



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“Diseño e implementación de un sistema de control para la calidad de leche
cruda mediante un sistema IoT a bajo costo”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autores:

RUBEN FERNANDO BERMEO SARMIENTO

VICTOR HUGO BACULIMA YUNGA

Director:

Ing. HUGO MARCELO TORRES SALAMEA PhD.

CUENCA – ECUADOR

2022

Diseño e implementación de un sistema de control para la calidad de leche cruda mediante un sistema IoT a bajo costo

RESUMEN

Debido al alto costo de maquinaria para el almacenamiento de leche, se diseñó e implementó un sistema destinado a mejorar la calidad de la leche a bajo costo para los pequeños productores de las zonas rurales, Este sistema consta de una planta de almacenamiento fabricada en acero inoxidable de calidad 304, un sistema de enfriamiento, un mezclador con altura variable, un sistema de bombeo para la salida de la materia prima al tanque principal, también consta de una pantalla la cual permite visualizar los parámetros de la leche en tiempo real. A su vez el controlador envía los datos a la nube (IoT) mediante la plataforma basada en JavaScript realizada con la herramienta Angular y Firebase, en las cuales se pueden almacenar los datos para posteriormente realizar un análisis

Palabras clave— Planta, Leche, IoT, Mixer, Angular, Firebase.



Ing. Daniel Iturralde Piedra PhD.

Coordinador de carrera



Ing. Hugo Marcelo Torres Salamea PhD.

Director de trabajo de titulación



Rubén Fernando Bermeo Sarmiento

Autor



Víctor Hugo Baculima Yunga

Autor

Design and implementation of a control system for the quality of raw milk through an IoT system at low cost

ABSTRACT

Due to the high cost of machinery for milk storage, a system was designed and implemented to improve the quality of milk at low cost for small producers in rural areas. This system consists of a storage plant made of stainless steel 304, a cooling system, a mixer with variable height, a pumping system for the output of the raw material to the main tank, it also consists of a screen which allows visualizing the parameters of the milk in real time. At the same time the controller sends the data to the cloud (IoT) through the JavaScript-based platform made with the Angular and Firebase tools, in which the data can be stored for later analysis.

Keywords— Plant, Milk, IoT, Mixer, Angular, Firebase.



Eng. Daniel Iturralde Piedra Ph.D.

Faculty School Director



Eng. Hugo Marcelo Torres Salamea Ph.D.

Thesis director



Rubén Fernando Bermeo Sarmiento

Author



Víctor Hugo Baculima Yunga

Author



Diseño e implementación de un sistema de control para la calidad de leche cruda mediante un sistema IoT a bajo costo

Rubén Fernando Bermeo Sarmiento, Victor Hugo Baculima Yunga

Resumen— Debido al alto costo de maquinaria para el almacenamiento de leche, se diseñó e implementó un sistema destinado a mejorar la calidad de la leche a bajo costo para los pequeños productores de las zonas rurales, Este sistema consta de una planta de almacenamiento fabricada en acero inoxidable de calidad 304, un sistema de enfriamiento, un mezclador con altura variable, un sistema de bombeo para la salida de la materia prima al tanque principal, también consta de una pantalla la cual permite visualizar los parámetros de la leche en tiempo real. A su vez el controlador envía los datos a la nube (IoT) mediante la plataforma basada en JavaScript realizada con la herramienta Angular y Firebase, en las cuales se pueden almacenar los datos para posteriormente realizar un análisis

Keywords— *Planta, Leche, Refrigeración, IoT, Mixer, Angular.*

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el almacenamiento de materia prima en las granjas de producción de leche genera una gran demanda de maquinaria y equipos especializados para dichas funciones, los cuales deben asegurar la calidad de la leche con la medición constante de sus parámetros, estos equipos tienen un costo elevado en el mercado lo cual provoca que la gran mayoría de los pequeños productores de leche no puedan costear esta inversión, la carencia de un sistema de monitoreo y control puede producir posibles riesgos de contaminación y daño en la materia prima, y a su vez requerir de personal para que realice esta actividad de manera manual, aumentando el valor de producción.

La implementación de un sistema que permita monitorear y a su vez permita analizar los datos es de suma importancia para el control de calidad de la materia prima, por lo que es necesario investigar acerca de IoT en sistemas de dispositivos fijos, máquinas y diferentes aparatos que poseen electrónica para su funcionamiento, en los cuales permiten que los dispositivos puedan ser reconocidos y a su vez controlados remotamente lo

cual posibilita a la empresa a disponer de menos personal y con resultados más efectivos y eficaces [1].

En una publicación realizada por Vinod Kumar se analiza la adulteración de la leche que se produce en fases anteriores al almacenamiento, para ello se sugiere utilizar métodos para determinar el estado de esta materia prima sin causar daño a la salud de los consumidores, un método de análisis es la técnica de ultrasonido la cual emite una onda y la cual se analiza al recibirla después de atravesar la muestra [2].

Según un estudio realizado por Ali Yavari, actualmente en las plantas de productos lácteos no se cuenta con un análisis automático del estado de la materia prima, sino con una toma de muestras manual por este motivo se propone una solución a bajo costo para que se pueda implementar en pequeñas plantas o granjas [3].

Uno de los parámetros que se pueden medir para analizar la calidad de la leche es el pH, el cual puede determinar la cantidad de agua y la densidad, esto puede indicar si existe una presencia de sólidos o de líquidos adulterantes, en el ámbito de la automatización para el control del almacenado de la leche se requieren controladores robustos, para lo cual se tiene varias entradas haciéndolo un sistema no lineal, en muchos de los casos se requiere un control PID [4].

El estudio publicado en la revista IEEE muestra que uno de los factores más importantes en el proceso es el enfriamiento de la leche para mantenerla en óptimas condiciones, donde se describe que la temperatura de almacenamiento es de 4 grados centígrados [5], esta actividad es la que más energía eléctrica requiere en una granja o en una planta de procesado, se ha observado que al aumentar la

cantidad de leche se tiene mejor desempeño del equipo de enfriamiento, pero a su vez este parámetro es directamente influenciado por la temperatura ambiente, y en las pequeñas plantas al no tener un control se genera un gasto innecesario [6].

Según la publicación realizada por la Universidad de Agder, el consumo de energía para el enfriamiento de la leche es un proceso caro y para nada ecológico por lo que se ha desarrollado un sistema para mantener la leche en un rango de temperatura entre los 3 y 5 grados centígrados, mediante el uso de energía solar administrando la energía de manera inteligente, realizando un control constante de la temperatura [7].

En el artículo publicado por RMK College of Engineering & Technology, se analiza sistemas de monitoreo para industria utilizando microcontroladores como la Raspberry pi 3, los cuales han generado un acceso a IoT a bajo costo y con buenos resultados gracias a su robustez y a la fácil comunicación con la red de sensores [8].

En otra investigación realizada para controlar se utilizó una placa Raspberry pi 3 modelo B, la cual está conectada a una red de sensores de humedad y temperatura [9], como se puede ver en la figura 1.



Figura.1. Esquema de funcionamiento de experimento de HVAC basado en IoT. [9]

En cuanto a la parte monitoreo existen publicaciones como la de Thomas Lee Scott que se realizó en la plataforma Things Board que es un software abierto y mediante el uso del protocolo CoAP con el fin de sondear sensores de temperatura y humedad [10].

Este proyecto tiene como objetivo implementar y controlar el proceso de almacenamiento de leche cruda mediante un sistema IoT a bajo costo,

realizando un modelado de la planta con materiales adecuados para el tratamiento de alimentos como lo es el acero inoxidable de calidad 304, además aplicando características y métodos de construcción que disminuyen el costo de fabricación, como lo es el diseño en CAD y el uso de maquinaria CNC, y a su vez realizar la automatización de las etapas para almacenar leche (recepción, almacenamiento y desfogue) mediante el uso de sensores y actuadores, entre ellos tenemos motor trifásico, electroválvulas, bombas, grúa, compresor, sensor ultrasonido, sensor de pH y sensor de temperatura, estos permiten medir y mantener la calidad de la leche, además los datos se envían a la nube con la finalidad de realizar un monitoreo a tiempo real o un análisis de los datos previos, esto se realiza con el uso del microcontrolador Raspberry Pi 4 [11].

II. CONTEXTO TEÓRICO

A. Sistema de almacenamiento de leche

Para almacenar temporalmente leche en condiciones seguras antes y durante el proceso de elaboración de derivados lácteos se requiere de tanques de almacenamiento refrigerados y construidos en acero inoxidable, estos deben ser lavados después de cada recolección, para vaciar el tanque se debe tener una pendiente de 6% en el fondo del tanque.

Existen varios tipos de tanques de almacenamiento, esto depende de la finalidad del tanque, ya sea para almacenamiento intermedio, de mezcla, o por último para recibir la leche después del ordeño [12].

Etapas para el almacenamiento de leche

- Filtrado de la leche, primero se recibe la leche cruda en un tanque que se utiliza para filtrar la materia prima de sólidos que se pudieron haber mezclado en el transporte desde la granja al lugar de almacenamiento, el filtrado se realiza mediante el uso de tamices de diferentes diámetros [13].
- Enfriamiento de la materia prima, la leche cruda para ser almacenada debe encontrarse en un tanque que la mantenga entre 2° y 4° centígrados por un lapso de tiempo de hasta 24 horas previo a su procesamiento. Para esto se lleva a cabo una etapa de

enfriamiento mediante el uso de un sistema de refrigeración con una unidad evaporadora y una unidad condensadora [11]

- Agitado de la leche, el agitado tiene como objetivo tener una temperatura homogénea en toda la materia prima. [14]

B. Tipos de sistemas de refrigeración para tanques de almacenamiento de leche.

Existen varias formas de enfriar leche en un tanque entre las más utilizadas tenemos:

- Tanques abiertos con evaporación directa, se construyen en acero inoxidable 304 AISI, constan con un evaporador soldado a las paredes, esto provoca que la se enfríe directamente, la tubería absorbe el calor y lo disipa a través de una unidad condensadora, este tipo de construcción es la más económica [15], este tipo de tanque se puede apreciar en la figura 2.



Figura.2. Tanque de leche abierto con evaporación directa [11]

- Tanque abierto enfriado a través banco de agua fría, Este tanque requiere de un banco de hielo, por lo general está incluido dentro de la estructura del mismo, el banco de hielo genera que las tuberías sumergidas en agua con una mezcla de glicol o amoniaco se congelen y al momento de recircular el refrigerante se produzca un choque térmico y ocurra el intercambio de calor, un 50% más rápido que con la evaporación directa, pero su costo de construcción es mayor, aun así a largo plazo tiene un mejor ahorro energético [15], en la figura 3 se aprecia un tanque abierto enfriado con banco de hielo.



Figura.3. Tanque Packo abierto enfriado a través banco de agua fría [11]

C. Agitador de tanque de leche

El agitador o mezclador (figura 4) cumple una función muy importante al momento de almacenar leche, este ayuda a mantener la temperatura homogénea en todo el producto, también evita la separación de la grasa de la leche y por último interviene con el número de bacterias en el producto [14].



Figura.4. Agitador de leche [14].

D. Factores para el almacenamiento de la leche

El principal factor para almacenar leche es la temperatura, esta depende de otros parámetros como:

- Contaminación inicial del producto, el número de gérmenes que contiene la leche al momento de almacenarla es un factor importante, ya que no basta solamente enfriar, sino también llevar un proceso con la higiene adecuada, por lo que la mayoría

de veces esto es lo que provoca daños en el producto. [16]

- Velocidad de enfriamiento, este factor influye mucho en el almacenamiento ya que se tiene alrededor de dos horas después del ordeño en donde el crecimiento de gérmenes es lento y se debe aprovechar para enfriar la leche. [16]
- Periodo de almacenamiento, el tiempo que se recomienda almacenar leche cruda es de máximo 24 horas, por el crecimiento elevado de bacterias, leche ya tratada se puede conservar un tiempo más largo de 6 días (leche fresca pasteurizada). [16]
- Temperatura de conservación, relacionada con la temperatura ambiente, la leche para conservarla requiere de una temperatura entre 2 y 4 grados Celsius. [16]

E. Hardware

En el proceso de almacenamiento de la leche intervienen varios elementos tecnológicos, los cuales permiten que se realice un control de los parámetros como temperatura, pH y nivel líquido, entre ellos tenemos:

- Sistema de refrigeración, se compone por una unidad evaporadora y una unidad condensadora, las cuales se encargan de absorber y disipar el calor respectivamente, estas constan con un circuito de tubería por el cual circula gas refrigerante para baja temperatura (R-404), el principal componente en este sistema de refrigeración es el compresor de pistón para baja temperatura de 2650 BTU/h [17]



Figura.5. AE2425Z 220V R-404. [17]

- El compresor (figura 5) trabaja con un condensador de aire forzado (figura 6) de ½ hp de potencia y tubería de cobre de 3/8 de pulgada, el cual es utilizado para transferir el calor absorbido por el gas refrigerante hacia el ambiente.

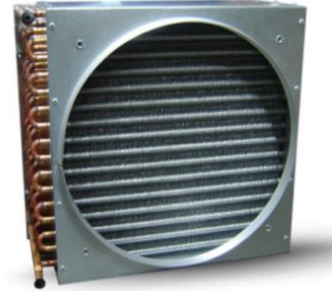


Figura.6. Condensador 1/2 hp [18]

- El forzador o ventilador es de 18 watts (figura 7) a 220v, este cumple la función de disipar el calor de las paredes del condensador mediante una cortina de aire enfriando el refrigerante.



Figura.7. Motor ventilador [19]

- Tubería capilar, este elemento produce que exista un cambio de presión en el refrigerante el cual se va a expandir al atravesarlo y así poder congelar el evaporador logrando que este absorba la mayor cantidad de calorías [20], este elemento se puede observar en la figura 8, el capilar utilizado es de número 0.36 con una longitud de 3m de largo



Figura.8. Tubería capilar [20]

- Motor trifásico de 1HP (figura 9), este funciona como agitador en el tanque de leche, se requiere que sea trifásico para controlar la frecuencia y el torque mediante un driver acorde a la potencia del motor, la frecuencia del motor para la aplicación del tanque de leche s oscila entre los 15 y 20 Hz, esto depende de la capacidad del tanque.



Figura. 9. Motor Trifásico 1 hp WEG [21]

- Variador de frecuencia CFW 10 EASYDRIVE (figura 10), se utiliza este elemento para controlar la velocidad y el torque del motor trifásico, ajustando los valores de los parámetros programables para generar una rampa de arranque la cual funciona entre los primeros 15 segundos del arranque del motor hasta llegar a estabilizarse, también posee entradas digitales las cuales nos permiten encender o apagar el motor a controlar, este puede ser de 0,25-5 HP.[22]



Figura.10. Variador de frecuencia WEG CFW10 [22]

- Electroválvulas, este dispositivo abre o cierra el paso de líquido, posee una bobina solenoide y un vástago como se puede ver en la figura.11, este elemento puede soportar presiones de hasta 1MPa y posee un diámetro de ½ pulgada.



Figura.11. Electroválvula [23]

- Bombas de drenado, la potencia de drenado es de 35 watts la entrada de líquido es de 7/8 de pulgada y su salida de 5/8, posee un motor con un aspa plástica, siendo esta la encargada de expulsar el agua a baja presión.[23]



Figura. 12. Bomba de líquido LG 35W [24]

- Motor teclé eléctrico SKU 10702 a 220v, este motor posee una caja de transmisión conectada a una polea y a una cuerda de acero, su capacidad máxima es de 990 kg y su velocidad es de 8 m/min. [24]



Figura. 13. GRUA SKU 10702 [25]

- Interruptor fin carrera Moujen MJ 7108 (figura 14), este elemento es de uso industrial construido en acero inoxidable y hermético al aceite, su contacto está diseñado para soportar hasta 10 amperios y 440 v. [26]



Figura.14, Interruptor fin carrera Moujen [26]

- Controlador (Raspberry Pi + Arduino), Raspberry pi 4 (figura 15), es un computador multifuncional y su entorno de programación está basado en el lenguaje Python, posee salidas a pantallas, conectores USB, puerto gigabit ethernet, un procesador de 1,5 GHz y 64 bits, una de las funciones que nos provee es actuar como un servidor web.[27]



Figura.15. RASPBERRY PI 4 B [27]

- Arduino Mega ADK (figura 16), esta placa está basada en el procesador Atmega2560 posee 54 pines digitales de los cuales 14 pueden ser PWM y también posee 16 puertos analógicos posee una memoria RAM de 8 kb y una EEPROM de 4 kb y un oscilador de 16Mhz. [28]

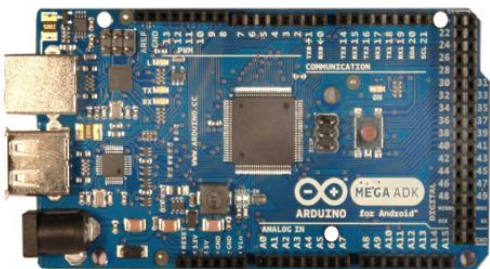


Figura.16. Arduino MEGA ADK [28]

- Sensor de pH (PH-4502C, figura 17), este módulo permite medir el pH con ayuda de

una sonda que toma la lectura mediante un conector BNC, este módulo funciona a 5v, sus dimensiones son de 42x32x20 mm su rango de medición es de 0-14 ácido-base y puede trabajar en temperaturas de 10-50 grados Celsius además la sonda es resistente a la humedad por lo que puede ser sumergido totalmente.



Figura.17. Sensor pH [28]

- Sensor de temperatura (DS18B20, figura 18), es un sensor inteligente adaptativo, pertenece a una nueva generación de sensores de temperatura, permite convertir una señal de temperatura en una señal digital, y posee mayor vida útil que sus predecesores, este dispositivo puede operar con distintos rangos de temperatura en los cuales varía el error, estos van desde los -55 grados Celsius hasta los 125 grados Celsius, se puede observar en la figura 19 la variación del error según los rangos de operación, en el caso del tanque de leche se va a tener un error máximo de +/- 0,5 grados centígrados [29]



Figura.18. Sensor de temperatura [29]



Figura.19, Variación de error según rangos de operación. [29]

- Sensor de nivel (Ultrasonido HC-SR04) (figura 20), este elemento es capaz de medir distancia mediante el uso de una onda de ultrasonido la cual se emite por uno de sus transductores y espera que el sonido rebote en una superficie y es captado por el otro transductor, la distancia es proporcional al tiempo que tarda en regresar. [30]



Figura. 20. Sensor ultrasonido HC-SR04 waterproof.[30]

- Módulo de relés (figura 21), este driver permite aislar las señales de control del circuito que alimenta las bobinas mediante el uso de opto acopladores, estos relés pueden soportar hasta 10^a y la alimentación puede ir desde 3.3v hasta 5v por lo que se puede utilizar con un Arduino sin requerir una fuente externa [31].

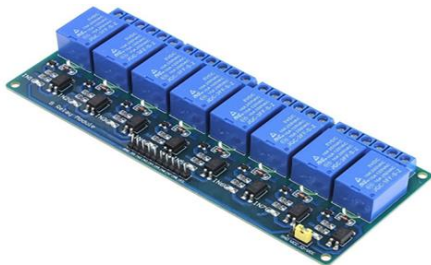


Figura.21. Módulo de 8 Relés [31]

- Contactor de 25 amperios trifásico (figura 22), este dispositivo puede cerrar o abrir circuitos con carga, y evita que se produzcan efectos perjudiciales para el

elemento que lo acciona, su bobina funciona a 220v y posee un contacto NC [32].



Figura.22. Contactor CHINT [32]

- Pulsante (figura 23), es un dispositivo cuya función es permitir o interrumpir momentáneamente el paso de corriente eléctrica, el soporte máximo de corriente es de 5 Amperios por lo que el fabricante recomienda únicamente para control.



Figura.23. Pulsante [32]

- Switch ON/OFF (figura 24), este elemento permite o interrumpe el paso de una corriente eléctrica según su posición.



Figura.24. Switch selector on/off [32]

- Switch de nivel (figura 25), es un instrumento que trabaja con un interruptor magnético y contacto eléctrico, el movimiento del flotador depende únicamente del nivel del agua, cerrando o abriendo el paso de

corriente eléctrica, el soporte de corriente máxima en este dispositivo es de 2 Amperios por lo que se utiliza exclusivamente para control. [33]



Figura.25. Interruptor de nivel [33]

- Luz piloto (figura 26), este dispositivo permite llevar un control visual de la acción que se está llevando a cabo.



Figura.26. Luz piloto [32]

F. Software

El hardware anteriormente descrito está conectado a la placa micro controlada, está procesa la información obtenida de los diferentes entradas analógicas y digitales, a su vez envía señales para activar o desactivar los actuadores, para realizar estas acciones el controlador puede ejecutarse en distintos lenguajes de programación el más utilizado para la placa Arduino, descrita en el apartado de hardware, es el lenguaje C, ya que al ser un lenguaje open source, este cuenta con varias librerías desarrolladas para el correcto funcionamiento de los sensores requeridos.

También la placa Raspberry pi 4, puede ejecutar varios lenguajes de programación entre los más comunes tenemos: Python y JavaScript, ambos lenguajes poseen herramientas para conectarse a la nube y así enviar o recibir datos en tiempo real.

Una de las herramientas que pueden ayudar en la programación en el lenguaje JavaScript es la plataforma Angular, esta se puede instalar directamente en el sistema operativo Debian y se trabaja desde la CLI, además posee un IDE y conjunto de plantillas ya preestablecidas para la creación de plataformas, ya sean Web, Mobile o nativas.

Por otra parte, Raspberry Pi 4 cuenta con varios puertos de conexión, lo que permite que se pueda conectar pantallas.

III. METODOLOGÍA.

En el aspecto metodológico para el desarrollo de este proyecto se dividió en cuatro partes, las cuales son:

- A. Etapas de funcionamiento de la planta.
- B. Diseño y construcción de la planta
- C. Automatización
- D. Implementación de IoT

A. Etapas de funcionamiento de la planta

Para diseñar e implementar un sistema de almacenamiento de leche se debe conocer el proceso que ejecuta la planta, para ello se va a dividir en 3 etapas:

- 1) Recepción de la materia prima y medición de pH de ingreso.
- 2) Medición de nivel y pH en el tanque de almacenamiento
- 3) Enfriamiento y medición de pH de salida.

- 1) Recepción de la materia prima.



Figura. 27, Recepción de la materia prima y medición de pH.

La materia prima se recibe en el tanque de filtrado (figura 27), mediante los tamices colocados en el interior se retienen sólidos que pudieron haberse mezclado con la leche, una vez con el líquido en su interior se activa el sistema automáticamente, midiendo pH en el tanque de filtrado, los datos se empiezan a enviar a la nube durante todo el proceso.

2) Medición de nivel y pH en el tanque de almacenamiento

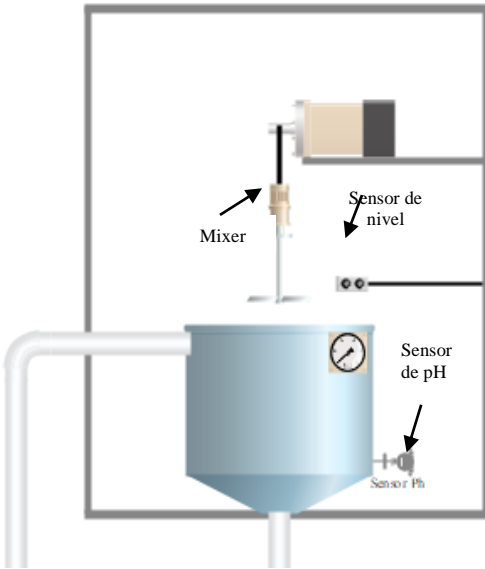


Figura.28. Tanque de almacenamiento.

Una vez con el líquido en el tanque de filtrado el usuario deberá presionar un botón, ya sea el que está colocado en el tablero de control o la página web, posteriormente el dato enviado por el sensor de pH es recibido por el microcontrolador el cual ejecuta una orden que en caso de cumplir con el valor establecido de pH continúe al tanque de almacenamiento, caso contrario se desecha mediante una bomba de líquido, si cumple con el valor entra en funcionamiento el sensor de nivel colocado en el tanque de almacenamiento, el cual varía la altura del motor agitador y a su vez envía el dato al microcontrolador el cual mediante una pantalla muestra la cantidad de líquido en el interior del tanque.

3) Enfriamiento y medición de pH de salida.

Una vez que se conoce la cantidad de líquido automáticamente se realiza un control de temperatura el cual permite enfriar y mantener en un valor cercano a 4 grados Celsius, que es el punto de conservación de la leche sin alterar sus

características, también se requiere de un agitado del líquido para que la temperatura dentro del tanque sea homogénea, este agitado no debe superar los 15h a 20 Hz, a su vez constantemente se mide el valor de pH que oscila entre los 6 y 7 grados para la leche en buen estado, al presionar el botón del tanque de almacenamiento se puede extraer la leche, ya sea para una siguiente etapa o en caso de alguna falla de la planta o externa, automáticamente se desecha el líquido en caso de no cumplir con el valor de pH idóneo.

Conociendo estas características se puede proceder al diseño de la planta.

B. Diseño y construcción de la planta en acero inoxidable

Para diseñar la estructura en acero inoxidable se utilizó herramientas CAD, maquinaria CNC y soldadura de proceso TIG.

Primero empezamos con la estructura en PTR de 40*40 mm, para ello se utilizó la herramienta SolidWorks, esta estructura es capaz de soportar el peso de los componentes (60 kg) y de los tanques de leche llenos de líquido (220 kg) como se puede ver en la figura 29, la estructura es capaz de soportar un peso de 540 kg, sus medidas son 60cm de ancho, 120cm de largo y 200cm de alto, está construido con tubería de 1,5 mm de espesor.

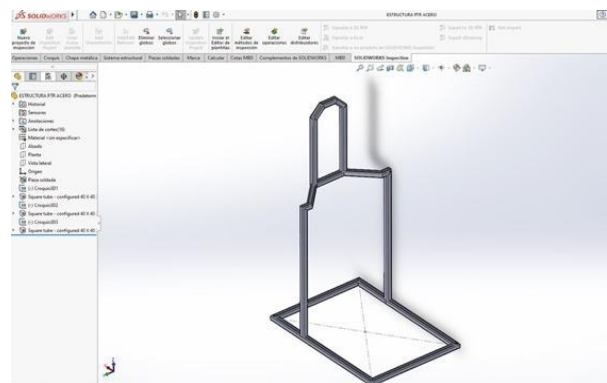


Figura.29. Estructura diseñada en SolidWorks

Una vez con la estructura en PTR se procedió a diseñar los tanques en la herramienta AutoCAD, ya que permite trabajar con archivos DXF los cuales se pueden utilizar con herramientas CNC, como lo son cortadoras láser de fibra y las plegadoras de lámina metálica, los tanques que se obtuvieron fueron: un

tanque de filtrado de 40 litros de medidas 50x50x50 y un tanque de almacenamiento cilíndrico de 80 litros de medidas de 60cm de radio y de 80cm de alto, el segundo tanque cuenta con un doble fondo que sirve para aislar la parte interna, ya que este cuenta con un sistema de refrigeración y de esta manera se evita la transferencia de calor con el ambiente exterior.

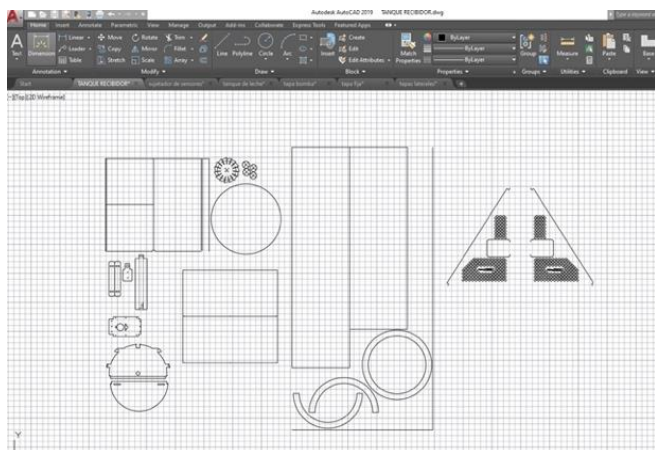


Figura.30. Planos 2D para corte láser de fibra.

Luego del diseño CAD que se representa en la figura 30 (los planos 2D se pueden encontrar en una carpeta compartida de Google Drive, la cual se anexa el enlace al final de este documento), una vez con los planos en 2D se procedió al corte láser de la lámina de acero inoxidable, la cual tiene un espesor de 2mm (figura 31), la soldadura del tanque en acero inoxidable de calidad 304 se realizó con proceso TIG y aportación de material de diámetro de 1/16, el cual permite ser utilizado en aplicaciones de procesos alimenticios.

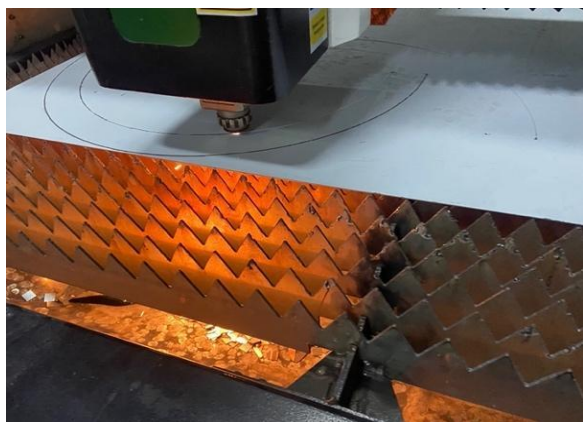


Figura. 31. Corte laser de lámina de 2mm de acero inoxidable 304

Una vez cortada la lámina se la sometió a un proceso de rolado (figura 32), el cual consiste en

introducirla en una prensa hidráulica para que adopte la forma de un cilindro.

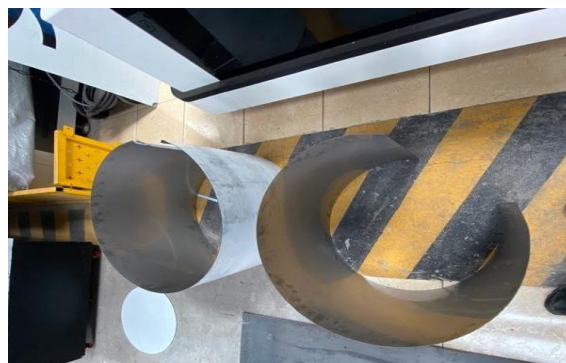


Figura. 32. Lámina de acero sometida al proceso de rolado

Al terminar este proceso se elaboró el evaporador del sistema de refrigeración el cual va enrollado y soldado a la placa del tanque principal, este consta de tubería de 1/2 pulgada de cobre como se puede observar en la figura 33, este evaporador se utiliza para el enfriamiento del líquido al interior del tanque, ya que es una parte del sistema de refrigeración.



Figura. 33. Evaporador de tanque de leche (tubería de cobre enrollada en la placa del tanque).

Luego de esto se procedió a soldar la parte exterior del tanque y a su vez se aisló mediante un sistema de expansión basado en dos reactivos Polioliol e Isocianato, una vez realizada toda la soldadura del tanque de almacenamiento se realiza perforaciones en la parte inferior del tanque para inyectar mediante una pistola de aire la mezcla de los dos reactivos antes mencionados, el proceso de expansión dura alrededor de 15 min para lo cual se

prensa el tanque para evitar deformaciones en la lámina, en la figura 34 se puede observar las perforaciones por donde se inyectó la mezcla de poliuretano, al expandirse se torna un material esponjoso de color amarillo.



Figura.34 Inyectado de poliuretano.

Luego de esto se procedió al montaje de los actuadores ubicándolos según su función, para el motor trifásico que funciona como agitador se colocó rieles para CNC y una base (figura 35), para que pueda subir y bajar sin generar una fricción alta.



Figura. 35. Montaje de motor agitador y rieles.

También se colocó la unidad condensadora del sistema de refrigeración y la grúa que sirve para subir y bajar el motor agitador, en la figura 36 se puede observar ambas partes.



Figura. 36. Montaje de motor grúa y sistema de refrigeración

Luego de esto se procedió a diseñar y colocar las demás partes como lo son tapas, canaletas, aspa para el agitador con un sistema de matrimonio de conexión con el motor, bombas de líquido, topes de fin carrera y a su vez se colocó la tubería de 1/2 pulgada en acero inoxidable 304 por el cual va a circular la leche, a su vez también se colocó las electroválvulas que se utilizan para seleccionar por donde se quiere que circule la leche, ya sea a la siguiente etapa o al deshecho, se puede observar en la figura 37.



Figura. 37, Montaje de la tubería de 1/2 de acero inoxidable

Y por último para la parte de automatización se diseñaron protectores para las placas y se imprimió en 3D (figura 38), lo cual genera una resistencia y permite sujetarlas.

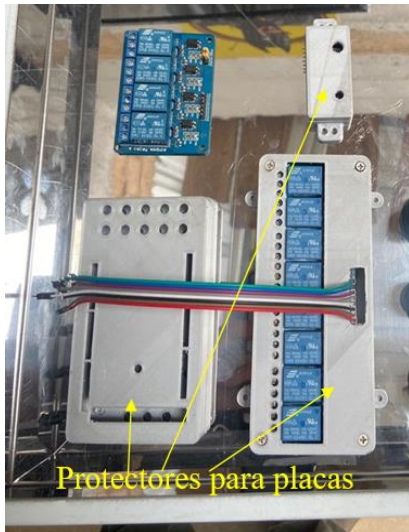


Figura.38. Protectores para placas en impresión 3D

Las partes eléctricas y electrónicas requeridas para la parte de automatización se colocaron dentro de un tablero de control (figura 39) con excepción de los sensores (los cuales se colocaron dentro de los tanques) y actuadores (electroválvulas, motor trifásico, bombas, grúa, sistema de refrigeración).



Figura.39. Tablero de control.

C. Automatización

Para automatizar una planta para el almacenamiento de leche primero se realiza un diagrama de flujo figura 40, el cual nos servirá para describir los sensores y actuadores que se van a utilizar y a su vez nos permite realizar la programación en el IDE de Arduino.

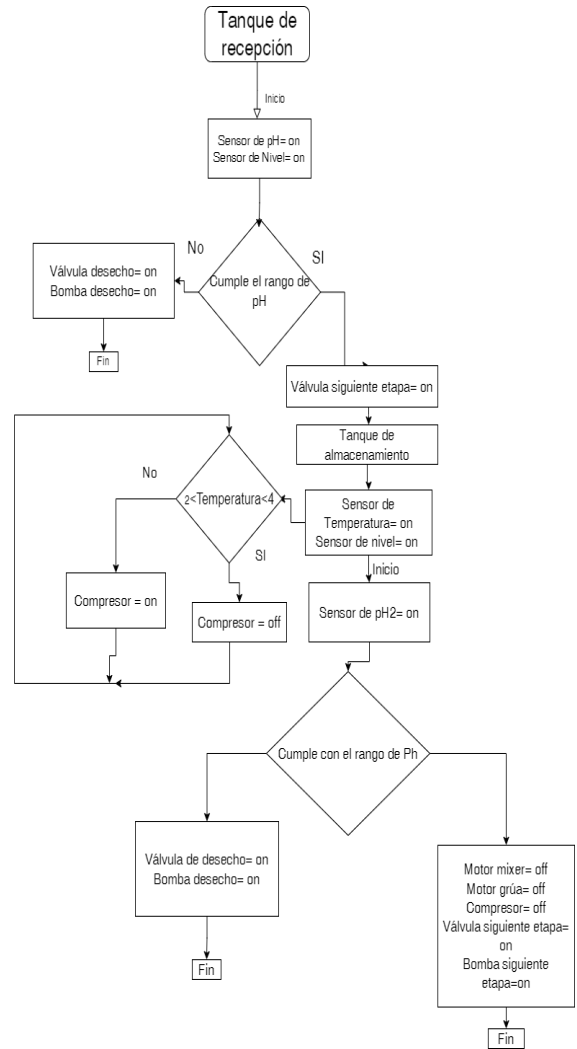


Figura.40, Diagrama de flujo para programación en Arduino IDE.

Al definir el funcionamiento con el diagrama de flujo se puede interpretar como van conectados los actuadores y los sensores a la placa Arduino Mega ADK.

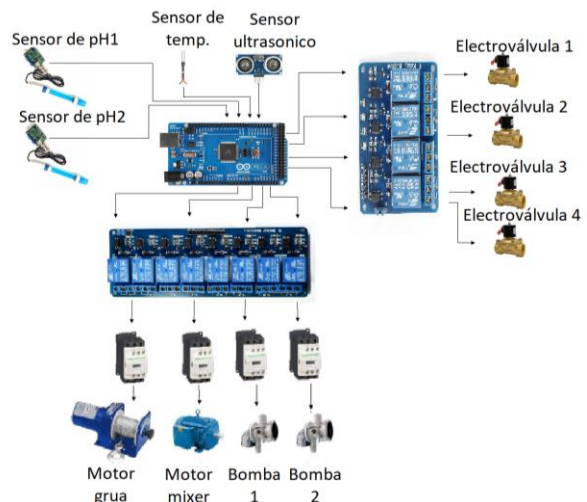


Figura.41. Esquema de conexión de Arduino Mega ADK con actuadores.

Una vez conocidos todos los sensores que se requieren se realizan las calibraciones de los mismos para luego proceder a su colocación en la planta

1) Sensores utilizados para la automatización.

Comenzando por el tanque de recepción y filtrado hasta el tanque principal de almacenamiento, cuentan con diferentes sensores y cada uno tiene un propósito específico e importante para cumplir con los objetivos.

1.1) Sensor de pH

El sensor de pH (figura 42) está conformado por una sonda que se encarga de tomar la lectura, la misma que es envía los datos adquiridos a la placa electrónica mediante un conector BNC y a su vez por medio de un puerto analógico el microcontrolador recibe la señal en forma de voltaje y se procesa para poder visualizar en una escala de pH [34].

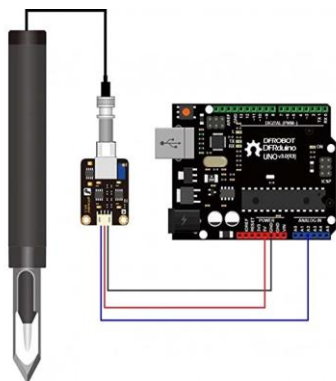


Figura.42, Sensor de pH.[34]

Para calcular la conversión de voltios a grados de pH es necesario realizar la calibración del sensor, al ser un dispositivo lineal se requiere dos soluciones con un valor de pH conocido. Para la calibración las soluciones fueron proporcionadas por el laboratorio de la Universidad del Azuay (figura 43), utilizando estos buffers de pH se toma las muestras a través de la sonda y en la placa electrónica, con la ayuda de un multímetro en el pin Po se obtiene los valores de voltaje de 3,08V y 2,58V para las soluciones de pH 4 y pH 7 respectivamente, como se puede ver en la Tabla 1.



Figura.43 Calibración de sensores de pH mediante buffers

Con estos valores conocidos podemos deducir la ecuación para poder convertir el voltaje medido en pH mediante la fórmula de la ecuación de la recta $y=mx+b$ donde “x” es el voltaje y “y” el valor de pH. Sustituyendo los valores se obtiene la ecuación mostrada en la figura 44.

TABLA 1. VALORES DE VOLTAJE SEGÚN BUFFER DE pH

pH	Voltaje
4	3,08
7	2,58

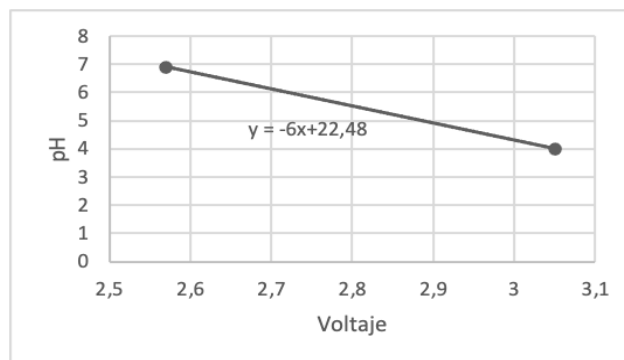


Figura.44 Ecuación lineal para sensor de pH.

1.2) Sensor de temperatura (DS18B20 waterproof)

El sensor DS18B20 utiliza el protocolo 1-Wire para su comunicación, este protocolo permite conectar más de un sensor a un solo pin de datos, cada sensor tiene una dirección de 64 bits predeterminada de fábrica. Esto ayuda a identificar el sensor dentro del bus 1-Wire (figura 45), ya que podría existir más de un dispositivo.

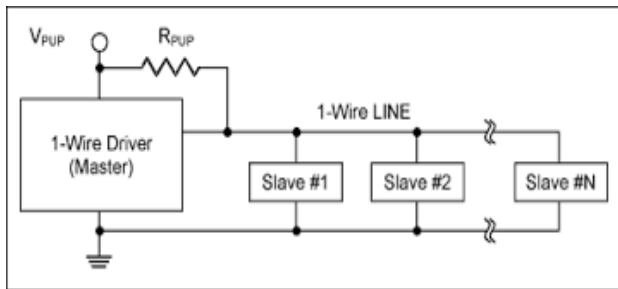


Figura.45. Bus 1-Wire

Este sensor mide temperaturas que están entre los -55 °C y 125 °C con una resolución programable de 9 bits a 12 bits dependiendo la aplicación. En la tabla 2, se puede comparar la variación de temperatura dependiendo de la resolución, al tener menor resolución, la variación es mayor provocando errores en las lecturas.

TABLA 2. RESOLUCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Resolución (bits)	Temperatura (°C)
9	0.5
10	0.25
11	0.125
12	0.0625

La siguiente tabla muestra una comparación entre el sensor DS18B20 programado con una resolución de 12 bits y un termómetro digital FULL GAUGE TI-06 que es un dispositivo utilizado en la industria, ya que es confiable y robusto.

TABLA 3. COMPARACIÓN DE TEMPERATURA ENTRE SENSOR DS18B20 Y TI-06

Medición del sensor temperatura del tanque de almacenamiento			
Tiempo (Min)	Medición TI-06 (°C)	Medición DS18B20 (°C)	Diferencia °C
0	17,6	17,69	0,09
5	16,7	16,8	0,1
10	16,1	16,25	0,15
15	15,5	15,56	0,06
20	14,8	14,94	0,14
25	14	14,25	0,25
30	13,5	13,69	0,19
35	13	12,44	-0,56
40	12,1	12,19	0,09
45	11,9	11,63	-0,27
50	11,3	10,94	-0,36

55	10,6	10,5	-0,1
60	10,2	10,06	-0,14
65	9,7	9,5	-0,2
70	9,1	9	-0,1
75	8,5	8,5	0
80	8	8,19	0,19
85	7,7	7,56	-0,14
90	7,1	7,13	0,03
95	6,6	6,56	-0,04
100	6	6,06	0,06
105	5,5	5,63	0,13
110	5,1	5,38	0,28
115	4,8	5	0,2
120	4,4	4,69	0,29
125	4,1	4,44	0,34
130	3,8	4,06	0,26
135	3,4	3,75	0,35
140	3	3,02	0,02
145	2,6	2,7	0,1
150	2,1	2	-0,1
155	1,9	2,02	0,12
error =			0,0446875

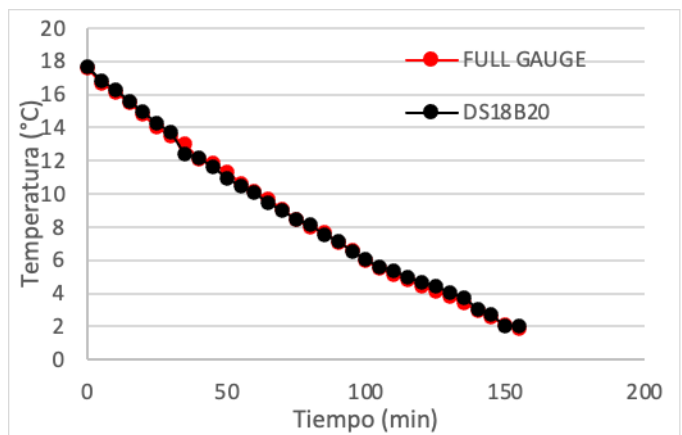


Figura.46. Gráfica de comparación de temperatura.

1.3) Sensor de ultrasonido (HC-SR04 waterproof)

El sensor de ultrasonido mide la distancia que existe a un objeto mediante ondas ultrasónicas. Este sensor consta de dos transductores ultrasónicos, uno actúa como transmisor el cual transforma las señales eléctricas en pulsos de sonido ultrasónico de 40KHz y el segundo actúa como receptor escuchando los pulsos transmitidos [30].

La distancia que existe a un objeto se calcula aplicando la siguiente fórmula $D = \frac{1}{2} (T \cdot C)$ Donde T es el tiempo de emisión y de recepción y C es la velocidad del sonido, se multiplica por $\frac{1}{2}$ ya que T es el tiempo de ida y vuelta [36].

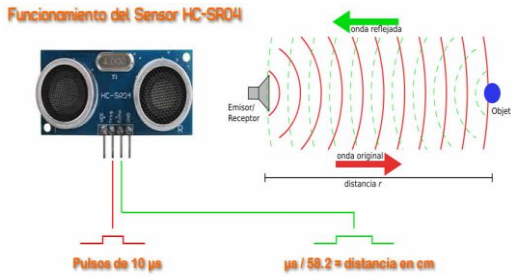


Figura.47. Sensor ultrasonido [36].

Para determinar el volumen de leche cruda que va a ingresar en el tanque de almacenamiento es necesario linealizar el sensor, para que esto sea posible se requiere que el tanque tenga la forma de un cilindro y que su diámetro sea constante. Se procede a tomar la distancia que mide el ultrasonido con 10 litros y 60 litros obteniendo los resultados de la tabla 4.

TABLA 4. DETERMINACIÓN DE NIVEL MEDIANTE ULTRASONIDO.

Volumen (L)	Distancia (cm)
10	41,8
60	15,4

Una vez obtenidos los datos se procede a sacar la ecuación de la recta

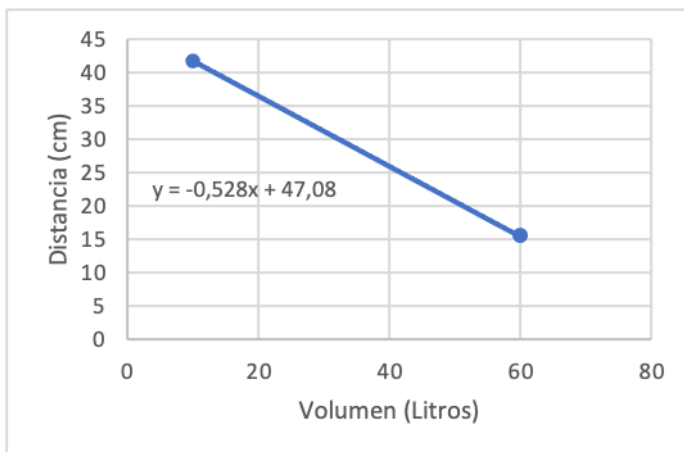


Figura.48. Gráfica de la ecuación de la recta.

De la ecuación antes obtenida despejamos x, donde obtenemos la ecuación (1):

$$x = \frac{y - 47,08}{0,528} \quad (1)$$

Donde “x” es el volumen de líquido dentro del tanque y “y” es la distancia que existe del ultrasonido al nivel de líquido.

En la tabla 5, se realiza una comparación de las medidas que toman a diferentes niveles de líquido entre el sensor de ultrasonido y un flexómetro.

TABLA 5. COMPARACIÓN ENTRE ULTRASONIDO Y FLEXÓMETRO

Medición del sensor ultrasonido del tanque de almacenamiento			
Volumen(L)	Medición ultrasonido (cm)	Medición flexómetro (cm)	Diferencia (cm)
10	41,80	42,00	0,20
15	39,19	40,00	0,81
20	36,70	37,90	1,20
25	33,96	35,30	1,34
30	31,58	32,40	0,82
35	28,87	29,10	0,23
40	26,34	27,10	0,76
45	23,69	24,40	0,71
50	21,19	21,90	0,71
55	18,23	19,20	0,97
60	15,40	16,60	1,20
		Error=	0,81

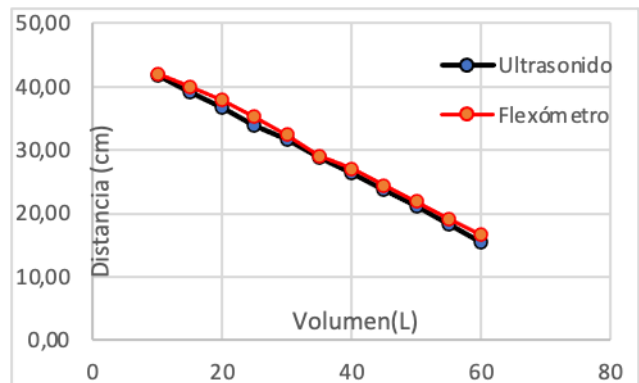


Figura.49. Gráfica de comparación entre sensor y flexómetro.

Una vez realizada la calibración de los sensores se procede a colocación en los tanques de filtrado y almacenamiento.

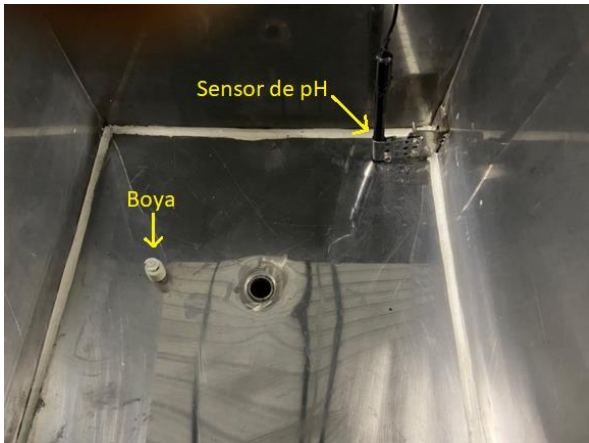


Figura.50. Colocación de sensor de pH e interruptor de boya en el tanque de filtrado.



Figura.51. Colocación de sensor de pH y sensor de temperatura en el tanque de almacenamiento

También se colocó el sensor de nivel ultrasónico en la tapa del tanque de almacenamiento



Figura.52. Colocación de sensor ultrasónico en el tanque de almacenamiento.

Una vez con todos los sensores colocados se procedió a la conexión del circuito de potencia de los actuadores en donde intervienen contactores y relés, ya que los actuadores requieren un alta corriente y la placa micro controlada posee salidas que son únicamente para enviar o recibir señales, por ello se utilizó módulos de relés los cuales permiten manejar corrientes de hasta 10 Amperios y a su vez dividir con optoacopladores el circuito de mando con el de potencia y también permiten activar o desactivar contactores para los actuadores que requieren de una corriente mayor a 10 Amperios, estos dispositivos soportan hasta 32 Amperios y voltajes de hasta 440v.

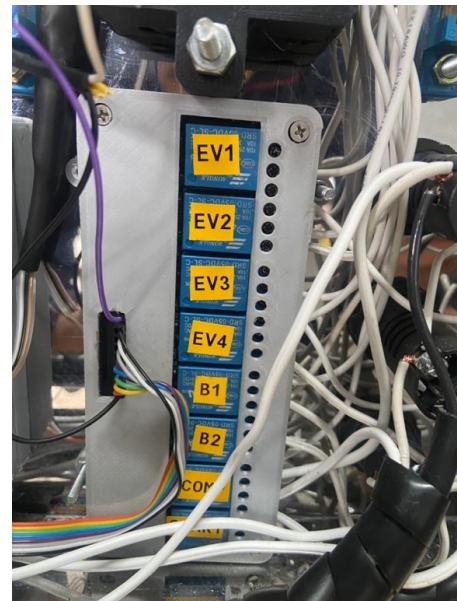


Figura.53. Módulo 1 de relés conectado a los actuadores.

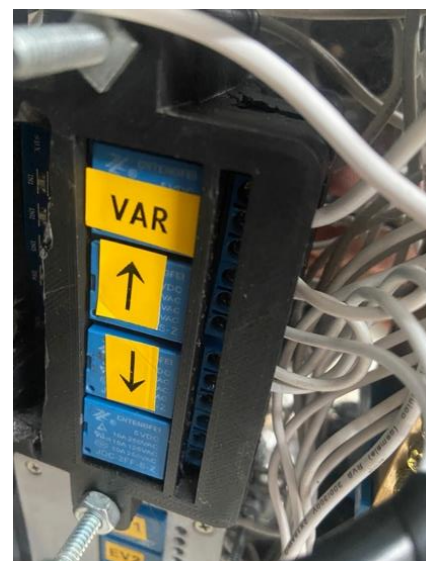


Figura.54. Módulo 2 de relés conectado a los actuadores.

También se colocaron relés para accionar la grúa de subida y bajada, en este punto también se instaló un interruptor de fin carrera (figura 55) para detener la grúa en caso de sobrepasar el límite superior y así evitar posibles accidentes, este interruptor está conectado en serie al relé de subida por lo que requiere únicamente ser accionado para operar.



Figura.55. Interruptor fin de carrera accionado.

Para los actuadores que requieren de una corriente superior a los 5 Amperios se colocó una etapa más de potencia la cual consta de contactores con alimentación a 220v (figura 56), estos se activan desde el controlador pasando por el módulo de relés, entre los actuadores que requieren esta etapa tenemos el variador de frecuencia para el agitador, compresor del sistema de refrigeración, bomba siguiente etapa y bomba desecho.

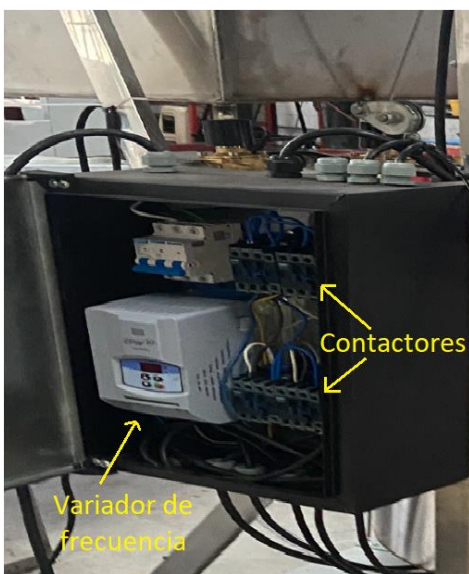


Figura.56. Colocación de contactores y variador de frecuencia.

Una vez con el circuito de control y de potencia se y los sensores y actuadores colocados en la planta se puede proceder a implementar el sistema IoT para controlar, monitorear y almacenar los datos recibidos por el Arduino Mega ADK.

D. Implementación de IoT

En cuanto a la implementación del sistema IoT se construyó un diagrama de flujo (figura 57) el cual se siguió para cumplir con este objetivo, el sistema IoT requiere de un servidor, para el cual se utilizó un pc (Raspberry pi 4), la cual se encarga de crear un servicio web para enviar y recibir datos desde y hacia la nube y su vez se comunica con el controlador Arduino Mega ADK.

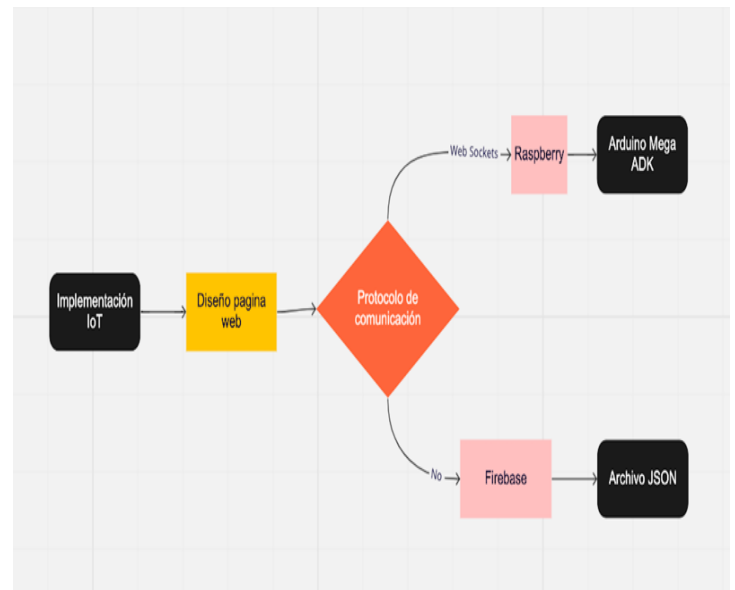


Figura.57. Diagrama del desarrollo de IoT

Se desarrolló un servidor web mediante el entorno de Node.js, el cual está basado en JavaScript y permite trabajar en tiempo real, puede orientar eventos, ser escalable y extensible entre otras características [38].

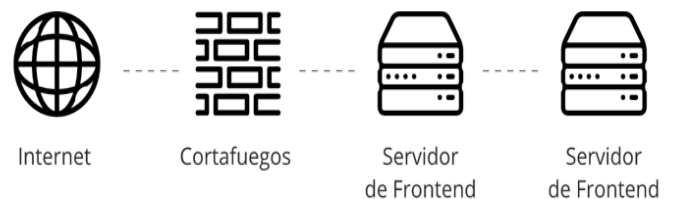


Figura.58. Disposición de implementación de servidores.

El servidor se encontrará trabajando como backend, el cual se comunica de manera permanente con

la placa micro controlada y con el servidor front-end, para esto se utilizó la biblioteca Socket.io de JavaScript para aplicaciones web, esta permite una comunicación bidireccional en tiempo real entre servidor y cliente, además Socket.io actualiza de manera automática a WebSocket (protocolo de comunicación con conexión TCP) [37].

En el servidor front-end se muestra en la página web, y se pueden visualizar los parámetros medidos en la planta de almacenamiento de leche (temperatura, pH, nivel) y a su vez consta de botones que nos permiten interactuar con los actuadores de manera remota y a su vez se puede visualizar gráficas en tiempo real.

En cuanto a la base de datos, esta se desarrolló en la plataforma Firebase, la cual nos permite una recepción y una fácil descarga de los datos almacenados, además de clasificarlos según el tipo de dato y con etiquetas de fecha y hora.

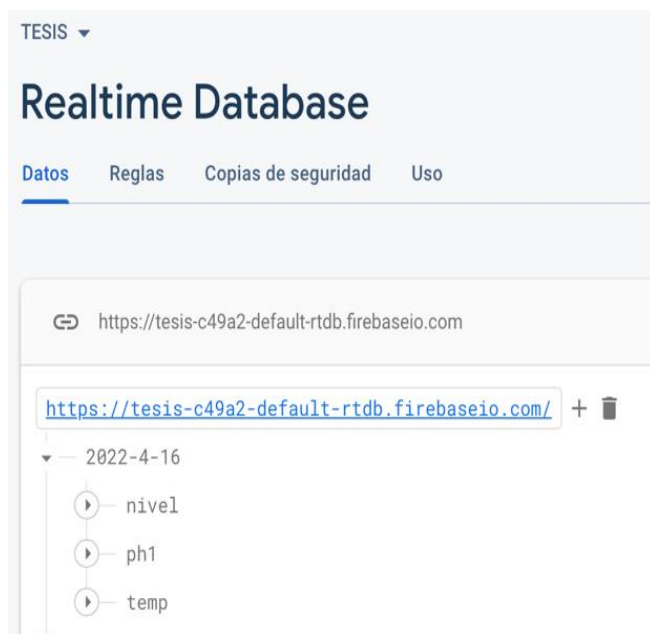


Figura.59. Base de datos en Firebase.

IV. RESULTADOS

Con la finalidad de obtener una mejor conservación de la leche cruda mediante el uso de un sistema de almacenamiento se construyó una planta en acero inoxidable calidad 304, la cual se observa en la figura 60.

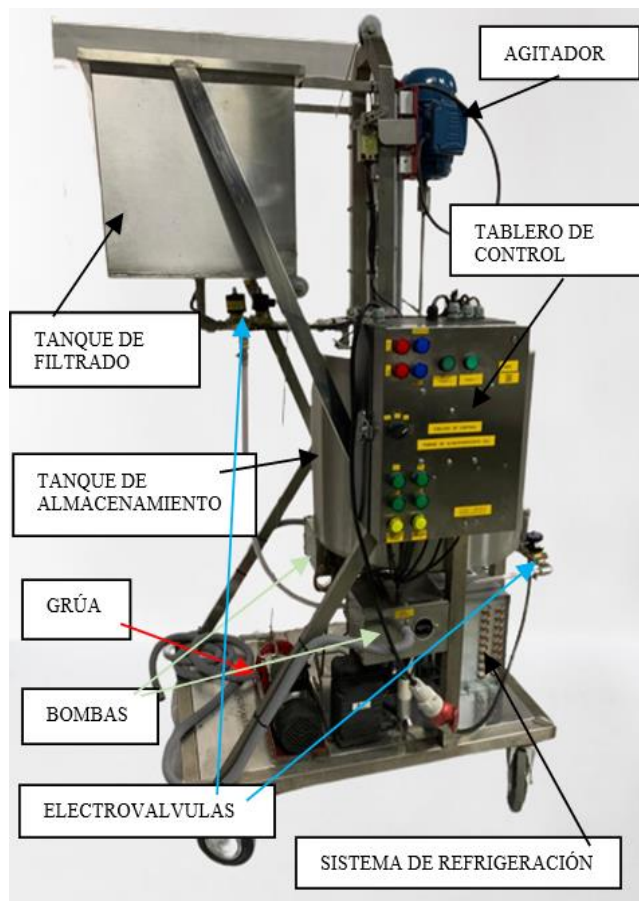


Figura.60. Sistema de almacenamiento de leche cruda en acero inoxidable 304.

Este sistema ha permitido medir parámetros de manera constante mediante el uso de sensores de pH, temperatura y nivel, los cuales en las tablas presentadas anteriormente se puede ver claramente que existe un error de medición irrelevante para el sistema, luego de haber realizado las debidas calibraciones en los sensores, para lo cual se tuvo que realizar pruebas de funcionamiento y comparar los valores de los sensores instalados en la planta con instrumentos de medición específicos para cada parámetro.

Para el sensor de pH se realizó una comparación entre el sensor PH-4502C y un equipo de medición proporcionado por el laboratorio de ingeniería de alimentos de la Universidad del Azuay de la marca Jenway, como se puede observar en la figura.61, en donde se muestra un valor de 6,72 con el instrumento Jenway y un valor de 6,7 con el sensor de pH del sistema de almacenamiento.

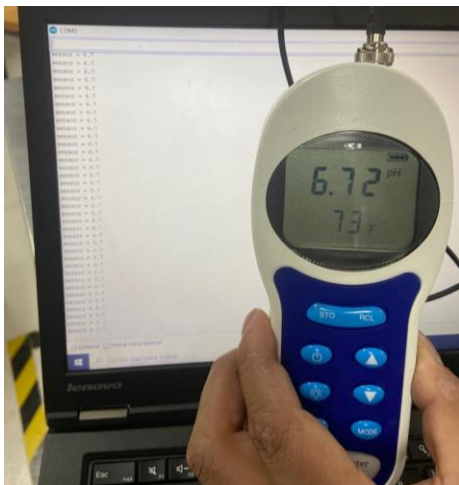


Figura.61. Medición de sensor de pH en el tanque.

Para comprobar el funcionamiento del sensor de pH también se realizó mediciones con diferentes sustancias de pH conocido, las cuales se pueden apreciar en la tabla 6, estas mediciones se realizaron a 19 grados Celsius con 4 litros de líquido dentro del tanque de almacenamiento.

TABLA 6. MEDICIÓN DE pH

Medición de pH		
Líquido	Valor de pH Estándar	Valor medido
Vinagre	2,4-3,4	3,1
Leche	6,6-6,8	6,6
Leche sin refrigerar	menor a 5	3,4
Leche mezclada con agua	menor a 5	3,1
Agua	6,5-8,5	7,2

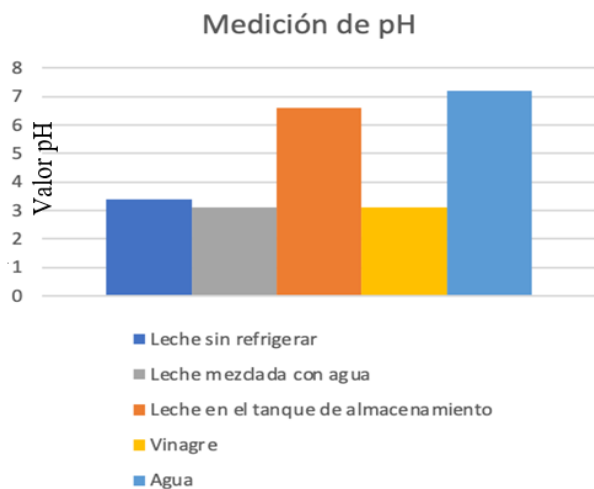


Figura.62. Comparativa de pH entre diferentes sustancias.

También se realizó una comparación entre el sensor de temperatura DS18B20 y un termómetro digital de la marca Full Gauge, en la figura 63 se puede apreciar una de las muestras de medición de temperatura, los cuales nos indican valores similares como se pueden observar en la tabla 7.

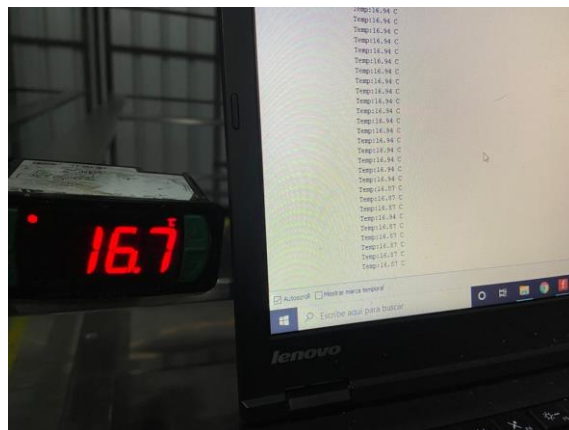


Figura.63. Medición de temperatura en el tanque de almacenamiento.

TABLA 7. COMPARACIÓN ENTRE SENSOR DE TEMPERATURA Y TERMOMETRO

Medición del sensor temperatura del tanque de almacenamiento			
Tiempo (Horas)	Medición TI-06 (°C)	Medición tanque (°C)	Diferencia °C
0	18,2	18,1	0,1
1	10,1	10	0,1
2	4,5	4,5	0
3	4,2	4,4	0,2
4	4,3	4,4	0,1
5	4,2	4,4	0,2
6	4,3	4,3	0
7	4,3	4,3	0
8	4,4	4,3	0,1
9	4,2	4,4	0,2
10	4,3	4,3	0
		error =	0,1

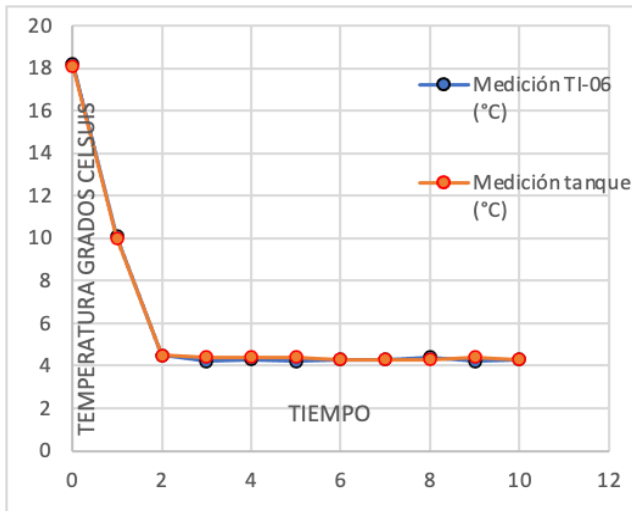


Figura.64. Comparación de medición de temperatura.

A su vez se realizó la medición de nivel mediante el uso de un flexómetro y de una balanza (la cual nos da un valor en mililitros), para comparar la medición realizada con el sensor de ultrasonido.

Medición flexómetro (cm)	Valor mostrado en la página web (L)
41.90	9.7
41.89	9.7
41.89	9.7
41.89	9.7
41.88	9.8
41.87	9.8
41.80	9.9
41.80	9.9

Figura.65. Medición de nivel en el tanque de almacenamiento.

TABLA 8. COMPARACIÓN ENTRE FLEXÓMETRO Y VALOR OBTENIDO EN LA PÁGINA WEB

Medición del sensor ultrasonido del tanque de almacenamiento			
Volumen(L)	Valor mostrado en la página web	Medición flexómetro (cm)	Diferencia (cm)
10	41,7	41,9	0,20
15	39,19	40,00	0,81
20	35,3	36,5	1,20

25	33,96	35,30	1,34
30	30,58	31,40	0,82
35	28,87	29,10	0,23
40	26,34	27,10	0,76
45	23,69	24,40	0,71
50	20,59	21,60	0,71
55	18,03	19,00	0,97
60	14,20	15,40	1,20
Error=			0,81

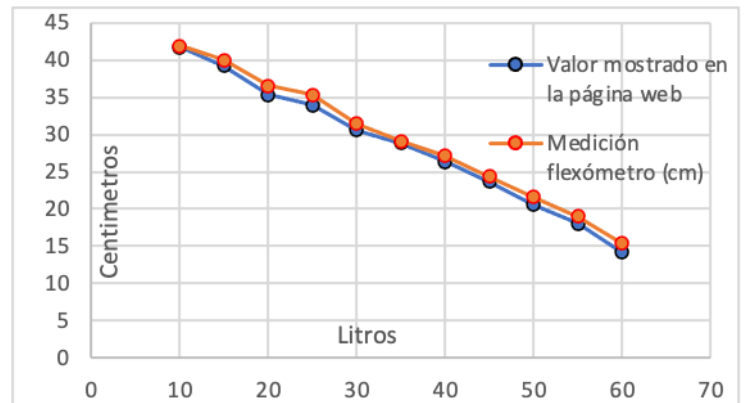


Figura.66. Medición de ultrasonido y flexómetro.

Para la parte de la implementación de IoT, se procedió a realizar pruebas de funcionamiento de la página web, ya sea desde una PC y desde un móvil.

Para apreciar los datos recibidos y la disposición de los objetos en la página web visto desde un PC y a su vez comprobar la rapidez del envío de los datos se procedió a realizar perturbaciones en el sensor de pH y de nivel las cuales fueron captadas y se muestran en la figura 67.



Figura.67. Prueba de recepción y envío de datos desde página web (pH, nivel y botones) vista de un PC.

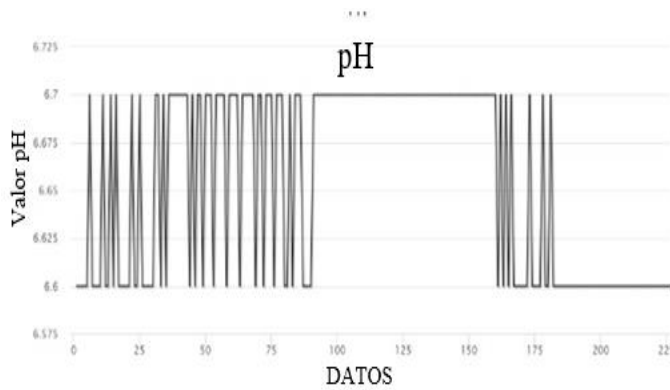


Figura.68. Medición de la rapidez de adquisición y envío de datos hacia la nube, realizando perturbaciones (sensor de pH).

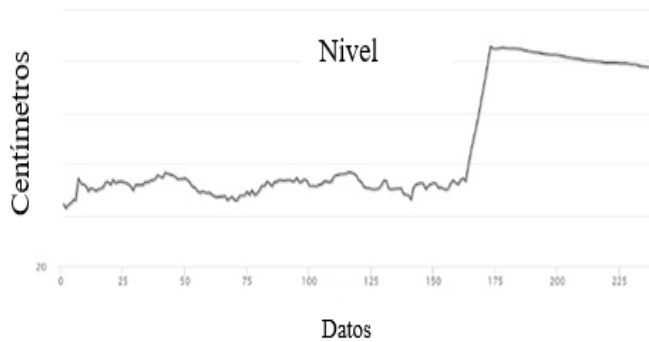


Figura.69. Medición de la rapidez de adquisición y envío de datos hacia la nube, realizando perturbaciones (sensor de Nivel).

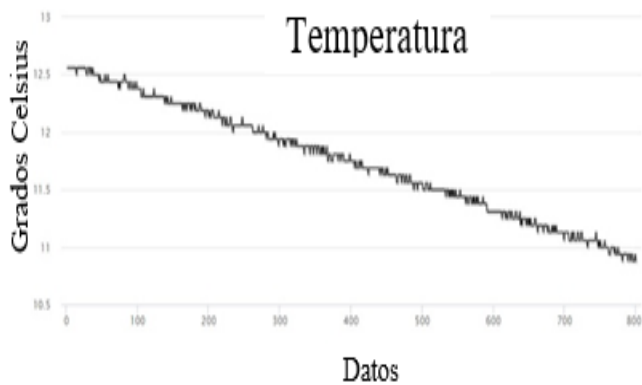


Figura.70. Medición de la rapidez de adquisición y envío de datos hacia la nube, enfriando con sistema de refrigeración (sensor temperatura).

Para la versión móvil se realizó pruebas introduciendo 59 litros de leche al tanque, en donde se pudo observar la variación de pH, el cual osciló entre 6.6 y 6.7 grados como se puede apreciar en la figura 71.

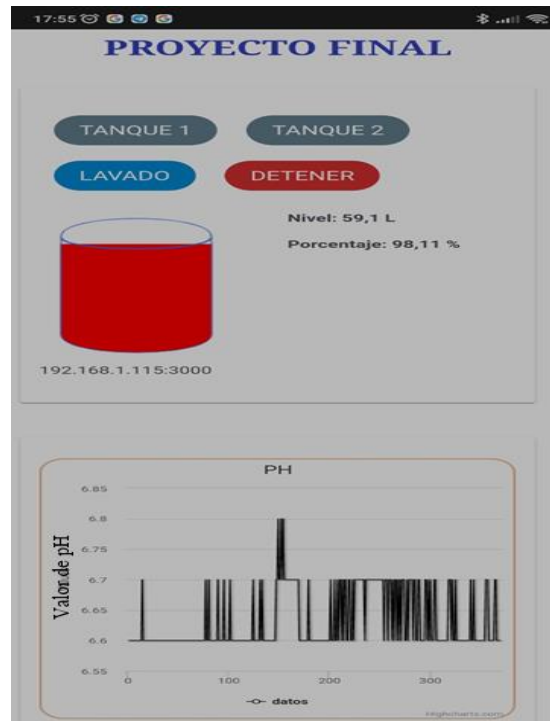


Figura.71. Prueba de página web (vista desde un móvil midiendo pH).

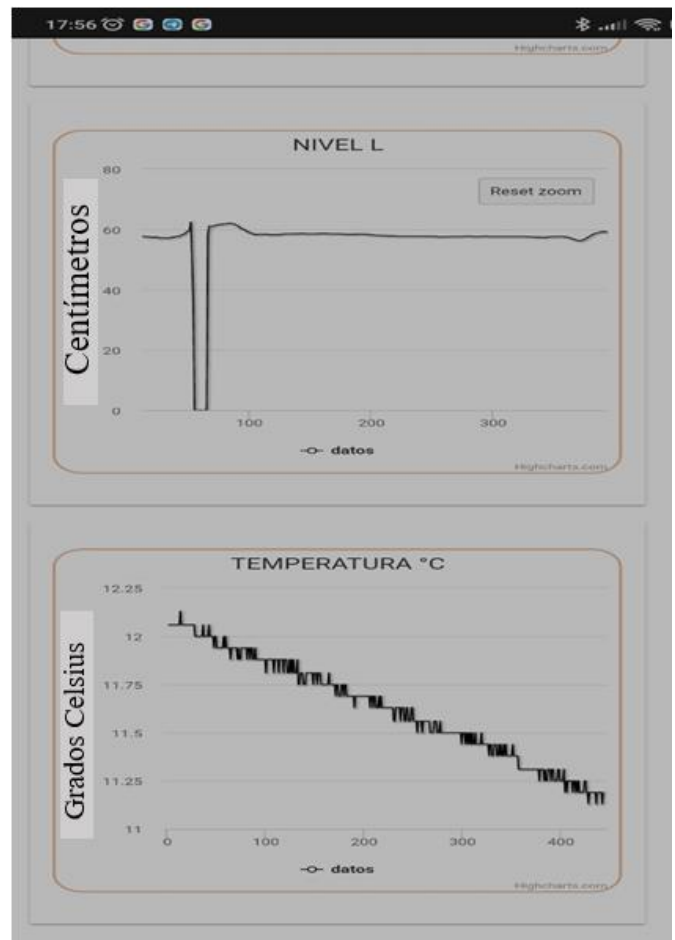


Figura.72. Prueba de página web (vista desde un móvil midiendo temperatura y nivel).

A su vez se comprobó el funcionamiento de los botones de la página web, presionándolos y recibiendo el dato en el monitor serie del Arduino Mega ADK conectado a la placa Raspberry pi 4.

Al realizar estas pruebas se pudo almacenar los valores en la base de datos creada en el servicio de Google llamado FireBase, en el cual se clasifican por fecha y tipo de dato recibido (Temperatura, pH y nivel), estos datos pueden ser descargados en un archivo JSON y transformado a formato .csv para ser analizado posteriormente.



Figura.73. Prueba de recepción y almacenamiento de datos en Firebase.

○ Presupuesto:

En cuanto al presupuesto destinado para la construcción de este proyecto es el 49,13 % del valor de un sistema industrial que cuente con las mismas características, se procedió a realizar una comparación con equipos de venta al público.

TABLA 9. COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS

PRESUPUESTO		
Descripción	Costo sistema implementado	Costo industrial venta al público
Construcción de tanque y estructura en acero inoxidable	575	1240

304		
Implementación de sistema de refrigeración 1 etapa	525	850
Sensores de temperatura, pH y nivel.	95	325
Sistema de agitado	625	900
Sistema de calibración de altura	190	No dispone
Sistema de paso de líquido (siguiente etapa o desfogue)	150	340
Sistema de control automático	220	430
Sistema IoT y control de datos	45	850
Total	2425	4935

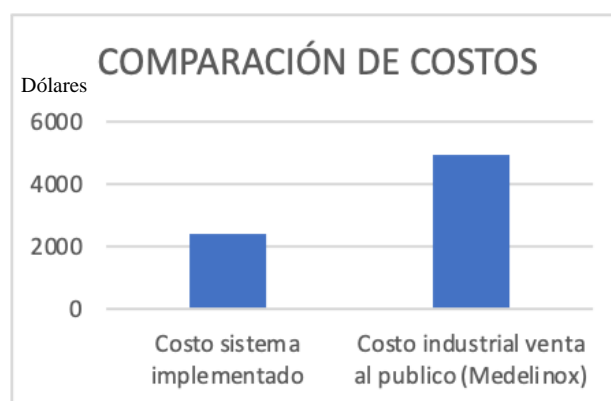


Figura.74. Comparación de presupuestos

V. CONCLUSIONES.

En este proyecto se ha realizado un sistema de almacenamiento de leche cruda a bajo costo, el cual permite controlar y supervisar los parámetros necesarios para la conservación de la leche.

Se lograron buenos resultados tras el diseño, construcción, implementación del sistema de almacenamiento, tras realizar varias pruebas de funcionamiento y medición se observó que cumple con los objetivos planteados, ya que los sensores se aproximan a los valores obtenidos con los instrumentos de medida utilizados para la

calibración y la leche conserva sus características como se pudo ver en la comparativa de medición de pH en figura 62.

En cuanto a la construcción de este tipo de sistema es importante tener en cuenta la calidad y el tipo de materiales que se utiliza, ya que, al estar siempre en contacto con leche y agua, se pueden producir daños en los mismos y contaminar la materia prima.

Al ser un sistema diseñado desde cero, y conocer los sensores que se iban a utilizar se pudo prever lugares en donde iban a tener una mejor lectura y un fácil acceso para realizar sustituciones en caso de ser necesario.

Este tipo de equipo al ser “plug and play” nos da la facilidad de transportarlo e instalarlo en cualquier lugar que posea una conexión de 220v a 60hz y una red Wifi con acceso a internet.

Para la medición de nivel se tomó en cuenta dos tipos de sensores, un sensor de presión diferencial y un sensor de ultrasonido, al estar sometidos a un ambiente de cambios de temperatura y movimiento de líquido, se producen distorsiones en la medición lo cual el sensor de ultrasonido es el que menor impacto tuvo a estas variaciones y dando un error tolerable que se puede observar en tabla 5.

Este sistema minimiza la necesidad de tomar muestras de leche para realizar mediciones de pH manualmente y a su vez poder visualizar los datos desde una página web y realizar análisis posteriores ya sea a tiempo real o de procesos realizados con anterioridad, ya que la base de datos almacena con fecha y hora.

El tiempo de enfriamiento de la leche se produce de una manera rápida debido al sistema de intercambio de calor que posee el equipo, el sistema de agitación también ayuda a este proceso debido a que mezcla homogéneamente el líquido en el interior del tanque.

Un problema que se podría presentar es el tener una mala conexión a internet, lo cual no detiene el proceso, pero no permite la visualización de los datos en tiempo real.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. M. S. K. M N Vijayakumar, «Exploratory Study on The Application of IoT In CNC, » 2018.
- [2] P. M. A. S. Vinod Kumar Verma, «Determination of adulteration in milk using ultrasonic technique, » IEEE, 2020.
- [3] D. G. H. Ali Yavari, «Internet of things milk spectrum profiling for industry 4.0 dairy and milk manufacturing, » IEEE, 2020.
- [4] P. V. F. Tadeo, «Design of robust controllers for a milk of lime blending tank, » IEEE, 1996.
- [5] A. K. Rajashekar B Somasagar, «Potentiometric and pH based electronic method for dilution detection in milk, » IEEE, 2017.
- [6] M. S. S. T. Russel Mhundwa, «Comparative analysis of the coefficient of performance of an onfarm direct expansion bulk milk cooler, » IEEE, 2017.
- [7] A. K. T. N. J. G. Tankiso A. Komako, «Smart Cooling System for Milk Transportation in Rural Areas, » IEEE, 2021.
- [8] P. M. M. D. Deepa, «Design of an IOT approach for Security Surveillance system for Industrial process monitoring using Raspberry Pi, » IEEE, 2019.
- [9] P. D. K. V. N. M. Prachi H. Kulkarni, «IoT Based Data Processing for Automated Industrial Meter Reader using Raspberry Pi, » IEEE, 2016.
- [10] A. E. Thomas Lee Scott, «CoAP based IoT data transfer from a Raspberry Pi to Cloud, » IEEE, 2019.
- [11] Packo Industries, «Packo Industry,» 2021. [En línea]. Available: https://www.packoindustry.com/en/cooling_tanks. [Último acceso: 12 01 2022].
- [12] Industriadelacteosblog, «Maquinaria Utilizada En Industria Láctea,» 2019. [En línea]. Available: <https://industriadelacteosblog.wordpress.com/maquinas/tanques-de-almacenamiento/>. [Último acceso: 10 01 2022].
- [13] Tetra Laval Group, «TetraPak Protege lo bueno,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.tetrapak.com/es-ec/solutions/processing/main-technology-area/membrane-filtration/filtration-processes>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [14] Maquinaria Utilizada En Industria Láctea, «Maquinaria Utilizada En Industria Láctea,» 2021. [En línea]. Available:

- <https://industriadelacteosblog.wordpress.com/maquinas/agitadores/>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [15]IntraNox, «INTRANOX,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.intranox.com/tanques-de-almacenamiento/tanques-de-leche>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [16]Cofrico, «Cofrico,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.cofrico.com/procesos-industriales/sala-refrigeracion-industria-lactea/>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [17]Tecumseh, «Tecumseh,» [En línea]. Available: <https://www.tecumseh.com/es/na/products/recipe/ae2425z-aa3c?pdf=datasheet>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [18]Hispania ficha técnica, «Hispania Refrigeracion,» [En línea]. Available: <https://hispaniarefrigeracion.com/>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [19]Ficha técnica, «Vostermans,» [En línea]. Available: <https://www.vostermans.com/es/ventilation/emi>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [20]D. S. Juan, «Cero grados celsius,» 2018. [En línea]. Available: <https://0grados.com/tubo-capilar/>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [21]WEG MOTORS, «Manual de especificaciones tecnicas,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Motor-de-Inducc%C3%ADon---NEMA/Usa-General-/TEFC-Hierro-Gris/W22/W22-/W22-High-Efficiency-1-HP-6P-145TC-3F-230-460-380-V-60-50-Hz-IC411---TEFC---Sin-pies/p/12822486>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [22]WEG, «Weg Motors,» 2019. [En línea]. Available: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb6/hbe/WEG-cfw10-manual-del-usuario-0899.5206-2.xx-manual-espanol.pdf>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [23]Vpc Pneumatics, «Bañuls,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.banulscys.com/neum%C3%A1tica-vpc/v%C3%A1lvulas-vpc/>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [24]Frio Import Peru, «Frio Import Peru,» [En línea]. Available: <https://frioimportperu.com/respuesto/bomba-de-agua-lavadora-lg/>. [Último acceso: 01 2022].
- [25]Century, Manual de usuario, shenzhen, 2019.
- [26]Moujen, «Interruptor de limite 7108,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.moujenswitch.com/product/mj-7108/>. [Último acceso: 2022].
- [27]Raspberry Pi Trading Ltd., Product Brief, 2021.
- [28]Arduino, Arduino Mega adk RB-Ard-26 Datasheet and instructions, 2017.
- [29]Unit electronics, [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-ph-liquido/>. [Último acceso: 2022].
- [30]Maximintegrated, «Maxim integrated,» 2019. [En línea]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>. [Último acceso: 2022].
- [31]E. J. Morgan, Hc-Sr04 Datasheet, 2014.
- [32]B. J.D., Modulo De Reles, 2019.
- [33]CHINT, «CHINT,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.chint.eu/productos?searchp=soluciones-paralaindustria&searchc=contactoresindustriales>. [Último acceso: 2022].
- [34]Unit Electronics, 2021. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-nivel-flotador-horizontal-para-arduino/>. [Último acceso: 2022].
- [35]Df Robots, «Df Robots,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1025.html>. [Último acceso: 2022].
- [36]Dronebot, «Taller Drone Bot,» 2019. [En línea]. Available: <https://dronebotworkshop.com/waterproof-ultrasonic/>. [Último acceso: 2022].
- [37]Socket.io, «Socket.io,» [En línea]. Available: <https://socket.io/>. [Último acceso: 02 2022].
- [38]node.js, «Node.js,» [En línea]. Available: <https://nodejs.org/es/about/>. [Último acceso: 02 2022].