



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA**

UNAN - MANAGUA

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

*2021 "AÑO DEL BICENTENARIO DE LA  
INDEPENDENCIA DE CENTROAMÉRICA"*

**SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN PROCESOS PARA LA  
ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO UTILIZANDO UN  
CONTROLADOR PLC EN LA HACIENDA "LOS TINCOS", EN EL  
MUNICIPIO EL TRÁNSITO, DEPARTAMENTO DE LEÓN DURANTE  
EL PERIODO 2021**

**AUTORES**

**HERNÁNDEZ GUARDADO ANTONY ALEXANDER 17040293  
CUADRA HERNÁNDEZ MAURICIO JOSUÉ 17040690**

**TUTOR**

**MSC. MILCIADES DELGADILLO SÁNCHEZ**

**ASESOR TECNOLÓGICO**

**MSC. OCTAVIO SALGADO MONTOYA**

**"A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD"  
02 DE DICIEMBRE DE 2021**

Propuesta de automatización en procesos para la elaboración de queso fresco utilizando un controlador PLC en la hacienda “Los Tincos”, en el municipio El Tránsito, departamento de León durante el periodo 2021

## **DEDICATORIA**

La presente tesis se la dedico primeramente a Dios, ya que él nunca me ha desamparado, al contrario, me ha brindado su amor infinitamente, gracias a él he logrado concluir con éxitos esta etapa de mi vida, a como lo es mi carrera.

A mis padres por todo el esfuerzo que han hecho por brindarme siempre lo mejor, por siempre estar a mi lado brindándome su apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona, sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

***Antony Alexander Hernández Guardado***

Le dedico el presente trabajo a mis padres, los principales promotores de este logro, quienes me apoyaron durante todo el transcurso de la carrera universitaria, y todo el esfuerzo que conllevo para ellos este periodo; apoyándome incondicionalmente en los momentos difíciles, brindándome su compañía y palabras de aliento; ambos merecen este gran triunfo.

***Mauricio Josué Cuadra Hernández***

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradecemos a Dios por cada detalle y momento durante la realización de nuestro trabajo de seminario de graduación, gracias a él por ser la base de nuestra moral, por cada día en el que nos permitió despertar no solo con vida, sino que también nos permitió continuar con salud, fuerzas y empeño, todo esto fue necesario para que la culminación de nuestro trabajo fuese posible.

Gracias a nuestros padres por el amor recibido, la dedicación y paciencia con la que cada día se preocupaban por el avance y desarrollo de este trabajo y la carrera en general. Gracias por ser los principales promotores de nuestros sueños, por cada día confiar y creer en nosotros y nuestras expectativas. Gracias también por cada consejo y cada una de sus palabras que nos guiaron durante este tiempo de vida transcurrido hasta el día de hoy. De igual manera agradecemos a nuestros hermanos que nos apoyaron emocionalmente durante todo este tiempo.

Agradecemos a nuestro distinguido, respetado y estimado tutor MSc. Milciades Delgadillo Sánchez y a nuestro asesor tecnológico MSc. Octavio Salgado Montoya, quienes nos instruyeron en gran manera durante todo el proceso de desarrollo de nuestro trabajo de seminario de graduación, le agradecemos infinitamente por cada detalle de atención, momentos dedicados y por la exactitud con la que nos guiaron durante esta última etapa de nuestra carrera profesional, para de esta manera haberla culminado exitosamente. Damos gracias especiales a todos los maestros que nos impartieron clases, quienes nos brindaron los cimientos teóricos, prácticos y didácticos de la ciencia estudiada en este trabajo, agradecemos por sus atenciones, apoyo y su gran disposición de ayuda para con nosotros.

Gracias a nuestra querida alma mater Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN - Managua) por habernos formado académicamente, agradecemos también al cuerpo de dirección del Departamento de Tecnología y sus respectivos docentes que lo conforman, quienes nos transmitieron todos sus conocimientos, mismos que el día de hoy se ven reflejados en la culminación de este trabajo.

## **RESUMEN**

El trabajo de Seminario de Graduación cuenta con (ocho acápites), mismos que se estructuraron con base a lo establecido por la Metodología de Investigación Científica. El acápite uno, introduce al lector al contenido del documento, presentando los componentes necesarios que dan sustento al estudio.

El acápite dos aborda la información que tenga relevancia con respecto a trabajos de investigación existentes que abalen sustancialmente la propuesta de automatización de este trabajo.

El acápite tres describe en su contenido la carencia que existe en la hacienda respecto a la incorporación de la automatización en la producción de queso y como la ausencia de esto repercute negativamente.

En el acápite cuatro se justifica la investigación, desde sus distintas dimensiones, principalmente vista desde el punto de automatización, definiéndose los principales beneficiarios directos e indirectos de la misma.

El acápite cinco presenta los objetivos que se pretenden cumplir, definiendo así el alcance del trabajo.

En el acápite seis están planteadas las definiciones de los principales aspectos relativos a la producción de queso, la automatización y demás elementos técnicos necesarios para la debida comprensión, consultando con diversas fuentes y entrevistas a trabajadores de la hacienda.

El acápite siete describe el modelo adoptado en el trabajo de Seminario de Graduación, de igual manera su enfoque y alcance, las unidades de análisis fundamentales y finalmente se presentan los métodos técnicos e instrumentos utilizados en la fase de recolección de datos.

En el acápite ocho se aborda los resultados de la investigación para la propuesta de automatización en procesos de producción de queso, así como los métodos ilustrativos, utilizando simuladores para demostrar el funcionamiento de la automatización de cada una de las etapas de producción.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	2
2.1. Contexto Internacional .....	2
2.2. Contexto Nacional.....	2
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
IV. JUSTIFICACIÓN .....	4
V. OBJETIVOS .....	5
5.1. Objetivo General .....	5
5.2. Objetivos Específicos .....	5
VI. MARCO TEÓRICO .....	6
6.1. Tratamiento de la leche.....	6
6.2. Pasteurización.....	6
6.3. Cuajo.....	6
6.4. Cloruro de calcio .....	6
6.5. Coagulación .....	7
6.6. Corte de la cuajada y su desuerado.....	7
6.7. Moldeo .....	7
6.8. Prensado.....	7
6.9. Salado.....	7
6.10. Refrigeración y afinado .....	8
6.11. Queso .....	8
6.12. Automatización .....	8
6.12.1. Parte operativa .....	8
6.12.2. Parte de mando.....	8
6.13. Motores .....	9
6.14. Bombas.....	9
6.15. Sensor de nivel .....	9
6.16. Sensor de viscosidad.....	9
6.17. Sensor de temperatura .....	9

6.18.	PLC.....	10
6.19.	HMI .....	10
VII.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	11
7.1.	Paradigma de investigación .....	11
7.2.	Enfoque de investigación .....	11
7.3.	Alcance de la investigación .....	11
7.4.	Métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.....	12
7.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	12
7.5.	Matriz de operacionalización de variables (MOVI) .....	13
VIII.	DESARROLLO .....	16
8.1.	Proceso de producción.....	16
8.2.	Análisis de elaboración actual de queso fresco en hacienda “Los Tincos” 17	
8.2.1.	Recepción.....	18
8.2.2.	Filtrado.....	18
8.2.3.	Distribución de la leche.....	18
8.2.4.	Adición de cuajante .....	18
8.2.5.	Cuajo .....	18
8.2.6.	Salado .....	18
8.2.7.	Corte y moldeado .....	19
8.2.8.	Ecurrimiento.....	19
8.2.9.	Empaquetado y refrigeración.....	19
8.3.	Tiempos de producción .....	19
8.4.	Diseño para la elaboración automatizada de queso fresco en la hacienda “Los Tincos” .....	19
8.4.1.	Identificación de las etapas del proceso a automatizar .....	20
8.4.2.	Identificación de las variables del proceso .....	22
8.4.3.	Herramientas y piezas mecánicas .....	23
	Llenado de tanque .....	23
	Estructura para motor .....	23
	Agitador .....	24
	Cortadora de cuajada .....	24
	Adicionador de ingredientes .....	24



Extracción de la cuajada.....	25
8.4.4. Incorporación del sistema de agua caliente y agua fría.....	25
8.4.5. Cálculos, dimensionamientos y selección de equipos eléctricos.....	27
Cálculo del número de Reynolds.....	27
Cálculo del número de potencia.....	28
Cálculo de la potencia del motor.....	29
Velocidad de motor mezclador.....	29
Voltaje de red.....	29
Cálculo de la corriente de motores.....	30
Cálculo de protecciones.....	30
Panel de control (HMI).....	31
Selección de motor para mezcla y corte.....	33
Selección de motor de giro, subir y bajar.....	34
Especificaciones:.....	34
Selección de sensor de temperatura.....	35
Características:.....	35
Selección de sensor de nivel.....	35
Selección de sensor de viscosidad.....	35
Selección de electroválvulas.....	35
Selección de bombas.....	36
Selección del PLC.....	36
Sistema eléctrico.....	37
8.4.6. Dimensionamiento del antes y el después de los procesos.....	41
8.4.7. Diagramas.....	42
Diagrama de flujo en modo operación.....	42
Diagrama de flujo en modo manual.....	44
Diagrama de flujo en modo automático.....	46
Diagrama de flujo de calentamiento.....	47
Diagrama de flujo de enfriamiento.....	48
Diagrama de flujo de adición de ingrediente.....	49
IX. CONCLUSIONES.....	53
X. RECOMENDACIONES.....	54

XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
XII.	ANEXOS.....	58
	Programación en software MyOpenLab.....	58
	Interfaz gráfica software MyOpenLab .....	59
	.....	59
	Programación utilizando software LogoSoft.....	60
	Ilustraciones.....	61
	Apéndice .....	66
	Presupuesto.....	67
	Entrevista.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Ilustración 1. Proceso general para la elaboración de queso .....	17
Ilustración 2. Etapa de producción actual en la hacienda Los Tincos .....	17
Ilustración 3. Diagrama de etapas a automatizar .....	20
Ilustración 4. Entrada y salida de agua caliente .....	26
Ilustración 5. Entrada y salida de agua fría .....	26
Ilustración 6. Relación entre número de Reynolds vs potencia .....	28
Ilustración 7. Panel de control HMI para producción de queso fresco.....	31
Ilustración 8. Circuito eléctrico para arriba, abajo y giro para motores de mezcla y corte (Fuente propia).....	37
Ilustración 9. Circuito eléctrico para arranque de motores de mezcla y corte (Fuente propia) .....	38
Ilustración 10. Arrancador con variador de frecuencia (Fuente propia).....	39
Ilustración 11. Circuito eléctrico para arranque de bombas (Fuente propia) .....	40
Ilustración 12. Programación en MyOpenLab para producción de queso (Fuente propia) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 13. HMI para programación en MyOpenLab (Fuente propia).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 14. Programación para PLC utilizando programa LogoSoft (Fuente propia) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 15. Dimensiones actuales del lugar de trabajo (Fuente propia) .....	41
Ilustración 16. Dimensiones de propuesta automatizada (Fuente propia).....	41
Ilustración 17. Diagrama de flujo modo operación (Fuente Propia).....	42
Ilustración 18. Diagrama de flujo modo manual (Fuente propia) .....	44
Ilustración 19. Diagrama de flujo en modo automático (Fuente propia) .....	46
Ilustración 20. Diagrama de flujo de calentamiento (Fuente propia) .....	47
Ilustración 21. Diagrama de flujo de enfriamiento (Fuente propia) .....	48
Ilustración 22. Diagrama de flujo adición de ingredientes (Fuente propia) .....	49
Ilustración 23. Pasteurización y enfriamiento de leche.....	61
Ilustración 24. Filtro de leche de alta eficacia.....	61
Ilustración 25. Cloruro de Calcio .....	61
Ilustración 26. Cuajo o cuajada .....	61
Ilustración 27. Moldeador de cuajada.....	62
Ilustración 28. Coagulación de leche, corte y desuerado de la cuajada.....	62
Ilustración 29. Baño de salmuera .....	62
Ilustración 30. Equipo para prensado de queso .....	62
Ilustración 31. Cuarto frío para refrigeración de queso .....	62
Ilustración 32. Motor eléctrico.....	63
Ilustración 33. Producto terminado queso fresco .....	63
Ilustración 34. Sensor de viscosidad .....	63
Ilustración 35. Bomba eléctrica .....	63
Ilustración 36. Sensor de temperatura .....	63
Ilustración 37. Controlador lógico programable .....	64

Ilustración 38. Interfaz hombre máquina .....	64
Ilustración 39. Llenado de tanque secundario y primario .....	64
Ilustración 40. Agitador con palas inclinadas.....	65
Ilustración 41. Estructura módulo para subir, bajar y girar motores .....	65
Ilustración 42. Cortadora de cuajada.....	66

## **I. INTRODUCCIÓN**

El trabajo de Seminario de Graduación tiene como finalidad entregar una propuesta para la automatización de los procesos que conllevan a la elaboración de queso fresco en la Hacienda Los Tincos en el municipio el Transito departamento de León.

Para lograr lo anteriormente descrito se recopilaron datos e información pertinentes en las diferentes etapas que intervienen en la producción de queso. Es importante mencionar que los datos fueron adquiridos directamente de la hacienda mediante visitas de campo, relacionando de esta manera los métodos utilizados en el lugar con los que actualmente utilizan las industrias lácteas automatizadas.

El enfoque y alcance que se describen en el trabajo se centran en la propuesta de diseño de un sistema automatizado que contemple el control de las etapas de llenado, pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada para la elaboración de queso fresco.

Finalmente, se muestran las simulaciones, que consiste en presentar la automatización de cada una de las etapas involucradas para la producción de queso, mismas que tienen como propósito, el añadir un valor agregado al producto en la hacienda.

## **II. ANTECEDENTES**

### **2.1. Contexto Internacional**

Desde hace algunos años al proceso de producción de queso se le ha venido implementando el uso de la tecnología con resultados positivos con respecto a los métodos tradicionales debido a su creciente demanda de consumo por parte de la población, sin embargo, el potencial de la tecnología no ha sido del todo aprovechado limitándose únicamente a cubrir ciertas partes de la producción.

En San José de Chánchalo-Ecuador que se dedica a la producción de lácteos por medio del procesamiento de la leche, entregando productos nutritivos, contribuyendo al rendimiento físico e intelectual de la familia. Inició con una producción baja de 400 quesos, llegando a producir en la actualidad hasta 15000 quesos mensuales. Como se puede observar se nota un crecimiento notable en la producción y una demanda que va en aumento, por lo tanto, la producción actual que se realiza en forma manual requiere mejorar su proceso y aumentar la producción para poder abastecer la creciente demanda y un mercado cada vez más competitivo (Orlando, 2005)

### **2.2. Contexto Nacional**

La incorporación de la automatización en las zonas rurales en Nicaragua ha sido lenta y paulatina, siendo su principal área la producción de alimentos derivados de la ganadería (queso) o el abastecimiento de suplementos alimenticios para los ganados, puesto que la industria no es una de las áreas más desarrolladas en el país, al ser una nación en vías de desarrollo. (propia, 2021).

La hacienda Los Tincos ubicada en el municipio El Tránsito departamento de León, es un lugar el cual no cuenta con ningún tipo de antecedente tecnológico aplicado a su producción de queso fresco.

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se puede determinar que las técnicas utilizadas normalmente en las haciendas ubicadas en zonas rurales del país que carecen de tecnologías presentan una ineficiencia con respecto a su producción, ya que contienen muchas irregularidades durante cada una de sus procesos, tal es el caso de la hacienda Los Tincos, por lo que es de vital importancia mencionar como la incursión de la tecnología mejora notablemente la estadística de elaboración.

Uno de los inconvenientes presente en la metodología tradicional para realizar el queso fresco en la hacienda, es que todo el proceso no se realiza de forma secuencial y en consecuencia genera tiempos de producción largos, dejando expuesta la materia prima a agentes contaminantes externos del proceso.

Un proceso muy importante que no está siendo incorporado para la producción de queso en la hacienda es la pasteurización, elemento básico para garantizar la salubridad del producto finalizado.

Debido a que al momento de mezclar y cortar la cuajada se necesita la acción de un obrero el resultado no queda homogéneo, produciendo más burbujas de aire en el interior del queso de las que normalmente quedan en el mismo.

La extracción de la cuajada actualmente se realiza manualmente, esto influye en que el producto esté al contacto directo de los trabajadores durante su traslado a otros recipientes, incurriendo a mayor esfuerzo, perdidas en el traslado y contaminantes.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

El presente documento está enfocado en realizar una propuesta de automatización en procesos para la elaboración de queso en la hacienda “Los Tincos”, que está directamente relacionado con la apropiación de componentes tecnológicos que se demandan en cada uno de los procesos para la producción de queso, contribuyendo de esta manera a la reducción de la brecha tecnológica en procesos relacionados con la ganadería en zonas rurales, enfocada en pequeños productores.

Debido que la hacienda no cuenta con un sistema automatizado en la producción de queso; ésta no se enfoca en propiciar la mejora de ambientes de elaboración, basados generalmente desde los primeros pasos para la preparación del mismo, dicho en otras palabras, la automatización en los procesos de llenado, pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada hará que estas necesidades mejoren sustancialmente.

La implementación del sistema automático, permitirá determinar que la hacienda obtenga un incremento sustancial en la calidad del producto y la producción. A nivel de elaboración el desarrollo de la sistematización tiene un alto grado de importancia, debido a que, en la actualidad, se requieren esfuerzos de personas para cumplir con cada uno de los pasos de producción, en lo cual el error humano en el proceso es inevitable, además de pérdidas en la materia prima, mezclas no homogéneas y tiempos largos de producción, por lo tanto, la automatización, al incorporarse desde el principio y dando continuidad hasta la finalización del proceso, sería un propulsor considerable para desarrollar el producto en la hacienda obteniendo resultados satisfactorios, teniendo así: productividad, calidad, mayor consistencia, flexibilidad, información más precisa, seguridad, reducción de costes, mejores condiciones laborales, mejor valor añadido y mejora la capacidad humana.



## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Proponer un sistema automatizado en procesos de (llenado, pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada) para la producción de queso fresco utilizando un controlador PLC en la hacienda “Los Tincos”.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- a) Realizar un estudio analítico y de recopilación de información sobre procesos de elaboración de queso fresco que se emplean actualmente en la hacienda.
- b) Diseñar un sistema automatizado, donde se controle las etapas de llenado, pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada para la elaboración de queso fresco.
- c) Demostrar mediante simulaciones la propuesta del sistema automatizado, cumpliendo con cada una de las etapas para la elaboración de queso fresco.

## **VI. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Tratamiento de la leche**

Es importante que la leche que entra a la quesera esté pura y limpia, haciéndola apta para la fabricación de derivados lácteos. Esta etapa consiste en el filtrado de la leche para eliminar sustancias extrañas que se pudieron adherir al momento del ordeño y traslado. Luego, puede añadirse o eliminarse nata, según el tipo de queso que se quiera elaborar. (propia, 2021) Anexo, ilustración 15.

### **6.2. Pasteurización**

Cuando se extrae la leche posee microorganismos, por lo cual es necesario destruirlos sometiendo la leche a tratamientos térmicos, el uso inapropiado de la regulación de la temperatura puede ocasionar transformaciones no deseables en la leche, que pueden ocasionar variaciones en su sabor, rendimiento y calidad.

La pasteurización es un proceso alimenticio en el cual se incrementa la temperatura de un producto líquido a un nivel apenas inferior al necesario para su ebullición, para luego ser enfriado con gran rapidez. Con la pasteurización se logra reducir los microorganismos presentes en el producto lácteo sin que esto afecte a las características propias del alimento (Interempresas, 2018) Anexo, ilustración 16.

### **6.3. Cuajo**

Ahora podemos encontrar el cuajo líquido en las farmacias, este preparado nos facilita la elaboración de queso casero porque está listo para ser aplicado a la leche que se quiere cuajar. Además del cuajo natural, existe un cuajo artificial producido a partir de una bacteria, un moho y una levadura, el resultado es una versión de la quimosina. Se trata de un 'cuajo vegetal' que imaginamos, será la opción de los vegetarianos y también de buena parte de la industria quesera (Gastronomía&Cía, 2009) Anexo, ilustración 17.

### **6.4. Cloruro de calcio**

El cloruro de calcio o cloruro cálcico ( $\text{CaCl}_2$ ) es una sal de calcio muy utilizada como aditivo alimentario. En la elaboración de quesos, se utiliza para reforzar el contenido en calcio de una leche que ha sido pasteurizada, proceso que en parte destruye el

calcio natural. La falta de calcio impide un cuajado efectivo y con ello la elaboración. (cocinista, s.f.) Anexo, ilustración 18.

### **6.5. Coagulación**

En la canoa donde se trata la leche se eleva la temperatura, y se le agregan, de acuerdo al tipo de queso, fermentos lácticos o coagulantes de tipo vegetal o animal (cuajo).

Después del proceso de coagulación, la leche se convierte de un estado líquido a un estado semisólido, esto se da como consecuencia de la agrupación de las micelas de la proteína “caseína”, dando como resultado un gel (cuajada) que conserva los glóbulos de grasa, agua y sales. (propia, 2021) Anexo, ilustración 19.

### **6.6. Corte de la cuajada y su desuerado**

Esta etapa consiste que una vez concluido el tiempo de coagulación corroborando que la cuajada tiene la firmeza y textura apropiada, se lleva a cabo el corte usando herramientas denominadas cortadores o cuchillas que presentan una estructura de hilos firmes y paralelos entre sí. (propia, 2021) Anexo, ilustración 19.

### **6.7. Moldeo**

En este paso se llena con granos de la cuajada moldes utilizados en la quesera. En algunos casos estos moldes pueden ser de acero inoxidable o de plástico alimenticio, aunque en algunos lugares todavía se siguen utilizando moldes de esparto o de madera. (propia, 2021) Anexo, ilustración 20.

### **6.8. Prensado**

Cuando la cuajada está en los moldes pasa al prensado, que tiene como objetivo establecer la forma final al queso, escurrir el suero y expulsar el aire contenido entre los granos y de esta forma ayudar a la unión de la cuajada. Todo este paso se ajusta de acuerdo a los requisitos del tipo de queso que se desee producir en cuanto a variable de fuerza y tiempo. (propia, 2021) Anexo, ilustración 21.

### **6.9. Salado**

Tiene como finalidad principal controlar el proceso microbiano y prevenir de esta manera el crecimiento de microorganismos no deseables, además de aportar al

desuerado de la cuajada, darle textura y aumentar el sabor. Existen dos maneras de poder llevar a cabo este proceso, una de ellas es recubriendo la superficie del queso con cloruro de sodio, y la otra forma es por inmersión en un compuesto de agua y sal. (propia, 2021) Anexo, ilustración 22.

#### **6.10. Refrigeración y afinado**

En este proceso los quesos son enviados a cámaras de refrigeración donde se regula la temperatura, la humedad y el flujo de aire, donde se conservan por un tiempo, determinado por la quesera. Este paso procura darle forma y cuerpo definitivo al producto para su posterior comercialización (propia, 2021) Anexo, ilustración 23.

#### **6.11. Queso**

Según el código alimentario se define queso al producto fresco o madurado, sólido o semisólido, obtenido a partir de la coagulación de la leche (a través de la acción del cuajo u otros coagulantes, con o sin hidrólisis previa de la lactosa) y posterior separación del suero (Licata, 2021) Anexo, ilustración 24.

#### **6.12. Automatización**

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. (Autómatas programables, 2001)

##### **6.12.1. Parte operativa**

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera entre otros componentes. (Autómatas programables, 2001)

##### **6.12.2. Parte de mando**

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable

está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado. (Autómatas programables, 2001)

### **6.13. Motores**

El motor eléctrico es un artefacto que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, de manera que puede impulsar el funcionamiento de una máquina. Esto ocurre por acción de los campos magnéticos que se generan gracias a las bobinas, (aquellos pequeños cilindros con hilo metálico conductor aislado). (ConceptoDefinición, 2019) Anexo, ilustración 25.

### **6.14. Bombas**

Las bombas son máquinas que se emplean para bombear líquidos de un lugar a otro, sin importar el fluido. Se emplean, en su mayoría, para drenar recipientes, desocupar piscinas, pozos sépticos, regar cultivos y abastecer de agua un lugar, entre otros. (Hidromec, 2018) Anexo, ilustración 26.

### **6.15. Sensor de nivel**

Los sensores de nivel se emplean en la medición de niveles. Suelen emplearse especialmente para la medición de nivel continua de líquidos y productos a granel. En sentido amplio, el interruptor de límite de nivel, que dispara una reacción cuando el nivel llega a una altura determinada, también es un sensor de nivel. (RECHNER, s.f.)

### **6.16. Sensor de viscosidad**

Un sensor de viscosidad es un instrumento electrónico empleado para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido. (propia, 2021) Anexo, ilustración 27.

### **6.17. Sensor de temperatura**

Los sensores de temperatura son componentes eléctricos y electrónicos que, en calidad de sensores, permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. Dicha señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia. También se denominan sensores de calor o termosensores. (RECHNER, s.f.) Anexo, ilustración 28.

### **6.18. PLC**

Es una computadora industrial que usa la ingeniería para la automatización de procesos y tiene como finalidad, que las máquinas desarrollen efectivamente todos los sistemas que la componen. Gracias a estas bondades los PLC se han convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo tecnológico de las industrias y todo el entorno social. (Wong, 2021) Anexo, ilustración 29.

### **6.19. HMI**

Una interfaz hombre-máquina (HMI) es una interfaz de usuario o panel que conecta a una persona a una máquina, sistema o dispositivo. Si bien el término puede aplicarse técnicamente a cualquier pantalla que permita a un usuario interactuar con un dispositivo, la HMI se usa más comúnmente en el contexto de un proceso industrial. (Wong, 2021) Anexo, ilustración 30.

## **VII. DISEÑO METODOLÓGICO**

A continuación, se muestra la ruta metodológica del estudio, partiendo de la narrativa del paradigma de investigación asumido, el enfoque, el alcance, técnicas de recogida de datos y plan de procesamiento de los mismos.

### **7.1. Paradigma de investigación**

El paradigma de investigación que se adoptó es el cualitativo, debido a que posee el concepto más apropiado para realizar el presente trabajo, el cual propone que “en las ciencias sociales deben considerarse los significados subjetivos y la comprensión del contexto donde ocurre un fenómeno, más allá de las mediciones que se pudieron hacer sobre ellos” (Ramos, 2015)

### **7.2. Enfoque de investigación**

El enfoque de la investigación es cualitativo, el cual se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto. “El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados. El enfoque cualitativo es recomendable cuando el tema del estudio ha sido poco explorado o no se ha hecho investigación al respecto en ningún grupo social específico” (Sampieri, 2014); se utilizó este enfoque debido a que es el que guiará los procesos de la presente propuesta, tomando en consideración las variables del fenómeno de estudio, factor que es elemental para este proceso investigativo.

### **7.3. Alcance de la investigación**

Esta investigación es de carácter exploratoria porque se estudia sobre un problema poco mencionado en este tipo de procesos, indagando desde una perspectiva innovadora, para promover una tecnología de producción de alimentos derivados de productos lácteos. Además, de considerarse un factor importante para el desarrollo productivo en zonas rurales, se estaría preparando el terreno para una propuesta vanguardista que promueva la competitividad, calidad y efectividad de pequeños productores, así como abrir una brecha de la misma o mayor magnitud,

ejemplo de ello sería el fomento del uso de la tecnología de automatización en haciendas rurales a nivel nacional.

Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados (Fannery Suárez, 2012)

#### **7.4. Métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos**

A continuación, se describe la forma y los medios para la recolección de datos, así como su plan de análisis.

##### **7.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Desde el enfoque cualitativo se realizarán tanto entrevistas (a grupo de colaboradores de la hacienda Los Tincos) como análisis de datos (variables presentes en la hacienda).

#### **Entrevista**

La entrevista se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otros (entrevistados). Según (Janesick, 1998) citado en (Sampieri, Collado, Lucio, Baptista, & Pilar, 2004, pág. 418) en la entrevista, a través de las preguntas y respuestas, se logra una comunicación y la construcción conjunta de significados respecto a un tema.

“Las entrevistas como herramienta para recolectar datos cualitativos, se emplean cuando el problema de estudio no se puede observar o es muy difícil hacerlo por ética o complejidad... y permiten obtener información personal detallada” (Greswell, 2009) citado en (Sampieri, Collado, Lucio, Baptista, & Pilar, 2004, 12ctua. 418-419).

Los tipos de preguntas que se utilizaron para las entrevistas a realizar según (Grinnell, Williams y Unrau 2009) citado en (Sampieri, Collado, Lucio, Baptista, & Pilar, 2004, 12ctua. 419-420) son:



Preguntas Generales: Parten de planteamientos globales para dirigirse al tema que interesa al entrevistador. Son propias de las entrevistas abiertas.

- Preguntas para ejemplificar: Sirven como disparadores para exploraciones más profundas, en las cuales se les solicita al entrevistado que proporcione un ejemplo de un evento, un suceso o una categoría.

- Preguntas para contraste: Al entrevistado se le cuestiona sobre similitudes y diferencias respecto a símbolos o tópicos, y se les pide que clasifique símbolos en categorías.

Por otra parte, tomando en cuenta el criterio de (Mertens, 2005) citado en (Sampieri, Collado, Lucio, Baptista, & Pilar, 2004, pág. 420), se utilizaron los siguientes tipos de preguntas:

- De opinión: Ejemplo; Desde su punto de vista, ¿Cuál crees usted que es el problema en este caso...?

- De conocimiento: Ejemplo; ¿Qué sabe usted de las causas que provocaron el problema...?

### **Análisis de los datos**

Los datos cualitativos producto de las entrevistas se analizaron con respecto a la realidad propia del fenómeno para así poder valorar las posibles alternativas de soluciones a las problemáticas presentes en la hacienda.

#### **7.5. Matriz de operacionalización de variables (MOVI)**

<b>Objetivo General</b>	<b>Proponer un sistema automatizado en procesos de (pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada) para la producción de queso fresco utilizando un controlador PLC en hacienda “Los Tincos”.</b>
-------------------------	---

Objetivos Específicos	Variables Conceptuales	Subvariables o Dimensiones	Variable Operativo o Indicador	Técnicas de Recolección de Datos e Información
<p><u>Objetivo Específico 1</u></p> <p>Realizar un estudio analítico y de recopilación de información sobre procesos de elaboración de queso que se emplean actualmente en la hacienda.</p>	Realizar	Estudio analítico y recopilación de información	Recaudación de variables de datos	Entrevista
		Elaboración de queso en la hacienda Los Tincos	Procesos con los que cuenta la hacienda	Observación: visitas de campo a la hacienda Los Tincos
		Cantidad de producción diaria		
<p><u>Objetivo Específico 2</u></p> <p>Diseñar un sistema automatizado, donde se controle las etapas de pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes,</p>	Sistema automatizado de control de procesos para producción de queso.	Tipos de componentes electrónicos	Componentes electrónicos que se adecuen a las necesidades de producción	Consultas

<b>mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada para la elaboración de queso fresco.</b>		<b>Incorporación de etapas de producción adicionales</b>		<b>Especificación Técnica de los componentes</b>
<u><b>Objetivo Específico 3</b></u>  <b>Demostrar mediante simulaciones la propuesta del sistema automatizado, cumpliendo con cada una de las etapas para la elaboración de queso fresco.</b>	<b>Simulación de procesos de elaboración</b>	<b>Software de diseño</b>	<b>Programas usados para crear un diseño de cada una de las etapas involucradas en la producción de queso</b>	<b>Lógica de programación</b>

*Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables (propia, 2021)*

## **VIII. DESARROLLO**

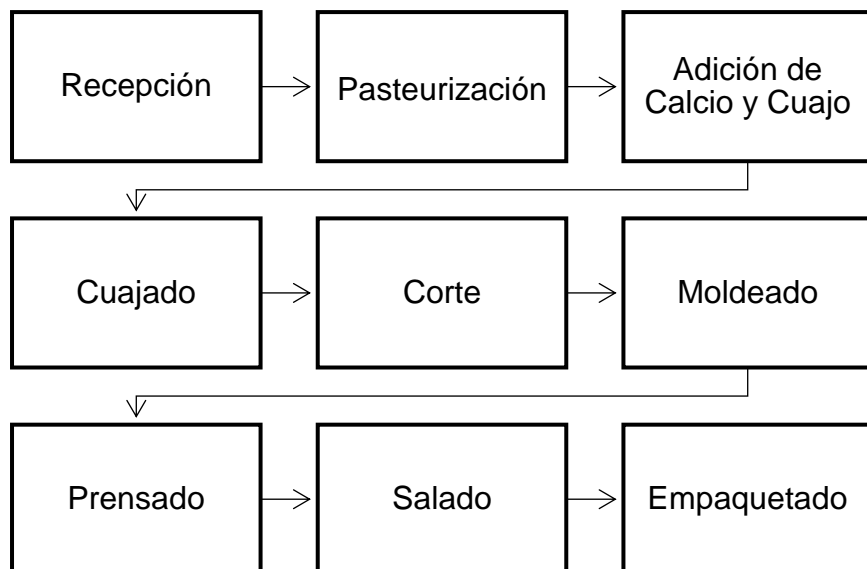
En esta sección se menciona un análisis de la elaboración de queso fresco que actualmente se utiliza en la hacienda Los Tincos, además se propone el diseño de construcción para la propuesta del sistema de control automatizado para mejorar los procesos de producción de queso en la finca, tales como: llenado, pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada.

Este sistema constará con una interacción amigable y sencilla de utilizar para el operario, al estar dotado de un panel de control HMI, el mismo que permitirá visualizar el estado y etapa del proceso, se utilizarán bombas para transportar la materia prima del tanque secundario al tanque primario, para realizar el proceso de pasteurización y enfriamiento, y para la extracción de la cuajada; con la asistencia de sensores de nivel de líquido se logrará indicarle al sistema y al operario cuando los tanques lleguen a sus niveles para funcionamiento, tanto para el tanque primario, secundario, el tanque de agua caliente y agua fría; los sensores de temperatura indicarán al sistema el momento exacto para agregar ingredientes; por medio de electroválvulas se aplicarán los ingredientes necesarios para coagular la leche y el acceso de agua caliente y fría; con un sensor de viscosidad se logrará identificar cuándo la materia prima en el tanque primario ha llegado al punto de coagulación; para el cambio de herramienta de mezclado y corte se utilizará un módulo de motores para realizar elevación, bajada y giro.

### **8.1. Proceso de producción**

Para la producción de queso fresco se utiliza como materia prima la leche de vaca, además se utiliza cuajo artificial que permite el cambio físico de la leche para obtener cuajada. A como se aprecia en la *Ilustración 1* el proceso general consta de nueve etapas.

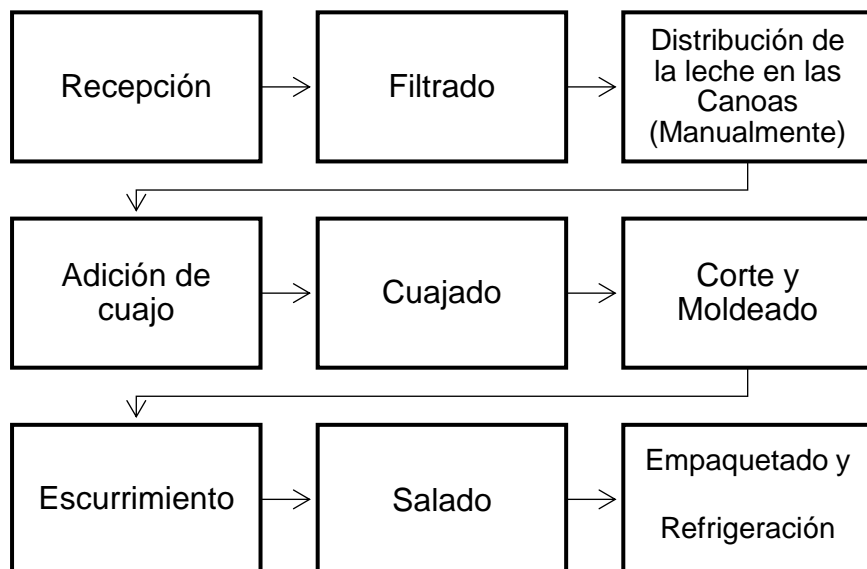
Se puede observar que los pasos consecutivos para la elaboración de queso fresco corresponden a un método sistemático, procurando en todo momento obtener el mayor rendimiento posible de la materia prima, viéndose en la calidad y cantidad de quesos producidos.



*Ilustración 1. Proceso general para la elaboración de queso*

## 8.2. Análisis de elaboración actual de queso fresco en hacienda “Los Tincos”

En la *Ilustración 2* se observan los pasos que están siendo desarrollados de forma manual para la elaboración de queso fresco en la hacienda.



*Ilustración 2. Etapa de producción actual en la hacienda Los Tincos ( (propia, 2021))*

### **8.2.1. Recepción**

La leche es recolectada directamente de la hacienda Los Tincos, ya que ésta se dedica únicamente a la producción de leche con fines de elaborar queso. Para el proceso de recolección los obreros ordeñan a las vacas en dos sesiones, por la mañana y por la tarde, obteniendo en la primera ronda una cantidad de 230 galones y en la segunda 140 galones. En este proceso intervienen tres personas y la leche que es ordeñada es directamente depositada en tubería que se dirige al cuarto donde se produce el queso.

### **8.2.2. Filtrado**

El filtrado únicamente se encarga de quitar cualquier partícula externa a la leche que se pudo adherir en el ordeñamiento y traslado de la materia prima. Este método utilizado en la finca consta de un pedazo de tela a modo de filtro, el cual está ubicado en la entra de la tubería que se dirige a la sección de producción de queso.

### **8.2.3. Distribución de la leche**

La leche proveniente de la tubería es depositada a un recipiente llamado canoa, de ahí es repartido a dos canoas más, esto lo hace un operario de manera manual con una cubeta hasta completar el llenado de todos los recipientes.

### **8.2.4. Adición de cuajante**

Una vez distribuida la leche en cada una de las canoas, un operario procede a agregar el cuajo y una pequeña porción de cloro, cada uno de estos ingredientes se aplican de manera no simultanea ya que deben esperar que cada uno reaccione con la leche.

### **8.2.5. Cuajo**

Concluyendo la adición de ingredientes el resultado que queda de la leche es una cuajada. Cabe mencionar que se necesita un intervalo de tiempo de 45 minutos aproximadamente para que el cuajante cumpla con su función.

### **8.2.6. Salado**

El personal deposita cloruro de sodio en cada uno de los recipientes de manera uniforme y se revuelve la mezcla.

### **8.2.7. Corte y moldeado**

Con la cuajada ya semi sólida, los trabajadores proceden a utilizar herramientas de corte para darle forma y así tener mejor manipulación en porciones pequeñas.

### **8.2.8. Escurrimiento**

Cada una de las porciones de la cuajada se depositan en compartimientos diseñados para que el suero excedente se escurra y así darle firmeza al queso.

### **8.2.9. Empaquetado y refrigeración**

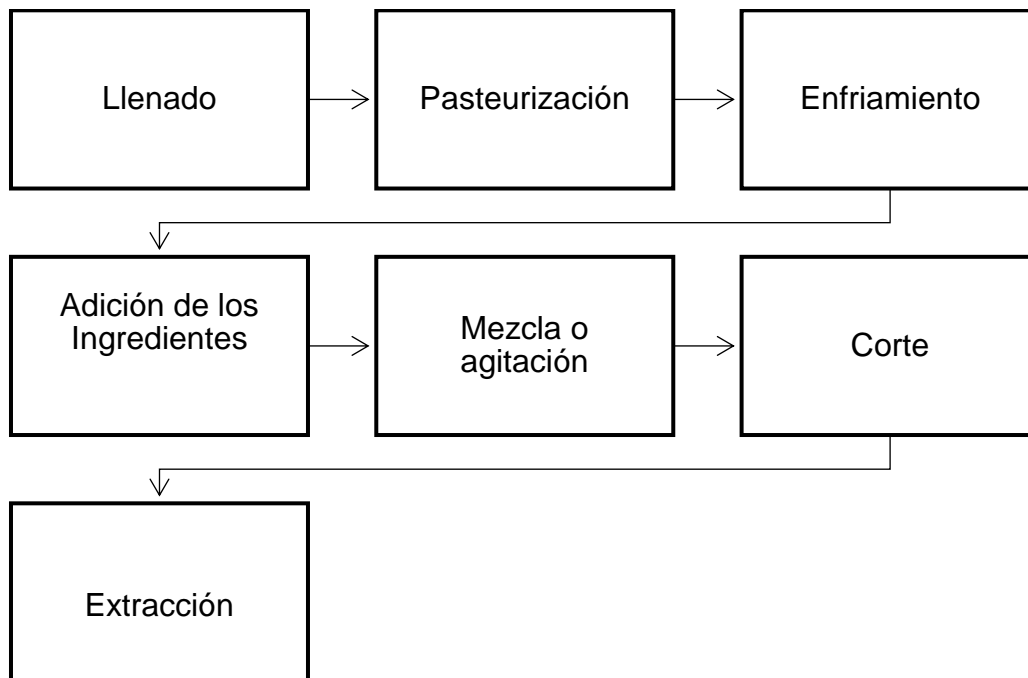
Una vez escurrido el producto se procede a transportar con todo y el recipiente donde se escurrió a un cuarto frío para su refrigeración, pasando 8 horas para su posterior venta.

## **8.3. Tiempos de producción**

El tiempo está determinado por cada uno de los factores que comprenden los procesos de producción de queso fresco, estos aspectos actualmente en la hacienda Los Tincos contemplan periodos de tiempo muy largos; los cuales está contemplado por la distribución de la materia prima a los diferentes recipientes, la agitación manual, el tiempo que demora el cuajante para que haga efecto en la leche, adición de ingredientes, corte y extracción de la cuajada. Todo esto suma a un tiempo estimado de tres horas y treinta minutos, asumiendo que todos los procesos se realicen de forma sistemática, obviando las pausas que los trabajadores realizan para descansar.

## **8.4. Diseño para la elaboración automatizada de queso fresco en la hacienda “Los Tincos”**

La propuesta está enfocada en la automatización de las etapas de llenado, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada, además de incluir otros procesos que no se hacen actualmente en la hacienda, tales como: pasteurización y enfriamiento. Las etapas ya existentes son realizadas de manera manual, siendo necesario la intervención de colaboradores de la hacienda para realizar todo el proceso, lo cual genera un sin número de contratiempos.



*Ilustración 3. Diagrama de etapas a automatizar (propia, 2021)*

Para el desarrollo de la automatización de los procesos para la elaboración de queso fresco en la hacienda Los Tincos es necesario enfocar no solo los efectos de producción, sino también el impacto directo en la rentabilidad económica e industrial dentro del campo de producción de lácteos.

Por este motivo, para poder llevar a cabo la implementación de automatización es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Identificar las etapas del proceso a automatizar
- Conocer las variables del proceso
- Selección de herramientas y piezas mecánicas
- Incorporar sistemas de vapor y agua
- Cálculo, dimensionamiento y selección de equipos eléctricos
- Programación del controlador PLC

#### **8.4.1. Identificación de las etapas del proceso a automatizar**

Tomando en cuenta el estado actual de funcionamiento, se determina que es necesario incorporar la automatización en los procesos de llenado, pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada.



<b>PROCESO</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>DETALLE</b>
Llenado	Deposito principal y deposito secundario	La leche es transportada a cada una de las canoas con recipientes manualmente
	Niveles de llenado	Se basa bajo del criterio de observación de los trabajadores
Pasteurización	Calentamiento	No existe bomba para sistema de ingreso y electroválvula para purga de agua caliente
	Temperatura	No utilizan ningún método para medir la temperatura a la que se encuentra la materia prima
	Agitación	Es necesario la presencia permanente de un empleado realizando la mezcla manualmente
Enfriamiento	Sistema de tuberías	No existe bomba para sistema de ingreso y electroválvula de purga de agua fría
	Temperatura	No utilizan ningún método para medir la temperatura
Adición de ingredientes	Adición de calcio	La incorporación y mezcla es manual con cálculos imprecisos dependiendo de la cantidad de materia
	Adición de cuajo	
Mezcla o agitación	Mezcla no uniforme	La mezcla la realiza un operario y no queda completamente homogénea, además de llevar mucho tiempo y esfuerzo realizando este proceso
Corte de la cuajada	Herramientas de corte	El corte de la cuajada está determinado por la fuerza del operario

Extracción	Traslado	Se realiza manualmente estando en contacto con el operario y generando más tiempo de producción
------------	----------	---

Tabla 2. Reconocimiento de problemas en la producción manual ( (propia, 2021))

#### 8.4.2. Identificación de las variables del proceso

En todo el proceso de producción las variables más importantes son la temperatura, el nivel de llenado y la viscosidad, ya que de la recolección de información proporcionada por los sensores depende qué acción deberá tomar el PLC al momento de la implementación de la automatización en los procesos.

VARIABLES DEL PROCESO	
Sensor tanque secundario (STS)	Se encarga de medir el nivel bajo de leche en el tanque secundario, indicando si no hay producto en él.
Sensor bajo tanque primario (SBTP)	Al igual que el sensor STS, el SBTP mide cuando no existe leche en el tanque primario.
Sensor tanque primario (STP)	Este sensor se encarga de indicar el nivel máximo del tanque primario, así evitando rebalsar producto.
Sensor de viscosidad (SV)	Encargado de indicar cuando la cuajada llega a su punto de viscosidad para ser retirada del tanque.
Sensor de temperatura	Mide cuando la temperatura llega hasta los 85°C y luego baja hasta los 45°C
Nivel tanque agua caliente (NTAC) Nivel tanque agua fría (NTAF)	Estos sensores miden cuando el nivel del tanque de agua caliente y agua fría baja hasta el 70%

Tabla 3. Variables presentes en el proceso ( (propia, 2021))

### 8.4.3. Herramientas y piezas mecánicas

Para desarrollar el proyecto en simuladores, es necesario la incorporación e ilustración de los tanques, movimiento de la materia prima por las tuberías; motores, bombas, mecanismo para adición de ingredientes, tuberías para llenado y extracción, sensores y electroválvulas.

Para todas las piezas y herramientas mecánicas que se utilicen es de vital importancia determinar las medidas de la canoa principal donde se efectuará la automatización. Debido a que el total de materia prima que recolecta la finca es de 230 galones por la mañana y 140 galones por la tarde, la canoa principal deberá tener los aspectos presentes en la siguiente tabla.

<b>MEDIDA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Volumen	1130	Litros
Temperatura máxima	152	Grados Celsius
Diámetro interno	1200	Milímetros
Diámetro externo	1450	Milímetros
Altura en el borde	1850	Milímetros

*Tabla 4. Medidas de la Canoa*

#### **Llenado de tanque**

Existirá un tanque secundario el cual lo llenarán manualmente los operarios con la materia prima, y el tanque primario será llenado automáticamente por una bomba que estará accionada por el PLC dependiendo de los valores de referencia de los sensores de nivel puestos tanto en el tanque secundario, como en el tanque primario. Anexo, ilustración 30.

#### **Estructura para motor**

La estructura para soportar el motor y quedar en el área de trabajo sobre la canoa estará comprendida por un soporte maniobrado con tres motores de los cuales dos actuarán elevando o bajando cada uno de los soportes verticalmente, y el otro actuará girando horizontalmente. Anexo, ilustración 31.

## **Agitador**

El agitador juega un papel muy importante dentro del proceso, ya que de este dependerá la transferencia uniforme de calor al momento de calentar, además de disminuir el tiempo de enfriamiento por la acción de mover la materia prima uniformemente. El agitador seleccionado es uno de tipo paletas planas inclinadas, el mismo que por sus características permite una distribución del calor en todo el fluido, además generando corrientes que contrarrestan los efectos de las fuerzas centrifugas de la agitación. Anexo, ilustración 32

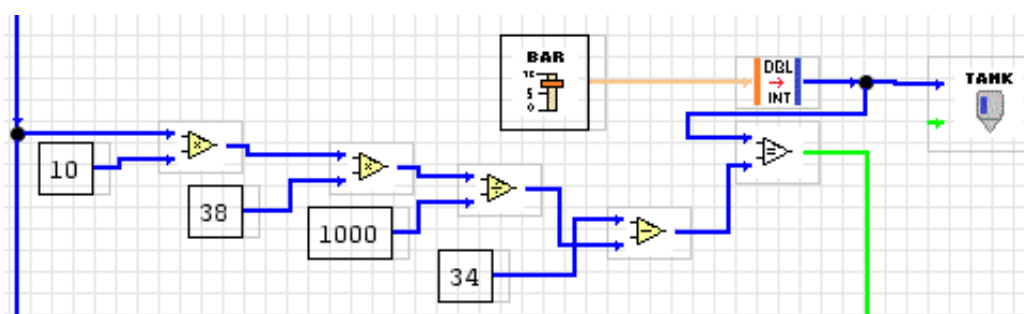
## **Cortadora de cuajada**

Es una herramienta que mediante hilos de nylon realiza el corte de la cuajada, formando pedazos, los cuales serán transportados a los moldes para la realización de los quesos, debido a que además del mezclado se necesita el corte del producto, el módulo de subir, bajar y girar motores realizará el posicionamiento de cada uno de los motores para que realice su trabajo. Anexo, ilustración 33

## **Adicionador de ingredientes**

Para la incorporación de ingredientes se utilizaría un mecanismo que se compone de dos electroválvulas conectados mediante tuberías directamente a la canoa principal donde se encuentra la leche.

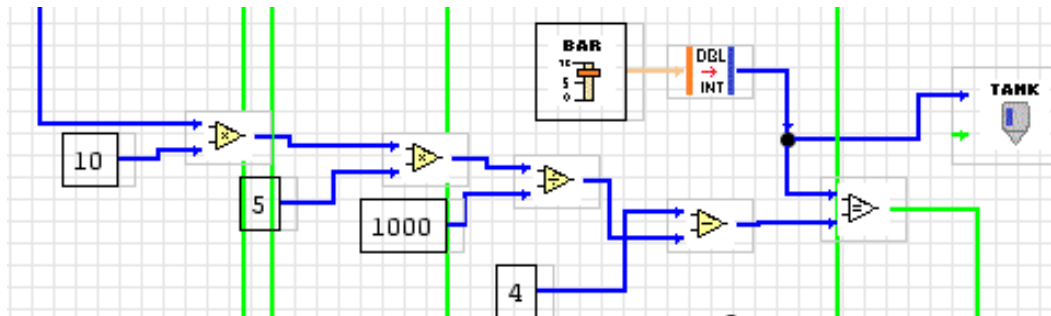
### Adición de Calcio:



El sistema de adición de calcio cuenta con propiedades que le permiten incorporar la cantidad necesaria de la sustancia dependiendo de la cantidad de leche seteada. En donde por 1 litro de leche se necesita 15 ml de calcio. Por ejemplo, si se desea trabajar con 450 litros, entonces se debe setear a 45 % ya que cada por ciento del selector representa 10 litros. Al setaerlo a 45 este dígito se multiplica por 10, luego

por 38 que representa la cantidad de calcio por galón, luego se divide entre 1000 para convertirlos a litros y por último se resta a la cantidad máxima de tolerancia del recipiente de calcio. Una vez se lleva a cabo toda la operación, esto es evaluado por un sensor analógico de nivel, el cual se encargará de activar o desactivar las electroválvulas.

#### Adición de cuajo:



En el sistema de adición de cuajo, por 1 litro de leche se necesita 0,5ml de cuajo. Entonces, por ejemplo, si se desea trabajar con 450 litros, entonces se debe setear a 45 % ya que cada por ciento del selector representa 10 litros. Al setarlo a 45 este dígito se multiplica por 10, luego se multiplica por 5 que representa la cantidad de cuajo por litro, se divide entre 1000 para lograr la conversión a litros y por último a la cantidad total se le resta 4.

#### **Extracción de la cuajada**

Para realizar la extracción de la cuajada sin tener el contacto con el operario, se utilizará una bomba que drene la cuajada hacia un recipiente con orificios para realizar el desuerado de la cuajada.

#### **8.4.4. Incorporación del sistema de agua caliente y agua fría**

Para que el proceso de pasteurización y enfriamiento sea automatizado es necesario incorporar bombas y electroválvula para su control automático. Las bombas serán las encargadas de circular el agua caliente o agua fría en el tanque primario; mientras que las electroválvulas permitirán la purga ya sea de agua fría o caliente.

En el proceso actual para la elaboración de queso en la hacienda Los Tincos no cuentan con estos sistemas para lograr el proceso de pasteurización y enfriamiento, así que se deben incorporar para proporcionar un valor agregado a la producción y sacarle el máximo provecho a la materia prima.

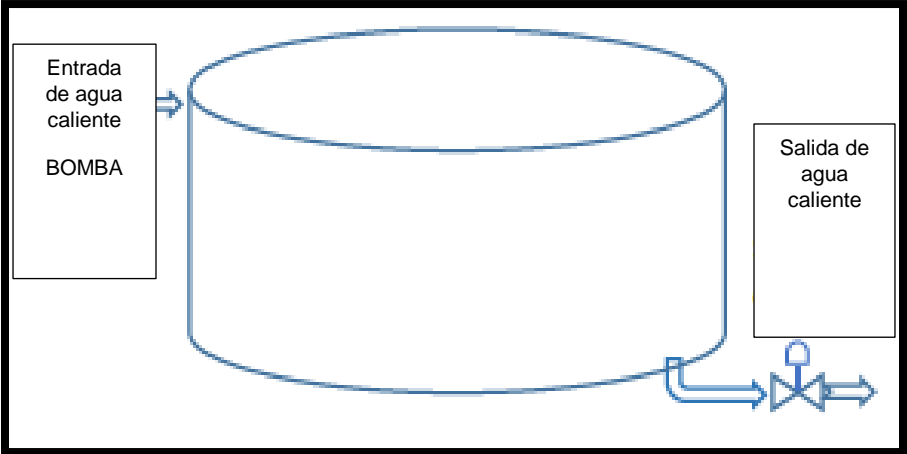


Ilustración 4. Entrada y salida de agua caliente ( (propia, 2021))

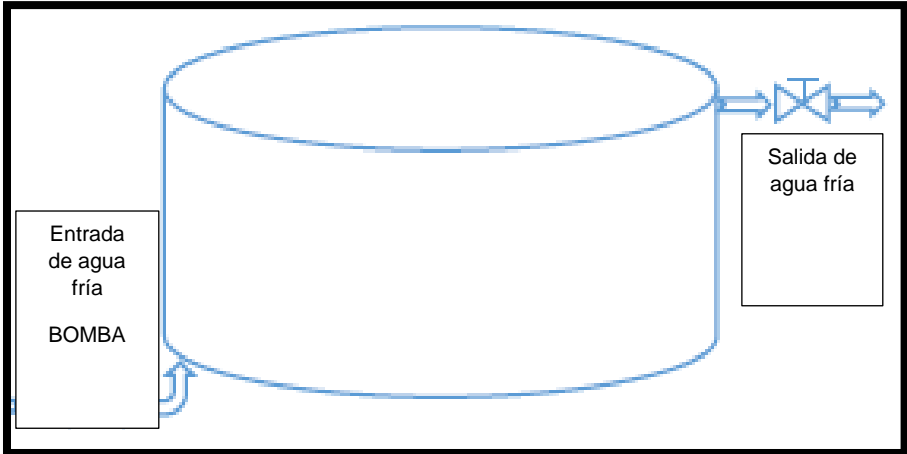


Ilustración 5. Entrada y salida de agua fría ( (propia, 2021))

#### 8.4.5. Cálculos, dimensionamientos y selección de equipos eléctricos

Para completar cada uno de los procesos para la elaboración de queso fresco se deben identificar los elementos necesarios para el funcionamiento del sistema como son: motor, electroválvulas, sensor de temperatura, sensor de nivel, sensor de viscosidad, PLC, bombas, todo esto con sus respectivas protecciones eléctricas y accionamientos.

##### Cálculo del número de Reynolds

Este número se encarga de describir el movimiento característico del líquido en la canoa de agitación principal, y está en función de la velocidad generada por el impulsor, de la viscosidad dinámica del líquido, la densidad de la mezcla y del diámetro de la propela.

$$NR_e = \frac{\Phi r^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

$\Phi r^2$ : Diámetro de la propela ( $m^2$ )

N: Velocidad rotacional (rps)

$\rho$ : Densidad del fluido ( $Kg/m^3$ )

$\mu$ : Viscosidad del fluido ( $Kg/ms$ )

Por lo tanto:

$$NR_e = \frac{0.90^2 * 0.75 * 1031.5}{2.1 * 10^{-3}}$$

$$NR_e = 290 * 10^3$$

Ya que  $NR_e$  es mayor que 10000 corresponde a un régimen turbulento.

El flujo es turbulento cuando las fuerzas inerciales son dominantes y el fluido se desplaza con cambios fluctuantes de velocidad y trayectorias irregulares. El flujo

turbulento es muy inestable y presenta transferencias de cantidad de movimiento entre las partículas del fluido. Cuando el fluido circula en un conducto circular, con flujo turbulento, las capas de fluido se interceptan entre sí formando remolinos y su movimiento tiende a ser caótico. (Cajal, 2019)

### Cálculo del número de potencia

El número de potencia es adimensional y se encarga de establecer la relación existente entre el consumo de potencia generado por el impulsor, la densidad del líquido a trabajar, la velocidad de rotación y su diámetro. Esto es la razón de fuerzas externas implicadas en la agitación a fuerzas inerciales por unidad de volumen de fluido

Mediante la siguiente gráfica del número de potencia en función del número de Reynolds se puede calcular el número de potencia.

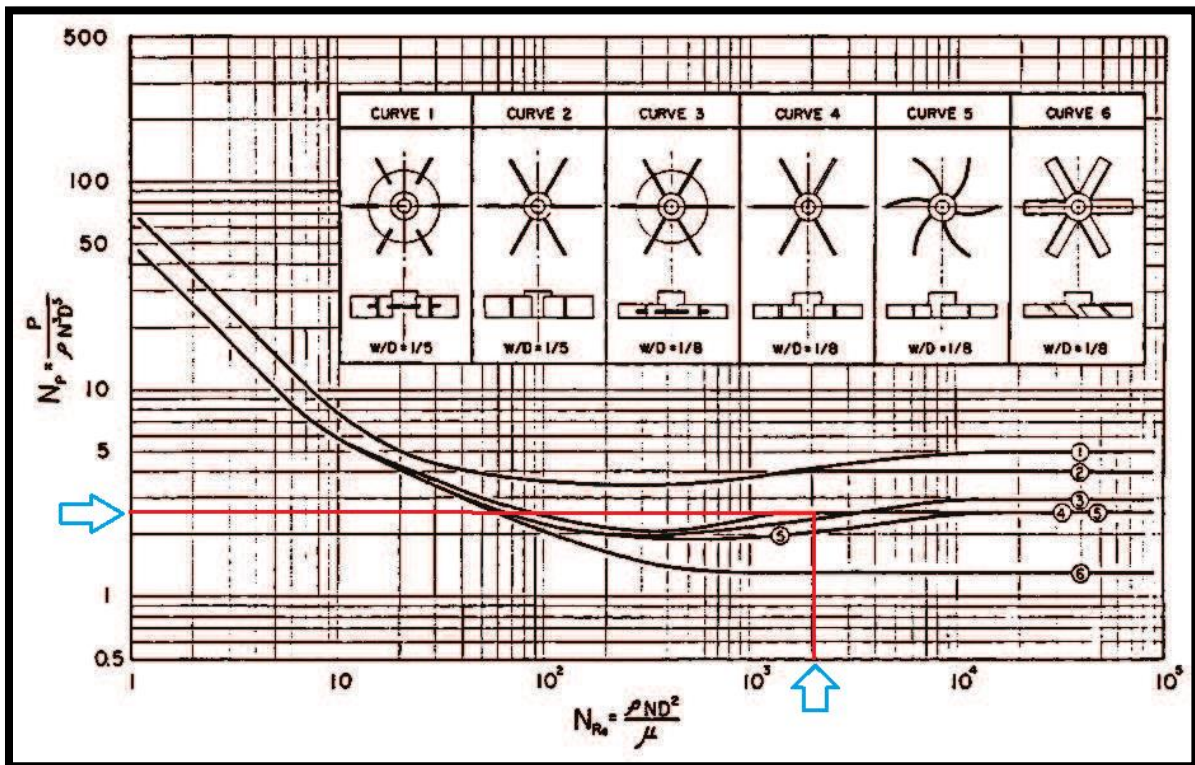


Ilustración 6. Relación entre número de Reynolds vs potencia



De acuerdo con la información establecida por la gráfica de Reynolds, se puede determinar el número de potencia en relación al número de Reynolds, lo que da como resultado un  $N_p$ : 2.90 para una propela de palas inclinadas.

### **Cálculo de la potencia del motor**

Para calcular la potencia del motor agitador se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = N_p * \frac{\rho * N^3 * \phi r^5}{g_c}$$

Donde:

$N_p$ : número de potencia

$\rho$ : densidad del fluido ( $\text{Kg/m}^3$ )

$g_c$ : factor gravitacional de conservación ( $\text{Kgm.m/N. s}^2$ )

$N$ : velocidad de rotación (rps)

Por tanto:

$$P = 2.90 * \frac{1031.5 * (0.75)^3 * (0.90)^5}{1}$$

$$P = 745.1 \text{ watts} \approx 1 \text{ HP}$$

### **Velocidad de motor mezclador**

De acuerdo con las dimensiones de la marmita, la cantidad y la viscosidad de la leche, la velocidad que el motor requiere es de aproximadamente 45 rpm, para lograr esta velocidad es necesario el uso de un dispositivo que regule la frecuencia y así lograr la velocidad deseada. Para lograr lo anteriormente descrito se utilizará un variador de frecuencia para poder cumplir con la velocidad deseada.

### **Voltaje de red**

La hacienda cuenta con un suministro de voltaje por parte de la red pública de aproximadamente 220 voltios bifásico, por ende, todos los parámetros a tomar en cuenta son en base a esta información.

### **Cálculo de la corriente de motores**

La fórmula para determinar la corriente será siguiente:

Por lo tanto:

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{745.1}{220} = 3.38A$$

### **Cálculo de protecciones**

Para garantizar la protección de los componentes utilizados para la automatización, es necesario tomar en cuenta el factor de corriente medio al momento de arranque de los componentes:

Motor: 24 A

Bomba ½ HP: 5 A

Electroválvula: 1 A

El consumo de corriente aproximadamente será 30 A durante el arranque de los tres componentes que interactúen simultáneamente (motor, bomba y electroválvula), debido a que hay ciertos elementos que no estarán trabajando al mismo tiempo, la corriente de trabajo después del arranque del motor será un estimado de 10 A.

## Panel de control (HMI)

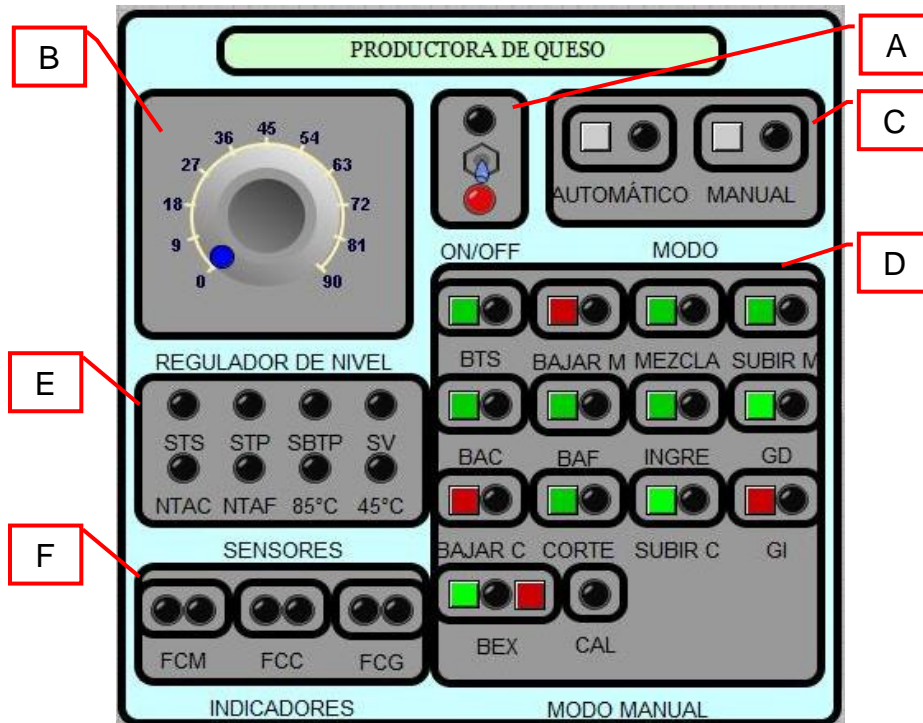


Ilustración 7. Panel de control HMI para producción de queso fresco (propia, 2021)

El panel de control es la interfaz que permite la interacción del operario con el sistema. En la Ilustración 7 se representa el panel para el sistema de producción de queso fresco en la hacienda Los Tincos, el cual está constituido de seis secciones fundamentales, cada una con el propósito de mostrar de forma simple y clara la operabilidad.

**Sección A:** Interruptor ON/OFF, encargado de encender y apagar el sistema en su totalidad.

**Sección B:** Regulador de nivel, este elemento se encarga de establecer la cantidad de leche que estará siendo procesada.

**Sección C:** Modo de operación, en esta sección se puede elegir tanto modo manual con el cual el operario puede realizar cada uno de los procesos, y el modo automático que realiza todo de forma secuencial.

**Sección D:** Modo manual, en esta sección se encuentran cada uno de los interruptores que activan los componentes con los cuales se realizan los procesos:

BTS: Bomba tanque secundario

Bajar M: Baja el mecanismo de soporte para motor de mezcla.

Mezcla: Activa motor para mezclado.

Subir M: Sube el mecanismo de soporte para motor de mezcla.

BAC: Bomba de agua caliente.

BAF: Bomba de agua fría.

Ingre: Incorpora calcio y cuajo en base a los valores de la sección b.

GD: Realiza el giro del mecanismo de soporte para los motores hacia la derecha.

Bajar C: Baja el mecanismo de soporte para motor de corte.

Corte: Activa motor para realizar corte de la cuajada.

Subir C: Sube el mecanismo de soporte para motor de corte.

GI: Realiza el giro del mecanismo de soporte para los motores hacia la izquierda.

BEX: Bomba de extracción de cuajada.

CAL: Indicador de calefacción encendida.

**Sección E:** Sensores, se representa el estado de cada sensor involucrado durante los procesos efectuados:

STS: Sensor tanque secundario, indica cuando está vacío.

STP: Sensor tanque primario, indica cuando el nivel llega al valor de referencia establecido en la sección B.

SBTP: Sensor bajo tanque primario, indica cuando el tanque este vacío.

SV: Sensor de viscosidad.

NTAC: Nivel tanque de agua caliente, indica cuando el nivel del tanque llega a un 70% para activar electroválvula de entrada de agua.

NTAF: Nivel tanque de agua fría, indica cuando el nivel del tanque llega a un 70% para activar electroválvulas de entrada de agua.

85°C: Indica cuando la temperatura de la leche alcanza los 85°C al momento de pasteurización.

45°C: Indica cuando la temperatura de la leche alcanza los 45°C al momento de la pasteurización.

**Sección F:** Indicadores de finales de carrera para módulo de soporte de motores.

FCM: Final de carrera mezcla.

FCC: Final de carrera corte.

FCG: Final de carrera giro.

### **Selección de motor para mezcla y corte**

Basado en los criterios de trabajo del proceso automatizado, la selección de los motores de mezcla y corte deben estar ligados a las siguientes especificaciones: trabajar a 220 voltios, ser de 1 HP, y protección de carcasa para evitar corrosión por salpicaduras de leche.

Por ende, los motores deben presentar las siguientes características y especificaciones técnicas:

#### Características motor de mezcla:

- Uso general y continuo
- IP 55 (cerrado)
- Clase F 150°C
- Capacidad máxima de carga 2000L

#### Especificaciones motor de mezcla:

- Voltaje: 220V
- Potencia: 1HP

- Velocidad: 5/120 RPM
- Peso: 16 Kg
- Material de envoltorio: Chapa de acero
- Tipo de motor: Agitador

Características motor de corte:

- Uso general y continuo
- IP 55 (cerrado)
- Clase F 150°C

Especificaciones motor de corte:

- Voltaje: 110/220 V
- Potencia: 1HP
- Armazón: 56H
- Medida de la flecha: 5/8
- Medida del cuñero: 3/16
- Grado de protección: IP55
- Material de envoltorio: Chapa de acero

**Selección de motor de giro, subir y bajar**

La selección del motor de giro y los motores para subir-bajar deben estar ligados a las siguientes especificaciones: trabajar a 220 voltios y protección de carcasa para evitar corrosión por salpicaduras de leche.

Por ende, los motores deben presentar las siguientes especificaciones técnicas:

Características:

- Uso general y continuo
- Clase B 135°C

Especificaciones:

- Voltaje 115/230 V
- IP 55
- Medida de la flecha 5/8

## **Selección de sensor de temperatura**

### Características:

- Tecnología Pt100, RTD
- Montaje de brida
- Tipo de protección ATEX, de seguridad intrínseca, IP68
- Aplicaciones para líquido, para gas, para tubos, para tanque
- Temperatura mínima -40°C
- Temperatura máxima 600°C

## **Selección de sensor de nivel**

El sensor de nivel debe ser variable y tener la capacidad de adecuarse al ambiente de trabajo, las especificaciones son las siguientes:

### Especificaciones:

- Rango: 0-12 metros, recomendado 2 metros
- Spam: De 0 a 10 cm
- Alimentación: 10-30 VDC
- Consumo 2 watt (aproximadamente)
- Precisión: De sensor ultrasónico
- Salidas: Analógica
- Protección: IP 65
- Temperatura: 90°C

## **Selección de sensor de viscosidad**

Para el sensor de viscosidad se deben cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

### Especificaciones:

- Rango de viscosidad: +0.5 cP
- Precisión de viscosidad: 1%
- Temperatura: Pt1000 (DIN EN 60751 clase B)
- Temperatura del fluido del proceso: -40°C hasta 300°C
- Temperatura ambiente: -40°C hasta 150°C
- Rango de presión: 100 psi

## **Selección de electroválvulas**

### Especificaciones:

- Normalmente cerrada
- Uso general
- 2 pulgadas

- Bronce
- Solenoide: 12 o 24 VDC
- Corriente de arranque: 1 A
- Temperatura de operación: -5°C hasta 90°C
- Caudal: CV
- Presión: 150 psi

### Selección de bombas

Para la selección de las bombas es necesario tomar en cuenta las siguientes especificaciones técnicas:

#### Especificaciones:

- Potencia: ½ HP
- Tensión: 220V
- Velocidad: 3000 rpm
- Corriente: 5 A
- Tipo de conductor: 18 AWG
- Diámetro entrada-salida: 1 pulgada
- Diámetro entrada-salida para extracción: 2 pulgadas.
- Máxima profundidad de succión: 8 m
- Flujo máximo: 28 l/min
- Altura máxima: 40 m
- Base: 12 cm
- Fondo 25 cm
- Peso: 4.6 kg

### Selección del PLC

En la realización de la propuesta de automatización en producción de queso fresco en la hacienda se presentan 16 entradas digitales de los pulsadores, 6 entradas digitales de los finales de carrera, 4 entradas digitales de sensores, 5 entradas analógicas de sensores, 5 salidas en corriente alternan para bombas y caldera, 5 salidas de motores para el módulo de giro, subir, bajar; corte y agitación; y 6 salidas para electroválvulas. Por lo tanto, se necesitarán tres módulos expansores.

Descripción	Cantidad
Entradas digitales	27
Entradas analógicas	4
Salidas para AC	16

*Tabla 5. Entrada-salida para PLC*



## Características PLC:

- Comunicación y programación por Ethernet
- Pantallas 6 líneas de 6 caracteres, 4 colores
- Alimentación 12 a 24 VDC
- 8 entradas digitales, 4 de las cuales también son entradas analógicas
- Memoria: soporta hasta 400 bloques
- Permite expansiones de I/O
- Programación Software con LogoSoft Confort

## Características Expansores:

- 8 entradas digitales
- 8 entradas analógicas
- Tensión de alimentación 24 VDC
- Comunicación completa a través de Ethernet
- Comunicación con controladores SIMATIC, paneles SIMATIC y PC
- No se requiere conocimiento HTML
- Temperatura de funcionamiento entre 0°C y 5°C
- Programación de arrastre y soltar

## **Sistema eléctrico**

### Arrancador para módulo de arriba, abajo y giro para motores de mezcla-corte:

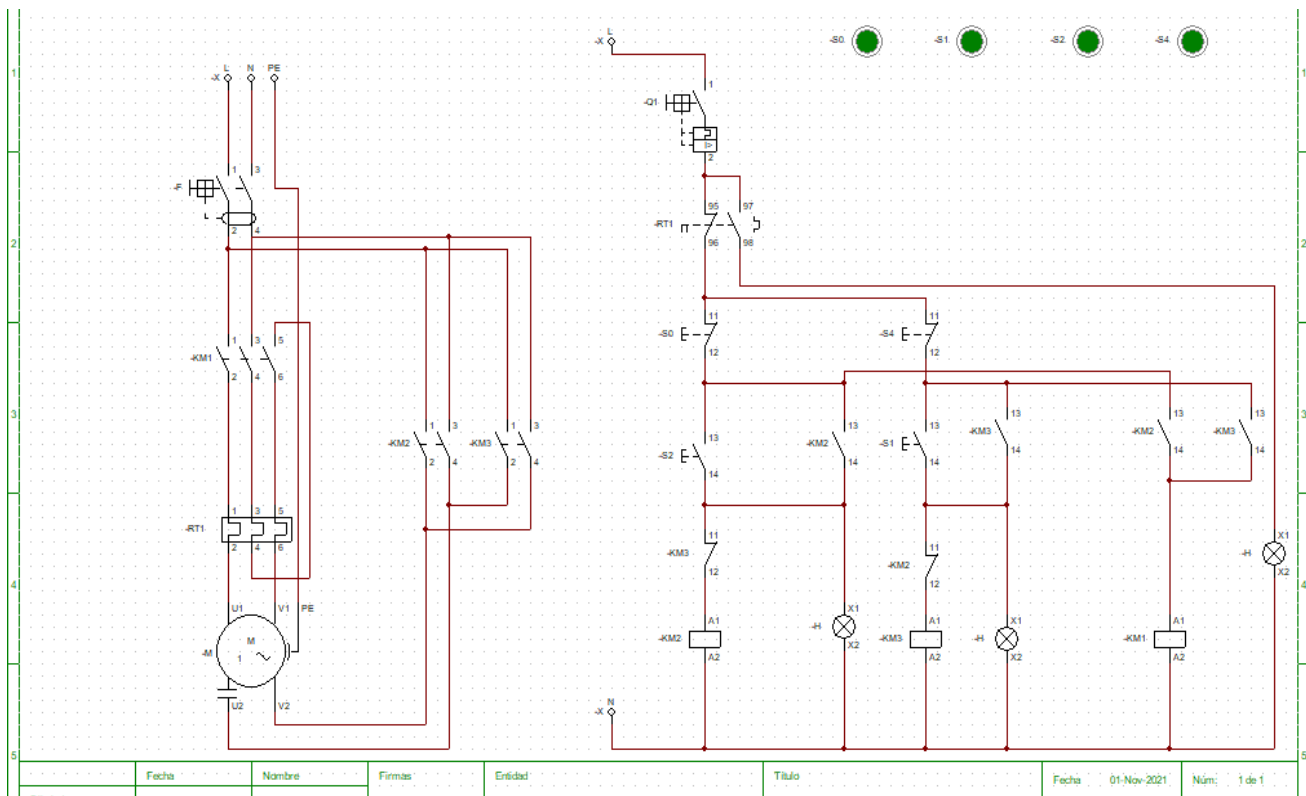


Ilustración 8. Circuito eléctrico para arriba, abajo y giro para motores de mezcla y corte ( (propia, 2021))

El diagrama del sistema eléctrico para los motores de subir, bajar y girar motores consta de dos partes, en el lado izquierdo observamos el circuito de fuerza el cual está constituido por los siguientes componentes: Un disyuntor (F) el cual se encarga de controlar un on/off del suministro de la corriente. Luego se encuentra un contactor (KM1) que se encarga de habilitar o cortar el suministro de corriente hacia el motor eléctrico. Como mecanismo de protección el sistema cuenta con un relay térmico (RT1) el cual se encarga de proteger el motor de sobrecalentamiento.

En el lado derecho se encuentra el circuito de control, el cual está constituido igualmente por un disyuntor (Q1) para realizar el on/off, luego se encuentra un térmico normalmente cerrado-normalmente abierto que se encarga de desactivarse cuando el relay térmico se activa. Luego se encuentran el interruptor de paro (S0), subir motores (S1), bajar motores (S2) y por último se encuentra el interruptor de girar (S4), cada uno de los interruptores cuenta con sus bobinas para activar o desactivar actuadores, todas estas configuraciones cuentan con la propiedad de inversión de giro del motor.

Arrancador para motor de corte:

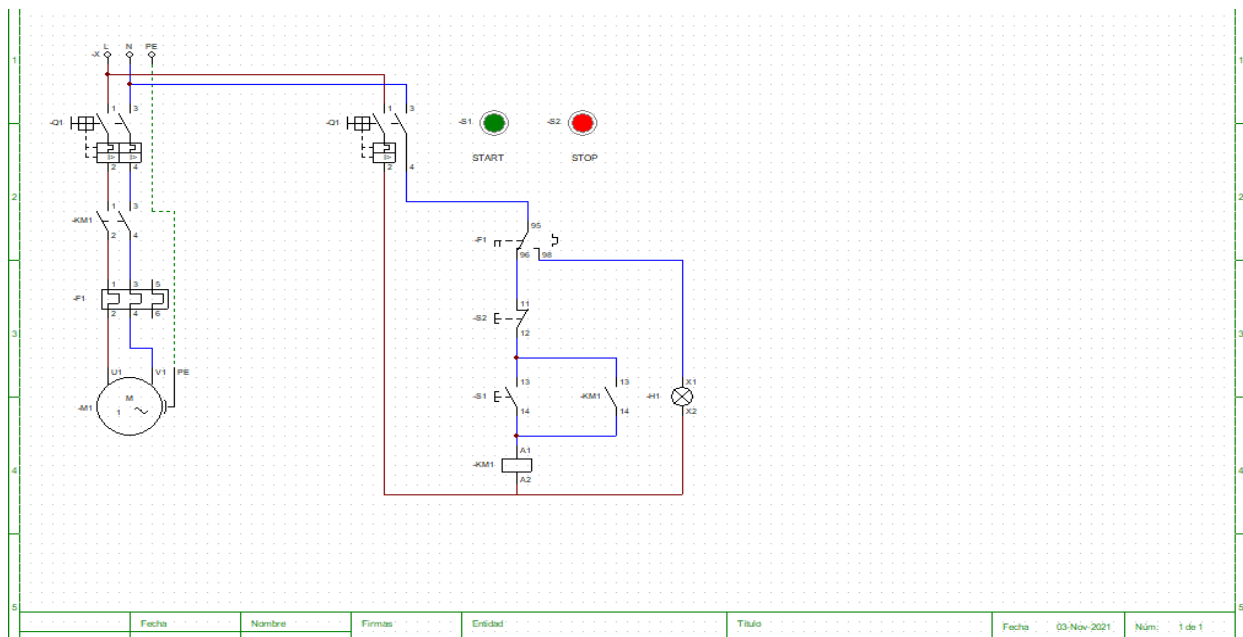


Ilustración 9. Circuito eléctrico para arranque de motores de mezcla y corte ( (propia, 2021))

El diagrama eléctrico para motor de corte consta de una configuración sencilla, el cual contiene un circuito de fuerza en el cual podemos encontrar primero un disyuntor (Q1) para on/off, luego un contactor (KM1) seguido de un relay térmico (F1) como protección. El circuito de mando se encarga de controlar con los interruptores start y stop la activación y desactivación del motor.

Arrancador con variador de frecuencia para motor de mezcla:

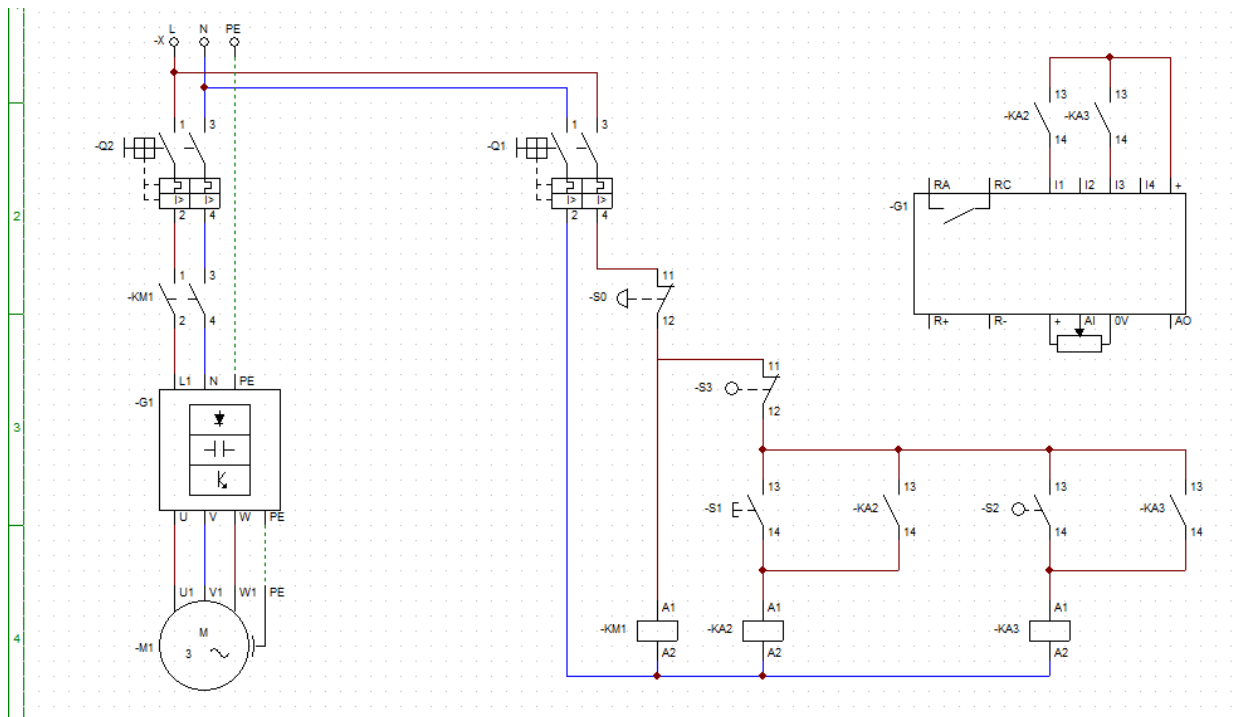


Ilustración 10. Arrancador con variador de frecuencia ( (propia, 2021))

Igual que los circuitos anteriormente explicados, este circuito de arrancador con variador de frecuencia cuenta con los mismos componentes con la única diferencia que su configuración cuenta con un variador de frecuencia (Q1) para poder regular las revoluciones del motor y así adecuarse a las necesidades de operación.

El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%

## Arrancador directo para bombas:

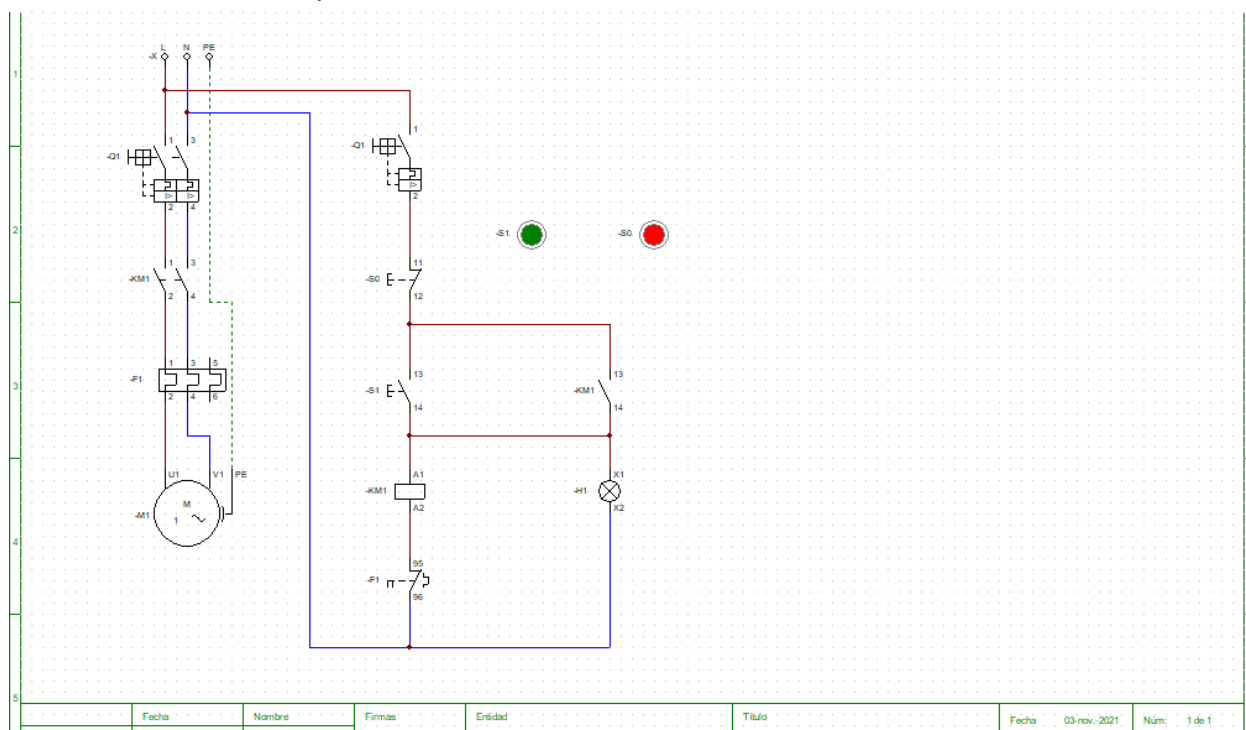


Ilustración 11. Circuito eléctrico para arranque de bombas (propia, 2021))

El circuito para el arrancador directo para las bombas igual que los anteriores contempla un circuito de fuerza constituido por un disyuntor (Q1), un contactor (KM1) y como protección un relé térmico. En el lado del circuito de mando se encuentran los pulsadores S1 para activar la bomba y S2 para desactivar, cada uno de ellos con sus respectivas bobinas para activar actuadores.

#### 8.4.6. Dimensionamiento del antes y el después de los procesos

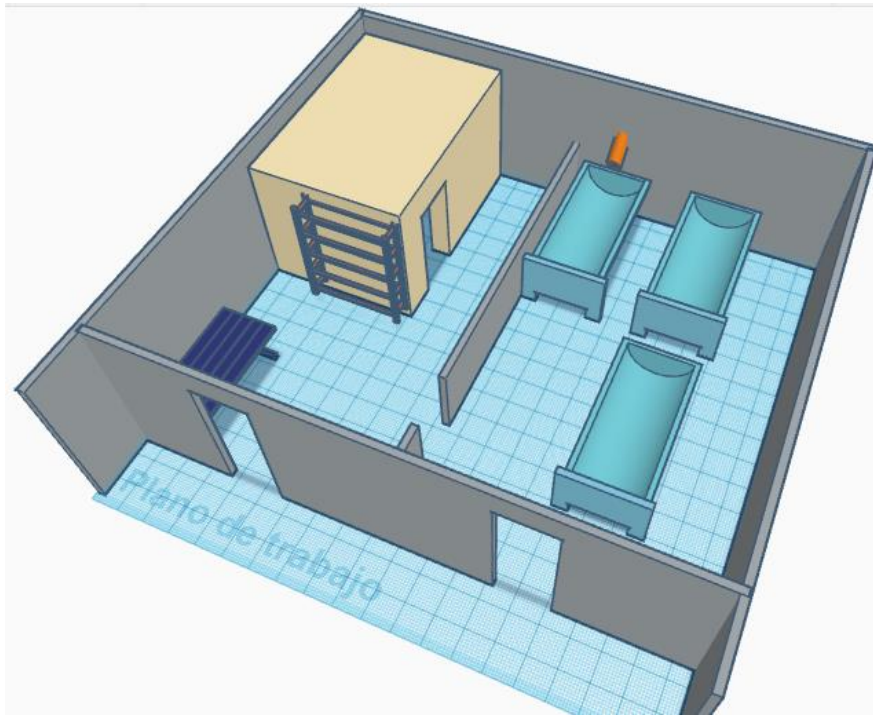


Ilustración 12. Dimensiones actuales del lugar de trabajo (propia, 2021)

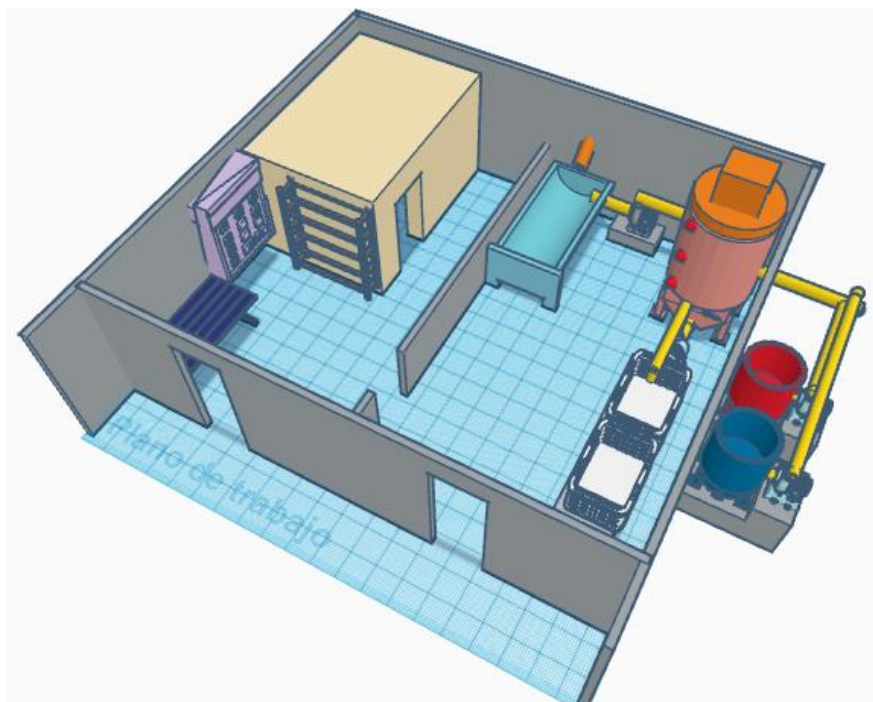


Ilustración 13. Dimensiones de propuesta automatizada (propia, 2021)

### 8.4.7. Diagramas

#### Diagrama de flujo en modo operación

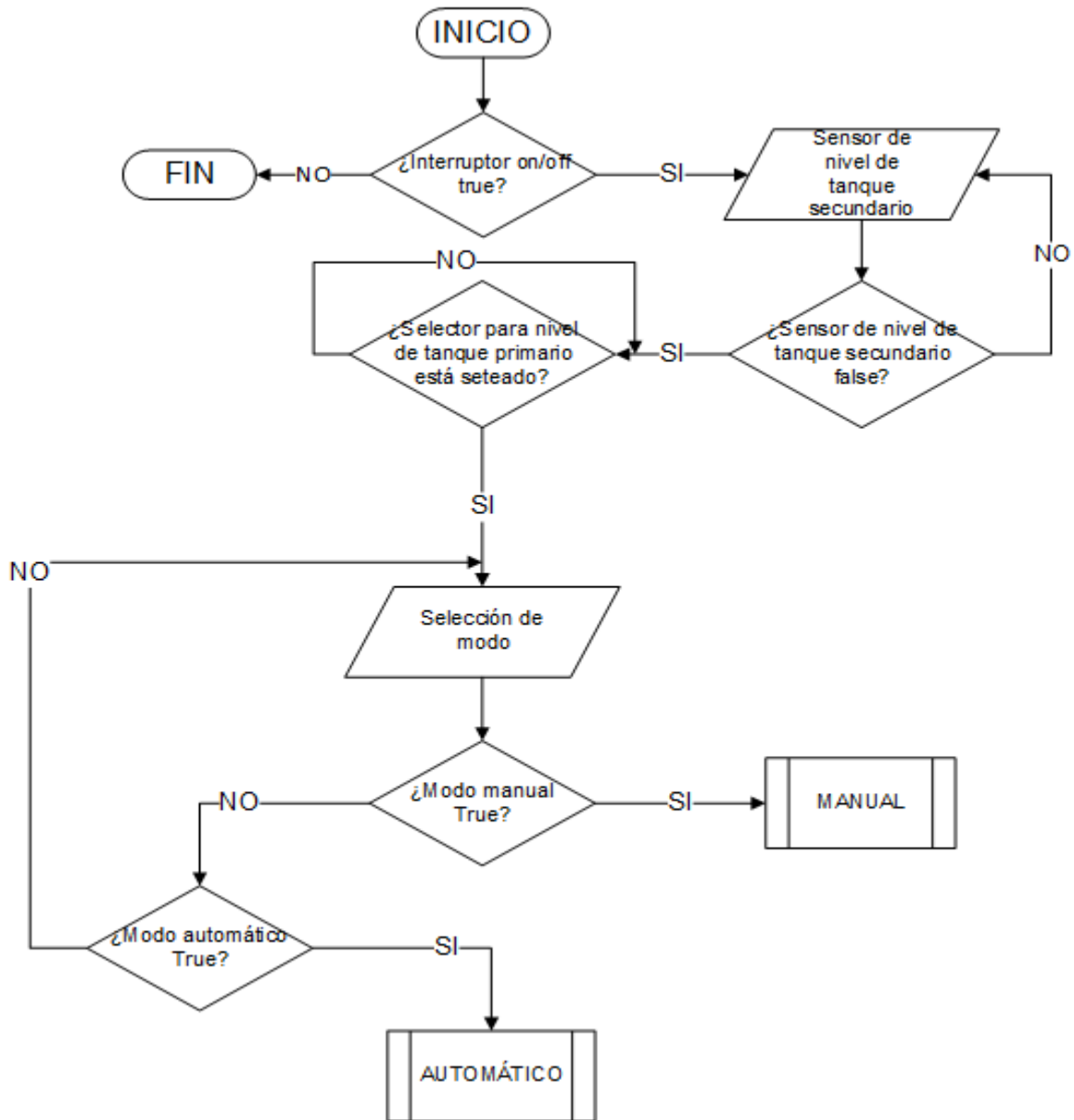


Ilustración 14. Diagrama de flujo modo operación (propia, 2021))

Iniciando el sistema se realiza la siguiente cuestión: ¿El interruptor On/Off es verdadero?, si la respuesta no es verdadera entonces, el sistema llega a su fin, sin embargo, si la respuesta es verdadera se recopila el dato del sensor de nivel del tanque secundario, si este sensor está encendido indica que no hay leche en el

tanque mientras que si está apagado indica que el tanque secundario contiene materia prima accediendo así seguir con el siguiente paso.

El selector para seleccionar el nivel del tanque primario nos proporciona tener el control de la cantidad de leche que se desea ingresar en este tanque, si no se ha seteado entonces, no continuará hasta el siguiente proceso.

Una vez seteado el selector de nivel de líquido del tanque primario se debe seleccionar el modo en el que trabajará el sistema, ya sea automático o manual; si se selecciona el modo manual entonces el sistema realizará el subproceso manual, y el subproceso automático lo realizará si se selecciona el modo automático.

## Diagrama de flujo en modo manual

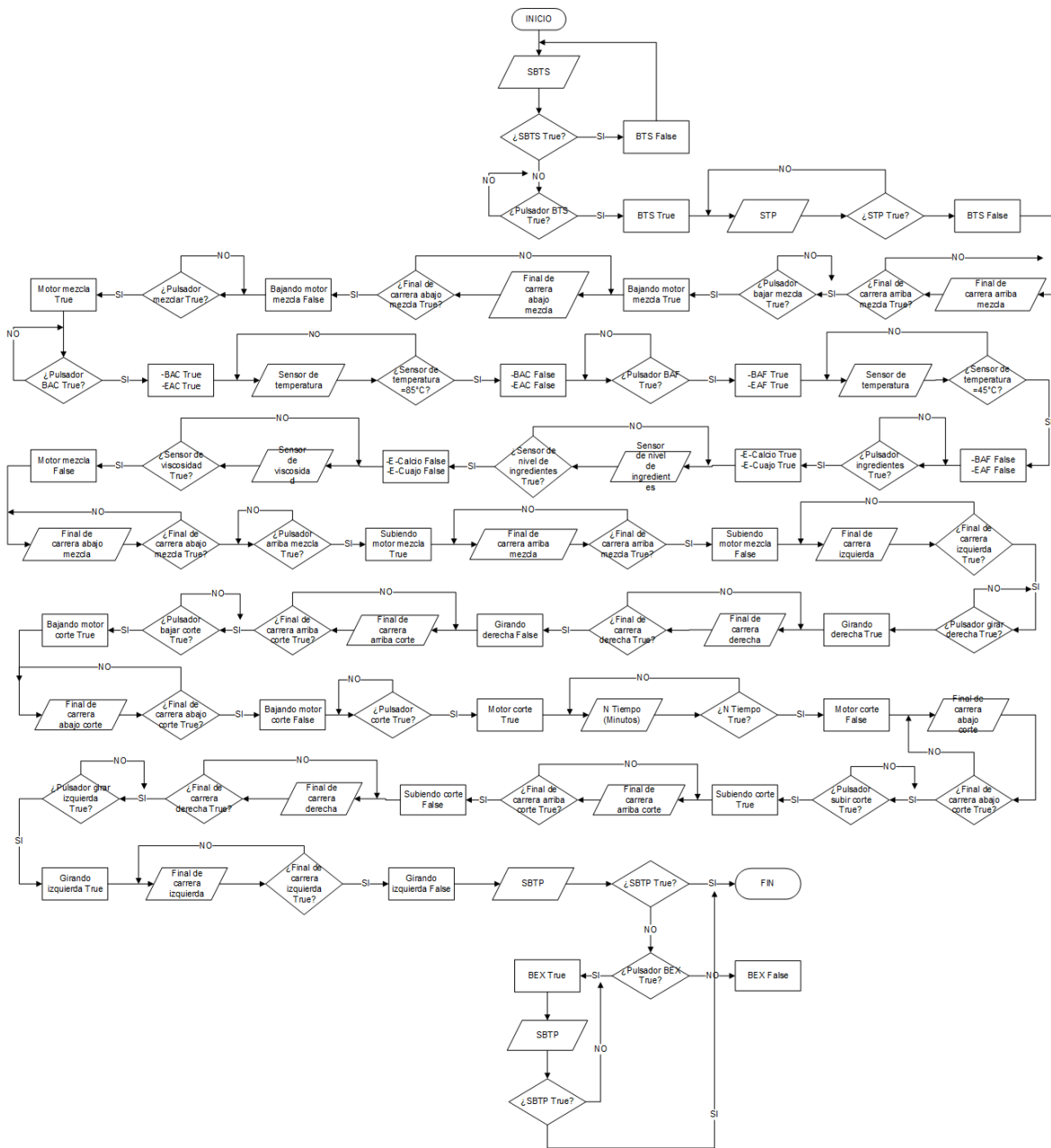


Ilustración 15. Diagrama de flujo modo manual ( propia, 2021))

Una vez iniciado el modo manual el sistema recopila datos del “sensor bajo tanque secundario” (SBTS), este sensor si se encuentra activado indicará que no hay leche en el tanque secundario y no continuará con el proceso por protección, en el caso contrario que no se encuentre activado solo se necesitará activar el pulsador de la



bomba del tanque secundario (BTS), si esto sucede el sensor del tanque primario (STP) indicará cuando este tanque esté lleno y desactivando automáticamente la bomba del tanque secundario (BTS).

Seguido, el sistema obtiene datos del estado del final de carrera que indica que el motor de mezcla se encuentra arriba, si esto es así entonces, solo es necesario activar el pulsador que se encarga de bajar el motor de mezcla, un final de carrera indicará cuando ya se encuentre abajo.

Se debe activar el pulsador para realizar la mezcla y también el pulsador para activar la bomba de agua caliente (BAC) y la electroválvula de agua caliente (EAC), el sensor de temperatura se encargará de monitorear y desactivar la BAC y EAC cuando la temperatura llegue a los 85°C.

Activando el pulsador BAF empieza a funcionar la bomba de agua fría (BAF) y la electroválvula de agua fría (EAF), el sensor de temperatura monitoreará y desactivará cuando la temperatura alcance los 45°C, punto ideal para incorporar los ingredientes.

Para agregar los ingredientes se debe activar el pulsador INGRE, activa las electroválvulas para que ingrese el calcio y cuajo, el sensor de nivel de ingredientes identificará cuando ya se hayan incorporado la cantidad exacta y así desactivar la electroválvula de calcio (E-Calcio) y la electroválvula de cuajo (E-Cuajo).

El sensor de viscosidad (SV) indicará cuando la mezcla alcance los 3CP y así desactivar el motor de mezcla. El pulsador arriba mezcla se encarga de activar el motor de subir mezcla y con el botón de girar derecha todo el módulo de motores girará hacia la derecha posicionando así el motor de corte en el tanque primario.

Cuando se activa el pulsador corte inmediatamente el motor de corte se activa por un tiempo N, cuando ese tiempo transcurra el motor de corte se desactivará y únicamente se necesitará activar el pulsador de subir corte. Una vez arriba el motor de corte se activa el pulsador de girar izquierda para que el módulo de motores se posicione en el motor de mezcla, esto se lleva a cabo por los finales de carrera con los que cuenta el módulo.

Por último, se monitorea el sensor bajo del tanque primario (SBTP), si este es verdadero el sistema llega a su fin, pero si no es así se puede activar el pulsador de bomba de extracción (BEX) y controlar ya sea con BEX On o BEX Off.

### Diagrama de flujo en modo automático

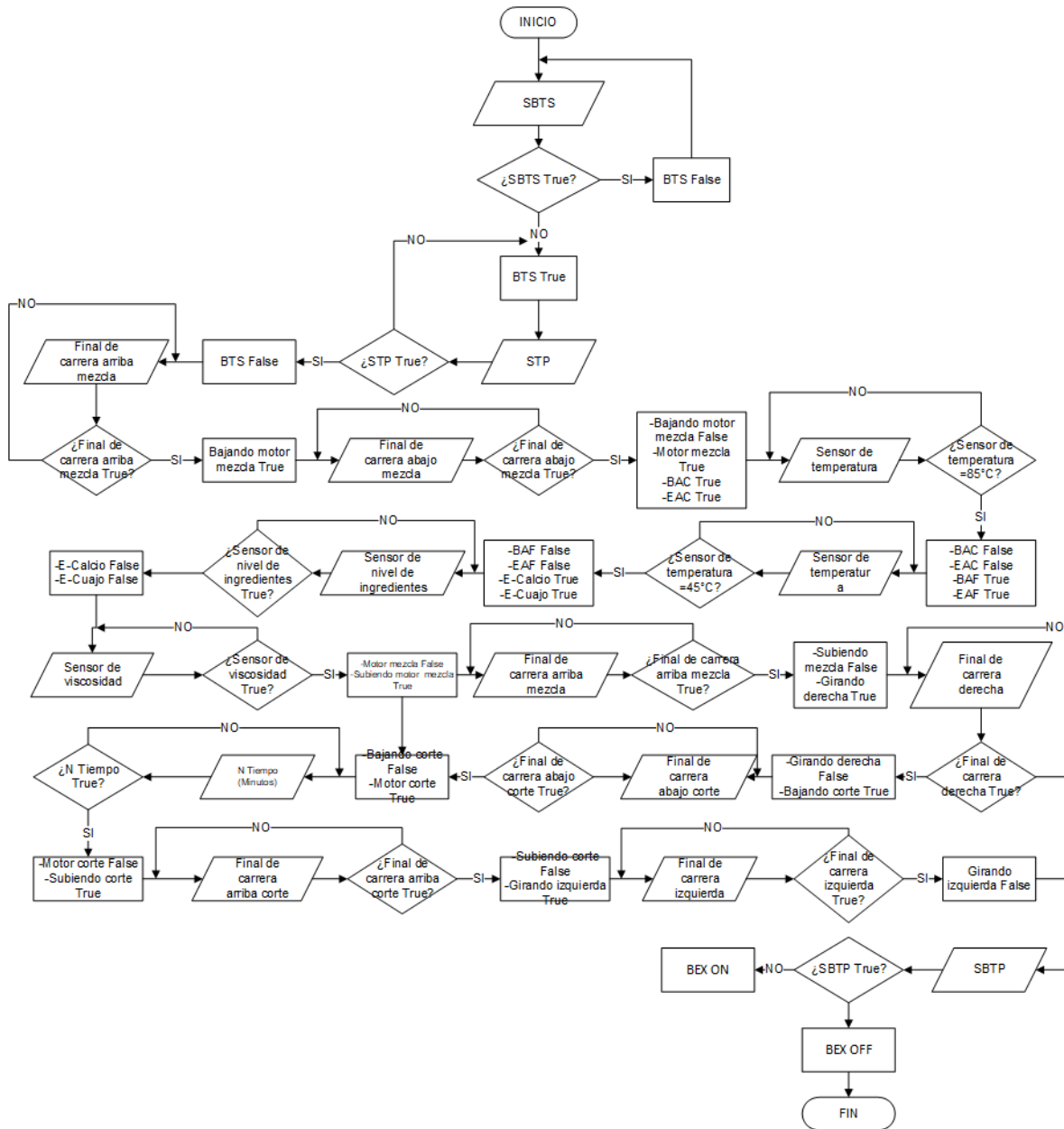
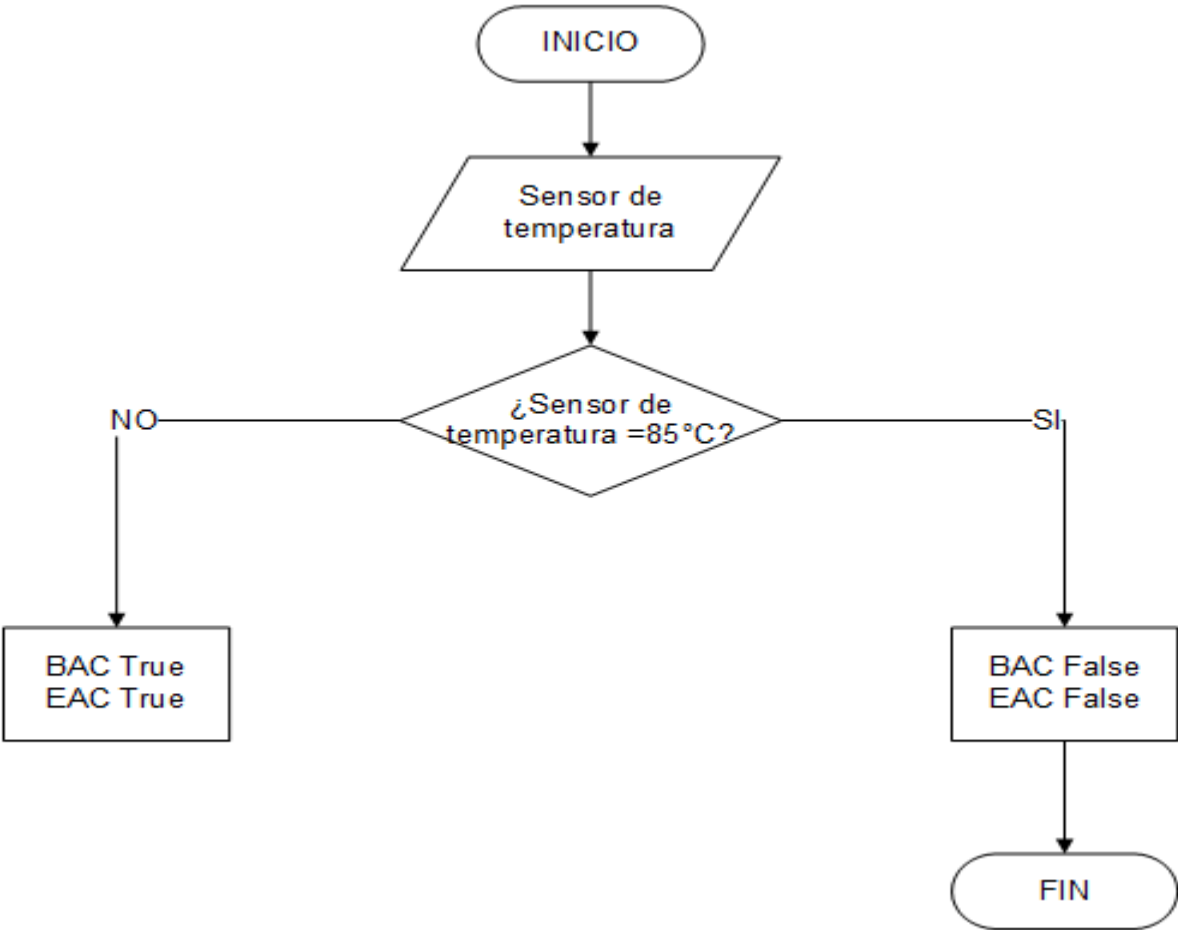


Ilustración 16. Diagrama de flujo en modo automático ( (propia, 2021))

El modo automático es idéntico al modo manual con la única diferencia que en el modo manual se debían activar pulsadores para realizar diferentes acciones, en el modo automático desde que inicia hasta que finaliza lo hace por medio de variables

como lo son los sensores y finales de carrera, estos se encargan de indicarle al sistema cual es el proceso que se está realizando cual es el siguiente que se debe cumplir.

**Diagrama de flujo de calentamiento**



*Ilustración 17. Diagrama de flujo de calentamiento ( (propia, 2021))*

Iniciando el calentamiento la variable más importante que se debe recopilar es la temperatura, una vez obtenido el dato de la variable, si esta es igual a 85°C entonces se desactivan la bomba y la electroválvula de agua caliente, sin embargo, si la temperatura no ha llegado hasta la igualdad, tanto la bomba como la electroválvula seguirá activadas dejando pasar y circulando el agua caliente hasta que se cumpla con la condición.

## Diagrama de flujo de enfriamiento

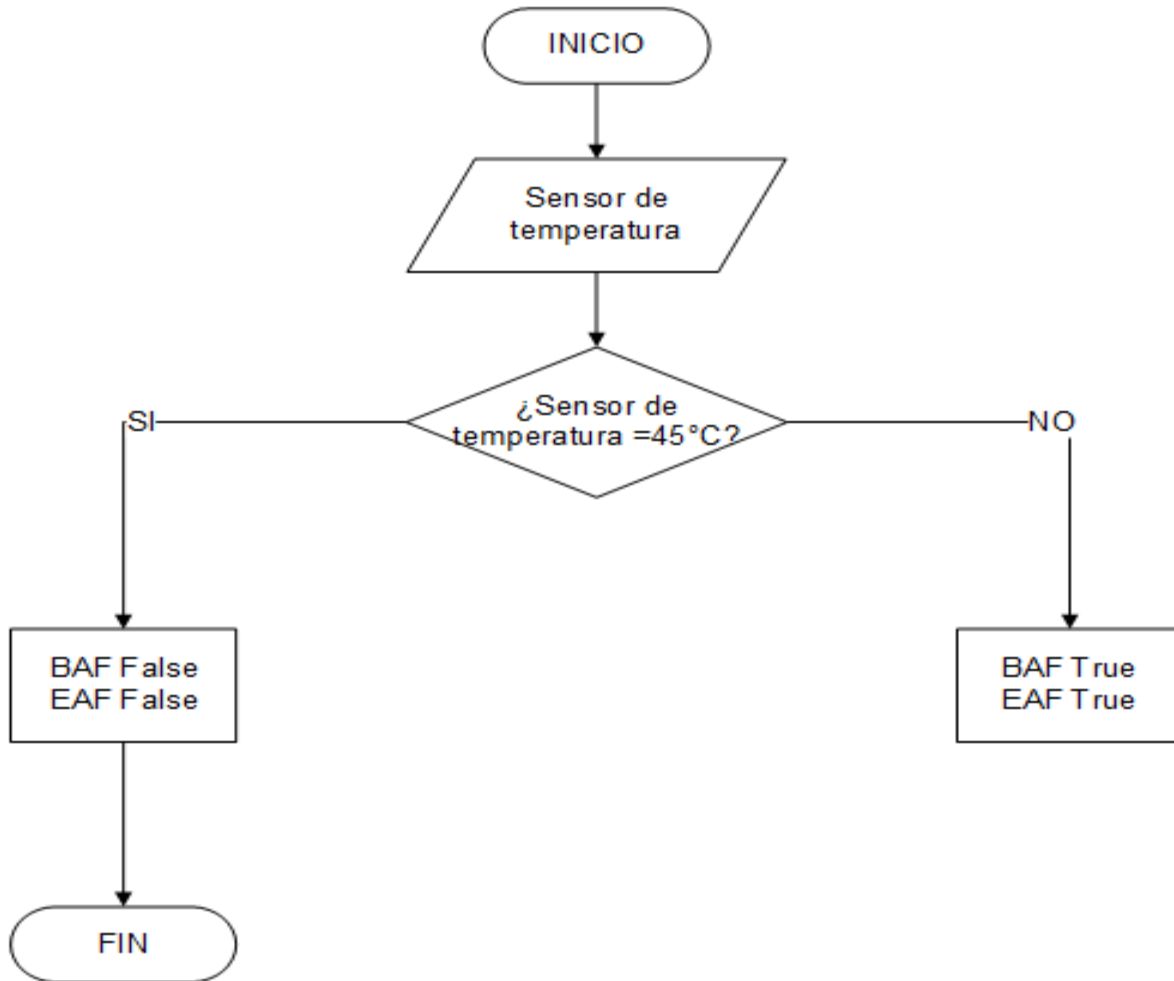


Ilustración 18. Diagrama de flujo de enfriamiento ( (propia, 2021))

Una vez se obtiene el dato de la temperatura se realiza el mismo procedimiento de calentamiento, cuando la temperatura sea igual a 45°C tanto la bomba de agua fría como la electroválvula de agua fría se desactivarán, mientras esta condición no se cumpla BAF y EAF continuarán trabajando hasta llegar a la igualdad.

## Diagrama de flujo de adición de ingrediente

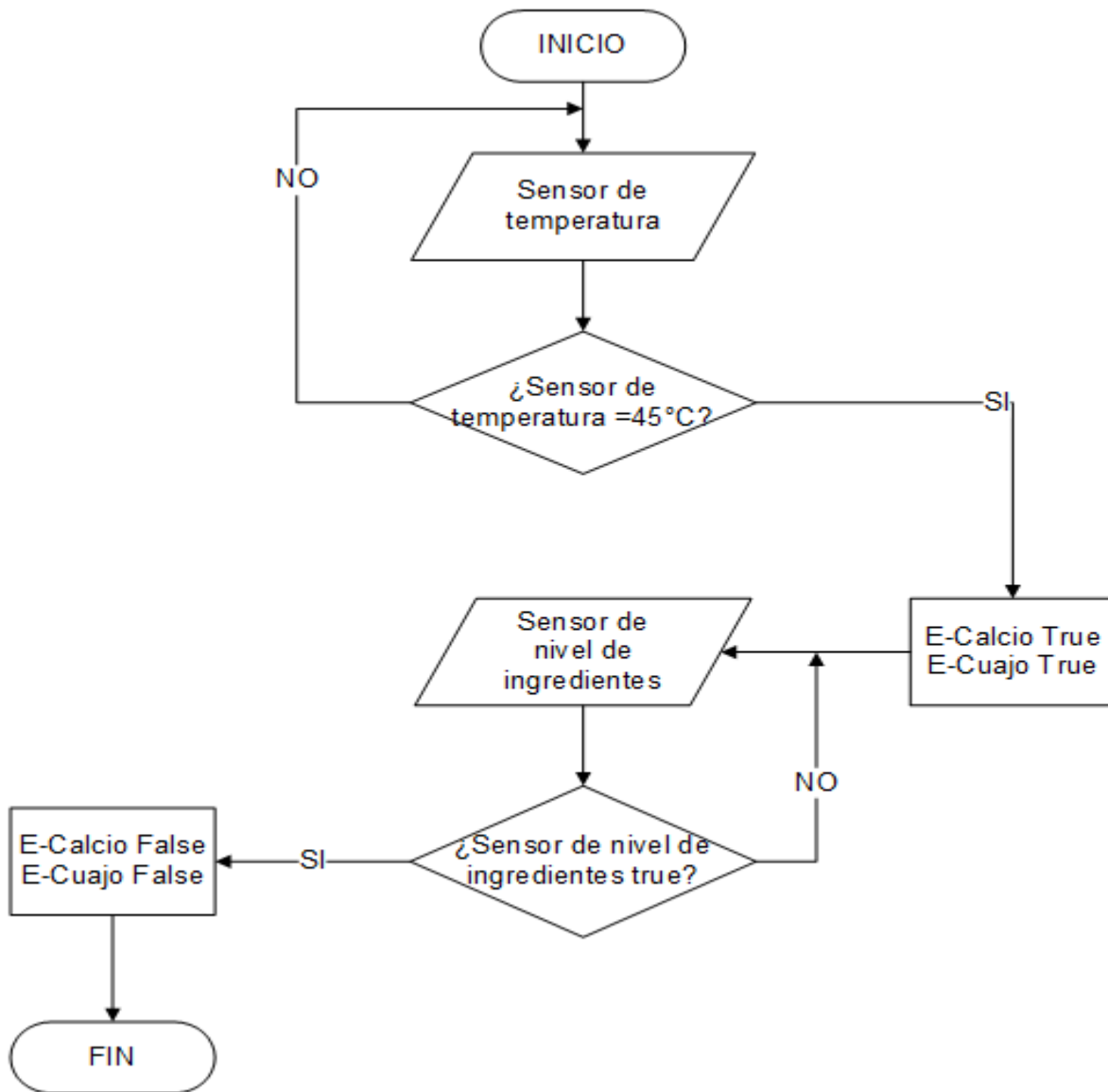


Ilustración 19. Diagrama de flujo adición de ingredientes (propia, 2021)

La variable temperatura todavía sigue siendo un dato muy importante hasta en este proceso, el momento indicado para realizar la incorporación de los ingredientes tanto de cuajo como de calcio es cuando la temperatura llega 45°C. Para poder incorporar la cantidad exacta de ingredientes, el sensor de nivel de ingredientes se encargará de este paso dependiendo de la cantidad de materia prima seteada para el tanque primario, las electroválvulas de calcio y cuajo estarán controladas con el sensor de nivel de ingrediente.

## 8.5. Viabilidad de la propuesta

<b>Acciones</b>	<b>Actualmente en la Hacienda</b>	<b>Propuesta Automatizada</b>
Tiempos de producción	Actualmente en la hacienda los tiempos de producción son muy tardados al no ser secuenciales y ser realizados de forma manual por empleados, lo que supone un tiempo total de seis horas desde la etapa de llenado hasta la extracción de la cuajada sin tomar en cuenta los descansos de los trabajadores.	La propuesta automatizada propone mejores tiempos de producción ya que reduce la cantidad de tiempo al realizar los procesos de manera secuencial, reduciendo así el tiempo a un estimado de tres horas y treinta minutos, tomando en cuenta los tiempos para la actuación del cuajo y el corte.
Calidad el producto	La calidad del producto en la hacienda se rige de manera tradicional, es decir, es aleatorio al llevarse a cabo de manera manual, por lo que supone inconvenientes para la estandarización del producto.	La calidad del producto en la propuesta será mejorada dado que los índices de producción se pueden estandarizar al poder realizar los procesos de manera sistemática y calculada al igual que la incorporación de ingredientes, además, proveer condiciones más óptimas durante los procesos.
Salubridad	En la hacienda las únicas medidas de salubridad que se llevan a cabo es el incorporar pequeñas porciones de cloro a la leche como medida de descontaminación, sin mencionar el hecho de los contaminantes que se ven envueltos durante los procesos que se realizan manualmente.	En la propuesta las medidas de salubridad suponen una mejora sustancial ya que se incorpora la pasteurización de la leche al igual de la reducción significativa de la interacción humana durante los procesos al igual que la mejora de producción.

Trabajadores	En la hacienda actualmente cuatro trabajadores intervienen durante todo el proceso de producción lo que supone un gasto además de representar un inconveniente para el resto de la hacienda al utilizar personal extra para la producción de queso.	En la propuesta el personal se reduce drásticamente, pues en el proceso de automatización únicamente se requiere de una persona para accionar el sistema reduciendo así el gasto en trabajadores en un 75%
Competencia de mercado	La hacienda se limita a producir en tipo de queso bajo procesos tradicionales con un perfil de producción a nivel rural careciendo de procesos industriales y uso de tecnología que proyecten un mayor alcance de mercado, siendo una limitante para experimentar con otros tipos de quesos.	Con la propuesta la hacienda tendrá un alcance de mercado mayor al incorporar técnicas de producción industriales asumiendo así un valor agregado a la calidad de su producto al igual que ofrecer la flexibilidad de poder implementar con nuevos tipos de quesos.

Anualmente en la hacienda se gasta en salarios de trabajadores un estimado de 9600 dólares en el pago de los trabajadores, por lo que la propuesta contempla una inversión de un estimado entre materiales e instalación de 7000 dólares más 2400 dólares que significaría el salario del trabajador encargado de accionar el sistema dando un total de inversión durante el primer año de 9400 dólares, por lo que el dueño en el primer año podrá compensar la cantidad invertida, por lo que en el segundo año el dueño podrá percibir ganancias sobre sus inversiones gastando únicamente 2400 dólares correspondientes al salario del trabajador encargado, reduciendo así sus gastos anuales de 9400 dólares a 2400 dólares.



## **IX. CONCLUSIONES**

La propuesta de la automatización del proceso de elaboración de queso fresco en la hacienda Los Tincos permitirá la reducción de los tiempos de producción y la garantía de la estandarización de la calidad del producto, además de incorporar un valor agregado como lo es la pasteurización y enfriamiento, ya que, al desarrollar el monitoreo automático de las variables de temperatura, nivel de líquido, valores de referencia de ingredientes, viscosidad y la agitación, corte mecánico por el motor garantizará la estandarización de los procesos de llenado, pasteurización, enfriamiento, adición de ingredientes, mezcla o agitación, corte y extracción de la cuajada, porque al verse disminuida la intervención del ser humano reduce el riesgo de errores por descuido, olvido, o falta de preocupaciones y aumentar la salubridad del producto finalizado.

En el estudio realizado del estado actual para la elaboración de queso fresco en la hacienda se pudo identificar las debilidades existentes en los procesos de producción, evaluando las variables más comunes que representan un problema en el desempeño de producción, así como el resultado del producto final, esto se realizó recopilando datos mediante visitas de campo y analizándolos en relación a las técnicas que se utilizan en los procesos automatizados industriales, permitiendo así conocer el alcance de los procesos que se pueden automatizar.

El diseño de la propuesta está enfocado por los parámetros de producción dados por la hacienda, permitiendo que el proceso mantenga un estándar constante en la producción tanto en calidad como en cantidad, ocasionando un efecto directo en la rentabilidad de la empresa, porque al tener un control automatizado de las variables de producción, el proceso se torna repetitivo.

La demostración de la propuesta en los softwares de simulación se realizó de acuerdo a las condiciones existentes en la hacienda, equipos seleccionados, y sus características técnicas más apropiadas para que sean de fácil operación y el aprovechamiento del área de trabajo. Además de demostrar la simulación y programación para el correcto funcionamiento secuencial de los procesos para la producción de queso fresco.

## **X. RECOMENDACIONES**

De los resultados obtenidos de la propuesta se recomienda a la hacienda Los Tincos proyectar la automatización completa de los procesos para la producción de queso fresco, así como etapas posteriores que se realizan fuera de lo abordado en este documento y no están automatizados en la hacienda.

Con la flexibilidad que ofrecerá la automatización mediante un PLC, se indica que la hacienda podrá incursionar en la elaboración de otros tipos de quesos.

Con la incorporación de un controlador PLC se pueden abrir nuevas fronteras vanguardistas como lo es la tecnología 4.0 para aumentar la competitividad de mercado y el control a distancia.

En consecuencia, con la automatización del tiempo de producción se recomienda aprovechar el tiempo de los empleados para la ampliación de mercado comercial.

Para poder llevar a acabo las simulaciones sin ningún tipo de inconvenientes, se necesita un ordenador con características intermedias.

Se recomienda a la hacienda el proveer un informe con datos que reflejen las ganancias por venta de queso, así para poder profundizar en el impacto financiero que puede proveer la propuesta al optimizar los procesos de producción de manera automática.

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autómatas programables*. (Diciembre de 2001). Obtenido de *Autómatas programables*:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- Cajal, A. (30 de Abril de 2019). *lifeter*. Obtenido de *lifeter*:  
<https://www.lifeder.com/numero-de-reynolds/>
- cocinista*. (s.f.). Obtenido de *cocinista*:  
<https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-modernos/cloruro-de-calcio.html>
- cocinista*. (s.f.). Obtenido de *cocinista*:  
<https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-del-mundo/cuajo-de-ternera.html>
- ConceptoDefinición*. (2011). Obtenido de *ConceptoDefinición*:  
<https://conceptodefinicion.de/motor-electrico/>
- ConceptoDefinición*. (25 de Julio de 2019). Obtenido de *ConceptoDefinición*:  
<https://conceptodefinicion.de/motor-electrico/>
- CONtextoganadero*. (12 de Febrero de 2021). Obtenido de *CONtextoganadero*:  
<https://www.contextoganadero.com/blog/que-mas-sabemos-del-cuajo>
- DirectINDUSTRY*. (2021). Obtenido de *DirectINDUSTRY*:  
<https://www.directindustry.es/prod/pedrollo/product-28932-928125.html>
- EUROTRANSIS*. (2016). Obtenido de *EUROTRANSIS*: <https://eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/>
- Fannery Suárez, R. C. (2012). *Incidencia de la emigración familiar en el ámbito escolar y emocional en los niños /as de las provincias de imbabura y Charchi-Ecuador*. Ecuador: REICE.
- Gastronomía&Cía*. (31 de Marzo de 2009). Obtenido de *Gastronomía&Cía*:  
<https://gastronomiaycia.republica.com/2009/03/31/cuajo/>
- Grimaldos, R. B. (s.f.). *monografías.com*. Obtenido de *monografías.com*:  
<https://www.monografias.com/trabajos102/pasteurizacion-leche/pasteurizacion-leche.shtml>
- Hidromec*. (02 de Noviembre de 2018). Obtenido de *Hidromec*:  
<https://hidromecingenieros.com/que-es-una-bomba-de-agua/>

- HYDBA*. (2017). Obtenido de HYDBA: <https://www.hydba.com/producto/sensor-de-temperatura-para-fluidos-tsf-bosch-rexroth/>
- Interempresas*. (15 de Octubre de 2018). Obtenido de Interempresas: <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/227016-Pasteurizar-para-garantizar-la-seguridad-alimentaria.html>
- Licata, M. (2021). *zonadiet.com*. Obtenido de *zonadiet.com*: <https://www.zonadiet.com/comida/queso.php>
- Made-in-China*. (2021). Obtenido de Made-in-China: [https://es.made-in-china.com/co\\_rievtechplc/product\\_Factory-Price-Programmable-Logic-Controller-PLC-for-Intelligent-Control-Programmable-Relay-PR-12AC-R-HMI-\\_egigsyhyg.html](https://es.made-in-china.com/co_rievtechplc/product_Factory-Price-Programmable-Logic-Controller-PLC-for-Intelligent-Control-Programmable-Relay-PR-12AC-R-HMI-_egigsyhyg.html)
- Orlando, C. R. (2005). *Automatización de procesos de producción de queso para empresa "Quesera San José de Chánchalo"*. Ambato, Ecuador.
- propia, F. (10 de Septiembre de 2021). Fuente Propia. Managua, Managua, Nicaragua.
- Ramos, C. A. (2015). *Los paradigmas de la investigación cinetífica*. Ecuador: Av. psicol.
- recetavenezolana.com*. (2021). Obtenido de *recetavenezolana.com*: <https://www.recetavenezolana.com/queso-fresco-casero/>
- RECHNER*. (s.f.). Obtenido de RECHNER: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-nivel>
- Refriplast.com*. (15 de Diciembre de 2020). Obtenido de Refriplast.com: <https://www.refriplast.com/blog/que-es-un-cuarto-frio-y-por-que-la-necesitas-para-tus-productos/>
- rheonics*. (2021). Obtenido de *rheonics*: <https://es.rheonics.com/productos/viscos%C3%ADmetro-en-l%C3%ADnea-srv/>
- Rosa Cavero. (2019). Obtenido de Rosa Cavero: <https://www.rosacavero.com.pe/coagulantes-microbianos-de-ultima-generacion/>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Technical*. (s.f.). Obtenido de *Technical*: <https://www.technical.com/es/productos/elaboracion-de-queso/moldeo.html>

*TECNOALIMENPORTAL*. (2020). Obtenido de *TECNOALIMENPORTAL*:  
<https://tecnoalimenportal.com/tag/interfaz-hombre-maquina-tendencias-del-mercado-2020/>

*uvMilk*. (2004). Obtenido de *uvMilk*: <https://www.uvmilk.com/spa/>

Wong, E. (02 de Junio de 2021). *GSL Industrias*. Obtenido de *GLS Industrias* :  
<https://www.industriasgsl.com/blog/post/que-es-un-plc-y-como-funciona>

## XII. ANEXOS

### Programación en software MyOpenLab

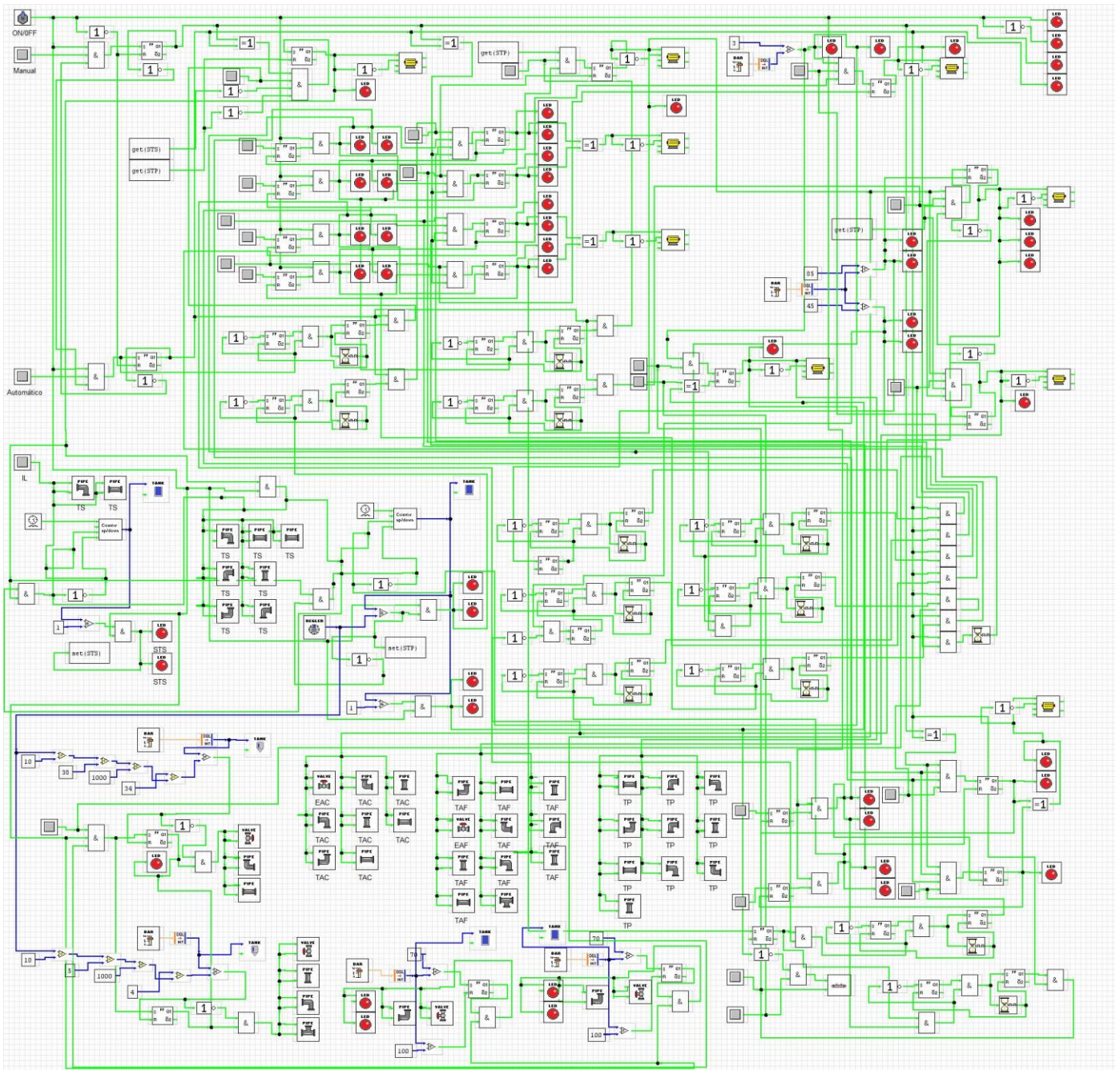


Ilustración 20. Programación en MyOpenLab para producción de queso fresco (propia, 2021)

# Interfaz gráfica software MyOpenLab

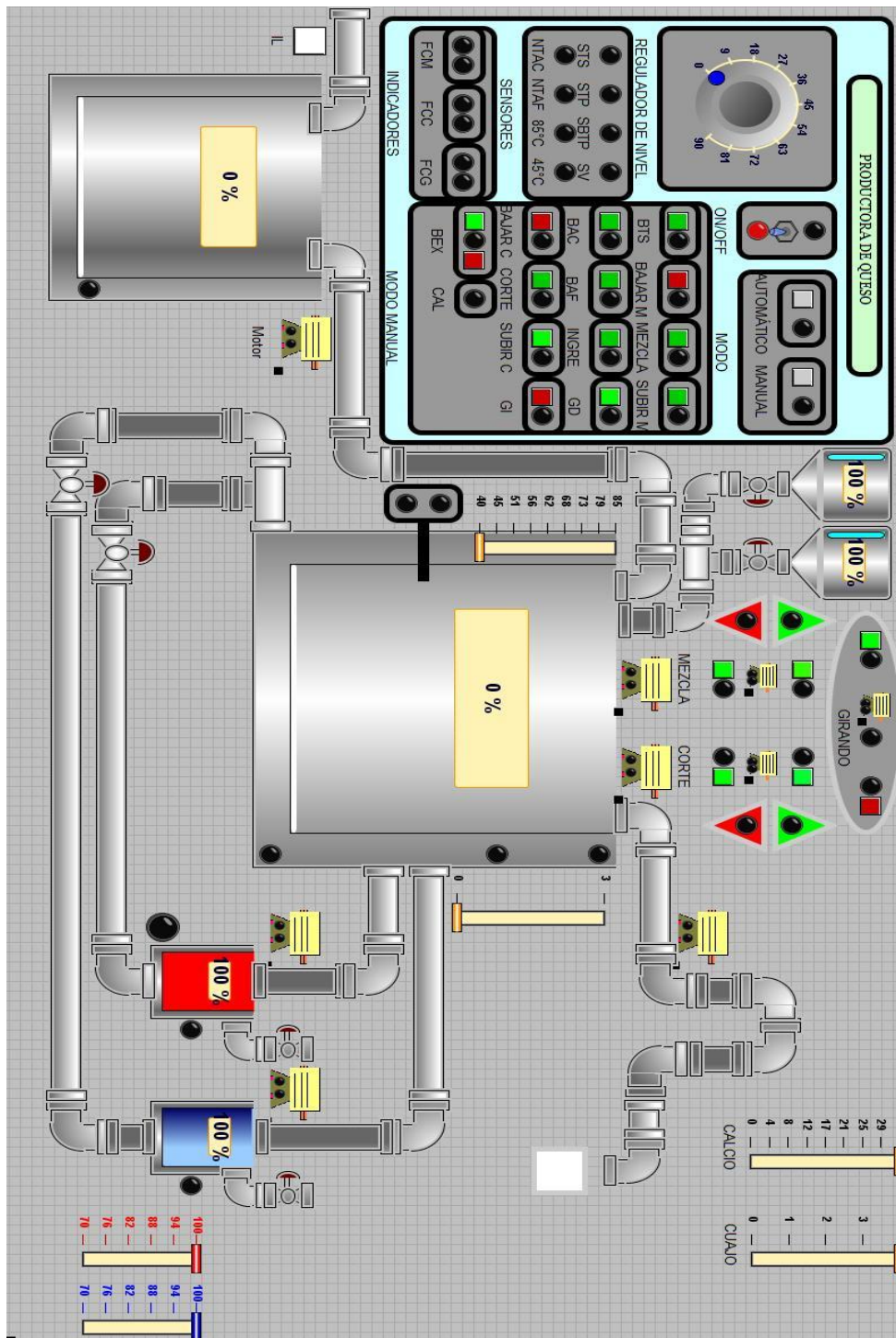


Ilustración 21. Interfaz gráfica utilizando software MyOpenLab (propia, 2021)

# Programación utilizando software LogoSoft

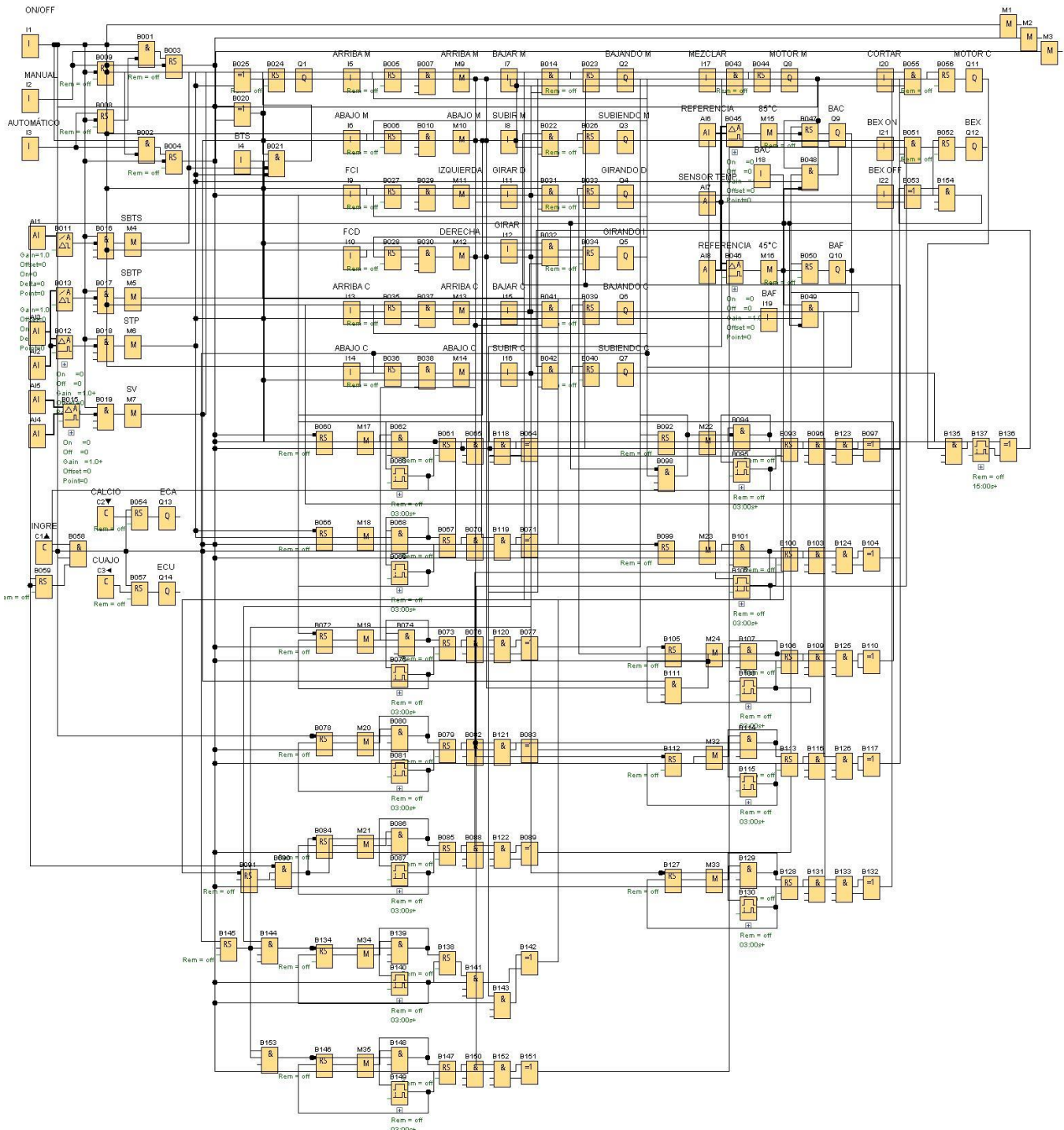


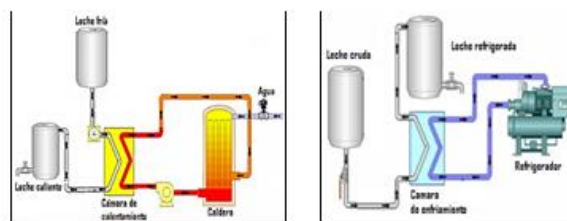
Ilustración 22. Programación utilizando software LogoSoft (propia, 2021)



## Ilustraciones



Ilustración 24. Filtro de leche de alta eficacia (uvMilk, 2004)



**Circuito de calentamiento**

**Circuito de enfriamiento**

Ilustración 23. Pasteurización y enfriamiento de leche (Grimaldos, s.f.)



Ilustración 26. Cuajo o cuajada (cocinista, s.f.)

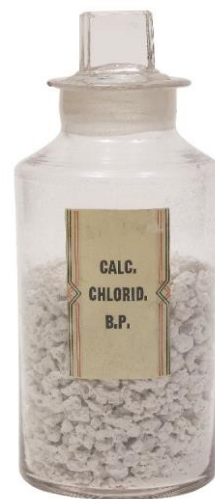


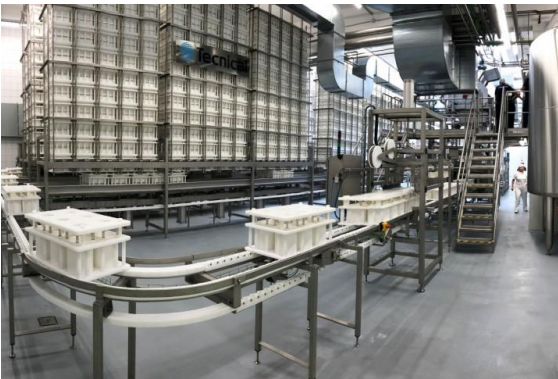
Ilustración 25. Cloruro de Calcio (cocinista, s.f.)



*Ilustración 28. Coagulación de leche, corte y desuerado de la cuajada (CONtextogadero, 2021)*



*Ilustración 27. Moldeador de cuajada (Technical, s.f.)*



*Ilustración 30. Equipo para prensado de queso (Technical, s.f.)*



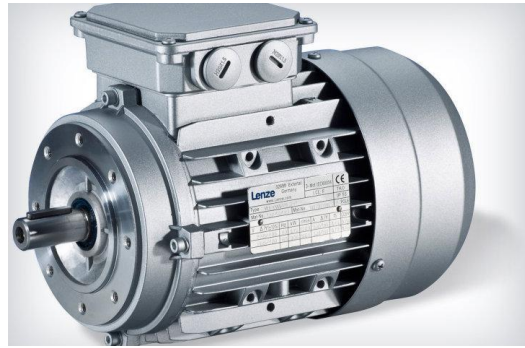
*Ilustración 29. Baño de salmuera (Technical, s.f.)*



*Ilustración 31. Cuarto frío para refrigeración de queso (Refriplast.com, 2020)*



*Ilustración 33. Producto terminado queso fresco  
(recetavenezolana.com, 2021)*



*Ilustración 32. Motor eléctrico  
(ConceptoDefinición, 2011)*



*Ilustración 35. Bomba eléctrica  
(DirectINDUSTRY, 2021)*



*Ilustración 34. Sensor de viscosidad  
(rheonics, 2021)*



*Ilustración 36. Sensor de temperatura  
(HYDBA, 2017)*



Ilustración 37. Controlador lógico programable (Made-in-China, 2021)



Ilustración 38. Interfaz hombre máquina (TECNOALIMENPORTAL, 2020)

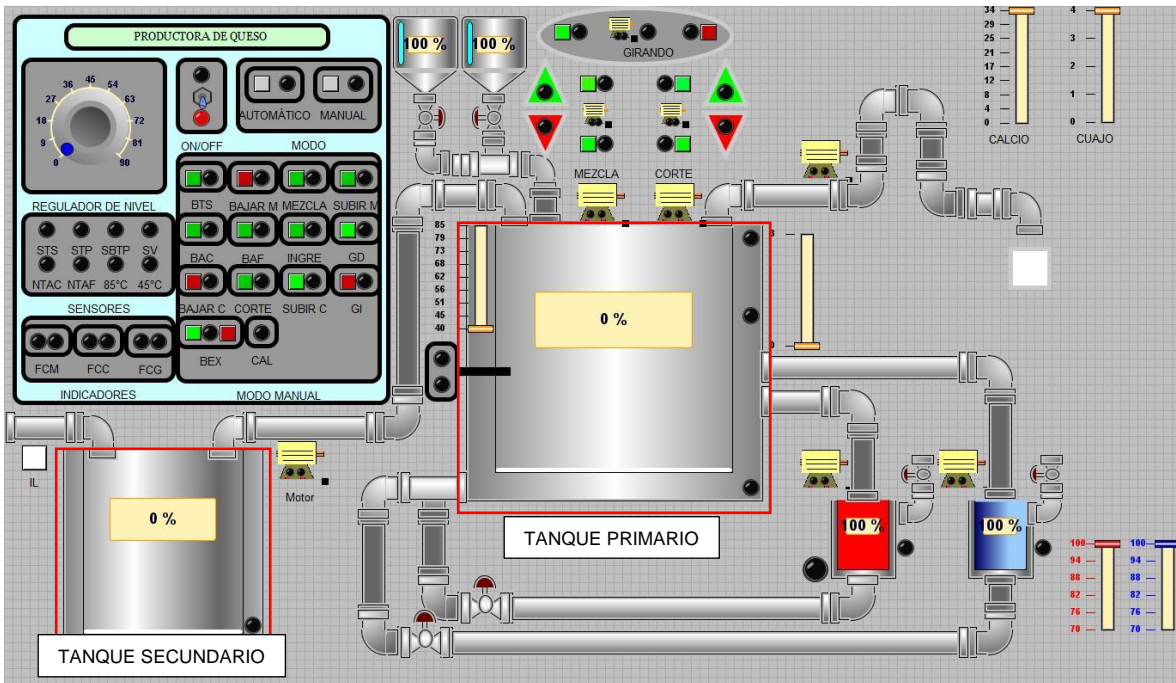
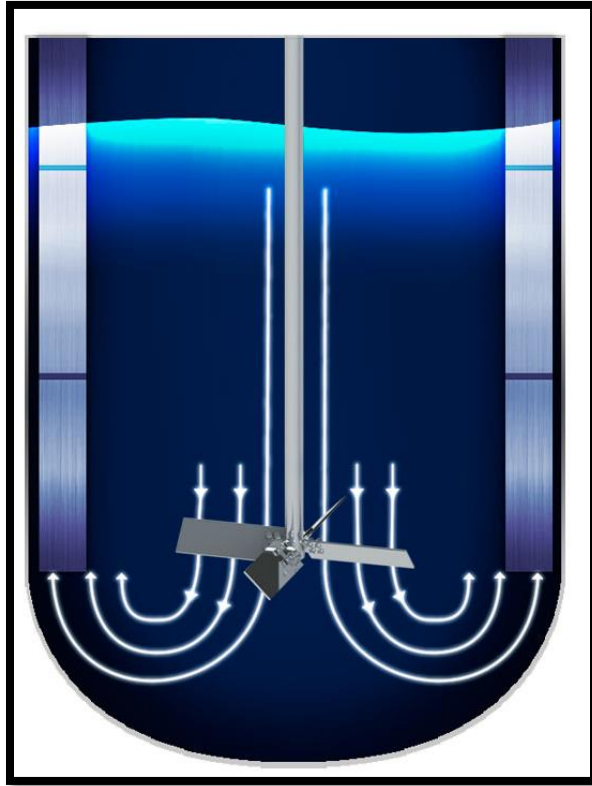
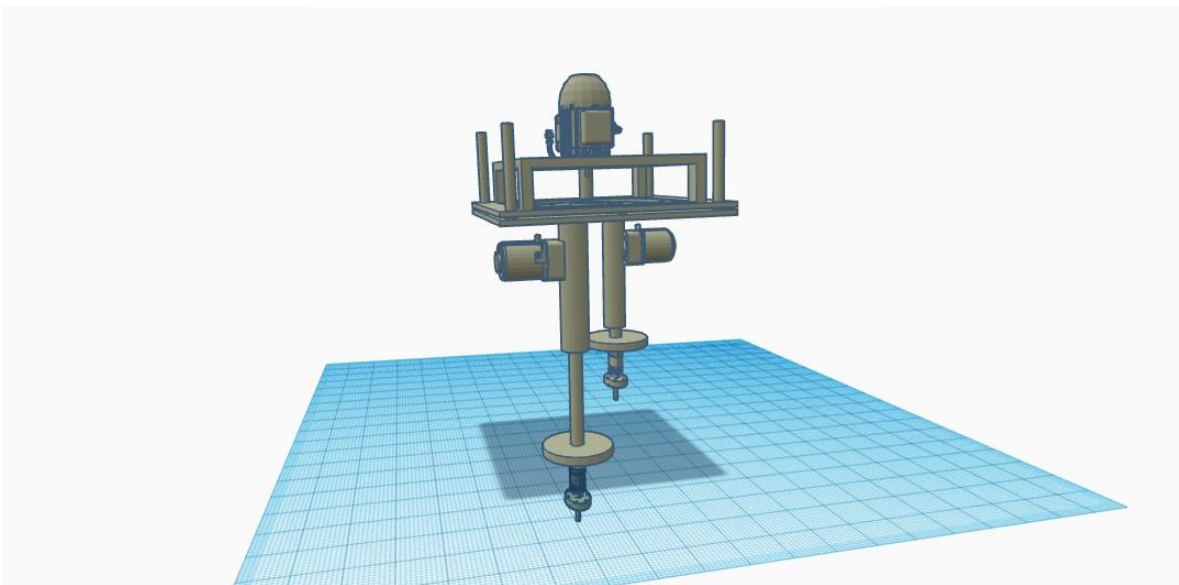


Ilustración 39. Llenado de tanque secundario y primario (propia, 2021)



*Ilustración 40. Agitador con palas inclinadas (propia, 2021)*



*Ilustración 41. Estructura módulo para subir, bajar y girar motores ( (propia, 2021))*



Ilustración 42. Cortadora de cuajada (Rosa Cavero, 2019)





## Apéndice

<b>Apéndice para diagramas de flujo</b>	
SBTS	Sensor bajo tanque secundario
STS	Sensor tanque secundario
SBTP	Sensor bajo tanque primario
SV	Sensor de viscosidad
NTAC	Nivel tanque agua caliente
NTAF	Nivel tanque agua fría
FCM	Final de carrera mezcla
FCC	Final de carrera corte
FCG	Final de carrera giro
BTS	Bomba tanque secundario
Bajar M	Bajar Mezcla
Bajar C	Bajar Corte
Subir M	Subir Mezcla
Subir C	Subir Corte
STP	Sensor tanque primario
Ingre	Ingredientes
BAC	Bomba agua caliente
BAF	Bomba agua fría

EAC	Electroválvula agua caliente
EAF	Electroválvula agua fría
E Calcio	Electroválvula calcio
E Cuajo	Electroválvula cuajo
GI	Girar izquierda
GD	Girar derecha
BEX	Bomba extracción

Tabla 6. Apéndice para abreviaturas en diagramas de flujo (propia, 2021)

### Presupuesto

Cantidad	Componente	Marca	Foto	Precio C/U \$	Subtotal \$
1	Tanque de 1100 litros	Plastitank		203.18	203.18
1	Marmita de 1134 litros	Lianhe		2000	2000
1	Tanque metálico de 450 litros	Kadoya Everbright		500	500
1	Tanque metálico de 450 litros	Kadoya Everbright		500	500

2	Tanques de 5 galones	Carlisle Paddles		62.40	124.8
4	Bombas de ½ HP 220V	Truper		80	240
2	Motores de 1 HP 220V	WEIYE		105	210
3	Motores ½ HP 220V	TWT		60	180
4	Electroválvulas de 2 pulgadas	BACOENG VITON		29	116
2	Electroválvulas ½ pulgadas	BACOENG VITON		25	50
6	Finales de carreras	SCHNEIDER		40	240
1	Sensor de viscosidad	Viscomaster		35	35



1	Sensor de temperatura	Metro Star M6		17.99	17.99
5	Sensores de nivel ultrasónicos	SIMENS		25	125
1	PLC Logo SIMENS	SIMENS		200	200
2	Expansores DM16	SIMENS		91	182
1	Variador de frecuencia	nFlixin		60	60
<b>TOTAL</b>					<b>4,983.97</b>

## **Entrevista**

**¿Qué tipo de queso se produce en la hacienda?**

*R: Queso fresco*

**¿De dónde proviene la leche para la producción de queso?**

*R: La leche es ordeñada en la misma hacienda, ya que solo se dedica a producción de queso.*

**¿Cuántos litros de leche se utilizan para la producción diaria de queso?**

*R: Existen dos rondas de producción, una por la mañana y otra por la tarde, 230 galones y 140 galones respectivamente.*

**¿Cómo se lleva cabo la distribución de la leche en los recipientes para la producción de queso?**

*R: manualmente en tres recipientes distintos (canoas)*

**¿Cuántas personas participan durante el proceso de producción de queso?**

*R: Durante el proceso participan 4 personas*

**¿Qué prácticas de higiene se toman en cuenta para la producción?**

*R: Únicamente cuentan con trapo a modo de filtro y durante el proceso de producción se le agrega cloro a la leche para descontaminarla.*

**¿Cómo se realiza el proceso de la mezcla?**

*R: Se realiza manualmente con una espátula, la que debe ser agitada por una persona durante todo el proceso*

**¿Cómo se realiza el proceso de adición de ingredientes?**

*R: Se realiza manualmente con panas bajo criterios de observación*

**¿Cómo se realiza el proceso de corte?**

*R: El corte se hace con una lira de nylon manualmente por una persona*

**¿Cuánto tiempo se demora la producción?**

*R: Durante todo el proceso se demora aproximadamente cuatro horas*

**¿Cómo se extrae la cuajada?**

*R: Se extrae manualmente con balde*