



Habilitación de los paneles electrónicos de la planta de tratamiento de agua potable

Loma de Alcoceres del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi

Ibarra Ramos, Oscar Mauricio

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica

Centro de Posgrado

Maestría en Electrónica y Automatización mención Redes Industriales

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Electrónica y

Automatización mención Redes Industriales

Ing. Ávila Rosero, Galo Raúl Mgs.

23 de marzo de 2022

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



Proyecto Titulación_Oscar Ibarra_VFR.pdf

Scanned on: 18:8 March 23, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	1275
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Omitted Words	0

GALO RAUL AVILA ROSERO Firmado digitalmente por GALO RAUL AVILA ROSERO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA
CENTRO DE POSGRADOS

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **“HABILITACIÓN DE LOS PANELES ELECTRÓNICOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE LOMA DE ALCOCERES DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”** fue realizado por el señor **Ibarra Ramos, Oscar Mauricio** el mismo que ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 marzo del 2022

Ing. Ávila Rosero, Galo Raúl Mgs.

DIRECTOR

C.C.: 0501156061



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA
TECNOLÓGICA
CENTRO DE POSGRADO**

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Ibarra Ramos, Oscar Mauricio**, con cédula de ciudadanía N° **0503262388**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **HABILITACIÓN DE LOS PANELES ELECTRÓNICOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE LOMA DE ALCOCERES DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI** es de mí autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 marzo del 2022

Ibarra Ramos, Oscar Mauricio

C.C.: 0503262388



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA
TECNOLÓGICA
CENTRO DE POSGRADO

Autorización de Publicación

Yo, **Ibarra Ramos, Oscar Mauricio**, con cédula de ciudadanía N° **0503262388**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **HABILITACIÓN DE LOS PANELES ELECTRÓNICOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE LOMA DE ALCOCERES DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 23 marzo del 2022

Ibarra Ramos Oscar Mauricio

C.C.: 0503262388

Dedicatoria

“Si quieres cambiar tu vida, intenta dar las gracias. Cambiará tu vida poderosamente”.

Gerald Good

El presente documento es dedicado principalmente a Dios por ser quien ha guiado mi camino durante los semestres de estudio y en el desarrollo de proyecto de investigación.

A mi madre que desde el cielo bendice cada uno de mis días de mi existencia, que con sus oraciones me ha permitido estar en este lugar culminado mi posgrado.

Mi familia que han sido el apoyo moral y empuje para prepararme profesionalmente y ser una persona de bien útil a la sociedad.

Mis hijos, María Paz y Benjamín, que, con su amor y detalles me han permitido llegar a cumplir un sueño más.

Oscar M. Ibarra R.

Agradecimiento

“La gratitud convierte lo que tenemos en suficiente. Es la señal de las almas nobles”.

Esopo

Agradezco a Dios, quien por su bendición he logrado a culminar con éxito la meta propuesta en beneficio de toda mi familia y personas que me rodean.

Un especial agradecimiento al GAD Municipal de Latacunga quien abrió las puertas de la institución para poder desarrollar mi tema de investigación, en la persona del Sr. Tecnólogo Juan Carlos Escobar quien con su contingente y profesionalismo ayudó en el desarrollo del proyecto en beneficio de nuestra querida ciudad de Latacunga.

A la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE quienes fueron los precursores para incentivar el estudio de cuarto nivel, en especial al Ing. Galo Ávila, quien como coordinador y director de proyecto ha permitido dar su criterio profesional y aprobar el documento habilitante para conseguir el título de Magíster.

Familiares y amigos, a quienes han estado pendientes sobre el desempeño de mis estudios durante la preparación del documento previa a mi obtención del título de Magíster por su empuje y apoyo incondicional

Oscar M. Ibarra R.

Tabla de contenidos

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos	8
Índice de figuras	11
Índice de tablas.....	13
Resumen.....	14
Abstract	15
Capítulo I	16
Características generales del proyecto	16
Antecedentes	16
Líneas De Investigación	17
Sublimas De Investigación.....	17
Área De Influencia.....	17
Planteamiento Del Problema.....	17
Estudios Relacionados	19
Justificación, Importancia y Alcance del proyecto.....	20

Objetivo General	23
<i>Objetivos Específicos</i>	23
Hipótesis de la investigación	24
Categorización de las variables de investigación	24
Capítulo II	26
Marco teórico referencial.....	26
Marco Legal	26
<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	26
<i>Ley Orgánica de las empresas públicas</i>	27
<i>Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización</i> <i>(COOTAD)</i>	27
<i>Ley Orgánica del Servicio Público</i>	28
<i>Ordenanzas Municipales</i>	28
Marco conceptual.....	29
<i>Clases de agua</i>	30
<i>El agua usos y circunstancias</i>	30
<i>Factores a considerar para la potabilización del agua</i>	33
<i>Equipos utilizados para la potabilización del agua</i>	37
Capítulo III	46
Metodología de la investigación	46
Captación.....	46
<i>Caudalímetro de entrada</i>	49
<i>Turbidímetro de entrada</i>	54
Tratamiento del agua	56

<i>Pretratamiento</i>	56
Almacenamiento	64
Sistema de distribución	65
Capítulo IV	75
Resultados.....	75
Resultados de los procesos de potabilización de agua	75
Resultados caudalímetro en canal abierto	76
Resultados en la medición con el turbidímetro.....	77
Resultado Bombas Centrífugas	78
Resultados del analizador de cloro	78
Resultado Mixer Industrial	79
Resultados del transmisor de nivel ultrasónico.....	80
Resultados de las instalaciones de alimentación eléctrica	81
Capítulo V	83
Conclusiones Y Recomendaciones	83
Conclusiones	83
Recomendaciones	84
Bibliografía	86
Anexos	90

Índice de figuras

Figura 1 <i>Descripción del Área de Influencia</i>	17
Figura 2 <i>Escala del pH</i>	34
Figura 3 <i>Transmisor de Nivel</i>	38
Figura 4 <i>Caudalímetro en canal abierto</i>	39
Figura 5 <i>Caudalímetros para líquidos</i>	40
Figura 6 <i>Medidor de turbidez</i>	41
Figura 7 <i>Turbidímetro</i>	42
Figura 8 <i>Bomba Dosificadora Mecánica y Diafragma</i>	43
Figura 9 <i>Bombas Centrífugas</i>	44
Figura 10 <i>Mixer Tipo Paleta</i>	45
Figura 11 <i>Accesorios Tablero Eléctrico</i>	45
Figura 12 <i>Proceso de potabilización del agua</i>	46
Figura 13 <i>Laguna Salayambo</i>	47
Figura 14 <i>Trayectoria del agua Rio Illuchi</i>	48
Figura 15 <i>Entrada de agua a los tanques de almacenamiento</i>	49
Figura 16 <i>Caudalímetro de canal abierto</i>	50
Figura 17 <i>Colocación del sensor</i>	51
Figura 18 <i>Conexión Sistema ultrasónico de medición</i>	52
Figura 19 <i>Configuración caudalímetro de entrada</i>	54
Figura 20 <i>Turbidímetro sistema de medición de la turbidez del agua</i>	56
Figura 21 <i>Etapa de floculación del agua</i>	58
Figura 22 <i>Tanques de decantación del agua</i>	59
Figura 23 <i>Filtración del agua</i>	60
Figura 24 <i>Dosificación gas cloro para desinfección del agua</i>	61
Figura 25 <i>Tanques de gas cloro para la desinfección del agua</i>	62

Figura 26 <i>Fases de tratamiento de agua</i>	62
Figura 27 <i>Bomba dosificadora de químicos</i>	64
Figura 28 <i>Tanques para almacenamiento de agua antes del tratamiento</i>	65
Figura 29 <i>Medidor de caudal configuración</i>	66
Figura 30 <i>Calibración en la pantalla sensor</i>	68
Figura 31 <i>Configuración del medidor de caudal a la salida</i>	69
Figura 32 <i>Menú operador</i>	70
Figura 33 <i>Pantalla diagnostico</i>	71
Figura 34 <i>Configuración del Transmisor</i>	72
Figura 35 <i>Visualización de señales</i>	72
Figura 36 <i>Ajuste del dispositivo</i>	73
Figura 37 <i>Configuración de la Pantalla</i>	73
Figura 38 <i>Configuración Entrada/ Salida</i>	74
Figura 39 <i>Configuración de las Alarmas</i>	74
Figura 40 <i>Resultados de calibración ideal del transmisor ultrasónico</i>	76
Figura 41 <i>Calibración del turbidímetro</i>	77
Figura 42 <i>Puesta en funcionamiento de las bombas centrifugas</i>	78
Figura 43 <i>Calibración Analizador de Cloro</i>	79
Figura 44 <i>Funcionamiento Mixer</i>	80
Figura 45 <i>Calibración del Transmisor de nivel de salida</i>	81
Figura 46 <i>Nomenclatura y numeración de conductores de los tableros de distribución</i>	82

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Trabajos relacionados</i>	19
Tabla 2 <i>Operacionalización de las Variables</i>	24
Tabla 3 <i>Datos del canal y Medidas de caudal de entrada</i>	50
Tabla 4 <i>Rango de Turbidez apto para el consumo</i>	54
Tabla 5 <i>Filtración según la norma EN 2655:2012</i>	60

Resumen

El líquido vital, el agua, es esencial para los seres vivos sin ella el desarrollo de la vida y de la sociedad en si fuese escasa, por lo que nuestro planeta está cubierto por el 75% de este líquido vital, según la Organización Mundial de la Salud“ OMS (2015), Hasta el año 2015, el 71% de la población mundial (que se estima en unos 5200 millones de personas) consumían agua segura y potabilizada por diversos procesos y sea apta para el consumo, es por ello que en el cantón Latacunga el sistema de agua potable, cumple con los estándares de calidad y de sanidad estipuladas en las normas INEN proporcionando a la colectividad un caudal de 150 l/seg. después de su potabilización en la planta de tratamiento Loma de Alcoceres. Para la planta de tratamiento, Loma de Alcoceres a cargo del GAD Latacunga, en el año 2013 se adquirieron equipos de control, los mismos que se encuentran instalados y en desuso por desconfiguración de los equipos, y al no existir personal con el conocimiento del manejo de estos dispositivos, se pretende realizar la reconfiguración, mantenimiento y capacitación a sus trabajadores para el correcto manejo y funcionamiento de la planta, con el objeto de que se entreguen agua apta para su consumo luego de la potabilización.

Palabras Clave:

- **AGUA POTABLE**
- **MANTENIMIENTO INSTALACIONES ELÉCTRICAS**
- **PANELES ELECTRÓNICOS**
- **BOMBAS DE DESPACHO DE AGUA**

Abstract

The vital liquid, water, is essential for living beings without it the development of life and society itself would be scarce, so our planet is covered by 75% of this vital liquid, according to the World Health Organization" OMS (2015), Until 2015, 71% of the world's population (estimated at about 5200 million people) consumed safe and potable water by various processes and is suitable for consumption, which is why in the canton Latacunga drinking water system, meets the standards of quality and health stipulated in the INEN standards providing the community with a flow of 150 l / sec. after its potabilization in the Loma de Alcoceres treatment plant. For the treatment plant, Loma de Alcoceres in charge of the GAD Latacunga, in 2013 control equipment was acquired, the same that are installed and in disuse by misconfiguration of the equipment, and as there is no staff with the knowledge of the management of these devices, it is intended to perform the reconfiguration and maintenance and training to their workers for the proper management and operation of the plant, in order to deliver water fit for consumption after purification.

Key words:

- **POTABLE WATER**
- **MAINTENANCE OF ELECTRICAL INSTALLATIONS**
- **ELECTRONIC PANELS**
- **WATER DISPATCH PUMPS**

Capítulo I

Características generales del proyecto

Antecedentes

Según la (OMS, 2015), “Miles de personas alrededor del mundo mueren a causa de enfermedades estomacales y se ha logrado determinar que la calidad de agua en ciertas localidades no es apta para el consumo humano”, es por ello que en la mayoría de poblaciones las autoridades locales tratan de purificar el agua para cumplir con estándares de calidad y que sean aptas para el consumo humano, tratando de reducir al máximo este tipo de enfermedades gastrointestinales.

La ciudad de Latacunga conjuntamente con sus parroquias no es la excepción, captan el líquido vital, procesan el agua cumpliendo con cuatro etapas esenciales de la potabilización como son: la floculación, sedimentación, filtrado y cloración, eliminando gran mayoría de impurezas y logrando que el agua sea apta para el consumo humano, este proceso se ha venido desarrollando por una década desde su inauguración en la administración del Arq. Rodrigo Espín, hasta la fecha.

Desde su puesta en funcionamiento se ha planteado la automatización de la misma, según registros proporcionados por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno Municipal De Latacunga (EPMAPAL, 2021), se realizó la adquisición de equipos de automatización en el 2013, los mismos que se encuentran implementados en el lugar, como son bombas, mixer, transmisores, variadores de frecuencia entre otros, desde su implementación y configuración no han funcionado con las lecturas adecuadas, peor aún entregar la dosificación adecuada para la cloración en su etapa final de purificación, proceso que se lo realiza en la actualidad manualmente, y en vista de que no ha existido el personal calificado para el control y mantenimiento de los equipos se ha visto en la necesidad de buscar personal con estos conocimientos que colaboren en la solución del problema de configuración.

Líneas de investigación

- Automatización y Control.
- Sistemas Electrónicos y Computacionales.

Sublíneas de investigación

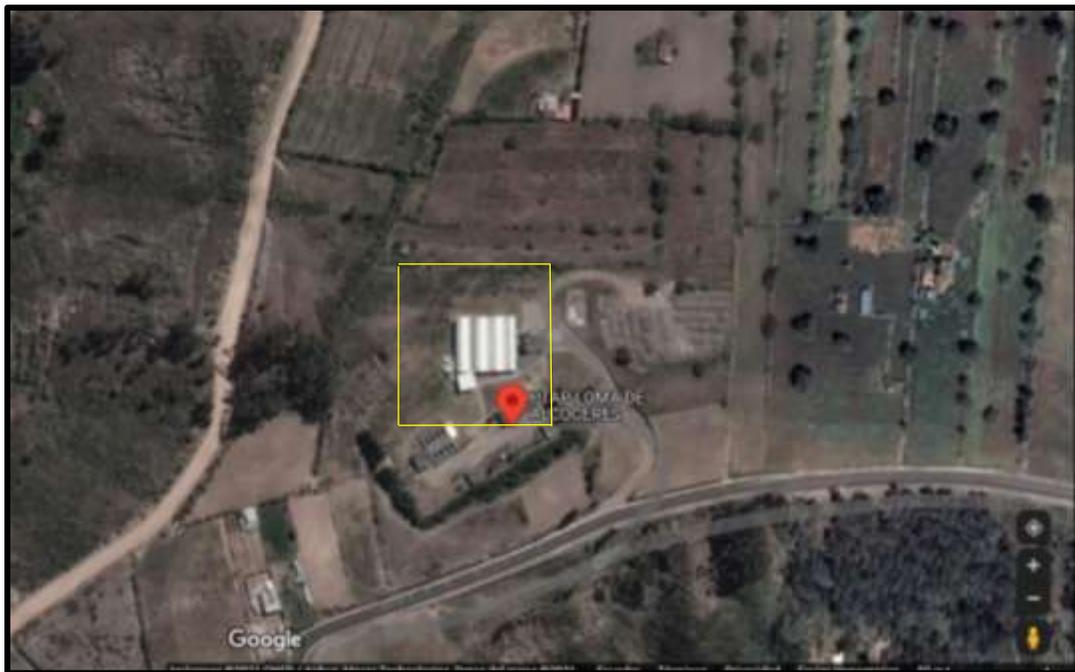
- Electrónica y Automatización
- Accionamientos Estáticos

Área de influencia

Instalaciones de la Planta de tratamiento de agua potable del Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi

Figura 1

Descripción del Área de Influencia



Nota. Tomado de Google Maps, 2021

Planteamiento del problema

El agua para el consumo humano se encuentra en estado natural en la corteza terrestre, y en este caso la proveniente del cerro Langoa, en tal virtud no es factible que

se la pueda consumir directamente por parte de las personas, ni tampoco ser utilizada para los procesos o usos industriales, debido a que contiene una gran cantidad de minerales dañinos para la salud.

Es por ello que es fundamental que se la someta a procesos de potabilización en las plantas de tratamiento del agua potable, como la (EPMAPAL, 2021), la misma que tiene como objetivo de proveer de agua potable a la ciudad de Latacunga y sus alrededores, con eficiencia, calidad y en cantidades suficientes para cubrir las necesidades básicas de este sector de la población, bajo parámetros de eficiencia operativa, comercial, organizacional y financiera que garanticen su desarrollo y sostenibilidad, siempre tomando en cuenta las normas INEN destinadas para el efecto.

Por la necesidad de la EPMAPAL de responder por la gestión eficiente y oportuna de los servicios de agua potable (provisión de agua potable) que presta al cantón de Latacunga, se considera necesario que debe existir un debido proceso en la potabilización que sea totalmente automatizado y no eleve el costo de éste servicio, ya que en la actualidad por la falta de personal capacitado no se ha podido programar los equipos instalados, los cuales, desde su inicio en el año 2010, presentó dificultades en el funcionamiento, cuyos procesos se los está haciendo manualmente por la experiencia de sus operadores que van dosificando los químicos en las cantidades de acuerdo a las normas INEN, lo cual incide directamente en los costos los mismos que son considerados como pérdidas para la empresa y son asumidas para garantizar que este líquido llegue a todos los sectores de la población que consumen el líquido, por lo expuesto surge la necesidad de implementar la propuesta de automatización de los procesos de potabilización de la Planta Alcoceres manejada por EPMAPAL.

La habilitación de los paneles electrónicos mediante la reconfiguración de la planta de tratamiento de agua potable incide directamente en suministro del líquido vital, disminuyendo la cantidad de litros por segundo que se puede entregar a la ciudadanía

del cantón Latacunga, y por ende en el costo de producción que la empresa y el público consumidor lo asume en el momento de pagar las planillas de consumo.

Estudios relacionados

Tabla 1

Trabajos similares

No	ARTÍCULO / PROYECTO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCIÓN
1	Aubergenville treatment plant, a fully automated waterworks in Paris western suburb	- J.M. Ponte	2002	Desde la década de los 70 en Francia en la población Lyonnaise des Eaux ha desarrollado una política de automatización en sus plantas de tratamiento de agua, logrando adecuar a sus sistemas de agua potable elementos electrónicos como son RTU, y la incorporación de 100 PLC, logrando reducir por completo la mano de obra humano y reduciendo las horas de trabajo por la noche.
2	PLC & SCADA based automation of filter house, a section of Water Treatment Plant	- A. Archana; - B. Yadav	2012	Este documento tiene como finalidad la automatización de agua potable en una región Bhageri Ka Naka (Rajasthan) perteneciente a la India, donde describe las áreas de implementación de automatización de agua apta para el consumo humano mediante la implementación de PLC y SCADA para el sistema que se encuentra en funcionamiento
4	Raspberry Pi for Automation of Water Treatment Plant	- Sonali S. Lagu; - Sanjay B. Deshmukh.	2015	El presente documento detalla la implementación de un Raspberry Pi o microcomputador para el control y automatización de una planta de agua potable con el objeto de reducir costos y mejores prestaciones que un control normal implementando tecnologías de última generación y adaptables al sistema existente
5	Monitoring and automation of the water pumping and	- C. A. Calderon; - Miguel Cueva; - Nilvar Cuenca;	2018	Consiste en la implementación de un sistema de monitoreo para una planta de tratamiento de agua en el área de

No	ARTÍCULO / PROYECTO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCIÓN
	storage process applied to a water treatment plant	- Alexis Honores; - Danny Guaman; - David Jimenez; - Cristian Ramirez		bombeo, para lo cual se ha desarrollado una arquitectura de tecnología IoT o internet de las cosas logrando reducir costos de implementación de equipos y monitoreo en tiempo real desde cualquier parte del planeta, dicho proyecto se desarrolla en la población de Catamayo perteneciente a Ecuador.
6	Automation System of Water Treatment Plant using Raspberry Pi.3 Model B+ Based on Internet of Things (IoT)	- Riffa Haviani Laluma; - Riofalzy Giantara; - Bambang Sugiarto; - Gunawan; - Chandra Afriade Siregar; - Slamet Risnanto	2019	En este artículo se trata sobre la implementación de un sistema de automatización en una planta de tratamiento de agua mediante la implementación de un Raspberry Pi.3. con el protocolo de comunicación dafruit.io como servidor MQTT, y visualizar los datos de sensores actuadores en la nube mediante la implementación del Internet de las cosas IoT.

Justificación, Importancia y alcance del proyecto

El agua es considerada como el líquido vital para la existencia de los seres vivos, en este caso para los seres humanos es fundamental, ya que sin ella no habría ser vivo sobre la faz de la tierra. Cabe resaltar que la tierra está rodeada por agua, pero solo una mínima parte el 1,5% es agua dulce apta para el consumo humano, es por ello por lo que es escasa y esto sumado a las malas prácticas ambientales, se convierte en un problema para su consumo. Así también es necesario señalar que en ciertas poblaciones del planeta es difícil tener acceso a ella y se tiene que caminar largas distancias para obtenerla.

En el cantón Latacunga la empresa encargada de todos los procedimientos desde la purificación, suministro y del control de que el agua sea ideal para el consumo de la población, lo cual incluye las redes de distribución, la contrastación de consumo, depuración, potabilización, acopio, y suministro a todos los sectores es la

EPMAPAL o Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Latacunga, cuya misión es la de “controlar y ejecutar proyectos de agua potable y alcantarillado, así como proporcionar estos servicios básicos a todos los barrios de la ciudad del cantón Latacunga” según consta en (PDyOT, 2016). Para el suministro de agua a este cantón la empresa dispone de una planta de tratamiento y potabilización del agua la misma que es encargada de suministrar el líquido vital a la población que en ella habita.

El proceso de potabilización del agua se lo realiza en la planta Loma de Alcoceres, en donde se ejecutan una serie de procedimientos tales como: la captación, la floculación y filtrado en las diferentes piscinas que se disponen en cada uno de los sectores donde se ejecutan dichas fases de potabilización; de la información anterior proporcionada por los técnicos y funcionarios de dicha empresa se desprende que se han realizado intervenciones para mejorar la calidad del agua en los procesos físico-químicos con los cuales se cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 1108, 2011), en este sentido la empresa llama a la reflexión para que se colabore en la preservación y uso adecuado del agua, ya que la población cada vez más va en aumento, por su parte la empresa está dispuesta a suministrar el agua bajo los parámetros de calidad y cantidades suficientes para satisfacer las necesidades básicas de la ciudadanía, lo cual se lo expone por parte del (GAD MUNICIPAL LATACUNGA, 2021).

La planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres del cantón Latacunga cuenta con sistemas de automatización, pero estos por falta de personal capacitado y profesionales del área eléctrica y electrónica desde el año 2010 en la que se instalaron los equipos no han brindado una funcionalidad y registro de parámetros del proceso de potabilización del agua, lo cual dificulta que estas acciones o etapas en la potabilización no sean las adecuadas y la subutilización de equipos, que como se manifiesta no prestan utilidad alguna, convirtiéndose en una planta en donde todos los

proceso sean manuales, lo cual provoca que su funcionamiento tenga costos y tiempos más elevados, además, no permite que se emprendan en acciones inmediatas cuando la calidad del agua desde la captación presentan parámetros de calidad, en este sentido se debe recalcar que todos estos factores deficientes son solventados por el laboratorista y el personal de la planta, quienes por su experiencias ejecutan estas tareas en forma no tecnificada y en intervalos de tiempo muy largos, dos veces por día, no por ello se puede decir que el agua no cumpla con los parámetros contemplados en las normativas y leyes vigentes, pero se convirtiéndose en una debilidad de la empresa encargada del suministro de agua segura a la ciudadanía.

Es así que desarrollar la ingeniería de la habilitación de los paneles electrónicos de la planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi es necesaria y emergente, ya que por medio de la ejecución de este proyecto, se da una solución eminentemente técnica la misma que se manifestará en el control de diferentes parámetros indispensables como son: el caudal, nivel de agua, control de floculación y la turbiedad que presenta el agua al ingreso a la planta, todo ello que se lo podrá alcanzar con la incorporación y correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos con los que cuenta y no son utilizados en la planta de tratamiento Loma de Alcoceres, además de permitir que el sistema se maneje automáticamente entregando las dosificaciones de químicos cuando sea necesario de acuerdo al tipo de agua que ingresa al proceso, se pretende también poner en funcionamiento las alarmas que avise al personal cuando haga falta la dotación de los químicos al equipo todas acciones permitirán un control y funcionamiento de la planta totalmente automatizada y que la ciudadanía reciba un producto de calidad y cantidad como se lo merece y que por algo se encuentra pagando por este servicio.

Por lo que se cree que el proyecto a realizarse es de vital importancia, al mismo tiempo que representa grandes beneficios y ventajas para la EPMAPAL y

principalmente para los usuarios que consumen el agua potable suministrada por dicha empresa, además servirá como referente para que otros municipios del país pongan en práctica la automatización de los procesos de potabilización del agua en todos los rincones del país sean municipios grandes o pequeños, implementando soluciones tecnológicas similares o mejores según las disponibilidades económicas de cada uno de ellos.

El Alcance del proyecto se limita a realizar todos los procesos de ingeniería para habilitar los tableros electrónicos que contienen todos los equipos para su correcto funcionamiento para de esta manera entregar a la EPMAPAL una planta automatizada rescatando y optimizando los recursos y materiales que actualmente dispone la planta Loma de Alcoceres.

Una vez conseguida la automatización del sistema de tratamiento del agua potable permitirá que se pueda verificar, suministrar los químicos para la desinfección y controlar los niveles de cauda antes de que el agua sea distribuida a la colectividad del cantón Latacunga.

Objetivo General

Habilitar los paneles electrónicos de la planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.

Objetivos Específicos.

- Levantar la información del estado actual de la “Planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres del Cantón Latacunga”.
- Diseñar y repotenciar el funcionamiento y automatización de la planta de tratamiento de agua potable.
- Calibrar y verificar el funcionamiento de los sensores de nivel, turbidez y oxígeno para proceder con la automatización de todo el sistema de la planta.

- Conseguir la homogenización de los reactivos químicos en el tanque de floculación.
- Reinstalar el sistema de cableado eléctrico de la planta de tratamiento.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento del sistema de automatización de la planta.

Hipótesis de la investigación

Con la implementación del sistema automatizado de los tableros electrónicos de la planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres se podrá mejorar los niveles de suministro del agua en el cantón Latacunga.

Categorización de las variables de investigación

- **Variable Independiente:** sistema automatizado de los tableros electrónicos.
- **Variable Dependiente:** niveles de suministro del agua potable.

Para este efecto se presentan las variables en la siguiente tabla 2:

Tabla 2

Operacionalización de las Variables

VARIABLES	TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Implementación del Sistema del automatización de los tableros electrónicos	Independiente	Un sistema automatizado de los tableros electrónicos controlan los procesos de tratamiento del agua potable como son la floculación, sedimentación, desarenización, dosificación de los químicos los mismos que permite realizar operaciones para el monitoreo, supervisión y control de los dispositivos electrónicos que controlan las bombas para todas	El sistema de control automatizado de los procesos de potabilización permite resolver la problemática de la calidad del agua para el consumo humano, además de contar con la cantidad suficiente en los hogares de la ciudad de Latacunga mediante la utilización de equipos electrónicos que hacen posible que todo sea controlado y monitoreado por los equipos sin la	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de implementación • Tiempo de implementación. • Recursos de la implementación • Facilidad de la implementación 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo mínimo de implementación. • Tiempos mínimos de implementación. • Operatividad de los recursos. • Disponibilidad de información de implementación.

VARIABLES	TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
		las tareas que se requieren para potabilizar el agua, permitiendo realizar gestión de los mismos para implementar programas de distribución a los hogares en forma eficiente en tiempo real	intervención directa de la mano del hombre.		
Niveles de suministros del agua potable	Dependiente	<p>La provisión del agua potable a los hogares requiere de procesos de captación desde las vertientes volcánicas, las mismas que desde varios kilómetros de distancia recorre a través de canales y tuberías, proporcionan el caudal suficiente</p> <p>para llenar los tanques de captación hasta los niveles requeridos para suministrar el agua potable a toda una población, en cantidades suficientes para que el líquido vital no falte en cada uno de los hogares en los que se cuenta con un medidor de agua y una llave de agua.</p>	<p>La Producción eficiente del recurso hídrico en la planta Loma de Alcoceres requiere la instalación de medidores de caudal de entrada y medidores de nivel y caudal de salida para la entrega del agua a los habitantes del cantón Latacunga procesos que se necesitan para la potabilización apta para el consumo humano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de agua potable pura tratada en la planta de tratamiento. • Producción de agua potable en un caudal suficiente suministrada por la planta de tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal máximo de agua entrante y saliente. • Volúmenes máximos de agua suministrados a la población

Capítulo II

Marco teórico referencial

Marco legal

Constitución de la República del Ecuador

Para la ejecución de la parte teórica en la fundamentación legal, enfatizando en la Constitución de la República del Ecuador aprobada en el año del 2008, el derecho al agua en sus artículos 12, 14, 24,26 y 66; concordancia con los artículos 281 y 411 de la carta magna del Ecuador. Entre las obligaciones primarias del Estado se encuentra *“el garantizar sin ninguna discriminación con pleno goce de las obligaciones y los derechos establecidos en la Constitución e l república y en los instrumentos internacionales, en particular la alimentación, la salud, la seguridad social, educación y el agua para las personas que recién en el país”* (Asamblea Nacional , 2008).

La gestión comercial, sobre todo en EPMAPAL no tiene fines de lucro sino de servicio a la población del cantón Latacunga, en este sentido la Constitución de la República del Ecuador (2008) manifiesta expresamente: *“El derecho humano a ese líquido vital es irrenunciable, el líquido vital constituye patrimonio nacional de uso público, imprescriptible, propio y esencial para la vida”* (Art. 12) (Asamblea Nacional , 2008).

El Art. 264 determina las competencias exclusivas de los gobiernos autónomos descentralizados municipales; y en el numeral 4, se lee: *“Proporcionar los servicios estatales de alcantarillado, agua potable, refinación de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de higiene ambiental y aquellos que instaure la ley”*. (Asamblea Nacional , 2008).

En concordancia con el Art. 318 que establece lo siguiente *“El agua es propiedad nacional importante de uso público, dominio propia y perenne del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres*

humanos. Se prohíbe toda forma de liberalización del agua” (Asamblea Nacional , 2008) y, claramente ordena que “el sistema público de purificación, el abastecimiento de agua potable y el riego serán proporcionados únicamente por personas jurídicas gubernamentales o municipales”.

Ley Orgánica de las Empresas Públicas

De acuerdo con los artículos anteriores existe una concordancia con la ley que estipula en su Art. 4 *“los GADs son entidades que son adjuntas al Estado en los términos que establece la Constitución de la República, entes jurídicos de derecho público, con propiedad, dotadas de independencia presupuestaria, financiera, administrativa, económica y de gestión” (LOEP, 2010).*

Cabe resaltar en este sentido que *“Los municipios existentes en el país, para seguir maniobrando deben adecuar su organización y funcionamiento de acuerdo a los estatutos previstos en la ley en un plazo no mayor a ciento ochenta días contados a partir de su despacho, sin que en el proceso de transformación se obstaculice o limite su capacidad administrativa y operativa; para su efecto, una vez que el Presidente constitucional o la máxima autoridad alcaldes, según sea el caso, emita el decreto ejecutivo, la ordenanza o la norma regional de creación de la nueva empresas públicas, aquellas dejarán de existir y trasladarán su dominio a las nuevas empresas públicas que se creen”.* (LOEP, 2010).

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (COOTAD)

El COOTAD establece que *“el agua es un recurso originario que pertenece al sector importante el Estado, en sus diversos niveles de dirección administrativa, se reserva todas sus capacidades y facultades, dada su influencia económica, política, nacional o ambiental” (COOTAD, 2010).* Los compendios para los servicios administrativos están originados en esta ley en el Art. 137 manifiesta que, *“el*

abastecimiento de los servicios básicos responderá a los principios de protección, coacción, totalidad, similitud, vigencia, responsabilidad, universalidad, continuidad y calidad” (COOTAD, 2010).

Cabe señalar El COOTAD, (2010) establece que en el mismo artículo dispone que *“las competencias de planificación, operación, prestación de servicios públicos de agua potable, saneamiento de aguas residuales, de alcantarillado, manejo de desechos sólidos, actividades de desinfección ambiental etc., deben ser ejecutada por los gobiernos autónomos descentralizados municipales, y éstos emitir sus ordenanzas, reglamentos, estatutos, etc., basándose en el cumplimiento a las regulaciones establecidas por las autoridades correspondientes, así como prestación de servicios”* (COOTAD, 2010).

Adicionalmente (COOTAD, 2010), plantea *“la posibilidad de que se puedan establecer acuerdos con los GADs con los representantes de los gobiernos de otros cantones y provincias en cuyos territorios se encuentren los ríos, lagos, lagunas que proveen el líquido vital para consumo humano”*

Ley Orgánica del Servicio Público

La (LOSEP, 2010), que se promulgó en el Registro Oficial No. 294 de 6 de octubre de 2010, le utilizará para delinear el orgánico funcional por procesos, levantamiento de perfiles y sus evaluaciones para el personal que estará a cargo del funcionamiento, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento Loma de Alcoceres del cantón Latacunga.

Ordenanzas municipales

Para el autor de este trabajo investigativo práctico se hace necesario conocer las ordenanzas las mismas que son un tipo de política jurídica que se incluye dentro de los estatutos, y que se caracteriza por estar empleada a las leyes constitucionales y las orgánicas, en este caso serán objeto de estudio las estatutos municipales del cantón

Latacunga principalmente Régimen municipal de creación de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Latacunga que es la administradora de las plantas de tratamiento en este cantón.

Marco Conceptual

En el diccionario de la Real Academia Española, el agua (del latín aqua) es la “sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, es líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en partes de grandes extensiones. Es el elemento que se encuentra en mayor cantidad en el planeta, por su estado libre de contaminación se lo considera como puro, se la puede encontrar en la naturaleza de forma de lluvia, en las vertientes naturales, en los ríos y los océanos de la tierra; es parte constituyente de todos los cuerpos de los seres vivos y se la puede también tener en la formación de sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma de cristales que sometidas a temperaturas altas se las puede convertir al estado líquido”. (Real Academia Española, 2021).

El agua se la considerada como el elemento vital para la supervivencia de todo ser que tenga vida, esta al igual que los otros elementos como el aire, la tierra y la energía, son esenciales para que se tenga una existencia normal y cotidiana ya que sin estos elementos la vida en la tierra no existiría, es por ello que ninguno de ellos no puede dejar de estar presentes en el desarrollo de las funciones vitales de todo organismo viviente.

Auge (2007) manifiesta que *“El agua en los seres vivos se encuentra formando las estructuras celulares intra y extra celular El agua intracelular, representa 2/3, aproximadamente, y el agua extracelular representa el tercio restante. Esta última se encuentra bañando las células o conformando la sangre, linfa, savia, etc. En los seres unicelulares y en los organismos acuáticos el agua es además su medio ambiente, en donde desarrolla su vida.”* (Auge , 2007).

Según Carbajal (2012) “El agua es la que permite que se produzca un sin número de reacciones químicas, ya sea como el reactivo o como reactante o el resultado de la reacción, de igual manera es indispensable para lograr la estabilidad de componentes biológicos” (CARBAJAL AZCONA, 2012)

Clases de agua

Según Auge (2007) *“El agua se puede presentar en tres estados en la naturaleza: líquido, sólido o en forma de gas, siendo una de las pocas sustancias que pueden encontrarse en todos ellos de forma natural. El agua acoge formas diferentes sobre la tierra: como la conformación de nubes en el aire; vapor de agua, así como agua marina, en forma de icebergs en los océanos; en ríos en las montañas, en glaciares y en los acuíferos subterráneos”* (Auge , 2007).

Para Zarza. L. (2015) clasifica el agua, según su forma y características:

Según su estado físico:

- Hielo (estado sólido) que en su mayor parte se encuentra en los casquetes polares y en los nevados
- Agua (estado líquido) Se la encuentra en los ríos, lagos y mares
- Vapor (estado gaseoso), Se la encuentra en las nubes en estado de condensación.

El agua usos y circunstancias

Agua potable. - Es la que se ha sometido a proceso de purificación y es apta para que sea consumida por todo ser vivientes sin la preocupación de que se pueda adquirir una serie de enfermedades por su grado de impurezas (INEN 1108, 2011) . La misma que se la obtiene en las plantas de tratamiento en las ciudades.

Agua Salada. - Esta es la más abundante en el planeta y proviene de los mares, por su alto porcentaje de cloruro de sodio 10.000mg/L, su sabor es salobre.

Agua salobre. - A diferencia del agua sala, esta contiene cloruro de sodio(sal), en menores cantidades. Se la puede encontrar en preparaciones y disoluciones.

Agua dulce. - Esta es la que se encuentra en estado natural y es la más escasa en relación con el agua salada de los mares, cuando se la utiliza en otras actividades esta se contamina y debe ser sometida a procesos de potabilización para que pueda ser consumida por los seres vivos.

Agua dura. - Esta agua por su contenido de iones positivos en grandes cantidades no se la puede utilizar para el consumo humano, se considera como agua dura de acuerdo al número de átomos de calcio y magnesio presentes. Las saponinas que contienen los jabones no se los puede disolver en este tipo de agua, estas aguas se preparan para los procesos industriales.

Agua blanda. - Este tipo de agua se diferencia del agua dura, por su menor concentración de iones positivos. Son aguas tratadas para ser utilizadas en las industrias.

Por otro lado, Calderón & Orellana (2015) manifiestan que existen diferentes tipos de aguas después de haber sido utilizadas tales como:

Aguas negras. - Estas aguas son producto de la contaminación de esta por haber sido utilizada en diversas actividades como: el consumo humano, la agricultura, la industria entre otras; estas están contaminadas y contienen gran cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos, que son depositadas o devueltas a los ríos y no son objeto de tratamientos para recuperarlas.

Aguas grises. - Se las consideran como grises por la coloración que presenta el agua potable que ha sido ocupada en los hogares y que contienen residuos de detergentes, residuos orgánicos y químicos que se utilizan en cada uno de las viviendas, estas son conducidas por el alcantarillado y por lo general van a ser

depositadas en los ríos. Hoy en día los GAD municipales están en la obligación de tratar estas aguas antes de devolverlas a los ríos.

Aguas residuales. - Estas aguas al igual que las aguas grises son producto de la contaminación de los seres humanos en las viviendas, pero se diferencian de las anteriores porque su alto contenido de residuos orgánicos suspendidos, que se los puede separar por métodos mecánicos antes de ser devueltas a los ríos.

Agua bruta. - Esta agua es producto de la contaminación de toda índole y no tienen ningún proceso de purificación, estas son conducidas a las plantas en donde se las trata con procedimientos mecánicos, físicos, químicos o biológicos para ser nuevamente incorporadas a los afluentes de los ríos.

Aguas muertas. - A este tipo de agua pertenecen las llamadas aguas estancadas en charcas, estanques o lagos artificiales, en estas no existe vida alguna por la falta de oxígeno en su composición.

Agua alcalina. - El agua alcalina tiene un potencial de Hidrógeno pH superior a 7 y en muchos de los casos es consumida por los seres humanos para equilibrar las sales minerales del cuerpo.

Agua capilar. - Las estructuras de las plantas con sus tallos y en los seres humanos por las venas permiten que se cumpla una de las funciones del agua, la cual es llegar a todas las estructuras por la capilaridad, o sea la propiedad del agua de subir rompiendo la gravedad.

Agua de gravedad. - Es el agua que se encuentran en las zonas no saturadas que se pueden mover o caer por acción de las fuerzas gravitacionales que ejercen sobre la tierra, en este caso se encuentra el agua de la lluvia o los tanques de reserva en zonas elevadas.

Agua de suelo. - Es el agua que por acción de la lluvia se queda en la parte superior del suelo o conocida como zona de aireación cerca de la superficie, y estas por

acción de los rayos solares y la temperatura se incorporan a la atmósfera por evapotranspiración, para formar las nubes.

Agua estancada. - Es la que no tiene movimiento alguno, en donde no hay corrientes que le permitan circular o moverse, se las encuentra en determinadas zonas de un río, lago, estanque o acuífero.

Agua freática. - Agua subterránea que se presenta en la zona de saturación por el incremento de la temperatura de la corteza terrestre emerge a la superficie terrestre en algunos casos en forma de vapor en forma de agua termal.

Agua subterránea. - Conforman los ríos subterráneos y se producen por el escurrimiento del agua por el suelo hasta llegar a capas más profundas de la corteza terrestre. Se pueden mover mueve lentamente desde lugares altos en elevación y presión hasta los sitios con baja elevación y presión, estas dan lugar a los ríos ylagos subterráneos.

Agua superficial o de lluvia. - Son producto de la evaporación del agua de los suelos, lagos, ríos o mare, que suben a la atmósfera para formar las nubes y nuevamente caen para cumplir con el ciclo del agua en la naturaleza.

Agua Magmática. - Es el agua calentada por el magma del núcleo de la tierra y forman las aguas termales, que emergen a la superficie terrestre. (Calderón López & Orellana Yáñez , 2015).

Factores a considerar para la potabilización del agua.

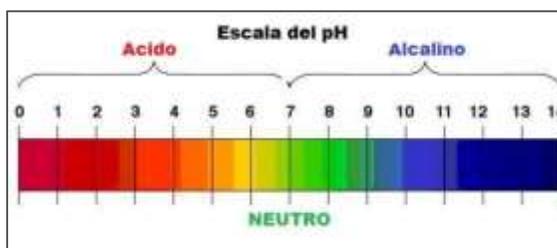
Características físicas

pH. – Según Albín (1975) dice que, *“El pH (potencial) es una unidad de medida que determina la alcalinidad o la acidez del agua. Se define como la unión de iones positivos de hidrógeno en el agua. La escala de medición del pH es de tipo logarítmica con valores que oscilan entre 0 a 14. Un aumento de una unidad en la escala logarítmica equivale a una rebaja en diez veces en la unión de iones de hidrógeno*

ocasionando una baja del pH, el agua se hace ácida y con una ampliación del pH el agua ocasiona que el agua se torne más básica” (ALBIN, 1975).

Figura 2

Escala del pH



Nota. Tomado de La importancia del pH, en el agua y en el sustrato

Turbidez. – Para Hach (2021) “La turbidez, es una medida de grado de transparencia en líquidos, ha sido registrada como un guía simple y básica de la eficacia del agua. Esta medición se la ha empleada desde muchas décadas atrás para determinar si el agua antes de la filtración contiene desechos sólidos, como tierra o arena, o materia orgánica, en la superficie del agua. Para dicha medición se utiliza un haz de luz blanca fluorescente que se la conoce con el nombre de luz incidente, que ilumina y refleja las probetas o recipientes de vidrio e indican la cantidad de sólidos encontrados en el agua. El haz de luz se conoce como el haz de luz incidente. En este sentido, cuando mayor sea la cantidad de material en suspensión se obtendrá una mayor dispersión de la luz, por lo que mayor será la turbidez resultante” (HACH, 2021).

Parámetros Químicos

Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO). - Según Cando y Coro (2019) manifiestan que “Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al descomponer la materia orgánica en materia líquida. Esta materia es capaz de ser consumida u oxidada por agentes biológicos que posee una muestra líquida, derretida o en suspensión”. Es así que, para efectos de comparación de toma en cuenta a un río

con alto DBO posee poco contenido de oxígeno, por lo tanto, la mayor demanda bioquímica de oxígeno es mayor en estas aguas. Esta prueba es usada generalmente en las empresas municipales de agua potable, plantas de industrial de todo tipo, aguas servidas, aguas residuales entre otras en las cuales se requiere conocer este parámetro, que en algunos casos permitan el consumo humano o para ser devueltas a los ríos sin mayor cantidad de residuos por ende contaminación de estas aguas

Este procedimiento es fundamental para la obtención de datos de la prueba de la DBO para el diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Cabe resaltar que la DBO es distorsionada por la temperatura del medio, por los tipos de microorganismos presentes, por lo que no es lo mismo disponer una planta de tratamiento de aguas servidas en la costa que en la sierra. (Cando Zapata & Coro Álvarez , 2019).

Dureza. – Continuando con Cando y Coro (2019) quienes manifiestan que *“Se denomina dureza del agua a la unión de minerales que hay en un espacio muestral de agua, en específico sales de calcio y magnesio. El agua llamada comúnmente como dura o fuerte posee una alta concentración de sales mientras que el agua blanda posee muy poca cantidad de sales. La presencia de sales de calcio y magnesio en el agua depende fundamentalmente de los relieves atravesadas por el agua antes de su captación. Las aguas subterráneas que atraviesan áreas de fragmentos de calizas son las que presentan mayor dureza y dichos acuíferos están formados por carbonatos de magnesio y , dichas aguas procedentes de acuíferos con estructuras eminentemente silicatada (granitos), que dan lugar a un agua blanda, es decir, con cantidades muy bajas de sales de magnesio y calcio”* (Cando Zapata & Coro Álvarez , 2019).

Parámetros Bacteriológicos.

Coliformes fecales (termorresistentes). - Cando y Coro (2019) en su estudio manifiestan que *“Son bacterias que se definen como el conjunto de cuerpos coliformes*

que pueden descomponerse en la lactosa a 44-45 °C, perciben el género Escherichia y en menor grado especies de Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter. Los coliformes termorresistentes distintos de E. coli pueden provenir también de aguas enriquecidas, de materias vegetales, industriales o suelos en disgregación. La razón entre coliformes fecales y estreptococos fecales proporcionan información acerca de la contaminación del lugar. Los estreptococos fecales esporádicamente se multiplican en agua descompuesta y son más constantes que las bacterias coliformes y E. coli.

Además, los estreptococos son muy resistentes al secado y pueden ser utilizados para realizar controles invariables después de la implementación de nuevas tuberías o a su vez la reparación de los sistemas de distribución, así como para detectar la contaminación de aguas subterráneas o superficiales” (Cando Zapata & Coro Álvarez , 2019).

Coliformes Totales. – Continuando con Cando y Coro (2019) en el mismo estudio determinan que “la presencia muestra que el agua de un estanque está contaminada con desechos de alcantarillas o excremento, y tiene el por defecto causar enfermedades estomacales. E. coli es un subgrupo de bacterias fecales coliformes. Algunas cepas, pueden causar dolores. Existen los llamados “colis fecales” que se identifican normalmente en el intestino del ser humano y animal y es de presumir que su apariencia en los alimentos indica recientemente existió un contacto con heces. Sin embargo, E. coli se encuentra muy popular en la naturaleza y aunque en la totalidad de las cepas tienen probablemente su origen en heces de animales y seres humanos, su presencia es en un pequeño número, esto no asegura que los alimentos que ingerimos contengan materia fecal en alimentos que se expenden en la calle, pero si se evidencia un bajo nivel de higiene” (Cando Zapata & Coro Álvarez , 2019).

Escherichia coli. - Cando y Coro (2019) “La E. coli es un grupo de bacteria que se encuentra en los intestinos de seres humanos y animales. Su presencia en el agua

es una fuente de contaminación a causa de aguas residuales o desechos fecales de animales. Los suministros de agua pública en general se desinfectan con cloro, ozono, o algún otro proceso, encontrar E. coli en un servicio público indica que el proceso de desinfección no estaba funcionando, o que el contacto con los residuos se produjo después de que el agua fue tratada. Si se sospecha que la fuente de agua, ya sea pública o privada, está contaminada con E. coli, se debe considerar el uso de agua potable embotellada, hervir el agua potable o realizar un tratamiento adecuado con tabletas de yodo, cloro, o de desinfección” (Cando Zapata & Coro Álvarez , 2019).

Coagulantes. - Son aquellos elementos químicos compuestos de aluminio y hierro capaces de formar un floc y que pueden perpetrar una condensación al ser incorporados en el agua. Por otra parte, estos elementos muchas de las veces estos coagulantes, no actúan como tales en este proceso sino más vale actúan en la floculación produciendo un floc con mayor peso de lo normal (Cando Zapata & Coro Álvarez , 2019).

Equipos utilizados para la potabilización del agua.

Transmisor de nivel ultrasónico. – El sensor mide altura mandando una señal ultrasónica contra una superficie y midiendo en tiempo de retardo con respecto al eco receptado. Está equipado con un sistema avanzado para evitar los errores de medida, el sensor ultrasónico debe estar montado tan lejos como sea posible, para que la señal ultrasónica no sea perturbada con tuberías, descargas de agua, mezcladores u otros elementos móviles o fijos, en el depósito.

Para obtener una lectura idónea del sensor, el líquido que ingresa no debe contener oleajes, burbujas o espuma, ya que estas distorsionan el eco ultrasónico, proporcionando una lectura errónea al dispositivo. Debido a que el has de emisión de 3 grados de amplitud, estos sensores se los emplea frecuentemente para tanques estrechos o pozos.

Por recomendación del fabricante el sensor ultrasónico se lo debe colocar en la posición vertical a la superficie de medida, con estos se evita la pérdida de eco (Shuttle, 2021).

Figura 3

Transmisor de Nivel



Nota. Tomado fabricante de transmisor Shuttle mjkl

Caudalímetro en canal abierto. – El fabricante MJK da a conocer algunas características del caudalímetro que mide el nivel. El mismo que dentro del amplificador se acondiciona la señal para linealizar para que se obtenga una señal proporcional al caudal. De igual manera en este caudalímetro en canal abierto según su fabricante MJKLL manifiesta que se calcula el caudal tomando en cuenta los principios fundamentales tales como:

- Fórmulas prefijadas de acuerdo al tamaño de los canales y si estos están especificados según la forma de construcción, entre los que se mencionan a canales de tipo Venturi, Palmer & Bowlus, Parshall, vertederos de forma rectangulares y triangular.
- En otros tipos de canales de los antes mencionados, necesariamente el constructor debe especificar el factor de la fórmula y del exponente al que se eleva

- De no existir fórmula para el cálculo se debe incorporar una serie de valores Q/h y se puede hacer una linealización de puntos a base de ellos. Este método se usa, en los casos que no están enmarcados en los estándar ISO 1438 (mjk, 2021).

Figura 4

Caudalímetro en canal abierto



Nota. Tomada de la página del fabricante mjkll

Transmisor de caudal. - Según el fabricante de este dispositivo ABB. El transmisor (WaterMaster) se lo emplea en todos los procesos donde se requiere saber la cantidad de agua que ingresa para su tratamiento, por lo que según el fabricante se lo ha venido utilizando en un gran número de plantas potabilizadoras de agua de todo el mundo. Esto se debe a que su sensor elimina la necesidad de disponer de cámaras de medición caras, por lo que su mantenimiento y la vida útil es mayor que cualquier otro sensor de este tipo. Según sus rangos y la precisión con la que actúa este transmisor mejora el control y la calidad del agua que se está tratando antes de que se la distribuya al público.

Es decir, para complementar según ABB "Utiliza un diseño de diámetro interior octogonal esta forma permite que se vaya reduciendo su sensibilidad a las

manifestaciones de perturbaciones al ingreso del caudal, lo cual se manifiesta directamente en la precisión del instrumento y el cumplimiento de las normativas que se dan en las tareas más exigentes. (ABB Instrumentation, 2021).

Figura 5

Caudalímetros para líquidos



Nota. Tomado de la página ABB Instrumentation

Medidor de turbidez. - La medición de la turbidez es una medida crítica en el agua potable, ya que se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficacia de la filtración (por ejemplo, si hay organismos causantes de enfermedades). La gama 4690 de sensores de turbidez de ABB se han diseñado para tareas especiales en la potabilización de aguas donde se requiere conocer con exactitud la cantidad de agua que se requiere procesar.

Se dispone de varios rangos de medición, pero los que más se emplea son los de rango bajo (0 a 40 NTU) o el rango más alto (0 a 400 NTU), los mismos que proporcionan un beneficio grande en la medición de la turbidez con datos confiables y precisos, con limpieza óptica automática y verificación de la calibración del patrón seco (ABB Measurement & Analytics, 2021).

Figura 6

Medidor de turbidez



Nota. Tomado de la página ABB Measurement & Analytics

Turbidímetros de laboratorio. – Para Hach (2012) Los turbidímetros son utilizados para medir partículas suspendidas de un líquido, mostrando valores en NTU (por sus siglas en inglés Nephelometric Turbidity Unit.). Se obtiene resultados de alta precisión y fiables. También se manifiestan partículas de fuente de luz tanto para aplicaciones de agua de alta turbidez y agua pura.

Un factor que se debe tomar muy en cuenta son los parámetros del monitoreo de la limpieza de filtros y los estándares de pureza del agua, para ellos estos dispositivos tienen una combinación de la medición de elementos orgánicos con la dosificación de la cantidad de coagulantes que se deben suministrar para conseguir un tratamiento ideal del agua.

Continuando con Hach (2012) “En los sistemas de tratamiento de aguas residuales, particularmente en tanques de sedimentación, se puede utilizar para medir la cantidad de sólidos suspendidos en agua y, en consecuencia, contribuir a la evaluación de la eficiencia del tratamiento”. Cabe señalar que la unidad de medida para determinar la turbidez de un determinado líquido es la NTU (por sus siglas en inglés

Nephelometric Turbidity Unit.) y acopla Formazina como referencia para su futura estandarización. (HACH, 2021).

Figura 7

Turbidímetro



Nota. Tomado de la página Hach 2100N

Bomba Dosificadora Mecánica y Diafragma. - La bomba dosificadora OMNI es una bomba de que tiene como característica el desplazamiento positivo, mediante la incorporación de un diafragma de oscilación con operación mecánica. Otra de las características es que cada una de estas disponen de una terminal de alimentación de energía independiente y otra para que alimente a la turbina, las mismas que están separadas por un diafragma con lados de PTFE.

Estas bombas individuales se diferencian de otros tipos de bombas únicamente por su apariencia en la cantidad de las terminales de conexión, alimentación del líquido y accesorios adicionales; sin embargo, todas las bombas tienen el mismo principio de funcionamiento y cumplen la misma función de impulsar líquidos (Pulsafeeder, 2021).

Figura 8

Bomba Dosificadora Mecánica y Diafragma.



Nota. Tomado de la página OMNI Pulsafeeder

Bombas Centrífugas. - Según Sánchez, Lugo, Salazar y Torres (2014) manifiestan que, “La bomba centrífuga Siemens 1RF4 25C-2YC34 es una bomba hidráulica compuesta por un solo propulsor rotativo, cuyo principio de funcionamiento es el de transforman la energía mecánica en energía cinética dando la potencia requerida para su operación. El líquido ingresa fluido por el centro del propulsor, que está compuesto por una serie de álabes que conducen los líquidos, y por la presencia de la fuerza centrífuga es impulsado hacia la parte exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba. La construcción de estas tiene los álabes curvados hacia atrás, en sentido contrario, con el propósito de mejorado la eficiencia de la bomba”.

Este tipo de bombas son las más usadas en la industria, sin embargo, el diseño de la instalación debe cumplir con los requerimientos que proporciona el fabricante, se debe tomar en cuenta los diámetros de succión y descarga. En este sentido el diámetro

de la tubería de succión debe ser igual o mayor al diámetro del tubo de descarga, con el propósito de que se evite la cavitación de la bomba (Sánchez, 2014).

Figura 9

Bombas Centrífugas



Nota. Tomado de la página Hidrocom Sistema de Bombeo

Mixer tipo paletas. - Según Castillo (2013) manifiesta que “Este tipo de mixer incluyen paletas (o aspas) paralelas al motor. Los de aspas múltiples y pequeñas se los llama “turbinas”; los de velocidades m bajas, con dos o cuatro aspas, se denominan agitadores de tipo paletas. Generan flujo radial proporcionan alta velocidad tangencial, aunque baja capacidad de impulsión”.

Continuando Castillo (2013) expone que “En la mayoría de las industriales dedicadas al mezclado de sustancias se pretende que la capacidad de impulsión sea lo mayor posible, mientras que la velocidad tangencial es despreciada. Por esto, este tipo de mixer no es muy popular en la industria, siendo los más utilizados los que minimizan la velocidad tangencial y maximizan el flujo. Estos agitadores de palas rígidas se clasifican según el valor del cociente entre el área total de las palas con respecto al del círculo que circunscribe al agitador; y, según aumenta la viscosidad del fluido” (Castillo Uribe , 2013)

Figura 10*Mixer Tipo Paleta*

Nota. Tomado de la página Pumping Solutions

Accesorios. - Para el control de transmisores bombas, sensores se necesitan de dispositivos de maniobra y control como son:

- Pulsadores.
- Interruptores y Conmutadores.
- Relés.
- Contactores.
- Relés Temporizadores
- Cableado

Figura 11*Accesorios Tablero Eléctrico*

Nota. Tomado de la página Melcsa

Capítulo III

Metodología de la Investigación

Para el desarrollo del proyecto, habilitación de los paneles electrónicos de la planta de tratamiento de agua potable Loma de Alcoceres perteneciente al cantón Latacunga, se desarrolló mediante fases, las mismo que se detallan en la figura 12, considerando la bibliografía consultada, así como también el seguimiento de los manuales propias del fabricante que ayudaron en la comprensión del funcionamiento de cada uno de los instrumentos de medida existentes en la planta de tratamiento.

Figura 12

Proceso de potabilización del agua



Captación

La captación es un proceso donde se toma el agua cruda, ya sea de vertientes, lagos o deshielos de nevados dependiendo las condiciones hidrográficas que presenta este recurso, para el caso del Latacunga según los datos proporcionados por EPMAPAL a través de su representante técnico Juan Carlos Escobar, quien manifiesta que la

captación del agua se lo realiza a través de la Laguna Salayambo mostrada en la figura 13, Yanacocha, Pishcacochoa, Dragones y Retamales ubicadas en el parque nacional Llanganates, que dan origen al río Illuchi, una de las principales cuencas hidrográficas de la provincia de Cotopaxi.

Figura 13

Laguna Salayambo



Nota. Tomado la fotografía del Ministerio del Ambiente 2020

Desde su origen el río Illuchi recorre una distancia de 30 Km., siendo utilizado para el regadío de lugares aledaños pertenecientes a la parroquia de Belisario Quevedo ubicado al sur oriente de la ciudad de Latacunga, en concordancia con lo manifestado la cuenca hidrográfica es utilizada para generar energía eléctrica a la Central Hidroeléctrica Illuchi N°1, continuando con su trayecto durante 2 Km., esta agua cruda alimenta a la Central Hidroeléctrica Illuchi N.º 2, culminado el proceso de generación eléctrica, el agua es conducida por aproximadamente 7 Km., mostrado en la figura 14 por un canal de hormigón hacia las instalaciones Loma de Alcoceres, para su posterior tiramiento y consumo humano.

Figura 14

Trayectoria del agua Rio Illuchi



Nota. Tomado de Fabián Calero

Ingreso a la planta de tratamiento

Cuenta con un tanque de entrada con una capacidad volumétrica de 18 m^3 de forma rectangular ($2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$), posee una compuerta perforada de 7 orificios cuadrados de $0,3\text{m}$ por lado que opera con el objeto de disminuir la velocidad del caudal y disipador de energía. En un segundo tanque de igual o mayores dimensiones se puede encontrar una abertura inferior de medidas $0.32 \times 2 \text{ m}$, que opera como guía de flujo y permitir medir el caudal en el vertedero rectangular, el mismo que es detectado por un caudalímetro ubicado al ingreso de la toma central del canal de entrada.

Figura 15

Entrada de agua a los tanques de almacenamiento

***Caudalímetro de entrada***

Para su efecto existe colocado un caudalímetro para canales abiertos quien proporcionara las lecturas en tiempo real del caudal de entrada, tomando en cuenta los parámetros del tanque establecidos en la tabla 3, se puede establecer el caudal de entrada con tal precisión que durante lecturas tomadas en el desarrollo del proyecto se ha establecido un flujo constante de agua cruda en un promedio de 165 a 180 l/s, en la figura 16 se indica la parte sensora del caudalímetro.

Figura 16*Caudalímetro de canal abierto*

Este equipo en tiempos actuales no estaba operativo debido al desconocimiento de configuración gracias a la intervención se lo pudo poner en funcionamiento y con activación de alarmas cuando existe un exceso de agua cruda, con el objeto de que los operarios puedan actuar y cerrar las compuertas en caso de que exista un exceso de agua; a continuación, se muestran los parámetros de conexión y configuración para su correcto funcionamiento.

Tabla 3*Datos del canal y Medidas de caudal de entrada*

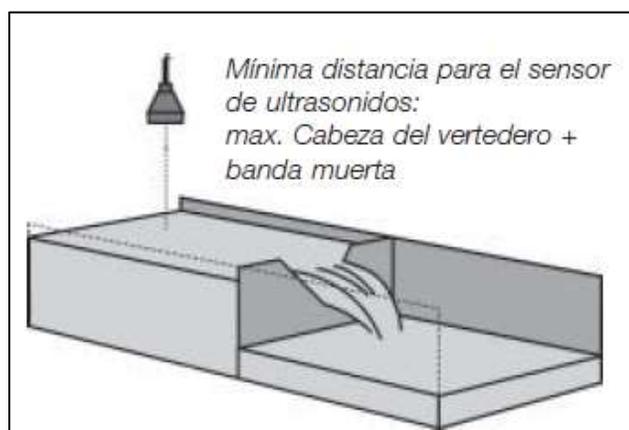
Datos del canal	
Tipo de canal	Rectangular
Medidas	(99 x 210 x 218)cm
Ancho del bloque	19 cm
Datos del Caudalímetro de canal abierto	
Voltaje de alimentación	110-220 VCA
Frecuencia de trabajo	100 kHz - 30 kHz

Datos del canal

Rango Max. Medida	10 m
Señal de entrada:	Sensor ultrasónico, con transmisor presión o 4-20 Ma
Salidas digitales:	Terminal 6-17: Relé 1-4, 250 V máximos, 4 Amperios 100 VA máxima carga inductiva. Opcional como alarma, contador, caudal o salidas de muestras. Terminal 18-20: Relé 5 (como 1-4) o pulso, (opto-acoplador) máximo 36 V, 50 mA, 10 msec – 10 sec. Programable.

Pasos de conexión y configuración

1. Colocar el sensor ultrasónico de forma paralela al canal a medir con una distancia de separación de 70 cm., indicado en la figura 17

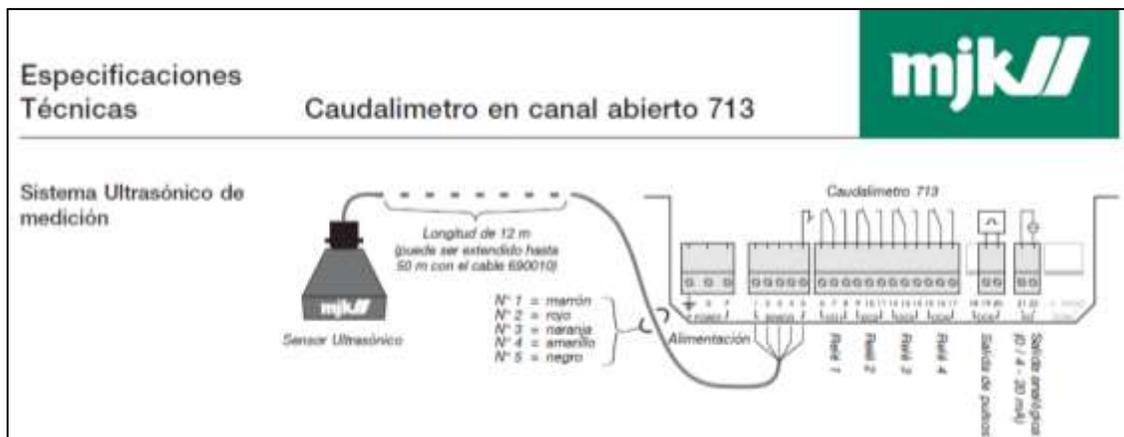
Figura 17
Colocación del sensor


Nota. Tomada de la página del fabricante mjkl

2. Conectar el sensor a la pantalla según lo indicado en la figura, adicional se utilizó el relé 1 para el uso de la alarma en caso de que exista un exceso de nivel de agua, así como niveles bajos de agua.

Figura 18

Conexión Sistema ultrasónico de medición



Nota. Tomada de la página del fabricante mjkll

3. Para la configuración del sensor nos dirigimos a la tecla MENU , presionamos hasta llegar Ultrasónico Sensor Data for Mounting, y presionar ENTER 
4. Ingresamos el Nivel del sensor para nuestro caso se toma desde lavase del sensor hasta el fondo del tanque que equivale a una altura de 288 cm. presionamos ENTER 
5. Se ingresa el valor mínimo del tanque que es 0 cm, presionamos ENTER 
6. Ingresamos el nivel máximo para nuestro caso es de 300cm presionamos ENTER 
7. Como siguiente punto se realiza la programación del canal, presionamos ENTER , y seleccionamos el tipo de escala para este caso es de l/s presionamos ENTER 

8. Seleccionamos el tipo de canal para el caso es de forma rectangular
presionamos ENTER , e ingresamos el ancho del canal para este caso es se mide las paredes internas del canal y nos dio un valor de 99cm presionamos
ENTER 
9. El siguiente parámetro es el borde del canal considerando este dato el ancho del bloque que corresponde a 19cm, presionamos ENTER 
10. Finalmente ingresamos la profundidad de la canal tomada desde el borde hasta el fondo del canal teniendo un resultado de 218 cm, presionamos ENTER 
11. Presionamos ESC y salimos a la pantalla principal donde nos dará el valor actual del caudal en tiempo real
12. Finalmente se configura el relé para lo cual se dirige a salidas digitales presionando la tecla ENTER 
13. Se ingresa el valor inferior, para este caso se consideró de 30 cm para el valor más bajo y de 185 cm como un valor máximo, presionamos ENTER , con los valores ingresados se determinará alarmas tanto sonoras como indicadores de luz piloto color rojo, caso contrario se mantiene activa la luz piloto de color verde que nos
14. indica el funciona
15. miento normal del caudalímetro para canales abiertos.

Figura 19

Configuración caudalímetro de entrada



Turbidímetro de entrada

Es indispensable para la potabilización del agua determinar la turbidez del mismo, para lo cual existe instalado en la planta un sistema que mide la cantidad de turbidez del agua, que se mide en NTUs (Nephelometric Turbidity Unit), permite determinar los sólidos suspendidos en el agua, así como también determinar si el agua es apta o no para el consumo humano, con este valor de entrada los técnicos podrán saber que método se debe utilizar para la potabilización del agua los niveles aptos para el consumo se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4

Rango de Turbidez apto para el consumo

Tipo de agua	Rango	Consumo
Agua con Lodo	≥ 10	No apto
Agua Cruda	1 – 5	No apto
Agua Tratada	0 - 0.99	Apta

En base a la tabla 4, se debe cumplir con lo establecido por la OMS, en tal virtud la planta posee dos turbidímetros tanto a la entrada como a la salida, por lo que se procedió a calibrar dichos equipos con el propósito de que brinden un verdadero servicio en el proceso de potabilización del agua los mismos que se detallan a continuación

Sistema de medición de Turbidez

En el sistema de medición de turbidez intervienen varios elementos como son:

- Unidad sensora de turbidez. Serie 7997
- Pantalla de visualización ABB 4670
- Sistema Anti-burbujas
- 2 bombas centrifugas ¼ Hp
- Válvulas de aislación
- Accesorios (Cableado, botonera luz piloto)

Se procede a montar el sistema descrito en líneas anteriores mostrados en la figura 20. Una vez realizado el montaje el siguiente paso fue realizar las instalaciones eléctricas cumpliendo con la normativa vigente a nivel país, así como también siguiendo las instrucciones provistas por el fabricante

Figura 20

Turbidímetro sistema de medición de la turbidez del agua

**Tratamiento del agua**

Según la Zarza, L (2018) “El agua se potabiliza en una Estación de Tratamiento de Agua Potable o ETAP —comúnmente se suele referir a estas instalaciones como plantas potabilizadoras—, donde el agua bruta es sometida a diferentes etapas con la finalidad de eliminar todas aquellas sustancias no aptas para el consumo humano”.

Para el tratamiento de las aguas se debe ejecutar una serie de procedimientos los mismos que están encadenados uno con otro dependiendo del tipo y características de las aguas que se pretende tratar. Normalmente consta de las siguientes fases:

Pretratamiento

Continuando con Zarza, L (2018) manifiesta que, “El primer paso consiste en eliminar sólidos de tamaño considerables, para lo que se debe colocar una reja evitando que se filtren piedras ramas o peces; posterior al filtrado se utiliza desarenadores que separan el agua de la arena con el objeto de evitar daños en las bombas de la planta;

en esta etapa también se realiza una pre-desinfección con el objeto de eliminar sustancias orgánicas”.

Coagulación-floculación. – En esta etapa según Zarza, L (2018) “Las bombas instaladas en la planta transportan el agua hacia tanques de mezcla, donde se vierten sustancias químicas necesarias para la potabilizan el agua. En esta fase del proceso de potabilización es conveniente ajustar el pH mediante la incorporación de productos alcalinos y de ácidos con el objeto de mantener un pH neutro para finalmente añadir al agua agentes coagulantes”.

En este sentido para que se produzca la coagulación, el cual proceso rápido por el efecto de aluminio, de sales y hierro, se debe añadir coagulantes tales como: el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso y cloruro férrico. En la planta de Loma de Alcoceres se utiliza principalmente el sulfato de aluminio como coagulante, el mismo que según Cedeño y Aguilar (2010) manifiestan que “actúa neutralizando las cargas electrostáticas, de esta forma se consigue que se estabilicen químicamente las partículas, formándose micro flóculos y a medida que el agua pasa por el sistema, estos floculo se hacen cada vez más grandes y tiene peso, por lo que más tarde se depositan estos flóculos en el piso” (Cedeño Viveros & Aguilar Carrillo, 2010).

Para Idrovo (2010) quien dice que “la coagulación puede ser catiónicos o neutros, también conocidos como polímeros aniónicos, pueden ser una forma líquida o granulada. Son sustancias de altos peso molecular, de origen sintético o nativo. Requieren de ensayos de coagulación y floculación antes de su elección. Los polímeros granulados son poliacrilamida o poliacrilamida hidrolizada y no son iónicos. Los líquidos son soluciones catiónicas que contienen entre un 10 al 60% de polímero activo” (Idrovo , 2010).

El proceso de floculación depende de varios factores entre estos se encuentran los siguientes:

- Tiempo de floculación
- Las características del agua
- Variación de caudal.

En la figura 21 se muestra el proceso de floculación del agua previa a la potabilización

Figura 21

Etapa de floculación del agua



Decantación. – Continuando con Zarza (2018) quien dice que, en este proceso se divide por efectos de la gravedad las partículas que quedan suspendidas son las encargadas de transportar el agua, mientras que los sedimentos se quedan en el fondo del tanque, los menos densos continúan disolviéndose en el agua decantada, en esta etapa el agua tiene un tiempo de retención; con el objeto de realizar pruebas de ensayo para determinar la calidad del agua.

Una vez ejecutados estos procedimientos como lo menciona Zarza (2018) “los sedimentos que se hallan en el fondo de las piscinas son desalojados por un sistema de

válvulas que se encuentra en el costado de la piscina” este procedimiento se lo muestra en la figura 22.

Figura 22

Tanques de decantación del agua



Filtración. – Zarza (2018) hace mención la norma técnica NTE, INEN (2012) en la que se expone que “Posterior al proceso de decantación, pasa el agua por un área porosa con el fin de eliminar los sedimentos poco densos. Estos filtros terminan de eliminar las impurezas, dentro de esta área se utiliza el filtrado de tipo arena o carbón activado, y éstos pueden ser apertura dos por gravedad o a su vez cerrados a presión. A continuación, se revuelven nuevamente las partículas suspendidas y coloidales del agua, los que son eliminadas a través de unas porosidades, para la dosificación se encuentran en base a la norma técnica NTE INEN 2655:2012 mostrada en la tabla 5.

Tabla 5

Filtración según la norma NTE INEN 2655:2012

Tipo	Espesor	Tamaño	Coefficiente
Arena	0.20 – 0.30 m	0.45 -0.6 mm	≤1.6
Antracita	0.45 a 0.60 m	0.8 a 1.1 mm	≤1.4

Nota. Tomado de la norma NTE INEN 2655:2012

Figura 23

Filtración del agua



Desinfección del agua. – Según Zarza (2018) expresa que Finalmente, se vierte cloro para eliminar cualquier tipo de virus o bacteria. Si se quieren eliminar agentes patógenos de aguas subterráneas o manantiales naturales, se puede conseguir también a través de la irradiación de rayos ultravioletas o con la aplicación de ozono, por ejemplo.

En información general obtenida sobre las propiedades del cloro y por ser un gran desinfectante del agua, destruye los microorganismos patógenos entre ellos: bacterias, parásitos y virus patógenos. Las formas de uso del cloro en los sistemas de potabilización de agua pueden ser: líquido, gas o sólido granulado.

Según Idrovo (2010) “El cloro reacciona con el amoníaco formando cloramina y con la materia orgánica forman compuestos organoclorados, a estos compuestos se les conoce con el nombre de cloro residual combinado y tienen poder desinfectante pobre que puede causar sabor al agua, así como también un olor fuerte a cloro. Se tiene cloro residual libre cuando el cloro no reacciona únicamente con el agua. El cloro residual es utilizado como desinfectante, y se considera 25 veces más efectivo que el cloro residual combinado porque este último reacciona con sustancias adicionales en el agua, por tal motivo el en agua tratada debe estar entre 0.2 – 0.5 mg/L, según recomendaciones de la OMS.

Este proceso se lo hace mediante una válvula dosificada que automáticamente dosifica el cloro en cantidades según el análisis químico, para lo cual se inyecta gas cloro en partes de 0.2 – 0.5 mg/L, de acuerdo con la cantidad de patógenos analizados en el laboratorio”. (Idrovo , 2010).

Figura 24

Dosificación gas cloro para desinfección del agua



Figura 25

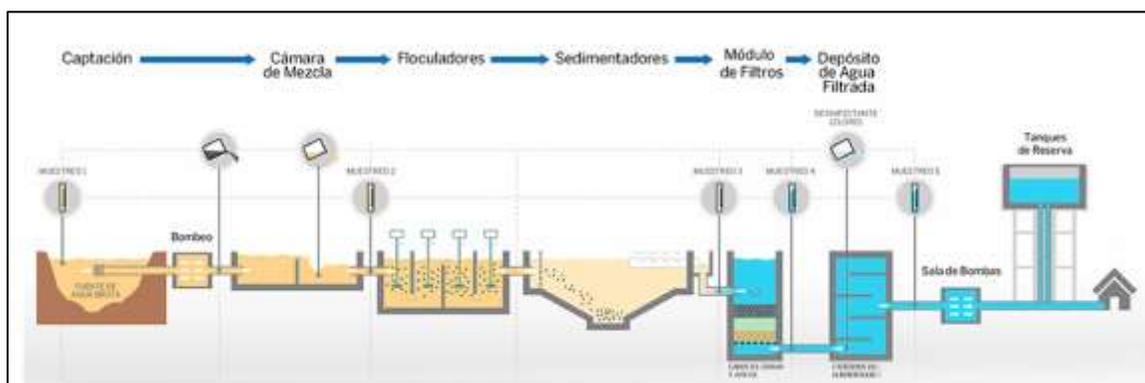
Tanques de gas cloro para la desinfección del agua



Análisis. - Zarza (2018) manifiesta que, “Finalizado el proceso, se realizan diversos análisis del agua para garantizar que el agua a cumplido su proceso de potabilización con exitoso. El agua potable debe tener las características recomendadas por la OMS que debe ser inodora, incolora e insípida y cumplir con la normativa vigente y parámetros de calidad de cada país, en la figura 26 se muestra el proceso de análisis del agua (Zarza, 2018).

Figura 26

Fases de tratamiento de agua



Bombas dosificadoras. – Según el fabricante Siemens (2010) La bomba succiona un producto químico en la cámara interna de la bomba, y luego lo inyecta en una tubería que puede contener fluidos o agua a dosificar. La bomba dosificadora funciona mediante un motor eléctrico y un actuador de aire. El motor eléctrico posee de un controlador que ayuda a encender o apagar la bomba de acuerdo a las necesidades de la planta, así como regulación de flujo constante. SIEMENS (2010)

Componentes de las bombas dosificadoras:

Tanque de químicos. - Diseñado para almacenar el material químico a graduar.

Bomba dosificadora. – Posee una entrada, una línea de toma dosificadora y una línea de succión, cambian de tamaño y materiales dependiendo del uso a darle al equipo.

Inyector. – Contiene una válvula antirretorno elabora para permitir el ingreso de sustancias químicas en el flujo. El inyector está fabricado para altas presiones en tuberías logrando mezclar productos químicos en forma de líquido.

Este dispositivo tiene un mecanismo auto-accionado que evita que el líquido en la línea de provisión siga su curso normal cuando la bomba se apaga. El inyector también conduce productos químicos hacia el centro del flujo, evitando el desperdicio de producto, que se genera por la dosificación incorrecta de químicos en las paredes de la tubería.

Válvula de pie. – Es una válvula que v en un solo sentido, posee un sistema antirretorno que se adapta a la línea de succión. Posee un interruptor tipo flotador para sensor si existe o no el producto. El interruptor emite una alarma cuando no existe la sustancia a transportar.

Son del tipo aspirantes impulsores de diafragma o de pistón. Son encendidas por un grupo de motor-reductores, donde el desplazamiento del diafragma o pistón es

regulado con de acuerdo a la frecuencia de trabajo en base a los desplazamientos, lo que permite ajustar el volumen y por ende la justa dosificación.

Figura 27

Bomba dosificadora de químicos



Almacenamiento

Uno de los aspectos primordiales para cumplir con el suministro de agua potable a una población es su almacenamiento y regulación”. Para lo cual se utiliza tanques o piscinas de cemento armado de grandes dimensiones 20 m de largo x 1,50 m de ancho x 5m de profundidad, teniendo una capacidad de almacenamiento de 150 m³, distribuido en 2 tanques dando un total de 300 m³ que permiten no solo tener agua acumulada para ofrecer estabilidad al servicio sino también conservar una presión invariable en las redes de distribución de agua potable

Figura 28

Tanques para almacenamiento de agua antes del tratamiento



Sensor de nivel. - Para la medición del almacenamiento de la cantidad de agua se utiliza un sensor ultrasonido mjkll 713 el mismo que se calibra igual a sensor de entrada del caudal, ya que tienen las mismas características y funciones del sensor de salida.

El mismo que en la salida de 180 l/seg medidos con el caudalímetro

Sistema de distribución

Transmisor de caudal. – Llamados también como caudalímetros de efecto electromagnético de alto rendimiento para la medición de líquidos continuos. Los sistemas normalmente se entregan estandarizados y criticados por la fábrica.

Figura 29

Medidor de caudal configuración



Condiciones de puesta en marcha. – En el manual del fabricante ABB exponen que, para su funcionamiento, se considera un test automático del correcto funcionamiento el equipo con el objeto de verificar los datos almacenados en la memoria del transmisor con respecto a los datos en la memoria del sensor” (ABB Instrumentation, 2021).

Para la programación se debe tomar los datos específicos del fabricante, si los datos son proporcionales, el funcionamiento es normal y se despliega la pantalla del operador. Si los datos no coinciden, aparecerá una pantalla de usuario distinta, según las condiciones de puesta en marcha detectadas, en este caso se debe ingresar los datos reales que se tiene en la empresa. Esta visualización permite la sincronización del equipo y los datos almacenados, con las condiciones que se requieren para el medidor de caudal nos entregue las medidas reales de la cantidad de agua que se dispone en la planta.

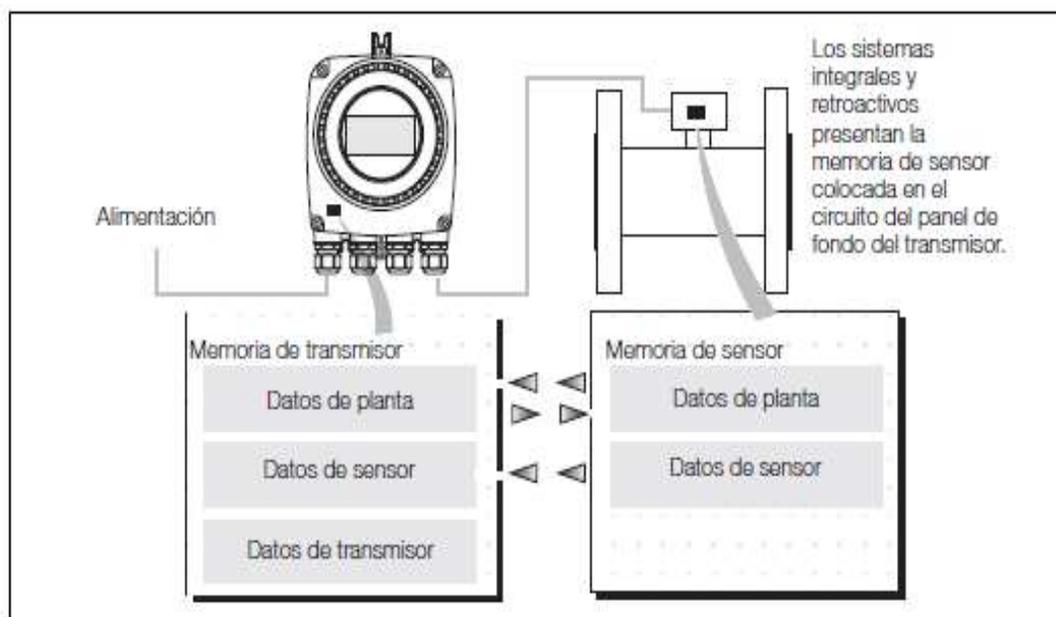
Tipos de datos

Según la marca ABB el fabricante especifica tres tipos de datos principales en el sistema:

- Datos del sensor: Estos datos son exclusivos del fabricante que se almacenan en las memorias del transmisor y el sensor respectivamente, entre estos datos se dispone del número de serie del sensor, placa de identificación, calibración. Los datos del sensor se almacenan en las memorias del transmisor y del sensor.
- Datos de planta: Estos datos lo ingresa el operador y son los reales que se dispone en la planta, entre los que se puede citar son: el rango pulso / unidad, las unidades volumétricas y el caudal. De igual manera una vez ingresados estos datos se almacenan en las memorias del dispositivo.
- Datos del transmisor: Estos datos son específicos del dispositivo entre los que se encuentran: los factores de calibración de corriente, la referencia y el número de serie del transmisor. En este caso la información solo se guardará en su propia memoria. (ABB Instrumentation, 2021).

Configuración de la memoria. – Para la configuración de la memoria el fabricante recomienda tomar en cuenta el tipo de sistema que se va a emplear para lo cual se procede de la siguiente manera:

- En el caso de tratarse de un sistema remoto tanto el transmisor y el sensor disponen de memorias propias con sus respectivas características de datos.
- Los sistemas Smart y los sistemas con transmisores, conectados a sensores modernos tienen incorporado sensores instalados en el transmisor (la memoria del sensor está colocada en el panel del propio transmisor que está ubicado en el fondo del equipo) (ABB Instrumentation, 2021).

Figura 30*Calibración en la pantalla sensor**Nota.* Manual del fabricante

Opciones de seguridad y contraseñas. – En el manual del fabricante ABB para la protección del equipo y no sea manipulado por personas extrañas se dispone de contraseñas que el operador puede asignarlas y de esta manera tener protegida la información, en este dispositivo se pueden configurar las contraseñas de dos formas: estándar y avanzado. Cabe resaltar que el fabricante ABB señala que la configuración del equipo de realizarse por el usuario, siempre y cuando tenga acceso a las propiedades del usuario. (ABB Instrumentation, 2021)

De igual manera se especifica en el manual del usuario ABB que “Los usuarios con acceso avanzado pueden implementar y quitar las contraseñas de para el manejo del transmisor. Sólo los usuarios con privilegios de acceso estándar pueden restablecer contraseñas de nivel estándar” (ABB Instrumentation, 2021).

Establecimiento de contraseñas

Contraseñas predeterminadas El fabricante en el manual del usuario se suministra las contraseñas predeterminadas las mismas que permiten ingresar a los menús con nivel de acceso "Estándar" y "Avanzado".

Al ingresar las contraseñas nuevas el operador debe tomar en cuenta que estas deben contener hasta 5 caracteres de fácil recordatorio considerando que no se distingue las mayúsculas de las minúsculas.

Figura 31

Configuración del medidor de caudal a la salida



Seguridad / Sellado contra manipulaciones. - El fabricante a dispuesto de otra opción de seguridad para proteger al equipo y a la empresa para lo cual se debe acceder a opciones seguridad contra manipulación que direcciona al software del transmisor, pero este solo nos da la opción en modo de lectura, para esta operación se pone el micro interruptor en la posición "ON" , opción de cambio se puede usar junto con botones de paro de emergencia contra manipulaciones físicas para tener protección de máxima seguridad (ABB Instrumentation, 2021).

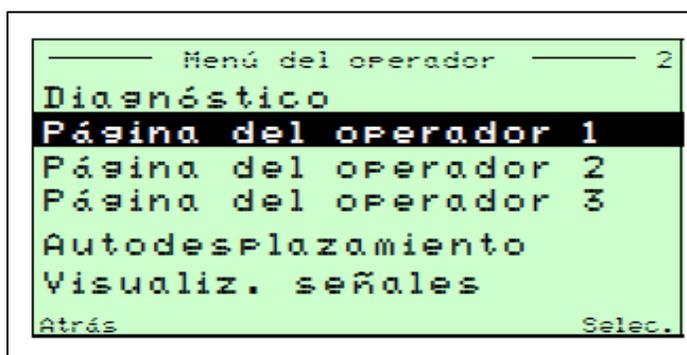
Descripción de menús y pantallas del operador. - Al momento de correr el programa y ponerlo en funcionamiento, si no se ha cometido errores en el ingreso de los datos y es satisfactoria para el equipo aparecerá la "Pantalla de procesos" es considerado el funcionamiento normal del medidor. En el "Menú del Operador" y menús principales se ejecuta a través de una pantalla llamado "Operador"; Cada pantalla se puede configurar para identificar el flujo en forma de varias líneas o una línea o un gráfico de barras.

Menús del operador. – Accede a través de una pantalla de operador al pulsar la tecla bajo el icono.

Hay tres páginas del operador para la supervisión del funcionamiento del dispositivo y la planta. Estas páginas se configuran para identificar valores de medida totales y actuales, entre otros mostrados en la figura 32. No es posible ingresar datos al sistema ni modificarlos debido a que no se tiene los accesos correspondientes porque se encuentra en la pantalla de operador (ABB Instrumentation, 2021).

Figura 32

Menú operador



Nota. Tomado del manual del fabricante ABB

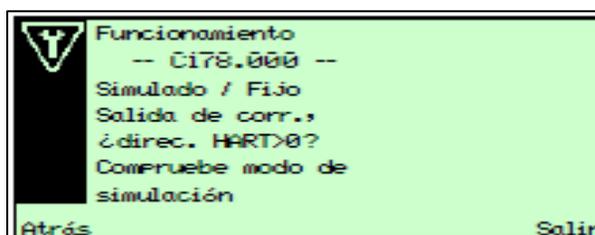
Descripción general de pantallas.

Sección y función Diagnóstico. – Se selecciona el menú para observar datos del sistema. Se Usa las teclas y para trasladar al diagnóstico de transmisor a través de

parámetros activos, no posee información de historial, pero se considera la activación de alarma del proceso, a través del menú "Diagnostic Hist" detalle en la figura 33 (ABB Instrumentation, 2021)

Figura 33

Pantalla diagnóstico



Nota. Tomado del manual del fabricante ABB

Página del operador 1 (de 3). - Se lleva a cabo desde el menú "Pantalla" mediante la opción preconfiguradas.

Al seleccionar una página del operador (1, 2 o 3), se indica la página y se elimina el auto desplazamiento.

Auto desplazamiento. - Cuando se escoge la opción seleccionar "Auto desplazamiento", el dispositivo lo reconoce e inmediatamente en forma secuencial irá desplegando las tres páginas del operador (1,2 y 3) en este caso el transmisor permanece en este modo de pantalla hasta el operador se seleccione la página individual específica que requiere controlar o conocer los datos. (ABB Instrumentation, 2021).

Figura 34

Configuración del Transmisor



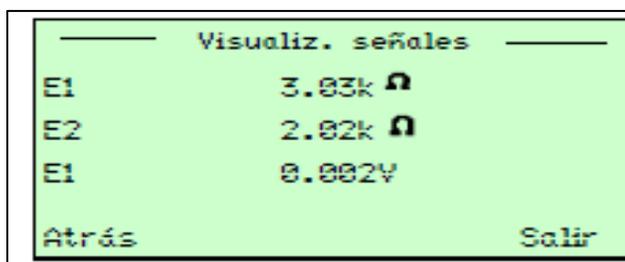
Nota. Tomado del manual del fabricante ABB

Visualización señales. – El dispositivo por su versatilidad indica en su pantalla los valores de las señales activas tales como:

- Velocidad
- E1 Resistencia de electrodo
- E2 Resistencia de electrodo
- E12 Tensión entre electrodos
- E1 Tensión de electrodo
- E2 Tensión de electrodo E2
- E12 Tensión entre electrodos
- CD1 Corriente de bobina
- CDR Resistencia de cable y bobina (lazo) (ABB Instrumentation, 2021)

Figura 35

Visualización de señales



Nota. Tomado del manual del fabricante ABB

Ajuste del dispositivo. - Una vez que dispone de los datos específicos de la planta, los datos transmisor y sensor, así como también los niveles de acceso de usuario y los códigos de seguridad (contraseña), se define por último parámetros de calibración y el dispositivo está listo para entrar en funcionamiento. (ABB Instrumentation, 2021).

Figura 36

Ajuste del dispositivo



Nota. Tomado del manual del fabricante ABB

Pantalla. - El transmisor de caudal dispone de una pantalla de cristal líquido, en esta se puede leer todos los datos que se va realizando en la configuración entre los cuales se puede citar el número de líneas en pantalla (tamaño del texto), idioma, contraste de la pantalla, número de cifras decimales permitido, y opciones de gráfico de barras, ente otras que se ejecutan al momento de ingresar los datos de la planta. (ABB Instrumentation, 2021).

Figura 37

Configuración de la Pantalla



Nota. Tomado del manual del fabricante ABB

Entrada/Salida. - Según ABB fabricante del dispositivo con este menú el operador puede considerar los estados de pulsos, los ajustes de salida, y los estados lógicos de necesarios conocer para el funcionamiento correcto del equipo. (ABB Instrumentation, 2021).

Figura 38

Configuración Entrada/ Salida



Nota. Tomado del manual del fabricante ABB

Alarma de proceso. - Por ser un dispositivo encargado de medir los datos de caudal dispone de una alarma que indica al operador que es lo que está sucediendo con el ingreso del agua, una vez obtenidos los datos estas alarmas pueden ser reseteadas una vez revisadas y borrar el historial de alarmas, también se lo utiliza como indicador de los límites mínimo y máximo de alarma del caudal (ABB Instrumentation, 2021).

Figura 39

Configuración de las Alarmas



Nota. Tomado del manual del fabricante ABB

Capítulo IV

Resultados

De acuerdo con los objetivos planteados en el presente trabajo de titulación, se realizó la habilitación de los paneles electrónicos de los diferentes equipos que dispone la Planta de tratamiento de agua Loma de Alcocerres , para lo cual se ejecutaron una serie de pruebas de funcionamiento en los diferentes sensores, como caudalímetros para que estos trabajen independientemente sin la intervención de los trabajadores, es decir en forma automática, para lo cual se realizó la reinstalación de cada uno de los equipos electrónicos y su posterior calibración de acuerdo a los parámetros de caudal y turbiedad que presenta el agua al ingreso de la planta. Los mismos que se detallan en este apartado:

Resultados de los Procesos de Potabilización de agua

En los procesos de potabilización, entre los que se tienen la captación, se conoció desde el lugar donde nace el caudal desde las vertientes de diferentes lagunas que forman el río Illuchi a una distancia de 30 km hasta llegar a la planta de tratamiento Loma de Alcocerres ubicada en el barrio San Martín perteneciente al cantón Latacunga.

En el tratamiento del agua se pudo conocer las pruebas de laboratorios que se realizan para determinar una serie de procesos que se realizan para determinar el grado de elementos patógenos que contiene el agua para de esta manera proceder a la desinfección con sulfato de aluminio para la floculación y con cloro para eliminar los patógenos; estos procedimientos se los hace dos veces por día, para en lo posterior como se dijo anteriormente se lo realizaba en forma manual, por parte del encargado del laboratorio, es aquí donde se llegó a automatizar el proceso con los equipos y dispositivos electrónicos con los que cuentan los paneles electrónicos, tomando en cuenta la función de cada uno de ellos y que se detalla a continuación:

Resultados Caudalímetro en canal abierto

De igual manera, se puede constatar que la planta cuenta con caudalímetros de entrada y salida del agua en la planta. Estos dispositivos se encontraban montados en los bastidores, pero no estaban energizados, por lo que se procedió a conectarlos y calibrarlos dando un caudal de entrada de 180 l/seg. y un caudal de salida de 175 l/seg, se puede decir que estos si cumplen la función para lo que se los instaló para de esta manera indicar diariamente que cantidad de agua ingresó a la planta y que cantidad de agua salió de la planta para la distribución a la población de la ciudad de Latacunga.

Transmisor de caudal. - Este dispositivo electrónico se lo encuentra instalado en las tuberías de distribución que salen de los tanques de distribución. El mecanismo de igual manera se encontraba deshabilitado y se lo conectó con la energía eléctrica de 110 VCA, de igual manera se lo calibró dando lecturas del caudal que sale hacia las tuberías de distribución, que en un inicio es de 165 l/seg., y calibrado da un flujo constante de 179 l/seg.

Figura 40

Resultados de calibración ideal del transmisor ultrasónico



Resultados en la medición con el turbidímetro

La medición de la turbidez es una medida crítica en el agua potable, ya que se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficacia de la filtración (por ejemplo, si hay organismos causantes de enfermedades). En este sentido el turbidímetro es uno de los dispositivos esenciales en las plantas de tratamiento del agua potable, en este caso se cuenta con el turbidímetro, que no realizaba ninguna función, se encontraba deshabilitados, por lo que se tuvo que nuevamente conectar a las bombas y a las tuberías del tanque de muestras.

Para que funcione este dispositivo se tuvo que realizar una cámara extra en tubería de PVC para que no se produzcan muchas burbujas por la presión que salen desde las bombas; se obtuvo mediciones de 0 a 3 NTU y en otras ocasiones 5 NTU (máximo permitido por la OMS), por lo que de esta medición depende la cantidad de coagulante y de cloro que se debe suministrar al agua, que en el caso se pudo obtener una lectura de 3, 53 NTU como se puede observar en la figura 42

Figura 41

Calibración del turbidímetro



Resultado Bombas Centrífugas

Una bomba centrífuga tiene la función de impulsar el fluido a determinadas alturas o lugares, en estas el fluido ingresa por el impulsor, que tiene varios álabes para conducir el flujo, y por fuerza centrífuga es inducido hacia fuera, donde es recogido por el cuerpo de la bomba. Estas dos bombas se encontraban deshabilitadas y sin acoples de conexión, por el tiempo que se encontraban deshabilitadas se tuvo que realizar un mantenimiento de los engranajes, además se cambió sellos.

Las dos bombas centrífugas en el proceso se encargan de absorber el agua del tanque de almacenamiento de muestras y alimentan al turbidímetro y al mixer, estas se encuentran trabajando alternativamente durante las 24 horas y son controladas por un circuito trifásico con Temporizadores regulados en tiempo de 4 horas para dar la alternabilidad de las bombas dichas bombas están representadas en la figura 42.

Figura 42

Puesta en funcionamiento de las bombas centrífugas



Resultados del Analizador de Cloro

Para el analizador de cloro se hizo una calibración de parámetros los mismos que por efectos de uso tienden a descalibrarse, para lo cual se basó en el manual para

su respectiva calibración, así como también fue necesario la revisión de las instalaciones eléctricas debido que se encuentra al aire libre, fue necesaria la colocación de canaletas para la protección de los cables, siguiendo la normativa vigente, evitando cortocircuitos o algún otro tipo de fuga de energía mostrados en la figura 43.

Figura 43

Calibración Analizador de Cloro



Resultado Mixer Industrial

Los Mixeres industriales adquiridos por la empresa de agua potable, quedan funcionando en su totalidad, cuando se ingresó a realizar los trabajos se encontraban desmontados y desconectados, por tal razón se procedió al correcto ensamblado y su conexión, en la actualidad no se están utilizando los Mixeres debidos que no se está trabajando por el método de purificación por polímeros, queda como constancia a los encargados de su funcionamiento.

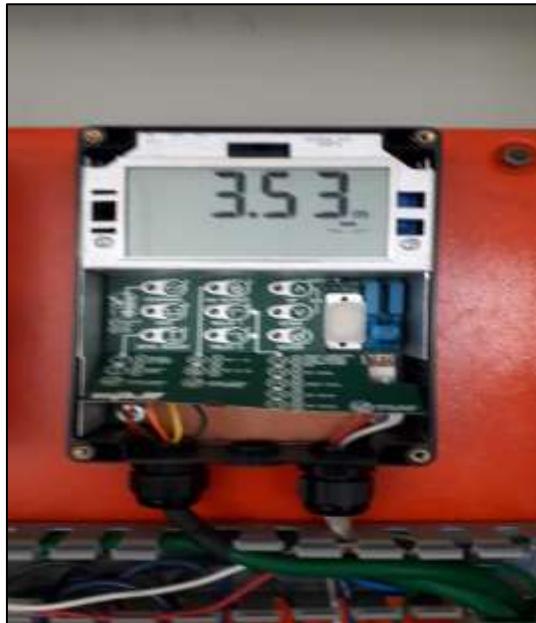
Figura 44*Funcionamiento Mixer***Resultados del Transmisor de nivel ultrasónico**

Este dispositivo electrónico se encontraba montado en el canal de salida del caudal, el sensor se ubica en la parte superior del canal y emite una onda de sonido, al llegar a la superficie del líquido rebota y regresa al sensor. Al conocer el tiempo que le toma la onda regresar y la velocidad del sonido se calcula la distancia que hay entre el sensor y el nivel del canal por lo que se puede determinar el nivel, pero no se encontraba funcionando por lo que se procedió a revisar la alimentación de 110 VCA, al inicio no se obtenía ninguna lectura en la pantalla por lo que se tuvo que calibrarlo a la altura de 80 cm con relación al espejo de agua que se forma a hasta el borde del agua de salida, Las medidas luego de la conexión y calibración fueron de 3,53 m., lectura que va variando según el nivel del caudal que entra desde el canal ingreso del agua;

este dispositivo queda totalmente habilitado para su funcionamiento y con las lecturas se pueda emitir con exactitud el nivel de agua que ingresa a los tanque de sedimentación mostrado en la figura 45.

Figura 45

Calibración del Transmisor de nivel de salida



Resultados de las instalaciones de alimentación eléctrica

El tablero de distribución del sistema de potabilización del agua se encuentra mecanismos de protección con Breakers trifásicos, debido a que el circuito en su gran mayoría funciona con 220 VCA; debido al tiempo que se encontraba deshabilitado el sistema y por la manipulación de personal no calificado se tuvo que realizar nuevamente el cableado eléctrico, el cual queda instalado con todas las normas y medidas de protección eléctricas necesarias para el control industrial y automatizado de los dispositivos instalados en la planta, dejando numerado y codificado cada uno de los cables conductores.

Figura 46

Nomenclatura y numeración de conductores de los tableros de distribución



Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se consiguió la habilitación de los paneles electrónicos de la Planta de tratamiento de Agua Potable Loma de Alcoceres del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi, los mismos que permiten la automatización de los procesos de tratamiento del agua que se realizan en estas instalaciones, para de esta forma tener agua purificada de calidad y con la cantidad adecuada de químicos dosificados de acuerdo con las normas INEN 1108, DEL 2011.
- Se consiguió el levantamiento de la información del estado actual de la Planta de tratamiento de Agua Potable Loma de Alcoceres del Cantón Latacunga, información que se consiguió mediante una observación in situ y, con estos datos se pudo determinar los trabajos que se debían ejecutar para la habilitación de los paneles electrónicos para que los procesos se automaticen y tengan un óptimo funcionamiento.
- Mediante la información obtenida, se procedió al diseño y repotenciación del funcionamiento y automatización de la Planta de tratamiento de Agua Potable, mediante la elaboración de un plan de trabajo y de procesos hasta que todos los equipos después de un mantenimiento rutinario sean calibrados y puestos en funcionamiento.
- Mediante los manuales de instalación y funcionamiento se logró la calibración de los equipos, así como también se procedió a la verificación de todos los sensores de nivel, turbidez y oxígeno con lo cual se automatizó todo el sistema de la planta.

- Mediante los datos arrojados por los sensores habilitados y de acuerdo al estado de las muestras de agua, se consiguió la homogenización de los reactivos químicos en el tanque de floculación en cantidades dosificadas de acuerdo a las normas INEN 1108 del 2011.
- Con la investigación bibliográfica y de los manuales de instalación se pudo realizar un plano eléctrico para la reinstalación del sistema de cableado eléctrico de la planta de tratamiento, proceso que se facilitó con la rotulación y nomenclatura de cada uno de los cables, así como la observación del código de colores de cables para las instalaciones eléctricas.
- Se realizaron pruebas experimentales de funcionamiento del sistema de automatización de la planta, y con ellas se fue determinando si los sensores e instrumentos entregaban los parámetros adecuados para que la dosificación de los químicos sea la óptima en cada muestra de agua que ingresa para su tratamiento.
- Tomando en cuenta las normas eléctricas, electrónicas y recomendaciones del fabricante para que estos equipos tengan un buen funcionamiento y se alargue su vida útil.

Recomendaciones

- Para el desempeño óptimo del sistema de potabilización del agua de la planta Loma de Alcoceres, se recomienda la capacitación del personal que labora en la planta, en el manejo y calibración de los instrumentos del panel de control y de esta forma obtener un funcionamiento idóneo y los procesos sean totalmente automatizados dando la seguridad que se pueda consumir agua de calidad libre de impurezas y organismos patógenos que dañen la salud de las personas.

- Que se realicen mantenimientos preventivos de los equipos de acuerdo con las especificaciones técnicas de los fabricantes para de esta manera preservar la vida útil de los equipos.
- Cuando se de mantenimiento a las instalaciones eléctricas tomar en cuenta los planos y diagramas eléctricos que se disponen para evitar daños en los equipos, como son los sensores y bombas que son muy delicados y una sobretensión o intensidad puedan dejarlos fuera de funcionamiento o quemarlos.
- Que este trabajo investigativo, en la parte de la calibración sea tomado en cuenta como un manual para realizar un buen trabajo y se convierta en una herramienta de usuario necesaria para los procesos de calibración y mantenimiento de los paneles electrónicos para de esta forma tener agua potabilizada y de calidad que los habitantes de la ciudad de Latacunga lo merecen.

Bibliografía

- ABB Instrumentation. (6 de 11 de 2021). *Caudalímetros para líquidos, gases y vapor*.
<https://library.e.abb.com>
- ABB Measurement & Analytics. (19 de 10 de 2021). *Analizador de la turbidez 4690*.
https://library.e.abb.com/public/9820c8bb22694e12c1257b0c00545821/IM_4690-ES.pdf
- ALBIN, R. (1975). *DETERMINACION DEL pH EN DIVERSAS ESPECIES DE LOS RENOVALES DE LA PROVINCIA DE VALDIVIA*.
<http://revistas.uach.cl/index.php/bosque/article/view/4250/5298>.
- Asamblea Nacional . (2008). *Constitución de la Republica del Ecuador*.
https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Auge , M. (2007). *Agua Fuente de Vida*.
<http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf>
- Calderón López , C. C., & Orellana Yáñez , V. E. (2015). *CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN LOS CAMPUS: CENTRAL, HOSPITALIDAD, BALZAY, PARAÍSO, YANUNCAY Y LAS GRANJAS DE IRQUIS Y ROMERAL PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA*.
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22285/1/Tesis.pdf>
- Cando Zapata , A. M., & Coro Álvarez , M. E. (2019). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE Y PROPUESTA DE REPOTENCIACIÓN EN LA LOMA DE ALCOCERES DEL BARRIO SAN MARTÍN DE LA PARROQUIA JUAN MONTALVO DEL CANTÓN LATACUNGA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERÍODO OCTUB*. Latcunga.
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5740/6/PC-000730.pdf>

CARBAJAL AZCONA, Á. e. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*.

Madrid, España: Vaquero y Toxqui.

<https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

Castillo Uribe , V. (2013). *Diseño y cálculo de un agitador de fluidos*. BioBío Chile .

http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Urbe_Vladimir.pdf

Cedeño Viveros, P. S., & Aguilar Carrillo, E. V. (2010). Implementación de un sistema SCADA para el control de procesos de retrolavado en la EMAAP-Q, PLANTA "El Placer". Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1456>

COOTAD. (2010). *Código Orgánico de Organización Territorial*.

https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf

EPMAPAL. (2021). *Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarrillado del Gobierno Municipal de Latacunga*.

<https://www.epagal.latacunga.gob.ec/reglamentos-2021>

GAD MUNICIPAL LATACUNGA. (2021). *Gobierno Autónomo descentralizado del Municipio de Latacunga*. <https://latacunga.gob.ec/es/>

HACH. (2021). *Turbidez*. Obtenido de https://latam.hach.com/industries/drinking-water/turbidity?_bt=429002742370&_bk=turbidez%20en%20el%20agua&_bm=p&_bn=g&_bt=429002742370&_bk=turbidez%20en%20el%20agua&_bm=p&_bn=g&utm_id=go_cmp-9767140016_adg-103732695510_ad-429002742370_kwd-429341250418_dev

HACH. (6 de 10 de 2021). *Turbidímetro*. <https://latam.hach.com/turbidimetros>

Idrovo , C. (2010). Optimización de la planta de tratamiento de Uchupucún.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2426/1/tq1066.pdf>

INEN 1108. (2011). *Agua Potable*.

https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HA_SH01a4.dir/doc.pdf

LOEP. (2010). *Ley Orgánica de Empresa Pública*. [https://amevirtual.gob.ec/wp-](https://amevirtual.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/02-LEY-ORGANICA-DE-EMPRESA-PUBLICA.pdf)

[content/uploads/2017/04/02-LEY-ORGANICA-DE-EMPRESA-PUBLICA.pdf](https://amevirtual.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/02-LEY-ORGANICA-DE-EMPRESA-PUBLICA.pdf)

LOSEP. (2010). *Ley Orgánica del Servicio Público*.

https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic5_ecu_ane_mdt_4.3_ley_org_ser_p%C3%BA.pdf

mjk. (5 de 10 de 2021). *Cudalimetro en canal abierto 713*.

<https://docplayer.es/17669417-Cudalimetro-en-canal-abierto-713.html>

OMS. (2015). *Estimaciones de la OMS sobre la carga mundial de enfermedades de transmisión alimentaria*.

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/200047/WHO_FOS_15.02_spa.pdf;jsessionid=93DFA1D1A80A935A12233A39DF5A0C8C?sequence=1

OMS. (2019). *Centro de Prensa/ Datos y Cifras*. Obtenido de

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

PDyOT. (2016). *Plan de Ordenamiento. PDyOT_Latacunga*.

http://latacunga.gob.ec/images/pdf/PDyOT/PDyOT_Latacunga_2016-2028.pdf

Pulsafeeder. (12 de 09 de 2021). Obtenido de

https://pulsatron.salesmrc.com/pdfs/omni_series_dc2_dc6_iom_es.pdf

Real Academia Española. (2021). *Diccionario de la lengua española*:

<https://dle.rae.es/agua>

Sánchez Pérez , J., Lugo Leyte, R., Lugo Méndez, H., Salazar Pereyra, M., & Torres

Aldaco, A. (2014). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UNA BOMBA*.

Querétaro. http://b-dig.iie.org.mx/BibDig2/P14-0287/XIV%20CELT_16.pdf

Shuttle. (11 de 2021). *Medidor de nivel ultrasónico*.

<https://www.yumpu.com/es/document/read/15351219/medidor-ultrasonico-de-nivel-y-sensor-manual-de-mjk-automation>

Zarza, L. (2018). *Cómo se potabiliza el agua* . <https://www.iagua.es/respuestas/como-se-potabiliza-agua>

ANEXOS