



## **Universidad Latina de Costa Rica**

### **Licenciatura Ingeniería Mecánica con énfasis en Administración**

Trabajo final de graduación

Título

Implementación de un sistema purificador de agua para abastecer el área de Machine Shop

Autor: Ing. Dino Turco

Costa Rica, Heredia. 30 de abril de 2019

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Implementación de un sistema purificador de agua para abastecer el área de Machine Shop, por el estudiante: Dino José Turco Vianello fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Mecánica de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecánica:



Ing. Edwin Andrés Phillips Soto

**TUTOR**



Ing. Josué Torres Rojas

**LECTOR**



Ing. Fred Castillo Moya

**REPRESENTANTE DE RECTORÍA**

Heredia, 30 de abril de 2019

Señores  
Universidad Latina (campus Heredia)

Atención  
Departamento de Registro

Por medio del presente deseo hacer constar que, en mi calidad de Tutor, apruebo el presente documento de la Tesis titulada "Implementación de un sistema purificador de agua para abastecer el área de Machine Shop", elaborada por el estudiante Dino José Turco Vianello, cedula de identidad 186200439200.

Este trabajo fue realizado con el fin de optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Mecánica de la Universidad Latina de Costa Rica; y certifico que he revisado el documento de graduación y este cumple con todos los requisitos de forma y fondo que se solicita para esta modalidad por lo cual se le autoriza para ser presentado y defendido públicamente ante el Tribunal Académico de la Universidad, después de que sea revisado por el Lector y aprobado por el profesional en Filología.

Sin otro particular

Ing. Edwin Andrés Phillips Soto  
Tutor



Heredia, 30 de abril de 2019


Señores  
Universidad Latina (campus Heredia)

Atención  
Departamento de Registro

Por medio del presente deseo hacer constar que, en mi calidad de Lector, apruebo el presente documento de la Tesis titulada "Implementación de un sistema purificador de agua para abastecer el área de Machine Shop", elaborada por el estudiante Dino José Turco Vianello, cedula de identidad 186200439200.

Este trabajo fue realizado con el fin de optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Mecánica de la Universidad Latina de Costa Rica; y certifico que he revisado el documento de graduación y este cumple con todos los requisitos de forma y fondo que se solicita para esta modalidad por lo cual se le autoriza para ser presentado y defendido públicamente ante el Tribunal Académico de la Universidad, después de que sea revisado por el Tutor y aprobado por el profesional en Filología.

Sin otro particular



Ing. Josué Torres Rojas  
Lector

11 de mayo del 2019, Heredia.

Señores  
Lectores  
Presente

Estimados:

En carácter de filóloga yo, G. Karina Montero Fernández con cédula 1-1367-0502, integrante de la Asociación Costarricense de Filólogos con carné número 0109, encargada de la revisión del proyecto presentado por Dino Turco y cuyo trabajo se tituló: "Implementación de un sistema purificador de agua para abastecer el área de Machine Shop"; certifico que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designó.

Hago constar que se hicieron las correcciones pertinentes, las verificaciones morfológicas, sintácticas, de coherencia, cohesión, puntuación y de ortografía sin encontrar plagio en la investigación.



---

G. Karina Montero Fernández

Ced. 1-1367-0502.

ACFL, carné 0109.



## “Carta Autorización del autor(es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016

**Instrucción:** Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

**Yo (Nosotros):**

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Dino Jose Turco Vianello

**De la Carrera / Programa:** Ingeniería Mecánica y Administración

**autor (es) del (de la) (Indique tipo de trabajo):** Trabajo Final de Graduación de Licenciatura  
**titulado:**

Implementación de un sistema purificador de agua para abastecer el área de Machine Shop

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página web institucional, así como medios electrónicos en general, internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos dentro o fuera de la Red Laureate, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de esta.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) 03 del mes Mayo del año 2019 a las 5:00 . Asimismo declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: que soy el autor(a) del presente trabajo final de graduación, que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a) y de la veracidad de los datos incluidos en el documento. Eximo a la Universidad Latina; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo, de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjurio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores Según orden de mención al inicio de ésta carta:

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la empresa Smith & Nephew y a mi jefe por la oportunidad de liderar e instalar el primer sistema purificador de agua en la empresa, gracias a este proyecto he aprendido mucho, desde lidiar con contratistas y estar supervisando todo trabajo tomando decisiones repentinas, hasta la puesta en marcha de un sistema desconocido y poder aprender suficiente hasta lograr resolver los problemas que surgen.

También agradezco a mi familia por apoyarme incondicionalmente y darme los buenos consejos para siempre tenerme en el camino correcto.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico primeramente a mi mamá, porque ella fue las que desde un inicio me dio las bases y los consejos más apropiados. Este esfuerzo mío para cumplir y terminar este proyecto es para ella y también en especial para mi tía Renata, ya que ella fue la más interesada, la que molesto por varios años y la que aún no sabe que estoy por acabar esta etapa de la universidad, Licenciatura de Ing. Mecánica.



## INTRODUCCION

En este proyecto se implementará un sistema purificador de agua en una empresa manufacturera de dispositivos médicos, Smith & Nephew, ya que para realizar ciertos procesos requiere agua tipo II o agua desionizada (agua pura). Esto se logrará mediante una membrana de Ósmosis inversa y una célula EDI (Electrodesionización) logra purificar de agua del tubo a una con cualidades mejoradas como la conductividad menor a 0.1  $\mu\text{S}/\text{ml}$ , TOC menor a 30 ppb y resistividad a 10  $\text{M}\Omega\text{-cm}$ . El sistema Protegra se instalará en el cuarto de máquinas y suplirá mediante un sistema de riego con cuatro puntos de uso al área de Machine Shop; sin embargo, por ser una industria médica se debe tener un protocolo de validación, el cual se explicará a medida que se avance en el trabajo. La implementación tiene un ahorro para la empresa de \$50,374 mil dólares anuales a partir del año y nueve meses desde la puesta en marcha, el sistema actual (inventario de galones) se eliminaría por completo.

# INDICE GENERAL

1.	PROBLEMA Y PROPÓSITO	14
1.1.	Síntoma	14
1.2.	Causa	14
1.3.	Pronóstico	15
1.4.	Control al pronóstico	15
1.5.	Formulación del problema	16
1.6.	Sistematización del problema	16
1.7.	Objetivo General	16
1.8.	Objetivos Específicos	16
1.9.	Estado actual de la investigación	17
2.	MARCO TEÓRICO	19
2.1.	Marco situacional	19
2.2.	Antecedentes Históricos de la empresa	19
2.3.	Visión de la empresa	19
2.4.	Ubicación espacial	19
2.5.	Organigrama	21
2.6.	Marco Conceptual o Marco Teórico del Objeto de Estudio	22
2.7.	Hipótesis	33
2.8.	Limitaciones	33
2.9.	Alcance	33
3.	DESARROLLO	35
3.4.1.	Especificación del Equipo	46
3.4.2.	Protocolo de Instalación	51
3.4.3.	Protocolo de Rendimiento	51
3.4.4.	Retorno de la Inversión	51
3.5.	Conclusiones	53
3.6.	Recomendaciones	54
4.	Referencias Bibliográficas	55
5.	ANEXOS	57

## INDICE FIGURAS

Ilustración 1 Ubicación aérea de la empresa.....	20
Ilustración 2 Imagen frontal de la empresa.....	20
Ilustración 3 Primera parte Organigrama.....	21
Ilustración 4 Segunda parte Organigrama.....	22
Ilustración 5 Estructura Molecular del Agua .....	24
Ilustración 6 Estados físicos del Agua .....	25
Ilustración 7 Explicación de Ósmosis Inversa .....	30
Ilustración 11 Vista general de la Red de Distribución .....	37
Ilustración 13 Diagrama de Entrada de la acometida al Panel.....	38
Ilustración 14 Sistema de Tierra .....	39
Ilustración 15 Diagrama del circuito de control .....	39
Ilustración 16 Circuito AC/DC .....	40
Ilustración 17 Circuito de PLC.....	40
Ilustración 18 Señales de entrada del PLC.....	41
Ilustración 19 Circuito de comunicación Red Ethernet .....	42
Ilustración 20 Borneras de Potencia.....	42
Ilustración 21 Bomba de agua residual .....	43
Ilustración 22 Alimentación de Equipos .....	43
Ilustración 23 Propuesta de distribución del sistema .....	44
Ilustración 24 Imagen final de distribución e instalación .....	45
Ilustración 25 Equipment Spec Hoja 1.....	47
Ilustración 26 Equipment Spec Hoja 2.....	48
Ilustración 27 Equipment Spec Hoja 3.....	49
Ilustración 28 Equipment Spec Hoja 4.....	50
Ilustración 29 Retorno de Inversión .....	53

## INDICE TABLAS

Calculo de ahorros .....	52
Calculo de gastos por Electricidad .....	52
Tabla de Comparacion .....	35

# **CAPITULO I**

# **1. PROBLEMA Y PROPÓSITO**

## **1.1. Síntoma**

Implementar un sistema purificador de agua debido a la necesidad de la empresa de tener en ella la calidad requerida para los procesos en el área de Machine Shop, ya que esta se mantiene con un inventario de galones, los cuales al estar almacenadas en contenedores plásticos pierden la calidad, por este motivo se quiere instalar un método que podrá suministrar el líquido directamente al proceso mediante una red de distribución desde el sistema purificador hasta el punto de uso, lo cual entregara la calidad de agua que requiere esta área.

El sistema generaría un ahorro a la empresa debido a que el agua de entrada al sistema sería la que llega a la empresa desde la zona franca, por lo tanto se eliminaría la compra de galones trimestralmente, y al mismo tiempo se vería una mejora en cuanto a la logística, almacén y el uso de los recursos de la empresa. Para ejemplificar un poco más, las personas encargadas de hacer el movimiento de estos galones se evitarían el desgaste físico y se podrían desempeñar en otra labor, la logística de llegada y almacenamiento de esta cantidad de galones se vería eliminada.

## **1.2. Causa**

En un inicio la empresa tenía un sistema de inventario para la compra de galones de agua desionizada para el área de Machine Shop, este era efectivo debido a la baja producción que tenía la empresa hace aproximadamente tres años atrás, sin embargo desde ese momento hasta hoy la compañía ha crecido, por lo tanto se compran más galones, esto genera tiempo de empleados almacenando los galones y desgaste de estas personas ya que cada galón tiene un peso de aproximadamente 3.5 kilogramos y hay que estarlos moviendo del área de Almacén hasta el área de Machine Shop, al mismo tiempo la calidad del agua dentro de sus envases plásticos es muy distinta del día que se llenó el galón al día que se va a utilizar, ya que pierde cualidades.

### **1.3. Pronóstico**

Debido al crecimiento que está teniendo la empresa en estos momentos, una de las áreas en donde existirían más problemas sería el área de Almacén, ya que tendrían que dedicar un espacio más grande al almacenamiento de estas tarimas llenas de galones de agua desionizada; en cuanto a los procesos que se realizan en Machine Shop, tendríamos problemas con la calidad de agua que se está utilizando y podría afectar directamente con el producto con el que tiene contacto, por lo tanto existiría alguno que se debería retrabajar o desechar. Hay que tener en cuenta que todos estos aspectos generan impacto monetario, es decir, al crecer la empresa y obtener más volumen de producción se requiere tener un inventario más grande que el anterior, más personal para el proceso de almacenamiento y más pérdidas en cuanto a productos terminados.

### **1.4. Control al pronóstico**

Para hacer un buen análisis o visión de esta necesidad de la empresa primero hay que saber la calidad de agua que requiere el área de Machine Shop para hacer sus procesos y la cantidad que utiliza, así como de los picos de producción, ya que esta información es esencial para hacer una buena selección del sistema a instalar, validarlo y que cumpla con los sistemas de calidad de la empresa.

Se tiene entonces que la calidad de agua que se necesita para los procesos de Machine Shop es agua tipo II, según la USP (Farmacopea de los Estados Unidos, sus siglas en inglés), una conductividad menor a  $0.10 \mu\text{S}/\text{m}$ , un TOC (total de Carbono Orgánico, sus siglas en inglés) menor a 30 ppb, una resistividad de 2 MOhm-cm y menos de 10 CFU/ml de bacterias (CFU= Colony Formin Unit).

Sabiendo que el área utiliza 3.014 galones por mes contando los picos de producción, se puede hacer una selección del equipo que se ajuste a las necesidades de la empresa, una vez elegido el equipo e instalado, al ser una empresa de industria médica, tiene que ser validado y documentado para demostrar que siempre va a entregar la calidad y cantidad que se necesita.

## **1.5. Formulación del problema**

Implementación de un sistema que purifique el agua. Este inicia el proceso mediante una membrana de Ósmosis inversa y luego el agua procesada pasa por una celda EDI (electro deionización); una vez instalada se le crearan unos protocolos de validación para verificar el funcionamiento y que sea capaz de entregar la calidad y cantidad de agua que requiere el área de Machine Shop. Por último se le diseñará una red de distribución con cuatro puntos de uso para mayor facilidad y acceso.

## **1.6. Sistematización del problema**

Se va a efectuar e instalar un sistema de purificación de agua para brindar facilidad y calidad a los trabajos que se realizan el área de Machine Shop, el procedimiento está diseñado para producir agua tipo II, para alcanzar las áreas a la cuales el agua va a ser suministrada se diseñara una red de distribución con cuatro puntos de uso para abastecer sitios estratégicos. Para todo el procedimiento se crearán unos protocolos que validen y demuestren que se encuentra en condiciones y capacidad para la producción de los dispositivos.

## **1.7. Objetivo General**

Implementación de un sistema de riego de agua desionizada para abastecer el área de Machine Shop y con ello eliminar la compra de galones de este líquido, todo esto mediante un procedimiento que utiliza el agua que llega a la empresa y la hace pasar por una serie de filtros y membranas que la purificarán y eliminarán sus iones, se diseñara una red de distribución para llevarla hasta donde se requiera.

## **1.8. Objetivos Específicos**

Investigar sobre las necesidades que tiene el área de Machine Shop, para realizar una buena selección del sistema que se va a instalar.

Instalar el sistema y realizar los planos y análisis de la red de distribución que va a abastecer el área de Machine Shop.

Crear los protocolos de validación del sistema que cumplan con la política de calidad de la empresa Smith and Nephew.



Presentar un análisis de los beneficios y ahorros que le generaría a la empresa la instalación y puesta en marcha del sistema de riego de agua desionizada.

### **1.9. Estado actual de la investigación**

Este proyecto está enfocado en la instalación e implementación de un sistema purificador de agua. Existen varios tipos de ella, la que necesita el área de Machine Shop es del tipo II debido al proceso en producción que la utiliza, por lo tanto para purificarla se requiere una membrana de Ósmosis Inversa, esta membrana se encarga de reducir el contenido de sal hasta un 98%, también filtra del agua las bacterias, virus, complejos de metales pesados y las moléculas orgánicas de peso molecular superior a 300 Dalton. Luego el agua purificada conocida como permeado va a una célula EDI (electrodesionización) que se encarga de separar los iones y los cationes del líquido, así una vez terminado este proceso pasa por una serie de lámparas UV que vuelven a eliminar bacterias si fuera el caso de que aún hubieran.

Un sistema purificador de agua es de interés para la empresa debido a la gran demanda de ella que tiene el área de Machine Shop, actualmente se abastece mediante galones, este sistema no es muy efectivo ya que se requiere personal para estar moviendo el inventario desde el área de Almacén hasta la de interés; en cuanto a calidad de agua, una vez almacenada en galones pierde ciertas cualidades por lo tanto, sería un interés monetario y de mayor productividad hacia la empresa.

Se diseñará una red de distribución que vaya desde el sistema que se va a ubicar en el cuarto de máquinas hacia el área de Machine Shop, el diseño tendrá cuatro puntos de uso, estos tendrán unas mangueras para facilitar verter agua en las lavadoras ultrasónicas. Gracias a la red de distribución y a los puntos de uso, el personal será más productivo ya que no tendría que alzar los galones cada vez que requiera agua.

## **CAPITULO II**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco situacional**

La empresa Smith & Nephew en Costa Rica ha tenido un crecimiento bastante grande en los últimos cuatro años, esto debido a que la corporación está tratando de concentrar la manufactura de sus productos en pocos lugares y así reducir costos; por lo tanto, los sistemas que se utilizaban antes se están viendo afectados por el aumento de producción, como por ejemplo la compra de galones de agua desionizada cada tres meses.

El proyecto tratará de implementar un sistema que purifique el agua directamente de la que llega a la empresa, será purificada mediante una serie de filtros, membranas y células desionizadoras. Este sistema tendrá una red de distribución a las áreas a las cuales va a suplir.

### **2.2. Antecedentes Históricos de la empresa**

“Thomas James Smith quien abrió una pequeña farmacia en Hull, Inglaterra en 1856, murió en 1896, por lo tanto, su nieto Horatio Nelson Smith tomó el mandato del negocio.” (Smith-Nephew)

### **2.3. Visión de la empresa**

“Smith & Nephew apoya a los profesionales de la salud en sus esfuerzos diarios para mejorar la vida de sus pacientes. Hacemos esto adoptando un enfoque pionero en el diseño de nuestros productos y servicios, esforzándonos por garantizar un amplio acceso a nuestras diversas tecnologías para más clientes a nivel mundial y permitiendo mejores resultados para los pacientes y los sistemas de salud.” (Smith & Nephew)

### **2.4. Ubicación espacial**

La empresa se encuentra en la Zona Franca Coyol de Alajuela.

*Ilustración 1 Ubicación aérea de la empresa*



Fuente: Extraído de Google Maps.

*Ilustración 2 Imagen frontal de la empresa*

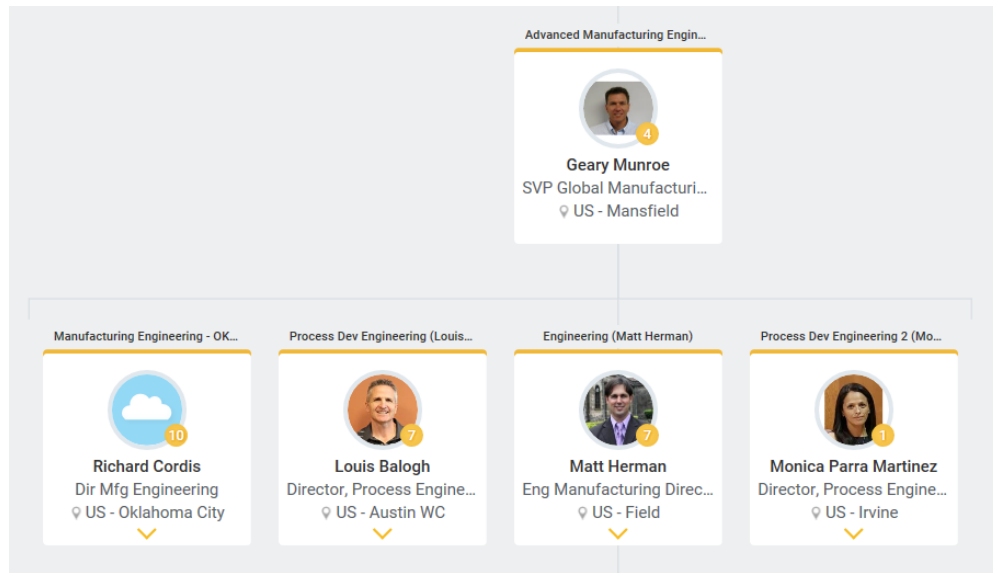


Fuente: Elaboración Propia.

## 2.5. Organigrama

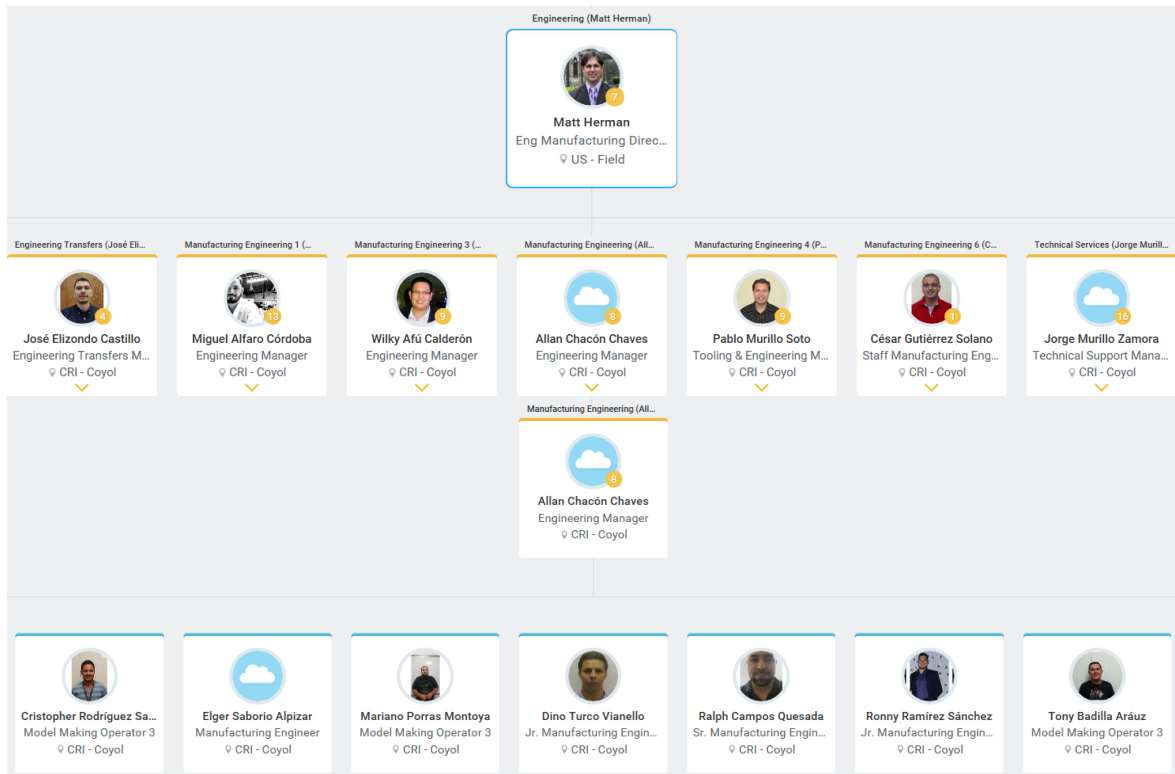
Este es el Organigrama de la sección de Ingeniería en la cual se encuentran las personas que implementarán el sistema de riego.

*Ilustración 3 Primera parte Organigrama*



Fuente: Extraído de Workday (página de la empresa).

Ilustración 4 Segunda parte Organigrama



Fuente: Extraído de Workday (página de la empresa).

## 2.6. Marco Conceptual o Marco Teórico del Objeto de Estudio

La función principal del sistema que se va a implementar es purificar agua hasta llevarla a ciertas cualidades, por lo tanto, iniciaremos el marco teórico conociendo un poco sobre el agua, de ahí pasaremos a entender cómo funciona el sistema y sus componentes.

“El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible.” (Díaz)

“El agua es el componente más abundante en los medios orgánicos, los seres vivos contienen por término medio un 70% de agua. No todos tienen la misma cantidad, los vegetales tienen más agua que los animales y ciertos tejidos (por ejemplo: el tejido graso) contienen menos agua -tiene entre un 10% a un 20% de agua- que otros como, por ejemplo: el nervioso, con un 90% de agua. También varía con la edad, así, los individuos jóvenes tienen más agua que los adultos.” (Díaz)

“El agua es el fundamento de la vida: un recurso crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos. Todos la necesitamos, y no solo para beber. Nuestros ríos y lagos, nuestras aguas costeras, marítimas y subterráneas, constituyen recursos valiosos que es preciso proteger.” (Diaz)

Conociendo lo que dice Juana Paredes Diaz, nos da por enterado que el agua es el recurso más abundante en la tierra y el ser humano lo necesita, también lo que rodea a todo ser vivo, ya que sin el agua la vida animal y vegetal no existirían.

Asimismo, el agua contribuye a la estabilidad del funcionamiento del entorno y de los seres y organismos que en él habitan, es por tanto, un elemento indispensable para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta. En este aspecto, este líquido vital constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; además interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de una gran variedad de seres vivos. (Diaz)

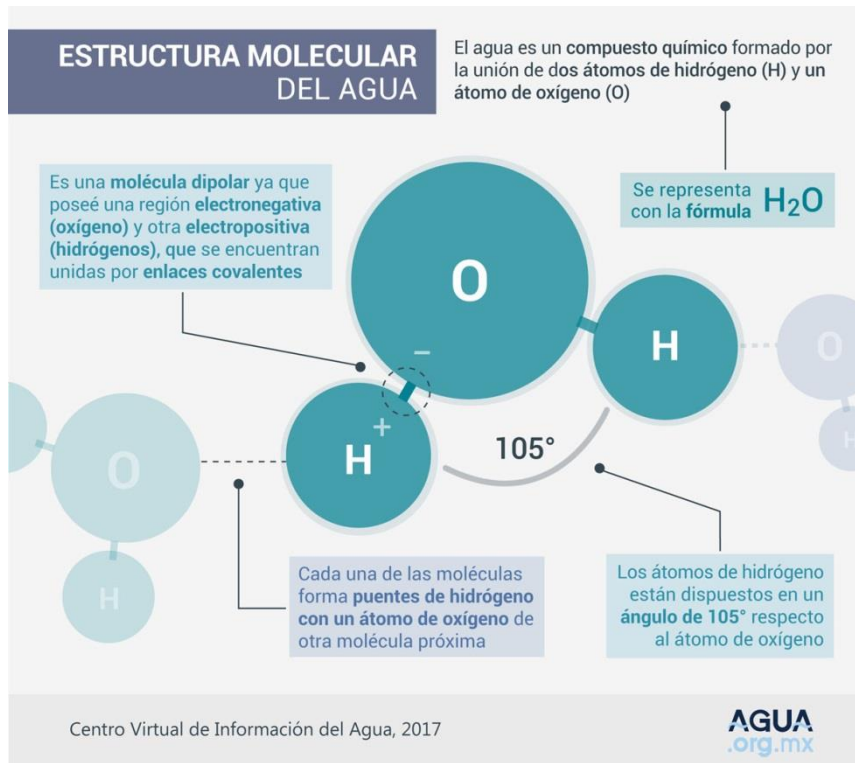
Sabiendo un poco sobre el recurso del agua que es fundamental para toda existencia, ahora plantearé un poco sobre sus moléculas y como está compuesto.

“El agua es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; su fórmula molecular es H<sub>2</sub>O y se trata de una molécula muy estable.” (Agua.org)

“En la estructura de la molécula los dos átomos de hidrógeno y el de oxígeno están dispuestos en un ángulo de 105°, lo cual le confiere características relevantes.” (Agua.org)

“Es una molécula dipolar – en la que el átomo de oxígeno central comparte un par de electrones con cada uno de los dos átomos de hidrógeno – con un exceso de carga negativa junto al oxígeno, compensada por otra positiva repartida entre los dos átomos de hidrógeno.” (Agua.org)

Ilustración 5 Estructura Molecular del Agua



Fuente: (Agua.org, n.d.)

“Puesto que los átomos de hidrógeno y oxígeno en la molécula contienen cargas opuestas, moléculas de agua vecinas se atraen entre sí. Esta estructura permite que muchas moléculas iguales se unan con gran facilidad, formando enormes cadenas que constituyen el líquido que da la vida a nuestro planeta.” (Agua.org)

Al conocer la estructura molecular del agua, se puede entender mejor el proceso que realiza el sistema Protegra al líquido vital al pasar a convertirse en una tipo II atravesando una serie de membranas y celdas de electrodesionización, el cual es el requerimiento del área de Machine Shop.

### **Estados físicos.**

El agua es una sustancia que se encuentra en el ambiente en cualquiera de los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso.



Ilustración 6 Estados físicos del Agua

El estado físico del agua depende de la **temperatura** y la **presión atmosférica**

ESTADOS FÍSICOS DEL AGUA	
<b>SÓLIDO</b>	 Punto de congelación a 0°C a nivel del mar
	El hielo es agua en estado sólido. Flota en el agua líquida debido al aire que queda atrapado entre las moléculas de agua al congelarse.
<b>LÍQUIDO</b>	 Entre 0°C - 100°C a nivel del mar
	La atracción entre las moléculas de agua permite la formación de gotas; si no fuera por la gravedad de la tierra las gotas de agua tendrían una forma esférica.
<b>GASEOSO</b>	 Punto de ebullición a 100°C a nivel del mar
	El vapor es agua en su estado gaseoso. Está conformado por moléculas de agua que se mueven de forma rápida, constante e independiente; por lo que se esparcen muy rápido en la atmósfera proporcionando humedad al ambiente.

Centro Virtual de Información del Agua, 2017 

Fuente:(Agua.org, n.d.)

“En su estado sólido, presenta menor densidad que en su fase líquida, forma estructuras ordenadas en las que cada molécula de agua queda establemente unida a otras cuatro moléculas.” (Agua.org)

“En su estado líquido, las moléculas tienen una elevada fuerza de cohesión que las mantiene dinámicamente unidas, consecuencia de la rápida formación y ruptura de los enlaces entre estas moléculas.” (Agua.org)

“Finalmente, en su fase gaseosa, las moléculas se encuentran muy separadas y en desorden.” (Agua.org)

Al conocer un poco más sobre el agua y sus compuestos será mayor la facilidad de entender el proceso por el cual es sometida en el sistema purificador, ya que el sistema busca llevar el líquido a una con calidad tipo II, es decir, con una conductividad de 1.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , una resistividad de 1.0  $\text{M}\Omega/\text{cm}$  y un TOC (Total de Carbono Orgánico) menor a 30 ppb. El agua llegará a estos niveles debido a los filtros y otros componentes que tiene el sistema internamente.

“La disposición de los electrones en la molécula de agua le comunica asimetría eléctrica por la diferente electronegatividad del hidrógeno y del oxígeno. La electronegatividad es la

capacidad de un átomo para atraer los electrones compartidos en un enlace covalente.” (Ambietum)

“Como el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno, es más probable que los electrones, que poseen carga negativa, estén más cerca del átomo de oxígeno que del de hidrógeno, lo cual provoca que cada átomo de hidrógeno tenga una cierta carga positiva que se denomina carga parcial positiva, y el de oxígeno, una negativa, ya que tiene los electrones más cerca. Esto significa que el agua es una molécula polar, pues tiene una parte o polo negativa y otra positiva, aunque el conjunto de la molécula es neutro. De este carácter polar derivan casi todas sus propiedades fisicoquímicas y biológicas.” (Ambietum)

“Cuando dos moléculas de agua están muy cerca entre sí se establece una atracción entre el oxígeno de una de las moléculas, que tiene carga parcial negativa, y uno de los hidrógenos de la otra molécula, que tiene carga parcial positiva. Una interacción de este tipo se denomina enlace o puente de hidrógeno, y las moléculas de agua se ordenan de tal modo que cada molécula puede asociarse con otras cuatro. Esta interacción es la que se da con el hielo.” (Ambietum)

“Estos enlaces de hidrógeno se forman entre un átomo con carga parcial negativa y un hidrógeno con carga parcial positiva, por lo que no son exclusivos del agua. Se da también entre el nitrógeno, o el flúor, y el hidrógeno en otras moléculas como proteínas o el ADN.” (Ambietum)

“El agua es capaz de dispersar a un elevado número de compuestos en su seno debido a su carácter polar. Así, con las sales, que son sustancias iónicas, la molécula de agua orienta sus polos en función de las cargas de los iones, oponiendo el polo negativo a los iones positivos (cationes de la sal) y el polo positivo a los iones negativos (aniones de la sal). Con sustancias polares, como el etanol, el agua actúa de modo parecido, oponiendo un polo frente al polo de signo contrario de la sustancia.” (Ambietum)

La célula EDI (electrodesionización) es la encargada en el sistema de purificación de eliminar estos iones a los que se están refiriendo que tiene el agua. Ahora bien, más adelante se explicará a profundidad la importancia y la labor que hace la célula EDI.

La empresa tiene la necesidad de mejorar la calidad del agua para el proceso de lavado ultrasónico, ya que actualmente se compran galones de agua desionizada para suplir el área de Machine Shop y, debido a que es necesario mejorar la calidad del agua en el proceso se decidió buscar un sistema de purificación que cumpliera los requerimientos de la empresa.

Distintas organizaciones han fijado estándares de calidad para el Agua Purificada en función del uso al que se destina. Entre ellas, destacan las siguientes:

- ASTM D1193 2011 (American Society for Testing and Materials)
- ISO 3696 (International Organization for Standardization)
- CLSI NCCLS (Clinical and Laboratory Standards Institute)
- EP y USP (Pharmacopea Europea y Pharmacopea Americana)

(ASTM) D1193-91 Sociedad Americana de Pruebas y Materiales Especificaciones estándar para el agua de calidad de reactivo.

Parámetro	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Conductividad eléctrica Max. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ @ 25°C)	0,056	1,0	4,0	5,0
Resistividad eléctrica Min. ( $\text{M}\Omega\text{-cm}$ @ 25°C)	18,2	1,0	0,25	0,2
pH a 25°C	-	-	-	5,0 - 8,0
TOC máx. ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	10	50	200	Sin límite
Sodio máx. ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	1	5	10	50
Sílice máx. ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	3	3	500	Sin límite
Cloro máx. ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	1	5	10	50

Fuente: (Wasserlab)

Según la tabla el agua tipo II debe de contener una conductividad menor a  $1.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ , una resistividad eléctrica mínima de  $1.0 \text{M}\Omega\text{-cm}$  y un TOC (Total de Carbono Orgánico) menor a  $50 \mu\text{g}/\text{L}$ ; como sus valores más importantes para el proceso. Para obtener esos valores o esa calidad de agua, se requiere un sistema de purificación con ciertas cualidades específicas, entre ellas está que debe contener una membrana de Ósmosis inversa y una célula EDI.

Antes de que el agua ingrese a la membrana de Ósmosis Inversa, tuvo que haber pasado por una serie de filtros y un suavizador para que la calidad en ella no dañe sus membranas, en la etapa de acondicionamiento se encuentra un filtro de pretratamiento que es seguido de un filtro de carbón activado.

“Sedimentos es cualquier materia particulada que puede ser transportada por un fluido y que se deposita como una capa de partículas sólidas en fondo del agua o líquido. La sedimentación es la deposición de materia suspendida. En una planta de tratamiento de aguas estas partículas puede ser partículas derivadas de la corrosión de las tuberías del agua, granos de arena, pequeñas partículas de materia orgánica, partículas arcillosas u otra partícula pequeña que esté presente en el agua suministrada.” (Lenntech)

“El agua con un alto contenido de sedimentos cambia el valor estético del agua final destinada a bebida, entre otros efectos. También puede tener un efecto negativo en el funcionamiento de los equipos ya que puede causar bloqueo del *strainers*, controladores de flujo o incluso solenoides incluidos en el equipo, etc.” (Lenntech)

“Un filtro de sedimentos actúa como pantalla para remover estas partículas. Es importante tener en cuenta que los filtros de sedimentos reducen sedimentos exclusivamente, y por lo tanto no reducen la cantidad de químicos o metales pesados ni tampoco sirven para tratar el olor o sabor del agua.” (Lenntech)

Entendemos que los filtros de sedimentos se encargan de eliminar partículas que están en el agua, estas pueden ser las causantes de una serie de factores que afectarían el proceso de purificación. Esta información nos indica la importancia de filtrar el agua antes de ser pasada por la membrana de Ósmosis Inversa, debido que le reduciría la vida útil a esta.

Una vez que el agua pasó por el filtro de pretratamiento/sedimentos, enseguida entra al filtro de carbón activado.

“El Carbón activado granular es un material que se utiliza para filtrar químicos y microorganismos nocivos del suelo y el agua contaminados. A medida que el agua fluye a través de un filtro de carbón activado granular, los químicos se adsorben o se adhieren a la superficie y dentro de los millones de micro poros de los gránulos del carbón activado. Los filtros de carbón activado se utilizan siempre como parte de un sistema de extracción y tratamiento para limpiar aguas subterráneas, de río, lago, pozo, manantial, aguas municipales o agua salobre, generalmente como segunda etapa después de un filtro multimedia.” (Aguasistec)

“El tratamiento con carbón activado proporciona excelentes resultados al eliminar cloro (riesgos de usar cloro), mal olor, microorganismos y patógenos como virus y bacterias, mejora el sabor y color del agua, retiene una amplia gama de químicos como pueden ser combustibles, bifenilos policlorados, dioxinas y desechos radioactivos. Asimismo, puede eliminar ciertos tipos de metales como plomo, cadmio o mercurio, siempre que los metales pesados se encuentren presentes en pequeñas cantidades.” (Aguasistec)

El filtro de carbón activado absorbe microorganismos, baterías y químicos peligrosos que dañarían la calidad del agua que se busca obtener, esta información brindada por Aguasistec es bastante importante ya que nos demuestra que en el sistema que se instalará debe existir al menos un filtro de carbón activado.

La última etapa antes de entrar a la membrana de Ósmosis Inversa es que el agua pase por un suavizador, que en palabras coloquiales es bajarle la dureza al agua.

“Cuando el agua es dura, puede obstruir tuberías, calderas, intercambiadores de calor de daños, y muchos otros dispositivos. El ablandamiento del agua puede prevenir estos efectos negativos. El agua dura causa un mayor riesgo de depósitos de cal en los sistemas de agua industriales, comerciales y domésticos.” (PureAqua)

“Ablandadores de agua industriales son intercambiadores de iones específicos que están diseñados para eliminar los iones que están cargados positivamente; Los Suavizantes eliminan principalmente calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y los iones de magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ). El calcio y el magnesio se refieren a menudo como "minerales de dureza". Los suavizantes se aplican a veces incluso para eliminar el hierro.” (PureAqua)

El suavizador se encarga de intercambiar iones de calcio y de magnesio por cationes de sodio, mediante una resina catiónica; este proceso suaviza el agua y la resina dentro suyo se regenera con capsulas de sal que son agregadas. Una vez que el agua ya pasó por los filtros de pretratamiento, de carbón activado y por el suavizador está acondicionada para poder ingresar a la membrana de Ósmosis Inversa.

Ahora, ¿qué es la ósmosis?

“La ósmosis es el movimiento de moléculas a través de una membrana parcialmente permeable porosa, que va de una región de mayor concentración a otra de menor, en esta acción la membrana tiende a igualar las concentraciones en los dos lados.” (Carbotecnia)

“Este flujo de partículas solventes hacia la zona de menor potencial se conoce como presión osmótica medible en términos de presión atmosférica.” (Carbotecnia)

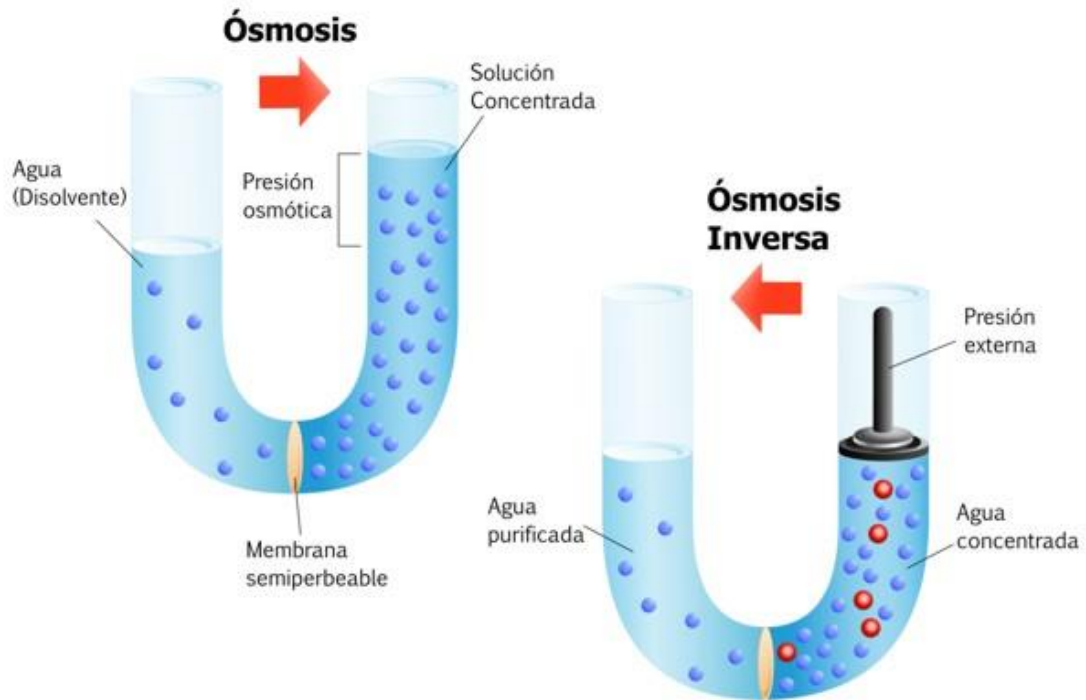
¿Qué es la ósmosis Inversa?

“Sí utilizamos una presión superior a la presión osmótica, un efecto contrario a la ósmosis se puede lograr, al presionan fluidos a través de la membrana y sólo las moléculas de menor peso pasan del otro lado.” (Carbotecnia)

“En el tratamiento de agua los sólidos disueltos al generar esta presión quedan retenidos en la membrana y sólo pasa el agua, a esto se le llama ósmosis inversa. Para lograr este

efecto del paso del agua es necesario presurizar el agua a un valor superior al de la presión osmótica.” (Carbotecnia)

Ilustración 7 Explicación de Ósmosis Inversa



Fuente:(Carbotecnia, n.d.)

Conociendo ambos procesos, el de Ósmosis y el de Ósmosis Inversa, se entiende por qué para el sistema es requerido contener una membrana con estas características, y de esta manera el agua pura es la que atraviesa el proceso y la que se va a utilizar. Seguido del proceso de Ósmosis Inversa, el sistema purificador de agua tiene una célula EDI (electrodesionización).

La electrodesionización (EDI) es una tecnología aplicable a la industria de aguas residuales para la eliminación de impurezas disueltas. El sistema consta de una serie de membranas de intercambio de iones. Dentro de estas membranas hay electrodos, a los que se aplican cargas alternantes. El agua residual contaminada pasa entre una serie de ánodos (electrodo + positivo) y cátodos (electrodo – negativo). Esta corriente alterna permite que se dé una reacción de oxidación-reducción (redox).“(Condorchem)

“Un electrodo bipolar es un electrodo que funciona como el ánodo de una celda y el cátodo de otra. Al alternar la corriente a través de la membrana es posible aumentar la vida útil de la unidad ya que de la membrana se desprende material.” (Condorchem)

“Una de las principales ventajas de los sistemas EDI es que se pueden diseñar para un caudal bajo y, por tanto, pueden tener huellas pequeñas. Esto es particularmente útil si se trata de un flujo local de residuos altamente contaminado en lugar de una cantidad colectiva. Otra ventaja es que, por lo general, los EDI no usan reactivos químicos.” (Condorchem)

Los sistemas se pueden usar por sí solos o en conjunto con otros métodos, como en el caso de una Ósmosis Inversa (OI) posterior, donde se necesita agua de gran pureza.

En otras palabras, la célula EDI le elimina los iones y los cationes al agua, de esta manera será menos conductiva, lo cual es una de las características requeridas por el agua tipo II; también esta resina por la cual pasa el líquido se regenera gracias a la corriente que pasa por ella. La información extraída de Condorchem es de suma importancia ya que da a conocer el funcionamiento de la última etapa del agua antes de entrar al tanque.

El sistema que se implementará va a contener una red de riego con cuatro puntos de uso, esta red se instalará con polipropileno debido a la aplicación, la cual es transportar agua con unas cualidades específicas, en este caso agua tipo II.

“Al polipropileno se le conoce con las siglas PP. Es un plástico muy duro y resistente, es opaco y con gran resistencia al calor pues se ablanda a una temperatura más elevada de los 150 °C. Es muy resistente a los golpes, aunque tiene poca densidad y se puede doblar muy fácilmente, resistiendo múltiples doblados por lo que es empleado como material de bisagras. También resiste muy bien los productos corrosivos.” (QuimiNet)

“Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo El polipropileno, pertenece al grupo de los termoplásticos, es una cadena larga de polímero, hecha del monómero de propileno. Después de la exposición del propileno al calor y a la presión con un catalizador activo metálico, el monómero de propileno se combina para formar una cadena larga de polímero, llamada “propileno”, del griego “poly” que significa muchos y “mero” que significa unidades.” (QuimiNet)

### **Ventajas y desventajas del polipropileno.**

Ventajas.

“Polipropileno tiene muchas ventajas: es barato, utilizable en la industria alimentaria (es inodoro y no tóxico), muy resistente a la fatiga y flexión, muy denso, químicamente inerte,

esterilizable y reciclable. Es un excelente aislante eléctrico.” (Canal Construcción)

Desventajas:

“Es frágil a baja temperatura, sensible a los rayos UV y menos resistente a la oxidación que el polietileno. La resistencia de polipropileno se puede mejorar mediante la mezcla con elastómeros EPDM. Su producción en masa es una fuente de impactos ambientales y el consumo de petróleo y las emisiones, retardantes de llama) puede hacer difícil o imposible reciclaje de manera rentable.” (Canal Construcción)

Se decidió utilizar Polipropileno en el sistema debido a las informaciones obtenidas de Canal Construcción y QuimiNet debido a varios factores, en primer lugar por su constitución que es no tóxico, porque es muy resistente a golpes, y como se va a instalar una red de distribución de más de 150 metros de tubería, es importante saber que no se va a romper tan fácil. Luego de que el agua fue tratada y transportada mediante la red de distribución hasta los cuatro puntos de uso, será utilizada para lavar componentes en unas lavadoras ultrasónicas.

“Un fenómeno físico llamado “cavitación acústica” generado en el líquido es responsable del proceso de limpieza. Cavitaciones se forman cuando ondas ultrasónicas viajan a través del líquido. Cuando una onda de sonido viaja a través de un fluido estira y comprime el líquido para transmitir el sonido, a medida que la amplitud de dichas ondas sonoras incrementa a un nivel crítico la presión negativa crea cavidades en el agua. A medida que estas cavidades colapsan altas temperaturas y grandes fuerzas son generadas en zonas muy localizadas, el efecto acumulativo de millones de estas cavidades colapsando es responsable del efecto de limpieza y es particularmente efectivo cuando es usado con el detergente/solvente correcto.” (Farnell)

“Soluciones Solventes/detergentes acuosos deberían ser hechos con agua desionizada, desmineralizada o destilada ya que el carbonato cálcico y otras impurezas en el agua del grifo pueden afectar/reducir las propiedades de la solución y producir efectos indeseados como depósitos y manchas.” (Farnell)

Farnell explica el funcionamiento de las lavadoras ultrasónicas, que en otras palabras es higienizar los productos ingresados con el agua procesada por el sistema Protegra, la limpieza se da cuando por vibración ultrasónica se crean burbujas que implotan, esta implosión es la que realiza el lavado; y es acá donde termina el proceso por el cual se va a instalar un sistema purificador de agua.



## **2.7. Hipótesis**

El proyecto se inició debido a que no se tenía control de la calidad del agua, ya que al llegar en galones pierden sus cualidades; y es la razón principal por la cual se preparó la búsqueda de un sistema de purificación del agua, además sería una implementación que para la empresa significaría ahorro de dinero, tiempo y espacio.

## **2.8. Limitaciones**

Entre las Limitaciones de este proyecto, tenemos el factor tiempo, ya que se está necesitando el sistema instalado debido al aumento de la producción en el área de Machine Shop, el sistema de inventarios está generando muchos gastos a la empresa en estos momentos; otra de las limitaciones que presentamos es la falta de conocimiento de un sistema purificador para toda la empresa, por ser el primer sistema a instalar, existe desconfianza y por otra parte es un reto dejar la documentación bastante clara para no generar problemas a futuro.

## **2.9. Alcance**

El proyecto inicia con la búsqueda de un sistema que purifique el agua hasta hacerla una del tipo II, la cual según requerimientos de la empresa es la que se utiliza en el área de Machine Shop para hacer ciertos lavados ultrasónicos. Una vez que se tienen la necesidades de la empresa tales como calidad y cantidad, y al contemplar los picos de producción, se añade el sistema, el cual será ubicado en el área de Cuarto de Máquinas; se le crea una especificación de equipo la cual contempla como se le van a hacer las calibraciones y sus tolerancias, también el mantenimiento que va a recibir el sistema y sus repuestos.

Una vez esté todo listo, se le crea un protocolo de validación, el cual se encarga de velar y verificar que el equipo está listo y es capaz de purificar agua para el área de Machine Shop en las cantidades y cualidades establecidas antes de la compra. El proyecto termina cuando el sistema purificador de agua se encuentra instalado y la red de distribución funcionando; también con los protocolos de validación creados y listos para ser utilizados.

## **CAPITULO III**

### 3. DESARROLLO

Se decide implementar un sistema purificador de agua debido a la falta de control de calidad en el sistema de inventarios que actualmente se utiliza, en un inicio se investigaron las necesidades que tenía el área de Machine Shop, y estas fueron las siguientes:

	<b>Machine Shop</b>	<b>Sistema Comprado</b>
<b>Caudal máximo (l/h)</b>	454 Litros por día	260 l/h con un tanque de 1000 L
<b>Conductividad (<math>\mu\text{S/ml}</math>)</b>	< 1 $\mu\text{S/ml}$	< 0.1 $\mu\text{S/ml}$
<b>Resistividad (<math>\text{M}\Omega\text{-cm}</math>)</b>	> 1 $\text{M}\Omega\text{-cm}$	10 $\text{M}\Omega\text{-cm}$
<b>TOC (Carbono Total Orgánico)</b>	Indiferente	< 30 ppb (partes por billón)

Fuente: Elaboración Propia

Estos son los datos recolectados por los usuarios del área de Machine Shop. Con esta información se partió la búsqueda de sistemas que pudieran abastecer o lograr esta calidad de agua. Se hicieron tres cotizaciones con diferentes fabricantes, los cuales fueron AquaMetric que nos ofrecía un sistema llamado SRL DI System – USP/EP el cual podía entregar valores de Resistividad que eran muy cercanos a los que el área de Machine Shop requiere, por lo tanto fue descartado, ya que por el más mínimo cambio al sistema saldría fuera de tolerancia y posiblemente los productos que utilizaron ese líquido serían analizados o retrabajados.

Otra cotización que se obtuvo fue de DEINSA, este fabricante ofrecía un sistema bastante completo, pero entre las consideraciones por las cuales no fue aceptado estuvo el tamaño del sistema, ya que era muy grande y difícil de colocar dentro de la empresa; además el tanque de almacenamiento era de 4000 Litros, un tanque sumamente grande para el uso que se le va a dar.

La última cotización fue la del sistema Protegra de Evoqua, este sistema es capaz de purificar el agua 10 veces más de lo que el área de Machine Shop necesita, el tamaño no es muy grande y el tanque de almacenamiento es de 1000 Litros, lo suficientemente grande para estar por encima de los picos de producción.

Una de las razones por la cual se decidió el sistema Protegra se debió a que el Evoqua (empresa la cual manufactura el sistema en Alemania) tiene un vendedor oficial local en

Costa Rica, esto quiere decir que los repuestos o alguna consulta se pueden dar a nivel regional y contactarlos sería más rápido; de lo contrario, si a futuro el sistema tiene algún problema y solo personal calificado y entrenado en ese sistema puede repararlo, tendría que venir un experto desde el país manufacturador y hospedarse unos días en Costa Rica, lo cual es sumamente costoso.

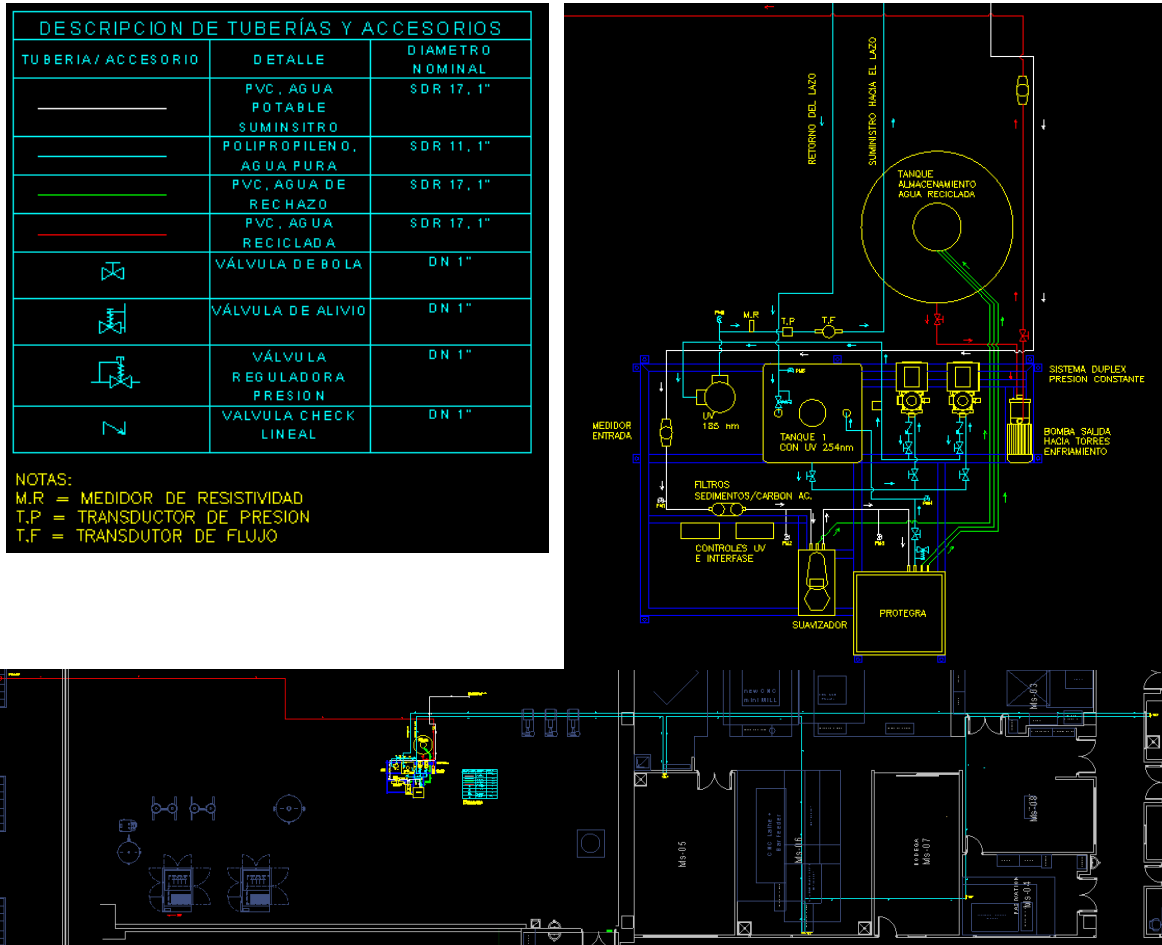
Otra razón por la cual se escogió el sistema Protegra es por su caudal, ya que sabemos que la empresa requiere 100 galones de agua al día y que estos se transforman en 454 Litros aproximadamente. Este sistema es capaz de producir 260 l/h con un tanque de 1000 Litros, aún sabiendo que el sistema está sobre diseñado en cuanto a la calidad del agua que requiere el área de Machine Shop y lo que produce el sistema Protegra, pero se decidió así, previendo que a futuro como la empresa en Costa Rica está creciendo, vengan nuevos procesos que requieran de una calidad de agua más pura, y si fuera el caso, ya se tendría el sistema en la empresa validado y listo para suplir esa nueva área o producto.

### **3.1. Ubicación del sistema y explicación breve.**

El sistema purificador de agua se ubicará en el Cuarto de Máquinas, debido al espacio que ocupa y el fácil monitoreo para el área encargada de darle mantenimiento al sistema, ya que el Departamento de Facilidades tiene rutas por día, en las cuales toman y comparan datos de sus equipos, de esta manera se llevara un control por día del agua que se está produciendo.

En las siguientes imágenes podemos apreciar la red de distribución, la cual se constituye de 150 metros de tubería de Polipropileno diámetro interno 25.90 mm (1.02 pulgada) para abastecer cuatro puntos de uso del área de Machine Shop, esta tubería es alimentada por un sistema *duplex* de bombas con presión constante, las cuales se alternan cada seis horas para aumentar la vida útil; el sistema fue diseñado para que las bombas mantengan un caudal de 1738 L/h en el *loop*, este dato se crea mediante el acomodo de la presión que generan las bombas, las cuales están funcionando a un 70% de su capacidad y regulando la presión de entrada del *loop* al tanque (el cual se encuentra en menos de 2 Bar); el sistema también contiene una tubería de PVC para el agua de rechazo la cual llega a las torres de enfriamiento para darle uso.

Ilustración 8 Vista general de la Red de Distribución



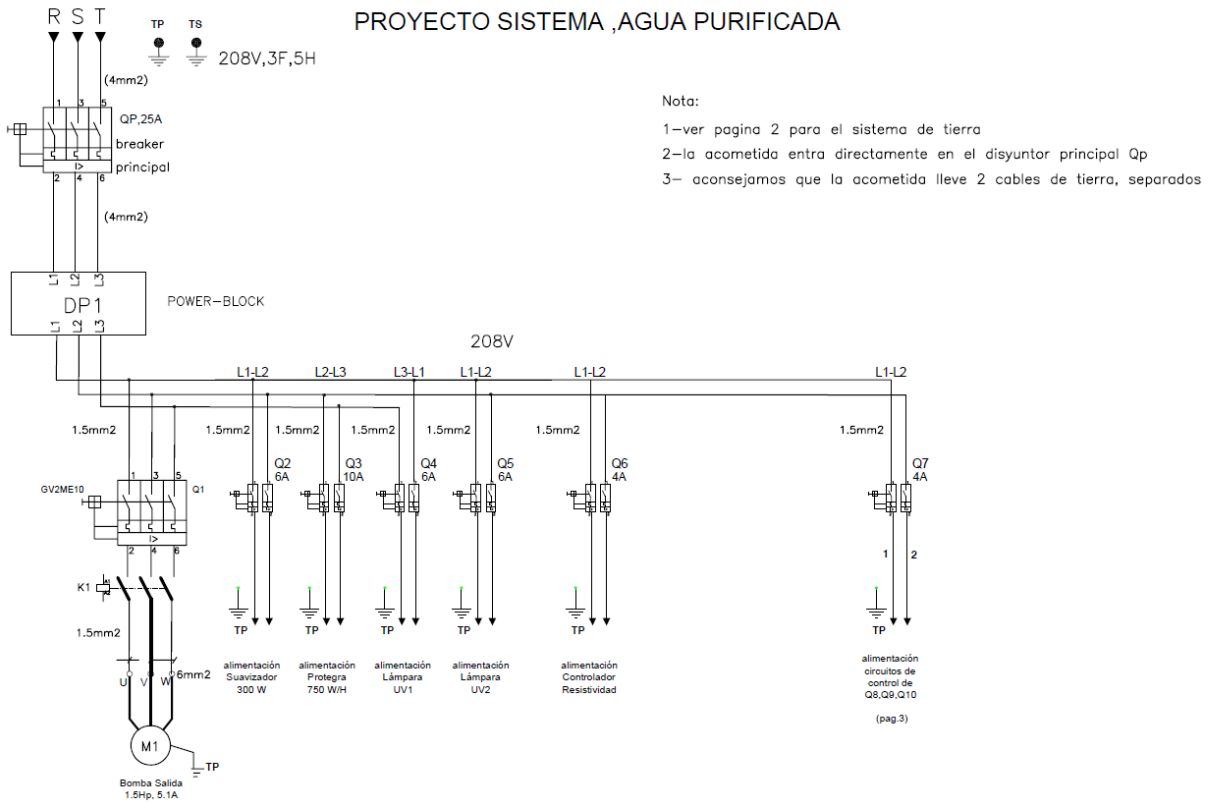
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Diagramas eléctricos y su explicación.

Las siguientes imágenes son de los planos eléctricos del sistema con el Panel de Control, y para resumir un poco, el sistema trabaja con un voltaje de 230 VAC, 60Hz, tiene dos acometidas, una que lo alimenta desde donde llegan la mayoría de las señales y la otra que alimenta directamente al sistema Protegra; el panel contiene un PLC donde llegan las señales de sensores como de resistividad, flujo y temperatura, de éste salen las señales para ser vistas en la pantalla táctil; además el módulo contiene una serie de contactores que manejan el voltaje de las bombas, las luces ultra violeta y el suavizador. En el panel se dejaron contactores para previstas, debido a mejoras al sistema a futuro, el PLC también tiene conexión con un convertidor para luego enviar la señal por un puerto de red al BMS de la empresa.

Ilustración 9 Diagrama de Entrada de la acometida al Panel

1



Fuente: Elaboración Propia.

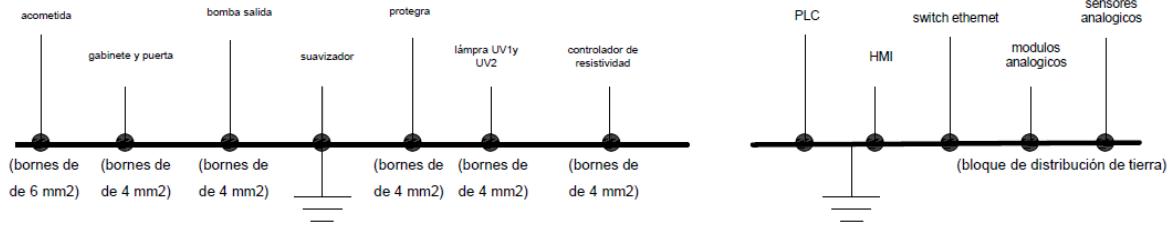
Ilustración 10 Sistema de Tierra

2

PROYECTO SISTEMA ,AGUA PURIFICADA

Potencia y señales  
 240VAc: cable color negro por línea  
 120VAC: cable rojo línea, cable blanco neutro (1mm2)  
 24VDC: cable azul (1mm2)

SISTEMA DE TIERRA



TIERRA DE POTENCIA

TIERRA SENSIBLE

TP

TS

Fuente: Elaboración Propia

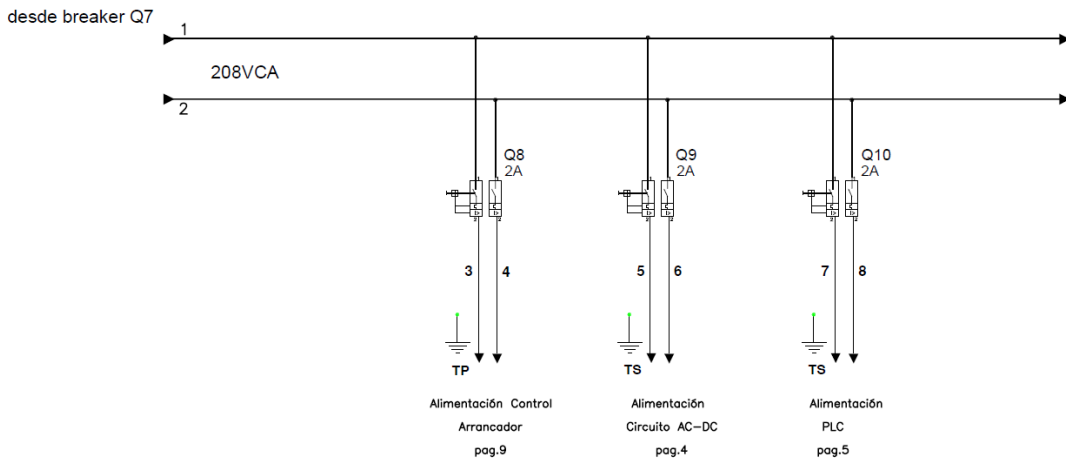
Ilustración 11 Diagrama del circuito de control

3

PROYECTO SISTEMA ,AGUA PURIFICADA

CIRCUITO DE CONTROL

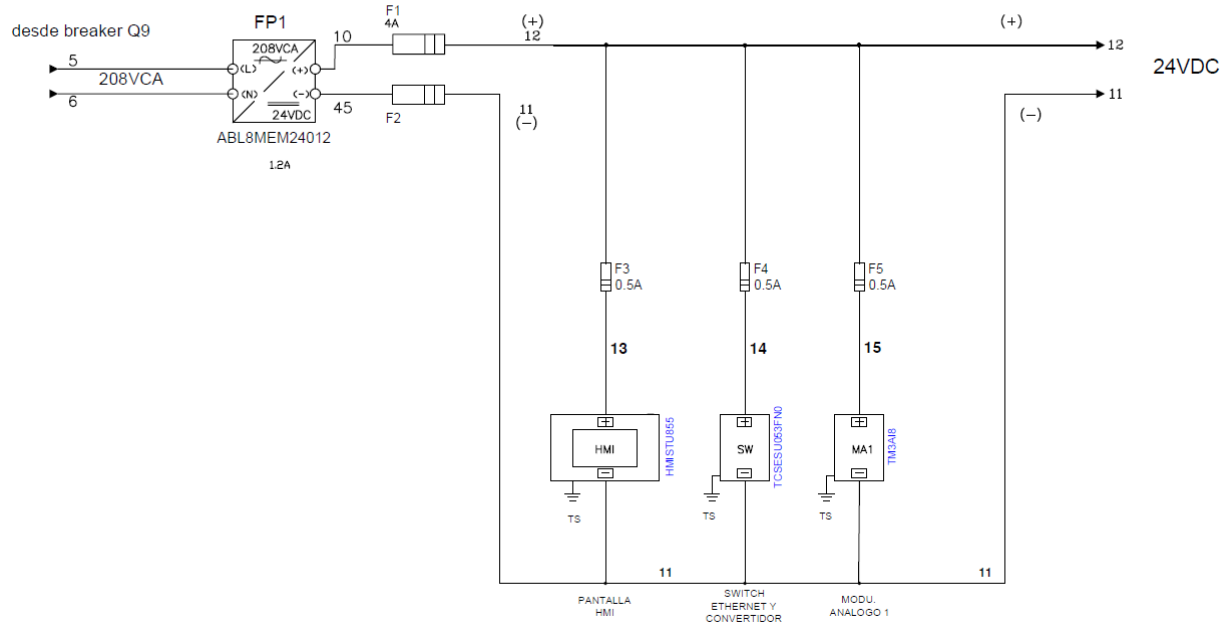
Potencia y señales 230VCAVac: cable color negro por línea  
 120VAC: cable rojo línea, cable blanco neutro (1mm2)  
 24VDC: cable azul (1mm2)



Fuente: Elaboración Propia

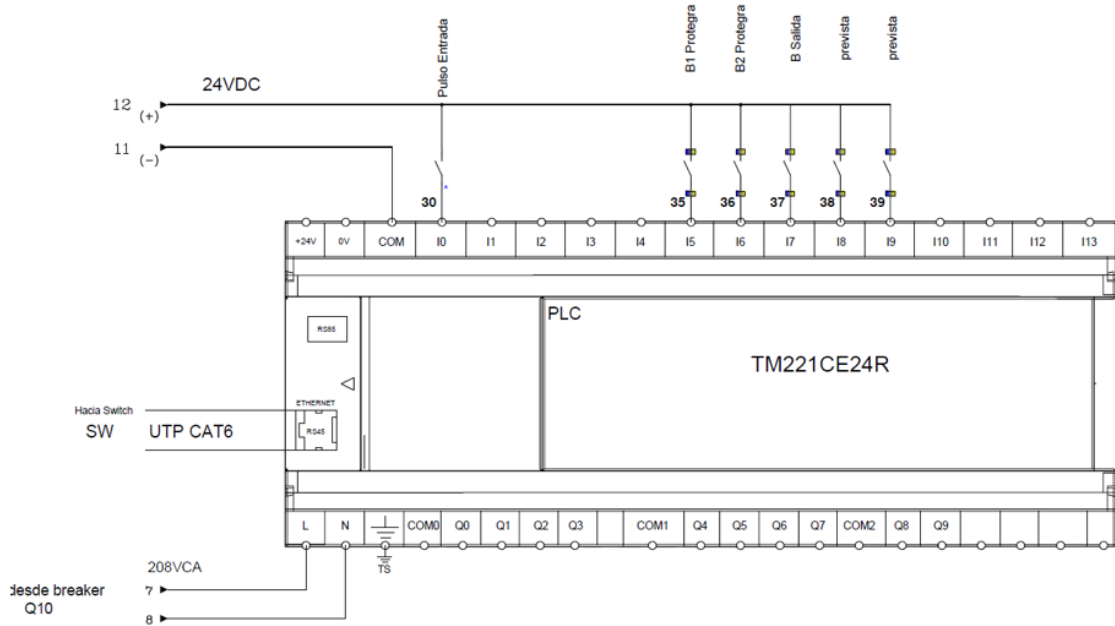
Ilustración 12 Circuito AC/DC

CIRCUITO AC/DC



Fuente: Elaboración Propia

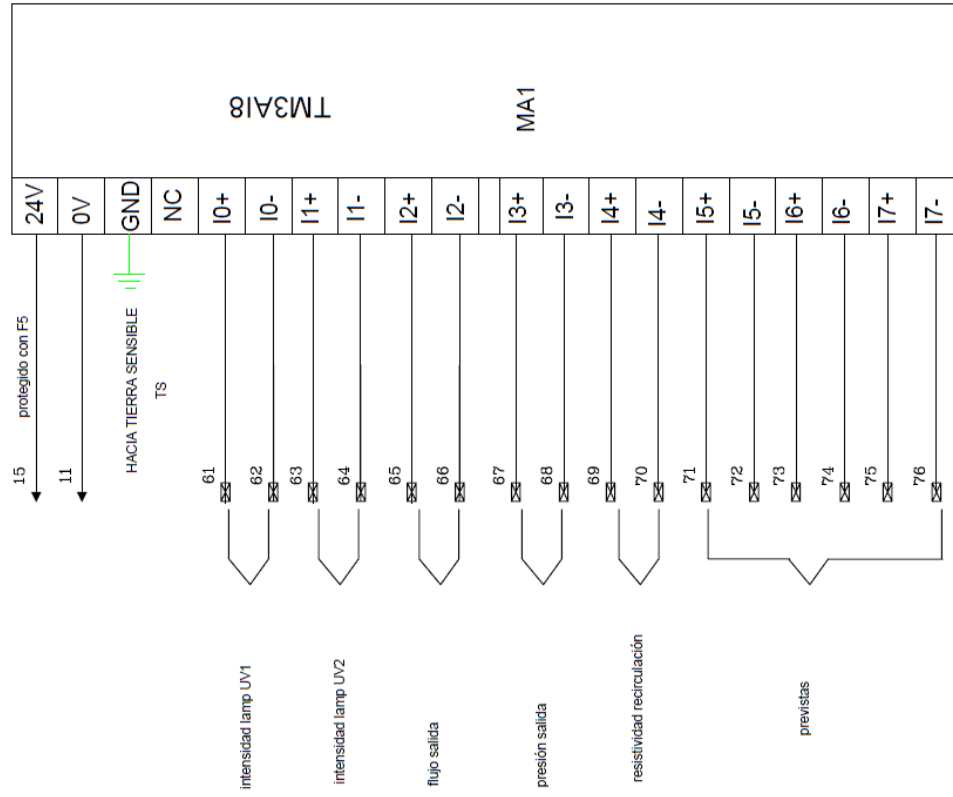
Ilustración 13 Circuito de PLC



Fuente: Elaboración Propia

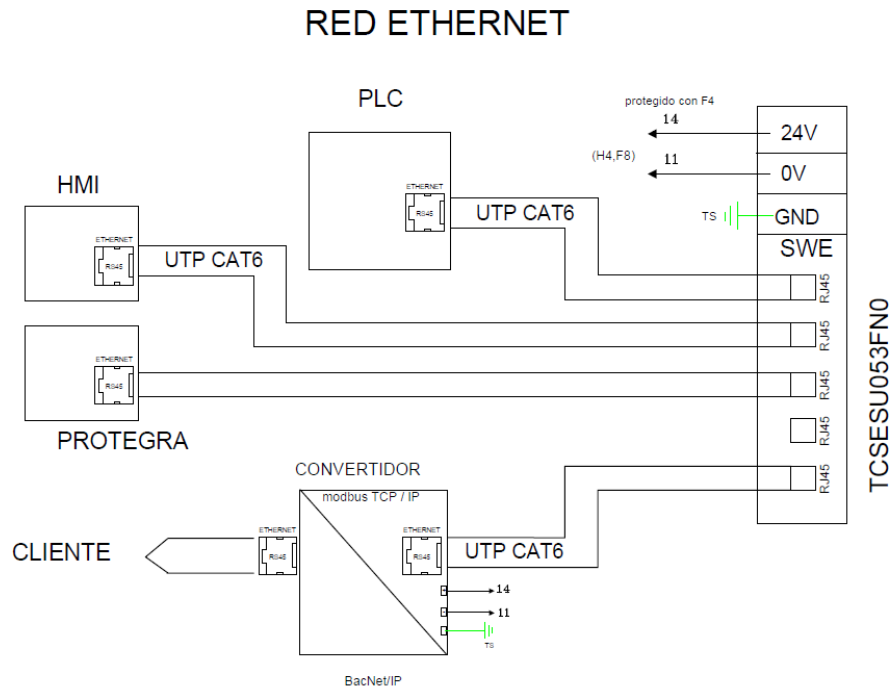


Ilustración 14 Señales de entrada del PLC



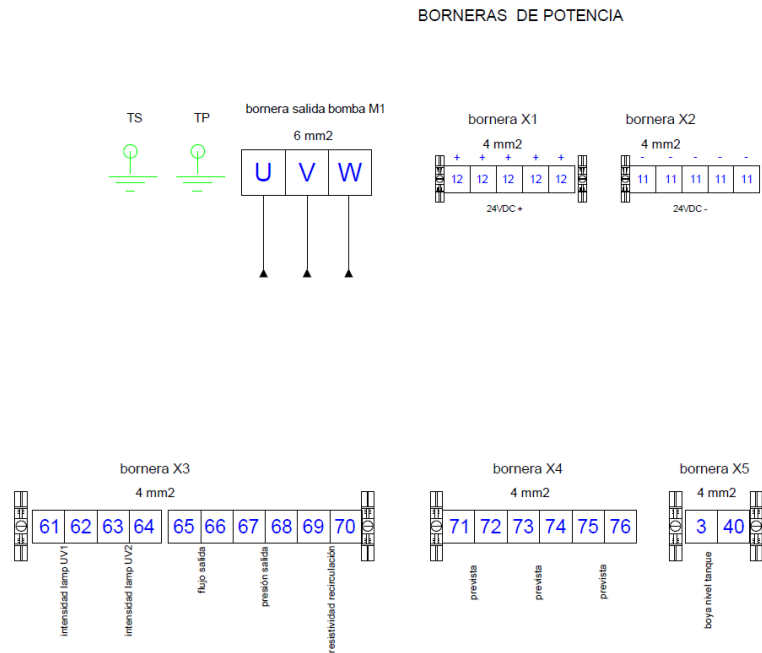
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 15 Circuito de comunicación Red Ethernet



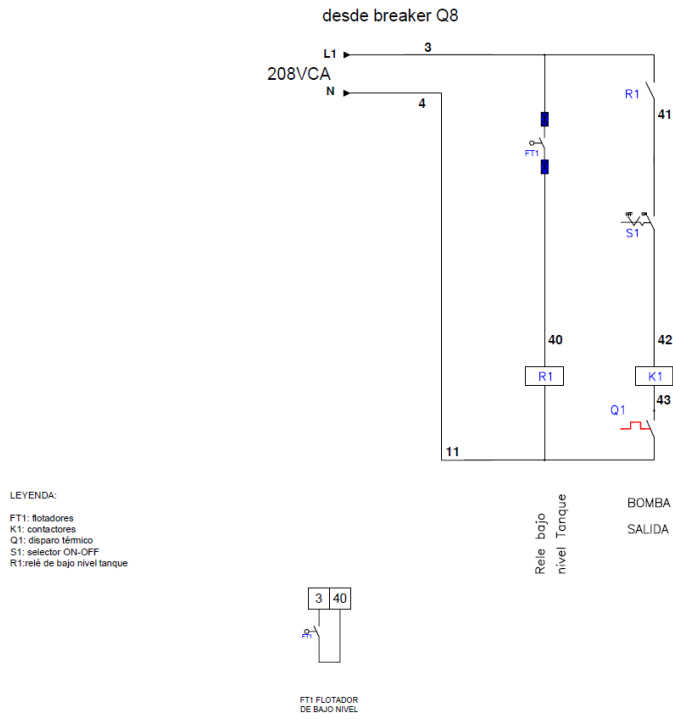
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 16 Borneras de Potencia



Fuente: Elaboración Propia

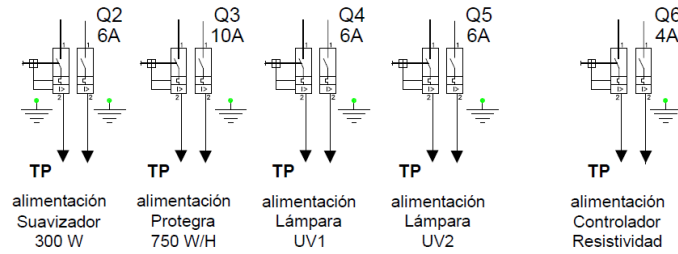
Ilustración 17 Bomba de agua residual



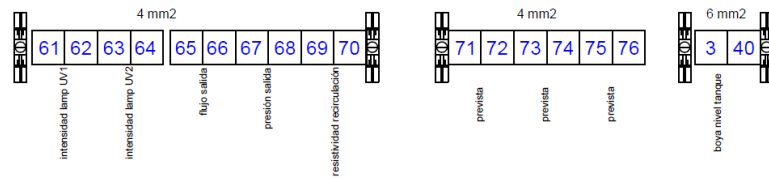
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 18 Alimentación de Equipos

ALIMENTACIÓN EQUIPOS



SEÑALES REMOTAS



Fuente: Elaboración Propia

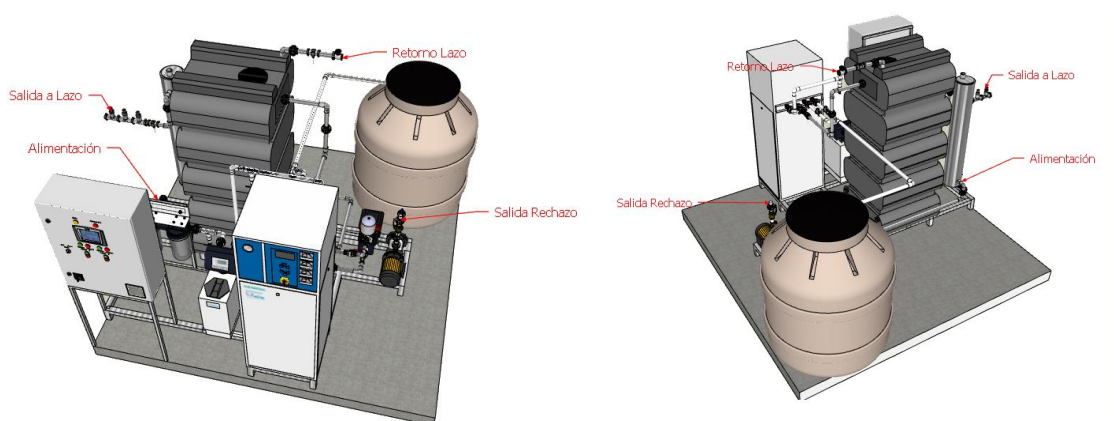
### 3.3. Proceso de Instalación del Protegra

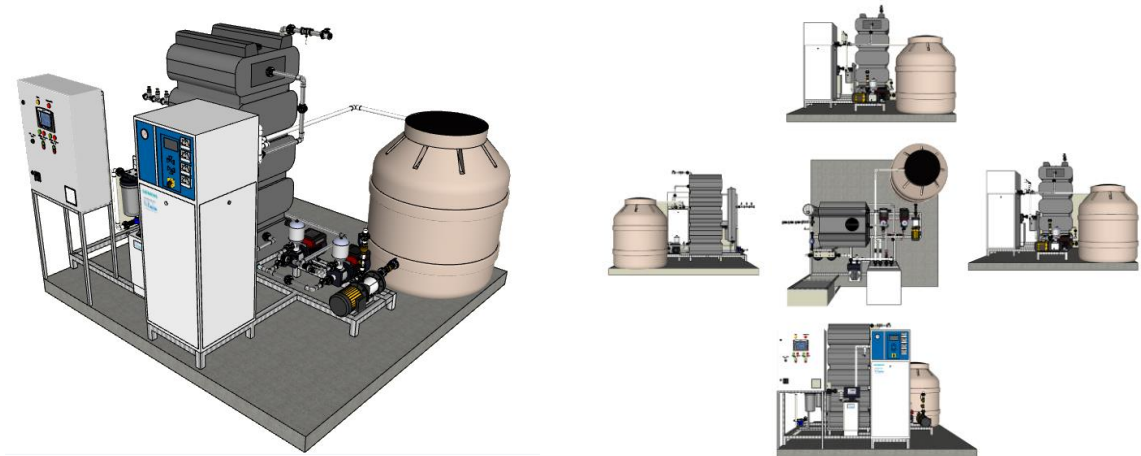
Una vez comprado el sistema se inicia una validación del fabricante junto a un grupo de ingenieros que viajaron de Costa Rica a Alemania para corroborar que el sistema antes de ser enviado funciona correctamente y que no tiene ningún problema. La validación del fabricante consiste en una calificación de diseño, instalación, operacional y desempeño; si todas estas calificaciones pasan, el sistema se empaca en cajas de madera para ser enviado a Costa Rica vía aérea, luego de un par de semanas llega a la empresa por el área de Almacén, en la cual se verifica que todos los componentes se encuentren contra factura y que se estén en buen estado, desde ahí fue movido con monta cargas llamados coloquialmente “perras neumáticas” hacia el Cuarto de Máquinas; ahí se realizaron los trabajos necesarios durante una semana para colocar el sistema en la estructura y esta se ancló al piso.

Al saber dónde iban a quedar las conexiones eléctricas y la toma de agua, se empezó a trabajar para dejar todo listo y conectado antes de que llegara un técnico alemán encargado de calibrar y poner a funcionar por primera vez el sistema en Costa Rica.

Se diseñó una estructura de acero que entrara dentro de 3x3 metros de perímetro para posicionar el sistema y sus componentes, la cual está elevada de suelo unos 15 cm aproximadamente. Esta elevación se pensó para luego crearle a los bordes de la estructura un muro de una altura de 15 cm, con la idea de que si algún tanque se llegara a perforar poder contener 1.35 metros cúbicos dentro de la estructura, la distribución permite retender el flujo del proceso y deja espacio para poder realizar reparaciones y mantenimientos sin tener que desconectar algún componente o tubo de polipropileno. En las siguientes imágenes se muestra la idea en 3D.

*Ilustración 19 Propuesta de distribución del sistema*





Fuente: Elaboración Propia

Las imágenes muestran la idea básica de sus posiciones. Durante la fabricación y posicionamiento de los equipos en tiempo real hubo imprevistos como dimensiones diferentes de planos al equipo físico, entre otras como acomodos por facilidad y comodidad del área.

*Ilustración 20 Imagen final de distribución e instalación*



Fuente: Elaboración propia.

Como vemos en las imágenes, entre los cambios que hubo el posicionamiento del panel de control atrás del sistema fue el primero, debido a que todas las cometidas se encontraban dispuestas, además que se tenía el espacio, por ese motivo se modificó sobre la fabricación de la estructura. Otros cambios que no son notorios en imágenes, fueron en la posición, ya que unos equipos se movieron unos centímetros con respecto al diseño para evitar que estuvieran muy cerca y permitir el paso de personal para realizar arreglos o mantenimientos, también en la instalación de la tubería.

Una vez instalado el Sistema, se contactó con el fabricante para organizar la primera puesta en marcha del mismo, se coordinó que un experto llegara a Costa Rica para hacer los ajustes iniciales y calibración de fabricante para demostrar que el equipo llegó en buen estado y está funcionando igual a como salió de Alemania. Una vez que llegó el técnico reviso todas las conexiones y voltajes antes de encender el sistema, al ver que todas las conexiones eléctricas y de toma de agua se encontraban bien inició sus labores de calibración, dentro de su rutina de comprobación era delimitar la altura del tanque, ya que trabaja con un sensor de presión, luego le instaló un software nuevo, y por último revisó y modificó los valores de conductividad y de flujo, ya que el flujo se modifica manualmente con unas válvulas de paso especiales para el sistema.

### **3.4. Documentación para la Empresa**


#### **3.4.1. Especificación del Equipo**

En la empresa Smith & Nephew todo equipo que ingresa tiene que contener un documento que explique de manera sencilla y completa la especificación del equipo/sistema debido al Departamento de Calidad, en este documento se le crea un P/N (part number), que en el punto *1. Description* se puede apreciar dónde se compró el sistema y cuál es el P/N del fabricante, con el fin de si es necesario comprar un sistema nuevo o de realizar consultas más precisas al fabricante. En el punto *2. Document Index* se adjuntan todos los documentos que son útiles para usar el sistema, como por ejemplo el manual de uso o fichas técnicas, también se adjunta los diagramas. El segmento *3. Calibration Items*, se coloca si requiere calibración, su intervalo, su rango y tolerancia, también para facilitar la calibración se explica la manera en la cual se tiene que realizar, así estandarizar el método. *4. Preventive Maintenance*, recalca la información normalmente sugerida por el fabricante ya que son los expertos en el sistema y tiene datos históricos, como por ejemplo cambios de filtros y también recomendaciones de las piezas que deberíamos de tener en *stock* ya que son las posibles piezas que se cambian con más frecuencia.

Luego sigue la parte de *General Requirements*, se completa con información del fabricante, estos datos son bastante importantes para la instalación del equipo, ya que contienen las entradas eléctricas, presión y precauciones para hacer uso del sistema.

Ejemplo del Equipment Spec.

Ilustración 21 Equipment Spec Hoja 1











 <b>Equipment Specification, "Protegra 260 RO SC EDI"</b>	P/N XXXXX Rev. A Part Type 710 ECNXXXXX Page 1 of 4
---	--

*NOTE: Refer to P/N 66327 for requirements and guidelines for applicable Sections*

**1. Description**

<b>Equipment Description:</b> Protegra 260 RO SC EDI		<b>Equipment Type:</b> Manufacturing Equipment	
Distributor	Distributor P/N	Manufacturer	Manufacturer P/N / Model
V&P Asesores S.A.	Protegra 260 RO SC EDI	Evoqua Water Technologies	W3T199823

**2. Document Index**

PN	Title			
66327	DTI, PROCEDURE FOR FULFILLING EQUIPMENT			
Equipment Manuals	 Protegra 260 RO SC EDI Manual.pdf	 Storage Tank Manual.pdf	 UV Submersible Lamp.pdf	 Myron750II.pdf
	 Ficha Tecnica Bomba de Rechazo.pdf			
Diagrams	 Protegra Flow Diagram.PDF	 Protegra Circuit Diagram.pdf	 Piping Instr Diagram.pdf	
Equip Certificates / Annex	 Certificates.zip		 Annex.zip	

**Note:** It is allowed to add to the form any other additional information/procedure necessary as part of the equipment operation or initial setup to ensure the equipment functions properly.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 22 Equipment Spec Hoja 2

 <p>Equipment Specification, "Protegra 260 RO SC EDI"</p>	<p>P/N XXXXX Rev. A Part Type 710 ECNXXXXX Page 2 of 4</p>
--	--

3. Calibration items

Calibration Required:	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No, Justification ECN#: _____
Calibration Interval (months):	6M	
Calibration range:	Type II for the water. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductivity &lt; 2.00 <math>\mu</math>S/cm</li> <li>• Resistivity: 2 M<del>Ohm</del><math>\Omega</math>-cm</li> <li>• TOC &lt; 30 ppb</li> <li>• Bacteria &lt; 10 CFU/ml</li> <li>• Endotoxins &lt; 0.25 EU/ml</li> </ul>	
Tolerance (+/-):	Tolerance of the measure system.	
Calibration Procedure:	Fill a 1 liter in a Ambar bottle, send it to a microbiology lab, with the result compare to the data that the system is showing.	

4. Preventive Maintenance

4.1. Production Requirements  Yes  No Justification ECN#: \_\_\_\_\_

Interval	PM procedure
3M	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Verify on the pressure gauge (PI3.1) located at the front side; that the pressure is between 6 - 14 bar. Note: Follow the instruction 6.2 on the Manual to adjust if is necessary</li> <li>❖ Replace the activated carbon filter. Note: Follow the instruction 6.3 on the Manual to replace correctly</li> <li>❖ Verify on the front panel if the Amperage of the EDI is between 8 and 10 A and the Voltage don't exceed 25 V. Note: Follow the instruction 6.6 on the Manual to adjust if is necessary</li> <li>❖ Verify that the tank of the softener has salt, if not fillet with Salt Soft Sel. Also verify the harness of the water before the softener, it should be less than 10</li> </ul>
12M	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Tighten the nuts of the EDI cell. Note: Follow the instruction 6.4 on the Manual</li> </ul>
3M	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Change the CO2 Trap located at the top of the tank.</li> </ul>
12M	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Change the UV-Reactors for TOC Reduction Note: Follow the instruction 4.1 on the UV Submersible Lamp Manual.</li> </ul>
24M	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Change the RO Module turn of the system to change the RO module.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.



 <p>Equipment Specification, "Protegra 260 RO SC EDI"</p>	<p>P/N XXXXX Rev. A                  Part Type 710                  ECNXXXXX                  Page 3 of 4</p>
--	---

4.2. Non-Production Requirements  Yes  No Justification ECN#: \_\_\_\_\_

Interval	PM procedure
NA	There are no specific instructions to be performed when the equipment is used in Non-Production Activities.

4.3. Recommended spare part list per unit

Description	Distributor	Distributor P/N from Evoqua	Quantity
Activated Carbon Filter	V&P Asesores S.A	W2T526933	1
CO2 Trap CT2, incl. Vent Filter	V&P Asesores S.A	W3T198126	1
CO2 Trap CT2, incl. Vent Filter Replacement cartridge	V&P Asesores S.A	W3T197551	1
Vent Filter VT2 (Option)	V&P Asesores S.A	W3T198123	1
Vent Filter VT2 Replacement cartridge	V&P Asesores S.A	W3T526553	1
UV Replacement Lamp 15W	V&P Asesores S.A	W3T198394	1
Submersible UV Lamp Kit 15 Watt (option)	V&P Asesores S.A	W3T198141	1
Ball Valve	V&P Asesores S.A	W2T505945	1
Nivea sensor 200bar	V&P Asesores S.A	W3T199393	1
Submersible UV Lamp Kit (38 Watt)	V&P Asesores S.A	W3T197502	1
UV-Reactors for TOC Reduction	V&P Asesores S.A	W3T197569	1
Reverse Osmosis Module	V&P Asesores S.A	W2T522516	1

Fuente: Elaboración propia.

 <p>Equipment Specification, "Protegra 260 RO SC EDI"</p>	<p>P/N XXXXX Rev. A                  Part Type 710                  ECNXXXXX                  Page 4 of 4</p>
--	---

**General Requirements**

**1. Safety requirements**

Electrical	Be sure that the system is off before making/removing any electrical connections.
Environmental	N/A
High Pressure	N/A

**2. Input Requirements**

Electrical Inputs	230 V, 50Hz
Pressure Inputs	Feed water pressure: 2 - 6 bar
Hydraulic Inputs	N/A

**3. Preservation Requirements**

Operational temperature	Temperature between 5 and 30 °C
Relative Humidity	Not higher than 85%

**4. Handling**

Handling instructions	Only authorized and trained personnel are allowed to operate the equipment. The user must have been instructed about the potential hazards involved in using the equipment. Use goggles and protective gloves resistant to chemicals when is going to do maintenance.
-----------------------	---

**5. Records**

Calibration and preventive maintenance records are maintained properly in SAP.

**6. End**

Fuente: Elaboración propia.

Las empresas que fabrican dispositivos médicos están regulados por diferentes entes para poder vender el producto a diferentes países, esto significa que todo equipo o producto que ingresa o se elabora en la empresa tiene que tener un protocolo que indique que el sistema o equipo está calificado y funciona para lo que va a ser utilizado; por eso este sistema de purificación de agua requiere ser validado para dejar en un documento que el sistema es capaz de producir la cantidad y calidad de agua que necesita la empresa.

### **3.4.2. Protocolo de Instalación**

Para este sistema se crearon dos protocolos, uno es para validar la instalación, en él se verifican puntos clave y va enfocado a que si se enciende el sistema no se vaya a dañar algún componente debido a una mala conexión. Profundizando un poco más en el protocolo de IQ (*installation qualification*) se tiene que el sistema consta de varios componentes purificadores del agua, esta regla trata de ir equipo por equipo verificando su disposición y para evitar que una vez encendido exista algún daño en el sistema. Cada componente de este sistema es el mismo flujo por donde iría pasando el agua, y en cada uno se estaría haciendo una verificación que todas las conexiones lleven el flujo correcto; adicionalmente a la instalación, en este protocolo también se valida si el software que trae el sistema es funcional, por eso se le hace una verificación para corroborar que todo comando que se realiza en la pantalla se ve reflejado en el sistema. Ver el anexo 3.

### **3.4.3. Protocolo de Rendimiento**

El siguiente protocolo es el de rendimiento, o en inglés *performance qualification*. Más que nada va enfocado en la capacidad del sistema de poder estar funcionando y suplir al área del Machine Shop las cantidades y la calidad de agua que se necesita, este protocolo se desenvuelve en un periodo de cuatro semanas debido a la USP (*United States Pharmacopeia*), ya que hay que estar monitoreando la calidad del agua durante cierto tiempo para estar seguro que el sistema es capaz. No obstante, el sistema tiene una calibración y mantenimiento que regularmente se ajustan para que el sistema esté dentro del rango que se necesita (ver el anexo 4 donde se aprecia el protocolo de PQ o *Performance Qualification*.)

### **3.4.4. Retorno de la Inversión**

Los siguientes datos fueron los utilizados para calcular los ahorros que tendría la empresa anualmente, para luego realizar el análisis de retorno de inversión.

Cantidad de Galones por Mes (unidades)	3014
Costo de un Galón en Colones	849.60
Costo por mes en Colones	2,560,694.40
Costo por mes en Dólares (cambio a 610)	4,197.85
Costo de Galones al año en Dólares	50,374.20

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular los gastos que tendría tener el sistema funcionando se tomó en cuenta la siguiente tabla. El sistema consume 0.75 kW/h, aparte de los mantenimientos y repuestos, que se verá todo junto en la tabla de Excel.

Periodo Punta	51 Colones por kW/h	Por 6 (turno 1) = 306 Colones
Periodo Valle	18.75 Colones por kW/h	Por 6 (turno 2) = 112 Colones
Periodo Nocturno	11.25 colones por kW/h	Por 6 (turno 3) = 67 Colones
	Sumatoria	485 Colones
	Por una semana	3,395 Colones
	Costo por un año	162,960 Colones
	En Dólares (610) por año	267.14 Dólares

Fuente: Elaboración Propia

El costo del agua para la empresa es de tres dólares por metro cúbico, es decir, cada 1000 litros cuestan tres dólares, sabemos que aproximadamente el área de Machine Shop usa 454 litros por día, por lo tanto, cada dos días el sistema utilizaría casi los tres dólares por metro cúbico. Ahora bien, si hacemos el cálculo de que cada dos días se gastan esos 1000 litros, cada semana sin contar domingo, serían nueve dólares por semana, al mes treinta y seis dólares, y al año cuatrocientos treinta y dos dólares de gasto.

En la siguiente imagen, la cual también se encuentra en el Anexo 5, podemos apreciar el retorno de la inversión, la tabla de Excel unifica todos los datos previamente calculados, el *investment* es el costo del sistema, en *annual savings*, se coloca sumado todo lo que sea ahorro al instalarlo, en este caso sería la eliminación del sistema de inventarios. En la sección de *cost investment* se colocan todos los gastos anuales que requiere el sistema para estar en funcionamiento, como mantenimiento, costo de la energía, del agua y los repuestos que hay que tener en *stock* o ir comprando.

En la tabla podemos ver una sub tabla con unos datos amarillos, para explicar un poco, el 12% de WACC es el porcentaje que ganaría la empresa si el *investment* lo coloca en un banco, ese 12% se compara con el IRR (Internal Rate Return) que es el porcentaje que generaría a la empresa si se hace el proyecto, el IRR es de un 50% por lo tanto, este dato nos está indicando que sería una buena opción invertir ese dinero; el retorno de la inversión sería en un año y nueve meses.

Ilustración 25 Retorno de Inversión

Annual Saving	\$50,374	Investment	\$89,836								
<b>Cash Flow Template</b>											
Input areas shaded in gray		Cells shaded in green are formulas - do not overwrite.									
Cost of Sales - last 12 months		Modify cash flows as needed.									
Cash Flow by year	Start	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10
In (Savings)											
Variable		50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374
Fixed											
Other: Specify											
Operating Cash Flow excl depr		50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374	50,374
Cost Investment - enter as negative amounts											
Capital	(89,836)										
Maintenance	(3,000)	(3,000)	(3,000)	(3,000)	(3,000)	(3,000)	(3,000)	(3,000)	(3,000)	(3,000)	(3,000)
Electricity cost	(267)	(267)	(267)	(267)	(267)	(267)	(267)	(267)	(267)	(267)	(267)
Water cost	(432)	(432)	(432)	(432)	(432)	(432)	(432)	(432)	(432)	(432)	(432)
Spare Parts	(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,000)	(1,000)
Total Investment	(89,836)	(4,699)	(4,699)	(4,699)	(4,699)	(4,699)	(4,699)	(4,699)	(4,699)	(4,699)	(4,699)
Cumulative cash flow excl depr	(89,836)	(44,161)	1,514	47,189	92,864	138,539	184,214	229,889	275,564	321,240	366,915
# of Months of Savings In First Year	12	1.00	0.88	0.03	0.94	1.84	2.75	3.66	4.56	5.47	6.38
		45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675
	(89,836)	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675	45,675
WACC	12%										
Internal Rate of Return	50.0%										
Payback in years	1.9										
< Net present Value - 5 Years >	\$ 74,812.37										
< Net present Value - 10 Years >	\$ 168,238.28										

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5. Conclusiones

Se investigaron las necesidades de la empresa, las cuales eran tener control de la calidad del agua que se va a utilizar en los procesos de lavado; con los datos recolectados se hizo una búsqueda de un sistema que pudiera cumplir con estas necesidades, entre varias cotizaciones se escogió el sistema Protegra, ya que este cumple con los requerimientos de calidad y los picos de producción. Se instaló el sistema en el Cuarto de Máquinas con una estructura y todos sus sensores para poder tener control de este y se le diseñó una red de distribución que lleva el agua desde el tanque de almacenamiento a cuatro puntos dentro del área de Machine Shop, funcionando bastante bien.

Al ser una industria médica y al ser los productos utilizados en personas, es de suma importancia que la empresa esté regulada por entes como le FDA, por lo que todo equipo, sistema o producto que ingresa a la compañía debe tener una validación que cumpla con la política de calidad existente. Por lo tanto, se crearon dos protocolos de validación al sistema de purificación de agua, el protocolo de instalación y verificación software, y luego un formulismo de rendimiento para corroborar que durante el tiempo el sistema es capaz de purificar agua a los valores requeridos.

Se realizó un análisis para ver si era factible comprar e instalar el sistema, el cual en los resultados encontrados una vez realizado el cálculo se aprecia que es mejor hacer el proyecto que colocar esa inversión en el banco, ya que en el banco compondría un 12% y al realizar el proyecto generaría un 50%. También con este estudio se aclara que el retorno de la inversión se daría a partir del primer año y nueve meses, que es un buen retorno de la inversión, ya que varias empresas tienen la política de no más de dos años.

### **3.6. Recomendaciones**

Durante la elaboración de este proyecto, surgieron imprevistos los cuales serán mencionados en seguida.

Entre las recomendaciones para este proyecto, sería bueno agregar un medidor de resistividad a la llegada de la red de distribución, justo antes del depósito en el tanque. También para este proyecto sería útil tener una pantalla en el área de Machine Shop con cierta información para que, en el proceso de lavado, puedan apuntar los datos en tiempo real de la calidad de agua que están utilizando.

Uno de los imprevistos que se tuvo con la instalación de la red de distribución, fue un mal cálculo de la posición desde la entreplanta, esto generó que cuando se pidieron los materiales, el polipropileno, nos hicieron falta 10 metros de material, esto demoró la instalación de la red y del proyecto en casi tres semanas, ya que el material es traído fuera del país. Por ello, la recomendación: siempre verificar bien el área para hacer el cálculo de material lo más acertado posible, y siempre tener un margen de error para evitar atrasos.

## 4. Referencias Bibliográficas

- Agua.org. (s.f.). Recuperado el 03 de 03 de 2019, de Agua: <https://agua.org.mx/que-es/>
- Aguasistec. (s.f.). Recuperado el 05 de 03 de 2019, de Filtro de carbon Activado: <http://www.aguasistec.com/filtro-de-carbon-activado.php>
- Ambietum. (s.f.). Recuperado el 03 de 03 de 2019, de Enciclopedia Ambietum: [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/La\\_molecula\\_del\\_agua.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/La_molecula_del_agua.asp)
- Canal Construcción. (s.f.). Recuperado el 08 de 03 de 2019, de Polipropileno: <http://canalconstruccion.com/polipropileno-usos-y-caracteristicas.html>
- Carbotecnia. (s.f.). Recuperado el 08 de 03 de 2019, de Ósmosis Inversa: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-la-Ósmosis-inversa/>
- Condorchem. (s.f.). Recuperado el 08 de 03 de 2019, de Electrodesionización: <https://condorchem.com/es/electrodesionizacion/>
- Díaz, J. P. (s.f.). usmp. Recuperado el 03 de 03 de 2019, de usmp.edu: <http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Farnell. (s.f.). Recuperado el 08 de 03 de 2019, de Lavadora Ultrasonica: <http://www.farnell.com/datasheets/1885496.pdf>
- Lenntech. (s.f.). Recuperado el 05 de 03 de 2019, de filtros de sedimentos: <https://www.lenntech.es/filtros-y-filtracion/filtro-de-sedimentos.htm>
- PureAqua. (s.f.). Recuperado el 05 de 03 de 2019, de Suavizador: <https://es.pureaqua.com/suavizador-de-agua/>
- QuimiNet. (s.f.). Recuperado el 08 de 03 de 2019, de Polipropileno: <https://www.quiminet.com/articulos/todo-acerca-del-polipropileno-4455.htm>
- Smith & Nephew. (s.f.). Recuperado el 28 de Febrero de 2019, de Smith-Nephew: <http://www.smith-nephew.com/about-us/who-we-are/vision-and-values/>
- Smith-Nephew. (s.f.). Recuperado el 28 de Febrero de 2019, de Smith-Nephew: <http://www.smith-nephew.com/about-us/who-we-are/our-history/>
- Textos Científicos. (s.f.). Recuperado el 08 de 03 de 2019, de Ósmosis Inversa: <https://www.textoscientificos.com/quimica/Ósmosis/inversa>
- Volvo. (15 de 06 de 2007). Obtenido de [http://productinfo.vtc.volvo.se/files/pdf/lo/Power%20Take-off%20\(PTO\)\\_Spa\\_08\\_580117.pdf](http://productinfo.vtc.volvo.se/files/pdf/lo/Power%20Take-off%20(PTO)_Spa_08_580117.pdf)

Wasserlab. (s.f.). Recuperado el 05 de 03 de 2019, de Sistemas de purificación de agua:  
<https://www.wasserlab.com/es/agua-pura/estandares-para-la-calidad-del-agua>



## 5. ANEXOS



W3T438024\_BA\_Prote  
gra\_CS\_RO\_ED1\_260\_6i

### **Anexo 1**

**Manual del Protegra**



W3T438023\_WCE130  
5\_PID\_Rev01.PDF

### **Anexo 2**

**Diagrama de flujo**



PN 107313 IQ  
Protocol Protegra.pdf

### **Anexo 3**

**IQ Protocolo**



PN 107314 PQ  
Protocol Protegra.pdf

### **Anexo 4**

**PQ Protocolo**

### **Anexo 5 – Retorno de inversión**



Retorno de  
Inversion.xlsx

### **Carta del Lector**



Carta del Lector.pdf

### **Carta del Tutor**



Carta del Tutor.pdf

### **Tribunal Examinador**



Carta Tribunal  
Exarminador.pdf

### **Declaración Jurada**



Declaracion  
Jurada.pdf

### **Carta del Filólogo**



Carta del  
Filologo.pdf