



Implementación de un sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino.

Chasi Patate, José Damián

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Automatización e Instrumentación

Ing. Cajas Buenaño, Mildred Lisseth

Latacunga

2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E
INSTRUMENTACIÓN.

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino.”** fue realizado por el señor **Chasi Patate, José Damián** la cual ha sido revisada y analizada 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, 02 de abril de 2021

Cajas Buenaño, Mildred Lisseth

C. C.: 0503497604

Reporte de verificación



Document Information

Analyzed document	MONOGRAFIA_CHASI_JOSE.pdf (D100656875)
Submitted	4/5/2021 4:41:00 PM
Submitted by	
Submitter email	jdchasi@espe.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	mlcajas.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/6637/tfg-gea-aut.pdf?sequ ... Fetched: 7/20/2020 1:14:14 AM	 1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / CHICAIZA JOSE REVISION.pdf Document CHICAIZA JOSE REVISION.pdf (D98548128) Submitted by: jachicaiza11@espe.edu.ec Receiver: mlcajas.espe@analysis.orkund.com	 1
W	URL: https://docplayer.es/124074875-Universidad-nacional-agraria-la-molina.html Fetched: 7/18/2020 10:55:16 AM	 1

Cajas Buenaño, Mildred Lisseth

C. C.: 0503497604



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E
INSTRUMENTACIÓN

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Chasi Patate, José Damián**, con cédula de ciudadanía N.º 0550051585, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino**. es de mi 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, 02 de abril de 2021

Chasi Patate, José Damián

C.C.: 0550051585



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E
INSTRUMENTACIÓN**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Chasi Patate, José Damián** autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación de un sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 02 de abril 2021

Chasi Patate, José Damián

C.C.:0550051585

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por cuidarme y brindarme la fuerza todos los días para culminar esta actividad con éxitos, por guiarme en el camino que he elegido y siempre darme una salida ante los problemas de la vida iluminando con su bendición cada acción que he realizado.

A mi madre, Miriam Narcisa Patate Zumba, por su apoyo y cuidado incondicionales en toda etapa de mi vida, a mi padre Héctor Efraín Chasi Moreta por estar presente en cada logro obtenido y siempre darme un consejo en los momentos malos de mi vida.

A Erick David Chasi Patate, por ser mi ejemplo de coraje ante la tempestad y nunca rendirse, a Santiago Israel Chasi Patate por enseñarme el valor del trabajo y de la abnegación, a Ángel Xavier Chasi Patate por estar siempre presente y alegrarme la vida, a Luis Miguel Chasi Patate que a pesar de las adversidades sonrío y da su mejor esfuerzo por sobresalir.

A mis amigos y compañeros de vida, hermanos de otra madre que siempre han estado con sus consejos Pedro José Iguago Olivo, Washington Stalin Hinojosa Mena, Marlon Neptalí Herrera de la Cruz, Guillermo Ismael Jácome Culqui, Romel David Bustillos Pérez, Alison Jecsibel Quispe Agurto, Betsi Janina Guaya Pesantez, Ruth Elizabeth Solís Córdova, Shirley Xiomara Cando Comina y Luis Alberto Molina Gallardo

José Chasi Patate

Agradecimiento

Principalmente a Dios por todas las bendiciones recibidas, a mi madre, Mirian Narcisa Patate Zumba, por motivarme de forma personal y profesional, a mi padre, Héctor Efraín Chasi Patate por nunca dejarme solo, a mis hermanos por estar siempre presentes en mi crecimiento personal.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Latacunga, a todos los docentes que con esmero ayudaron a obtener mis conocimientos y formar a un nuevo profesional. Gratitud a nuestra tutora la Ing. Mildred Cajas por su tiempo, paciencia y voluntad en la dirección de este proyecto.

José Chasi Patate.

Tabla de contenidos.

Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de Urkund.....	3
Responsabilidad de auditoria	4
Autorización de publicidad.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras	12
Resumen.....	14
Abstract.....	16
Planteamiento del problema.....	18
Tema.....	18
Antecedentes	18
Justificación e importancia	19
Objetivos.....	20
<i>Objetivo general</i>	20
<i>Objetivos específicos</i>	20
Alcance	20
Marco teórico	21
Sistemas de Control	21
Sistema de control lazo abierto.....	21
Sistema de control realimentado	21
Sistema de control lazo cerrado	22

Elemento primario de medida	23
Sensor.....	23
Sensor de nivel	24
Tipos de sensor de nivel	25
Transmisor.....	27
Controlador.....	27
Microcontrolador.....	27
Lenguaje de programación	34
Elemento final.....	34
Actuadores.....	34
Válvulas	34
Tipos de válvula.....	35
Control de nivel con histéresis	38
Histéresis	39
Control ON/OFF	39
Sistemas de tratamiento de agua	39
Tratamiento Primario.....	40
Tratamiento Secundario.....	40
Filtro carbón activo	41
Definición de pH	42
Definición de Corrosión.....	43
Bebederos	44
Desarrollo de tema.....	46
Diseño para la implementación del sistema automatizado.....	46
Sistema para suministro de agua	47

Montaje de la red de distribución de tubería de agua	48
Implementación de las válvulas solenoides	49
Adecuación de los sensores de nivel a la red	50
Sistema para el tratamiento de agua	51
Implementación de filtro de agua.....	52
Adecuación del sensor de nivel de pH.....	53
Sistema de control	54
Levantamiento de las señales de campo	55
Conexión sensores	56
Conexión de actuadores	56
Pruebas y mejoras.....	57
Código de programación del sistema automatizado	66
Conclusiones y recomendaciones	70
Conclusiones	70
Recomendaciones.....	72
Bibliografía	73
Anexos	75

Índice de tabla

Tabla 1. <i>Tipos de medidores y sensores de Nivel.....</i>	26
Tabla 2. <i>Identificación de la estructura de la tarjeta Arduino UNO</i>	29
Tabla 3. <i>Tipos de válvulas de obturador lineal</i>	35
Tabla 4. <i>Tipos de válvulas de obturador movimiento rotativo.....</i>	36
Tabla 5. <i>Análisis de serie de nobleza en metales para su corrosión.....</i>	44
Tabla 6. <i>Pines de conexión de todo el sistema</i>	55
Tabla 7. <i>Señales de actuadores y su ubicación en campo.....</i>	56
Tabla 8. <i>Descripción de funcionamiento.....</i>	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Control lazo abierto</i>	21
Figura 2. <i>Control realimentado</i>	22
Figura 3. <i>Control lazo cerrado</i>	23
Figura 4. <i>Sensor de nivel tipo flotador HT-ZPC 5</i>	24
Figura 5. <i>Microcontrolador ATMEGA328P</i>	28
Figura 6. <i>Arduino Uno</i>	29
Figura 7. <i>LCD 1602</i>	31
Figura 8. <i>Módulo I2C</i>	32
Figura 9. <i>Módulo Relé</i>	33
Figura 10. <i>Válvula solenoide 2W-160-15</i>	37
Figura 11. <i>Señal control ON/OFF</i>	39
Figura 12. <i>Tratamiento primario de agua</i>	40
Figura 13. <i>Tratamiento secundario de agua</i>	41
Figura 14. <i>Mini filtro de carbón activo</i>	41
Figura 15. <i>Porcentaje de pH</i>	42
Figura 16. <i>Sensor de pH SKU SEN0161</i>	43
Figura 17. <i>Bebedero ganado bovino</i>	45
Figura 18. <i>Esquema de conexión</i>	47
Figura 19. <i>Sistema de suministro de agua</i>	48
Figura 20. <i>Realización de rosca en las tuberías PVC</i>	49
Figura 21. <i>Acoplamiento de válvula solenoide de suministro de agua al tanque</i>	49
Figura 22. <i>Acoplamiento de las válvulas solenoides para suministro de agua a los bebederos</i>	50
Figura 23. <i>Montaje de sensores de nivel alto y nivel bajo en tanque de agua</i>	51
Figura 24. <i>Montaje de sensores de nivel alto y nivel bajo en los bebederos de agua</i>	51

Figura 25. <i>Sistema tratamiento de agua</i>	52
Figura 26. <i>Filtro</i>	52
Figura 27. <i>Sensor de nivel de pH</i>	53
Figura 28. <i>Caja de control sistema automatizado</i>	54
Figura 29. <i>Cableado interno de la caja de control del sistema automatizado</i>	54
Figura 30. <i>Conexión de Arduino UNO, relés y actuadores 120 V AC</i>	57
Figura 31. <i>Código fuente IDE Arduino prueba de válvulas</i>	58
Figura 32. <i>Asignación de pines para sensores y válvulas para prueba de sensores de nivel</i>	58
Figura 33. <i>Configuración de entradas y salidas digitales de los dispositivos para prueba de sensores de nivel</i>	59
Figura 34. <i>Condiciones para encender y apagar válvulas con la señal de los sensores de nivel</i>	60
Figura 35. <i>Código fuente prueba de I2C y LCD1602</i>	61
Figura 36. <i>Código fuente para medición de valores aptos, mínimos y máximos</i>	62
Figura 37. <i>Monitoreo del valor de pH en LCD y luz de indicación óptima</i>	63
Figura 38. <i>Apertura de las válvulas de suministro</i>	63
Figura 39. <i>Funcionamiento individual bebedero</i>	64
Figura 40. <i>Monitoreo de porcentaje de pH por debajo del rango de operación</i>	65
Figura 41. <i>Monitoreo de porcentaje de pH por encima del rango de operación</i>	65
Figura 42. <i>Operación del sistema de alarma con porcentaje de pH elevado</i>	65
Figura 43. <i>Asignación de los pines utilizados en la placa Arduino</i>	66
Figura 44. <i>Configuración de las entradas y salidas digitales del control automatizado</i>	66
Figura 45. <i>Código fuente para el control automatizado de tratamiento y suministro de agua</i>	67
Figura 46. <i>Código fuente para mostrar los valores de nivel de agua y porcentaje de pH</i>	69

RESUMEN

Uno de los principales problemas detectados en la producción ganadera y sus derivados, es la disponibilidad constante y abundante del suministro de agua, debe regirse a parámetros de calidad como sales totales, sulfatos, cloruros, sodio, potasio, carbonato, flúor, cloro y concentración iones de hidrógeno (pH), para asegurar la crianza adecuada, y evitando al máximo el desperdicio de este valioso líquido vital. Se propone un sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua del ganado bovino, como una alternativa sustentable para proporcionar agua con un porcentaje de pH que puede variar del 6% al 8%, mediante detectores de nivel garantizar la cantidad de 280 litros, distribuidos en bebederos con una capacidad de 100 litros para el consumo de 5 vacas lecheras y 4 novillos. La propuesta consiste en la implementación de una red de distribución que permitirá el traslado a un tanque o depósito en donde recibe el tratamiento de medición y regulación del pH, así como la filtración del líquido, mismo que deberá ser adecuado para su posterior suministro al ganado. Los sensores de presencia de nivel de agua acoplados en los bebederos, al detectar su ausencia envían una señal al controlador para que desde el depósito de almacenamiento permite la distribución por acción de las válvulas solenoides, para garantizar el suministro se acoplan sensores detectores en el tanque que notifican en el caso de variación del nivel evitando la escasez de agua. Se dispone de un sistema de alarma en caso que el líquido vital no se encuentre en condiciones mínimas necesarias para su consumo, mismo que cuenta con un indicador lumínico y sonoro. El tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino busca optimizar recursos económicos, tiempo, evita el esfuerzo físico, mejorando considerablemente la calidad de los productos derivados de esta producción.

Palabras clave:

- **CONTROL DE NIVEL AGUA**
- **VALOR DE PH**
- **SUMINISTRO - AGUA**
- **TRATAMIENTO - AGUA**

ABSTRACT

One of the main problems detected in livestock production and its derivatives, is the constant and abundant availability of water supply, must be governed by quality parameters such as total salts, sulfates, chlorides, sodium, potassium, carbonate, fluoride, chlorine and hydrogen ion concentration (pH), to ensure proper breeding, and avoiding as much as possible the waste of this valuable vital liquid. An automated system for the treatment and supply of water for cattle is proposed as a sustainable alternative to provide water with a pH percentage that can vary from 6% to 8%, by means of level detectors to guarantee the amount of 280 liters, distributed in troughs with a capacity of 100 liters for the consumption of dairy cows and steers. The proposal consists of the implementation of a distribution network that will allow the transfer to a tank or reservoir where it receives the pH measurement and regulation treatment, as well as the filtration of the liquid, which must be suitable for its subsequent supply to the cattle. The water level presence sensors attached to the troughs, upon detecting its absence, send a signal to the controller so that it can be distributed from the storage tank by means of solenoid valves; to guarantee the supply, sensors are attached to the tank to notify in the event of water level variation, thus avoiding water shortages. There is an alarm system with a light and sound indicator in case the vital liquid is not in the minimum conditions necessary for consumption. The treatment and supply of water for cattle seeks to optimize economic resources and time, avoid physical effort, and considerably improve the quality of the products derived from this production.

Key words:

- **WATER LEVEL CONTROL**
- **PH VALUE**
- **SUPPLY – WATER**
- **TREATMENT - WATER**

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Tema

Implementación de un sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino.

1.2 Antecedentes

El tratamiento de agua es de vital importancia, ya que la mayoría de seres vivos ingerimos este líquido para lograr subsistir, es decir es de vital importancia tener el líquido vital en el nivel óptimo para su consumo. En Ecuador los sistemas de agua potable deben regirse a la norma INEN 1108, misma que detalla la importancia del tratamiento del agua. Todo sistema de abastecimiento debe incluir obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución. Además, el agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

Trabajos realizados anteriormente recalcan la importancia del tratamiento del agua, ya que cubre el 70% de la superficie del planeta como se exponen a continuación:

- Trabajo investigativo de Hernández y Corredor (2017), cuyo tema es: “Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua”, el trabajo de titulación indica la importancia de potabilizar el agua para el consumo, ya que el proceso implementado tuvo una eficiencia superior al 80% en la purificación del líquido vital, cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos por el RAS 2000 y el decreto 475 del 98 en Colombia.
- Trabajo investigativo de Velasco, Moncayo y Chuquer (2018) cuyo tema es: “Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta”, el

trabajo realizado indica la importancia de monitorear la calidad del agua, ya que cada zona presenta propiedades que pueden alterar el líquido, lo que ocasiona el incumplimiento de la normativa ambiental ecuatoriana.

- Trabajo investigativo de Fernández, Schenone, Pérez y Volpedo (2010) cuyo tema es “Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina”, el trabajo realizado indica la importancia del suministro de agua al ganado bovino, mejorando la producción de leche ya que esta puede aportar hasta un 20% del Ca, 11% del Mg, 35% del Na y 28% del S requeridos en una dieta de alimentación correcta.

Por lo expuesto es de gran importancia el tratamiento y monitoreo de la calidad del agua antes de su distribución, procurando la salud y bienestar del ganado que mejorará su producción al ejercer mayor control en su alimentación.

1.3 Justificación

En la actualidad la mayoría de recursos obtenidos tanto en el sector agrícola como ganadero en el país se rigen a un sistema tradicionalista realizando sus actividades de forma manual y bajo su esfuerzo de cada día. Buscando mejorar las condiciones y producción de materia prima se realiza la implementación de sistemas automatizados de acuerdo a los requerimientos y naturaleza de cada uno de estos procesos.

Se encuentran sectores en la provincia de Cotopaxi dedicados principalmente a la ganadería como sustento único, siendo esta actividad una forma adaptable a tecnologías que permitan realizar trabajos automatizados e inserten calidad bajo necesidades propias de cada proceso y a un nivel no industrializado.

La implementación del presente proyecto se basa en un sistema automatizado para el control del nivel del tanque de reserva y bebederos, que permite que los

pequeños productores puedan ahorrar en el pago excesivo de servicio de agua potable y a la vez optimizar tiempo y recursos, dando un comienzo para adentrarse a un campo más amplio y poder competir con sectores industriales, encargados de convertir la leche en productos lácteos como yogurt, queso, entre otros.

Es necesario incluir un sistema para tratamiento de agua de forma que indirectamente se pueda mejorar la calidad tanto en carne como en derivados, debido a que de ello depende en gran parte del consumo de agua del ganado.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Implementar un sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino, mediante un controlador, sensores y actuadores.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recabar información técnica bibliográfica sobre los sistemas de tratamiento y suministro de agua.
- Estructurar el sistema de control y la red hídrica para el tratamiento y suministro de agua en base a la información de campo.
- Realizar las conexiones necesarias, la puesta en marcha y el banco de pruebas del sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino.

1.5 Alcance

El presente proyecto abarca el diseño la construcción e implementación de un sistema automatizado de tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino, brindando beneficio a los dueños del ganado quienes buscan mejorar la producción de leche.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Sistemas de Control

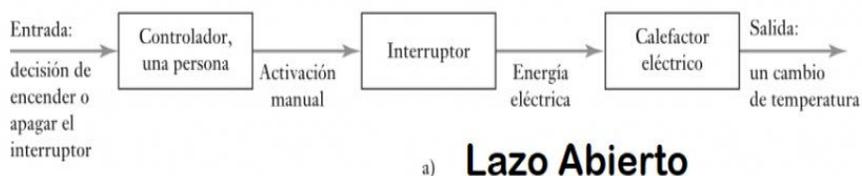
Los sistemas de control tienen como objetivo realizar un control de la señal de salida de la variable, a través de técnicas que le permitirán modificar y estabilizar la señal de controlada. Los sistemas de control cuentan con varios elementos que facilitan manejar el proceso como sensores, controladores y actuadores. (Kuo, 1996)

2.1.1 Sistema de control lazo abierto

Los sistemas de control de lazo abierto, visualiza la señal de salida del sistema, pero esta señal no actúa en el proceso para generar un cambio. En este control se da una variable fija para que la señal cumpla la función definida, a este control se le puede asignar una secuencia de operaciones, predeterminada por el operador. (Kuo, 1996)

Figura 1

Control lazo abierto.



Nota: La siguiente figura presenta el diagrama de bloques de control abierto de un calefactor eléctrico, accionado manualmente por el operador para aumentar la temperatura.

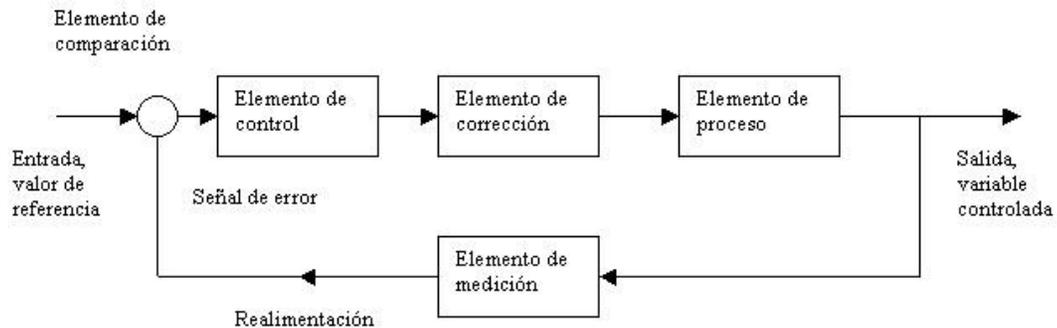
2.1.2 Sistema de control realimentado

El control realimentado se describe como la operación que, al detectar perturbaciones, busca reducir la diferencia entre la salida de un sistema y una entrada

de referencia, lo realiza teniendo en cuenta esta diferencia. Existen perturbaciones impredecibles, ya que las perturbaciones predecibles pueden compensarse dentro del sistema con acción del operador. (Ogata, 2003)

Figura 2

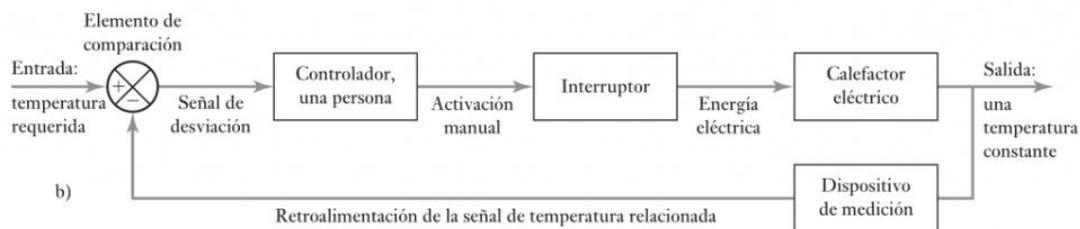
Control realimentado



Nota: La siguiente figura representa un control realimentado, la señal de la variable ingresa al bloque de control, el sistema genera una corrección para que actúe en el proceso de salida, la señal de salida es retroalimentada al proceso para corregirlo nuevamente.

2.1.3 Sistema de control lazo cerrado

Los sistemas de control de lazo cerrado, toman la señal de salida del sistema para generar un efecto directo sobre la señal de entrada al proceso mediante retroalimentación, esta acción de control permite una mayor capacidad de mejorar el proceso. Este control es usado para reducir las perturbaciones en el sistema, mediante el análisis de las señales se puede corregir los mismos de manera manual o automática. (Kuo, 1996)

Figura 3*Control lazo cerrado*

Lazo Cerrado

Nota: La siguiente figura representa un sistema de lazo cerrado, el operador realiza la activación de manera manual para el encendido del calefactor, utilizando un sensor de temperatura envía una señal para la comparación y control de la temperatura.

2.1.4 Elemento primario de medida

El elemento primario de medida, es todo dispositivo que está en contacto con la variable física del proceso, estos pueden ser detectores o sensores, que operan de manera individual e independiente en el lazo de control. Los elementos primarios de control son termopares, electrodos o dinamos. (Hérmendez & Viña, 2016)

2.1.4.1 Sensor

Son los dispositivos, capaces de detectar acciones y estímulos en las variables del proceso, capaces de tomar información e interactuar para que el controlador genere una acción de control. Los dispositivos son capaces de transformar la magnitud física medida en una magnitud eléctrica. (Pérez & Ana, 2010)

- Sensores digitales La señal de salida varía mediante pulsos, es decir, funciona con lógica binaria de 0 y 1 lógicos. Presentan mayor fiabilidad y exactitud.
- Sensores analógicos: La señal de salida constituye una infinidad de valores dentro de un intervalo determinado.

De acuerdo a (Serna, Ros, & Rico, 2010) sensor debe presentar las siguientes características:

- Rapidez de respuesta
- Radio de acción
- Tensión de alimentación
- Consumo de corriente
- Interferencias de agentes externos
- Relación calidad/precio

2.1.4.1.1 Sensor de nivel

Los dispositivos sensores o medidores de nivel actúan en tanques o estructuras de almacenamiento de líquidos o sólidos para conocer la referencia posicional y su presión, estos pueden ser tipo eléctrico, mecánico o con análisis de la presión hidrostática que se presente en el contenedor. (Sole, 2005)

Figura 4

Sensor de nivel tipo flotador HT-ZPC 5.



Nota: La siguiente figura muestra los cables de conexión y estructura física del sensor de nivel tipo HT-ZPC 5.

El tipo de sensor adecuado para sistemas en la intemperie con detección de presencia de nivel líquido por acción rápida, es el sensor nivel tipo flotador HT-ZPC 5.

Características:

- Tensión de conmutación máxima: 100V DC
- Corriente de conmutación máxima: 0.5A
- Voltaje de avería de máximo: C.C. 220V
- Max lleva corriente: 1A
- Resistencia de contacto máxima: 100MΩ
- Clasificación de temperatura: -10 / Y 85° C
- Material: Plástico, PP
- Diámetro del hilo de rosca (Aprox.): 16mm / 0.63"
- Longitud de la rosca: 18mm / 0.7"

2.1.4.1.1.1 Tipos de sensor de nivel

Existen varios tipos de sensores de nivel que son aplicados de acuerdo a la variable y condiciones que presente la misma en el proceso para seleccionar el más adecuado.

Tabla 1*Tipos de medidores y sensores de Nivel.*

Tipo	Medidor	Funcionamiento
Presión hidrostática	Manométrico	El manómetro se monta en la parte inferior del tanque, midiendo la presión, calcula la altura del nivel del líquido. Se suministra un flujo de aire a la parte inferior del tanque, el burbujeo genera un cálculo de altura por la fórmula de densidad, obteniendo el nivel.
	Presión diferencial	Membrana flexible colocada en un punto específico, actúa con el nivel provocando un movimiento de palancas e interruptores. Conectado al exterior del tanque, indicando directamente el nivel mediante una conexión mecánica, magnética o hidráulica.
	Flotador	Posee una cinta métrica, graduada. Cuando la sonda entra en contacto con el líquido conductor, se produce una clara señal acústica y luminosa. Si subimos el cable, la señal parará.
Medida directa	Sonda	Distancia de la superficie a la parte superior del tanque es de difícil acceso, la ploma viene escalada.
	Plomada	Permite indicación local y es susceptible de ensuciarse, se usa en fluidos limpios.
Eléctrico	Cristal	Usado específicamente en líquidos conductores que no sean viscosos ni corrosivos.
	Resistivo	Los sólidos o líquidos actúan como dieléctrico entre dos
	Capacitivo	

Tipo	Medidor	Funcionamiento
		placas, al variar el nivel varía la capacidad de conducción eléctrica.
	Ultrasónico	Operan por absorción de la energía acústica a medida que viaja desde la fuente al receptor, los cambios de frecuencia indican el nivel.
	Radiación	Emite rayos gamma desde la parte superior hacia un receptor en el fondo del tanque. La intensidad de las rayas indicará los valores de nivel.

Nota: La siguiente tabla muestra algunos tipos de sensores y medidores de nivel que se pueden emplear en controles automáticos.

2.1.5 Transmisor

Los transmisores son dispositivos empleados para convertir una señal neumática, hidráulica, mecánica en una señal eléctrica medible para su control en un dispositivo controlador o de manera inversa. Los transmisores se encargan de convertir las señales en dos tipos que pueden ser digitales o analógicos. (Sole, 2005)

2.1.6 Controlador

El controlador es un dispositivo que tiene una salida que ajusta la variable física que se desea controlar de una manera específica. De acuerdo a su aplicación puede poseer instrumentos análogos o digitales que servirán para el sistema de control distribuido del proceso. El controlador es la parte principal de un lazo de control. (Sole, 2005)

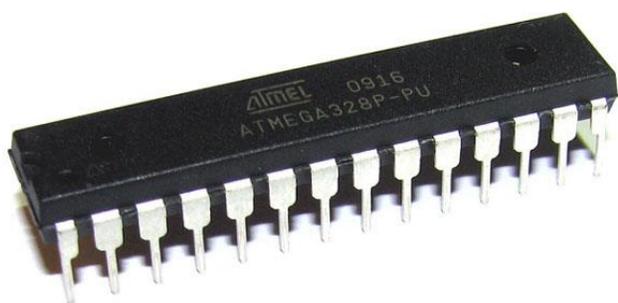
2.1.6.1 Microcontrolador

Los microcontroladores son circuitos integrados únicos con recursos de almacenamiento, entrada y salida de datos. Consta de un oscilador que genera pulsos para la ejecución de las operaciones internas. La serie más popular de

microcontroladores son los ATMEGA. Todo microcontrolador debe tener almacenamiento de datos para usarse en un sistema, al igual que un CPU normal poseen una memoria ROM (Memoria solo de lectura) y una RAM (Memoria de acceso aleatorio), la primera se utiliza para almacenar permanentemente un programa y la RAM almacena temporalmente los datos del programa ejecutado. (Váldez, 2007)

Figura 5

Microcontrolador ATMEGA328P



Nota: La siguiente figura presenta el microcontrolador ATMEGA328P fabricado por la empresa ATMEL.

Las entradas y salidas son importantes en estos circuitos integrados ya que son las que interactúan con el exterior. Estos puertos se componen de puertos paralelo, serie, temporizadores e interruptores. Algunos microcontroladores poseen entradas y salidas analógicas asociados con los convertidores. Los puertos serie de los microcontroladores permiten la comunicación RS-232, I2C, USE, ETHERNET, etc. Los terminales del microcontrolador pueden estar conectados a más de un bloque de entrada y salida, lo que ayuda a aumentar puertos párelo y señales PWM. (Váldez, 2007)

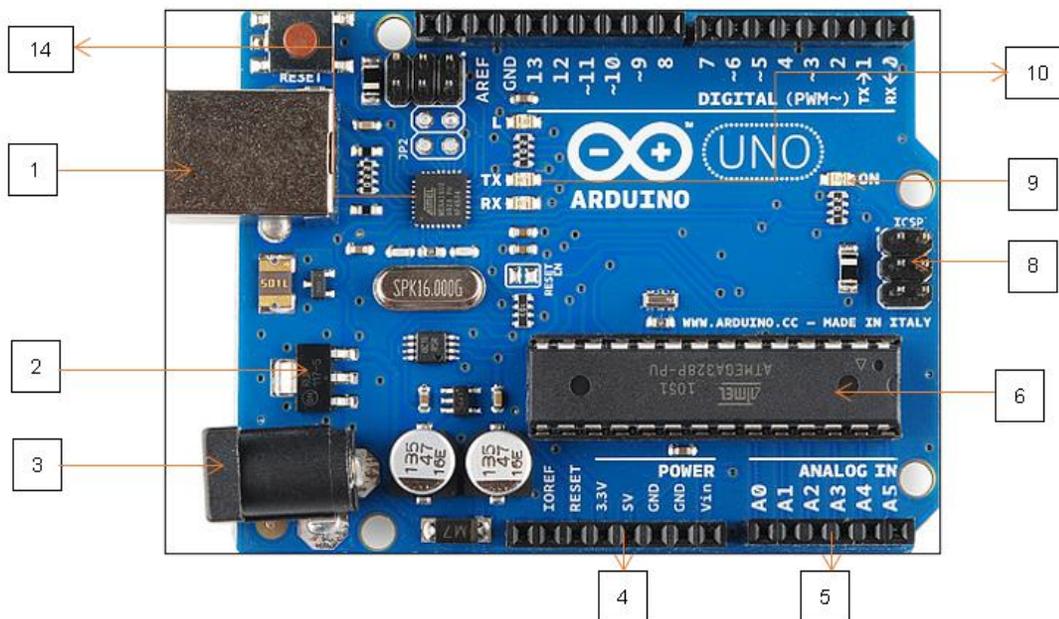
Arduino UNO

Arduino uno es una tarjeta especializada para controles lógicos, es robusta y usada como material didáctico para emprender en fundamentos de lógica de

programación. La programación en Arduino UNO se realiza conectando la placa a la computadora mediante el cable A/B. (Arduino, 2021)

Figura 6

Arduino Uno



Nota: Tarjeta Arduino Uno vista superior.

De acuerdo a la figura 6, se realiza la identificación de la tarjeta Arduino mediante la tabla presentada a continuación.

Tabla 2

Identificación de la estructura de la tarjeta Arduino UNO.

N.º	Elemento	Descripción
1	Conector USB	Puerto de comunicación para la programación y la toma de datos, fuente de 5VDC para alimentar la tarjeta.
2	Regulador de voltaje 5V	Convierte el voltaje de suministro a un voltaje de 5V regulado.
3	Plug conexión fuente de	Voltaje directo entre 6 - 18V.

N.º	Elemento	Descripción
	alimentación externa	
4	Puerto de conexiones	6 pines de conexión con las siguientes funciones: <ul style="list-style-type: none"> a. Reset: Reset del microcontrolador al enviarle un 0 lógico. b. Pin 3.3V: Fuente de 3.3 VDC para conectar dispositivos externos c. Pin 5V: Fuente de 5V DC para conectar dispositivos externos. d. Pines GND: Tierra para los dispositivos externos. e. Pin Vin: Alimentación de la placa con una fuente externa de entre 6 y 12VDC.
5	Puerto de entradas análogas	Pines para conexión de salidas de los sensores análogos. Solo funcionan como entradas.
6	Microcontrolador Atmega328	Microcontrolador montado a la tarjeta
7	Botón RESET	Botón usado para resetear el microcontrolador
8	Pines de programación.	Usados para programar microcontroladores en Protoboard o circuitos impresos
9	LED ON	Indica que Arduino está encendido.
10	Leds de recepción y transmisión	Encienden cuando Arduino se comunica con la computadora. Tx indica transmisión de datos y el Rx recepción.
11	Puerto de conexiones	Pines de entradas o salidas digitales de 0 hasta 7.
12	Puerto de conexiones	6 pines adicionales de entradas o salidas digitales de

N.º	Elemento	Descripción
		8 hasta 13, Pin a GND y un pin AREF empleado como referencia para las entradas análogas.
13	Led	Indica el estado del pin 13
14	Chip de comunicación	Permite la conversión de serial a USB

Nota: El símbolo “~” en los puertos de conexión, señalados en la placa son usados para generar las señales PWM, esta señal es generada en el código de programación en el IDE de Arduino

La tarjeta dispone de distintos periféricos que mejoran la capacidad de la misma, los periféricos se pueden conectar a la tarjeta mediante uso de jumpers. Para aplicaciones más técnicas se puede utilizar módulos para minimizar el uso en la Protoboard o compra de materiales electrónicos. (Arduino, 2021)

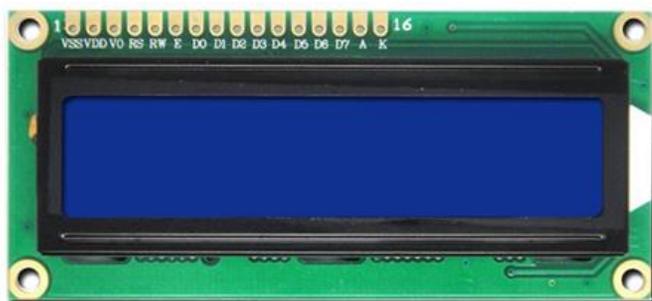
Módulos y periféricos.

LCD 1602.

La pantalla LCD 1602 actúa como dispositivo de visualización de los valores que está manejando el microcontrolador Arduino UNO.

Figura 7

LCD 1602



Nota: Vista frontal pantalla líquida.

Características

- Voltaje de operación: 5 V
- 16 caracteres, 2 líneas
- Tamaño de carácter: 5.23 x 3 mm
- Muestra letras, números, caracteres especiales, y hasta 8 caracteres creados por el usuario
- Backlight de LED color azul
- Caracteres color blanco
- Interfaz paralela. Opera en modo de 8 bits, o de 4 bits para ahorrar pines del microcontrolador

Módulo I2C

El módulo de I2C es un bus de comunicación que permite la visualización de datos en distintos dispositivos electrónicos mediante una sola señal, utilizando los datos del SDA y una señal de reloj SCL. En Arduino minimiza el uso de pines por la conexión directa hacia la tarjeta en 4 pines.

Figura 8

Módulo I2C



Nota: La siguiente figura muestra el módulo de I2C soldado a la pantalla LCD 1602

Características

- Voltaje de Alimentación: 5V DC.
- Controlador: PCF8574.
- Dirección I2C: 0x3F (en algunos modelos es 0x27).

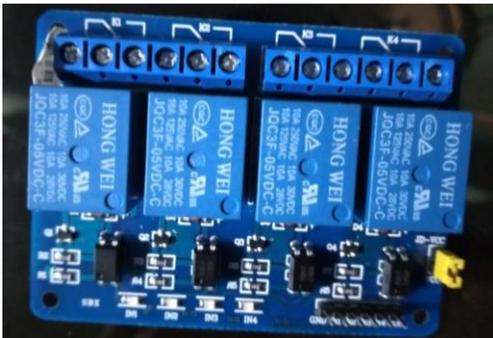
- Compatible con el protocolo I2C.
- Jumper para Luz de fondo.
- Potenciómetro para ajuste de contraste

Módulo relé

El módulo de relé, es una placa electrónica acoplada a uno o varios relés de acción mecánica, cuya bobina recibe el voltaje de inducción de 5 V DC para maniobrar actuadores con un voltaje de red de 110 V AC. El control para este módulo puede realizarse con distintos microcontroladores como Arduino, PIC, AVR, etc.

Figura 9

Módulo Relé



Nota: La siguiente figura presenta el módulo de relé con 4 montados en la placa.

Características

- Voltaje de Operación: 5V DC.
- Señal de Control: TTL (3.3V o 5V).
- Modelo Relay: SRD-05VDC-SL-C.
- Capacidad máxima: 10A/250VAC, 10A/30VDC.
- Corriente máxima: 10A (NO), 5A (NC).
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms.
- Para activar salida NO: 0 Voltios.
- Entradas Opto acopladas.

- Indicadores LED de activación.

2.1.6.1.1 Lenguaje de programación

El lenguaje para ejecutar cualquier código de programación en la tarjeta Arduino, se debe realizar en el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) de Arduino, el software fue desarrollado para subir programas a todas las tarjetas Arduino, seleccionando previamente el modelo que se esté utilizando para cargar el código.

Este software maneja el lenguaje de programación tipo C, C++ y Java, pero al ser un entorno de fácil manejo, estos están inmersos en librerías para brindar mayor facilidad al momento de programar, para la programación en este entorno se debe conocer las principales librerías (Corcuera, 2012)

2.1.7 Elemento final

Los elementos finales de control son todos los elementos que actúan para modificar la señal de salida a una estable por acción del controlador. Estos pueden ser eléctricos o de otro tipo, ya que al formar parte de un proceso industrial trabaja con distintos fenómenos físicos a controlar por acción de PLC (Controlador Lógico Programable), microcontroladores, etc. (Castaño, 2013)

2.1.7.1 Actuadores

El actuador es un dispositivo o elemento que provoca una nueva entrada para el proceso o sistema, de acuerdo con la señal de control modificada mediante la aplicación de distintos métodos, ayudando a que la señal de salida pueda aproximarse a la señal de entrada deseada. (Ogata, 2003)

2.1.7.1.1 Válvulas

La válvula es un elemento presente en todo sistema de flujo de líquidos y gases. La válvula en sistemas de control forma parte del grupo de actuadores ya que modifica el fluido cambiando la variable medida en el controlador. El obturador presente en la válvula es el encargado de realizar la acción de paso o cierre del fluido. (Ogata, 2003)

2.1.7.1.1.1 Tipos de válvulas

Existen varios tipos de válvulas, estas son fabricadas por distintas empresas que brindan una amplia gama de las mismas, debemos analizar según los datos técnicos la ideal para acoplar en el proceso. (Sole, 2005)

Las válvulas de obturador de movimiento lineal, funcionan en dirección de su propio eje del obturador. La tabla 2 detalla algunos de estos tipos de válvulas.

Tabla 3

Tipos de válvulas de obturador lineal.

Válvula	Características
Globo	Posee un obturador en forma de globo. Cierra y corta el paso del fluido, por ser paralelo con la tubería.
Angulo	El fluido es regulable sin excesivas turbulencias. Ideal para sólidos en suspensión o excesiva velocidad.
Tres vías	Utilizada para mezclar fluidos. Deriva un flujo de entrada en dos.
Jaula	Eliminan el desequilibrio por la presión diferencial del fluido. Ideal para fluidos pegajosos o viscosos.
Compuerta	Efectúa su cierre con un disco vertical plano. Adecuada para el control todo o nada.
Y	Posee el obturador inclinado 45° con relación al horizontal. Adecuada para el control todo o nada.
Cuerpo partido	Similar a un globo, pero partida en dos partes. Fácil sustitución y facilita un flujo suave del fluido.
Saunders	El obturador es una membrana flexible unida al servomotor. Utilizado en fluidos negros o agresivos.

Válvula	Características
Solenoide	Posee una bobina interna que cierra o abre el obturador. Utilizado en sólidos, líquidos y gases

Nota: La siguiente tabla nos presenta los tipos de válvulas de obturador lineal y características propias individuales a tomar en cuenta, según requiera el proceso.

Las válvulas de obturador de movimiento rotativo, funcionan por el movimiento rotativo del obturador. La tabla 3 detalla algunos de estos tipos de válvulas.

Tabla 4

Tipos de válvulas de obturador movimiento rotativo.

Válvula	Características
Disco excéntrico	Obturador esférico segmentado. Usa un servomotor de par reducido. Gran capacidad de caudal.
Cilindro excéntrico	Obturador cilíndrico excéntrico. Cierre hermético con un revestimiento de goma. Adecuado para fluidos corrosivos. Cuerpo con anillo cilíndrico.
Mariposa	Gira transversalmente en un disco circular. El servomotor acciona el eje de giro para cerrarla. Necesario una fuerza grande del actuador para accionar. Obturador en forma cilíndrica.
Macho	Orificio transversal igual al diámetro interior de la tubería. Movimiento de giro de 90° Usado para la regulación de caudal.
Orificio	Obturador en forma de camisa cilíndrica perforada con dos orificios.

Válvula	Características
ajustable	Gira mediante una palanca exterior o servomotor. Usado en caudales intermitentes. Diafragma accionado neumáticamente.
Flujo axial	El obturador se expansiona para cerrar el flujo anular del fluido. Usado en gases por ser silencioso.

Nota: La siguiente tabla nos presenta los tipos de válvulas de obturador de movimiento rotativo, características propias individuales a tomar en cuenta, según requiera el proceso.

Válvula solenoide 2W-160-15.

La válvula 2W-160-15 es una electroválvula de rápida acción. El modelo indica que es de tipo NC (Normalmente Cerrada), de dos vías elaborado de bronce con una protección IP67. Aplicado en distintas industrias para fluidos como agua, gas, etc.

Figura 10

Válvula solenoide 2W-160-15



Nota: La siguiente figura representa físicamente la válvula solenoide 2W-160-15.

Características

- Tipo de función: Normalmente cerrada
- Tipo de accionamiento: Accionamiento directo
- Presión mínima de operación: No requiere presión mínima de operación

- Configuración: dos vías, dos posiciones (2/2)
- Bobinas:1 (simple solenoide)
- Caudal: 4.8 CV
- Puerto de presión: 1/2" (2 puertos)
- Orificio: 16 mm
- Medio de trabajo: Aire, agua y aceite
- Accionamiento: Por solenoide
- Presión de trabajo 0 – 101 PSI (0 -0.7 MPa) (0 – 7.0 Bar)
- Presión máxima a resistir: 150 PSI (1.05 MPa) (10.5 Bar)
- Temperatura de operación: -5 – 80° C
- Material del cuerpo: Bronce
- Conexión eléctrica: Encapsulado tipo C

2.2 Control de nivel con histéresis

El control con histéresis es añadido al control todo o nada, utiliza un valor fijo llamado "Set Point" al cual debe llegar la variable medida del sistema o proceso. El accionador posee dos posiciones fijas, "encendido" o "apagado". El control consiste en activar los actuadores cuando la variable controlada está por debajo del valor fijado y desactivar los actuadores cuando esté por encima del valor. (Quiroz & Villacís, 2020)

Características

- La salida no cambia mientras el error está en la zona muerta.
- Genera menos fluctuaciones de la variable, las conmutaciones del elemento final de control son menores, reduciendo su desgaste.
- Interfaz de tiempo controlable para respuesta de actuadores.

El control todo o nada con histéresis son utilizados en su mayoría en sistemas de calefacción, pero en los sistemas de control de nivel es necesario realizar un estudio

del líquido con el que se trabaja ya que si presenta turbulencia u otros factores agresivos es difícil acoplar sensores. (Fítata, 2018)

2.2.1 Histéresis

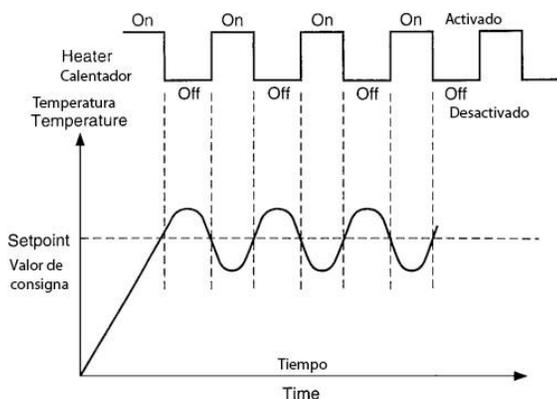
La histéresis es la diferencia de la variable medible de manera que oscile su señal en un rango establecido. La histéresis es un valor diferencial que desactiva el sistema cuando el valor de la variable supere el límite superior. (Murillo, Marulanda, & Escobar, 2018)

2.3 Control ON/OFF

El control ON/OFF es un control que revisa si la variable de proceso está por encima o por debajo del valor determinado. Además, es un control de dos posiciones donde el elemento final de control se enciende o apaga, si la señal excede los rangos establecidos. (Ogata, 2003)

Figura 11

Señal control ON/OFF



Nota: La siguiente figura presenta el control ON/OFF de un calefactor, al exceder el valor de la temperatura fija apaga el calefactor hasta bajar la temperatura.

2.4 Sistemas de tratamiento de agua

El tratamiento de agua es un proceso que busca eliminar todo componente contaminante químico o biológico del líquido, garantizando su recuperación en valores

aptos para el consumo de personas, animales o con fines de agricultura para una óptima producción.

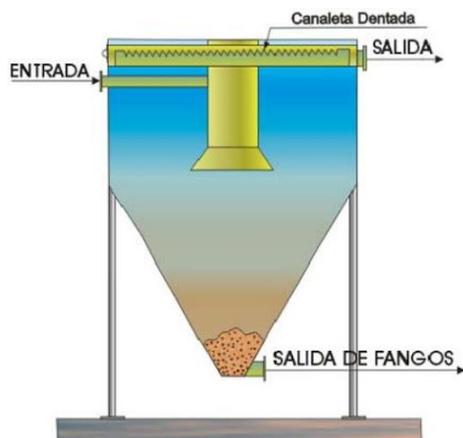
El tratamiento depende del uso que se le destinará al líquido, compatibilidad de las operaciones, procesos aplicados, medios disponibles para eliminación de los contaminantes, etc. Los tipos de tratamiento comunes son el primario de tipo físico y secundario de tipo biológico combinado. (Rojas, 2002)

2.4.1 Tratamiento Primario

El tratamiento primario es el tratamiento básico que se le da al líquido, elimina toda partícula sólida del líquido para facilitar el tratamiento. Busca remover el 60% de los sólidos presentes en el agua. (Rojas, 2002)

Figura 12

Tratamiento primario de agua



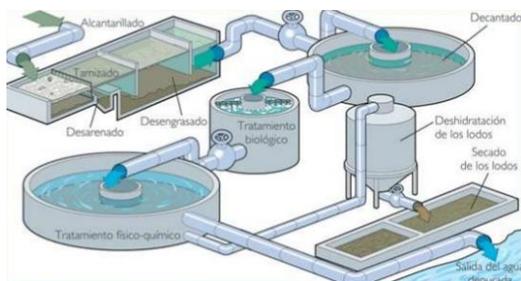
Nota: La siguiente figura representa el tratamiento primario de agua en donde se remueven los sólidos suspendidos en el líquido.

2.4.2 Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario es un tratamiento complejo, se aplican técnicas que buscan la eliminación total o parcial de sólidos presentes en el líquido. Se realizan con ayuda de microorganismos encargados de tratar el agua o empleando una combinación de procesos físicos y químicos. (Rojas, 2002)

Figura 13

Tratamiento secundario de agua



Nota: La siguiente figura representa un sistema de tratamiento empleando procesos químicos y físicos para lograr la purificación del agua.

2.5 Filtro carbón activo

Los filtros de carbón activo son empleados para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles, solventes y otros productos hechos por hombre y que encontramos en las aguas, mejorando su calidad y pureza para el consumo humano, animal o producción agrícola. (Chiclote, 2018)

El filtro es todo material u objeto, utilizado para la depuración del líquido eliminando toda sustancia sólida que esté inmersa en él brindando la calidad y condiciones requeridas para su uso. Los filtros pueden ser de origen natural o fabricados.

Figura 14

Mini filtro de carbón activo.



Nota: La figura presenta la estructura de un mini filtro activo para purificación de agua

2.6 Definición de pH

El pH significa potencial de hidrógeno, es utilizado en líquidos para medir el porcentaje de alcalinidad, acidez y neutro. Indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en el líquido. El pH se mide en una escala de 0 a 14, siendo 7 el valor neutro, los valores menores a 7 son ácidos y los mayores son alcalinos. (García, Arguello, & Parra, 2019)

Figura 15

Porcentaje de pH



Nota: La siguiente figura representa los porcentajes de pH de agua de 0 a 14.

Sensor de pH SKU SEN0161

La sonda del sensor de pH está sumergida en el líquido, para medir su nivel de pH que va desde 0 a 14, la señal medida es acondicionada en la placa del mismo sensor para luego ser enviada al microcontrolador como señal analógica. La sonda debe ser limpiada antes de cambiar a otro líquido con distinto pH.

Figura 16*Sensor de pH SKU SEN0161*

Nota: La siguiente figura presenta el sensor SKU SEN0161 con su tarjeta de acondicionamiento de señal.

Características

- Voltaje de calentamiento: $5 \pm 0.2V$ (AC · DC).
- Corriente de trabajo: 5-10mA.
- Rango de concentración detectable: PH0-14.
- Tiempo de respuesta: $\leq 5S$.

2.7 Definición de Corrosión

La corrosión es el desgaste que sufren los metales por agentes físicos y químicos presentes en la naturaleza, que causan la fragmentación del metal. La corrosión se produce en los niveles de pH cercanos a 10. Todo metal está compuesto de ánodos y cátodos, al producirse una diferencia de potencial el ánodo se ve desgastado y genera la oxidación del metal.

El fenómeno de corrosión galvánica es el más frecuente, la presencia de electrolitos en el ambiente provoca la corrosión en dos metales unidos, es el más frecuente en sistemas hidráulicos con metales. (Hernandez, 2020)

Tabla 5*Análisis de serie de nobleza en metales para su corrosión*

SERIE GALVANICA	
ELEMENTO	POTENCIAL
MAGNESIO(Mg)	-2.38 MÁS ELECTRONEGATIVO
ALUMINIO(Al)	-1.68
MANGANESO(Mn)	-1.18
ZINC(Zn)	-0.76
CROMO(Cr)	-0.74
HIERRO(Fe)	-0.44
COBALTO(Co)	-0.28
NÍQUEL(Ni)	-0.23
PLOMO(Pb)	-0.12
HIDRÓGENO(H)	0.00 VALOR DEREFERENCIA
COBRE(Cu)	+0.34
PLATA(Ag)	+0.80
ORO(Au)	+1.50 MÁS ELECTROPOSITIVO

Nota: El gráfico representa las unidades de protección y corrosión de cada metal según su relación de nobleza.

2.8 Bebedero de agua.

Los bebederos son recipientes en donde se almacena el agua para que los animales puedan consumir libremente el líquido. Los bebederos automáticos permiten un suministro constante de agua. Constan de una boya que regula el nivel de agua en el recipiente deteniendo el flujo cuando alcanza el nivel adecuado 100 litros. (Fernández, Schenone, Pérez, & Volpedo, 2010)

Figura 17

Bebedero ganado bovino.



Nota: La siguiente figura muestra bebederos de agua para ganado bovino con una capacidad de almacenamiento de 100 L cada uno.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE TEMA

3.1 Diseño para la implementación del sistema automatizado.

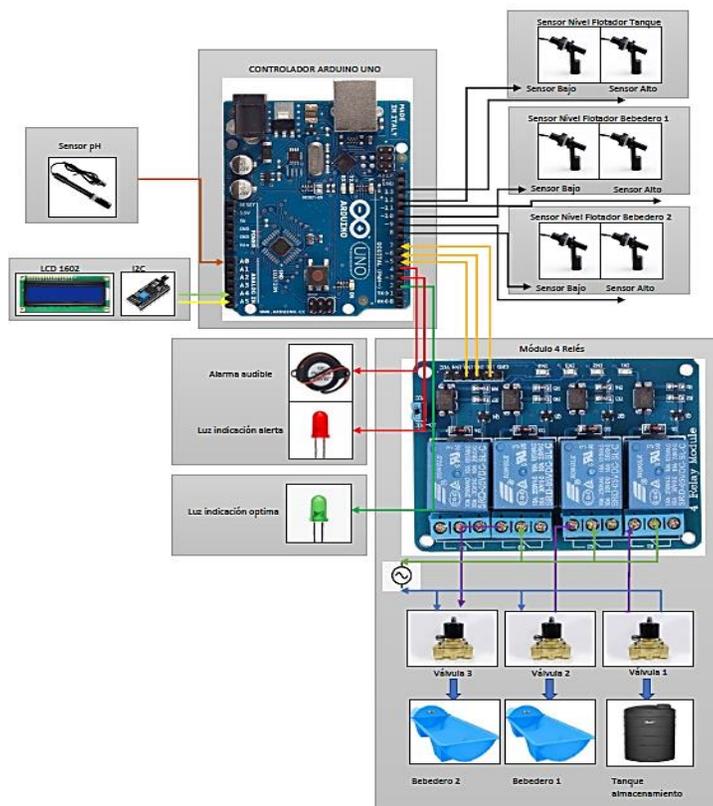
El presente proyecto consiste en la implementación de un sistema automatizado para el tratamiento y distribución del líquido vital hacia el ganado bovino conformado por 6 sensores de nivel tipo flotador modelo HT-ZPC 5 ubicados por pares en el tanque de almacenamiento y bebederos respectivamente, sensor para medir el pH modelo SKU SEN0161, válvulas solenoides modelo 2W-160-15, que actúan como controlador de flujo de agua al ingreso del tanque, como también del suministro de los bebederos. Además del elemento de control Arduino UNO.

El conjunto de estos dispositivos permite mantener el sistema en condiciones estables del porcentaje de pH entre 6% a 8%, con el nivel del tanque al 100% de su capacidad para la distribución del agua hacia dos bebederos, que proporcionan la cantidad de 100L de agua al ganado bovino, cada uno.

A continuación, en la figura 18 se detallan las conexiones a realizarse.

Figura 18

Esquema de conexión.



Nota: El siguiente esquema representa las conexiones de los sensores, actuadores y controlador para el control del tratamiento y suministro de agua.

3.1.1 Sistema para suministro de agua

Se debe tener en cuenta la ubicación del tanque de almacenamiento en la parte superior de la entrada hacia el corral del ganado, existe una distancia aproximada de 10 metros de tubería desde la red de agua del domicilio hacia el depósito de agua. El sistema debe tener una presión de 100 kPa aproximadamente para su subida al tanque de tratamiento, el suministro a los bebederos se realiza por precipitación desde el tanque.

En la figura 19 se puede visualizar el sistema de suministro de agua realizado.

Figura 19

Sistema de suministro de agua.



Nota: En la siguiente figura se visualiza el sistema de suministro de agua, desde la toma de agua ubicada en la columna izquierda hacia el tanque de almacenamiento en la parte superior de la entrada al establo y bajando hacia los bebederos.

3.1.1.1 Montaje de la red de distribución de tubería de agua

Verificando que la válvula principal Check de suministro de agua del domicilio esté cerrada, se efectúa el montaje de las tuberías de agua. Los materiales necesarios para el montaje de red son tubería PVC de 6 metros de largo, codos de $\frac{1}{2}$ ", uniones tipo T de $\frac{1}{2}$ " y cinta de politetrafluoroetileno.

Se realizan varios cortes a los tubos PVC conforme la distancia (8m), desde la red de suministro al tanque y desde el tanque hasta los bebederos. A continuación, se realiza las roscas tipo macho correspondientes como muestra la figura 20, los tubos se van acoplando a los codos y uniones de la red, colocando previamente la cinta de politetrafluoroetileno en las roscas evitando fugas en la red de agua.

Figura 20

Realización de rosca en las tuberías PVC.



Nota: El siguiente gráfico muestra la realización de la rosca en tubería luego de haberse cortado las tuberías

3.1.1.2 Implementación de las válvulas solenoides

Para el control del suministro y distribución del agua se tomó en cuenta la válvula solenoide 2W-160-15. Antes de acoplar las válvulas a la red de agua, se realiza un chequeo mediante impulsos eléctricos para verificar su funcionamiento y tipo de accionamiento al recibir la señal de voltaje suministrado por la red, 120 VAC.

De acuerdo a la hoja de datos la válvula solenoide. Las válvulas son de tipo hembra, es decir, para proteger los orificios de las válvulas se debe colocar las tuberías con la cinta de politetrafluoroetileno.

Figura 21

Acoplamiento de válvula solenoide de suministro de agua al tanque.



Nota: La figura representa la válvula solenoide para suministro de agua

Figura 22

Acoplamiento de las válvulas solenoides para suministro de agua a los bebederos.



Nota: La figura representa el montaje de las válvulas solenoides para suministro de líquido a los bebederos.

3.1.1.3 Adecuación de los sensores de nivel a la red

El sensor se ha montado de forma horizontal en el tanque de almacenamiento como se puede ver en la figura 23, ya que el flotador magnético cierra el contacto al subir con el nivel del líquido. Al efectuarse el cierre, envía la señal digital al controlador que generará una respuesta según la acción de los sensores montados en el sistema.

Previo a la colocación de los sensores de nivel, se comprueba con un multímetro la señal digital requerida para el controlador que es 0 V DC o 5V DC. En el montaje se realizaron dos orificios en cada bebedero y tanque. Fueron colocados para obtener la señal de nivel alto y bajo de cada depósito y colocaron sellos para evitar fugas de agua.

A continuación, podemos visualizar en la figura 23 y 24 como están montados los sensores de nivel tipo flotador modelo HT-ZPC 5.

Figura 23

Montaje de sensores de nivel alto y nivel bajo en tanque de agua.



Nota: La siguiente figura muestra el montaje de los sensores de nivel de agua en el tanque.

Figura 24

Montaje de sensores de nivel alto y nivel bajo en los bebederos de agua.



Nota: La siguiente figura muestra sensores de nivel colocados en los bebederos de agua.

3.1.2 Sistema para el tratamiento de agua

El tratamiento de agua se realizará en el tanque de almacenamiento principal, la red de agua pasará por el filtro colocado al ingreso del depósito como muestra la figura 25, hasta alcanzar el nivel máximo de capacidad para su posterior medición de porcentaje de pH y tratamiento de agua, de ser necesario.

Figura 25

Sistema tratamiento de agua.



Nota: La siguiente figura muestra el sensor de pH y el filtro en la tubería de suministro.

3.1.2.1 Implementación de filtro de agua

El filtro utilizado para el tratamiento del agua es un filtro purificador de cerámica con carbón activo como se muestra en la figura 26, evitando el ingreso de impurezas o sólidos al tanque. Este filtro está fijado en la tubería de suministro del tanque principal, desempeñando su función para que el agua almacenada se encuentre con buena calidad y libre de sólidos.

Figura 26

Filtro



Nota: La siguiente figura muestra el filtro a montar en la entrada del tanque.

3.1.2.2 Adecuación del sensor de nivel de pH

Se realizó un estudio para determinar la mejor forma de obtener los valores de pH en el agua de acuerdo al rango escogido de 6% a 8% apto para el consumo del ganado bovino según (Fernández, Schenone, Pérez, & Volpedo, 2010), para evitar el gasto de papeles especiales de medida de pH y de acuerdo al sistema automatizado se adquiere el sensor de porcentaje de pH SKU SEN0161, que incluye la tarjeta de acondicionamiento de la señal para su conexión con Arduino.

El sensor de nivel de pH modelo SKU SEN0161, nos ayudará a monitorear el porcentaje de 6% a 8%, adecuado para el suministro de agua desde el tanque hacia los bebederos. El sensor está montado en la parte superior del tanque principal de almacenamiento, con el fin de medir los niveles de pH cuando el agua esté en el nivel máximo del tanque.

Figura 27

Sensor de nivel de pH



Nota: La siguiente figura presenta el sensor de nivel colocado en la parte superior del tanque principal.

3.1.3 Sistema de control

El control del sistema automatizado de tratamiento y suministro se realiza desde la caja de mando mostrada en la figura 28, misma que comprende el microcontrolador (Arduino UNO), módulo de 4 relés, módulo I2C, placa PCB para la alimentación del sensor de pH modelo SKU SEN0161 y sensores de nivel tipo flotador ZPC 5 presentados en la figura 29.

Figura 28

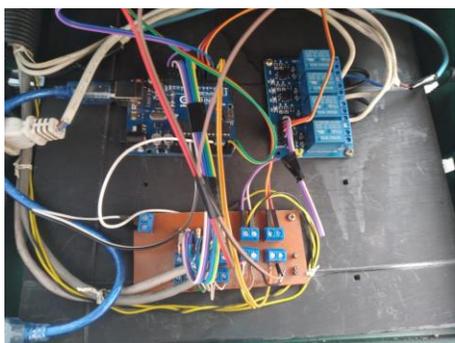
Caja de control sistema automatizado.



Nota: La siguiente figura muestra la estructura exterior de la caja de control del sistema automatizado.

Figura 29

Cableado interno de la caja de control del sistema automatizado.



Nota: Instalación del cableado interno de la caja de control.

3.1.3.1 Levantamiento de las señales de campo

La conexión del microcontrolador en sus respectivos pines se detalla en la tabla 4, evitando confusiones en la conexión de las señales que se han programado como entradas y salidas digitales, el sensor de porcentaje de pH genera una señal analógica en un rango de 0 V DC a 5 V DC por lo que tendrá que ser conectada en su respectivo pin.

Tabla 6

Pines de conexión de todo el sistema.

Pin	Tipo de señal	Descripción
A0	Entrada analógica	Sensor de pH
A4	SDA	Módulo I2C LCD 1602
A5	SCL	Módulo I2C LCD 1602
D13	Entrada digital	Sensor nivel alto tanque
D12	Entrada digital	Sensor nivel bajo tanque
D11	Entrada digital	Sensor nivel alto bebedero 1
D10	Entrada digital	Sensor nivel bajo bebedero 1
D09	Entrada digital	Sensor nivel alto bebedero 2
D08	Entrada digital	Sensor nivel bajo bebedero 2
D07	Salida digital	Válvula de llenado de tanque
D06	Salida digital	Válvula suministro bebedero 1
D05	Salida digital	Válvula suministro bebedero 2
D04	Salida digital	Alarma
D03	Salida digital	Luz indicadora roja
D02	Salida digital	Luz indicadora verde

Nota: La tabla muestra una descripción de las conexiones de los pines de la tarjeta Arduino con el cableado.

3.1.3.2 Conexión de sensores

Las señales del sensor de nivel y del pH hacia el controlador se muestran en la tabla 5, para realizar el acondicionamiento de la señal hacia los actuadores (válvulas solenoides) presentes en el sistema, para implementar un control ON/OFF.

A continuación, se detallan las señales presentes:

Tabla 7

Señales de sensores y ubicación en campo.

Señal	Ubicación
Sensor Nivel 1	Tanque principal
Sensor Nivel 2	Tanque principal
Sensor Nivel 3	Sensor nivel alto bebedero 1
Sensor Nivel 4	Sensor nivel bajo bebedero 1
Sensor Nivel 5	Sensor de nivel alto bebedero 2
Sensor Nivel 6	Sensor de nivel alto bebedero 2
Sensor pH	Tanque principal

Nota: Esta tabla muestra las señales de campo de los sensores.

3.1.3.3 Conexión de actuadores

La conexión de los actuadores, se muestra en la Tabla 6, se detalla los valores de tensión estándar que trabajan las válvulas solenoides y el sistema de alarma.

Tabla 8

Señales de actuadores y ubicación en campo

Actuador	Voltaje	Ubicación
Válvula Solenoide 1	120 AC	Tubería suministro Tanque Principal
Válvula Solenoide 2	120 AC	Tubería suministro bebedero 1
Válvula Solenoide 3	120 AC	Tubería suministro bebedero 2

Actuador	Voltaje	Ubicación
Alarma	5 V DC	Caja de control
Led Indicador Rojo	5V DC	Caja de control
Led Indicador Verde	5V DC	Caja de control

Nota: Esta tabla muestra las señales y valor de tensión de los actuadores.

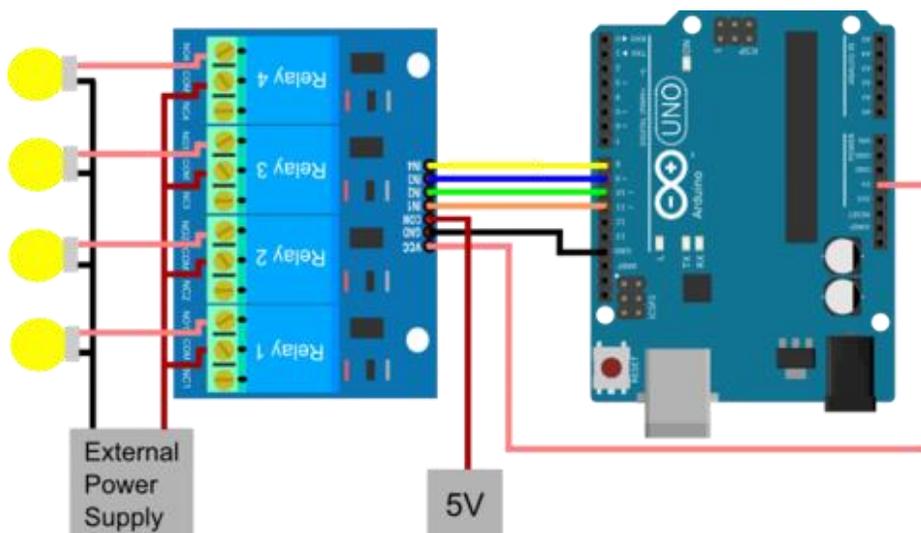
3.2 Pruebas y mejoras

Prueba de encendido y apagado de válvulas.

Para comprobar el funcionamiento de las válvulas solenoides, se realiza un circuito de prueba montando la tarjeta Arduino UNO con el módulo de relés electromecánicos conectados a los respectivos actuadores. El código fuente realiza una secuencia de encendido y apagado para las válvulas.

Figura 30

Conexión de Arduino UNO, relés y actuadores 120 V AC.

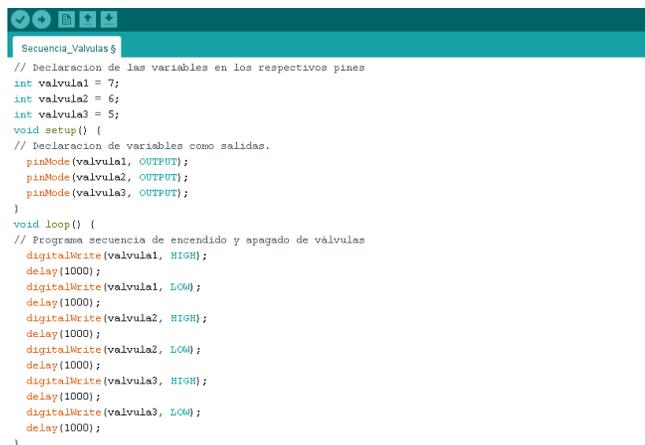


Nota: El siguiente gráfico presenta la conexión a realizarse para controlar actuadores con tensión de 110 V AC mediante la tarjeta Arduino UNO.

La figura 31 muestra la codificación realizada en el Software Arduino en el que se ejecuta una secuencia de encendido y apagado de las válvulas solenoides.

Figura 31

Código fuente IDE Arduino prueba de válvulas.



```

Secuencia_Valvulas$
// Declaracion de las variables en los respectivos pines
int valvula1 = 7;
int valvula2 = 6;
int valvula3 = 5;
void setup() {
  // Declaracion de variables como salidas.
  pinMode(valvula1, OUTPUT);
  pinMode(valvula2, OUTPUT);
  pinMode(valvula3, OUTPUT);
}
void loop() {
  // Programa secuencia de encendido y apagado de válvulas
  digitalWrite(valvula1, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(valvula1, LOW);
  delay(1000);
  digitalWrite(valvula2, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(valvula2, LOW);
  delay(1000);
  digitalWrite(valvula3, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(valvula3, LOW);
  delay(1000);
}

```

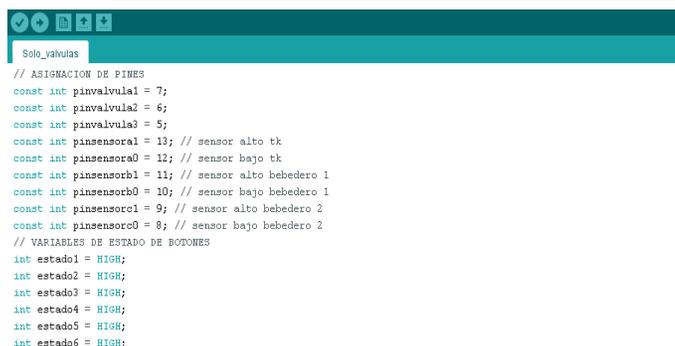
Prueba de señales lógicas sensores de nivel.

Verificando las señales necesarias para el control, se utiliza un multímetro para medir continuidad en los cables conectados a los sensores de nivel. Luego de haber realizado las pruebas necesarias creamos el código fuente para accionar las válvulas con los sensores de nivel montados en los bebederos y tanque, visualizando el tiempo de respuesta.

La figura 32 muestra la codificación de la asignación de etiquetas para cada pin según la conexión mostrada en la figura 18, además se crean variables para el almacenamiento de los estados de los sensores de nivel montados en campo.

Figura 32

Asignación de pines para sensores y válvulas para prueba de sensores de nivel.



```

Solo_valvulas
// ASIGNACION DE PINES
const int pinvalvula1 = 7;
const int pinvalvula2 = 6;
const int pinvalvula3 = 5;
const int pinsensora1 = 13; // sensor alto tk
const int pinsensora0 = 12; // sensor bajo tk
const int pinsensorb1 = 11; // sensor alto bebedero 1
const int pinsensorb0 = 10; // sensor bajo bebedero 1
const int pinsensorc1 = 9; // sensor alto bebedero 2
const int pinsensorc0 = 8; // sensor bajo bebedero 2
// VARIABLES DE ESTADO DE BOTONES
int estado1 = HIGH;
int estado2 = HIGH;
int estado3 = HIGH;
int estado4 = HIGH;
int estado5 = HIGH;
int estado6 = HIGH;

```

La figura 33 muestra la codificación que definen los pines digitales como entradas o salidas, de acuerdo a la conexión mostrada en la figura 18.

Figura 33

Configuración de entradas y salidas digitales de los dispositivos para prueba de sensores de nivel.

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  // CONFIGURAR PINES PARA VALVULAS.  
  pinMode(pinvalvula1, OUTPUT);  
  pinMode(pinvalvula2, OUTPUT);  
  pinMode(pinvalvula3, OUTPUT);  
  // CONFIGURAR PINES DE SENSORES.  
  pinMode(pinsensora0, INPUT);  
  pinMode(pinsensora1, INPUT);  
  pinMode(pinsensorb0, INPUT);  
  pinMode(pinsensorb1, INPUT);  
  pinMode(pinsensorc0, INPUT);  
  pinMode(pinsensorc1, INPUT);  
}
```

La figura 34 muestra la codificación de las condiciones que deberán cumplirse para que se energizan las válvulas según la señal emitida por los sensores de nivel acoplados al tanque de almacenamiento y en los 2 bebederos.

Figura 34

Condiciones para encender y apagar válvulas con la señal de los sensores de nivel.

```

Sole_valvulas
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  // LEER EL ESTADO DE PINES DE SENSORES A VARIABLES
  estado1 = digitalRead(pinsensora1);
  estado2 = digitalRead(pinsensora0);
  // LOS SENSORES SE ENCUENTRAN EN 0?
  // HACEMOS DOBLE COMPROBACION DEL ESTADO DEL SENSOR A0 Y A1
  if ((estado1 == LOW) && (estado2 == LOW)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado1 == LOW) && (estado2 == LOW)) {
      // ENTONCES ENCENDEMOS LA VALVULA 1
      digitalWrite(pinvalvula1, HIGH);
    }
  }
  if ((estado1 == HIGH) && (estado2 == LOW)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado1 == HIGH) && (estado2 == LOW)) {
      // ENTONCES LA VALVULA 1 SIGUE ENCENDIDA
      digitalWrite(pinvalvula1, HIGH);
    }
  }
  if ((estado1 == HIGH) && (estado2 == HIGH)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado1 == HIGH) && (estado2 == HIGH)) {
      // ENTONCES LA VALVULA SE APAGA.
      digitalWrite(pinvalvula1, LOW);
    }
  }
  estado3 = digitalRead(pinsensorcb1);
  estado4 = digitalRead(pinsensorcb0);
  // LOS SENSORES SE ENCUENTRAN EN 0?
  // HACEMOS DOBLE COMPROBACION DEL ESTADO DEL SENSOR A0 Y A1
  if ((estado3 == LOW) && (estado4 == LOW)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado3 == LOW) && (estado4 == LOW)) {
      // ENTONCES ENCENDEMOS LA VALVULA 2
      digitalWrite(pinvalvula2, HIGH);
    }
  }
  if ((estado3 == HIGH) && (estado4 == LOW)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado3 == HIGH) && (estado4 == LOW)) {
      // ENTONCES LA VALVULA 2 SIGUE ENCENDIDA
      digitalWrite(pinvalvula2, HIGH);
    }
  }
  if ((estado3 == HIGH) && (estado4 == HIGH)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado3 == HIGH) && (estado4 == HIGH)) {
      // ENTONCES LA VALVULA SE APAGA.
      digitalWrite(pinvalvula2, LOW);
    }
  }
  estado5 = digitalRead(pinsensorc1);
  estado6 = digitalRead(pinsensorc0);
  // LOS SENSORES SE ENCUENTRAN EN 0?
  // HACEMOS DOBLE COMPROBACION DEL ESTADO DEL SENSOR C0 Y C1
  if ((estado5 == LOW) && (estado6 == LOW)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado5 == LOW) && (estado6 == LOW)) {
      // ENTONCES ENCENDEMOS LA VALVULA 3
      digitalWrite(pinvalvula3, HIGH);
    }
  }
  if ((estado5 == HIGH) && (estado6 == LOW)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado5 == HIGH) && (estado6 == LOW)) {
      // ENTONCES LA VALVULA 3 SIGUE ENCENDIDA
      digitalWrite(pinvalvula3, HIGH);
    }
  }
  if ((estado5 == HIGH) && (estado6 == HIGH)) {
    // ESPERAMOS ANTES DE COMPROBAR NUEVAMENTE
    delay(50);
    if ((estado5 == HIGH) && (estado6 == HIGH)) {
      // ENTONCES LA VALVULA SE APAGA.
      digitalWrite(pinvalvula3, LOW);
    }
  }
}
}

```

Prueba de módulo I2C en LCD 1602.

Se emplea el bus I2C ya que su funcionamiento permite el envío de valores que se desea visualizar en la pantalla sin utilizar varios pines. La utilización del módulo I2C en Arduino necesita de una librería que se pueda agregar fácilmente colocando "LiquidCrystal_I2C" en el administrador de bibliotecas del software.

La figura 35 muestra las líneas de programación empleadas para el funcionamiento de la pantalla LCD 1602 con el bus de comunicación I2C, este publicará los valores medidos por el sensor de pH permitiendo conocer qué acción se debe tomar para el tratamiento del agua. Además, indicará los niveles del agua en el tanque de almacenamiento.

Figura 35

Código fuente prueba de I2C y LCD1602.



```

Ejemplo_I2C $
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Debe descargar la Libreria que controla el I2C
#include <Wire.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Valor pH=..."); // Mensaje a despegar
  delay(3000);
}

void loop() {
  for(int c=0;c<12;c++){
    lcd.scrollDisplayLeft();
    delay(400);
  }
  for(int c=0; c<12;c++){
    lcd.scrollDisplayRight();
    delay(400);
  }
}

```

Prueba de sensor de pH para medir el porcentaje de potencial de Hidrógeno presente en el tanque, alarma y luz indicación valores aptos.

En la figura 36 se compila el código que mostrará los valores medidos por el sensor de pH, si el valor medido no cumple con lo mínimo se activará una alarma sonora y un indicador de luz de indicación rojo. Cuando el valor medido sea adecuado

para el consumo se encenderá la luz de color verde, y se suministrará el agua al ganado.

Figura 36

Código fuente para medición de valores aptos, mínimos y máximos

```

Sensor_FH_y_alarma$
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Debe descargar la Librería que controla el I2C
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
const int pinalarma = 4;
const int pinLed = 3;
//Variable de pH
const byte pHpin = A0;
float Po;
void setup() {
  // LCD I2C
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  Po= (1023- analogRead(pHpin))/73.07;
  //Condiciones
  // Si el nivel de pH es menor a 6
  if (Po<6)
  {
    delay(50);
    if (Po<6) {
      digitalWrite(pinalarma, HIGH);
      digitalWrite(pinLed,LOW);
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("....pH Acido....");
    }
  }
  // Si el nivel de pH es superior a 7
  if (Po<=8 && Po>=6)
  {
    delay(50);
    if (Po<=8 && Po>=6)
    {
      digitalWrite(pinLed, HIGH);
      digitalWrite(pinalarma,LOW);
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("...pH Neutro...");
    }
  }
  if (Po>8)
  {
    delay(50);
    if (Po>8) {
      digitalWrite(pinalarma, HIGH);
      digitalWrite(pinLed,LOW);
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("..pH Alcalino..");
    }
  }
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Nivel pH = "); // Mensaje a despegar
  lcd.print(Po,1);
  delay(3000);
}

```

Prueba de funcionamiento general.

A continuación, se presentan las pruebas realizadas en el sistema con valores altos, bajos y neutros del nivel de pH con el cual el sistema estará operando.

Prueba funcionamiento valor dentro del rango adecuado de pH

Para realizar la prueba de funcionamiento del sistema, se debe asegurar que el tanque de almacenamiento esté a un nivel alto de capacidad 100%, el sensor de pH tomará los valores medidos y verificará que el agua esté dentro del rango de 6% al 8% de operación óptima para el suministro hacia los bebederos.

Figura 37

Monitoreo del valor de pH en LCD y luz de indicación óptima.



Nota: La figura presenta la caja de control con las debidas luces de indicación de operatividad del sistema, el valor de pH con porcentaje neutro y el tanque de almacenamiento en su capacidad máxima.

La figura 38 muestra el suministro de agua hacia los bebederos hasta un nivel máximo de 100 litros de capacidad, con un porcentaje de pH del 6% al 8% del rango de consumo.

Figura 38

Apertura de las válvulas de suministro.



Nota: La siguiente figura representa las válvulas solenoides con la compuerta abierta, permitiendo el suministro de agua a los bebederos.

La figura 39 muestra el comportamiento de la válvula y bebedero, en caso de que el ganado consuma agua de un bebedero y lo termine se activará la válvula del bebedero correspondiente, ya que su funcionamiento es independiente.

Figura 39

Funcionamiento individual bebedero.



Nota: La siguiente figura presenta el funcionamiento individual del bebedero para el suministro de agua al ganado bovino.

Prueba funcionamiento fuera del rango permisible de pH para el suministro.

En caso de presentarse escenarios donde los valores de porcentaje pH se encuentren fuera del rango de operación, como se evidencia en la figura 40 y 41, automáticamente se bloquea el abastecimiento de agua activando el sistema de alarma en la caja de control como se visualiza en la figura 42, notificando al operador que los valores medidos por el sensor de pH no son óptimos para el consumo del ganado bovino.

Figura 40

Monitoreo de porcentaje de pH por debajo del rango de operación.



Nota: Visualización de la pantalla LCD con un valor de 5.1% debajo del rango óptimo para el suministro.

Figura 41

Monitoreo de porcentaje de pH por encima del rango de operación.



Nota: Visualización de la pantalla LCD con un valor de 8.8% elevado con relación a los valores óptimo para el suministro.

Figura 42

Operación del sistema de alarma con porcentaje de pH elevado.



Nota: Operatividad del sistema de alarma al presentarse valores de pH no óptimos para el consumo del ganado. Encendido de luz roja y alarma audible.

3.3 Código de programación del sistema automatizado

El código para el control del sistema automatizado de tratamiento y suministro de agua para el ganado bovino, engloba la programación de pruebas realizadas con cada sensor y actuador como se muestra a continuación:

La figura 43 muestra la codificación con la librería necesaria para el funcionamiento del I2C, variables que almacenarán los datos de los sensores y la asignación de nombres para los pines digitales y analógicos.

Figura 43

Asignación de los pines utilizados en la placa Arduino

```

Codigo_Fuente_039
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Libreria que controla el I2C
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
// Definición de pines
const int valvula1 = 7; // Valvula de suministro.
const int valvula2 = 6; // Valvula de distribución bebedero 1
const int valvula3 = 5; // Valvula de distribución bebedero 2
const int alarma = 4; // Alarma de indicación valor no apto
const int led1 = 3; // Led indicador valor no apto
const int led2 = 2; // Led indicador valor consumible
const int HSA1 = 13; // sensor alto tk
const int LLSA0 = 12; // sensor bajo tk
const int HSB1 = 11; // sensor alto bebedero 1
const int LLSB0 = 10; // sensor bajo bebedero 1
const int HSC1 = 9; // sensor alto bebedero 2
const int LLS0 = 8; // sensor bajo bebedero 2
// Definición de variables
int HSA;
int LLSA;
int HSB;
int LLSB;
int HSC;
int LLS0;
//Variable Aux nivel de tanque.
int aux;
//Variable de pH
const byte pPin = A0;
float Po;

```

La figura 44 muestra la codificación utilizada para configurar los puertos de entrada o salida digital y las líneas de programación necesarias para el funcionamiento del LCD 1602.

Figura 44

Configuración de las entradas y salidas digitales del control automatizado.

```

void setup() {
  // Serial.begin(9600);
  // Configuración de salidas digitales
  pinMode(valvula1, OUTPUT);
  pinMode(valvula2, OUTPUT);
  pinMode(valvula3, OUTPUT);
  pinMode(alarma, OUTPUT);
  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  // Configuración de entradas digitales
  pinMode(HSA1, INPUT);
  pinMode(LLSA0, INPUT);
  pinMode(HSB1, INPUT);
  pinMode(LLSB0, INPUT);
  pinMode(HSC1, INPUT);
  pinMode(LLS0, INPUT);
  // LCD I2C
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
}

```

La figura 45 muestra la codificación para el funcionamiento del sistema automatizado con las condiciones necesarias para el llenado del tanque, medición de

los valores de pH, suministro de agua hacia los bebederos y encendido del sistema de alarma.

Figura 45

Código fuente para el control automatizado de tratamiento y suministro de agua.

```

void loop() {
// Lectura de señales lógicas de los sensores de nivel
int HLSA = digitalRead(HLSA1);
int LLSA = digitalRead(LLSA0);
int HLSB = digitalRead(HLSB1);
int LLSB = digitalRead(LLSB0);
int HLSC = digitalRead(HLSC1);
int LLSC = digitalRead(LLSC0);
// Lectura de señal analógica de sensor de pH
Po= ((1023- analogRead(pHpin))/73.07);
///
if ((LLSA == LOW) && (HLSA == LOW)) {
digitalWrite(valvula1, HIGH);
aux=100;
}
if ((LLSA == HIGH) && (HLSA == LOW)) {
digitalWrite(valvula1, HIGH);
}
if ((LLSA == HIGH) && (HLSA == HIGH)) {
digitalWrite(valvula1, LOW);
aux= 0;
}
if (Po<=8 && Po>=6) {
if ((LLSB == LOW) && (HLSB == LOW)) {
digitalWrite(valvula2, HIGH);
digitalWrite(led2, HIGH);
digitalWrite(alarma, LOW);
digitalWrite(led1,LOW);
}
if ((LLSB == HIGH) && (HLSB == LOW)) {
digitalWrite(valvula2, HIGH);
digitalWrite(led2, HIGH);
digitalWrite(alarma, LOW);
digitalWrite(led1,LOW);
}
if ((LLSB == HIGH) && (HLSB == HIGH)) {
digitalWrite(valvula2, LOW);
digitalWrite(led2, HIGH);
digitalWrite(alarma, LOW);
digitalWrite(led1,LOW);
}
if ((LLSC == LOW) && (HLSC == LOW)) {
digitalWrite(valvula3, HIGH);
digitalWrite(led2, HIGH);
digitalWrite(alarma, LOW);
digitalWrite(led1,LOW);
}
if ((LLSC == HIGH) && (HLSC == LOW)) {
digitalWrite(valvula3, HIGH);
digitalWrite(led2, HIGH);
digitalWrite(alarma, LOW);
}
digitalWrite(led1,LOW);
}
if ((LLSC == HIGH) && (HLSC == HIGH)) {
digitalWrite(valvula3, LOW);
digitalWrite(led2, HIGH);
digitalWrite(alarma, LOW);
digitalWrite(led1,LOW);
}
}
// Valores de pH por encima del rango
if (Po>8) {
delay(50);
if (Po>8) {
digitalWrite(valvula2,HIGH);
digitalWrite(valvula3,HIGH);
digitalWrite(led2, LOW);
digitalWrite(alarma, HIGH);
digitalWrite(led1,HIGH);
}
}
//Valor de pH por debajo del rango
if (Po<6) {
delay(50);
if (Po<6) {
digitalWrite(valvula2,HIGH);
digitalWrite(valvula3,HIGH);
digitalWrite(led2, LOW);
digitalWrite(alarma,HIGH);
digitalWrite(led1,HIGH);
}
}
}

```

Las condiciones utilizadas para el funcionamiento del sistema de acuerdo a la programación de la figura 45 se describen en la tabla 8

Tabla 8

Descripción de funcionamiento.

Actuadores	Condición
Válvula 1	Si HLSA es igual a "0" y LLSA es igual a "0" entonces la válvula 1 se enciende.
	Si HLSA es igual a "0" y LLSA es igual a "1" entonces la válvula 1 se enciende.
	Si HLSA es igual a "1" y LLSA es igual a "1" entonces la válvula 1 se apaga.
Válvula 2	Si HLSB es igual a "0" y LLSB es igual a "0" y pH cumple el rango "6 a 8" entonces la válvula 2 se enciende.
	Si HLSB es igual a "0" y LLSB es igual a "1" y pH cumple el rango "6 a 8" entonces la válvula 2 se enciende.
	Si HLSB es igual a "1" y LLSB es igual a "1" y pH cumple el rango "6 a 8" entonces la válvula 2 se apaga.
	Si el pH no cumple el rango "6 a 8" entonces la válvula 2 se apaga.
Válvula3	Si HLSB es igual a "0" y LLSB es igual a "0" y pH cumple el rango "6 a 8" entonces la válvula 3 se enciende.
	Si HLSB es igual a "0" y LLSB es igual a "1" y pH cumple el rango "6 a 8" entonces la válvula 3 se enciende.
	Si HLSB es igual a "1" y LLSB es igual a "1" y pH cumple el rango "6 a 8" entonces la válvula 3 se apaga.

Actuadores	Condición
	Si el pH no cumple el rango “6 a 8” entonces la válvula 3 se apaga.
Led verde	Si pH cumple el rango “6 a 8” led verde se enciende.
Led rojo	Si pH no cumple el rango “6 a 8” led rojo se enciende.
Zumbador	Si pH no cumple el rango “6 a 8” el zumbador se enciende.

La figura 46 muestra la codificación necesaria para la visualización de los valores medidos por los sensores de nivel y sensor de pH en una pantalla LCD mostrados en porcentaje

Figura 46

Código fuente para mostrar los valores de nivel de agua y porcentaje de pH.

```

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Valor pH = "); // Mensaje a despegar
lcd.print(Po,1);
lcd.print("%");
delay(1000);

Serial.print("Valor pH =");
Serial.println(Po);
delay(100);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Nivel TK = "); // Mensaje a despegar
lcd.print(aux);
lcd.print("%");
delay(1000);

Serial.print("Nivel TK =");
Serial.println(aux);
delay(100);
}

```

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se pudo determinar el alto impacto que causó en el ahorro de 60 litros de agua y la facilitación en los procesos realizados por el personal encargado del cuidado del ganado bovino, de igual forma, permitió el análisis de la condición química del potencial de hidrógeno esté dentro del rango del 6% a 8% del líquido vital con la ayuda de la medición de pH, permitiendo mejorar su calidad y de forma indirecta a sus consumidores.
- Implementamos un sistema automatizado para el tratamiento y suministro de agua del ganado bovino, servirá como un prototipo, para una propuesta de implementación y ayuda para los pequeños productores, la inversión sería ínfima con un valor aproximado de 200\$, lo que presenta un ahorro de \$100 al comparar con otros fabricantes
- Investigamos los parámetros importantes para el suministro de agua, el valor de pH debe estar entre el 6% al 8% y abastecer una capacidad de 100 litros por cada bebedero con un tanque de almacenamiento de 200 litros de capacidad y con un previo tratamiento del agua para que sea consumible para el abastecimiento del ganado bovino. Esta información permitió hacer un sistema de control basado en las necesidades mencionadas implementadas en un microcontrolador (Arduino UNO).
- Los dispositivos electrónicos montados en el sistema son 6 sensores de nivel tipo flotador modelo ZPC 5 que opera a una temperatura de -10 °C a 80 °C, estructura de plástico, tensión máxima de 120V AC y de fácil montaje, sensor de pH modelo SKU SEN016 con una rango de medición del 0 a 14 de pH, opera a temperaturas de 0 a 60 °C con un tiempo de respuesta menor a 1 minuto y

voltaje de operación de 5V DC, 3 válvulas solenoides modelo 2W-160-15 fabricada en bronce, conexión de entrada de ½ " NPT, voltaje de operación 120V AC.

- El sistema automatizado es amigable con el usuario e independiente del monitoreo técnico, ya que se ha implementado una interfaz informativa fácil de interpretar y asistir debido a los mensajes en una pantalla LCD, con un sistema de alarma en caso de la detección de valores fuera del rango.

4.2 Recomendaciones

- Verificar que los cables eléctricos de 120V AC cumplan con la norma IEC para instalaciones eléctricas residenciales, estos deben estar conectados correctamente para no tener sobretensión en la tarjeta Arduino que funciona con 5V DC.
- Realizar un correcto acondicionamiento en los sensores de nivel para evitar recibir información inadecuada proveniente del ruido eléctrico, se recomienda utilizar el circuito Pull-Up.
- Adecuar el sistema eléctrico con las protecciones necesarias para evitar accidentes, eléctricos ya que estará expuesto a personas, ganado bovino y a las condiciones ambientales.

Bibliografía

- Amazon. (10 de Marzo de 2021). *Amazon*. Recuperado el 10 de Marzo de 2021, de Amazon: <https://www.amazon.es/Facturado-L%C3%ADquido-Interruptor-Flotador-Horizontal/dp/B01IP1HEWM?tag=damysus-21>
- Arduino. (2021 de Marzo de 2021). *Arduino*. Recuperado el 10 de Marzo de 2021, de Arduino: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3?queryID=undefined>
- Castaño, J. (2013). *Definiciones Básicas en Instrumentación y Control de Procesos*. Medellín: Ingeniería En Instrumentación Y Control. Recuperado el 2 de Marzo de 2021
- Chiclote, Y. (2018). *Mejora de la calidad del agua del río Cumbe*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Recuperado el 3 de Marzo de 2021
- Corcuera, P. (2012). *Programación Arduino*. Santander: Universidad de Cantabria. Recuperado el 16 de Febrero de 2021
- Fernández, A., Schenone, N., Pérez, A., & Volpedo, A. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *Asociación de Universidades grupo Montevideo*, 45-66. Recuperado el 16 de Febrero de 2021
- Fítata, M. (2018). *Diseño e implementación de un control de nivel en el fondo de la primera columna de la torre de destilación continua binaria en el centro de investigación en procesos de ingeniería*. Bogotá: Universidadde Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Recuperado el 18 de Febrero de 2021
- García, L., Arguello, A., & Parra, R. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal*, 59-71. Recuperado el 18 de Febrero de 2021
- Hernandez, D. (2020). *Estudio de protección catódica en un buque*. San Cristóbal de La Laguna: Universidad de La Laguna. Recuperado el 20 de Febrero de 2021
- Hérrnandez, E., & Corredor, C. (2017). *Diseño y contruccion de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Recuperado el 20 de Febrero de 2021
- Hérrnandez, L., & Viña, M. (2016). *Introducción a los elementos de control*. Monagas: Universidad del Oriente. Recuperado el 22 de Febrero de 2021
- Instituto Asteco. (2018 de Septiembre de 2018). *Instituto Asteco*. Recuperado el 2 de Marzo de 2021, de Instituto Asteco: <https://institutoasteco.com/asteco/desgaste-por-abrasion/>
- Kuo, B. (1996). *Sistemas de control automático*. España: Pearson. Recuperado el 1 de Marzo de 2021
- Murillo, D., Marulanda, J., & Escobar, A. (2018). Estudio comparativo de técnicas PWM de banda de histéresis para el control de corriente en filtros activos de potencia paralelos. *TecnoLógicas*, 91-106. Recuperado el 1 de Marzo de 2021
- Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: Pearson. Recuperado el 2 de Marzo de 2021
- Pérez, J., & Ana, G. (2010). *Definición*. Recuperado el 2 de Marzo de 2021, de Definición: <https://definicion.de/sensor/>
- Quiroz, C., & Villacís, S. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de control automático para dos hornos a vapor*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 4 de Marzo de 2021
- Rojas, R. (2002). *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Recuperado el 4

- de Marzo de 2021
- Serna, A., Ros, F., & Rico, J. (2010). *Guía práctica de sensores*. Madrid: Creaciones Copyright SL. Recuperado el 4 de Marzo de 2021
- Shock, M. (2022). Corrosión interna y control de deposición. En McGraw-Hill, *Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua comunitaria* (págs. 104-114). Barcelona: Interamericana de España. Recuperado el 6 de Marzo de 2021
- Sole, A. (2005). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Macombo. Recuperado el 20 de Febrero de 2021
- Váldez, F. (2007). *Microcontroladores*. Habana: Marcombo. Recuperado el 26 de Febrero de 2021
- Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2018). *Diagnostico del sistema de tratamiento de aguas residuales de manta*. Manta: Universidad central del Ecuador. Recuperado el 15 de Marzo de 2021
- Vistrónica. (10 de Marzo de 2021). *Vistrónica*. Recuperado el 2 de Marzo de 2021, de Vistrónica: <https://www.vistronica.com/valvulas/electrovalvula-110vac-1-2-2w-160-15-detail.html>

ANEXOS