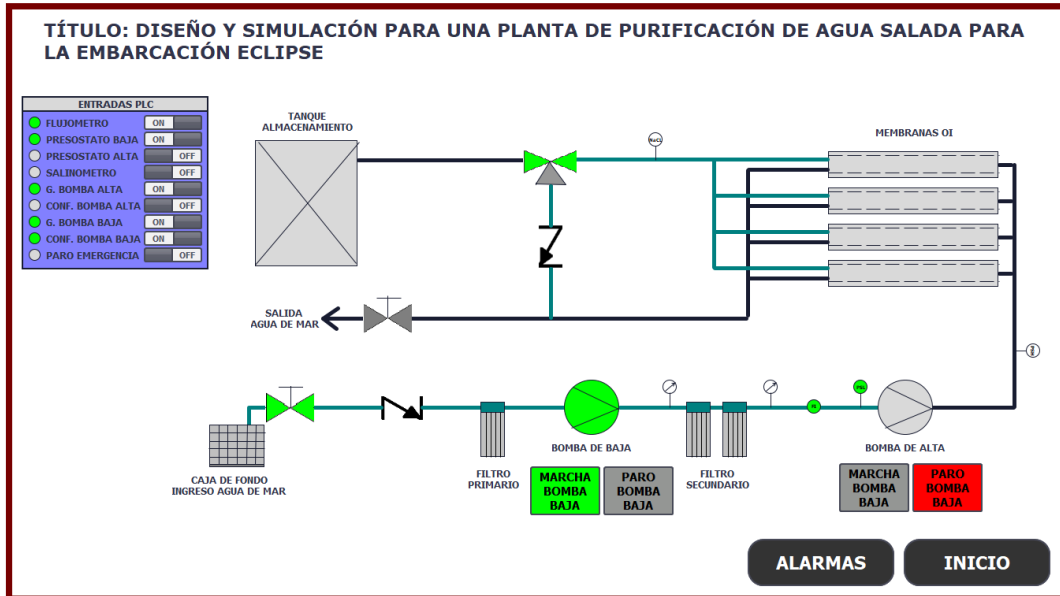


Figura 41 Runtime – Comandos Bomba de Alta

Fuente: Autor

Se activa la bomba pulsando el botón Marcha, cambiará de color gris a verde indicando que se encuentra activa.

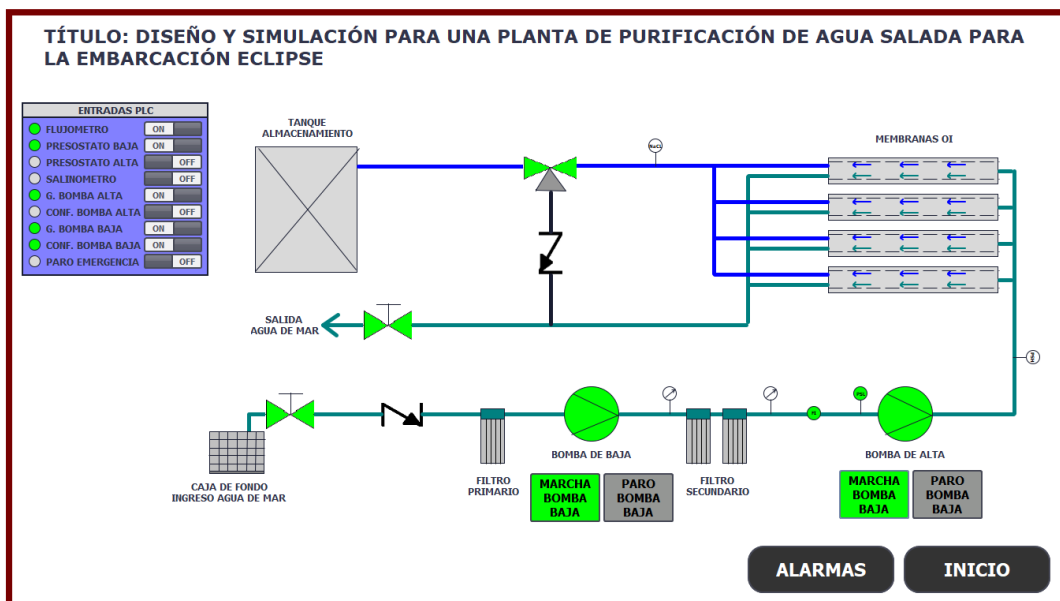


Figura 42 Runtime – Bomba de Alta Encendida

Fuente: Autor

Una vez se enciende llega la confirmación que se activó el contactor y espera 10 seg para que el presostato de alta (PSH) sense la presión seteadada. El sensor cambiará de color blanco a verde indicando que se encuentra activado.

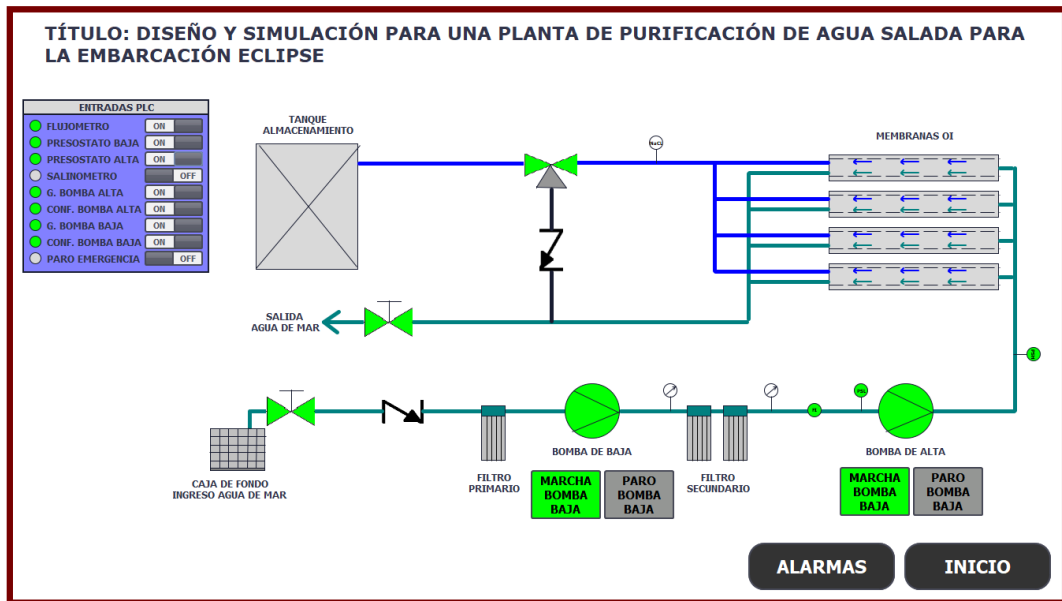


Figura 43 Runtime – Bomba de Alta Encendida con Seguridades

Fuente: Autor

Inmediatamente el agua pasará por las membranas OI las cuales permitirán el paso de agua desalinizada mediante la válvula de 3 vías hacia el tanque de almacenamiento. El agua salada residual que va quedando en las membranas es desviada por otra salida hacia el mar.

En la salida de agua dulce de las membranas se encuentra el sensor salinómetro (NaCL) este sensor va detectando las partes por millón de sal que tiene el agua, cuando detecta un valor superior al configurado se activa y desvía el agua mediante la válvula de 3 vías hacia la salida del mar.

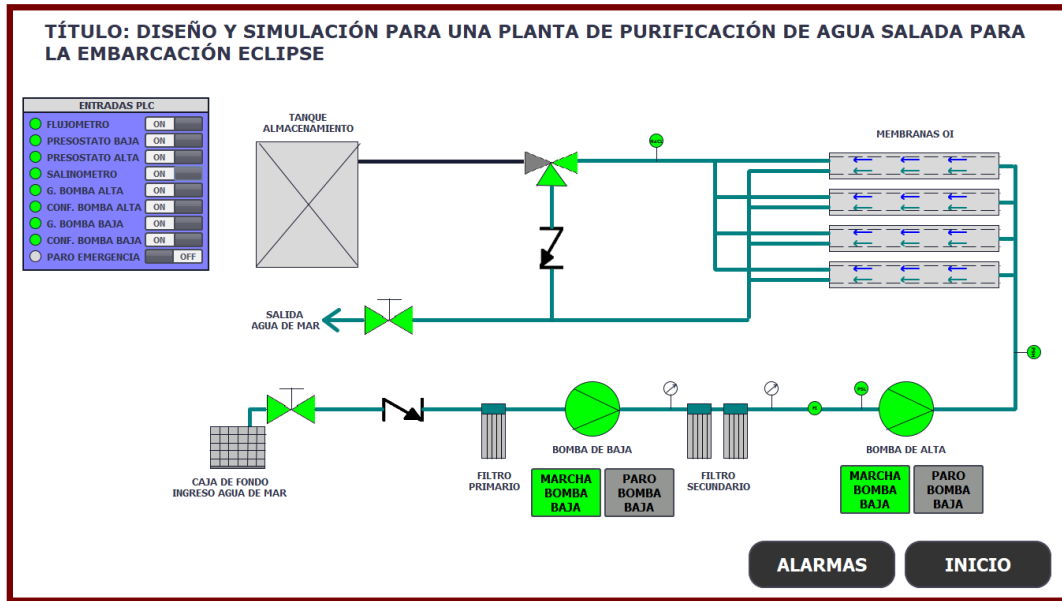


Figura 44 Runtime – Salinómetro Activado

Fuente: Autor

Una vez el salinómetro (NaCl) detecta que las partes por millón del agua se encuentran dentro del rango configurado cambia el status de la válvula desviando el agua hacia el tanque de almacenamiento.

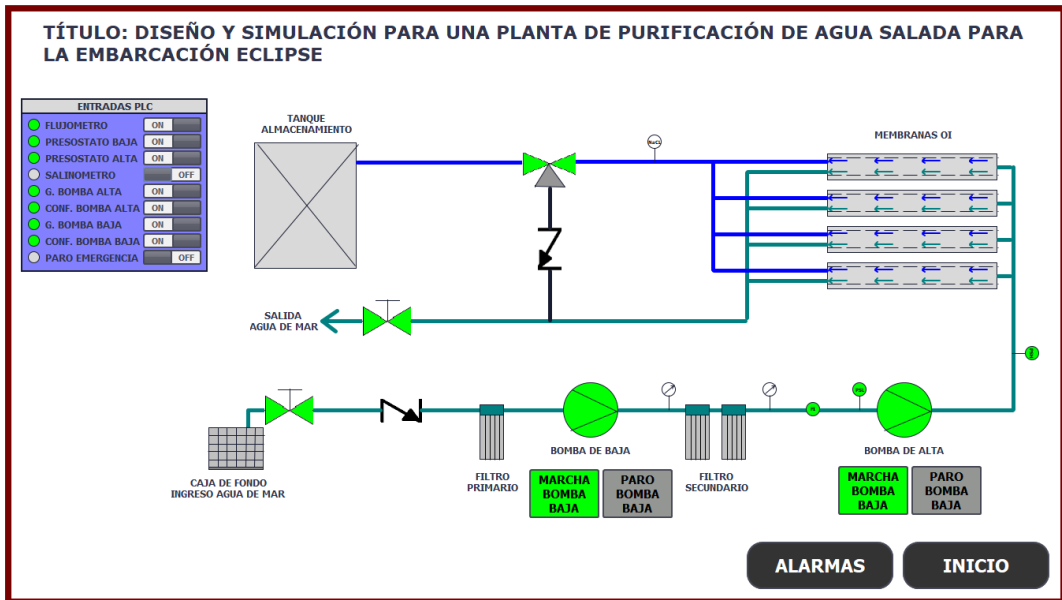


Figura 45 Runtime – Salinómetro Desactivado

Fuente: Autor

Este proceso se realizará durante las horas necesarias indicadas al operador, para apagar el sistema se debe apagar manualmente cada una de las bombas.

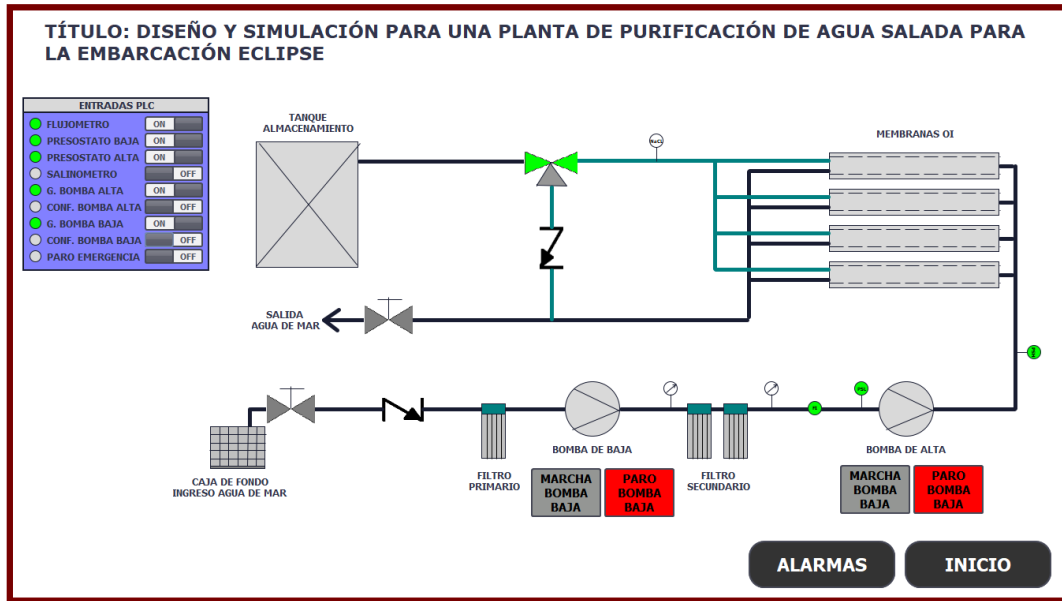


Figura 46 Runtime – Sistema Apagado

Fuente: Autor

Para visualizar las alarmas presentes en el sistema se debe pulsar en el botón **ALARMAS** para direccionar hacia esa pantalla.

Se podrán observar las alarmas presentadas durante la operación.

TÍTULO: DISEÑO Y SIMULACIÓN PARA UNA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE AGUA SALADA PARA LA EMBARCACIÓN ECLIPSE

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto	Acusar grupo
4	14:56:48	13/08/2022	ES	Salinometro Activado: Agua desviada a salida de mar.	0
7	14:25:46	13/08/2022	E	Revisar Guardamotor de Bomba de Baja	0
6	14:25:46	13/08/2022	E	Revisar Guardamotor de Bomba de Alta	0

REGRESAR

Figura 47 Runtime – Alarmas

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

El proyecto de titulación se ha podido desarrollar con éxito, aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera. Fue de gran apoyo realizar el listado de entradas y salidas ya que permitió tener en claro los elementos que formarían parte del proceso de desalinización y se pudo elaborar los planos eléctricos los cuales nos permiten dimensionar los equipos de control y fuerza que necesita el sistema al momento de su implementación.

Para el desarrollo de la simulación se diseñó el software del PLC en lenguaje Ladder, el mismo que se encuentra con comentarios y con etiquetas relacionadas a los planos eléctricos para que sirvan de guía.

Al desarrollar la aplicación del HMI se les brinda la facilidad a los operadores de ver en tiempo real lo que está sucediendo en su proceso, visualizando status de los equipos, secuencias de encendido, histórico de alarmas.

Durante la simulación del proceso se evidenció que el software cumple con las condiciones de encendido de cada elemento, y en caso de presentar una alarma los equipos apagan de forma inmediata para evitar una presurización en el sistema y posibles daños a los equipos.

Con las mejoras propuestas para el sistema de desalinización en la embarcación Eclipse se lograría cumplir con la necesidad de suministrar agua de forma continua durante sus recorridos y contarían con un sistema automatizado el cual le brinda la facilidad de mejorar sus procesos resolviendo e identificando eventos durante la operación.

RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones generales para el sistema propuesto a la embarcación Eclipse se detallan las siguientes:

- Capacitar al personal técnico y operativo sobre el funcionamiento del sistema propuesto (Osmosis inversa), socializar la información de planos eléctricos, diagrama de flujo (P&ID) para que les permita tener conocimiento de los equipos en caso de presentarse alguna anomalía y el tiempo de parada del sistema sea mínimo.
- Colocar el tablero de fuerza y control en un lugar seguro donde no exista riesgo de humedad para evitar fallos en los elementos que se encuentran en funcionamiento.
- Realizar los chequeos diarios a los instrumentos de medición para evitar falsas lecturas y posibles eventos inusuales en la operación del sistema.
- Incluir las bombas del sistema al mantenimiento predictivo de la embarcación, en donde se realizar los cambios de rodamientos, revisión de desgastes en las piezas, limpieza general.
- Tener backup de las bombas para poder reemplazarlas en caso de que exista un daño y evitar parar la operación del sistema.
- Se recomienda en una segunda fase del proyecto, implementar sensores de lectura continua en los tanques de almacenamiento para llevar un control del agua almacenada y de esta forma mejorar el trabajo automático del sistema.

REFERENCIAS

- Asociación española de desalación y reutilización. (2020). *Tipo de configuración y módulos de membranas*. Aedyr. <https://aedyr.com/tipo-configuracion-modulos-membranas/>
- Bollfilter. (2022). *Planta de ósmosis inversa*.
<https://www.bollfilter.com/es/aplicaciones/filtracion-de-tratamiento-de-agua/planta-de-osmosis-inversa>
- Carbotecnia. (2022). *¿Qué es y cómo funciona la ósmosis inversa?*
Carbotecnia. <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/osmosis-inversa/que-es-la-osmosis-inversa-purificador/>
- Curto, D., Franzitta, V., & Guercio, A. (2021). A Review of the Water Desalination Technologies. *Applied Sciences*, 11(2), 670.
<https://doi.org/10.3390/app11020670>
- Dévora-Isiordia, G. E., González Enríquez, R., & Ponce Fernández, N. E. (2012). Técnicas para desalinizar agua de mar y su desarrollo en México. *Ra Ximhai*, 57-70.
<https://doi.org/10.35197/rx.08.02.e.2012.05.gd>
- Dévora-Isiordia, G. E., González-Enríquez, R., & Ruiz-Cruz, S. (2013). Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 4(3), 27-46.
- Domínguez Danache, R. (2022). *La presión y los manómetros*. 2.

Fariñas Iglesias, M. (1999). *Osmosis inversa: Fundamentos, tecnología y aplicaciones*. MacGraw-Hill.

Grueso-Domínguez, M., Castro-Jiménez, C., Correa-Ochoa, M., Saldamaga-Molina, J., Grueso-Domínguez, M., Castro-Jiménez, C., Correa-Ochoa, M., & Saldamaga-Molina, J. (2019). Desalinización mediante tecnologías de membrana como alternativa frente al problema de escasez de agua dulce. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35), 69-89. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n35a5>

Hannifin, P. (2010). *Fresh water from onboard systems*. Filtration and Separation. <https://www.filtsep.com/content/features/fresh-water-from-onboard-systems/>

Library. (2006). *Configuración de módulos filtración por membranas*. <https://1library.co/article/configuraci%C3%B3n-de-m%C3%B3dulos-filtraci%C3%B3n-por-membranas.qvj8p5gq>

López Martín, M. J. (2015). *Diseño de planta de tratamiento de agua potable por ósmosis inversa para un buque de pasaje*.

Ministerio de Sanidad y Política Social. (2009). *Guía de Desalación: Aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano* (p. 206).

https://www.sanidad.gob.es/en/profesionales/saludPublica/docs/Guia_desalacion.pdf

Monsalve Tapia, R. M. (2018). *Análisis de la calidad de agua de mar y su relación con la infraestructura asociada a la actividad minera en la*

región de Antofagasta, entre los años 1990-2015.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151966/analisis-de-la-calidad-de-agua-de-mar.pdf?sequence=1>

Moreno, O. B. (2004). *La desalinización del agua*. 95.

Organización Meteorologica mundial & UNESCO. (1997). *¿Hay suficiente agua en el mundo?* Organización Meteorológica Mundial.

Organización Mundial de la Salud. (2022). *Agua para consumo humano*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Ros Romero, A. (2011). *Sistemas de evaporación o destilación*.
<http://www.mailxmail.com/curso-agua-desalacion-1-4/sistemas-evaporacion-destilacion>

Saguapac. (2016). *¿Qué es el Agua Potable? Definición y Características | SAGUAPAC - Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*.
<https://www.saguapac.com.bo/como-se-define-el-agua-potable/>

Shirzad Kebria, M. R., & Rahimpour, A. (2020). *Membrane Distillation: Basics, Advances, and Applications*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86952>

Siemens. (2020). *Hoja de datos*.

https://drive.google.com/file/d/16Vvt_rCF7GGftMaZ7GYsmCWQsOv0z1t4/view?usp=sharing&usp=embed_facebook

Synder Filtration. (2014). *Plate and Frame Membranes*.
<https://synderfiltration.com/learning-center/articles/module-configurations-process/plate-and-frame-membranes/>

Takabatake, H., Taniguchi, M., & Kurihara, M. (2021). Advanced Technologies for Stabilization and High Performance of Seawater RO Membrane Desalination Plants. *Membranes*, 11, 138.

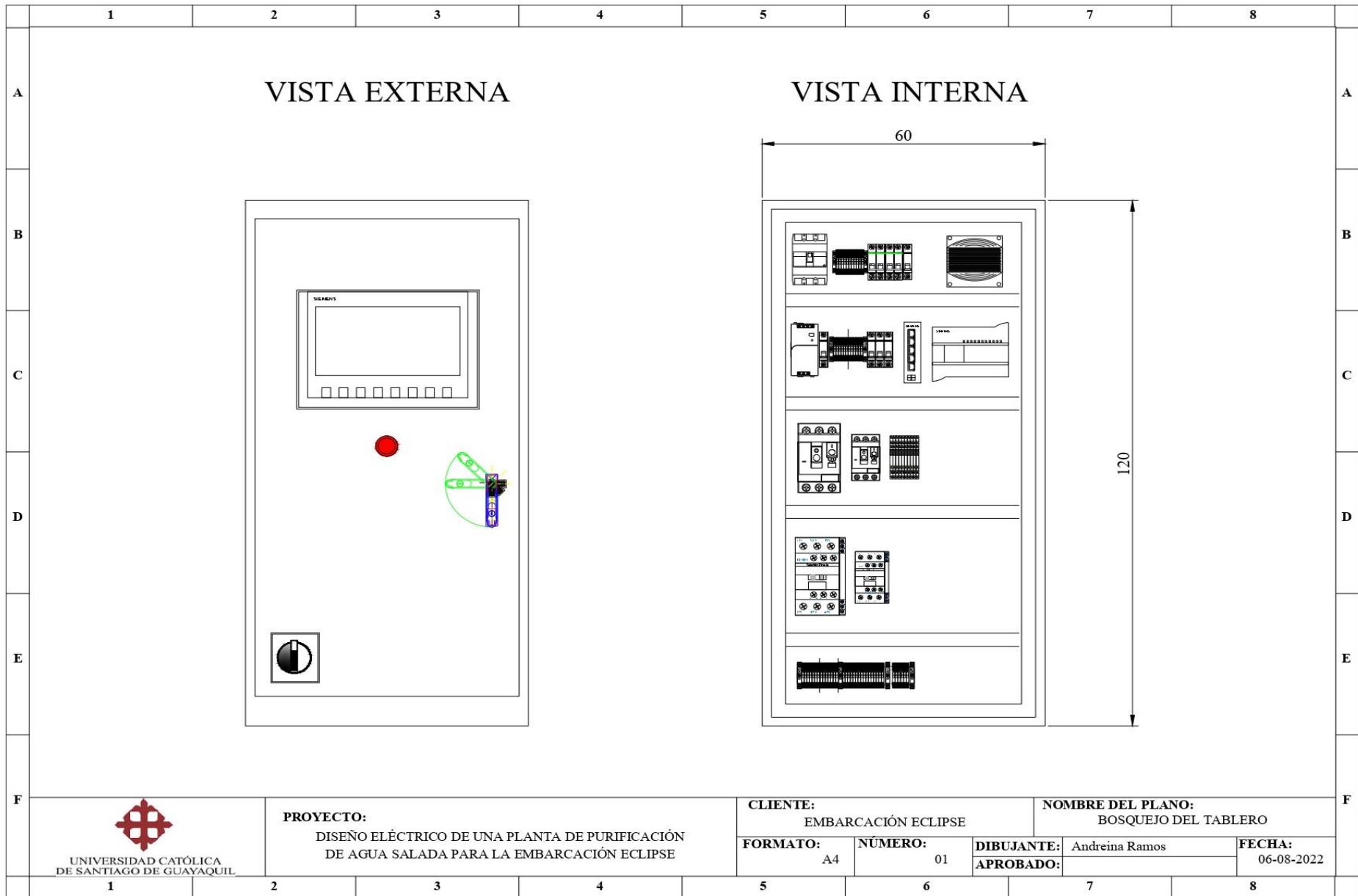
<https://doi.org/10.3390/membranes11020138>

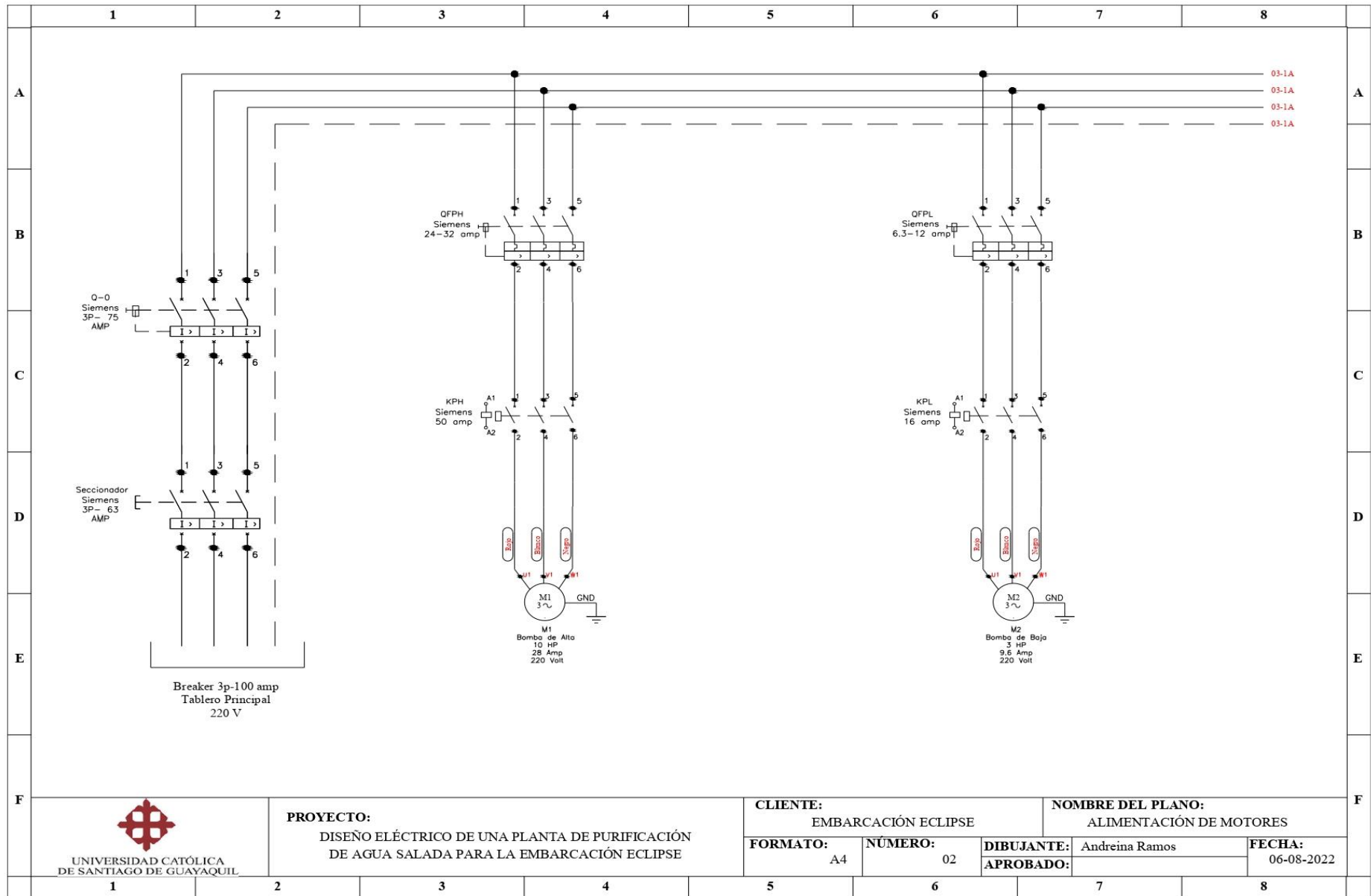
Valero, A., Uche, J., & Serra, L. (2001). *La desalación como alternativa al PHN* (p. 108). <https://www.uv.es/choliz/Desalacion.pdf>

Water Technologies & Solutions. (2022). *Membrana de fibra-huecas*. <https://www.watertechnologies.mx/products/zeeweed-ultrafiltration>

ANEXOS

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL									
DISEÑO ELÉCTRICO DE UNA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE AGUA SALADA PARA LA EMBARCACIÓN ECLIPSE						Elaborado por:		Revisión: 0	
						A. RAMOS		Fecha: 7-ago-22	
LISTADO DE CONEXIÓN Y PROGRAMACIÓN DE EQUIPOS									
ITEM	EQUIPO	TAG	MÓDULO	TIPO DE SEÑAL		ENTRADA / SALIDA		ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIONES
				DIGITAL	ANÁLOGA	IN	OUT		
1	Flujometro	FI	0	x		0.0		24 VDC	CPU 1214
2	Presostato de Baja	PSL	0	x		0.1		24 VDC	CPU 1214
3	Presostato de Alta	PSH	0	x		0.2		24 VDC	CPU 1214
4	Salinometro	NaCL	0	x		0.3		24 VDC	CPU 1214
5	Guardamotor de Bomba de Alta	QFPH	0	x		0.4		24 VDC	CPU 1214
6	Confirmación de Contactor de Bomba de Alta	KAPH	0	x		0.5		24 VDC	CPU 1214
7	Contactor de Bomba de Alta	KMPH	0	x			0.0	24 VDC	CPU 1214
8	Guardamotor de Bomba de Baja	QFPL	0	x		0.6		24 VDC	CPU 1214
9	Confirmación de Contactor de Bomba de Baja	KAPL	0	x		0.7		24 VDC	CPU 1214
10	Contactor de Bomba de Baja	KMPL	0	x			0.1	24 VDC	CPU 1214
11	Válvula de 3 vías	VAB	0	x			0.2	24 VDC	CPU 1214
13	Paro de Emergencia	PE	0	x		1.0		24 VDC	CPU 1214
14	Alarma	Alarma	0	x			0.3	24 VDC	CPU 1214





PROYECTO:
DISEÑO ELÉCTRICO DE UNA PLANTA DE PURIFICACIÓN
DE AGUA SALADA PARA LA EMBARCACIÓN ECLIPSE

CLIENTE:
EMBARCACIÓN ECLIPSE

NOMBRE DEL PLANO:
ALIMENTACIÓN DE MOTORES

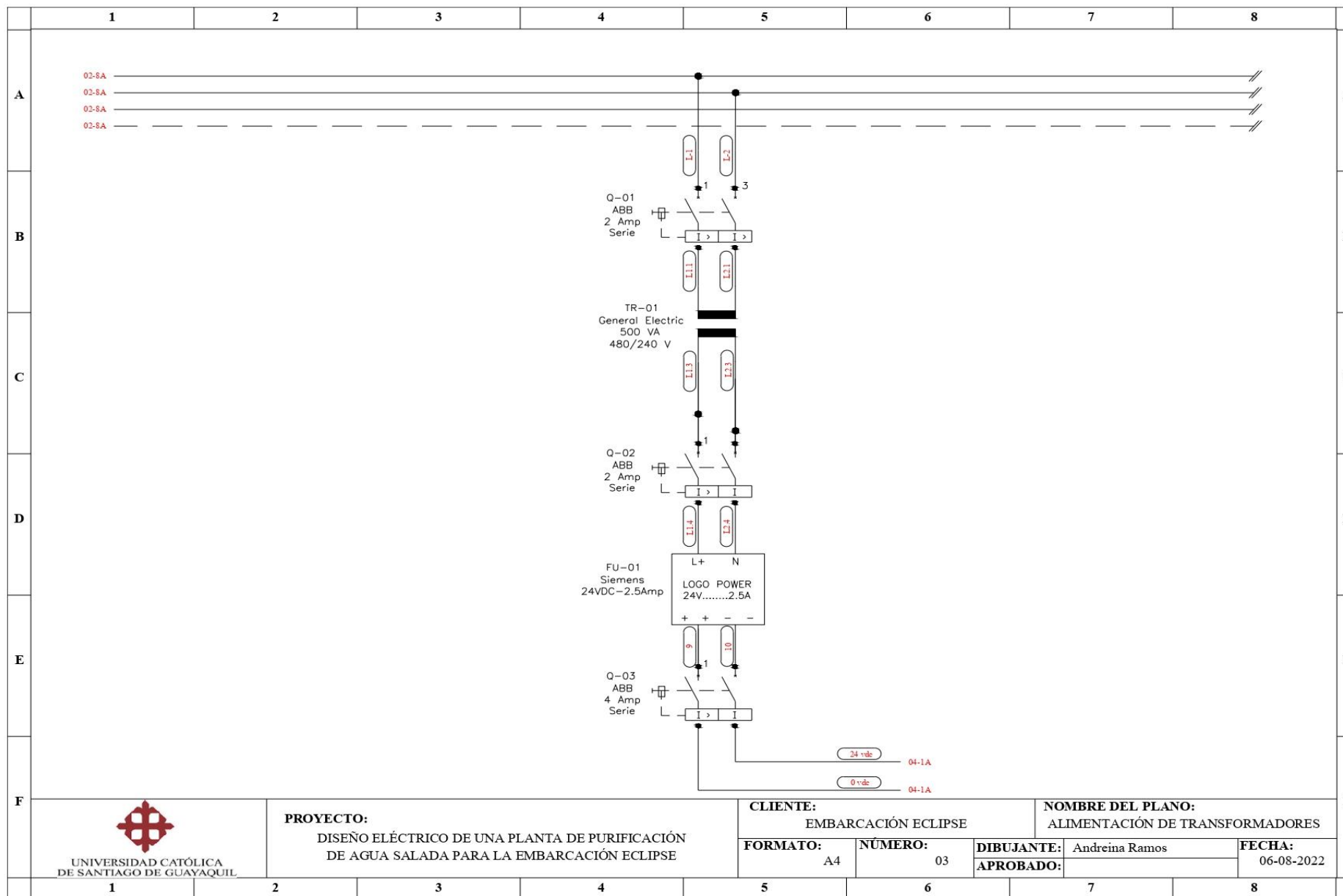
FORMATO:
A4

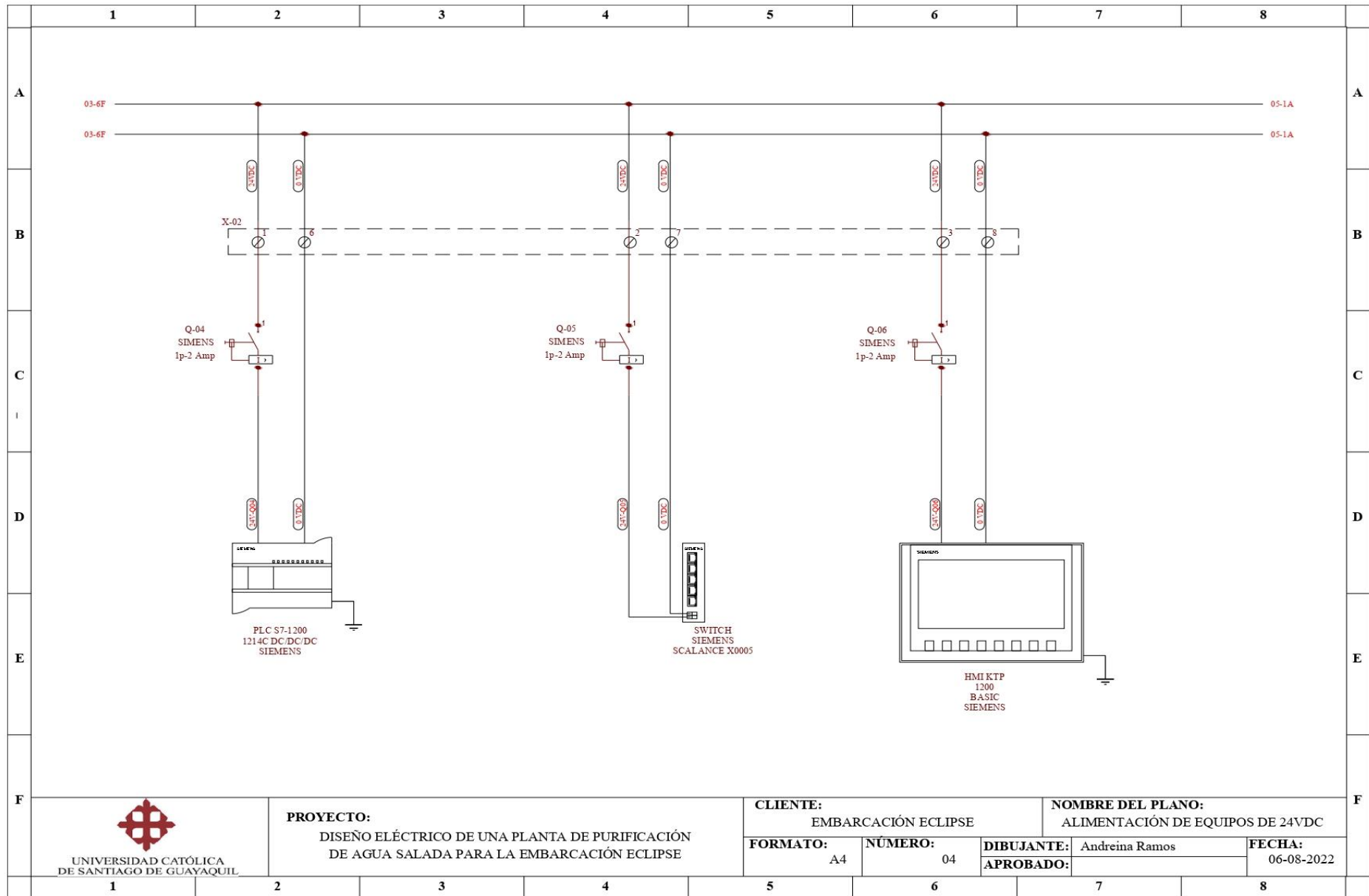
NÚMERO:
02

DIBUJANTE:
APROBADO:

Andreina Ramos

FECHA:
06-08-2022





PROYECTO:
DISEÑO ELÉCTRICO DE UNA PLANTA DE PURIFICACIÓN
DE AGUA SALADA PARA LA EMBARCACIÓN ECLIPSE

CLIENTE:
EMBARCACIÓN ECLIPSE

NOMBRE DEL PLANO:
ALIMENTACIÓN DE EQUIPOS DE 24VDC

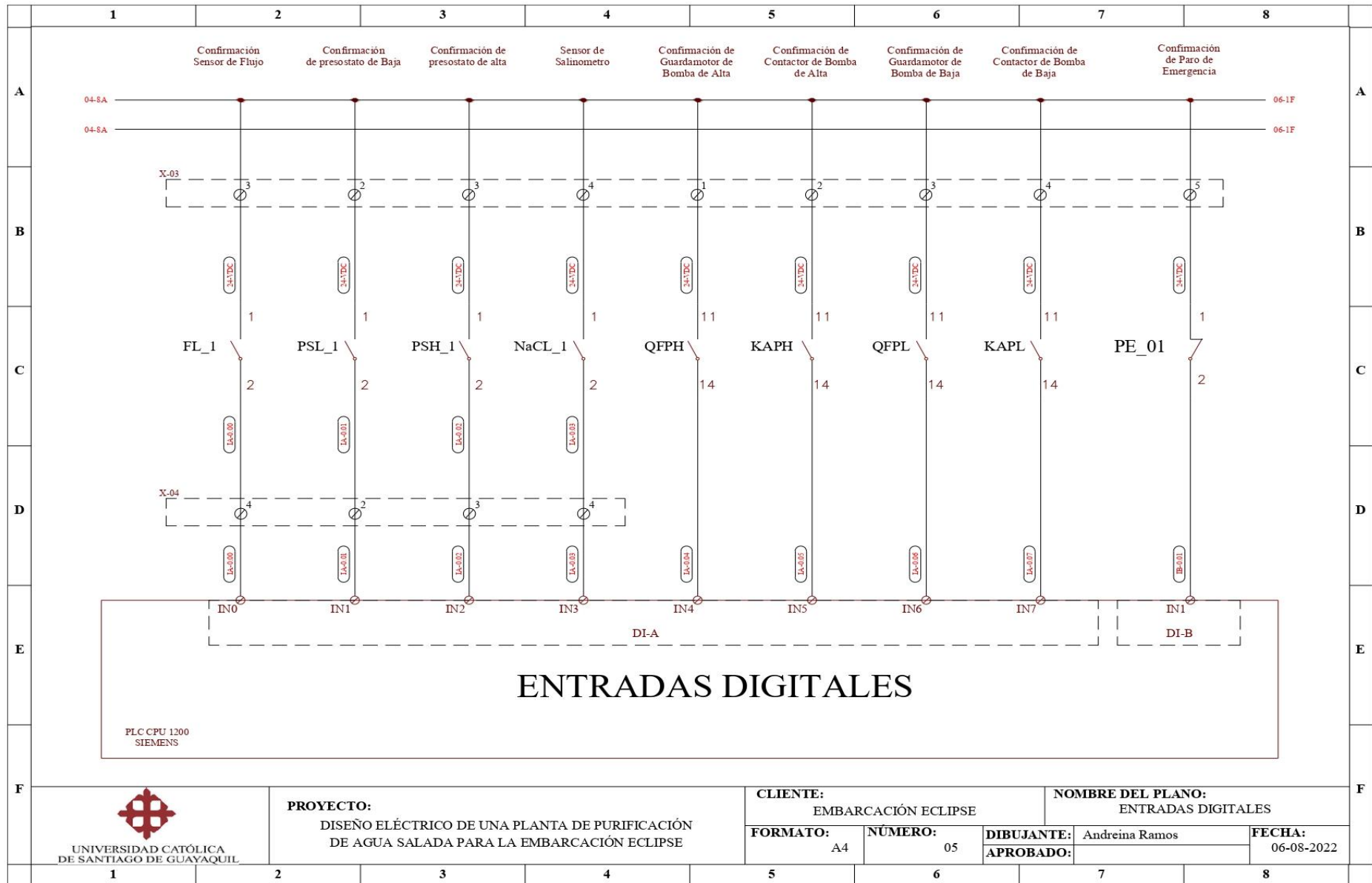
FORMATO:
A4

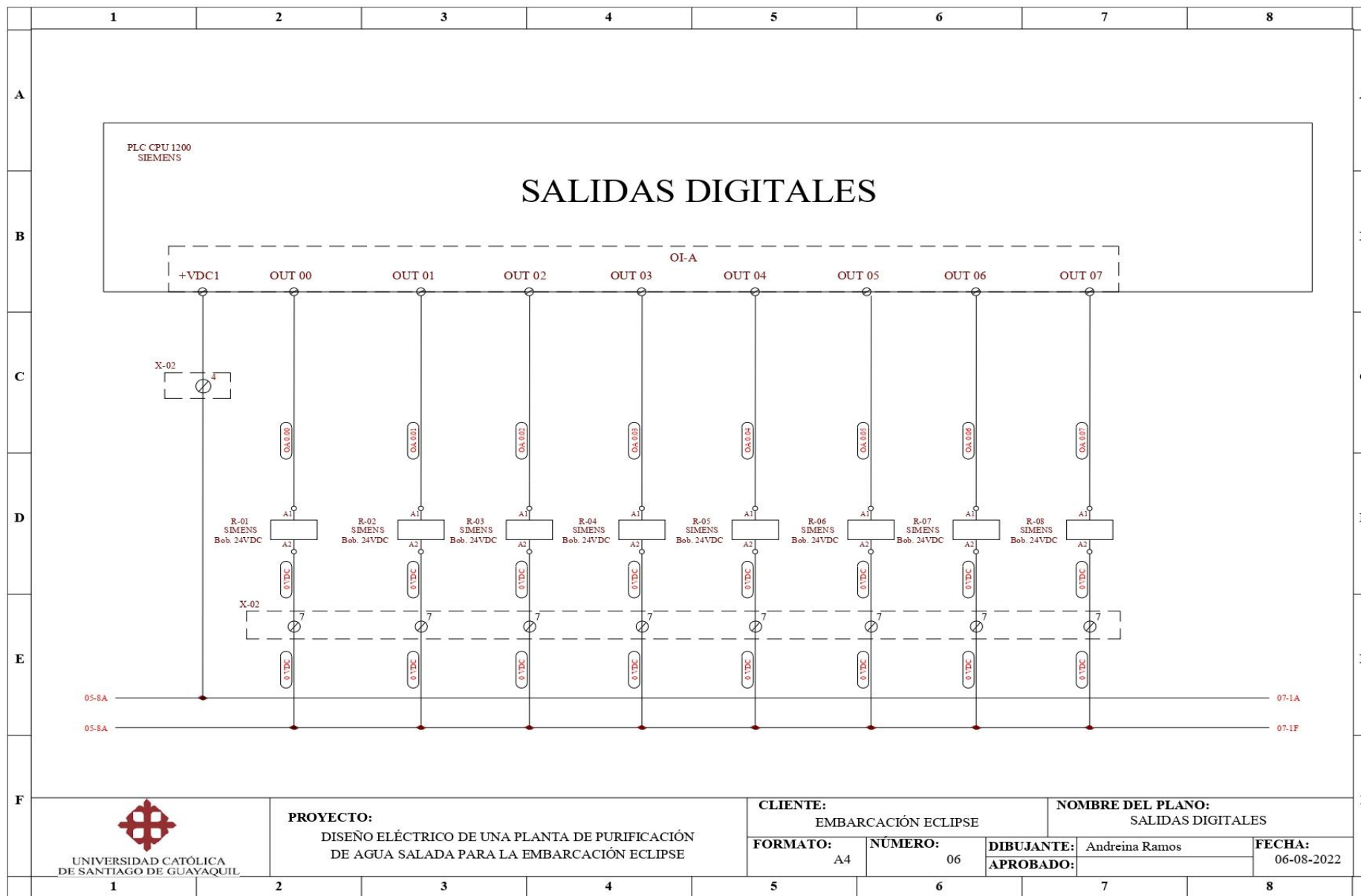
NÚMERO:
04

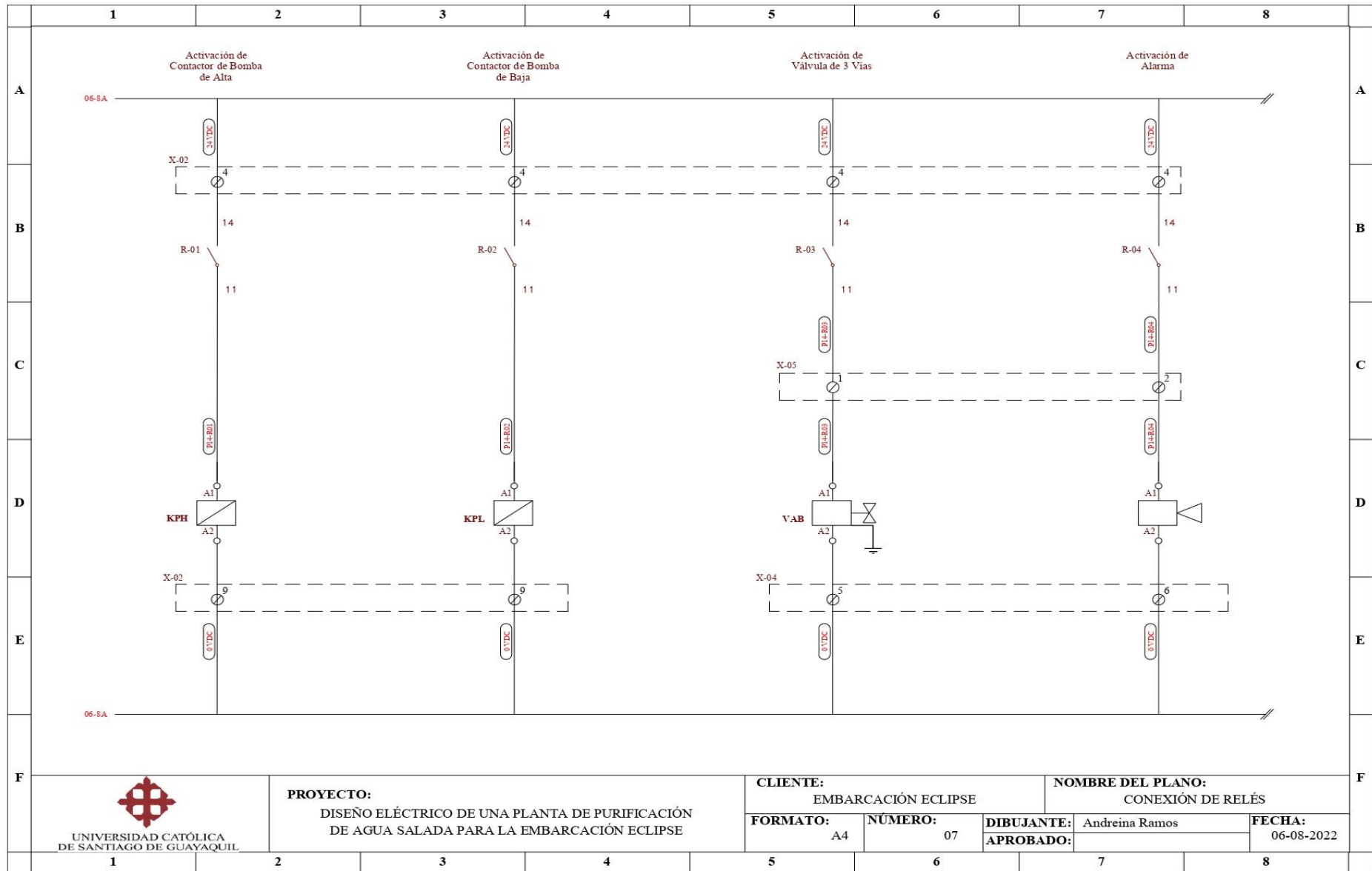
DIBUJANTE: Andreina Ramos

FECHA:
06-08-2022

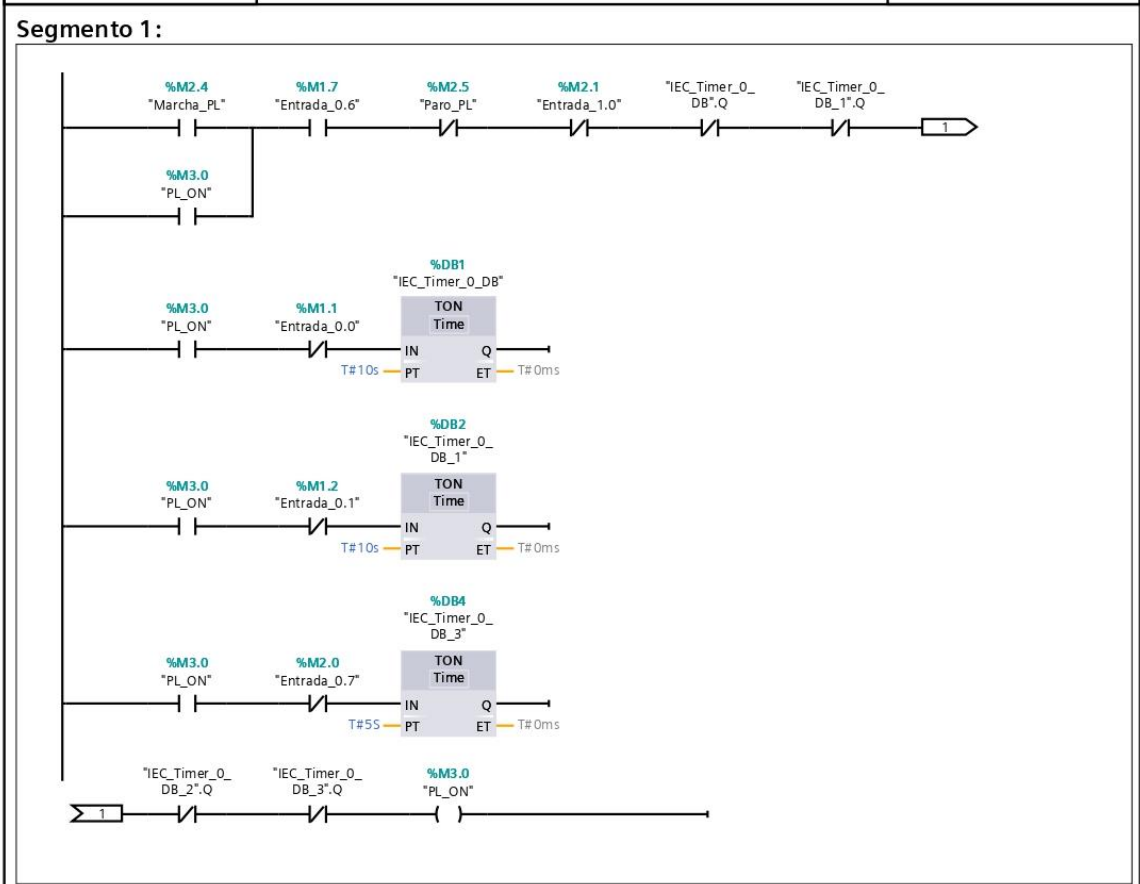
APROBADO:



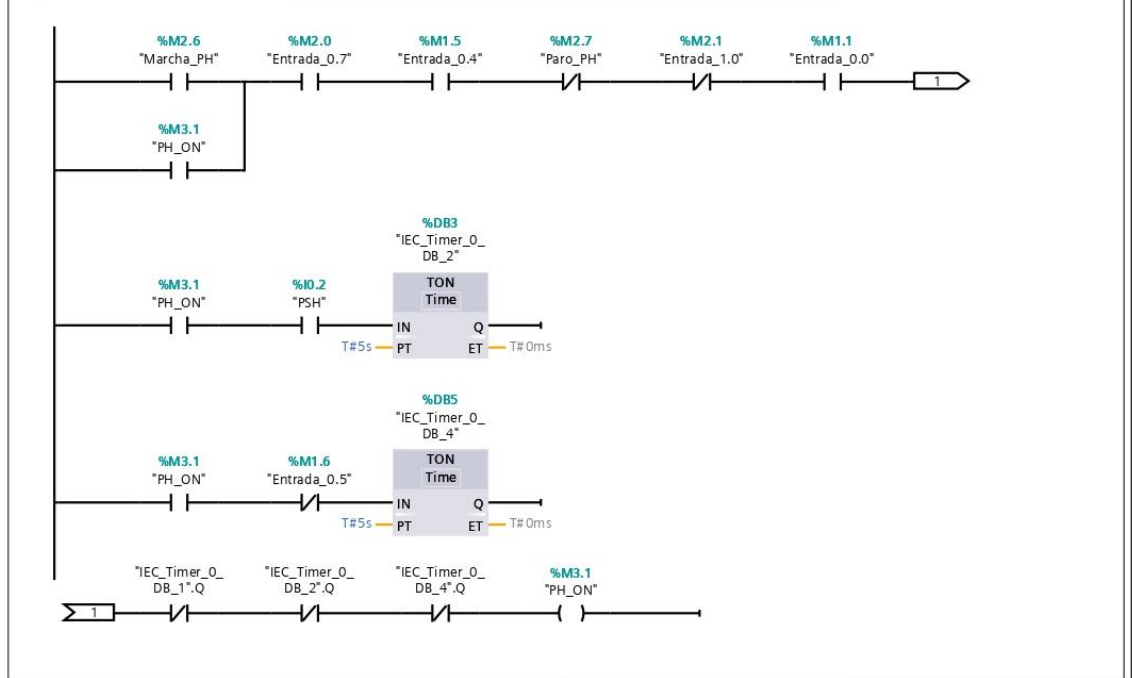




Totally Integrated Automation Portal			
<p>Tesis_AndreinaRamos / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa</p> <p>Proceso [FC2]</p>			
Proceso Propiedades			
General			
Nombre	Proceso	Número 2	Tipo FC
Idioma	KOP	Numeración Automático	
Información			
Título		Autor	Comentario
Familia		Versión 0.1	ID personalizado
Salidas			
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Proceso	Void		
Segmento 1:			



Segmento 2:

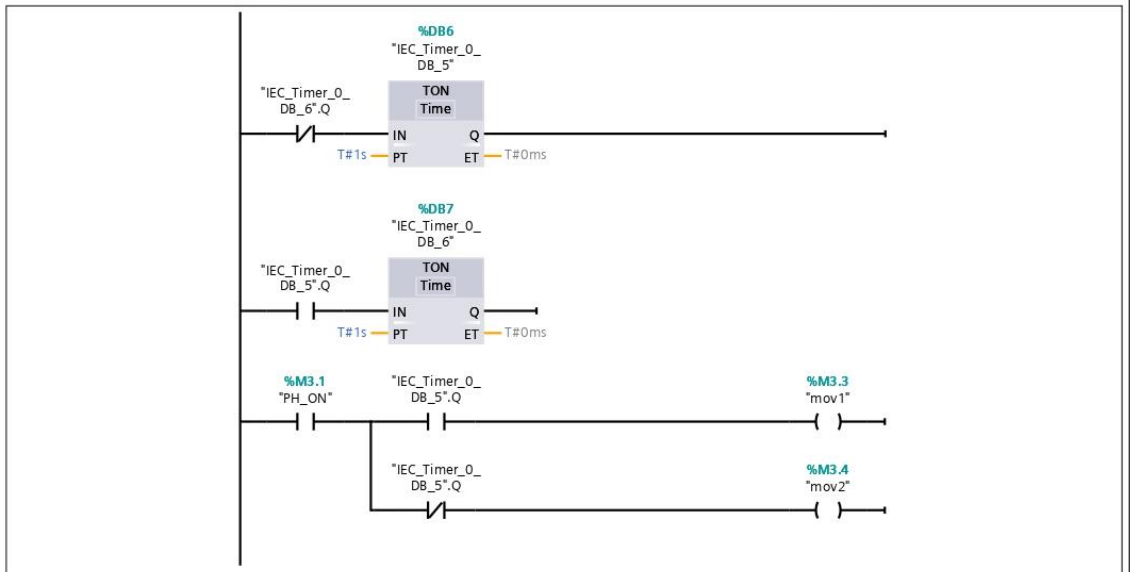


Segmento 3:

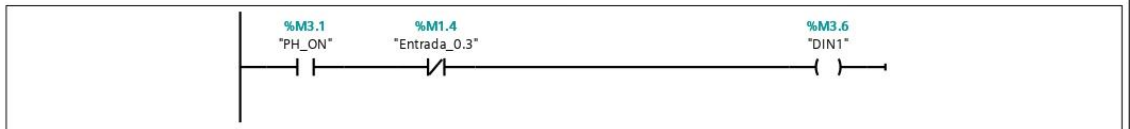


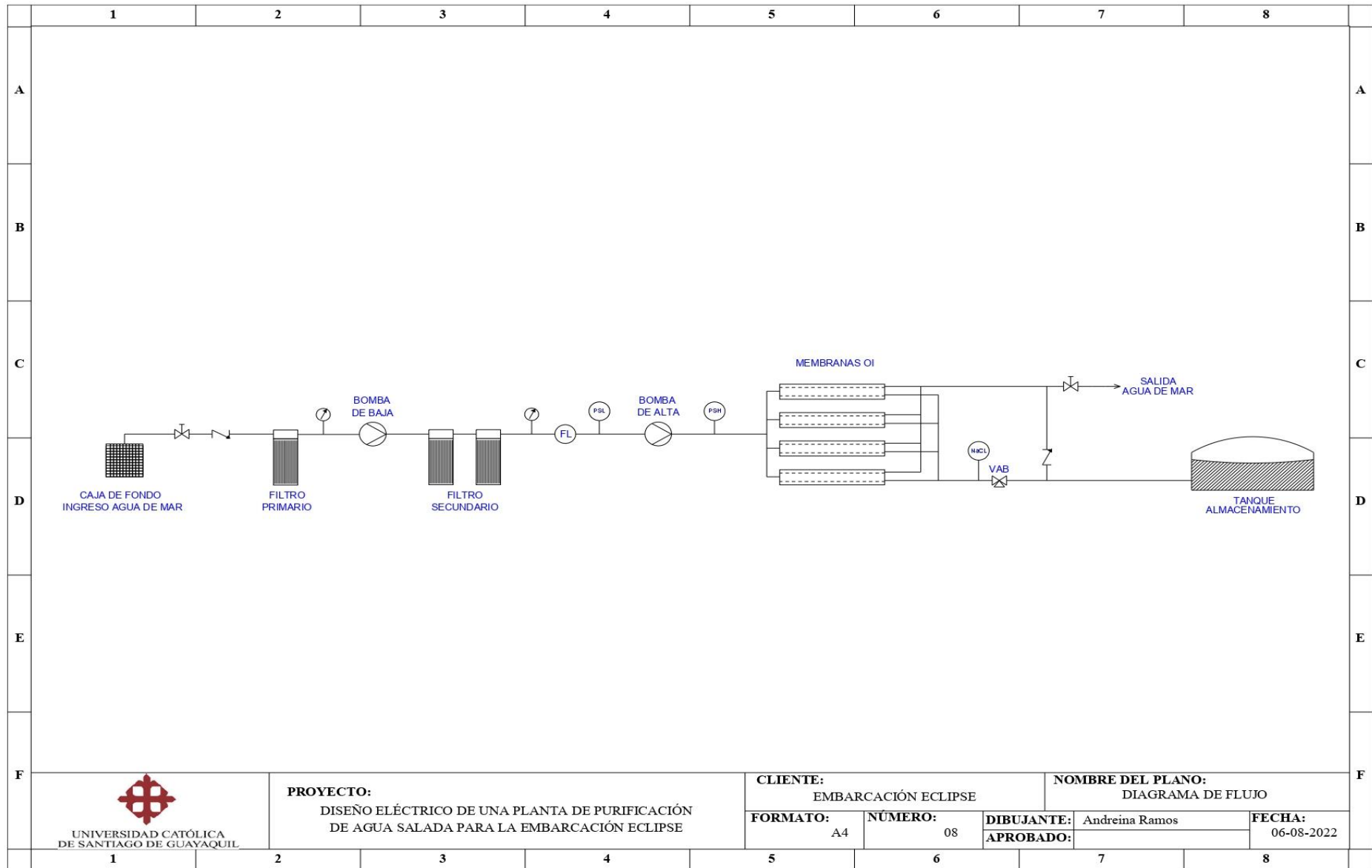
Segmento 4:





Segmento 5:







DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ramos Plúas Andreina Stefanía**, con C.C: #**0940573512** autora del trabajo de titulación: **Diseño y simulación para una planta de purificación de agua salada para la embarcación Eclipse**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Eléctrico Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 16 de septiembre de 2022

Ramos Plúas, Andreina Stefanía

C.C: **0940573512**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño y simulación para una planta de purificación de agua salada para la embarcación Eclipse.		
AUTOR(ES)	Ramos Plúas, Andreina Stefanía		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Palau de la Rosa, Luis Ezequiel		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera en Eléctrico Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de septiembre de 2022	No. DE PÁGINAS:	79
ÁREAS TEMÁTICAS:	Diseño eléctrico, Tratamiento del agua		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Osmosis inversa, Desalinizadora, Evaporación, Simulación, Automático, Purificadora		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente proyecto de titulación proporciona el diseño y simulación para la implementación de una planta purificadora de agua salada a agua dulce en la embarcación Eclipse. A partir del estudio realizado se detalla los diferentes equipos con los que se puede obtener una purificación de agua tales como, osmosis inversa, evaporación y desalinizadora en los cuales cada uno tiene sus beneficios y costos diferentes. Entre los equipos adicionales que se podría utilizar para automatizar cualquiera de las plantas, sería, un tablero de control y fuerza que permitirá ayudar al correcto funcionamiento ya que con sus elementos externos analógicos y digitales ayudan al monitoreo del proceso de desalinización y al visualizarlo permite ser más eficiente al poder controlar su funcionamiento. En base a esto se hará una simulación en forma manual y automática de cómo quedará operando la planta y los procesos por los que va pasando y determinar en qué momento cambia de estado el agua procesada de salada a dulce y ver a través de una pantalla HMI su funcionamiento.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 994333724	E-mail: andreina.ramos@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Velez Tacuri, Efrain Oliverio		
	Teléfono: +593 994084215		
	E-mail: efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			