



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN-Managua

Reciento Rubén Darío

Facultad de Ciencia e Ingeniería

Seminario de Graduación

Tema:

Sistema de monitoreo a través de una interfaz gráfica, para controlar la planta de agua central que abastece al municipio de San Juan Del Sur.

Autores:

Br. Junior Isaac Carmona Alegría.

Br. Jean Carlos palacios.

Tutor: Msc. Adriana Suazo.

Managua, Diciembre 2020.

Dedicatoria

Dedico esta investigación primeramente a nuestro Dios que me ha llenado de bendiciones y la oportunidad de haber estudiado en esta casa del saber y alma mater como es la Unan-Managua, a él le dedico los esfuerzos de cada día para poder culminar con éxito mis estudios universitarios.

A mis padres, que con sus esmero y dedicación incondicional, me han apoyado durante el transcurso de mi formación profesional.

A mis maestros que en todos estos años con paciencia, esfuerzos, dedicación me brindaron sus importantes conocimientos para poder alcanzar mis metas.

En último lugar a todas las personas que de una u otra manera me apoyaron y motivaron para esta culminación de estudio profesional.

Junior Isaac Carmona Alegria

Dedico esta investigación a Dios nuestro creador porque gracias a Él, estoy con vida, bendecido y puedo comprender de una carrera profesional de una de las mejores universidades del país como lo es la Unan-Managua, y esperando tener éxitos por su misericordia en mi vida laboral.

A mis padres por brindarme todo el apoyo incondicional y esfuerzo para poder culminar mis estudios profesionales.

A mis maestros porque siempre han tenido su disponibilidad para compartirme de sus conocimientos profesionales, y que de tal manera pueda formarme técnicamente en todas las áreas de la carrera, y la pueda culminar con éxitos.

En última instancia a todas las personas que me inspirado a seguir adelante profesionalmente y que de alguna otra manera han tenido su gesto amable para que sea posible que me egrese como una persona profesional ante la sociedad.

Jean Carlos Palacios

Agradecimientos

Agradecemos a Dios creador de todas las cosas por permitirnos desarrollar con éxito esta etapa en nuestras vidas, por brindarnos salud, entendimiento y sabiduría para realizar este trabajo investigativo.

A nuestros padres y familiares que nos dedicaron ese apoyo incondicional en cada etapa de nuestra formación académica y de educación profesional, así también durante todo el proceso de esta investigación.

A las personas que nos abrieron las puertas para entrevistarles por estar disponibles en todo momento y nos brindaron la información necesaria para llevar a cabo toda nuestra investigación.

A todos nuestros maestros de la Unan-Managua por la paciencia de cada día, al transmitir sus conocimientos a lo largo de nuestra carrera como estudiantes universitarios.

Por último y no menos importante a nuestra Msc. Adriana Suazo por impulsarnos en la investigación y motivarnos constantemente al brindarnos el apoyo incondicional de esta investigación.

Resumen

El presente trabajo, muestra la propuesta de un sistema de control automático para la planta de Enacal, que permitirá satisfacer la demanda de agua potable para el municipio de San Juan del Sur. La idea surge a partir de la dificultad que posee este sector sanjuaneño a la hora de que el agua no llega a los hogares. La investigación se realizó en un periodo de 2 meses a principios de Abril y a finales de Junio en la comunidad de la Virgen, Departamento de Rivas.

Para el estudio inicialmente se realizó un análisis en la planta principal de Enacal para el diagnóstico del funcionamiento de esta misma, esto con el fin de hacer una propuesta que permitiera mejorar su sistema actual.

Se desarrolló una interfaz gráfica y un prototipo virtual para demostrar el funcionamiento del sistema de control automático y posteriormente hacer pruebas de laboratorio para verificar la funcionalidad del sistema y su eficiencia.

Contenido

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Justificación.....	5
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1. Objetivo general.....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1. Automatización	7
3.1.1. Conceptos Generales.....	7
3.2. Clasificación de los sistemas de control.....	8
3.2.1. Sistema de control de lazo abierto.....	8
3.2.2. Sistema de control de lazo cerrado.....	9
3.3. Elementos de un sistema de control automático.....	10
3.3.1. Configuración interna.....	10
3.3.2. Modo de Operación.	11
3.3.3. Tipos de señales utilizadas por los PLCS	11
3.3.3.1. Señales binarias	12

3.3.3.2.	Señales digitales.....	12
3.3.3.3.	Señales analógicas.....	12
3.3.4.	Sensores	13
3.3.5.	Actuadores.....	13
3.3.5.1.	Motores térmicos.....	13
3.3.5.2.	Motores de combustión interna	13
3.3.5.3.	Motores de combustión externa	13
3.3.5.4.	Motores eléctricos	14
3.3.5.5.	Válvulas	14
3.3.5.6.	Variador de frecuencia	14
3.3.5.7.	Optoacoplador	15
3.3.6.	Sistema de monitoreo	15
3.3.7.	Normativas de seguridad:.....	15
3.3.7.1.	Normativa de seguridad para equipos eléctricos/electrónicos: ISO 26262	16
3.3.7.2.	Norma IEC-61131	16
3.3.7.3.	Norma Artículo 100.....	17
3.3.7.4.	Norma básica de seguridad concerniente al control electrónico: IEC 61508.....	17
4.	DESARROLLO.....	18
4.1.	Diagnóstico en el sistema de Enacal, mediante visitas de campo para conocer la problemática de diseño.	18
4.1.1.	Ubicación.....	18
4.1.2.	Infraestructura	19
4.1.3.	Organigrama de la empresa Enacal.....	21
4.1.4.	Análisis de la Entrevista	22
4.1.4.1.	Etapa 1. Funcionamiento de la planta y sus procesos	22
4.1.4.2.	Etapa 2. Pre-tratamiento.....	23
4.1.4.3.	Etapa 3. Clarificación	23
4.1.4.4.	Etapa 4. Filtración.....	23
4.1.4.5.	Etapa 5. Desinfección	24
4.1.5.	Diseño actual de la planta.....	25
4.2.	Diseño del sistema de monitoreo, a través del control e interfaz web, para tener visibilidad de las zonas a inspeccionar a la planta de agua.....	30
4.2.1.	Diseño electrónico del sistema	30

4.2.1.1.	Funcionamiento por etapas.....	32
	Etapa 3. Controlador de variador de frecuencia.....	36
	Etapa 4. Proceso de homogenizado	37
4.2.2.	Componentes y especificaciones técnicas para el prototipo experimental.....	37
4.2.3.	Funcionamiento del diseño a través del control e interfaz web.	40
4.2.3.1.	Diagrama de flujo general que representa la configuración entre la HMI y el PLC.	44
4.2.3.2.	Diagrama de flujo de las conexiones entradas y salidas entre el Arduino y Plc.	45
4.3.	Prototipo experimental, donde se muestre el funcionamiento básico de la planta.	47
4.3.1.	Dimensiones y materiales.....	48
4.3.2.	Validación de parámetros eléctricos	52
4.3.3.	Presupuesto del prototipo.....	54
5.	Componentes y especificaciones técnicas para el modelo de la planta a escala real.....	56
6.	CONCLUSIONES.....	71
7.	RECOMENDACIÓN.....	72
8.	BIBLIOGRAFÍA	73
9.	ANEXOS	74
9.1.	Entrevista.....	77

1. Introducción

Los sistemas de control automático son mecanismos con los cuales se podrá monitorear diversos valores analógicos de diferentes sensores y se controlan sin necesidad de la intervención humana; estos han revolucionado durante muchos años la efectividad de fabricación y encontrarlos en las distintas facetas de las industrias, compañías y hasta hogares, haciendo que a estas se les haga mucho más fácil el poder producir, controlar, y calcular las determinadas tareas que les asigna.

Por lo tanto, estos sistemas automatizados son de mucha importancia en las industrias y evoluciona mucho más durante los últimos años, el campo de la ingeniería de control de procesos ha logrado obtener datos muy exactos, todo con una gran precisión y en tiempo real, esto hace que se controlen los problemas que se puedan presentar, y evitar pérdidas monetarias.

En la compañía de Enacal en San Juan Del Sur, estos sistemas no pueden quedarse atrás, ya que además de hacer el trabajo mucho más fácil para sus empleados, permitiría adelantarse a diversos conflictos, y dar una calidad en producto de forma satisfactoria a la población.

La investigación da una propuesta de control de la interfaz gráfica para el monitoreo de las diferentes variables y el sistema en general un ejemplo sería: Ph, temperatura, caudal del agua, observar la revoluciones del motor del proceso homogeneizador como se van llenando los tanques en valores de 0 a 100, entre otros.

Lo mencionado con anterioridad es necesario para que la planta pueda mantener una eficacia en el funcionamiento de sus procesos ya que esto generaría una mejor organización, monitoreo rápido y genera predicciones de posibles problemas como ejemplo: (la ruptura de diferentes tuberías respecto a la presión, una temperatura estable para una ratificación del ingreso de diferentes químicos).

Conforme al análisis realizado, se ha creado un diseño electrónico realizado en cadesimu, donde se propone mejorar y controlar la planta de agua, así también se realiza una web donde se podrá activar y visualizar ciertos valores analógicos y my open lab como HMI(interfaz humano-maquina) que dispone de todos los parámetros a monitorear.

La verificación de este trabajo finaliza realizando un prototipo donde se comprueba el funcionamiento a nivel de las etapas de la planta de agua que se mencionan con posterioridad en el documento.

En este prototipo que tiene como controlador principal el PLC (controlador lógico programable) se podrán observar la activación de diferentes actuadores como electroválvulas, y observar las mediciones analógicas de los sensores, todo esto manipulado desde la web.

1.1. Antecedentes

En México, se realizó un Sistema de Monitoreo de Procesos en la Industria Química-Pozo de Agua Potable del Municipio de Zapotlán de Juárez, Hidalgo, México en 2009.

En el 2008 se realizó un diseño de un sistema de supervisión centralizado para las plantas de tratamiento de agua de CVG GOSH. Ciudad Guayana.

También se han hecho investigaciones y proyectos en líneas. Pablo Turmero hizo una interesante aportación acerca de la automatización y la importancia que tiene la interfaz hombre-máquina.

A nivel local también se han implementado sistemas automáticos similares.

Nicaragua, se suma a otros países a nivel mundial en implementar tecnología de automatización, para la generación de energía eléctrica, como es el sistema de supervisión, control y adquisición de datos, conocido en el mercado internacional como Supervisory Control And Data Acquisition.

La modernización y automatización de la Planta Hidroeléctrica Carlos Fonseca (PCF), es una realidad, a finales del mes de febrero del 2018.

El año 2005 la empresa Enacal hizo oficial la instalación de un sistema automático en sus pozos de San Juan del Sur, anteriormente habían trabajado con un sistema que les permitía a sus trabajadores, controlar ciertos puntos de la planta como lo era el cierre de electroválvulas automático, cuando los tanques estuvieran llenos, y así también el caudal tener registrado el agua que entra, como el agua que sale.

Este sistema suministra la misma agua por gravedad a los depósitos mediante tubería a las líneas de producción en función de la demanda y un acoplamiento entre las entradas y salidas del sistema. En el 2010 este sistema ya no funcionaba hasta la actualidad.

1.2. Planteamiento del problema

La planta de agua de Enacal está situada en el departamento de Rivas, municipio de San Juan del sur, la bomba que suministrar toda el agua a este municipio y alrededores se sitúa en la comarca la Virgen. Las tuberías están sumergida en la costa de la playa de la Virgen.

El proyecto comprende una propuesta para la planta de agua en dicho lugar, esta necesita modernizar la tecnología que se usaba antes en el establecimiento. Para esto las partes que se van a mejorar sería el control de litros de agua que llegan a la planta, la observación de cuanto cloro se utiliza para desinfectar el agua y por último comprobar cuantos litros de agua salen del lugar.

La falta de control que tiene la planta de agua, y su diseño poco eficiente y ya prácticamente caducado, hace que se plantee esta propuesta de diseño y mejorar lo que es servicio de agua potable en el municipio de San Juan Del Sur.

Esta investigación propone de facilitar usar un sistema de control más ordenado del que tenían ahora ya que es poco eficiente al momento de trabajar y tiene muchas fallas por la falta de mantenimiento que da la empresa a la planta de agua, por otra parte el sistema actualmente es bastante manual y los operadores toman tiempo en observar cada uno de sus procesos en diferentes tiempos.

La planta no cuenta con todos los actuadores en funcionamientos lo que hace que el supervisor lo haga manual en cada proceso, estos no funcionan ya que los sensores están deshabilitados y dañados. Por otra el monitoreo de interfaz gráfica no se encuentra en funcionamiento por las fallas antes mencionadas.

1.3. Justificación

En el municipio de San Juan del sur, comarca la virgen donde está situada la planta de agua potable que pertenece a ENACAL, esta abastece al municipio y como a los diferentes pueblos aledaños, la bomba tiene como fuente de subestación el agua de la playa de dicha comarca.

La investigación propone a la compañía, un sistema donde la bomba de agua de un mejor servicio de bombeo del elemento natural, también se verificará que tanta cantidad de cloro es necesaria para que el agua comprenda del estándar. Se pretende el control de prácticamente toda la planta y que cualquier fallo que genere, pueda ser prontamente solucionado. Con este diseño se trata de ampliar las funciones que da la empresa en servicios de agua con los estándares de calidad y eficiencia respecto a la organización, control, monitoreo y tiempo respecto a la demanda que se genera en la planta.

Todo esto lleva a mejorar a la planta con el sistema de interfaz gráfica, adaptado con los parámetros de análisis del agua como sistema de control y monitoreo, esto se realiza para que sea más accesible para el nuevo empleado que llegue a trabajar a la empresa, vaya a hacer más amigable y le ayude a llevar un mayor control de la bomba, y conocer con más detalles el funcionamiento de cada uno de los procesos que realiza la planta para mantener los modelos de calidad que facilitan población .

2. Objetivos de la investigación

2.1. Objetivo general

- Proponer un sistema de monitoreo a través de una interfaz gráfica, para automatizar la planta de agua central que abastece el municipio de San Juan Del Sur.

2.2. Objetivos específicos

- Analizar el diseño actual del sistema de monitoreo de la compañía Enacal, para diagnosticar la funcionalidad de sus diferentes procesos.
- Realizar un diseño del sistema de monitoreo de la empresa Enacal, a través del control e interfaz gráfica, para tener visibilidad de las zonas a inspeccionar de la planta de agua.
- Desarrollar un prototipo experimental, donde se muestre el funcionamiento básico de la planta.

3. Marco teórico

En esta parte del documento se describirán los conceptos como son las definiciones de un sistema de control de lazo cerrado o abierto, conceptos generales, el controlador que se estará utilizando para realizar el prototipo y de último las características del microcontrolador.

3.1. Automatización

Dispositivo que se encarga de controlar el funcionamiento del proceso capaz de reaccionar ante las situaciones que se presenten.

3.1.1. Conceptos Generales

3.1.1.1. Sistema de control.

Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlar se por sí mismo (Gaviño, 2010).

Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal $r(t)$ a manera de entrada para obtener una respuesta o salida $y(t)$, puede representarse mediante bloques ver (figura 1).

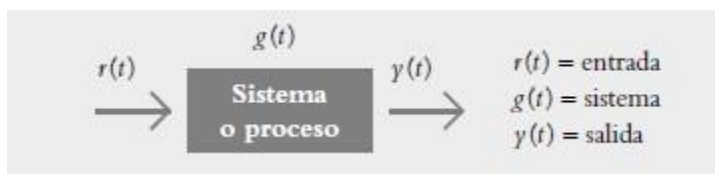


Figura 1. Representación de bloques un sistema o proceso. (Hernández, Gaviño, 2010).

El vínculo entrada-salida es una relación de causa y efecto con el sistema, por lo que el proceso por controlar (también denominado planta) relaciona la salida con la entrada. Las entradas típicas aplicadas a los sistemas de control son: escalón, rampa e impulso, según se muestra en la (figura N°2).

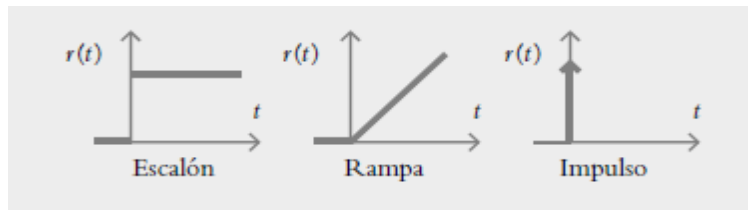


Figura 2. Distintos Tipos de entrada en los sistemas de control. (Hernández, Gaviño, 2010).

3.2. Clasificación de los sistemas de control

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazos abiertos (o no automáticos) y sistemas de lazo cerrado (retroalimentados o automáticos). Para llevar a cabo dicha clasificación, se hace la siguiente definición:

Acción de control: Es la cantidad dosificada de energía que afecta al sistema para producir la salida o la respuesta deseada (Gaviño, 2010).

3.2.1. Sistema de control de lazo abierto.

Es aquel sistema en el cual la acción de control es, en cierto modo, independiente de la salida. Este tipo de sistemas por lo general utiliza un regulador o actuador con

La finalidad de obtener la respuesta deseada. Ver (Figura N°3). Sistema de lazo abierto para controlar el tueste de un pan, el proceso a controlar.

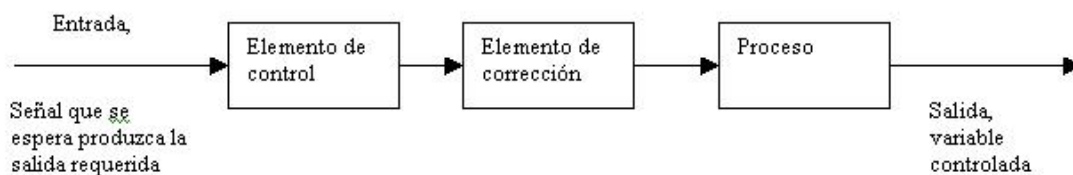


Figura 3. Sistema de lazo abierto. (Hernández, Gaviño, 2010).

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto, a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de

perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se utiliza si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado (Gaviño, 2010).

3.2.2. Sistema de control de lazo cerrado.

Es aquel sistema en el cual la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, entonces, con una referencia a manera de entrada. Por esta razón, los sistemas de lazo cerrado se denominan sistemas retroalimentados. El término retroalimentar significa comparar; en este caso, la salida real se compara con respecto al comportamiento deseado, de tal forma que si el sistema lo requiere se aplica una acción correctora sobre el proceso por controlar. (La figura N°4) muestra la configuración de un sistema retroalimentado (Gaviño, 2010).

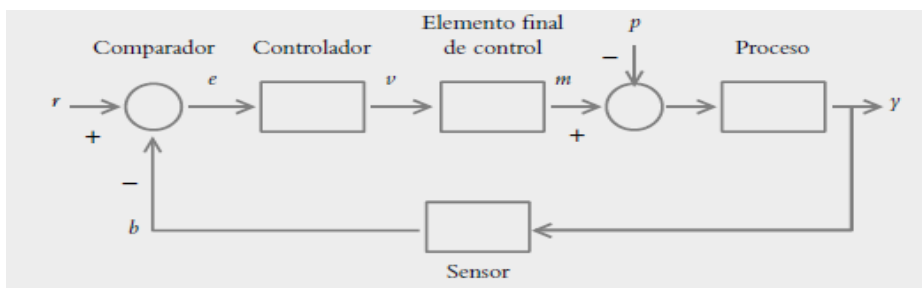


Figura 4. Diagrama de bloques de un sistema retroalimentado (Hernández, Gaviño, 2010).

Definición de las siguientes variables:

$r(t)$ = Entrada de referencia.

$e(t)$ = Señal de error.

$v(t)$ = Variable regulada. $m(t)$ = Variable manipulada. $p(t)$ = Señal de perturbación. $y(t)$ = Variable controlada.

$b(t)$ = Variable de retroalimentación como resultado de haber detectado la variable controlada por medio del sensor.

Con respecto a la figura4 anterior, la entrada de referencia r se compara con la variable de retroalimentación b . El comparador lleva a cabo la suma algebraica de r

$-b$, con lo cual genera la señal de error e , variable que ejerce su efecto sobre el controlador. Esto da lugar a la variable regulada v , que se aplica al elemento final de control y produce la variable manipulada m ; la función de dicha variable es suministrar la cantidad de energía necesaria al proceso por controlar. La variable controlada y resulta de ajustar el comportamiento del proceso.

Los bloques comparador y controlador forman parte de una misma unidad, la cual recibe el nombre genérico de controlador. (Gaviño, 2010)

3.3. Elementos de un sistema de control automático

Un PLC, denominado así por las siglas en ingles de Controlador Lógico, Programable, es un aparato que fue inventado para remplazar los circuitos secuenciales relés utilizados en el control de máquinas (Gaviño, 2010).

3.3.1. Configuración interna

Un PLC consiste básicamente en una CPU (Unidad Central de Procesos); áreas de memoria, y circuitos apropiados para gestionar los datos de entrada y salida. Bajo el punto de vista de reemplazar los antiguos circuitos de relé, el PLC se puede considerar como una caja llena de miles de relés, contadores, temporizadores y lugares para almacenamiento de datos esto es solo una analogía, ya que estos elementos son emulados por el PLC y no existen realmente.(Ver figura N°5).

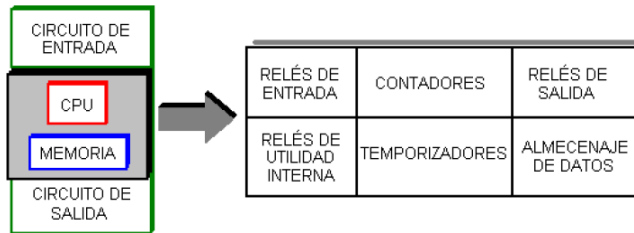


Figura 5. Esquema de los componentes principal de un PLC. Fuente: (Ramírez Cortes, 2001).

3.3.2. Modo de Operación.

Un PLC trabaja barriendo Continuamente un programa. Podemos entender estos ciclos de barrido como la ejecución consecutiva de tres pasos principales. Típicamente hay tres pasos podemos enfocarnos en estos ya que dan una buena idea del funcionamiento. (Ver figura N°6). (Ramírez Cortes, 2001)

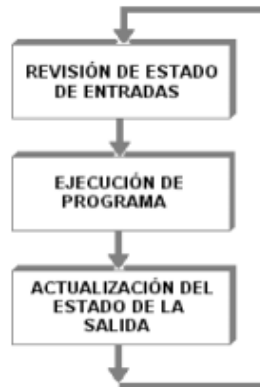


Figura 6. Pasos principales en la operación de un PLC (Ramírez Cortes, 2001)

3.3.3. Tipos de señales utilizadas por los PLCS

Un PLC recibe y transfiere señales eléctricas, expresando así variables físicas finitas (temperatura, presión etc.). De este modo es necesario incluir en el SM un convertidor de señal para recibir y cambiar los valores a variables físicas. Existen tres tipos de señales en un PLC: señales binarias, digitales y analógicas (Macmillan Iberia, 1 de Julio del 2019).

3.3.3.1. Señales binarias

Señal de un bit con dos valores posibles (“0” – nivel bajo, falso o “1” – nivel alto, verdadero), que se codifican por medio de un botón o un interruptor. Una activación, normalmente abre el contacto correspondiendo con el valor lógico “1”, y una no-activación con el nivel lógico “0”. Los límites de tolerancia se definen con interruptores sin contacto. Así el IEC 61131 define el rango de -3 - +5 V para el valor lógico “0”, mientras que 11 - 30 V se definen como el valor lógico de “1” (para sensores sin contacto) a 24 V DC (Fig.12). Además, a los 230 V AC, la IEC 61131 define el rango de 0 – 40 V para el valor lógico de “0”, y 164 – 253 V para el valor lógico “1” (Macmillan Iberia, 1 de Julio del 2019).

3.3.3.2. Señales digitales

Se trata de una secuencia de señales binarias, consideradas como una sola. Cada posición de la señal digital se denomina un bit. Los formatos típicos de las señales digitales son: *tetrad*– 4 bits (raramente utilizado), *byte* – 8 bits, *word* – 16 bits, *double word* – 32 bits, *double long word* – 64 bits (raramente utilizado) (Macmillan Iberia, 1 de Julio del 2019).

3.3.3.3. Señales analógicas

Son aquellas que poseen valores continuos, es decir, consisten en un número infinito de valores (ej. en el rango de 0 – 10 V). Hoy en día, los PLCs no pueden procesar señales analógicas reales. De este modo, estas señales deben ser convertidas en señales digitales y vice-versa. Esta conversión se realiza por medio de SMs analógicos, que contienen ADC. La elevada resolución y precisión de la señal analógica puede conseguirse utilizando más bits en la señal digital. Por ejemplo, una señal analógica típica de 0 – 10 V puede ser con precisión (pasos para la conversión en una señal digital) desde 0.1 V, 0.01 V o 0.001 V de acuerdo al número de bits que vaya a tener la señal digital (Macmillan Iberia, 1 de Julio del 2019).

3.3.4. Sensores

Los sensores cumplen uno de los roles más importantes en estos tipos de sistemas de lazos cerrados, puesto que son los que hacen posible la retroalimentación, en este caso se utilizan sensores como:

- caudalímetro
- sensor de temperatura
- presión
- sensor de proximidad
- pH metro

3.3.5. Actuadores.

Motor, Máquina capaz de transformar algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, etc.), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.

3.3.5.1. Motores térmicos

Es cuando el trabajo se obtiene a partir de energía calórica.

3.3.5.2. Motores de combustión interna

Son motores térmicos en los cuales se produce una combustión del fluido del motor, transformando su energía química en energía térmica, a partir de la cual se obtiene energía mecánica. El fluido motor antes de iniciar la combustión es una mezcla de un comburente (como el fuego) y un combustible, como los derivados del petróleo y gasolina, los del gas natural o los biocombustibles.

3.3.5.3. Motores de combustión externa

Son motores térmicos en los cuales se produce una combustión en un fluido distinto al fluido motor. El fluido motor alcanza un estado térmico de mayor fuerza posible de llevar es mediante la transmisión de energía a través de una pared.

3.3.5.4. Motores eléctricos

Cuando el trabajo se obtiene a partir de una corriente eléctrica. En los aerogeneradores, las centrales hidroeléctricas o los reactores nucleares también se transforman algún tipo de energía en otro. Sin embargo, la palabra motor se reserva para los casos en los cuales el resultado inmediato es energía mecánica.

Los motores eléctricos utilizan la inducción electromagnética que produce la electricidad para producir movimiento, según sea la constitución del motor: núcleo con cable arrollado, sin cable arrollado, monofásico, trifásico, con imanes permanentes o sin ellos; la potencia depende del calibre del alambre, las vueltas del alambre y la tensión eléctrica aplicada.

3.3.5.5. Válvulas

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada.

3.3.5.6. Variador de frecuencia

Una de las claves en el diseño a realizar en este proyecto es el variador de frecuencia.

Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.

Los variadores reducen la potencia de salida de una aplicación, como una bomba o un ventilador, mediante el control de la velocidad del motor, garantizando que no funcione a una velocidad superior a la necesaria.

3.3.5.7. Optoacoplador

Un optoacoplador, también llamado optoaislador o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo led que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac.

La ventaja fundamental de un optoacoplador es el aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida. Mediante el optoacoplador, el único contacto entre ambos circuitos es un haz de luz. Esto se traduce en una resistencia de aislamiento entre los dos circuitos del orden de miles de MΩ.

3.3.6. Sistema de monitoreo

Los sistemas de monitoreo son indispensables en las industrias, donde se pueden implementar con el objetivo de optimizar los recursos disponibles, así como un apropiado uso del agua en los sistemas hidráulicos de abastecimiento, centros de consumo o descargas, donde es necesario medir y/o conservar constantes algunas magnitudes, como la presión de una línea de abastecimiento, el nivel de una cisterna o el gasto instantáneo en una estación de re-bombeo.

3.3.7. Normativas de seguridad:

Las normativas de seguridad son de mucha importancia para toda empresa, estas les brindan confidencialidad a su producto y además de esto le otorgan prestigio, a continuación se detallan algunas de las normativas más importantes que deben de aplicarse en el presente proyecto.

Normas y estándares para la automatización

- ❖ Normativa de seguridad para equipos eléctricos/electrónicos: ISO 26262

- ❖ Norma IEC-61131

- ❖ Norma Artículo 100
- ❖ Normas y leyes ISO 9000/9001.
- ❖ Norma IEC 61508
- ❖ Norma IEC 61800-5- 2
- ❖ Estándares ISA 88 / ISA S88 e ISA 95
- ❖ CEA-709.5 y CEA – 709.1
- ❖ Norma IEC 61131 y Norma IEC 62443

3.3.7.1. Normativa de seguridad para equipos eléctricos/electrónicos: ISO 26262

Los sistemas de control modernos están equipados con muchos dispositivos eléctricos / electrónicos que incluyen una unidad de control electrónico (ECU), sensores y actuadores (motores). ISO 26262 es una norma internacional relativa a la seguridad funcional de los automóviles derivada de IEC 61508, que es una norma aplicable a los equipos y productos industriales en general.

3.3.7.2. Norma IEC-61131

La finalidad de esta Norma IEC-61131 es:

- Definir e identificar las características principales que se refieren a la selección y aplicación de los PLC y sus periféricos.
- Especificar los requisitos mínimos para las características funcionales, las condiciones de servicio, los aspectos constructivos, la seguridad general y los ensayos aplicables a los PLC y sus periféricos.
- Definir los lenguajes de programación de uso más corriente, las reglas sintácticas y semánticas, el juego de instrucciones fundamental, los ensayos y los medios de ampliación y adaptación de los equipos.
- Dar a los usuarios una información de carácter general y unas directrices de aplicación.
- Definir las comunicaciones entre los PLC y otros sistemas.

3.3.7.3. Norma Artículo 100

Este código se rige de forma obligatoria para las empresas públicas y privadas, proyectos, montadores electricistas, así como para toda persona natural o jurídica relacionada con los trabajos en instalaciones eléctricas del sistema de utilización y que Todos los equipos y materiales que se utilicen en las instalaciones eléctricas deben tener la indicación del nombre del fabricante o una marca que permita su identificación.

Este artículo tiene como finalidad que todos los equipos y materiales que se utilicen en las instalaciones eléctricas deben tener la indicación del nombre del fabricante o una marca que permita su identificación. Así mismo, deben tener indicación de sus características eléctricas, mecánicas u otras que permitan determinar su uso.

3.3.7.4. Norma básica de seguridad concerniente al control electrónico: IEC 61508

En los sitios de fabricación se han incorporado muchos sistemas de control electrónico, como el control de robots industriales mediante controladores lógicos programables (PLC), que son indispensables para la automatización de fábrica. IEC 61508 es una norma de seguridad funcional para tales sistemas eléctricos y electrónicos. IEC 61508 fue establecido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Es una denominación genérica para las normas de seguridad funcional relativas a los sistemas eléctricos, electrónicos y programables en todas las industrias.

Su idea básica es garantizar la seguridad y prevenir accidentes y desastres, mediante la adición de equipos funcionales para proteger la vida humana, la salud y el medio ambiente.

4. Desarrollo

4.1. Diagnóstico en el sistema de Enacal, mediante visitas de campo para conocer la problemática de diseño.

Para el diagnóstico se realizó una visita de campo a la empresa donde se encuentra ubicada la planta de agua de Enacal. Facilitando una entrevista al operario del momento y adquisición de información de la planta para poder comprender el funcionamiento de la misma con sus procesos y poder determinar dificultades a mejorar.

4.1.1. Ubicación

Como se observa en la figura 7 la planta se encuentra al lado sur de Nicaragua a 300 metros del empalme de la Virgen, a la par del parque Luis Arroyo, municipio de San Juan Del Sur.

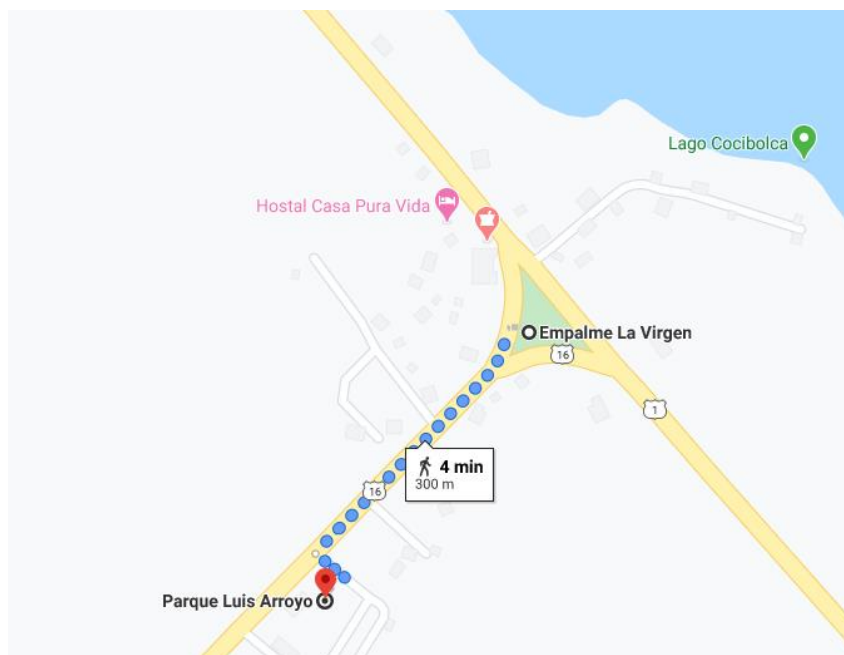


Figura 7. Imagen obtenida de google map.

Esta es la planta de agua de Enacal que es la que abastece a los hogares sanjuaneños, esta se encuentra ubicada en el Municipio de San Juan Del Sur departamento de Rivas.

4.1.2. Infraestructura

Ésta planta cuenta con dos tanques de agua como se muestra en la figura 8 y 9, uno donde se le agrega la cantidad del cloro y por el cual pasan por las diferentes etapas de procesamiento del agua, filtración de arena, y a última etapa también de filtrado y adidamiento de un poco más de cloro. Esto de añadirle un poco más de cloro se hace por que al momento de ser distribuida el agua, esta pierde cloro en las tuberías, ver entrevista en anexo.



Figura 8. Obtenida de google maps satélite

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1- Oficinas y monitoreo. | 4- filtrado y cloro. |
| 2- Tanque. | 5- tanque de almacenamiento. |
| 3- Filtrado de arena. | |

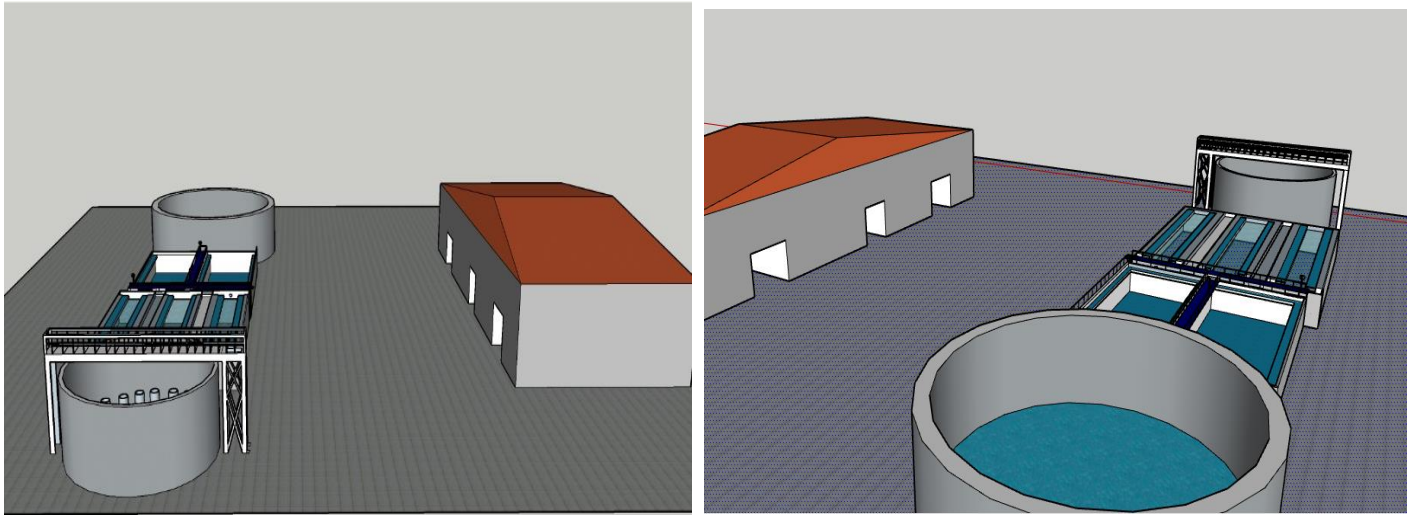


Figura 9. Infraestructura de la planta de Enacal. Fuente propia.

Como se observa en la figura 9. Consta de dos oficinas una para los trabajadores, y otra donde están ubicados los tanque de cloros que van directamente conectado al primer tanque donde se almacena el agua para el primer proceso, aquí por cada 150lts de agua se le añade 15ml de cloro. Esta se hace para desinfectar el agua.

Luego pasa el siguiente proceso de filtro de arena, y por último se le añade un poco más de cloro y ya sea almacenada para luego enviarla a la comunidad sanjuaneña.

Todos estos pasos de tratamiento de agua se explican con más detalles, en la entrevista realizada al trabajador de Enacal.

4.1.3. Organigrama de la empresa Enacal

La planta Enacal cuenta con una organización jerárquica que emplean diferentes funciones en todas las áreas, claro está que cada cargo hace una función importante para que esta trabaje con la mejores estándares de calidad y producción de potabilización del elemento para abastecer el municipio de san juan del sur principalmente, como se observa en la fig.10.



Figura10. Organigrama de la empresa Enacal. Fuente propia.

4.1.4. Análisis de la Entrevista

Para fomentar esta investigación se realizó una entrevista abierta al supervisor y controlador **Marvin Zeledón** de la planta de suministro de agua. (Ver formato de entrevista en anexos). Enacal con el fin de obtener información desde que el agua es ingresada al establecimiento, hasta el punto donde es suministrada a las diferentes bases de comunitarias, que principalmente se asienta al municipio de San Juan de Sur, el funcionamiento de esta planta se comprenden de diferentes etapas de manera generales y procesos en la que el elemento es expuesto.

El control del PH es una parte muy importante como aspecto inicial de como procesar el agua, por consiguiente cada etapa toma referencia a los siguientes aspectos: el pre tratamiento de forma inicial ya que se estudia si el agua estará óptima para sus siguientes procesos, ya que posteriormente se lleva a cabo la clarificación donde se expone elementos fisicoquímicos de diferentes composiciones según las condiciones, seguidamente viene la etapa de filtración que se realiza diferentes extracciones del agua por diferentes áreas coladoras por medio de bases de arena y como última fase muy importante es la desinfección acá el elemento está en fase final para ser suministrada como agua potable ya que acá se realiza una purificación por medio de químicos que eliminaran todas la bacteria que esta pueda contener, todas las etapa tienen el fin mejoran la calidad ya que es de suministrada para el consumo poblacional, a continuación se explica el funcionamientos de estas etapas;

4.1.4.1. Etapa 1. Funcionamiento de la planta y sus procesos

Primeramente se hace la Captación del agua, el cual es la parte del proceso que capta el agua de la playa de la virgen y el cual es bombeada por un motor y es transportada por gravedad hasta la ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable) o planta de agua.

El pH del agua de suministro debe estar siempre del lado ácido para evitar la hidrólisis dela membrana (opera mejor en un pH de 5.0 a 7.0). Los estudios que se realizaron a las agua de la playa de la virgen, dieron un pH de 7 por lo que no es necesario agregar cal al agua.

4.1.4.2. Etapa 2. Pre-tratamiento

Cuando la planta llega al primer tanque de la planta se somete el agua a unos procedimientos previos, en general, desbaste, desarenado, dosificación de reactivos en cabecera.

Se realiza la dosificación de reactivos previos al tratamiento, como por ejemplo: Carbón Activo en Polvo (para corregir el mal sabor del agua); Agentes oxidantes fuertes (para evitar la proliferación de algas), por ejemplo: Cal, para corrección de pH, si procede. En general el pH que se estudió en el agua de la playa de la virgen, es muy elevada por lo que no necesita cal para su corrección de pH.

Con estos pre-tratamientos se deja al agua en condiciones óptimas de ser tratada en el resto de etapas del proceso.

4.1.4.3. Etapa 3. Clarificación

En esta etapa se somete el agua a procesos físico químicos se consigue clarificarla separando por la acción de la gravedad, en primer lugar, los sólidos en suspensión presentes en el agua cruda (mayormente arcillas y limos de tamaño microscópico) y, posteriormente, el agua es sometida a un filtrado para retener las partículas de menor tamaño que todavía están en suspensión en el agua.

4.1.4.4. Etapa 4. Filtración

Ya cuando se han anulado los flósculos del agua, esta pasa a la siguiente etapa de filtrado el cual atraviesa los filtros, estos son de arena silíceo, gruesa en el fondo y fina en la superficie, con una capa de lecho filtrante en torno a 1 m de altura.

Una vez que el agua atraviesa el lecho filtrante por la acción de la gravedad, al tratarse de un material poroso esta lo que hace es que retiene las partículas en suspensión que han escapado de la sedimentación. El agua filtrada es recogida por la parte inferior del filtro, equipado con un falso fondo que retiene las arenas pero recoge el agua.

4.1.4.5. Etapa 5. Desinfección

Se trata de la última fase por la que pasa el agua hasta convertirse en potable. Además, es la fase más importante ya que se encarga de exterminar todas las bacterias o patógenos que pueda contener el agua.

Para la desinfección existen diferentes métodos que se pueden emplear, pero el más utilizado es la cloración empleando productos químicos como el hipoclorito sódico, dióxido de cloro o cloro gas. Una vez ha pasado por la etapa de desinfección, el agua pasará por diversos test para certificar que esta es apta para el consumo y no supone ningún tipo de riesgo para el ser humano.

Finalmente, el agua lista para el consumo, será elevada a través de una estación de bombeo, hasta los depósitos de almacenamiento y suministro de agua del municipio de San Juan Del Sur.

4.1.5. Diseño actual de la planta.

El diseño actual de la planta trabaja en un 40% de forma manual ya que todo lo que estaba automatizado está dañado, como: (los actuadores, sensores, paneles de control), debido a la falta de mantenimiento y de personal no capacitado o calificado y esto hace que el lugar no trabaje a toda su potencial por eso el proyecto quiere mejorar el rendimiento, la calidad de trabajo y su funcionamiento para la población.

El funcionamiento de la planta es el siguiente primero se bombea agua de la playa la virgen, dicha agua pasa a un tanque de unos 2750 litros aproximadamente, donde un motor se encarga de agitar el agua con cloro, el cloro añadido depende de la cantidad de agua que entra a la planta (ejemplo por cada 150lts de agua se le añade 15ml de cloro) como se muestra en la figura 11 y 12.

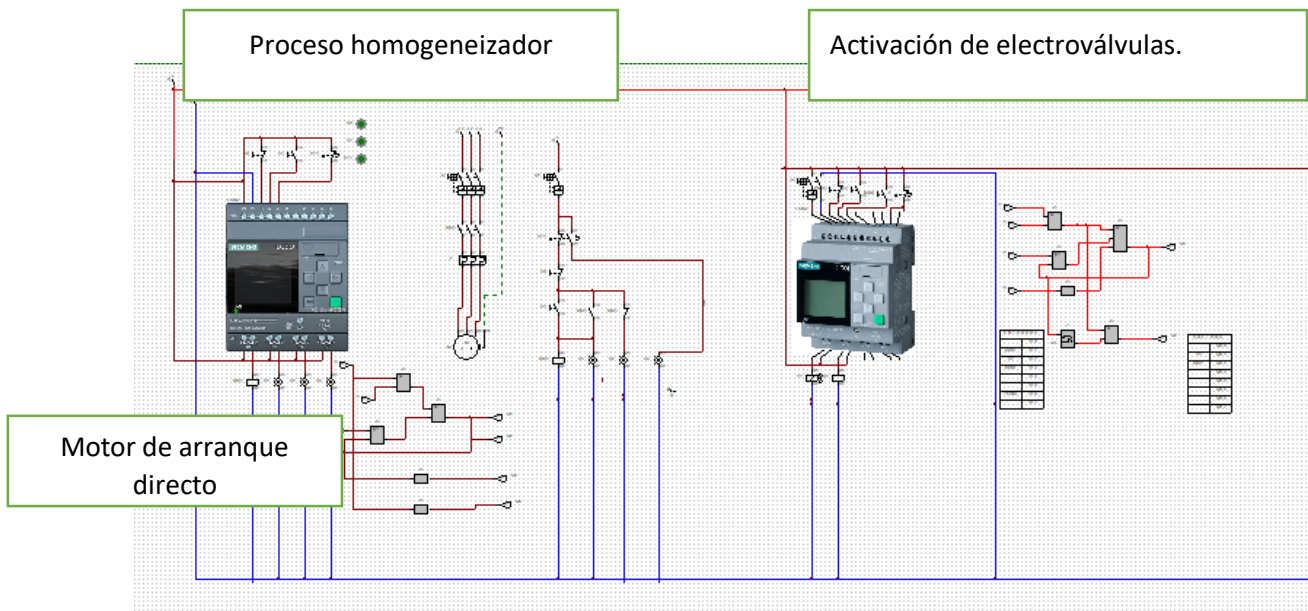


Figura 11. proceso de centrifugación y activación. Fuente propia.

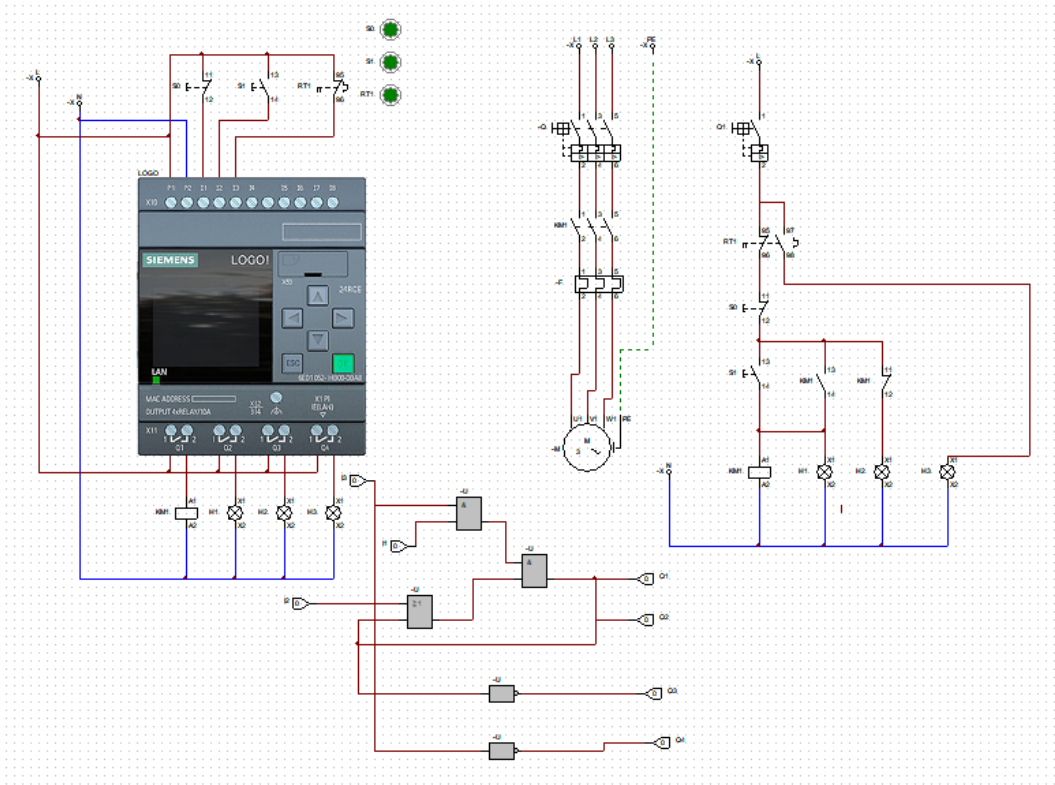


Figura12. Activación del motor. Fuente propia.

Luego de eso pasa por unos filtros de arena, donde luego se le añade cloro para purificar, pero al estar manual no están preciso ya que puede haber errores al echar por cantidad de cloro en el vital líquido.

Después de esos procesos tenemos que el agua ya desinfectado de todas las bacterias pasa a otro tanque donde este hace la función de medir cuantos litros han sido limpiados para posteriormente mandar el agua hacia las viviendas del municipio de san juan del sur.

En la figura 13 observamos el sistema que se utiliza para el llenado de tanque.

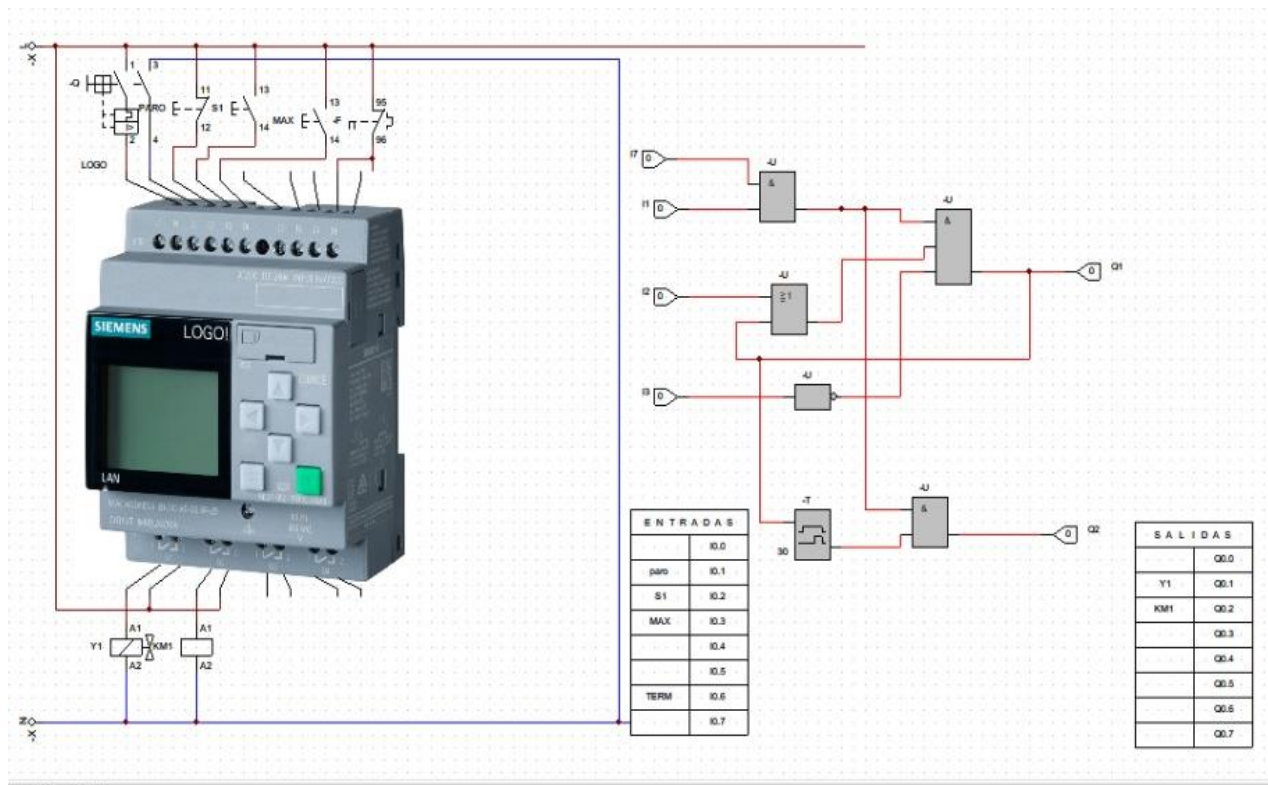


Figura 13. Diseño del llenado de tanque automático. Fuente propia.

El funcionamiento de la figura 13, consta de una boya la cual si el tanque llega a una altura máxima esta manda a desactivar las electroválvulas, además de tener un sistema de llenado con un horario específico para el control y regulación del sistema a examinar.

En la figura 14, se observa la programación básica que utiliza el PLC para la activación de las electroválvulas y motor.

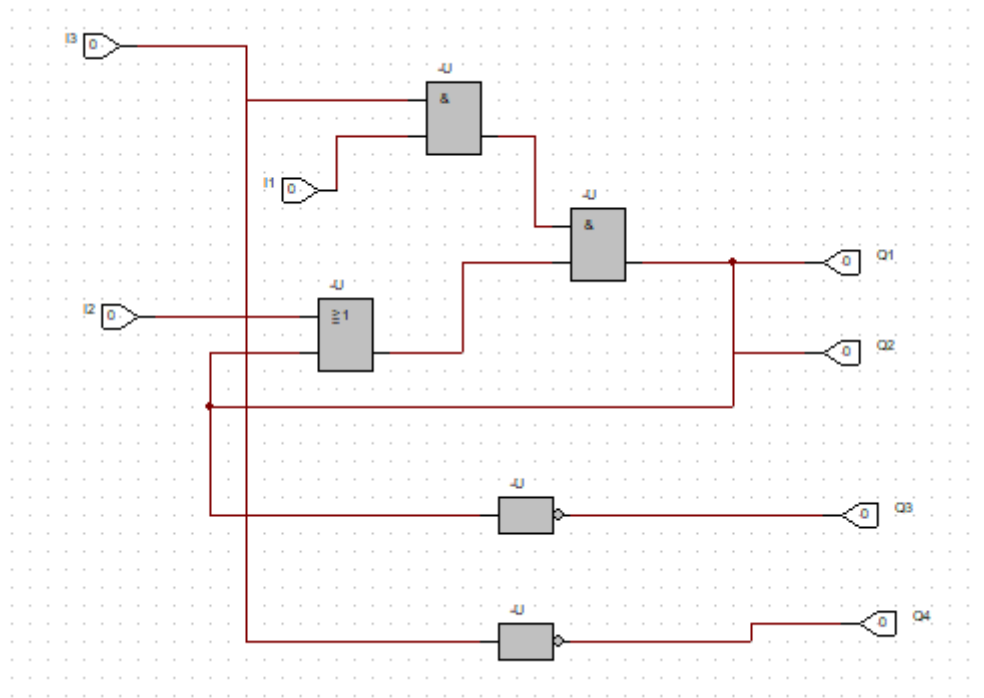


Figura 14. Lógica de Programación del sistema de llenado. Fuente propia.

En la figura 15 se muestra el diagrama de potencia y también la programación de las conexiones al plc. En la fuerza se utilizó un interruptor automático, un seccionador y variador de velocidad para el motor. En el control se utiliza paro de emergencia para desactivar todo el sistema, un stop, una marcha, y un relay que es el que se mantiene activo, durante la operación.

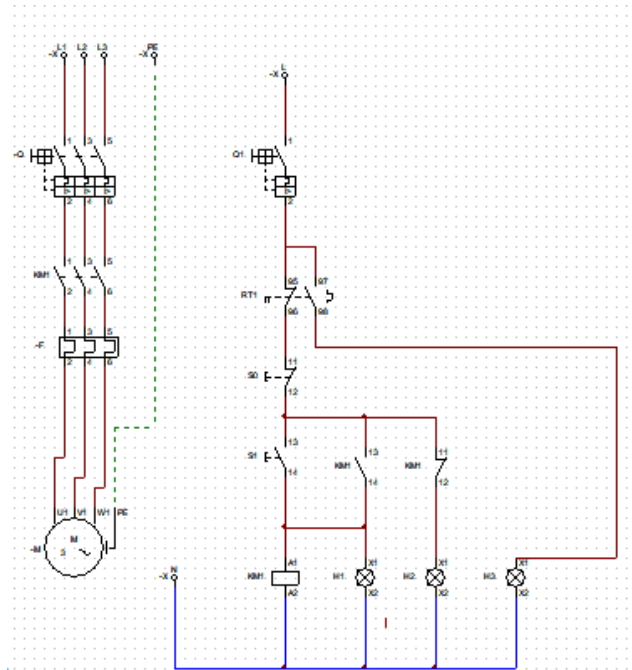


Figura 15. Circuito de fuerza y motor de arranque directo. Fuente propia.

La figura 15 presenta el control del conjunto motor-bomba, incluyendo las señales de protección.

Cuando es activada la señal de paro de emergencia físico o la señal de paro de emergencia virtual desde el sistema, el control lógico coloca a 0 (cero) la señal para que el sistema se restablezcan las condiciones de animación del conjunto motor-bomba en estado de apagado. También, la señal del selector del sistema, inhabilita el encendido del motor; este dispositivo es propuesto para condiciones de mantenimiento del sistema de agua potable.

Los resultados del diagnóstico se realizaron de manera efectiva, ya que obtuvo la información necesaria para poder analizar la situación en la que la planta se encuentra actualmente, y como estas problemáticas en control pueden solventar, debido a que no se encuentra ciertos actuadores en funcionamiento que son necesarios, diferentes paneles y sensores que serían necesarios para el óptimo funcionamiento de control y calidad del elemento que se abastece a la población.

4.2. Diseño del sistema de monitoreo, a través del control e interfaz web, para tener visibilidad de las zonas a inspeccionar a la planta de agua.

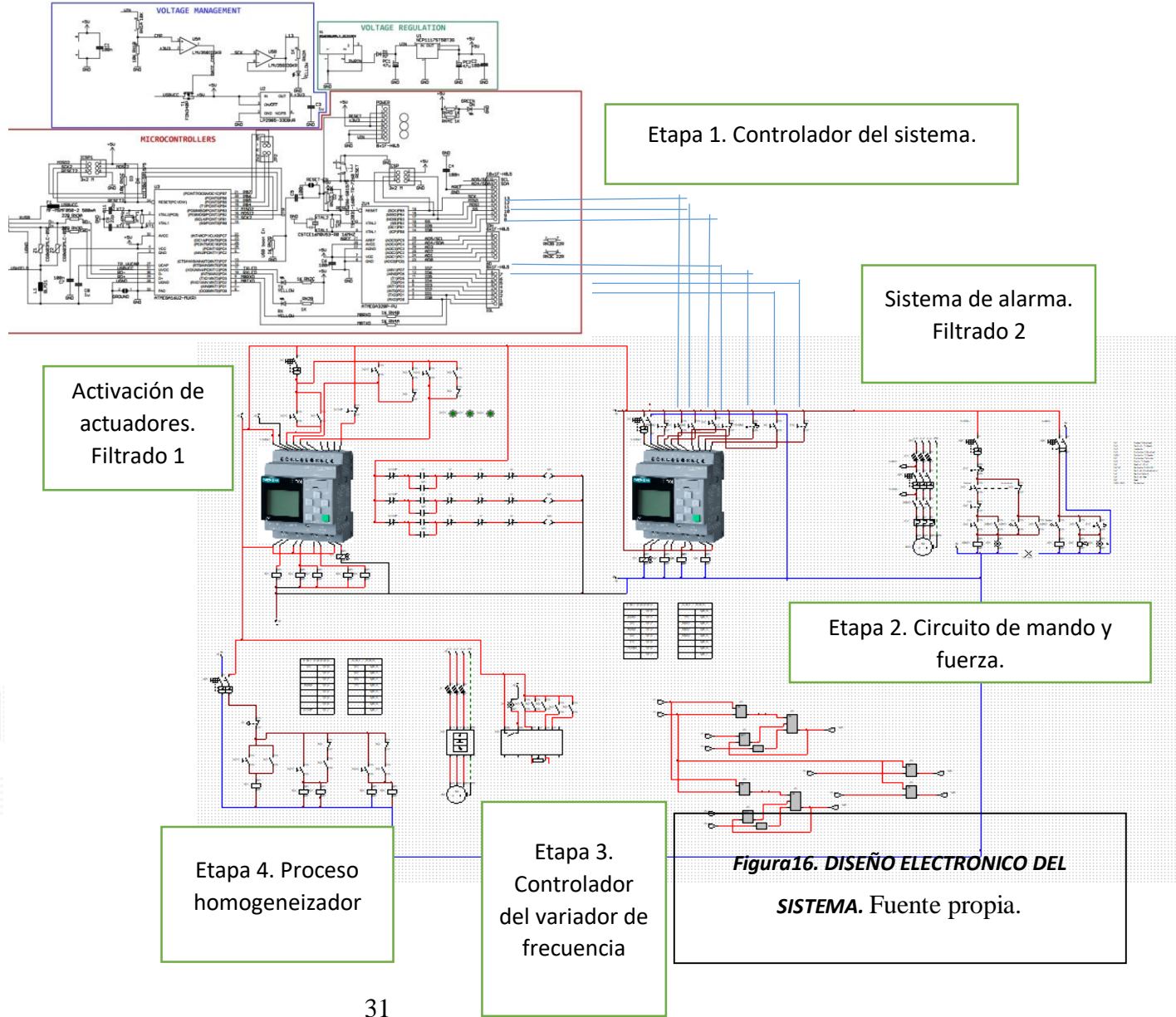
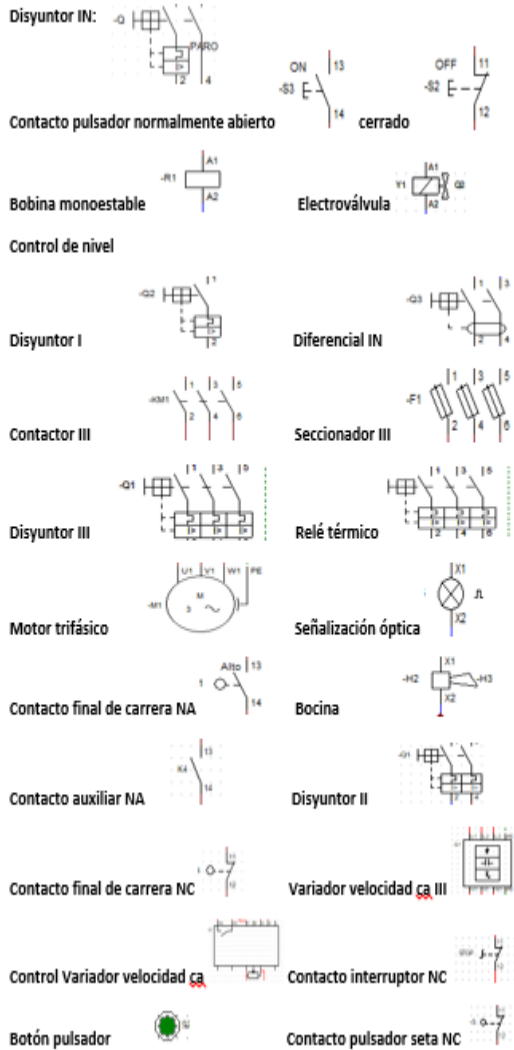
Una vez hecho el estudio de campo y teniendo en consideración las altas y bajas que posee la planta, se empezaron a buscar diferentes alternativas para realizar las etapas del diseño de creación del sistema de monitoreo para la planta. De tal manera se abordan los puntos básicos e importantes en el cual se puede apreciar el por qué este nuevo diseño generaría una mejor organización y control del procedimiento de potabilización del agua por medio de los análisis de las diferentes propiedades principales con la que esta cuenta, por otra parte como este sistema lógico realizara el análisis en tiempo real y mantener una mejor calidad y producción.

por otro parte se determinara la manera en la que el sistema electrónico realizará sus funcionamiento desde el punto de análisis de variables medidas, físicamente a una variable virtual , tomando en cuenta que estarán operando dos sistemas de actuación de alta y baja potencia, demostrando como estos se relacionan , permitiendo un ciclo físico y programado por medio de estas disposiciones electrónicas, por otra parte todos estos se aprecia bajo la herramienta de página web de control y donde se aprecian propiedades del agua que se analiza.

4.2.1. Diseño electrónico del sistema

El diseño está compuesto de diferentes etapas como se logra observar en la siguiente figura 16 en la cual los actuadores, lo sensores, y los procesadores son la parte primordial del sistema, tomando en cuenta que esto llevan una programación que van de la mano, como para la parte de alta potencia y baja respectivamente.

Simbología eléctrica.



4.2.1.1. Funcionamiento por etapas

Etapa 1. Controladores del sistema

El micro controlador Arduino uno, junto con su módulo de Ethernet se estará equipando para el control de diversos sensores, los cuales mandaran su activación al plc por medio de relés de estados sólidos. Se creara una página donde se mostraran todas las variables a controlar, y luego desde la misma web, se podrán activar la parte de los actuadores.

Los sensores que se utilizaron para realizar el prototipo fueron los siguientes:

- Caudalímetro
- Lm35
- Sensor ultrasónico
- Ds18b20

En la figura 17 se muestra la conexión del Arduino a los relés, así también se muestra algunas conexiones de las entradas analógicas.

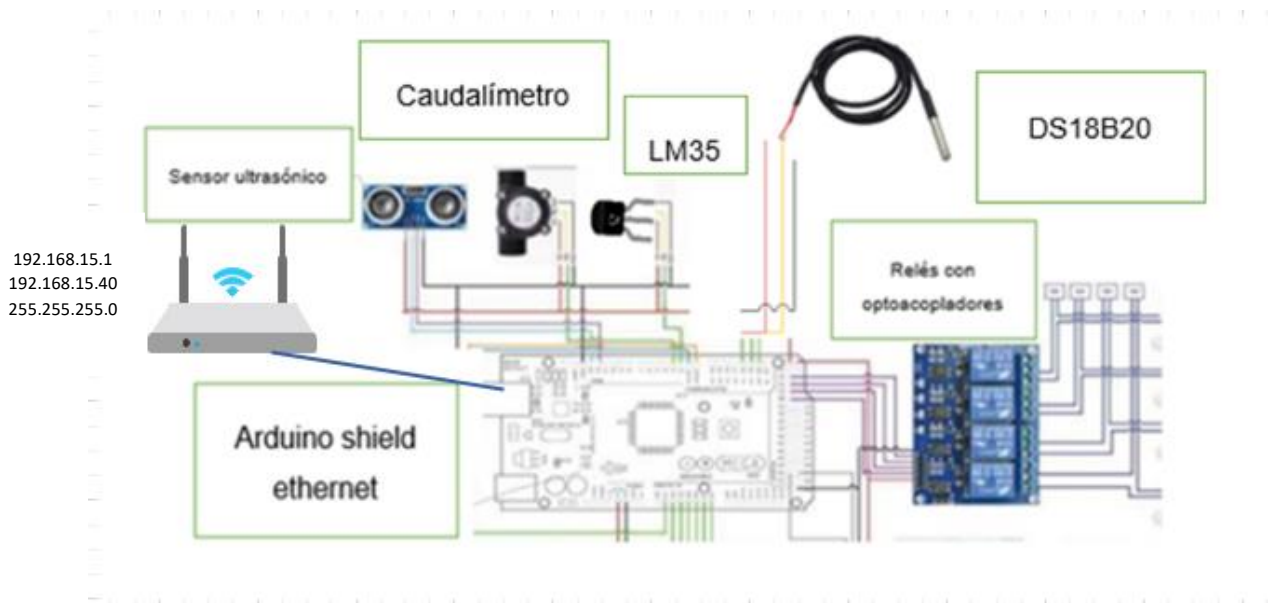


Figura 17. Conexión de entradas y salidas digitales del Arduino, conexión analógica.

En la figura 18 se muestran las conexiones de entradas y salidas al controlador lógico programable, las entradas del logo irán interconectadas a la salida de los relés, para que la función del Arduino actué como lector de las lecturas analógicas, y así también mande la activación a los relés para que esos manden un pulso de mayor potencia al plc y este haga la activación a potencia alta.

El plc en este diagrama se encarga de hacer las activaciones de diferentes electroválvulas que están en el sistema de llenado, esto para tener control del agua potable en los diversos sectores de la planta y protección de la misma, así también se encarga de la activación del sistema del cloro, cuando deberá activarse y cuando no.

Estas son algunas de las mejoras que se le está aplicando a la planta, puesto que esta, solo tenía protección en una única parte de la planta el cual era el tanque de almacenamiento, pero si en los demás sectores ocurría un accidente u otra fuga, el agua iba seguir pasando, generando todo esto el desperdicio de esta, además que el único motor que está en la planta se encuentra ubicado en la zona de la virgen y mecanismo permitirá cerrar de manera segura las principales zonas de la planta.

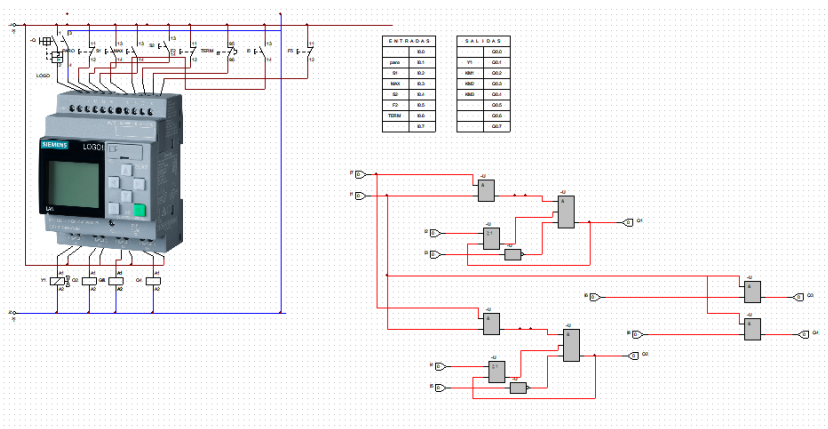


Figura 18. Programación del plc activación de electroválvulas, paro de emergencias. Fuente propia.

El esquema anterior corresponde a las conexiones entradas y salidas del logo así como la programación que se le asigna. En la siguiente tabla se ve la conexión entradas y salidas del logo. Figura 19.

ENTRADAS		SALIDAS	
paro	I0.0		Q0.0
S1	I0.1	Y1	Q0.1
MAX	I0.2	KM1	Q0.2
S2	I0.3	KM2	Q0.3
i5	I0.4	KM3	Q0.4
F2	I0.5		Q0.5
TERM	I0.6		Q0.6
F5	I0.7		Q0.7

Figura 19. Conexión entrada y salida del logo. Fuente propia.

La lógica del funcionamiento del controlador logo será muy fácil, para la activación de las electroválvulas en las etapas de la planta, se controlara con una boya eléctrica, por lo cual necesitará dos pulsos de activación para mandar ya sea a activar o desactivar la electroválvula. Como serán dos boyas que se controlen desde este plc se necesitaran por ende dos pulsos más para controlar otra electroválvula, así también se tendrá el control del flujo de entrada del cloro al combinarse el agua por cualquier fuga que se pueda dar.

Como se muestra en las salidas de la figura 20. Tanto Q1 y Q2 son las salidas controlada por la boya, por lo tanto, estas serán las electroválvulas.

Y Q3 y Q4 serán los contenedores del cloro, el cual podemos mandar la activación en caso de alguna fuga u otro problema de emergencia en la planta.

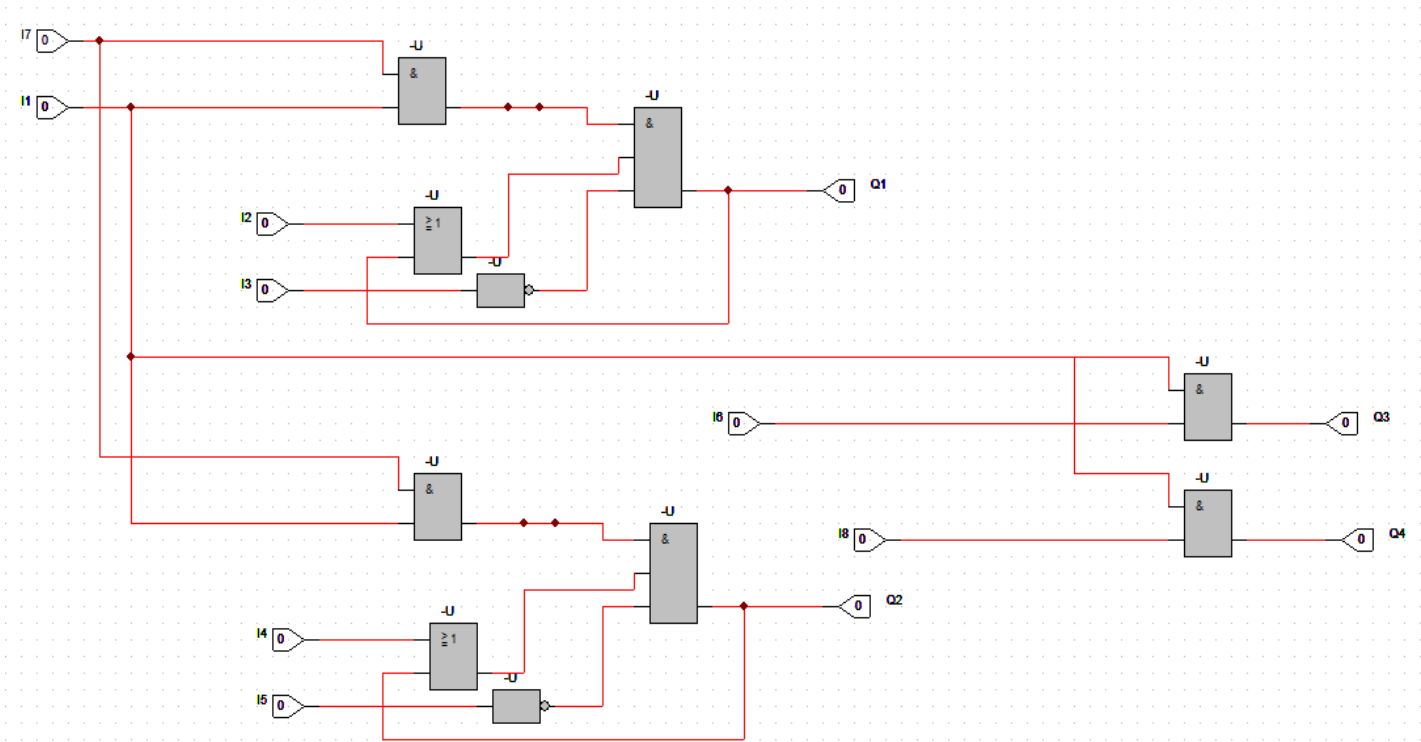


Figura 20. Programación por compuertas lógicas. Fuente propia.

Etapa 2. Circuito de mando y fuerza

Se muestra el diagrama de control manual, fuerza y automático del diseño en la figura 21.

Observamos en la figura que si en cualquier momento algún empleado descuida la planta y hay algún problema, estas tienen un sistema de bocina, el cual sonaran para indicarles el error que existe, y así ellos ya sean de forma manual o automática, se pueda corregir el error que pueda estar pasando.

Este consta de una alarma de seguridad, contra posibles fallas de potencias en los dispositivos, esto permitirá al encargado de la planta, tener una alerta de cuando hay una falla en el sistema, y este pueda corregir dicha alerta.

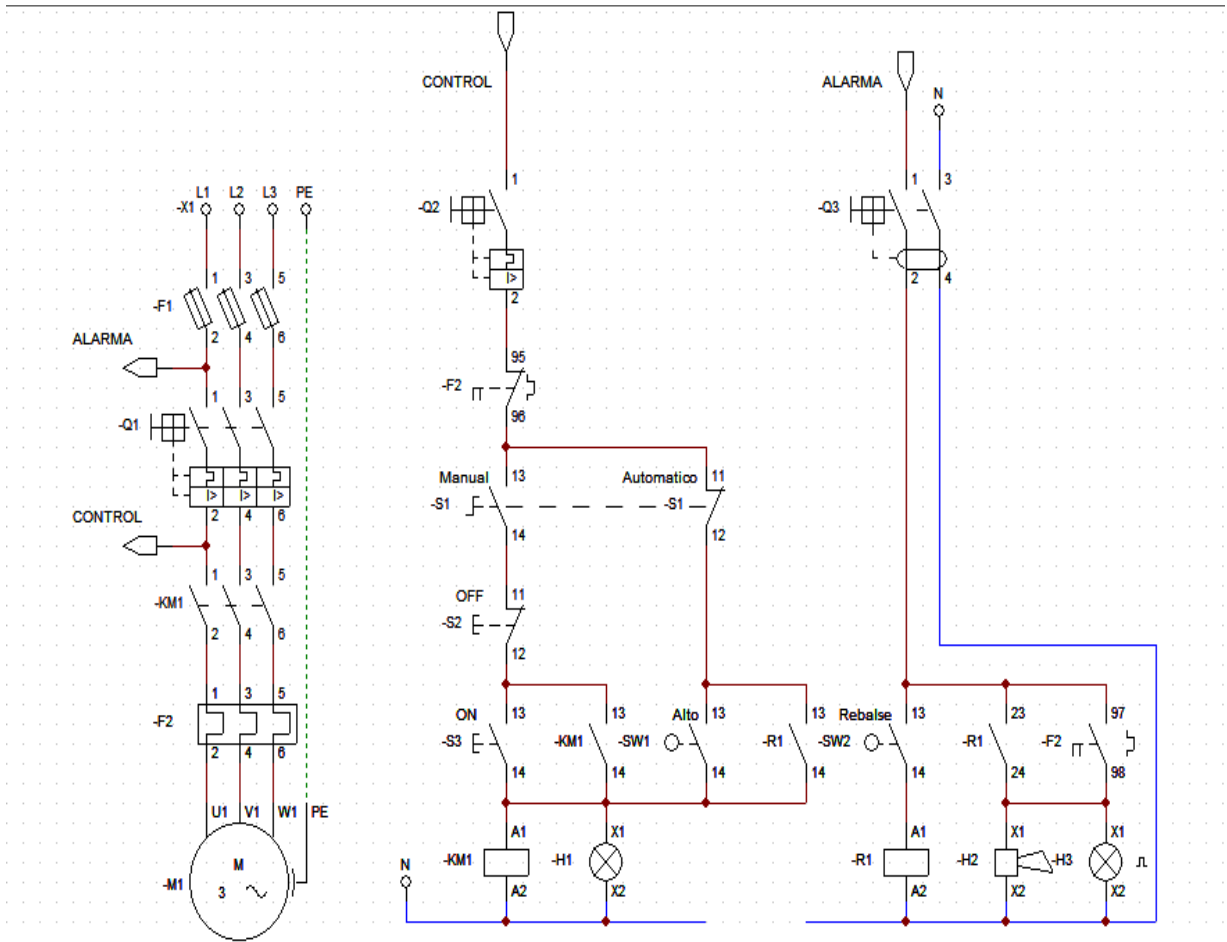


Figura 21. Diagrama de fuerza, manual y automático del sistema. Fuente propia.

Etapa 3. Controlador de variador de frecuencia

Para mejorar el proceso de cloración de la planta se diseñó un motor con regulador de velocidades esto para que la planta conste de varias etapas de velocidades por cada cantidad suministrada, el diseño se muestra en la figura 22.

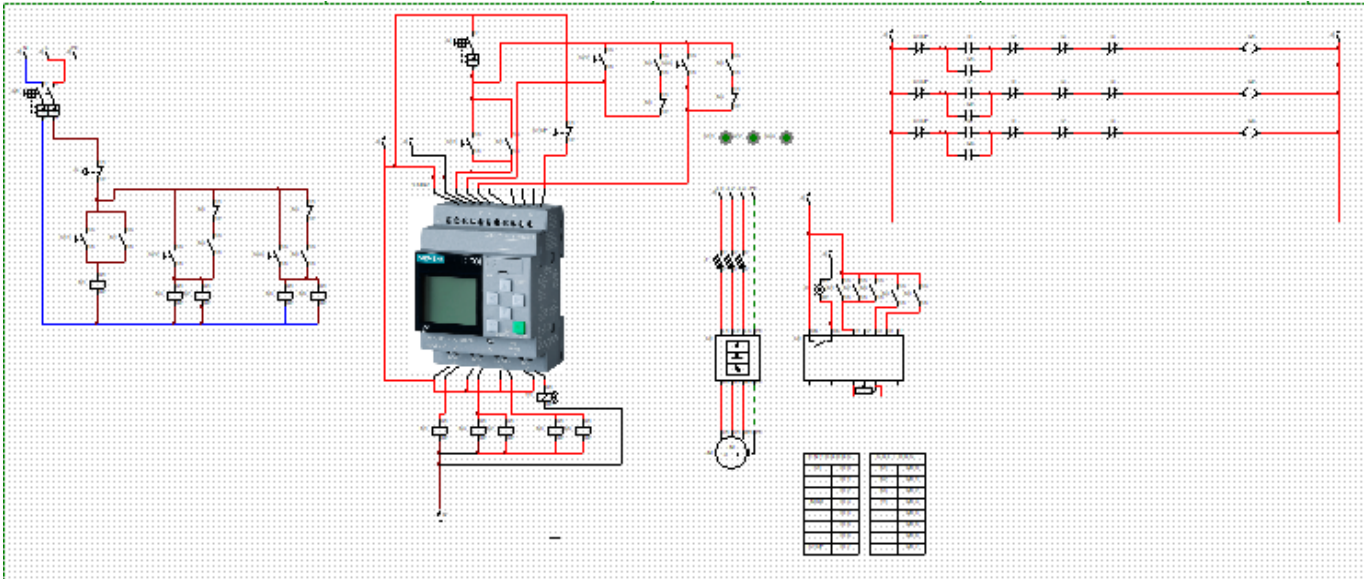


Figura 22. Motor y mezcladora industrial con variador de velocidades. Fuente propia.

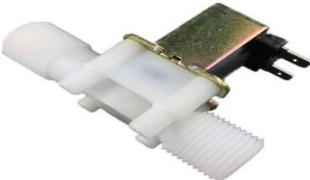
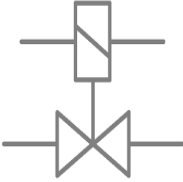



Etapa 4. Proceso de homogenizado


Para el caso del Homogeneizador líquido, lo recomendable que el motor sea de velocidades decrecientes ya que en la primera etapa es donde más agitación se necesita al ser los flósculos más pequeños, aún con el riesgo de cierta rotura.

Por esto se realizó este diseño que favorezca a un motor con distintas velocidades, que pueden evitar el daño interno de la mezcladora industrial.

4.2.2. Componentes y especificaciones técnicas para el prototipo experimental.

En la tabla siguiente se explica de forma detallada las características y especificaciones técnicas de los componentes que se utilizan para la creación del prototipo, como la corriente y voltajes definidos del fabricante, y también descripciones del diseño. (Ver tabla1).

COMPONENTE	NOMBRE	SIMBOLO	CARACTERISTICA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS
	ELECTROVALVULA		<p>1/2" NPS Nominal l Posee filtro de acero. Presion de trabajo: 0,02 Mpa - 0,8 Mpa (0,2 bar - 10 bar) Temperatura de trabajo: 1 °C - 75 °C Tiempo de respuesta (abrir): ≤ 0,15 seg. Tiempo de respuesta (cerrar): ≤ 0,3 seg. Tension de accionamiento: 12VDC La vida de accionamiento: ≥ 1 millon de ciclos Valvula normalmente cerrada a menos que se energice. Peso: 120 gramos. Dimensiones: 7,6 cm. x 5,7 cm. x 5 cm</p>
	LOGO! 230RC, MÓDULO LÓGICO	-	<p>Tension de alimentacion_115 V DC 230 V DC Numero/salidas binarias 4; Relé con carga inductiva, máx.3ª. Poder de corte/contactos/con carga resistiva/máximo 10 A..Temperatura de empleo mín.0 °C máx.55 °C Dimensiones Anchura 72 mm Altura 90 mm Profundidad 55 mm</p>
	CAUDALIMETRO		<p>Rango de medicion: 1 a 30 litros / minuto Precision: 1 ~ 30 L / min ± 1% Rango de tensiones de alimentacion: 5 a 24 VCC Consumo de corriente: 15mA @ 5V Rango de temperatura ambiente de funcionamiento: -25 a +80 °C Rango de humedad ambiente de funcionamiento: 35 a 80 % RH Máxima presion de agua: 2 MPa (20 bar) Ciclo de trabajo de salida: 50% ± 10% Ecuacion de escala: Frecuencia [Hz] = 7.5 * Caudal [litros / minuto] Pulsos por litro: 450</p>

	<p>SONDA SENSOR DE TEMPERATURA</p> <p>DS18B20</p>	<p>Pin Configurations</p> 	<p>Tubo de acero inoxidable de 6mm de diámetro por 30mm de largo Largo: 91cm Diámetro: 4mm Contiene un sensor de temperatura DS18B20 Rango de temperatura: -55 a 125°C Resolución: de 9 a 12 bits (configurable) Interfaz 1-Wire (Puede funcionar con un solo pin) Identificador interno único de 64 bits Múltiples sensores puede compartir el mismo pin Precisión: ±0.5°C (de -10°C a +85°C) Tiempo de captura inferior a 750ms Alimentación: 3.0V a 5.5V</p>
	<p>LM35</p>		<p>Es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1 °C. Su rango de medición abarca desde -55 °C hasta 150 °C. La salida es lineal y cada grado Celsius equivale a 10 mV, por lo tanto: 150 °C = 1500 mV.</p>
	<p>Sensor de distancia</p>		<p>Es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1 °C. Su rango de medición abarca desde -55 °C hasta 150 °C. La salida es lineal y cada grado Celsius equivale a 10 mV, por lo tanto: 150 °C = 1500 mV.</p>


COMPONENTE	NOMBRE	SIMBOLO	CARACTERISTICA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS
	<p>MSP430 SENSOR ANALOGICO DE PH</p>	<p>-</p>	<p>Voltaje de trabajo: 5V. Tamaño del módulo: 43 x 32mm. Rango de medición: 0-14pH. Medición de Temperatura: 0-60°C. Precisión: ± 0.1 pH (25°C). Tiempo de respuesta: ≤ 1 min. Sensor de pH con conector BNC. Ajuste de ganancia con potenciómetro. Indicador LED de alimentación.</p>

Tabla 1. Especificaciones técnicas del prototipo. Fuente propia.

4.2.3. Funcionamiento del diseño a través del control e interfaz web.

Como se mencionó antes el Arduino uno y el Arduino con modulo Ethernet serán de gran ayuda para el monitoreo y la visualización de datos y la activación de los diferentes elementos a controlar.

Se programó las condiciones necesarias, tanto entradas y salidas digitales, así como los sensores analógicos que se están utilizando para el programa y luego se subió al Arduino (ver figura 23).

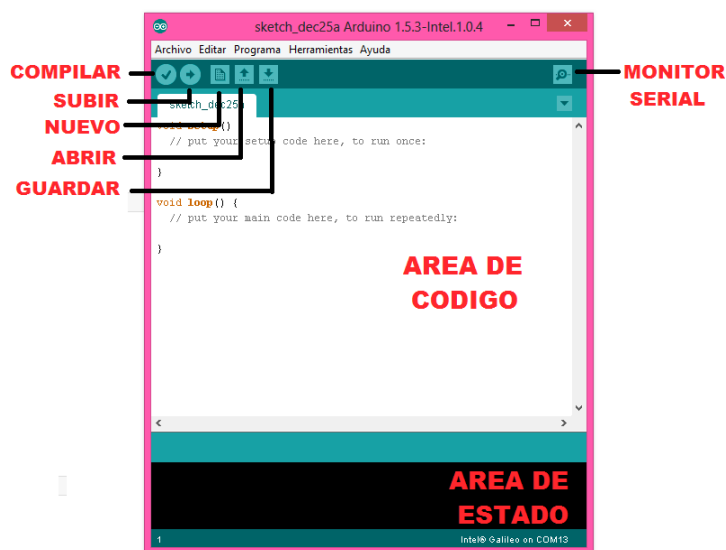


Figura 23. Visualización en el programa Arduino. Fuente propia.

Para la creación de la página web se utilizaron diversos programas, así también para la creación de base datos y creación de usuario para tener una mayor seguridad. Los programas utilizados son los siguientes.

Visual estudio code

Es un editor de texto y editor de código fuente, muy ligero y minimalista, el código se presenta en pestañas, con coloreado de sintaxis para la mayoría de lenguajes.

En la elaboración del prototipo se utiliza este editor de texto, para crear los archivos HTML de la página web, además del código JavaScript necesario para las funciones propias de la página, como se puede observar en la figura 24.

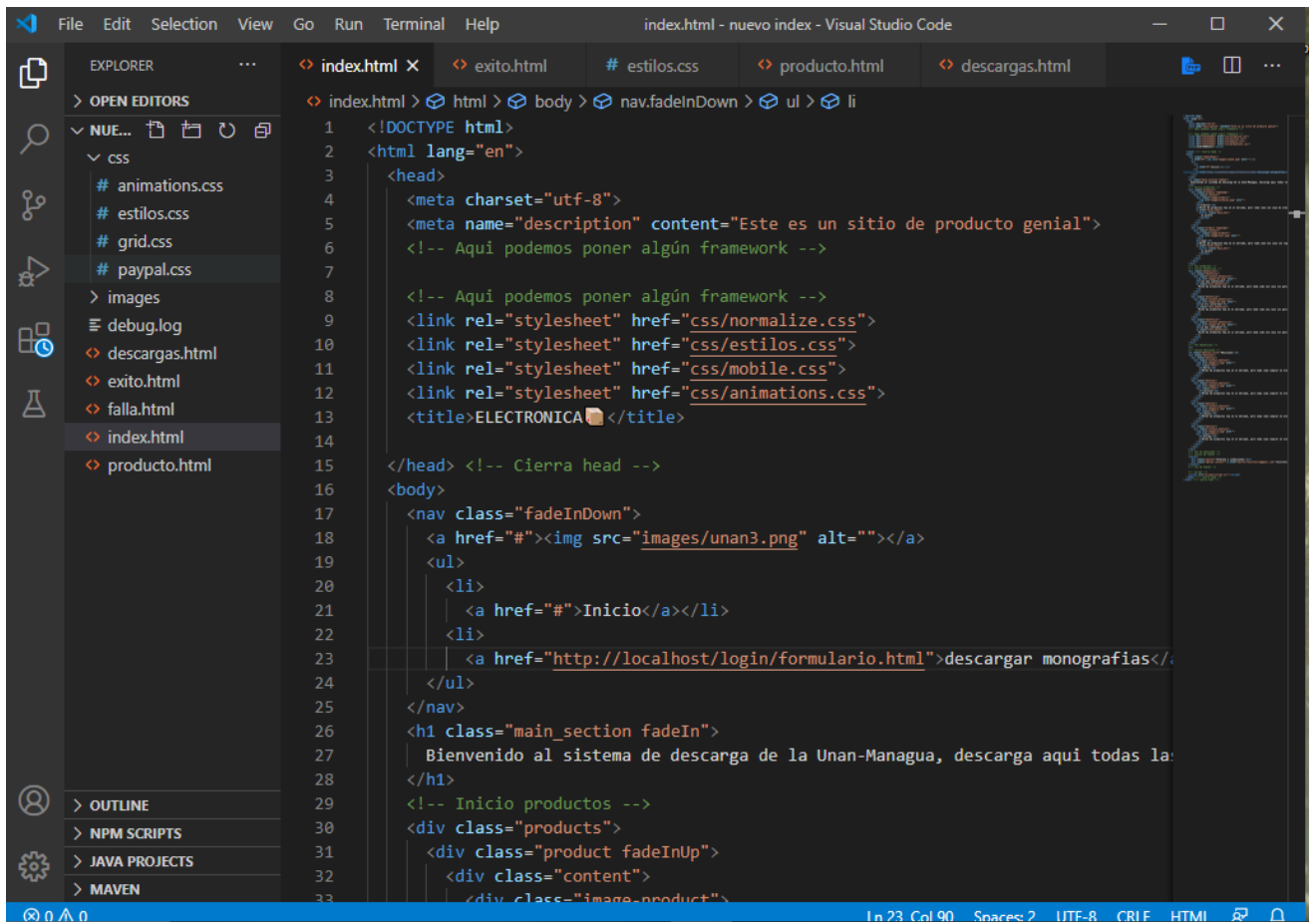


Figura 24. Programación en visual estudio. Fuente propia.

Php

Es un lenguaje de código abierto muy utilizado especialmente para el desarrollo de páginas web, su código es ejecutado del lado del servidor generando HTML y enviándolo al cliente. La página web de este prototipo se desarrolló incrustando código HTML en páginas PHP, además se desarrolló scripts PHP para la recolección de datos.

Apache

Es un servidor web HTTP de código abierto, es muy versátil ya que puede ser instalado en diferentes plataformas y configurado dependiendo de las necesidades propias del sistema. El prototipo utiliza

como servidor web Apache para el envío de las páginas web, trabajando en conjunto con PHP y Mysql.

Mysql server

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional y multiusuario, es muy utilizado en el desarrollo de aplicaciones web y puede ser instalado en cualquier plataforma.

Para el desarrollo del prototipo se utiliza Mysql como gestor de base de datos para realizar la autenticación de usuarios.

Una vez que el sistema esté funcionando podremos visualizar los valores analógicos, ya sea de la temperatura, la presión, caudal, pH. Desde la página web. La cual se vera de la siguiente forma (ver figura 25). :

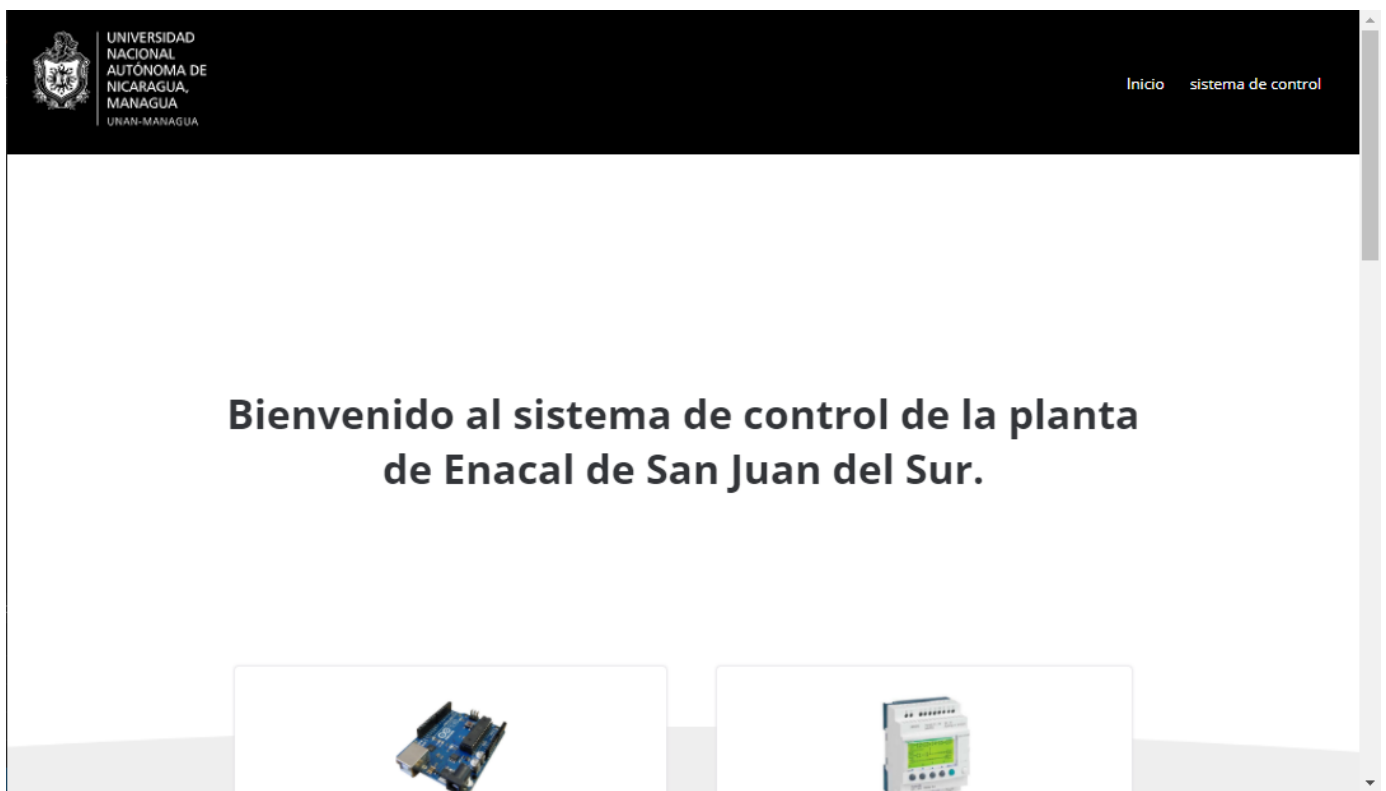


Figura 25. Visualización de inicio atreves de la página web. Fuente propia.

Cuando damos click en “sistema de control” nos va a redirigir a la siguiente página donde tenemos que poner el usuario y contraseña, este usuario y contraseña esta hecho en Mysql y solo el administrador puede crear estos usuarios (ver figura 26).

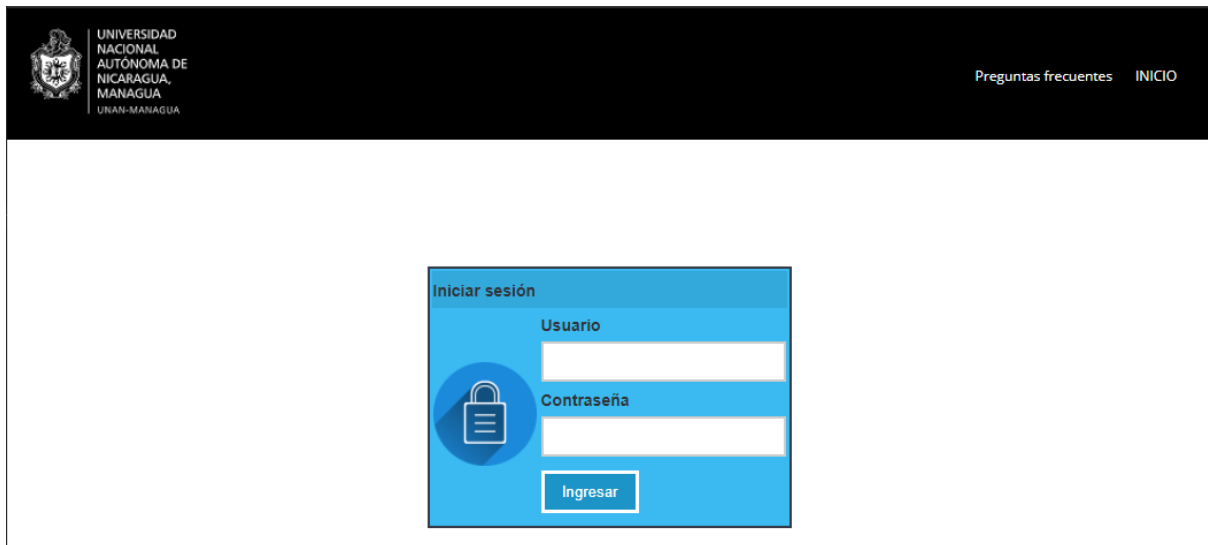


Figura 26. Inicio de sesión para ingresar al sistema web

Una vez que ingresamos el usuario y contraseña ya hemos accedido a la parte de visualización y control de datos. La página web se verá muy sencilla, pero lo importante serán los datos almacenadas en ella a como se muestra en la siguiente figura 27.



Figura 27. Página web del monitoreo Y accionamiento de diversos elementos. Fuente propia.

Como se observa la página funciona correctamente y se puede realizar el enlace de activación de página web a Arduino y de Arduino a plc logo.

4.2.3.1. Diagrama de flujo general que representa la configuración entre la HMI y el PLC.

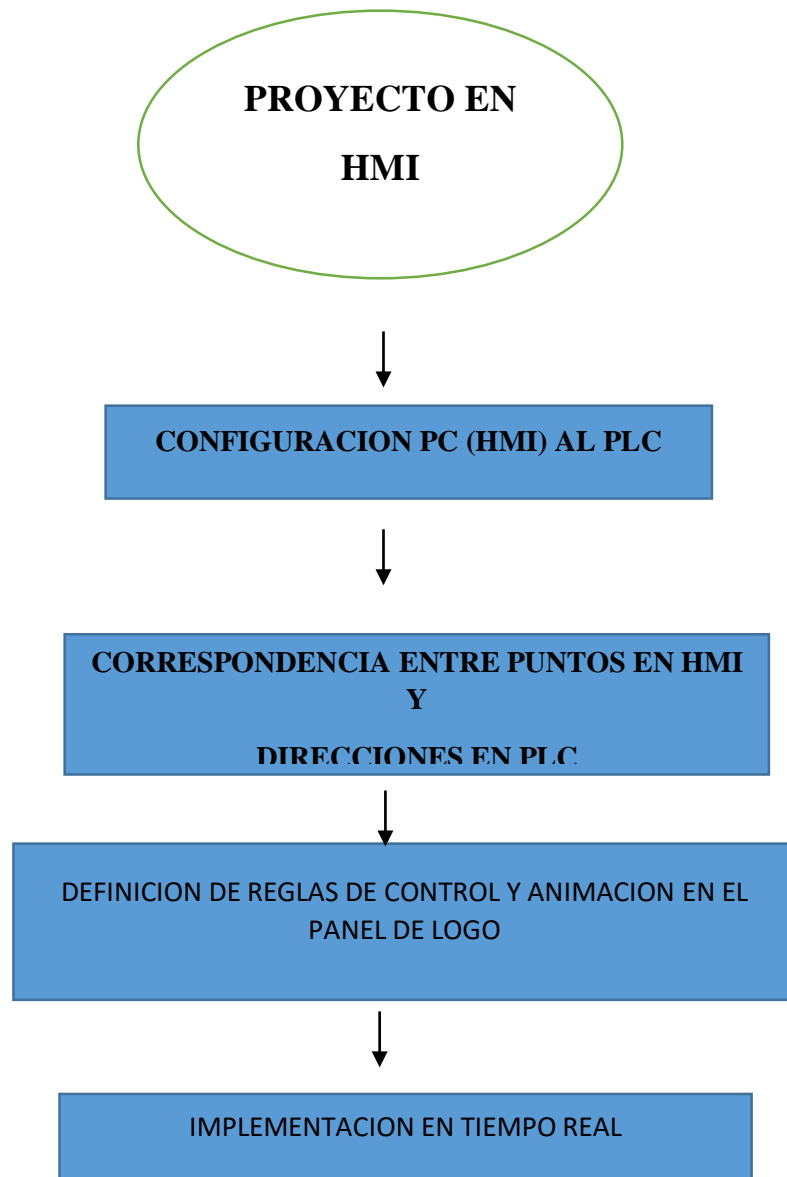


Figura 28. Diagrama de flujo general que representa la configuración entre la HMI y el PLC. Fuente propia.

4.2.3.2. Diagrama de flujo de las conexiones entradas y salidas entre el Arduino y Plc.

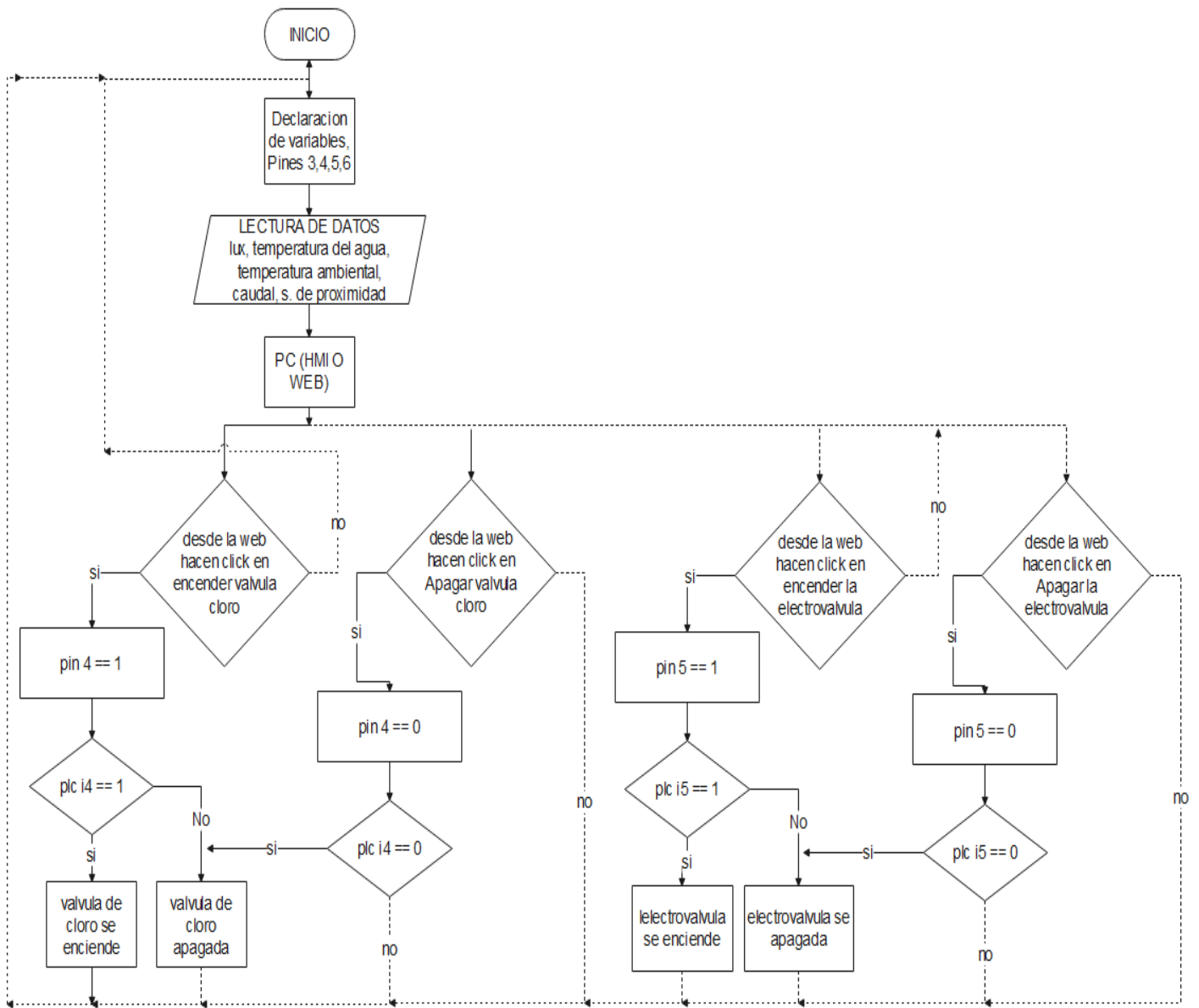


Figura 29. Conexiones entradas y Salidas entre el Arduino y Plc. Fuente propia.

Interacción entre módulos

En esta imagen se pretende explicar más generalizadamente cada uno de las interacciones de los elementos para el desarrollo del proceso total de tratamiento de agua.

En la siguiente figura 30, se muestra como es la interacción entre módulos, y como esta es de vital importancia para el completo desarrollo del proceso de tratamiento de agua. Se puede observar en esta la parte de control, la cual está constituida por el PLC, los sensores y la interfaz gráfica, brindan los tiempos y las acciones necesarias a las electroválvulas para desarrollar el proceso de cada etapa de tratamiento correctamente; La parte de servo actuadores, constituida por las electroválvulas y motobombas, son la implementación instrumental que permite el traspaso físico del agua a tratar de una etapa de tratamiento a otra según el controlador; Y por último esta la implementación física y del procesos como tal, constituida por los tanques, las tuberías, la red eléctrica, conjunto que permite manejar e implementar las variable y el proceso total.

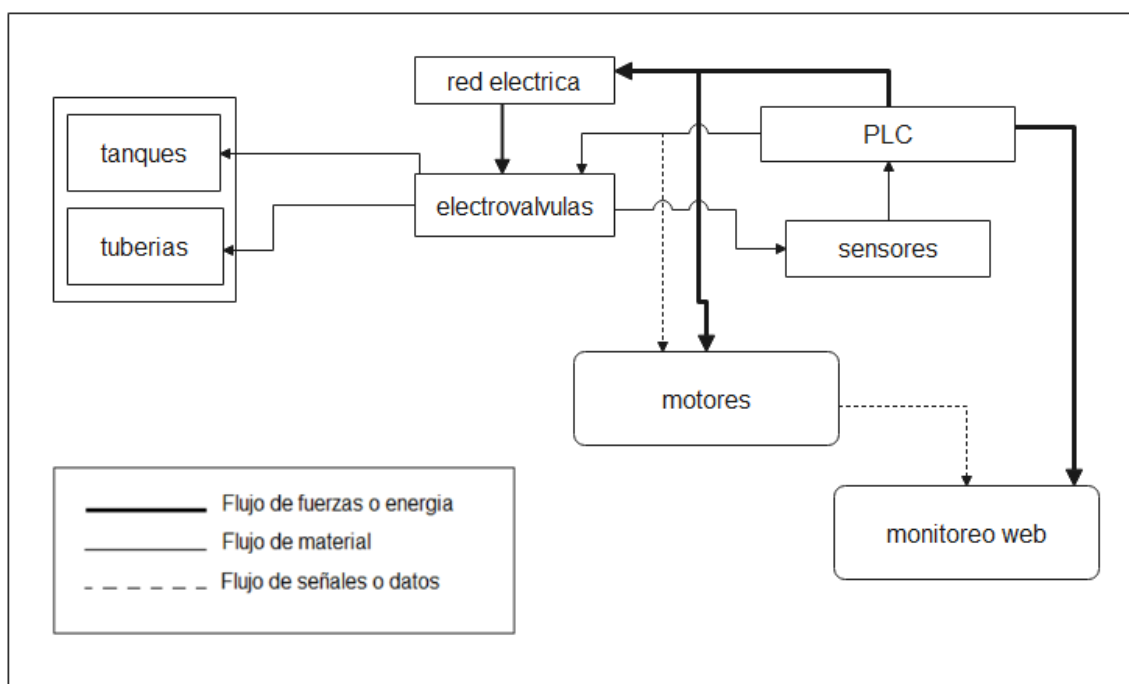


Figura 30. Interacción entre módulos del sistema. Fuente propia.

Diagrama de flujo para visualización de los sensores

En el siguiente diagrama de figura 31 se observa el diagrama de flujo de los sensores que se utilizaron, estos con las especificaciones, con las que son posibles de lograr su conversión de valores analógicos, y convertirlos a digitales con el controlador.

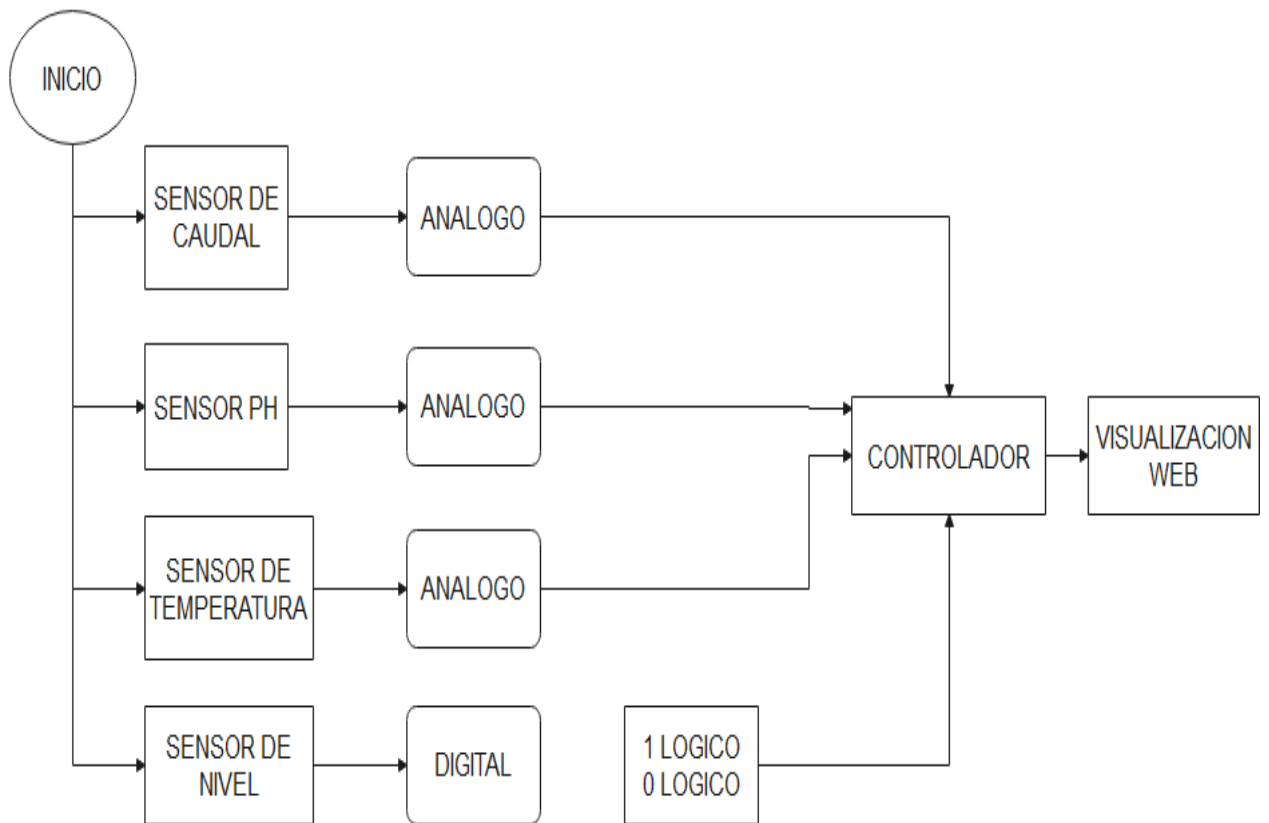


Figura 31. Diagrama de flujo de sensores utilizados. Fuente propia.

Prototipo experimental, donde se muestre el funcionamiento básico de la planta.

A continuación se explica el proceso de realización experimental del prototipo de la planta por ende se necesitaron diferentes tipos de materiales, componentes electrónicos, controladores, y entre otras herramientas que validaran el funcionamiento el prototipo a escala con los parámetros y normas establecidas.

4.2.4. Dimensiones y materiales.

Para las especificaciones que se realizaron en el prototipo modelamos por la herramienta de tinkercad el tamaño con sus dimensiones específicas para comprender de una mejor manera la estructura a escala del diseño, donde veremos a continuación con las siguientes figuras.

Modelo del recipiente a utilizar

Este contendrá una altura de 30 cm aproximadamente, donde nosotros con la herramienta de tinkercad podemos especificar, por otra parte la anchura se contiene de 22 cm específicamente como se observa en la siguiente figura.

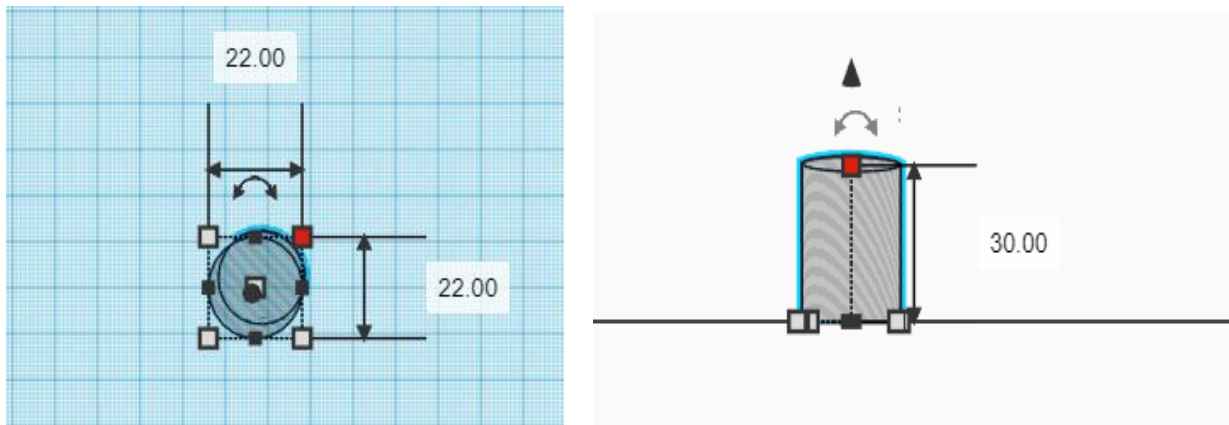


Figura. 32 Diseño del recipiente a utilizar en el prototipo. Fuente propia.

Modelo de la plataforma del prototipo

Para la realización del modelo de la plataforma se toman un largo de 100 cm aproximadamente, 100 cm de ancho y 1 cm de grosor de tal manera que se observe una plataforma plenamente cuadrada como se puede observar en la figura 33.

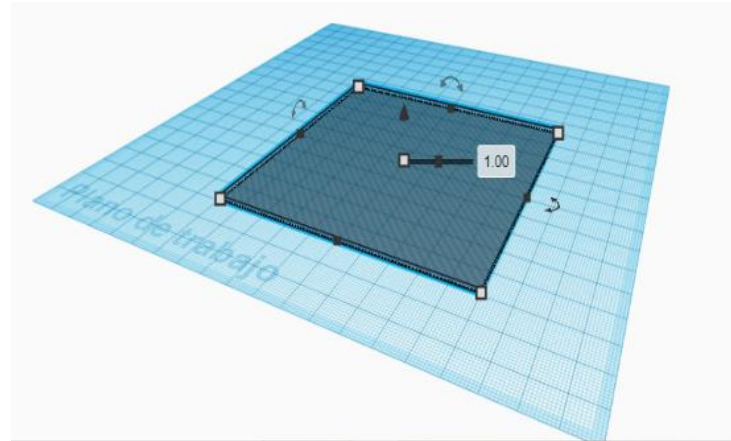
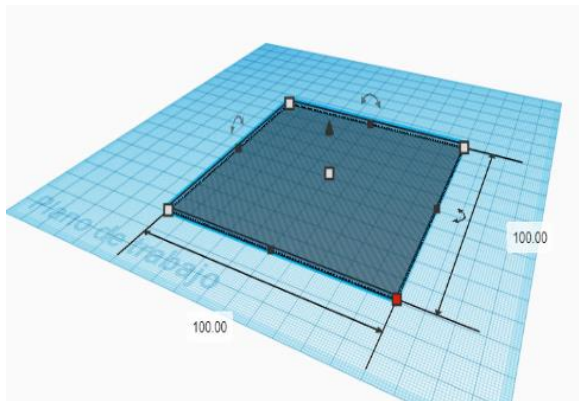


Figura 33. Diseño de la plataforma del prototipo. Fuente propia.

Modelo de la tubería para el prototipo

Para la realización de la tubería que se utiliza para el diseño es de 1 pulgada aproximadamente, con diferentes largos debido a que se necesitan en diferentes partes y estos pueden cambiar como se observa en la figura 34.

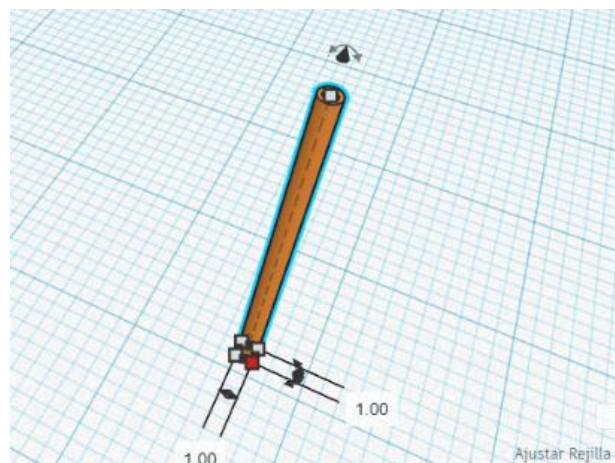


Figura 34. Diseño de la tubería a utilizar en el prototipo. Fuente propia.

Modelo del recipiente del filtro de arena

Para realizar el diseño del filtro de arena se llevaron a cabo mediante las siguientes medidas, con 40 cm de ancho, y 25 cm de altura, como se observara en la figura 35.

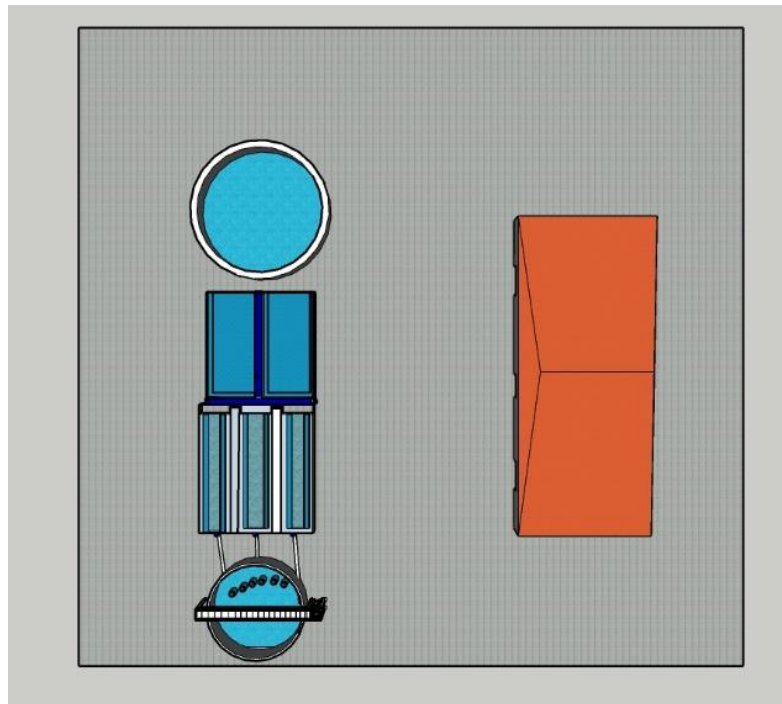
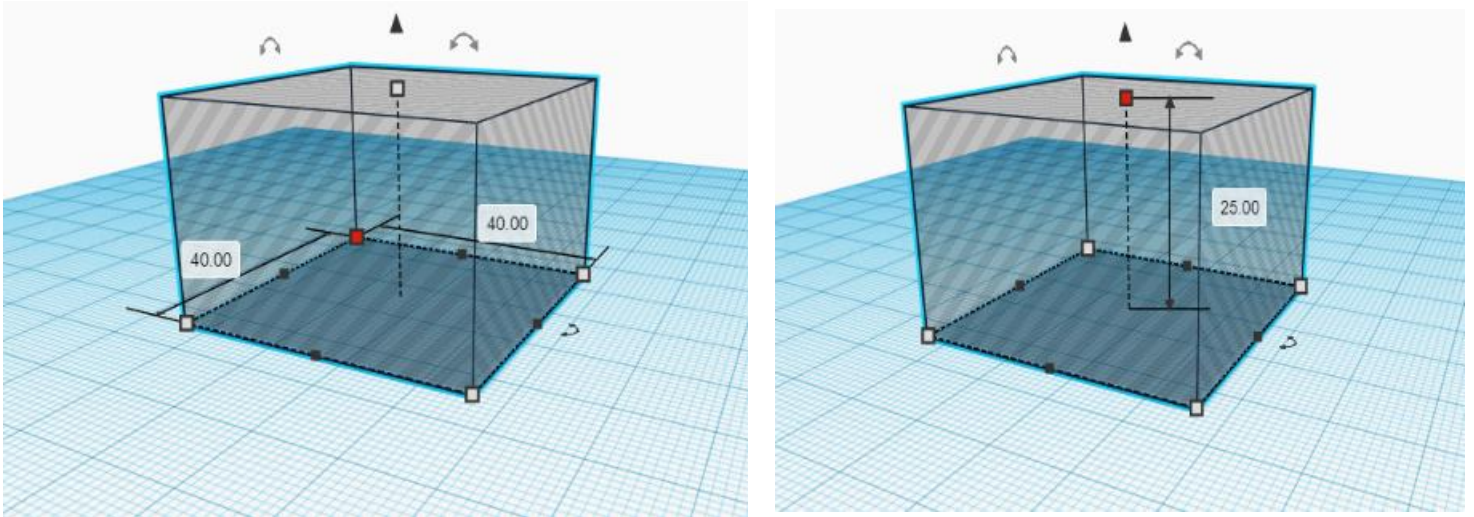


Figura 35. Diseño del filtro de arena a utilizar en el prototipo. Fuente propia.

Modelación para diseño aplicado a la planta

El sistema aplicado a la planta se contendría de componente y materiales más resistentes al que se presenta en el prototipo que se explicó anteriormente, por ende se basaría de altos voltajes a niveles industriales, y además un presupuesto general de la parte primordial del sistema de control.

Funcionalidad del sistema

La línea bordeada de la figura 36 significa la materia a utilizar para el proceso, en este caso agua a tratar, la cual estará pasando por los diferentes procesos de la planta, para su mejor potabilidad y consumo de los habitantes, la línea punteada son las señales que recibe la planta para controlar el proceso de la planta y toda su instrumentación, estos son todos los procesos digitales de los controladores, el plc (controlador lógico programable) y los diferentes sensores que se estuvieron utilizando para tener un mayor control de la planta, y por último la línea delgada, es la energía que el proceso necesita para el desarrollo total de la planta y su funcionamiento, esta energía también se manipula, para ser captada como señales, y así ser manipuladas para los diferentes procesos de la planta.

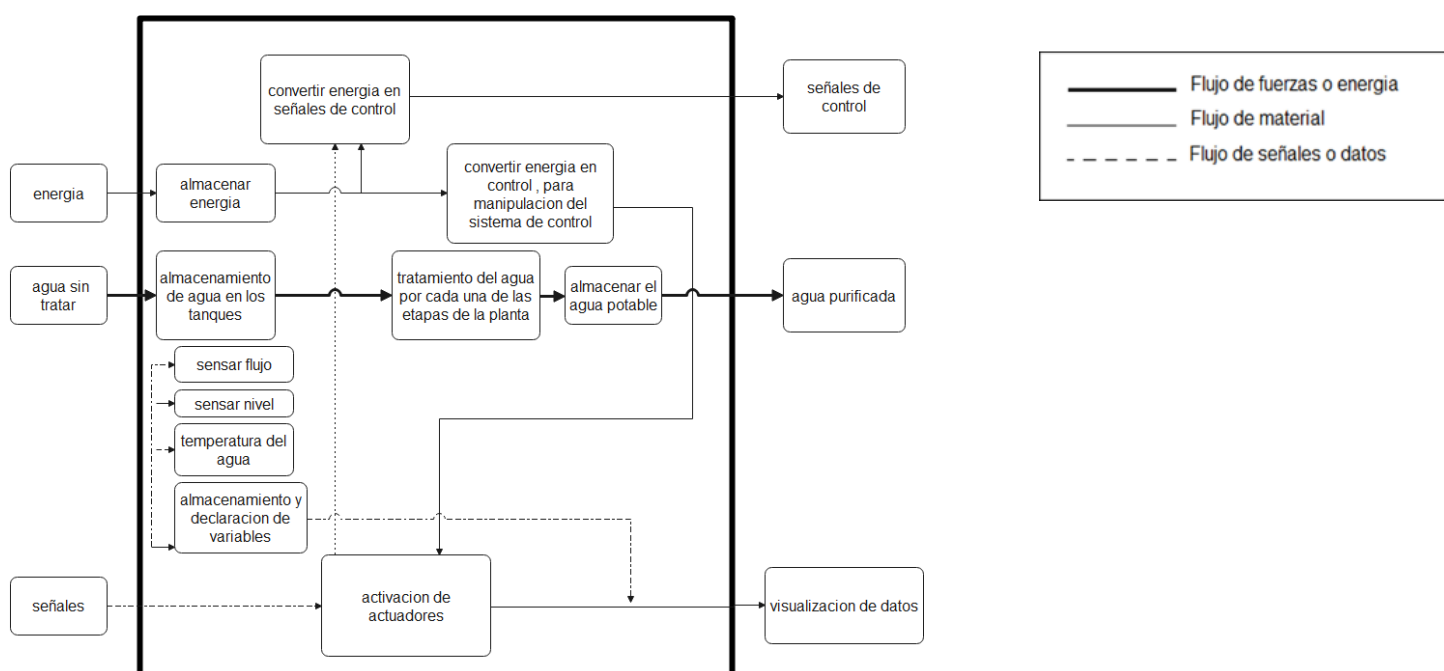


Figura 36. Diagrama en bloque funcionalidad del sistema. Fuente propia.

4.2.5. Validación de parámetros eléctricos

PARTES	CARACTERISTICAS
Arduino uno	<p>Trabaja a un Voltaje Operativo: 9v.</p> <p>En sus salidas de voltaje proporcionan correctamente los 5v y 3.5v correspondiente.</p> <p>Los pines digitales proporcionar una corriente de hasta 40 mA</p>
Arduino shield ethernet	.transmite correctamente a través del puerto RJ45, y envía datos correctamente a la web.
caudalímetro	Se realizaron dos pruebas por cada sensor; la primera al encender el sistema, considerando la existencia de aire en la red de tuberías, el error fue de 4,27% y la segunda, cuando la tubería estuvo llena de agua y sin bolsas de aire, el error fue de 0,39%, se utilizó la subunidad 4.
DS18B20	<p>Su Rango de temperatura: -55 a 125°C.</p> <p>Precisión: ±0.5°C (de -10°C a +85°C)</p>
MSP430 PH	<p>Voltaje de trabajo: 5V.</p> <p>Rango de medición: 0-14pH.</p> <p>Medición de Temperatura: 0-60°C.</p> <p>Precisión: ± 0.1 pH (25°C).</p>
LOGO 230RC	<p>Voltaje de operación que se utilizó fue de 110v.</p> <p>Número/salidas binarias 4; Relé en 24v alterna</p>

ELECTROVALVULA	<p>Voltaje de operación: 12V DC. Corriente de operación: 0.6A. Potencia consumo: 8W. Temperatura de funcionamiento: 5°C a 100°C. Presión de funcionamiento mínima: 0.02 MPa.</p>
Relés	<p>Cada Relé de 5v requiere una corriente de 20mA. Activación mediante señal de 5V que puede controlar directamente el microcontrolador. Tolerancia: 250v AC / 30v DC 10A.</p>
flotador eléctrico	trabaja a 110v / 220v
Contactores	<p>contactor de CA 80A, Contactor de CA industrial Contactor de cableado frontal de placa de alta sensibilidad 220V 80A para aplicaciones de alimentación, distribución y alimentación</p>
cable calibre 12	<p>Temperatura de operación: 90°C. Aislamiento de PVC.</p>

Tabla 3. Parámetros eléctricos del prototipo. Fuente propia.

4.2.6. Presupuesto del prototipo

Para la realización del prototipo experimental se comprende de un presupuesto de costos de los materiales utilizados y a la vez se detalla sus funcionamientos de cada elemento electrónica, para explicar en qué fragmento del prototipo este se aplica.

Por otra parte los gastos pueden ser variados según marcas y especificaciones de los materiales, pero se solventa como una cercanía de los valores reales como se muestran en la tabla 2.





DISEÑO DE MANUFACTURA					
PARTES	REF.	N°	PRECIO (UNIDAD/\$)	CARACTERISTICAS	PRECIO TOTAL Dólares
Arduino uno	Arduino AG	1	\$ 20,00	Microcontrolador: ATmega328. Voltaje Operativo: 5v. Voltaje de Entrada (Recomendado): 7 – 12 v. Pines de Entradas/Salidas Digital: 14 (De las cuales 6 son salidas PWM) Pines de Entradas Análogas: 6. Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.	\$ 20,00
Arduino shield ethernet	Arduino MEGA	1	\$ 14,00	El Arduino Ethernet Shield permite a una placa Arduino conectarse a internet. Está basada en el chip ethernet Wiznet W5100. El Wiznet W5100 provee de una pila de red IP capaz de TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de sockets simultáneas.	\$ 14,00
Caudalímetro	YF-S201	2	\$ 20,00	Voltaje de funcionamiento: 5 a 18 V DC. Max consumo de corriente: 15 mA a 5 V. Tipo de salida: 5V TTL. Trabajo Caudal: de 1 a 30 litros / minuto. Temperatura de funcionamiento: -25 a 80 °C Humedad de trabajo Rango: 35% -80% de humedad relativa.	\$ 40,00
DS18B20		1	\$ 5,00	Rango de temperatura: -55 a 125°C. Resolución: de 9 a 12 bits (configurable) Interfaz 1-Wire (Puede funcionar con un solo pin) Identificador interno único de 64 bits. Multiples sensores puede compartir el mismo pin. Precisión: ±0.5°C (de -10°C a +85°C)	\$ 5,00

MSP430 PH		1	\$ 60,00	Voltaje de trabajo: 5V. Tamaño del módulo: 43 x 32mm. Rango de medición: 0-14pH. Medición de Temperatura: 0-60°C. Precisión: ± 0.1 pH (25°C).	\$ 60,00
LOGO 230RC	SIEMENS	1	\$ 190,00	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho Salidas digitales Número/salidas binarias 4; Relé	\$ 190,00
ELECTROVALVULA		2	\$ 20,00	Voltaje de operación: 12V DC. Corriente de operación: 0.6A. Potencia consumo: 8W. Temperatura de funcionamiento: 5°C a 100°C. Presión de funcionamiento mínima: 0.02 MPa.	\$ 40,00
Relés		1	\$ 15,00	Cada Relé de 5v requiere una corriente de 20mA. Activación mediante señal de 5V que puede controlar directamente el microcontrolador. Tolerancia: 250v AC / 30v DC 10A.	\$ 15,00
flotador eléctrico		1	\$ 35,00	trabaja a 110v / 220v Envía una señal de activación.	\$ 35,00
Contactores	Maranon	1	\$ 18,00	contactor de CA 80A, Contactor de CA industrial Contactor de cableado frontal de placa de alta sensibilidad 220V 80A para aplicaciones de alimentación, distribución y alimentación	\$ 18,00
cable calibre 12		1	\$ 10,00	Resistente a las humedades, químicos, grasa y calor. Temperatura de operación: 90°C. Aislamiento de PVC. Alta resistencia dieléctrica	\$ 10,00
Otros		1	\$ 40,00	componentes electrónicos y materiales de construcción	\$ 60,00
TOTAL					\$ 507,00

Tabla 2. Presupuesto del prototipo

Componentes y especificaciones técnicas para el modelo de la planta a escala real.

	<p style="text-align: center;">SENSOR ULTRASONICO</p>	<p>Tensión de alimentación [V] 10...30 DC; Consumo de corriente [mA] < 35 Retardo a la disponibilidad [s] < 0,3 Frecuencia del transductor [kHz] 300 Entradas/salidas Número de entradas y salidas de salidas digitales: 1; Número de salidas analógicas: 1 Salidas Número total de salidas Alimentación PNP Función de salida normalmente abierto / normalmente cerrado; (parametrizable + 1x salida de corriente) Caída de tensión máx. de la salida de conmutación DC [V] 2,2 Corriente máxima permanente de la salida de conmutación DC [mA] 100 Frecuencia de conmutación DC [Hz] Número de salidas analógicas 1 Carga máx. [Ω] 500 Protección contra cortocircuitos sí Resistente a sobrecargas sí Rango de detección</p>
	<p style="text-align: center;">SENSOR ELECTRODO</p>	<p>pH -2...16 mV 2000 Reconocimiento automático patrón 220 mV a 25 °C (77 °F). Calibración especial a un valor cualquiera. ISE 10-6 M programable – Temp. -20...150) 2 Electrodos indicadores o combinados, conector BNC (Imp. >1012)</p>

COMPONENTE	NOMBRE	CARACTERISTICA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS
	VALVULA MOTORIZADA	<p>Alimentación * 220/240 V.c.a., 50/60Hz Máx. Consumo 6 W Máx. Temp. ambiente 45°C Tiempo de apertura < 35 seg. Tiempo de cierre < 20 seg. Carga del contacto 3 (1) A, 220/240Vac, 50/60Hz Protección IP40.</p>
	VALVULA DE BOLA	<p>Presión de trabajo máxima: 16 bar (232 psi). Roscas: B.S.P.T. Cónica Tamaños disponibles: 15 - 50 mm (1/2"-2"). Rango de Temperaturas:-20 a +90 C° (-4 a 190°F). Amplio rango de conexiones: Rosca: Macho/Hembra 1/2"-2". Tuerca Loca: 3/4"-2".</p>
	VALVULA SOLENOIDE	<p>Tipo de corriente CA 50 Hz CA 60 Hz CC Tensiones Máxima Código Potencia Temperatura W VA (volt-amper) Arranque Sosten.</p>
	MOTOBOMBA ELECTRICA	<p>Capacidad de corriente a 220 voltios: 7 Amps. Caudal total: 5.88 Litros/segundo Cabeza dinámica total: 48.00 Metros de columna de agua. Presión en la descarga: 44.56 Metros de columna de agua. Cabeza neta de succión Disponible: 4.38 Metros de columna de agua. Diámetro mínimo en La succión : $\phi 3''$</p>

	<p>BOMBA MANUAL</p>	<p>diámetro de entrada/salida 50mm - 2" caudal 40m³/h altura Max 30m succión máxima 8m cilindrada 163ml capacidad de tanque de combustible 3,6l potencia máxima motor velocidad rpm 5,5hp consumo de combustible 3600 sistema de arranque 310g/hp manual peso 26kg</p>
	<p>FLUXOMETRO DE PALETA</p>	<p>Conexiones eléctricas: Terminal atornillado de 3 cables. Tensión de alimentación: 12-35 Vcc. Consumo de potencia: 2 VA a 35 Vcc (sin carga) Señal de entrada: 2 transmisores de impulsos NAMUR o codificadores incrementales. Memoria de impulsos: Hasta 15 impulsos Conexiones: Conector de 6 pines o entrada de cables Pg 13,5. Temperatura máx. de trabajo: 55 °C Señal de salida: Colector abierto, I_{max} 100 mA, U_{max} 35 VCC. Protección clase: IP55, DIN 40050 Homologado: CE</p>
	<p>FLUXOMETRO DE PISTON</p>	<p>Tecnología de pistón rotativo, de hélice Fluido para líquido Otras características compacto, en tubo de medición Presión de proceso Máx.: 10 bar (145,04 psi) Mín.: 0 bar (0 psi) Temperatura de proceso Máx.: 70 °C (158 °F) Mín.: 0 °C (32 °F) Flujo volumétrico Máx.: 25 l/min (6,6 us gal/min) Mín.: 0 l/min (0 us gal/min)</p>

	<p>FLUXOEMTRO DE ELEVACION</p>	<p>Alimentación 90-250 V CA, 0,45 A, 40 VA 12-42 V CC, 1,2 A, 15 W Circuito pulsado Alimentación interna (activa): salidas máximas de 12 V CC, 12,1 mA, 73 mW entrada máxima de 28 V CC, 100 mA, 1 W Circuito de salida de 4-20 mA de la bobina 50 0mA, 40 V máx., 9 W máx</p>
	<p>SENSOR DE NIVEL FLOTADOR</p>	<p>tecnología de flotador Medio para líquido, para agua, para aceite Otras características compacto, económico, para montaje lateral Aplicaciones para cuba pequeña, de vigilancia de llenado, para la industria agroalimentaria, para recipiente con orificios diminutos Presión de proceso 3 bar (43,51 psi) Temperatura de proceso Máx.: 120 °C (248 °F) Mín.: -20 °C (-4 °F)</p>
	<p>SENSOR DE NIVEL RESISTIVO</p>	<p>Alimentación: 2 hilos 12 ... 36 VDC Consumo: máximo 0,8 W Resistencia: 0 ... 5.000 Ohm Resolución: 2 Ohm Salida analógica: 4 - 20 mA.</p>
	<p>CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)</p>	<p>Tensión de alimentación_115 V DC 230 V DC Número/salidas binarias 4 Relé con carga inductiva, máx. 3ª.Poder de corte/contactos/con carga resistiva/máximo 10 A. Temperatura de empleo mín.0 °C máx.55 °C Dimensiones</p>

Tabla 4. Componentes y especificaciones técnicas para el modelo de la planta a escala real.

En la tabla 4, se presentan diferentes tipos de componentes electrónicos, siendo estos los más factibles para el desarrollo del diseño, y desarrollados a partir de la combinación de las diferentes sub funciones formadas anteriormente.

Se podrían presentar muchas más combinaciones para la formación de conceptos, pero por medio de un análisis de viabilidad, se determinan no viables a causa de las condiciones tecnológicas, de seguridad, confiabilidad, costos y experiencias pasadas.

Se debe tener en cuenta que, la energía externa será implementada por la red eléctrica, y el transporte del agua de una etapa a otra se hará por medio de tuberías, esto se hace porque son restricciones de la empresa que se deben considerar a la hora de desarrollar el diseño.

Es importante aclarar que se presentan todo una serie de opciones para suplir las sub funciones individuales de las plantas, con el fin de analizar cual opción es la más adecuada para el desarrollo de cada función, pero esto no quiere decir que se vaya a tener en cuenta todas las opciones generadas, ya que se presentan opciones que no son viables para el desarrollo del concepto.

ELEMENTO FISICO	ELEMENTO FUNCIONAL
Red eléctrica 110 Vac, 60Hz.	Provee la energía eléctrica del sistema
PLC	Elemento encargado de procesar y controlar el ciclo de tratamiento de la planta
Data panel	Medio físico que permite la visualización e interacción con las variables de la planta
Electro - Válvulas	Permiten el paso controlado del agua a tratar a través de unos estímulos eléctricos en determinado tiempo
Motobombas	Generan presión en el proceso para el constante fluido del agua
Sensores	Suministran información externa del proceso
Tanques de almacenamiento y tratamiento	Almacenan, procesan y protegen el agua, para el correcto funcionamiento del tratamiento
Tuberías	Medio físico encargado de transportar el agua de una etapa de tratamiento a la otra o hacia el exterior

opciones	Control proceso	Válvulas	impulsión de agua	Almacenamiento/ de agua	Sensar nivel	sensar flujo	sensar TDS	Interfaz grafica
1	PLC	motorizadas	motobomba eléctrica	Tanques cilíndricos	electrodos	fluxómetro de elevación	TDS Digital	data - panel
2		válvula de bola	bomba manual	taques cuadrados	ultra - sónico	fluxómetro de paleta	TDS Digital	PC
3		motorizadas	motobomba eléctrica	tanque cilíndricos	resistivo	fluxómetro de paleta	TDS Digital	data - panel
4		solenoide	motobomba eléctrica	Tanques cilíndricos	resistivo	fluxómetro de Elevación	TDS Digital	LCD
5		motorizadas	motobomba eléctrica	tanque cuadrados	flotador	fluxómetro de Pistón	TDS Digital	PC
6		válvula de bola	bomba manual	Tanques cilíndricos	flotador	fluxómetro de pistón	TDS Digital	data - panel

Tabla 5. Materiales y componentes factibles

4.3. Diseño eléctrico aplicado a la planta

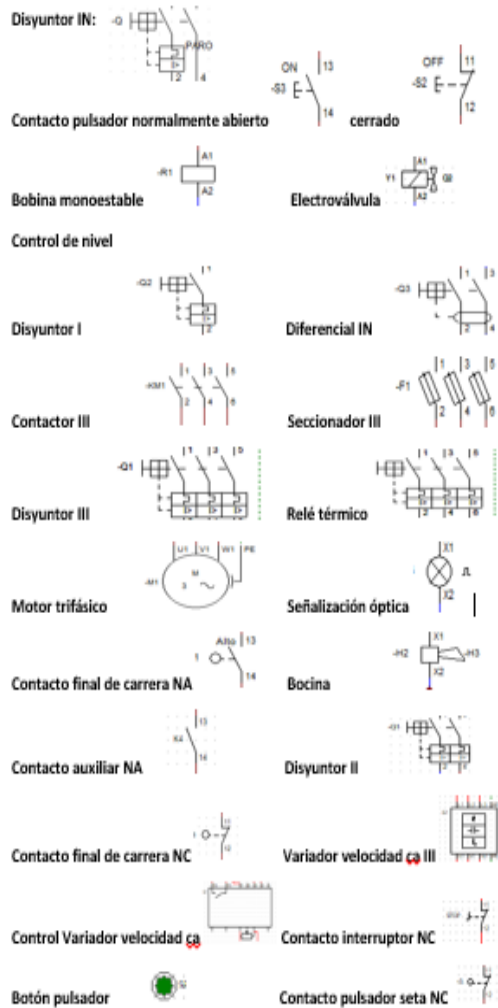
El sistema contiene de un presupuesto de forma general a partir de los componentes y materiales que suelen salir más rentables, con funcionamiento óptimos para el área industrial ya que estos deben de ser muy resistivos a la intemperie para prolongar la eficacia del sistema como su proceso sea de calidad y con el menor márgenes de errores, de esta manera se obtenga una mejor organización y control, como a continuación se detallaran los costos en la siguiente tabla de valores, como se muestra en la tabla 5.

Primeramente se mostrará la parte del diseño realizada en cadesimu (figura37), este diseño es prácticamente el mismo al que se muestra con anterioridad, la diferencia radica, que el anterior está controlada con Arduino, esto porque los sensores son de un menor costo y accesibles para realizar el prototipo.

Mientras que este diseño esta realizado para hacerse de forma industrial, es la propuesta que se presenta para dar solución al actual problema que posee la planta de agua en Enacal de San Juan Del Sur.

La figura 37 que se muestra a continuación, se observan las etapas de forma específica del sistema de proceso de agua que se utiliza en la planta, cabe recalcar cada proceso esta explicado con anterioridad de la página 32 ala 37 con sus respectivas figuras de funcionamiento.

Simbología eléctrica.



Activación de actuadores

Etapa 1. Controlador del sistema.



Sistema de alarma

Etapa 2. Circuito de mando y fuerza.

Etapa 4. Proceso homogeneizador

Etapa 3. Controlador del variador de frecuencia

Figura 37. DISEÑO ELECTRONICO DEL SISTEMA. Fuente propia.

Distribución eléctrica en la planta de agua de Enacal

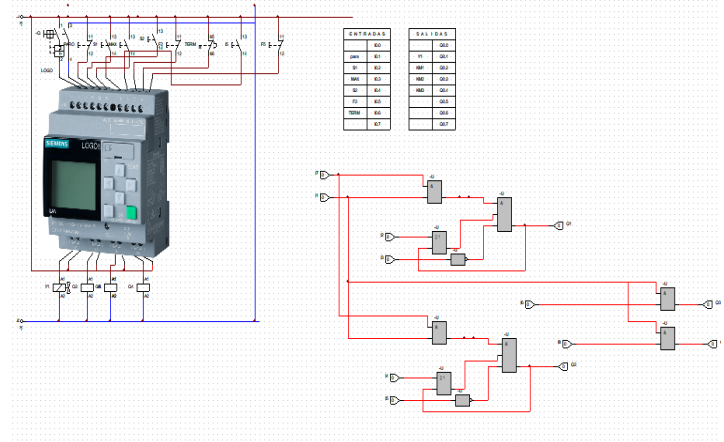
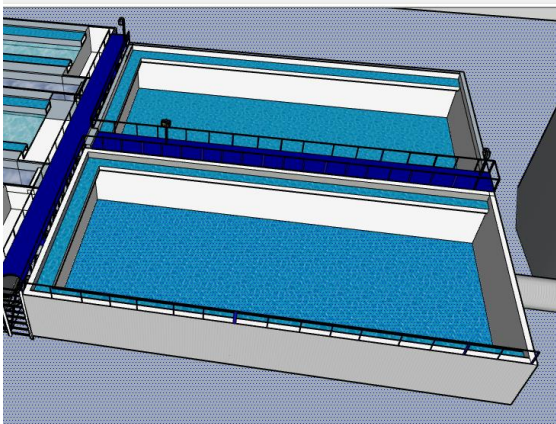
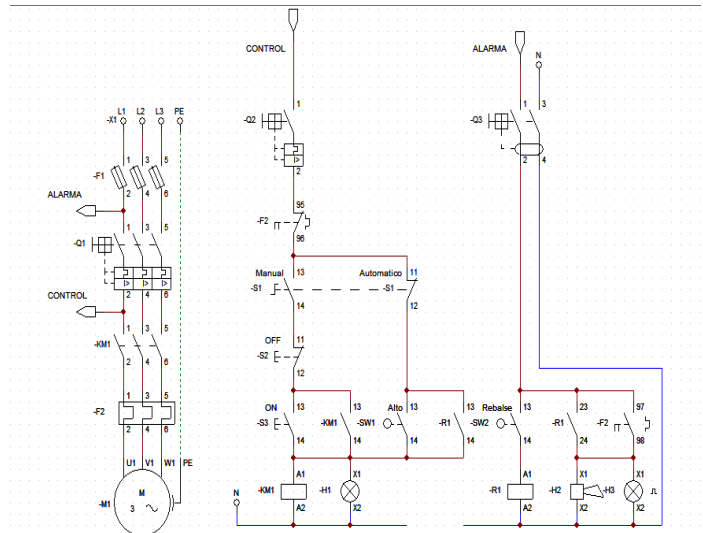
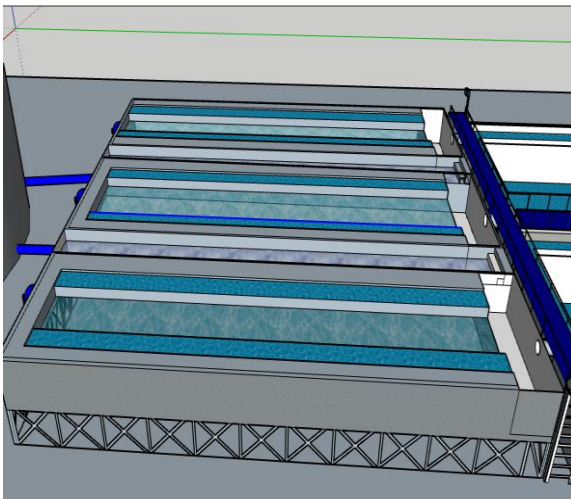
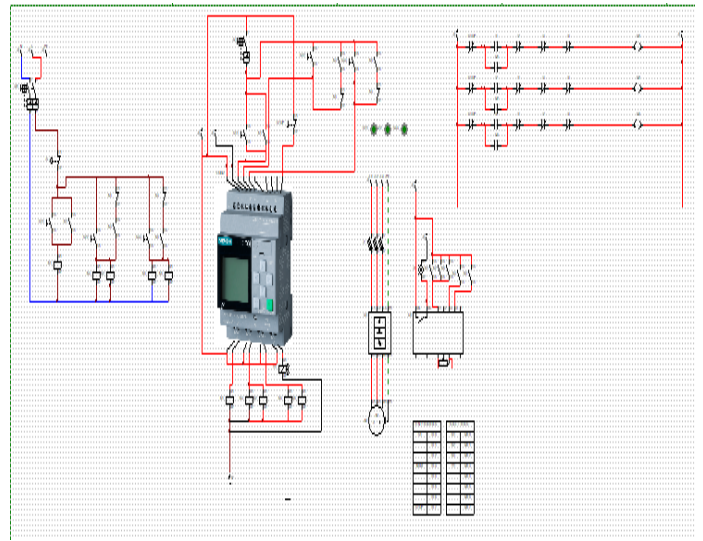
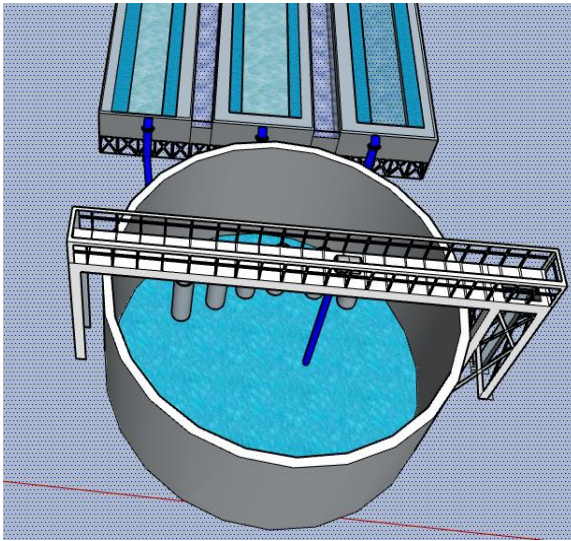


Figura 38. Distribución eléctrica de la planta. Fuente propia.

4.3.1. HMI del sistema eléctrico propuesto.

A continuación se muestra el HMI (interfaz humano-maquina) propuesto para la planta de Enacal, esta se realizó en el programa de my open lab.

Como una de las principales etapas de monitoreo por medio de la interfaz es de homogeneizador debido a que acá se hace una inspección a primera instancia sobre las condiciones del agua que ingresara a la planta, por ende sostiene del análisis de pH, las velocidades de revoluciones por minutos en el que el motor trabaja, también la cantidad de agua por medio del caudalímetro, esto ayuda mucho para poder realizar un control eficaz y organizar la cantidad que se está abasteciendo, además esto es primordial para suministrar el cloro por el monto de agua que se esté procesando, por consiguiente como se observa en la figura 38, está compuesto por electroválvulas que pueden ser intervenidas de forma remota como automática.

El sistema de HMI contiene botones de paro y de comienzo al proceso, para cada etapa consta de un motor de suministro del cloro, como del suministro inicial con una válvula, esto se puede monitorear automáticamente y manualmente, con su caudalímetro que monitorea litro por minutos el agua, para que esta se tratada por medio del controlador de velocidad de homogeneizador.

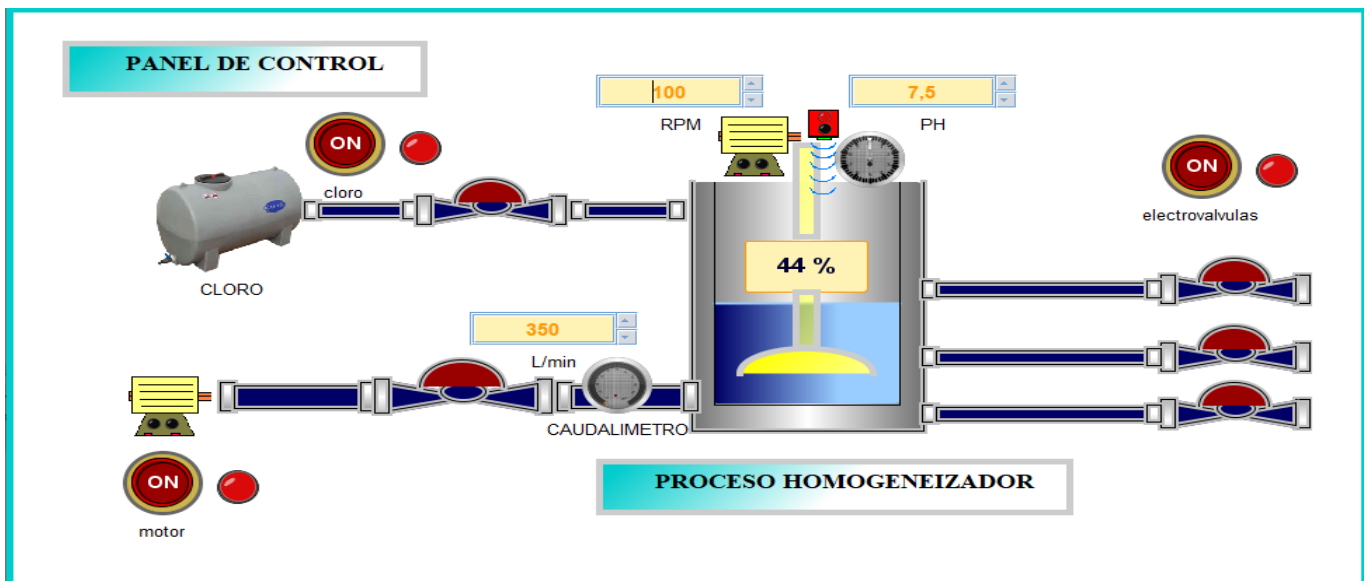


Figura 39. HMI del proceso homogeneizador de la planta de agua. Fuente propia.

El sistema de interfaz gráfico busca como asimilar el que esta impuesto en la planta por ello como se muestra en la figura 39 , se contiene un filtrado después del primer almacenamiento , este funciona con 4 electroválvulas , que son controladas por medio del sensor de llenado industrial de bolla que permite que el agua no propase la cantidad de agua en proceso además se implementa un sensor ultrasónico que corrobora su funcionamiento detectando todos los niveles que esta el agua a su máximo como mínimo, este filtrado esta hecho de una forma artesanal de arena, y otros elementos naturales que purifican el agua de bacterias y hongos , además dejando fluir la que se encuentra en mejores condiciones.

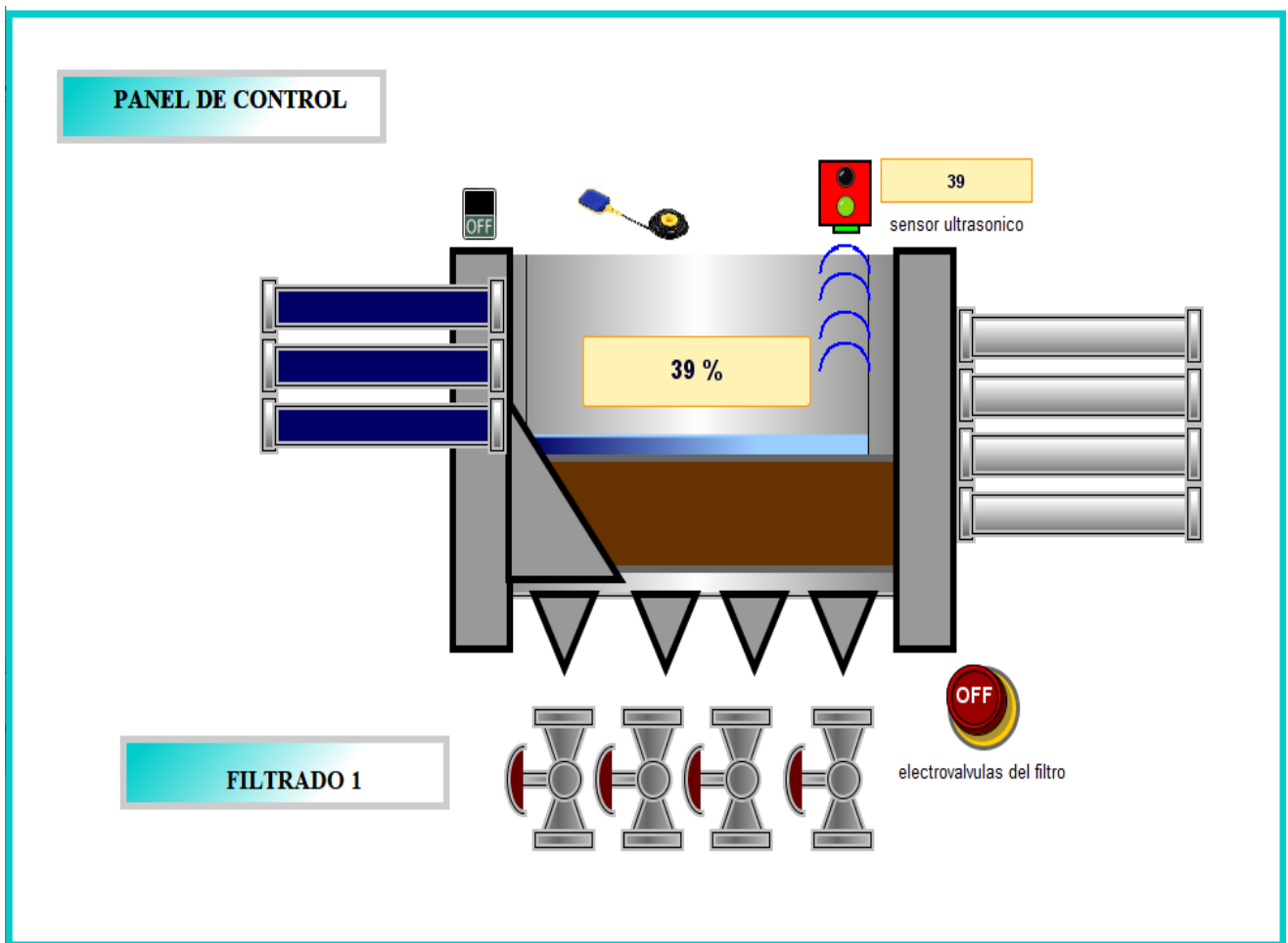


Figura 40. HMI proceso de Filtrado 1 de la planta de agua. Fuente propia.

Para la realización del sistema completo se diseña un segundo filtrado, este contiene las mismas especificaciones de los anteriores, pero este solo contiene 1 electroválvula de salida debido a que será llevada al último sistema de almacenamiento, no obstante este filtro trabaja de la misma manera que el anterior para purificar y que se pueda mantener un estándar de calidad del agua.

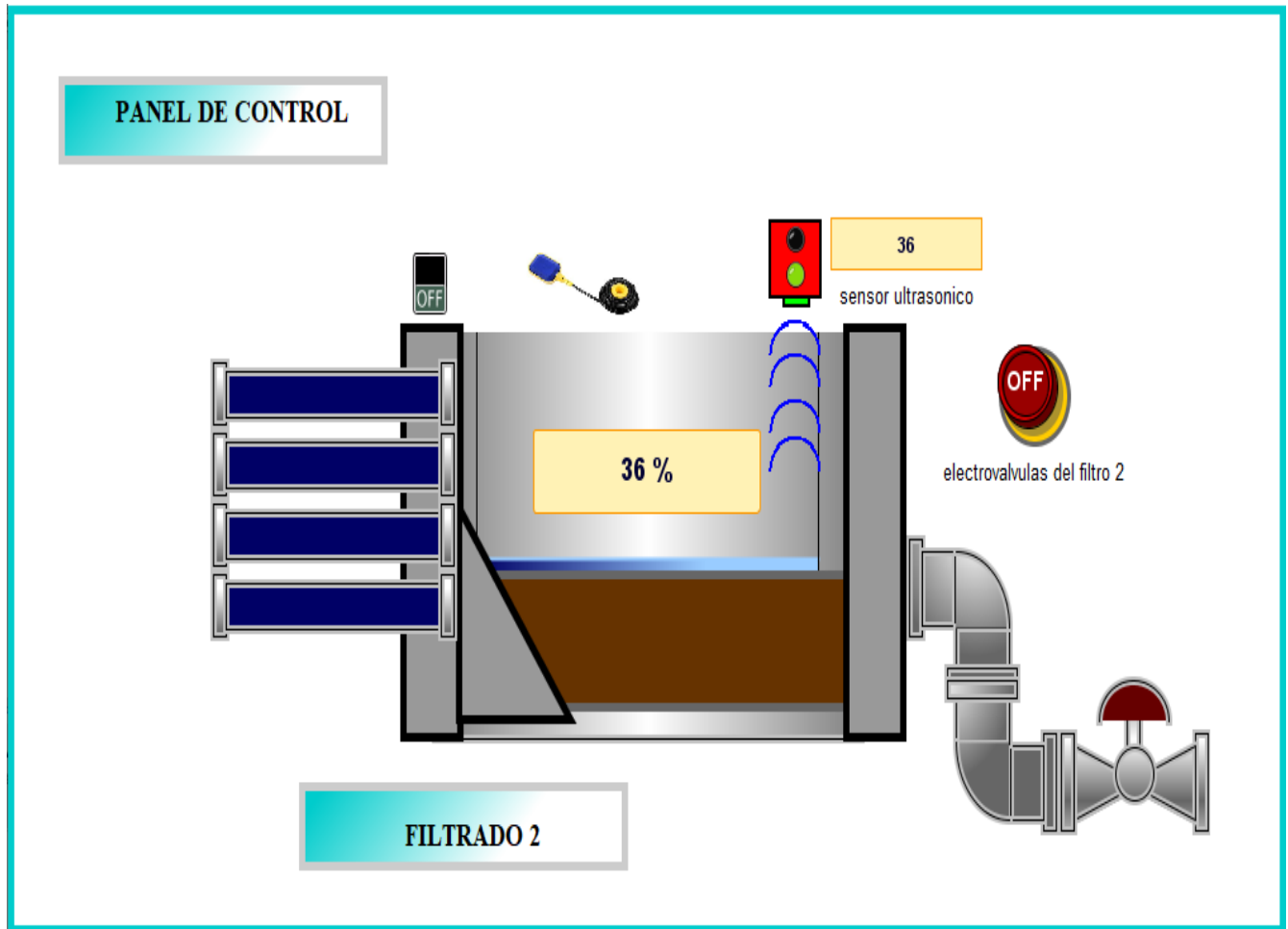


Figura 41. HMI proceso de Filtrado 2 de la planta de la agua. Fuente propia.

La planta de agua Enacal consta del proceso de almacenamiento esta es la última etapa para que el agua sea suministrada al municipio de san juan del sur, por ello se monitorean los valores de presión por medio de bombas, además de sus sistema de control de llenado del tanque por el sensor de bolla industrial que lo facilita, y la inspección de presión para registrar la demanda que se está presentando.

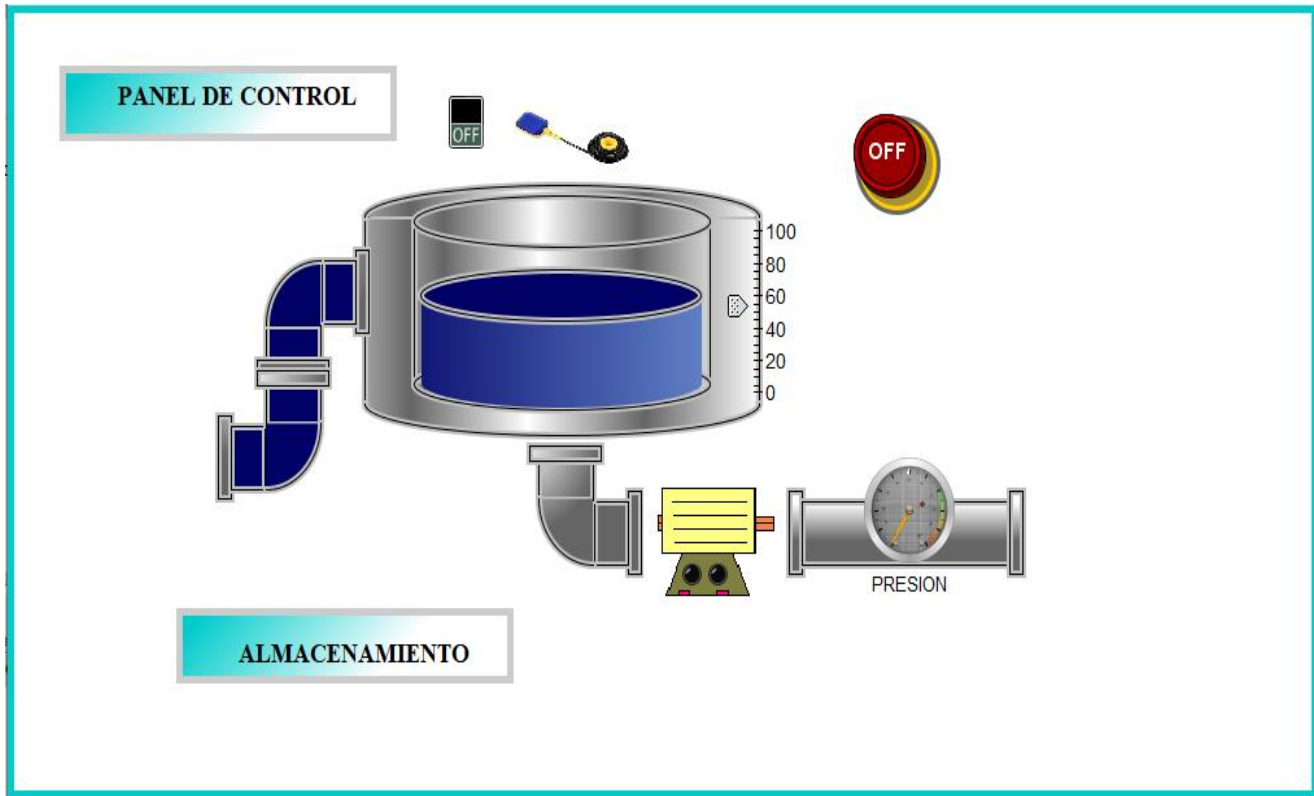


Figura 42. HMI proceso de Almacenamiento de la planta de agua. Fuente propia.

4.3.2. Presupuesto de la planta de agua

					PRECIO (UNIDAD /\$)		PRECIO TOTAL (\$ PESOS)	
PARTES	REF.	DIMENS IO NES	SUB- PARTE S	N o		CARACTERISTI CAS		EMPRES A
PLC	S7-200			1	433.35 \$	siemens S7-200-6ES7216-2AD23-0XB0 CPU226, 24 VDC, ENTRADAS 24 VDC, SAL 24 VDC, MEM 8KBITE 24DI/16DO, 2Xpp	433.35 \$	SIEMENS
Interfaz hombre maquina HMI	Panel táctil Óp. 277			2	848.00 \$	OP277 PN/DP 6" Color STN 256 , teclas 24	\$ 1,696.00	SIEMENS
Cable interfaz USB- PPI	USB/P PI			1	70.00 \$	6ES7901-3DB30-0XA0 CABLE INTERFACE USB/PPI PARA COMUNICACIÓN Y PROGRAMACION S7-200/PC	70.00 \$	SIEMENS
Módulo de entrada Análoga	EM 231			1	300.00 \$	MODULO DE 4 ENTRADAS ANALOGAS +/- 10VDC, RESOLUCION 12BITS	300.00 \$	SIEMENS
VALVULA S MOTORIZ AD AS	EATB1 15 0STE	Diámetro nominal 1 1/2 "		5	1,500.00 \$	Tipo de fluido: Agua Temperatura de trabajo: 20° - 30° C Caudal: 20 GPM	\$ 7,500.00	HAYWA RD
VALVULA MANUAL			VÁLV UL A	2	600.00 \$	Tipo de fluido: Agua Temperatura de trabajo: 20° -	1,200.00 \$	DIMADE RA ST. LUCIA

		Diámetro nominal 1 1/2 "				30° C Caudal: 20 GPM Diámetro: 1 1/2"		
SENSORES	CN5R		SEN SO R DE NIVEL	2	100.00 \$	Control de nivel por electrodos, El relé de salida es activado cuando el líquido no moja el electrodo inferior y es desactivado cuando el líquido moja los electrodos inferior y superior.	200.00 \$	CONTR OL ES S.A
	FS-200 SERIE		SEN SO R DE CAUD AL	2	250\$	Sensor de flujo de Disco, cuerpo de bronce, para usar con agua, aceite y líquidos no corrosivos, con señal eléctrica SDPT, 20 watts, presión máxima 400 PSI,	500.00 \$	VIGNOL A S.A.
MOTOR TRIFASICO				1	3,500.00 \$	Motor Eléctrico Trifasico Branik. 40 Hp 2500rpm	3,500.00 \$	CONTR OL ES S.A
VARIADOR DE FRECUENCIA				1	2,500.00 \$	VARIADOR DE VELOCIDAD ATV 63 trifásico, 30kW/ 40Hp ATV630D30N4	2,500.00 \$	CONTR OL ES S.A
TOTAL							17,899.35 \$	

Tabla 6. Presupuesto escala Real.

6. Conclusiones

Conforme a los objetivos planteados se logró hacer un rediseño de la planta, con el cual el trabajador tendrá más facilidades a la hora de hacer su labor.

Las conexiones virtuales y visualización de datos se lograron cumplir, se puede apreciar que alcanzan los objetivos planteados que es tener la visualización de todos los valores análogos que se quiere observar.

Así también se llegó a la manipulación de la planta desde internet ya sea desde una computadora, teléfono.

Se realizó un estudio de campo cuidadoso de las principales necesidades y requerimientos que tienen las plantas de agua para su uso óptimo. Se logró inferir que la automatización y visualización total del proceso general, son las más importantes necesidades a tener en cuenta a la hora de desarrollar este proyecto, no solo para el desarrollo de las plantas dentro de la empresa, sino también a nivel de competencia con las demás empresa a nivel nacional e internacional.

En el momento de determinar las diferentes alternativas de diseño que se podían ejecutar en la planta, factores tales como, la precisión de los equipos de control, la visualización grafica en tiempo real del proceso y exactitud que estas poseen y la instrumentación adecuada, fueron determinantes para la selección de un diseño apropiado.

Al momento de elegir los equipos de control industrial, por la facilidad de manejo y fácil programación que estos poseen, los controladores PLC fueron los elegidos para el sistema de automatización, ya que son más confiables y adecuados para la automatización de los procesos de las plantas de tratamiento de agua, de igual manera los data panel de las misma gama de los PLC, son el medio más práctico para el manejo e interacción gráficos entre el usuario u operario y el proceso.

7. Recomendación.

- Si deseas tener una mayor seguridad entre el plc y el Arduino, hacer uso de optoacopladores, esto evitara protegerá ambos dispositivos de voltajes muy altos.
- Para una mejor lectura de los sensores se recomiendan usar sensores industrial, la mayor parte de estos sensores son de uso básico en otras palabras se utilizan de forma didacta.
- Si desea mandar el dato de medición del sensor de distancia, la manera en que puede enviarlo, es enviando el dato a una base de datos, y luego llamar ese dato en la página web.
- En el informe se le dan propuesta de diseño a la planta de agua la mejor opción aunque más cara, es la que se da en la propuesta de este documento, en el presupuesto a escala real del prototipo.
- En dado caso la empresa desee implementar este sistema, es importante que este tenga un sistema de alarmas y de avisos de fallas óptimo y visible para los operadores.
- A pesar que el sistema es muy fácil de manipular, es importante la necesidad y los requerimientos de personal altamente calificado en estas tecnologías para su aplicación, y constante mantenimiento para un mayor funcionamiento del sistema.
- Hacer uso de las Normas y estándares para la automatización
 - ✓ Norma IEC-61131
 - ✓ Norma Artículo 100
 - ✓ Normas y leyes ISO 9000/9001.
 - ✓ Norma IEC 61508
 - ✓ Norma IEC 61800-5- 2
 - ✓ Estándares ISA 88 / ISA S88 e ISA 95
 - ✓ CEA-709.5 y CEA – 70.

8. Bibliografía

Gaviño, R. H. (2010). *Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicación y simulaciones con matlab*. Mexico: primera edición .

Macmillan Iberia, S. (1 de Julio del 2019). *Sistemas de carga y arranque*. . Madrid.

Perez, E. (26 de Noviembre de 2014). *google*. Obtenido de escada en la automatización industrial: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280242.pdf>

Hernández, Fernández y Baptista. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta edición ed.). Mexico: Mc Graw Hill Interamericana.

M, C. (2009-01-01). *Sistemas de carga y arranque*. Madrid. Available from: ProQuest Ebook Central. [1 July 2019].: Madrid: Macmillan Iberia, S.A.

INTERNATIONAL STANDARD. (2003-2005). *Programmable controllers Part.1 General information*. Obtenido de IEC 61131-1:
http://d1.amobbs.com/bbs_upload782111/files_31/ourdev_569647.pdf

Matín, F. M. (octubre de 2006). *Entornos Integrados de Automatización*. Obtenido de Introducción al estándar IEC 61131:
<http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/Pres%20IEC%2061131.pdf>

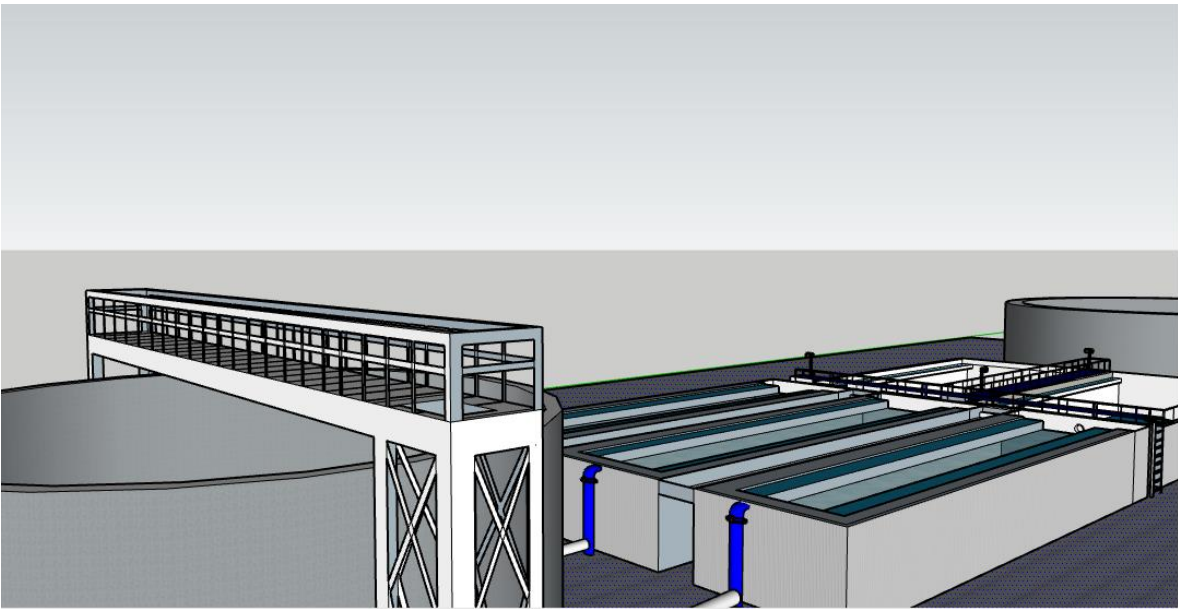
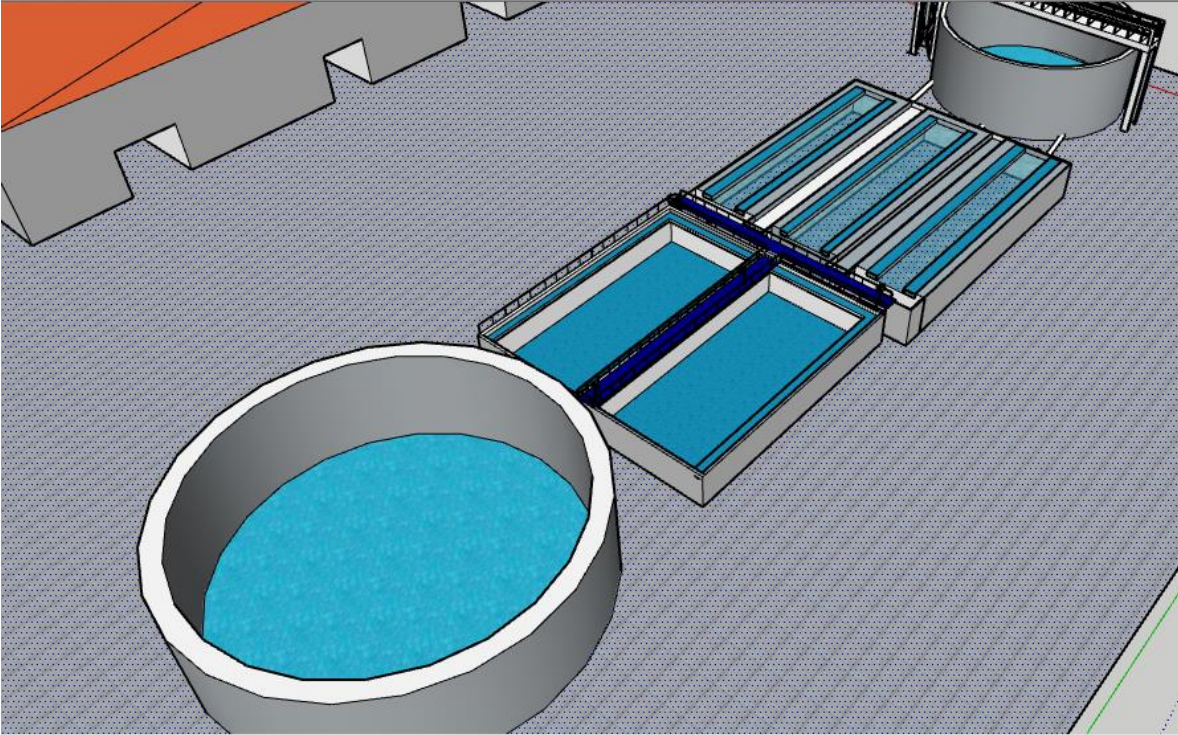
Monografias.com, Automatización industrial,
<http://www.monografias.com/trabajos76/automatizacion/automatizacio.html>, fecha de publicación diciembre de 2009.

El cajón de Ardu, Sensor Ultrasónico HC-SR04,
<http://elcajondeardu.blogspot.com/2014/03/tutorial-sensor-ultrasonidoshcsr04.html>, fecha de publicación marzo del 2014.

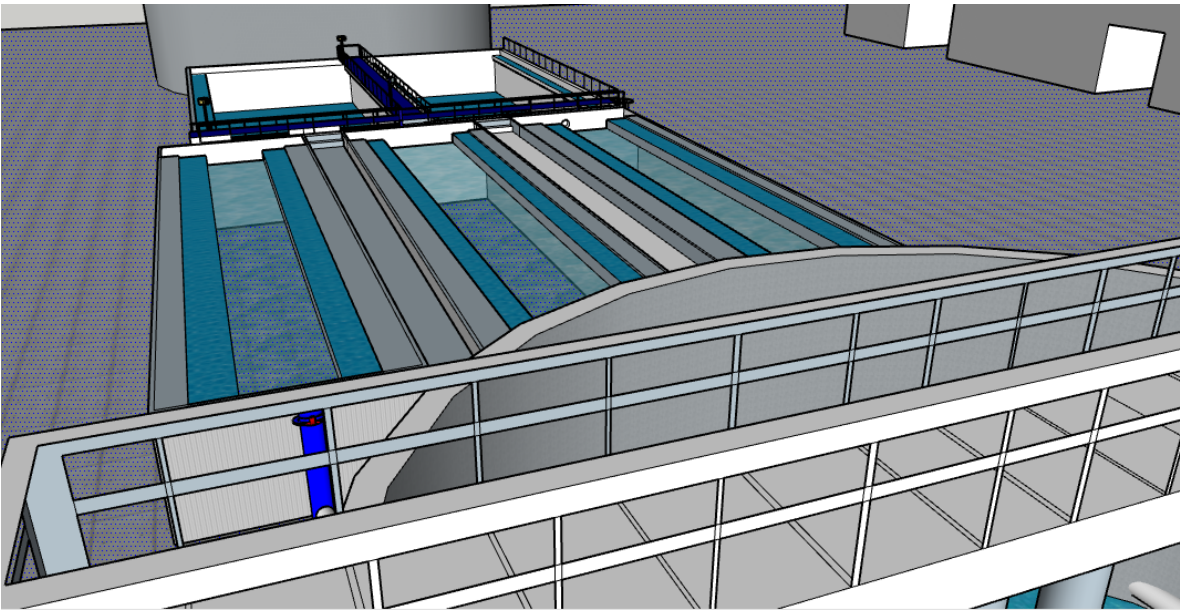
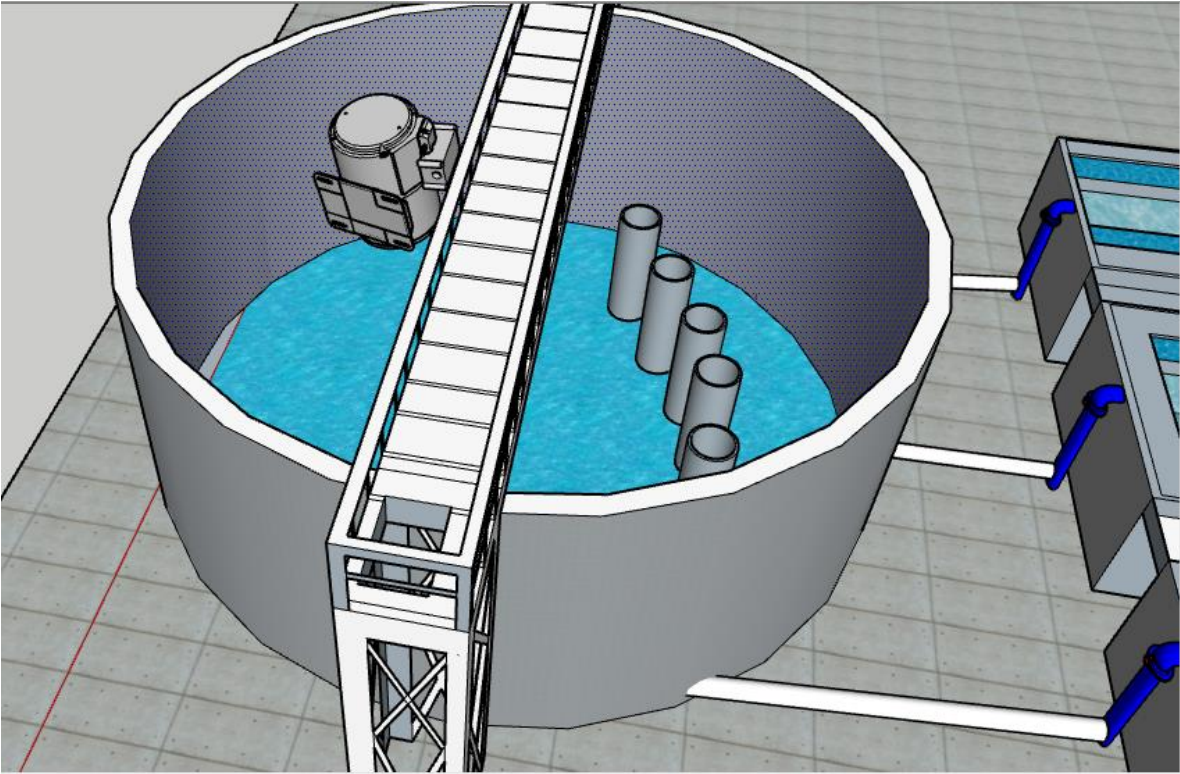
9. Anexos



Fuente propia.



Fuente propia.



Fuente propia.

9.1. Entrevista



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Recinto Universitario Rubén Darío

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Departamento de Tecnología

Entrevista.

Marvin Merlón.

1. ¿Cuál es el funcionamiento principal de esta planta de agua?
2. ¿Cómo es el proceso de Captación?
3. ¿Cuáles son las principales mediciones y variables que se controlan?
4. ¿Qué sensores utiliza la planta de Enacal?
5. ¿Cómo funciona la programación de la planta?
6. ¿Cuáles es el proceso de filtración del agua?
7. ¿Qué pueden apagar desde la interfaz gráfica que tienen desde su computadora?
8. ¿Qué tan efectivo es este sistema que tiene Enacal actualmente?
9. ¿Cómo era la salubridad de la planta antes de hacer el sistema controlado, respecto a cuando era manual?
10. ¿Cuál son las fallas que mira en el sistema actual?
11. Le parecía si hubiera un nuevo proyecto para la planta de Enacal
12. ¿Cuál es su mayor desventaja que presenta el suministro de agua potable de san juan del sur?
13. ¿Alguna vez ha pasado todo el día sin agua potable?
14. ¿Qué lugares de san juan del sur no llega el servicio de agua potable?