



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

EXAMEN COMPLEXIVO

Componente Práctico, previo a la obtención del Título de:

INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO Y SIMULACION DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE NECTAR DE MANGO”**

AUTOR

RAMÍREZ POZO STEVEN ALFREDO

LA LIBERTAD -ECUADOR

2022

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Firma de Responsabilidad del Estudiante
Nombre: Ramírez Pozo Steven Alfredo Cédula: 2450766031
 Firma

Firma de Responsabilidad del Profesor o Tutor Propuesto
Nombre: Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, MSc. Cédula: 1104610132
 LUIS ENRIQUE CHUQUIMARCA JIMENEZ Firma

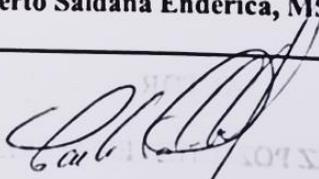
Firma de Responsabilidad del Docente de Unidad de Integración Curricular II
Nombre: Ing. Carlos Alberto Saldaña Enderica, MSc. Cédula: 0914840947
 Firma

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	11
1. FUNDAMENTACIÓN.....	11
1.1. ATECEDENTES	11
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	13
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	15
1.5. ALCANCE DEL PROYECTO	16
CAPITULO II.....	17
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. TIPOS DE MANGO.....	17
2.2. LINEA DE PRODUCCIÓN.....	17
2.2.1. TIPO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	18
2.2.2. BANDA TRANSPORTADORAS	18
2.2.3. SENSORES.....	19
2.2.4. MOTORES ELÉCTRICOS	20
2.2.5. BOMBAS	20
2.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL.....	20

2.3.1.	DISYUNTORES	20
2.3.2.	GUARDAMOTOR	21
2.3.3.	CONTACTORES	21
2.3.4.	RELÉ DE CONTROL.....	21
2.3.5.	GABINETE ELÉCTRICO.....	21
2.3.6.	LUCES PILOTO	22
2.3.7.	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE “PLC”	22
2.3.8.	HMI – INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA	23
2.3.9.	SISTEMA SCADA	24
2.4.	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	24
2.5.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN.....	27
2.6.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	28
2.6.1.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	28
CAPITULO III.....		29
3.	PROPUESTA	29
3.1.	REQUERIMIENTOS.....	29
3.2.	COMPONENTE DE LA PROPUESTA.....	30
3.2.1.	MAQUINARIA.....	30
3.2.2.	EQUIPO DE CONTROL	34
3.2.3.	SENSORES DEL SISTEMA.....	36

3.3. DISEÑO DE INTERFACES.....	38
3.3.1. PROGRAMACION DE LA INTERFAZ	38
3.3.2. DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI.....	49
3.3.3. DISEÑO DEL SCADA	56
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tolva industrial.....	30
Figura 2. Banda transportadora de goma tipo Z para frutas y verduras.....	31
Figura 3. Banda transportadora de PVC para alimentos	31
Figura 4. Lavadora de fruta industrial.....	32
Figura 5. Despulpadora industrial de fruta.....	33
Figura 6. Homogenizado industrial	33
Figura 7. Pasteurizadora industrial	34
Figura 8. .PLC S7-1200, CPU 1214C.....	35
Figura 9. Modulo digitales E/S SM1223.....	35
Figura 10. SIMATIC HMI TP900.....	36
Figura 11. Medidor de nivel ultrasónico.....	37
Figura 12. Sensor de temperatura por resistencia.....	37
Figura 13. Sensor fotoeléctrico de barrera unidireccional laser	38
Figura 14. Programación marcha general	39
Figura 15. Sección recepción	39
Figura 16. Sección lavada del producto.....	40
Figura 17. Sección de selección banda 1	41
Figura 18. Sección de selección banda 2	41

Figura 19. Sección de etapa de despulpadora	42
Figura 20. Sección de despulpado	42
Figura 21. Sección de control de homogenización.....	43
Figura 22. Programación nivel néctar.....	43
Figura 23. Programación de validación del producto necesario	44
Figura 24. Activador de la bomba de la homogeneizadora.....	44
Figura 25. Sección de validación y recolección de datos de temperatura.....	45
Figura 26. Sección de validación y recolección de datos de nivel de pasteurizadora ...	46
Figura 27. Sección de control de la pasteurizadora	46
Figura 28. Sección de programación de la bomba del tanque.....	47
Figura 29. Control de la pasteurizadora	47
Figura 30. Sección de validación para el procedimiento de pasteurización	48
Figura 31. Programación tanque 2.....	48
Figura 32. Programación sistema de alarma	49
Figura 33. Pantalla principal de la interfaz del HMI	50
Figura 34. Etapa de recepción de la materia prima	51
Figura 35. Etapa de lavado de la materia prima	51
Figura 36. Proceso de selección	52
Figura 37. Proceso de despulpado de la materia prima	53
Figura 38. Proceso de homogenización	54

Figura 39. Proceso de pasteurización	54
Figura 40. Sistema de alarmas.....	55
Figura 41. Sección de marcha general	56
Figura 42. Nodo de conexión	56
Figura 43. Nodo de alarma.....	57
Figura 44. Nodo de alarma 2	57
Figura 45. Pantalla SCADA sistema de alarma	57
Figura 46. Pantalla SCADA general.....	58
Figura 47. Tablero de control general.....	72
Figura 48. Tablero de control general vista frontal	72
Figura 49. Diagrama eléctrico de potencia	73
Figura 50. Diagrama eléctrico de control.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la tolva industrial	30
Tabla 2. Características de la banda transportadora de goma tipo Z	31
Tabla 3. Características de la banda transportadora de PVC.....	31
Tabla 4. Características de la lavadora de fruta industrial.....	32
Tabla 5. Características de la despulpadora industrial	33
Tabla 6. Características del homogeneizador industrial	33
Tabla 7. Características de la pasteurizadora industrial	34

Tabla 8. Características del PLC S7-1200, CPU 1214C.....	35
Tabla 9. Características del Módulo Digital E/S SM1223	35
Tabla 10. Características del SIMATIC HMI TP900	36
Tabla 11. Características del medidor de nivel ultrasónico.....	37
Tabla 12. Características del sensor de temperatura por resistencia.....	37
Tabla 13. Características del sensor fotoeléctrico de barrera unidireccional laser	38
Tabla 14. Dilución néctar agua.....	74
Tabla 15. Brix por tipo de mezclas	74
Tabla 16. Brix por tipo de fruta	76

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Línea de procesamiento de néctar de mango	63
Anexo 2. Pantallas HMI.....	64
Anexo 3. Proceso de recepción	65
Anexo 4. Proceso de lavado	66
Anexo 5. Proceso de selección banda 1	67
Anexo 6. Proceso de selección banda 2.....	68
Anexo 7. Proceso de la despulpadora	69
Anexo 8. Proceso de homogenización.....	70

Anexo 9. Proceso de pasteurización	71
Anexo 10. Prototipo y sistema eléctrico	72
Anexo 11. Requerimiento, aditivos y edulcorantes.....	74

CAPITULO I

1. FUNDAMENTACIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El principio de la era moderna trajo consigo varios cambios en la calidad de vida del ser humano, esto se debe a dos hitos importantes suscitados a lo largo de la historia, como, la preservación de los alimentos y el empleo de nuevas tecnologías, donde a partir de varias investigaciones se puede determinar la información necesaria que detalla los procesos industriales para la obtención de un producto de consumo masivo, las cuales generan mejores resultados y aumentan las expectativas de utilidad del producto final, donde se recalcan los beneficios que aportan a cualquier proceso que emplee equipos automatizados para la consecución de algún derivado, además, estos elementos generan una gran rentabilidad y garantizan mejoras en sus líneas de producción como es el caso de la durabilidad del mango, empleando maquinaria especializada y técnicas de producción.

Particularmente el mango es una de las frutas tropicales con más relevancia en el mundo, debido a su valor nutricional y exquisito sabor. Por lo tanto, este producto es altamente exportable por ser rico en [1]:

- Agua
- Fibras
- Minerales
- Vitaminas C y A
- Ácidos orgánicos

Al fructificar el mango tiene una coloración verde, que al pasar el tiempo comienza a variar sus tonalidades, como verde amoratado, rojo amoratado o anaranjado. Esta coloración puede ser de manera parcial, pero en otro caso es completa, donde el interior de la fruta es lo más importante, considerando que, si esta es amarillo anaranjado, su semilla cuenta con muchas fibras que están adheridas a la pulpa, y que no causan ningún

tipo de inconvenientes. El mango es una fruta que depende de su origen o tipo, además, puede pesar entre 130 gramos y hasta más de 1 kilogramo [1].

El mango comercial cuenta con las siguientes características morfológicas [1]:

- Peso Promedio 350gr
- Pulpa 56.39%
- Cáscara 21.51%
- Semilla 22.09%

En el Ecuador existe una gran variedad de este tipo de frutas, donde los más comercializados son [2]:

- Mango de chupar
- Mango tommy atkins
- Mango Haden
- Mango kent
- Mango de canelo o manzana
- Mango Edwar

El néctar de fruta se caracteriza por ser un derivado de cualquier fruta que puede ser pulposo o no pulposo, donde es obtenida mediante el empleo de maquinarias especializadas para su obtención, además, este tipo de néctar es un producto que tiende a fermentarse al no estar en circunstancias adecuadas, mismas que son obtenidas al emplear las nuevas tecnologías de producción, conocidas como procesos de molienda [2]. Para las industrias este néctar se debe regir bajo las Normas Técnicas Ecuatorianas (CODEX STAN 159-1987, MOD), en su sección Norma Para El Mango En Conserva, que indica lo siguiente [3]:

- Color: El producto debe tener un color que sea específico al tipo de mango que se está procesando y que los ingredientes o insumos especiales tengan una coloración característica para que el producto final no tenga ningún tipo

de anomalía.

- Sabor: Este producto no debe presentar anomalías en el olor y su sabor debe mantener sus características principales.
- Textura: El producto final cuenta con poca fibra y sin exceso de pulpa.

El néctar de fruta se comercializa a partir del siglo XX, debido a dos grandes hitos sucedidos a lo largo de la historia, donde el primero se debe a la concentración urbana en las grandes ciudades debido a la migración, el segundo se debe a la pasteurización, que es un proceso térmico que permite preservar el néctar de la fruta por mucho más tiempo en óptimas condiciones [4], por ello, se genera una oportunidad de crear un producto novedoso y sustentable, que al aplicar un proceso automatizado permite un mejor rendimiento en la producción [5].

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está diseñado para ejecutar el control de la línea de producción automatizada que procesa el néctar del mango, aplicando equipos especializados en otros proyectos similares, el cual es controlado mediante un controlador lógico programable (PLC), además se puede observar el resultado mediante un interfaz SCADA, que garantiza supervisar el sistema de manera remota.

Este proceso se divide en 6 etapas:

ETAPA 1: RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA PRINCIPAL (MANGO)

El proceso de producción del néctar del mango inicia cuando se descarga la materia prima principal, que a través de una tolva (véase en la Figura 1), se alimenta a todo el sistema de producción, debido a que la tolva está conectada a una banda transportadora (véase en la Figura 2), que tiene como dirección la etapa de lavado [6].

ETAPA 2: LAVADO

Este proceso se debe a que la materia prima principal, el mango, al estar recién cosechado y al haber sido transportado, puede presentar algún tipo de carga microbiana o tierra de

por medio, por ello se emplea una lavadora hidrodinámica automatizada (véase en la Figura 4), que está conectada con una banda transportadora encargada de extraer el producto purificado [6].

ETAPA 3: SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

Para selección de la materia prima principal, se emplea un personal capacitado que selecciona el mango dependiendo la tonalidad y madurez de este. Este proceso cuenta con dos bandas transportadoras (véase en la Figura 3), controladas por el personal de selección para su mejor rendimiento al momento de descartar cualquier tipo de anomalías que puedan afectar en la producción [6].

ETAPA 4: PULPEADO Y REFINADO

El proceso se realiza a través de una maquina despulpadora de fruta (véase en la Figura 5), que cuenta con un molino que ejerce una presión continua, que elimina las partículas no deseadas como: ramas, cáscaras, pepas y semillas [6].

La despulpadora está conectada con la banda transportadora (véase en la Figura 3), que pertenece a la etapa de selección, recibiendo el mango purificado listo para procesar, para luego separar el néctar de la fruta que se almacena en un tanque y así poder llevarlo a su siguiente etapa. Además, la pulpa pasa a través de un tamiz interno de la despulpadora donde se eliminan pequeñas partículas que puedan estar presentes, y así conseguir una pulpa más refinada, debido que al término de este proceso el producto se transporta hacia el tanque de homogenización [6].

ETAPA 5: HOMOGENIZACIÓN

Mediante un sistema automatizado se conecta el tanque de almacenamiento de la despulpadora, hacia al tanque de homogenización (véase en la Figura 6), donde se agregan los insumos necesarios para la conservación del producto detallado en el Anexo 10; estos son los espesantes ácidos cítricos y preservantes, que actúan como bactericida, por último, se agrega la cantidad de agua necesaria para la dilución del néctar de la Tabla 11 y los edulcorantes de la Tabla 13 [6].

ETAPA 6: PASTEURIZACIÓN

Es la etapa que consiste en el tratamiento térmico del néctar ya homogenizado, donde es transportado hacia la pasteurizadora (véase en la Figura 7), este proceso contribuye a la eliminación de alguna carga bacteriana, y al aire que contiene en su interior, debido a que es sometido a una temperatura de 85°C con un tiempo de 10 minutos exactos, los cuales no se deben exceder al tiempo establecido, porque alteraría las características del producto final [6].

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y simular un sistema automatizado para la fabricación del néctar de mango mediante el acople de varios procesos mecánicos con controladores robustos, para obtener un control y monitoreo de la línea de producción del producto final.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los diversos procesos y técnicas industriales que conlleva a la producción del néctar de mango en una empresa.
- Desarrollar un algoritmo de programación del proceso industrial del néctar de mango mediante la aplicación del PLC.
- Desarrollar un sistema de monitoreo, supervisión y comunicación industrial, utilizando HMI y SCADA considerando los diferentes protocolos de redes industriales.
- Realizar el diseño eléctrico y de control del sistema automatizado para la producción de néctar de mango.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el Ecuador el mango es un producto que se destaca a nivel internacional por su excelente calidad y sabor, además, cuenta con una variedad de productos elaborados derivados del mango, como son [7]:

- Mermeladas
- Confituras
- Jugos
- Pulpas
- Concentrados

La fundación Mango reporta que las exportaciones de este producto han aumentado un 17% en los últimos 5 años [8], también recalca que existe una cantidad de cosecha que no cumple con los estándares de calidad requeridos para su exportación, y aquellos que cumplen los estándares deben pasar por los controles fitosanitarios [7]. Por ello, se desarrolla el diseño de una línea de producción de néctar de mango para darle un mejor empleo al producto, que no cumple con ciertos estándares. Además, este proceso cuenta con sus respectivos análisis de las etapas que conllevan la fabricación del néctar, donde el objetivo principal se tiene la exportación, por lo que se pretende procesar alrededor de 3000 kilogramos diarios [7].

El presente trabajo trata sobre el diseño de una línea de producción de néctar, que nace a partir de la necesidad de aprovechar el mango no apto para exportación, donde la industria 4.0 o conocida como la cuarta revolución industrial se emplea, con el fin de tener un proceso eficiente y adecuado, para justificar la factibilidad del proyecto, debido a que las industrias están cambiando sus modelos de producción a procesos de última generación; donde la aplicación de este tipo de proyecto hacia las Pymes mantiene el avance tecnológico en los procesos automatizados [9].

1.5. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto se enfoca en el diseño de la línea de producción de néctar de mango, que tiene como prioridad la simulación y programación de todo el sistema, y así garantizar el proceso. El proyecto no incluirá la construcción mecánica y eléctrica, debido a que no se cuenta con el equipo necesario y además que es un proceso costoso, es decir que, los recursos limitan a dejar la simulación y programación para la implementación.

El proyecto cuenta con la simulación de la línea de proceso hasta obtener el producto

final, a través del empleo de software como TIA PORTA, HMI Y SCADA, que están basados en proyectos ejecutados con éxito y con una metodología ya planteada con base en investigaciones.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. TIPOS DE MANGO

MANGO TOMMY ATKINS

Fruto originado en Florida que es descendiente del mango haden, la cual puede pesar entre 450 y 700 gramos, además, es de cascara gruesa, y no contiene fibras en su semilla; tiene buen sabor y de abundante pulpa, su tonalidad tiene como base el morado y al madurar da paso al color rojizo [7].

MANGO HADEN

Proviene de la variedad MULGOBA, es una fruta que cuenta con un peso promedio entre 400 y 600 gramos, además, su color característico es el rojo rojizo, la pulpa es abundante y cuenta con cierta acides en su sabor [7].

MANGO KENT

Descendiente de la variedad BROOKS y SANDRESHA, es una fruta con un peso promedio de 680 gramos, de tonalidad verde amarillento y bordes de rojo oscuro, además, es caracterizado porque no cuenta con fibras en su semilla y tener abundante pulpa [7].

2.2. LINEA DE PRODUCCIÓN

La línea de producción es un conjunto de operaciones donde constituyen una gran variedad de maquinarias que están organizadas para la fabricación de un producto, en donde las producciones de grandes masas requieren una instalación en serie para su mejor optimización [11].

Una línea de producción permite tener un sistema más organizado y seccionado por fases, que es legible debido al empleo de diagramas de flujo, donde depende el empleo de las

máquinas, que funcionan de manera individual o sincronizadas una a la otra, que permite evitar los cuellos de botellas, y aumentando así la productividad de cualquier proceso [11].

2.2.1. TIPO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

Las líneas de producción varían dependiendo su empleo, las cuales se detallan a continuación [11]:

- Línea de ensamble
- Línea de recolección de pedido
- Línea continua de un solo producto
- Línea simultanea de muchos productos
- Línea de desensamble

2.2.2. BANDA TRANSPORTADORAS

Las bandas transportadoras están conformadas por una cinta que es construida dependiendo el empleo, las cuales pueden ser [12]:

- Lisas
- Banda antillana
- Banda resistente a la abrasión y calor
- Banda de pestaña ondulada o saliente
- Banda de superficie rugosa

El funcionamiento de la banda se tiene debido al movimiento generado por un motor a través de dos tambores, la cual se puede emplear para trasladar objetos de un punto a otro, optimizando los procesos, ahorrando tiempo y dinero en personal de carga [12].

Las bandas más utilizadas para el proyecto, se consideran [12]:

- Bandas de superficie rugosa: Estos se emplean para evitar cualquier tipo de

desplazamiento del objeto a transportar, ya que este tipo de banda ofrece un tipo de agarre que permite evitar movimiento innecesario.

- Banda de pestaña onduladas y salientes: Estos se emplean en sitios con inclinaciones donde se necesita tener la movilidad del objeto de forma estable y controlada.

2.2.3. SENSORES

Son dispositivos creados para recibir información del medio físico como [13]:

- Temperatura
- Distancia
- Presión
- Humedad
- Nivel
- PH

TIPOS DE SENSORES

Los sensores se clasifican por su variable física a medir, como ejemplo: [13]:

- Inductivos
- Ultrasónicos
- Fotoeléctrico
- Termoeléctrico
- Capacitivos
- Resistivos
- Piezoeléctrico
- Óptico
- Magnético

2.2.4 MOTORES ELÉCTRICOS

El concepto general de motor eléctrico nos indica que estas son máquinas que funcionan transformando la energía eléctrica en energía mecánica, a continuación, se mencionan dos tipos de motores utilizados en el proyecto [14]:

- MOTOR ASINCRONO: Son conocidos como motores de inducción debido a que este tipo de motor de corriente alterna necesita cierta corriente eléctrica para producir la torsión del rotor, y debido a la inducción electromagnética es generada por el campo magnético de la bobina del estator.
- MOTOR JAULA DE ARDILLA: Se domina así debido a su bobinado eléctrico que esta enlazado a unas barras y a los anillos del circuito, formando así, una rueda similar a las jaulas de un hámster.

2.2.5 BOMBAS

Una de sus características fundamentales es que este elemento tiene como objetivo transferir la energía a un líquido, que nos permite transportar a un determinado lugar, como por ejemplo [15]:

- BOMBA HIDRÁULICAS: Es una maquina generadora que mediante la transformación de energía mecánica en hidráulica puede transportar fluidos líquidos o sólidos.

2.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL

2.3.1. DISYUNTORES

Los disyuntores forman parte de cualquier sistema eléctrico industrial debido a que este elemento interrumpe de manera automatizada el paso de una corriente eléctrica cuando está superando su intensidad. A este se le considera un elemento de seguridad que permite la protección de los elementos eléctricos conformados en un tablero eléctrico. Estos elementos pueden trabajar a distintas tensiones y saltar a distintas corrientes debido a que están limitadas a soportar cierta intensidad donde existen variedades de este elemento, dependiendo el lugar y circunstancia de uso, como por ejemplo [16]:

- DISYUNTOR TÉRMICO: Es el elemento encargado de cortar el paso de energía para salvaguardar el cableado y los componentes eléctricos ante alguna sobrecarga o sobrecorriente en el sistema.
- DISYUNTOR DIFERENCIAL: Este elemento es indispensable para la seguridad de las personas debido a que interrumpe el paso de corriente cuando en los polos no pasa la misma cantidad de corriente.
- DISYUNTOS MAGNÉTICO: Estos detectan fallas como cortocircuitos o cambios de intensidad, y en esos casos cortan el paso de energía para proteger los equipos electrónicos, por ello son muy confundidos con los disyuntores térmicos que tienen funcionalidades similares.

2.3.2. GUARDAMOTOR

Elementos de protección electromecánicos se emplean en circuitos principales para dar arranque o paro de motores que proporcionen una protección contra cortocircuitos, fallo de fases y sobrecargas [16].

2.3.3. CONTACTORES

Es el dispositivo más utilizado en cualquier construcción de diseños eléctricos porque permite la apertura y cierre de cualquier circuito instalado ya sea que esté en carga o vacío. Este dispositivo funciona al aplicar un voltaje a la bobina, con el cual se da apertura al circuito donde el sistema de control se puede maniobrar con un voltaje pequeño que da paso a un gran voltaje [16].

2.3.4. RELÉ DE CONTROL

Es el control del paso de corriente para cuando se desee que este abierta o se impida para que esté cerrado, mediante una señal de control [16].

2.3.5. GABINETE ELÉCTRICO

Es el lugar o espacio donde están todos los elementos que componen el sistema eléctrico, como dispositivos de [16]:

- Control
- Maniobra
- Protección
- Señalización
- Distribución

2.3.6 LUCES PILOTO

Son señalizadores visuales que representan cuando un proceso está en marcha, paro o falla [16].

2.3.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Es el dispositivo más importante de cualquier sistema de automatización porque es la encargada de dar indicaciones a todo el proceso electromecánico. Además, es similar a una computadora que controla todo el funcionamiento para la elaboración de algún producto o ejecución de algún proceso. Este dispositivo es muy aplicado en la industria debido a su durabilidad y eficiencia en el campo que permite que la intervención humana disminuya significativamente debido a la simplificación de procesos [10].

VENTAJAS DEL PLC

Los Autómatas Programables se han caracterizado por las siguientes ventajas que ofrecen [10]:

- Fácil instalación
- Control más preciso
- Menor mantenimiento
- Modificaciones sin aumentar costos
- Monitoreo continuo del funcionamiento
- Facilidad de programación
- Flexibilidad en procesos complejos

- Rapidez de respuesta

DESVENTAJAS DEL PLC

Por lo general las pymes no implementan este tipo de herramientas debido a estas como: [10].

- Necesidad de personal capacitado
- Costo de adquisición

LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN LADDER

Se caracteriza por ser un tipo de programación más dinámica que se representa con gráficos, que permite al programador aplicar un lenguaje más simple basándose en esquemas eléctricos, donde los que más se emplean son [10]:

- Entrada, contacto normalmente abierto -| |-
- Entrada, contacto normalmente cerrado -|/|-
- Salida, bobina, relé -()-
- Activar salida, bobina o relé -(S)-
- Desactivar salida, bobina o relé puesto en '0' -(R)-

2.3.8. HMI – INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA

Este dispositivo muestra la información del proceso en tiempo real, para así determinar parámetros de cada proceso [17].

Se puede decir que esta herramienta es aquella que proporciona los datos más importantes del sistema, permite el control y desarrollo de las funciones en proceso “observar y operar” [17].

Estos artefactos se pueden utilizar para sistemas de control complejos, que hasta para los más sencillos se aplica los estándares HMI ISA 101; ANSI/ ISA-1011-2015 [17].

2.3.9. SISTEMA SCADA

Conocida como una de las herramientas de la automatización que ha revolucionado el control industrial, puede estar instalada en un ordenador y estar interconectada con los elementos de control (PLC) y las unidades remotas (RTU) [18].

Debido a este sistema todos los procesos son más eficientes donde se puede tomar decisiones más inteligentes debido a que la recopilación de datos es en tiempo real, garantizando así, un ahorro de tiempo y dinero por lo que no se debe estar parando o disminuyendo la actividad que se realice [18].

VENTAJAS

- Permite el control de los procesos industriales de manera remota y local.
- Permite el monitoreo y procesamiento de datos en tiempo real.
- Permite crear paneles de alarmas de los elementos en funcionamiento.

2.4. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Es un conjunto de reglas que permiten que dos o más elementos de un sistema se puedan comunicar, para poder transmitir información de cualquier fenómeno físico obtenido por los sensores que se suscite en el sistema [19].

Los protocolos de comunicación no nacen a partir de una máquina, sino más bien de la necesidad humana que incluye a la tecnología, por ejemplo: el primer teléfono, la red de información para poder conectarnos al ethernet, etc. [19].

Como definición de lo ya antes mencionado todos estos procesos tienen como objetivo compartir información entre dos o más personas, donde la comunicación cuenta con la misma estructura [19].

En el caso de las industrias estos se emplea para la comunicación entre:

- Sensores
- Actuadores

- Equipos de control
- Instrumentos de campos
- Sala de control

Cuando se habla de protocolo de comunicación industrial, se refiere al conjunto de reglas que permiten que los dispositivos que conforman una red puedan interferir e intercambiar información para la ejecución de una acción. Debido al avance en las nuevas tecnologías, los protocolos de comunicación industrial cuentan con ciertas características particulares, para poder responder a la necesidad del campo industrial [19].

Todos los protocolos de comunicación actuales no son más que versiones mejoradas de antiguos protocolos creados a partir de las nuevas necesidades, por ejemplo:

- MODBUS/TCP
- DNP3
- PROFINET

Estos cuentan con ciertas ventajas funcionales de seguridad, ofrecidas por el empleo del ethernet como TCP/IP que ofrecen mejores capacidades de transmisión de datos entre los sistemas de control [19].

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DEVICENET

Es uno de los más usados por la industria por que cumplen con las normas europeas EN50325 y está bajo el cuidado de la ODVA (open Devicenet Vendor Association), ya que esta se encarga de la automatización que permite la interconexión de los dispositivos de control para su intercambio de datos, en este tipo de protocolos los dispositivos más utilizados son [19]:

- Arrancadores
- Sensores fotoeléctricos
- Escáneres

Este protocolo Devicenet no es más que un sistema avanzado de cableado industrial, que

está diseñado para la interacción entre los sensores y actuadores conectados a un PLC [19].

En la aplicación de este protocolo proporciona un sistema de cable único que permite ventajas como:

- Rápido uso
- Fácil de conectar
- Fácil de operar
- Aplicación en dispositivos simples

Debido a ello se puede comunicar el PLC de una manera más sencilla y directa por medio de la utilización del AS-INTERFACE [19].

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

Este protocolo se caracteriza por ser el intermediario entre el cliente y el servidor en todos los dispositivos que están bajo la normativa ISO 3309:1991 (High-Level Data Link Control), por ser un protocolo de mensajería donde se utilizan comúnmente [19]:

- ModBus
- RTU

MODBUS TCP/IP

Este tipo de protocolo permite una comunicación a través de una red Ethernet donde destacan equipos como [19]:

- PLCs
- PC
- Drives para motores
- Drives de otros dispositivos físicos de entrada y salida

MODBUS RTU

Este protocolo es utilizado en gran medida para la supervisión de datos a través de la conexión de un PC con una unidad remota (RTU) que normalmente a este tipo de adquisición y visualización de datos se lo denomina SCADA [19], esto se debe a que permite el control de una red de dispositivos como son [19]:

- Equipos de humedad
- Equipos de temperatura

Estos datos son una representación binaria de datos compactados que comunican los resultados a una PC [19].

2.5. SOFTWARE DE SIMULACIÓN

TIA PORTAL

Es el software principal del proyecto que permite el acceso a la automatización digitalizada y con ello poder configurar de manera intuitiva y eficiente cada proceso. Su importancia radica en que realiza todas las tareas de control y accionamiento que se envían al PLC, que permite mejorar la programación mediante un sistema estructurado con diagramas de contactos, esquemas de funcionamiento, lista de instrucciones y cadenas de procesos [20].

CADE SIMU

Es un programa con características sencillas, que permite al usuario dibujar esquemas eléctricos y electrónicos de sus librerías, para poder simular el circuito creado y obtener resultados del mismo.

NETTO PLCSIM

Este programa contiene la extensión de red TCP/IP que permite la conexión y ejecución de simulaciones entre el PLCSIM y los sistemas SCADA a través de cualquier red, ya sea con un PLC físico o solo con el S7-PLCSIM.

S7 PLCSIM

Es una herramienta de la ingeniería actual que permite realizar simulaciones sin necesidad

de tener un PLC físico, además, de poder expandirse y conectarse a otros sistemas como los SCADA.

NODE-RED

Software creado para conectar dispositivos de hardware, APIS y servicios en línea, no requiere de conocimientos de programación tan avanzados, pero sus características de gestión y transformación de datos en tiempo real lo convierten en la mejor opción para la industria 4.0, el IoT y SCADA, debido a que mediante el empleo de las librerías llamadas nodo se puede formar lo que se conoce como Flow [21].

EPLAN

Es un sistema integrado, basado en planificar y diseñar la ingeniería eléctrica de las máquinas y la planta, en general EPLAN es el software que permite dibujar esquemas y diagramas de circuitos al nivel industrial más alto [22].

SIMATIC IOT 2040

Es conocida como la pasarela del IOT industrial, una plataforma que comprende en: Comprensión de datos conversión a los protocolos de transferencia hacia sistemas superiores de monitorización, evaluación, y optimización de la producción en la nube. En general, la plataforma es confiable debido a que cuenta con un sistema abierto que permite almacenar, procesar y transferir datos en los entornos industriales [23].

2.6. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

2.6.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En este apartado se utilizan varios tipos de metodología, tales como:

- Bibliográficas
- Exploratoria
- Diagnostica
- Descriptiva

La investigación bibliográfica es aquella información recopilada de fuentes como tesis, libros y artículos científicos donde se buscan técnicas de producción (maquinarias) y datos importantes (tiempo de pasteurización y cantidad de edulcorantes y conservantes) para la consecución de un producto de buena calidad, además, garantiza una comparativa de procesos automatizados y se implementa la investigación exploratoria para entender más a fondo los procesos de homogenización y pasteurización, el cual es un tema que conlleva varias variables, como la humedad, temperatura ambiente, temperatura deseada, temperatura interna, tiempo, entre otros.

En cambio, el proceso de lavado y despulpado emplea una investigación diagnóstica, ya que con ello se puede diagnosticar posibles efectos en el sistema, el cual es llevado a cabo mediante el desarrollo del diseño y simulación para la consecución del producto final, el cual está implementado debido a la lectura de varios diseños y técnicas de fabricación recopilados previamente.

Para el proceso de selección se desarrolla una investigación descriptiva que detalle todo el proceso final donde se analiza los índices de calidad necesaria para el posterior proceso, se debe tomar en cuenta que el tipo de investigación elegida se basa en la automatización de procesos de selección y descarte.

CAPITULO III

3. PROPUESTA

3.1. REQUERIMIENTOS

CAPACIDAD DEL SISTEMA

El sistema está diseñado bajo las siguientes características:

- Capacidad de procesamiento de mango diario 3000kg.
- Capacidad de producción de néctar puro diario 1680kg.
- Capacidad necesaria de agua para dilución diaria 5040 litros.

Se debe tomar en cuenta la siguiente recomendación dada por el centro de investigación CIED, el néctar puro producido debe diluirse bajo la siguiente relación:

- 1 litro de néctar de mango puro se diluye con 3 litros de agua.

Además de tomar en cuenta los aditivos y edulcorantes a utilizar, que posteriormente pasa a un proceso de pasteurización donde disminuye la cantidad de agua [24].

3.2. COMPONENTE DE LA PROPUESTA

3.2.1. MAQUINARIA

TOLVA

Al inicio de la línea de producción se cuenta con una tolva donde se recepta toda la materia prima, para su posterior procesamiento.

Esta tolva (véase en la Figura 1) está conectada a una banda transportadora y la misma cuenta con las características necesarias para el correcto funcionamiento del sistema (véase en la Tabla 1).



Figura 1. Tolva industrial

Tabla 1. Características de una tolva industrial

CARACTERÍSTICAS	
Capacidad	3 toneladas
Medidas	4mx4mx2m

BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora #1 (véase en la Figura 2) está ubicada desde la tolva hacia la sección de selección, además, de que está cuenta con un control de velocidad manual (véase en la Tabla 2) que permite el correcto funcionamiento del sistema.



Figura 2. Banda transportadora de goma tipo z para frutas y verduras

Tabla 2. Características Banda transportadora de goma tipo z.

CARACTERÍSTICAS	
CAPACIDAD	1 tonelada
MARCO DE LA MÁQUINA	Acero inoxidable
POTENCIA	1.1kW
DIMENSIONES	6090mm(L)X660mm(W)X650mmH
VELOCIDAD	REGULABLE
TENSIÓN	380Vac

La segunda banda (véase en la Figura 3) es la encargada de transportar el mango por toda el área de seleccionado y culmina en la sección de la lavadora de fruta, por ello, también se escoge una banda transportadora con velocidad variable (véase en la Tabla 3) debido al alto control que se realiza en el proceso de selección.



Figura 3. Banda transportadora de PVC para alimentos

Tabla 3. Características de la banda transportadora de PVC.

CARACTERÍSTICAS	
CAPACIDAD	1 tonelada
MARCO DE LA MAQUINA	Acero inoxidable
POTENCIA	1.1kW
CERTIFICACIÓN	ISO
MATERIAL DE LA CINTA	PVC

DIMENSIONES	8000mm(L)X200mm(W)X350mmH
VELOCIDAD	REGULABLE
TENSIÓN	380Vac

LAVADORA

El proceso de limpieza del mango se realiza por agitación e inmersión, proceso por el cual, es posible emplear una hidro lavadora (véase en la Figura 4), con la certificación ISO y capacidad necesaria de producción (véase en la Tabla 3).



Figura 4. Lavadora de fruta industrial

Tabla 4. Características de la lavadora de fruta industrial

CARACTERÍSTICAS	
CAPACIDAD	1 tonelada/hora
COMPONENTES PRINCIPALES	plc, caja de cambio, motor, bomba
POTENCIA	0,75kw
CERTIFICACIÓN	ce/iso9001
MATERIAL	acero inoxidable
DIMENSIONES	3000mm(l)x800mm(w)x1200mmh
TIPO	Hidro lavadora
TENSIÓN	380vac

DESPULPADORA

Se emplea una despulpadora con tamiz interno (véase en la Figura 5), donde para el correcto funcionamiento del proceso de despulpado, cuenta con la capacidad de procesamiento entre 500 – 800 kg/h (véase en la Tabla 5) [25].



Figura 5. Despulpadora industrial de fruta

Tabla 5. Características despulpadora industrial

CARACTERÍSTICAS	
POTENCIA	3kW
CERTIFICACIÓN	CE Certificate
MATERIAL	Acero Inoxidable
DIMENSIONES	1450mm(l)x770mm(w)x1523mmh
CAPACIDAD	500 – 800 kg/h
TENSIÓN	380Vac

HOMOGENIZADOR

Conocido como tanque de mezcla (véase en la Figura 6) debido a que en este se da el proceso de homogenización, debido a la capacidad de almacenamiento y potencia (véase en la Tabla 6) que permite que los insumos, agua y edulcorantes se unan con el néctar de la fruta.



Figura 6. Homogeneizador industrial

Tabla 6. Características homogeneizador industrial

CARACTERÍSTICAS	
POTENCIA	15kW
RANGO DE VELOCIDAD	250r.p.m a 2800r.p.m

MATERIAL	acero inoxidable
DIMENSIONES	2750mm(l)x2850mm(w)x4100mmh
CAPACIDAD	4000l
TENSIÓN	380Vac

PASTEURIZADOR

En esta etapa se requiere de mayores características que la del proceso de homogeneización (véase en la Tabla 7), debido que aquí llega todo el producto ya homogeneizado y refinado para su posterior proceso de pasteurización (véase en la Figura 7), donde se cuenta con el almacenamiento máximo del sistema.



Figura 7. Pasteurizadora industrial

Tabla 7. Características de pasteurizadora industrial

CARACTERÍSTICAS	
POTENCIA	22kW
CERTIFICACIÓN	ISO
MATERIAL	Acero Inoxidable
DIMENSIONES	Volumen
CAPACIDAD	5000l
TENSIÓN	380Vac

3.2.2. EQUIPO DE CONTROL

PLC

Para el proyecto se implementa el PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé (véase en la Figura 8), debido a que éste cuenta con mayores entradas y salidas analógicas (véase en la Tabla 8).



Figura 8. PLC S7-1200, CPU 1214C [26]

Tabla 8. Características de PLC S7-1200, CPU 1214C

CARACTERÍSTICAS	
DIMENSIONES	110x100x75 mm
ALIMENTACIÓN	110/220v ac
ENTRADAS DIGITALES	14
SALIDAS DIGITALES	10
ENTRADAS ANALÓGICAS	2
INTERFAZ	Profinet con estándar a ethernet
FABRICANTE	Siemens

MÓDULO DE EXPANSIÓN ENTRADAS Y SALIDAS

En este proyecto se debe implementar módulos de expansión (véase en la Figura 9), debido a que permiten aumentar la capacidad del PLC como es el caso del módulo de expansión mostrado a continuación que cuenta con mejores características que sus antecesores (véase en la Tabla 9):



Figura 9. Modulo digitales E/S SM1223 [26]

Tabla 9. Características del modulo digital E/S SM1223 [26]

CARACTERÍSTICAS	
NUMERO DE ARTICULO EN	6ES7 223-1BL32-0XB0

ELMERCADO	
ALIMENTACIÓN	24Vdc
ENTRADAS DIGITALES	16
SALIDAS DIGITALES	16
FABRICANTE	SIEMENS

HMI

En el proceso se emplean varios HMI (véase en la Figura 10) que están presente en todo el sistema de producción, debido a ellos se puede ver datos en tiempo real y cuenta con un panel táctil y emplea el protocolo de comunicación (véase en la Tabla 10) a emplear en este proyecto.



Figura 10. SIMATIC HMI TP900

Tabla 10. Características SIMATIC HMI TP900

CARACTERÍSTICAS	
NOMBRE DEL ARTÍCULO EN ELMERCADO	6av2124-0jc01-0ax0
TIPO DE PANTALLA	tactil tft 9
INTERFAZ	mpi/profibus dp
FABRICANTE	Siemens
ALIMENTACIÓN	24v

3.2.3. SENSORES DEL SISTEMA

SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO

Este sensor (véase en la Figura 11) cuenta con una pantalla de visualización de datos y además es aquel que detallara el nivel de almacenamiento correspondiente en cada sector sin tener contacto alguno con el producto gracias a su rango de operación (véase en la Tabla 11).



Figura 11. Medidor de nivel ultrasónico

Tabla 11. Características medidor de nivel ultrasónico

CARACTERÍSTICAS	
NOMBRE DEL ARTÍCULO EN EL MERCADO	sup-mp-a
RANGO DE OPERACIÓN	5 – 30 m
EXACTITUD	0.3% f.s
MONITOR	Oled
FABRICANTE	Supmea
ALIMENTACIÓN	24v
GRADOS DE PROTECCIÓN	ip65

SENSOR DE TEMPERATURA

Debido a que ciertas etapas funcionan a una alta temperatura se optó por un sensor (véase en la Figura 12), con características de funcionamiento estandarizadas bajo las normas ISO y que a su vez tenga un alto rango de operación (véase en la Tabla 12).



Figura 12. Sensor de temperatura por resistencia

Tabla 12. Características sensor de temperatura por resistencia

CARACTERÍSTICAS	
NOMBRE DEL ARTÍCULO EN EL MERCADO	MBT 5252
RANGO DE OPERACIÓN	Min -50 °c max 200 °c
CARACTERÍSTICA	Acero inoxidable, robusto
NORMATIVA	ISO 228-1-a
ALIMENTACIÓN	24v
GRADOS DE PROTECCIÓN	ip65

SENSOR INFRAROJO DE BARRERA

este tipo de sensor de presencia (véase en la Figura 13) está presente en varias etapas donde se requiere de características de durabilidad y funcionamiento bajo ciertas normativas (véase en la Tabla13) que mejoran el proceso que esté realice.



Figura 13. Sensor fotoeléctrico de barrera unidireccional laser [28]

Tabla 13. Características de Sensor fotoeléctrico de barrera unidireccional laser

CARACTERÍSTICAS	
NOMBRE DEL ARTÍCULO EN EL MERCADO	obe20m-r101-sep-io-0,3m-v3-l
RANGO DE OPERACIÓN	min -40 °c max 60 °c
RANGO	0 - 20 m
NORMATIVA	en 60947-5-2
ALIMENTACIÓN	24v
GRADOS DE PROTECCIÓN	ip67

3.3. DISEÑO DE INTERFACES

3.3.1 PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ

MARCHA GENERAL

Esta sección de programación (véase en la Figura 14) se encarga de decirle que de marcha a todo el sistema.

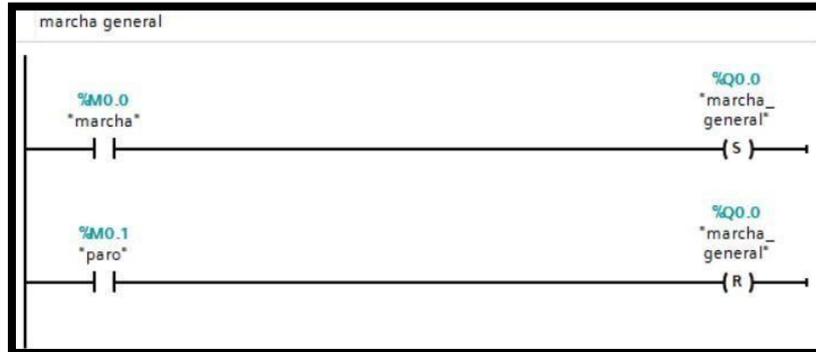


Figura 14. Programación marcha general

RECEPCIÓN Y LAVADO

El proceso de recepción (véase en la Figura 15) cuenta con una tolva que en su interior tiene un sensor de presencia que detecta el producto que da paso a la marcha de la banda (marcha_alma), además, cuenta con un contador que se emplea cuando la tolva se quede sin producto, donde da inicio a el conteo de 5 segundos, tiempo que se toma la banda en dar una vuelta exacta.

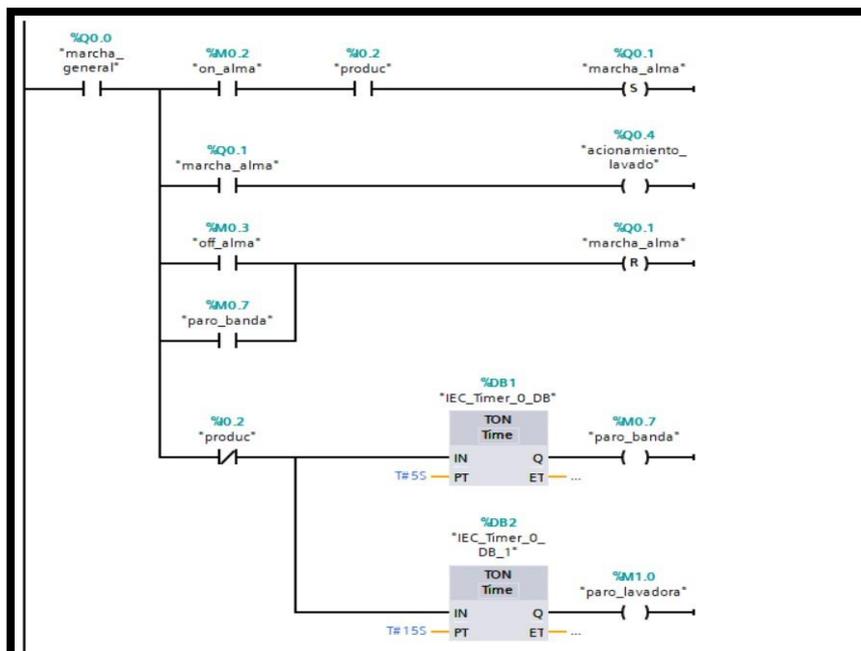


Figura 15. Sección recepción y lavado

La sección de lavado (véase en la Figura 16) se valida mediante el funcionamiento de la sección de recepción, debido a que está conectada en serie, cuando funcione sin producto da paso a desactivar la banda de alimentación de la lavadora y esté emplea un tiempo necesario para lavar el lote.

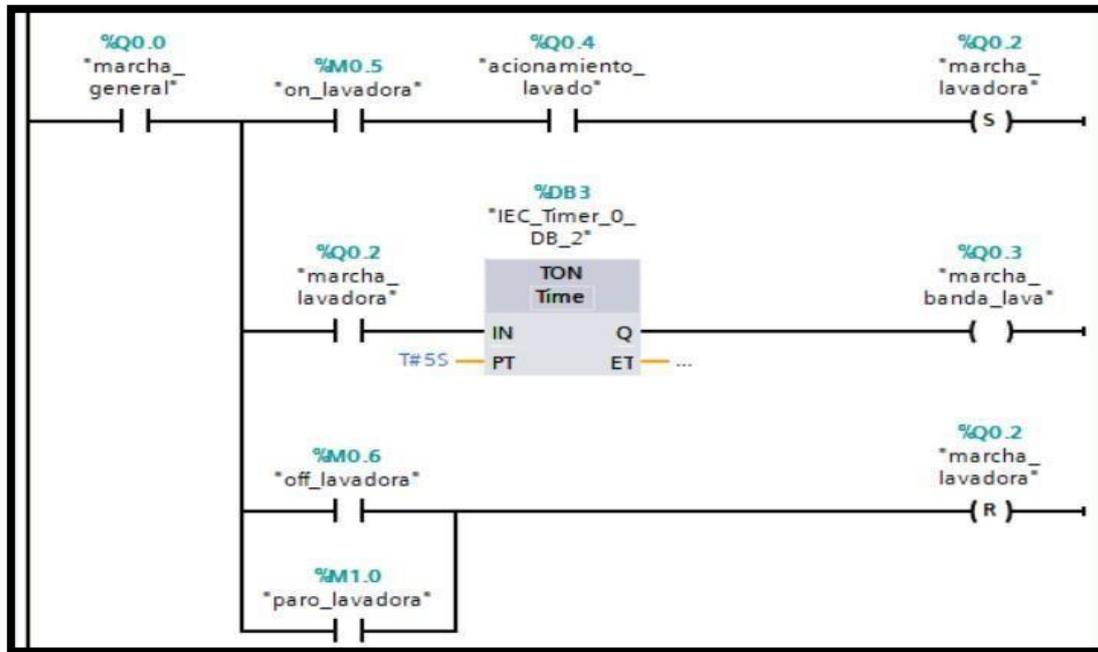


Figura 16. Sección lavada del producto

SELECCIÓN

Esta sección cuenta con apertura libre, debido a que la selección del producto lo realiza un personal capacitado y dividido en dos bandas (véase en la Figura 17 y Figura 18), con el fin de precautelar un buen resultado, debido que la visión humana tiene mejor precisión y exactitud al momento de seleccionar.

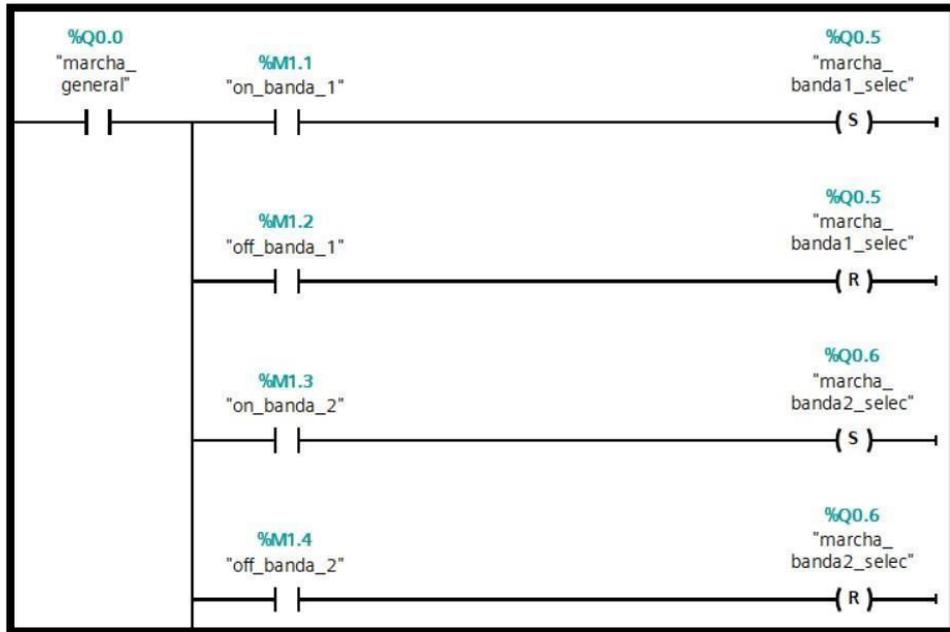


Figura 17. Sección de selección banda 1

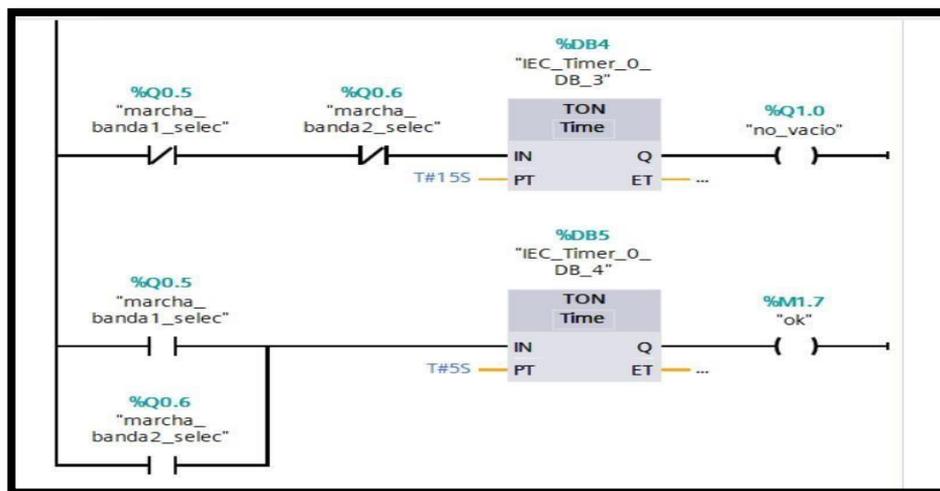


Figura 18. Sección de selección banda

DESPULPADO Y REFINADO

Este proceso cuenta con varias condicionantes para dar marcha a la etapa, debido a que este cuenta con producto dentro de la máquina, que evite posibles funcionamientos en vacío (véase en la Figura 19).

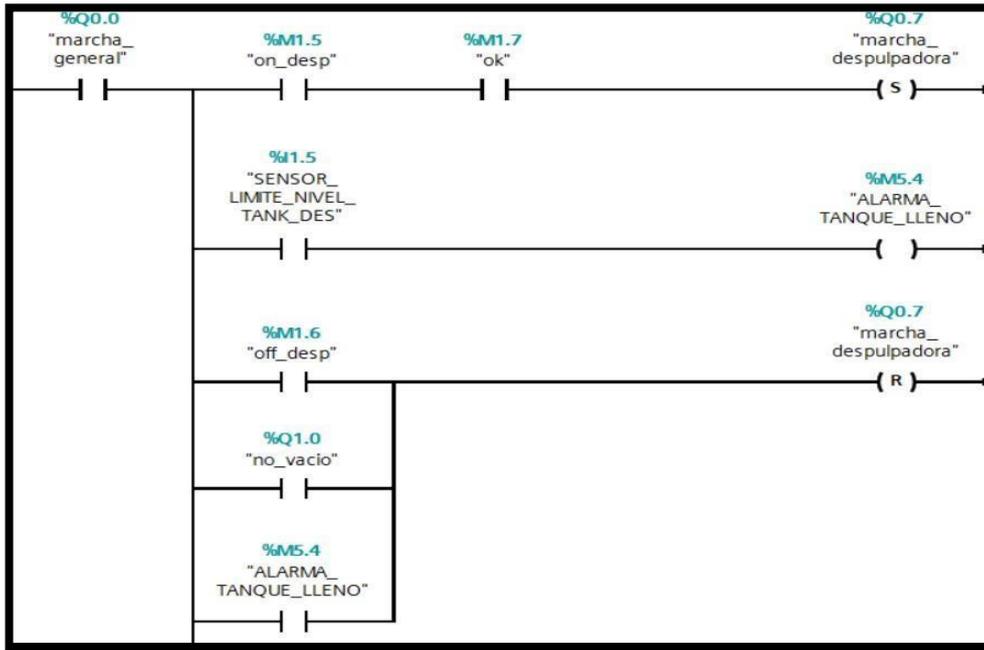


Figura 19. Sección de etapa de despulpadora

El proceso también cuenta con una bomba conectada al tanque de almacenamiento de la despulpadora con dirección al tanque de homogenización, para un correcto uso existe condicionantes como el que el néctar de fruta es el suficiente (840kg).

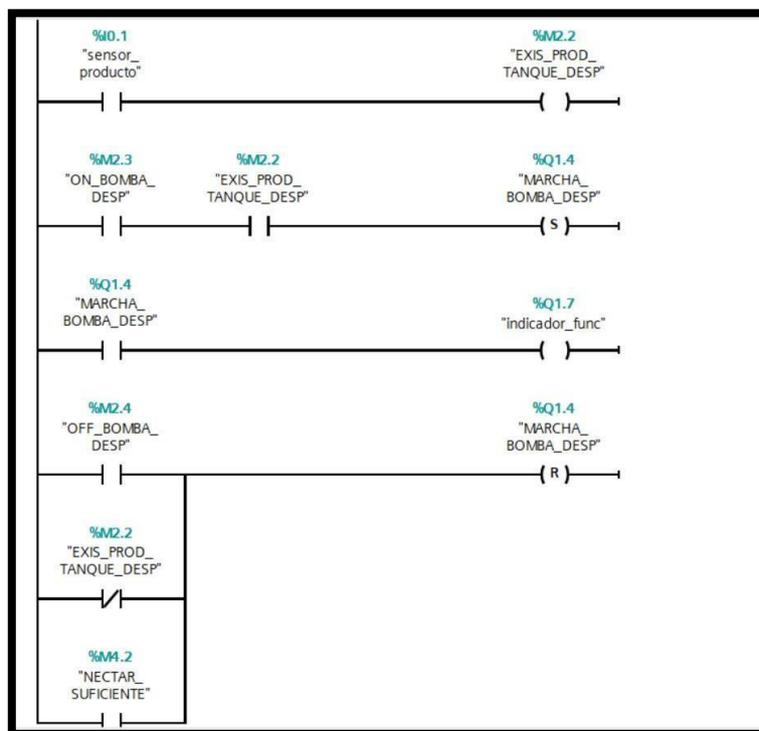


Figura 20. sección de despulpado

HOMOGENIZACIÓN

El néctar de fruta se diluye con agua, insumos, espesantes y conservantes, este proceso cuenta con dos condicionantes, una es la activación de la bomba dentro del tanque de homogenización que significa que el proceso está por terminar y el otro, que el tanque alcanzó el líquido necesario.

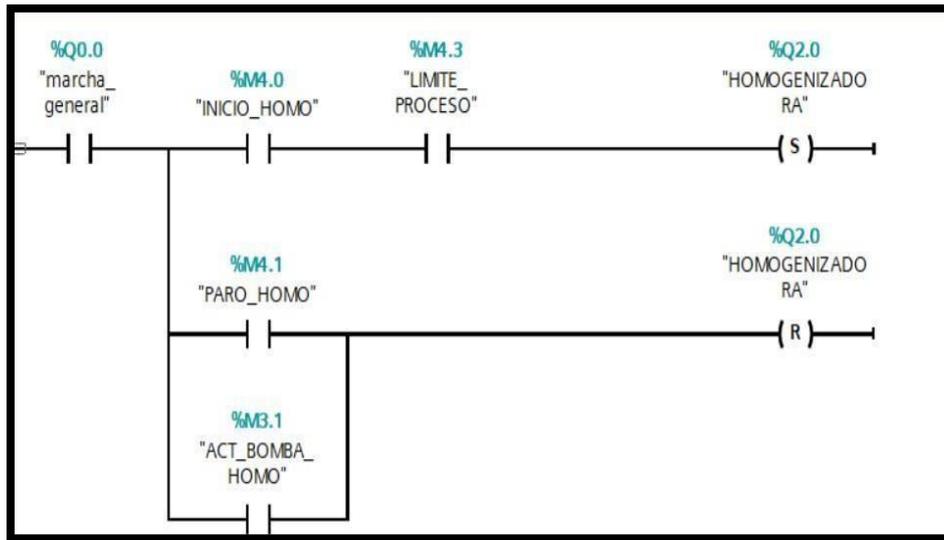


Figura 21. Sección de control de homogenización

Se puede observar todo el proceso de validación y recolección de datos que pasa por un proceso de normalizado y escalado que da lectura al valor del sensor analógico (véase en la Figura 22).

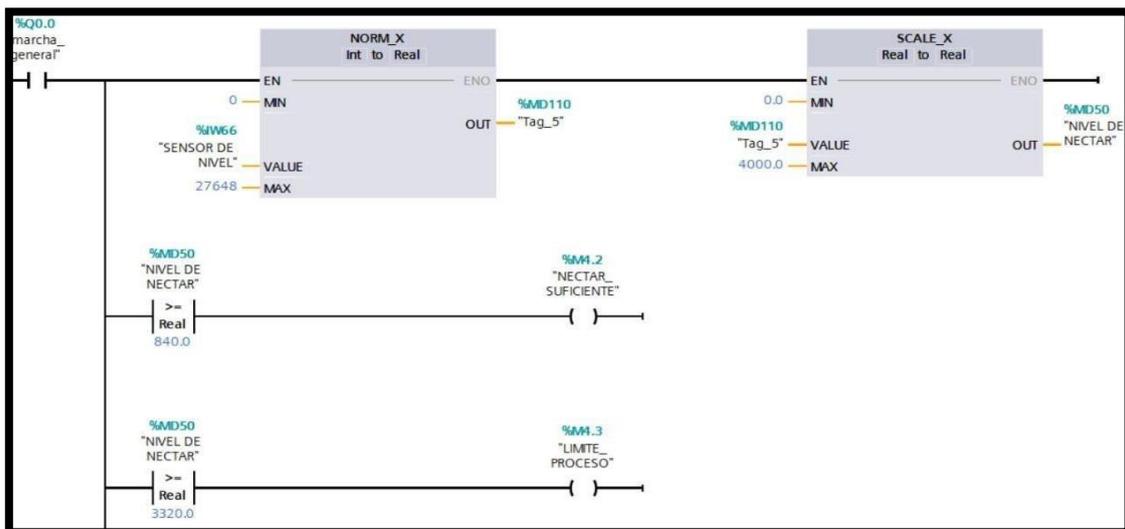


Figura 22. Programación del nivel néctar

Al iniciar el proceso de homogenización, la bomba conectada al tanque de almacenamiento de la despulpadora no puede funcionar, debido a que el proceso de homogenización está en marcha, además, este proceso de homogenización cuenta con un tiempo determinado (15 segundos para la simulación) que varía dependiendo las circunstancias que se puedan presentar de manera física (véase en la Figura 23).

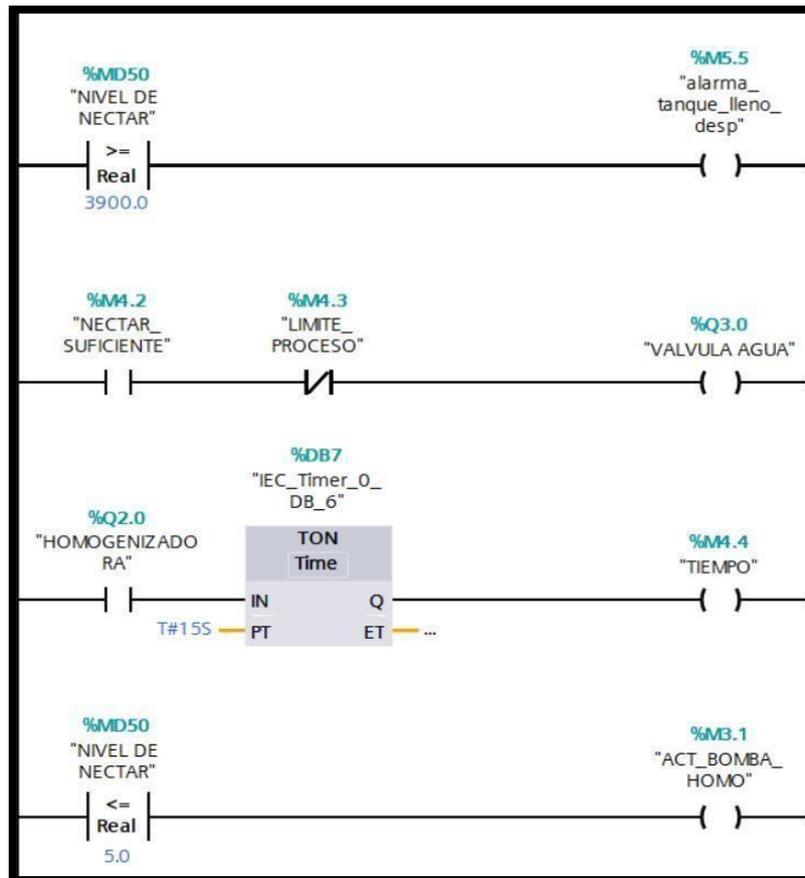


Figura 23. Programación de validación del producto necesario

Cuando el tiempo de homogenización se cumpla, se activa de manera automatizada la bomba de desalojo de producto, que esta dirigida al tanque de almacenamiento #1 de la etapa de pasteurización (véase en la Figura 24).



Figura 24: Activador de la bomba de la homogeneizadora

PASTEURIZACIÓN (FINAL DEL PROCESO)

La sección comienza recolectando datos del sensor de temperatura y nivel (véase en la Figura 25), donde la temperatura es graduada a 85°C para el correcto funcionamiento del sistema (véase en la Figura 25).

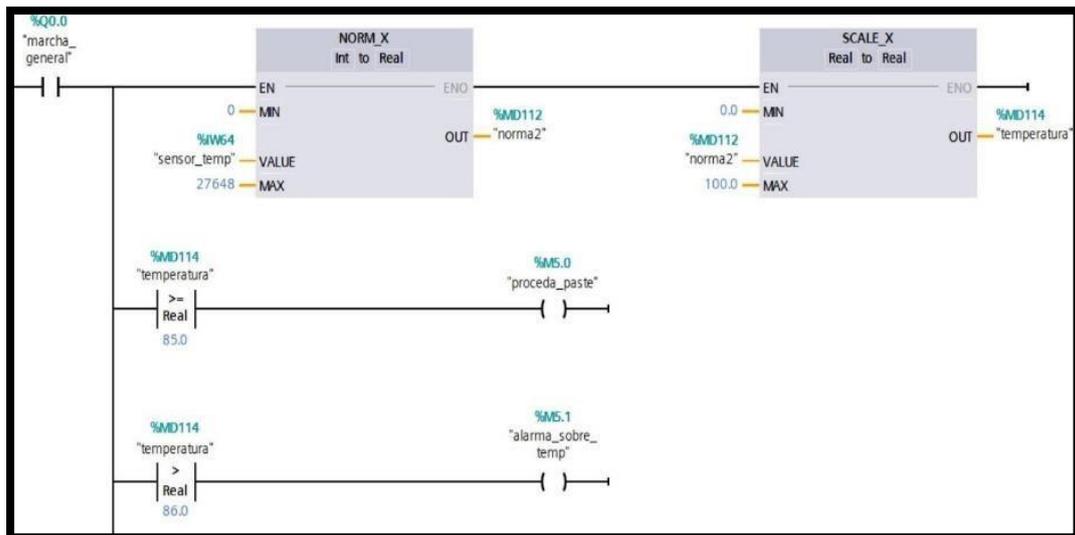


Figura 25. sección de validación y recolección de datos de temperatura

Se cuenta con una alarma de advertencia de sobrecalentamiento o aumento de temperatura que esté por encima del nivel necesario, se toma en cuenta la capacidad del pasteurizador (véase en la Figura 26).

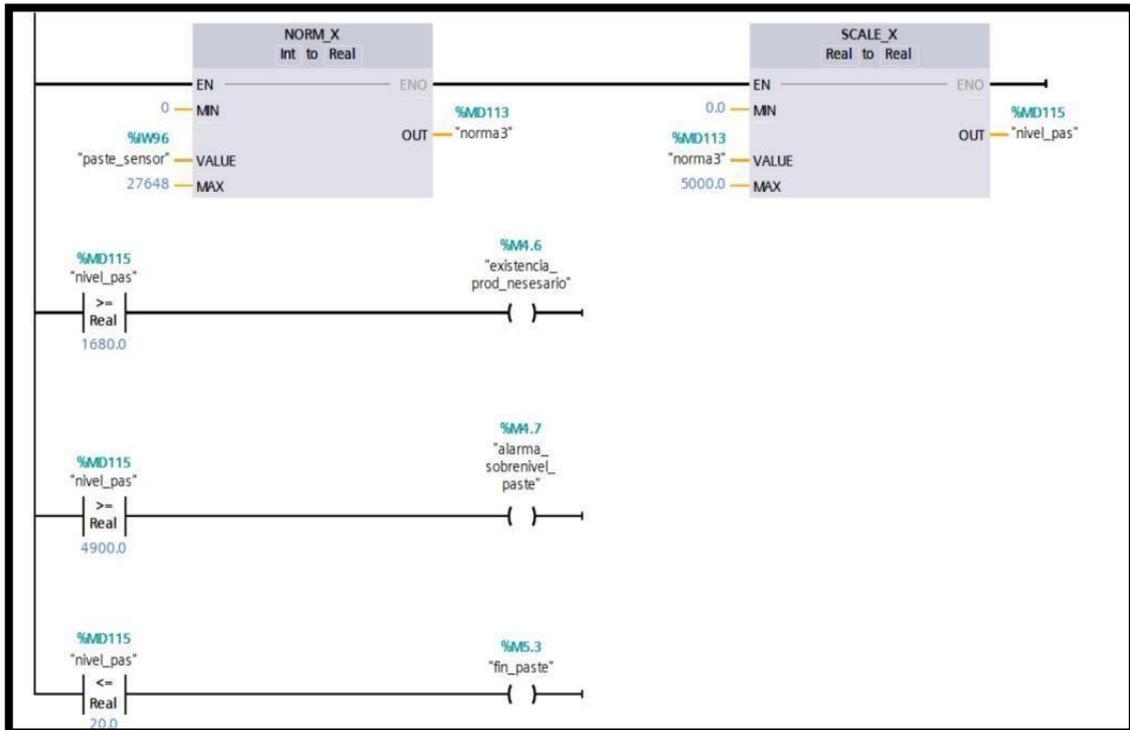


Figura 26. Sección de validación y recolección de datos de nivel de pasteurizadora

La siguiente sección pertenece al control del pasteurizador (véase en la Figura 27, 28, 29, 30, 31), que se encuentra conectada y validada por los diferentes procesos del sistema.

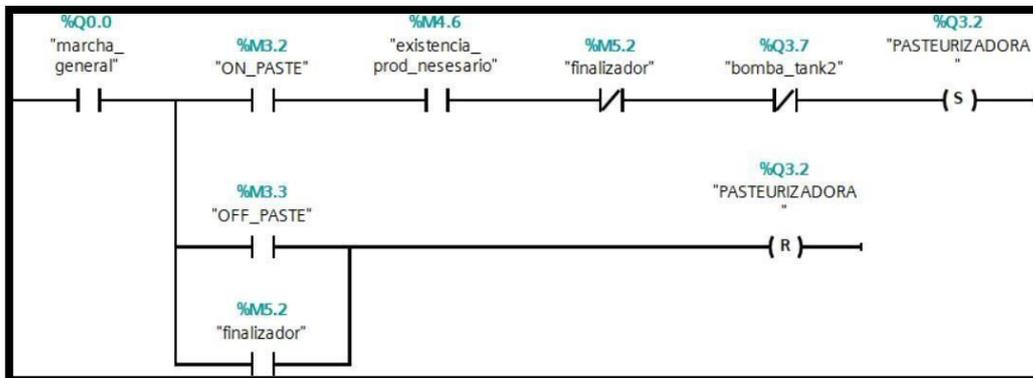


Figura 27. sección de control de la pasteurizadora

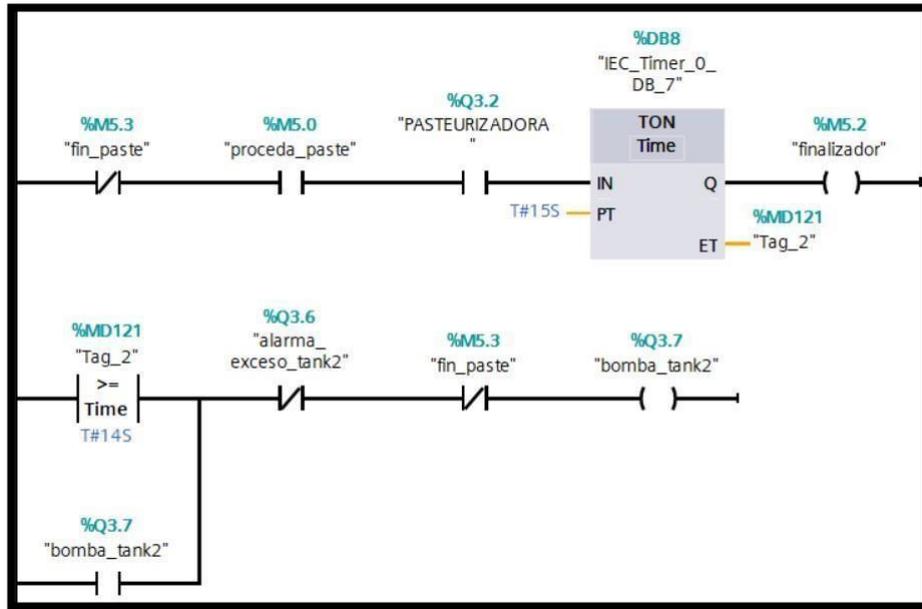


Figura 28. Sección de programación de la bomba del tanque

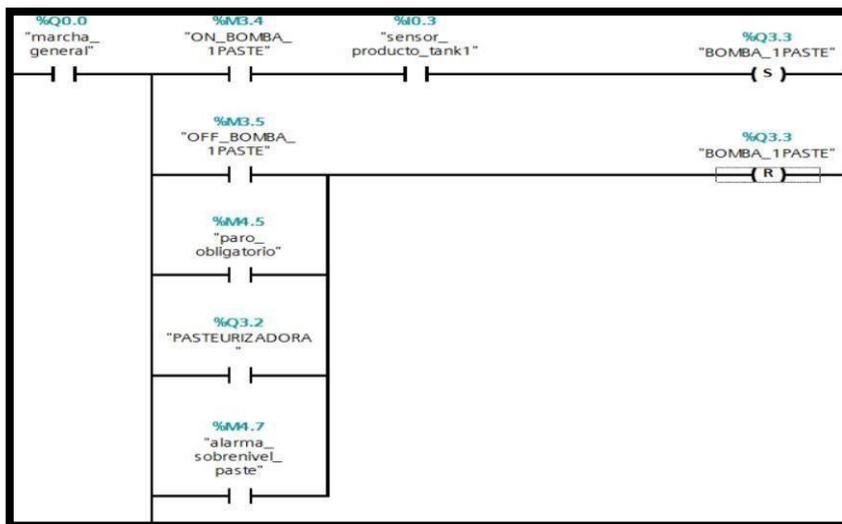


Figura 29. Control de la pasteurizadora

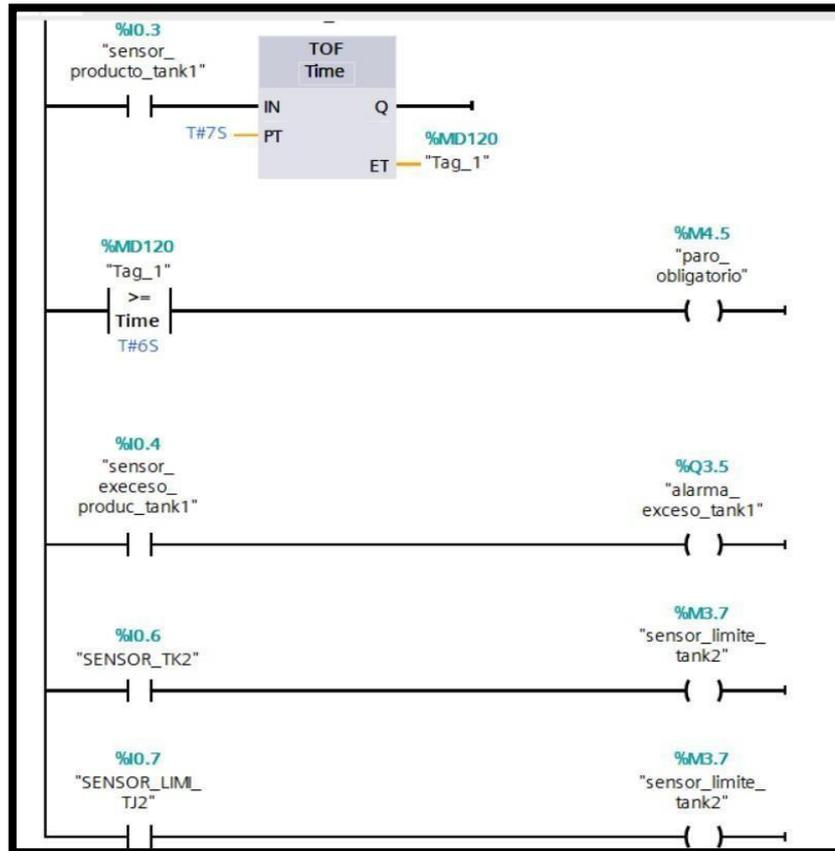


Figura 30. Sección de validación para el procedimiento de pasteurización

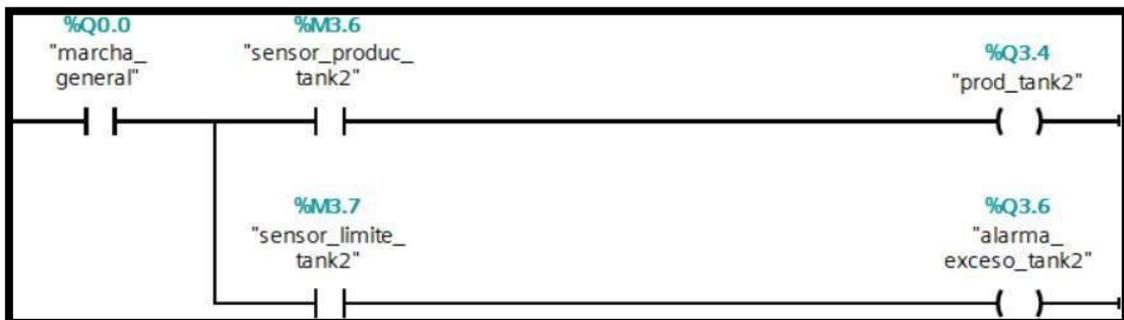


Figura 31. Programación tanque 2

ALARMAS

Son los avisos del sistema (véase en la Figura 32) que detectan posibles fallas y los equipos que no estén en función, son representados por una luz piloto de color amarillo cuando estén en alerta y verde cuando estén sin problemas.

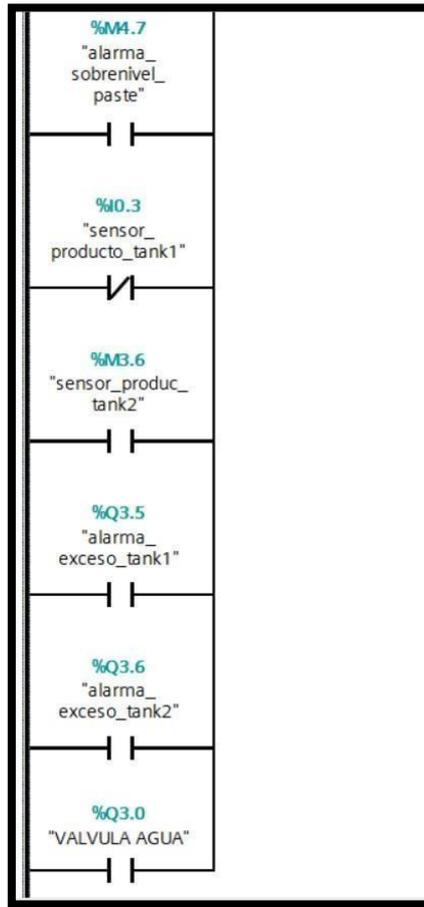


Figura 32. Programación del sistema de alarma

3.3.2. DISEÑO DE LA INTERFAZ HMI

Mediante el uso del protocolo Ethernet se puede realizar la comunicación entre el PLC y los paneles HMI, que siguen los lineamientos de los diagramas de flujo (véase en el Anexo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9) que cuenta la línea de producción, además, las entradas físicas emplean el protocolo PROFIBUS DP para mayor velocidad de transmisión y los sensores emplean el protocolo PROFIBUS PA para su correcto enlace.

El monitoreo de datos del PLC y el sistema SCADA es posible por medio del SIMATIC IoT quien realiza la función de enviar los datos hacia la nube (NODE RED).

1. PANTALLA INICIAL

Esta primera pantalla se considera el menú de todo el proceso (véase en la Figura 33),

porque tiene acceso a todas las áreas pertenecientes al administrador y las diferentes etapas como: recepción, lavado, selección, despulpado, homogenización, pasteurizador y el sistema de alarmas. Además, que está protegida y seccionada por usuarios, donde solo el administrador tiene acceso a todo el sistema.



Figura 33. Pantalla principal de la interfaz del HMI

2. ETAPA DE RECEPCIÓN

Esta pantalla (véase en la Figura 34) cuenta con un diseño simple y entendible para su mejor funcionamiento, que representa el proceso de recepción del producto transportado por una banda alimentada por una tolva que en su interior cuenta un sensor de presencia para validar el proceso. Además, esta pantalla está diseñada para que si en caso de no existir producto en la tolva, la banda transportadora no da inicio hasta que detecte producto.

Una característica principal de esta pantalla es que si en el caso de estar funcionando y quedar sin producto en la tolva, la banda transportadora deja de funcionar después de un pequeño lapso de tiempo necesario para dar una vuelta entera.



Figura 34. Etapa de recepción de la materia prima

3. ETAPA DE LAVADO

Esta etapa (véase en la Figura 35) se toma en cuenta las secciones anteriores y su funcionamiento depende de aquello, debido a que, si no existe producto en la tolva, la banda y la lavadora tiene que dejar de funcionar.

El proceso al momento de dar inicio realiza el lavado después de un pequeño lapso de tiempo, para que esté se apague cuando no existe producto en las otras áreas, debido a que no es necesario mantener un equipo en función mientras no exista un producto a procesar.

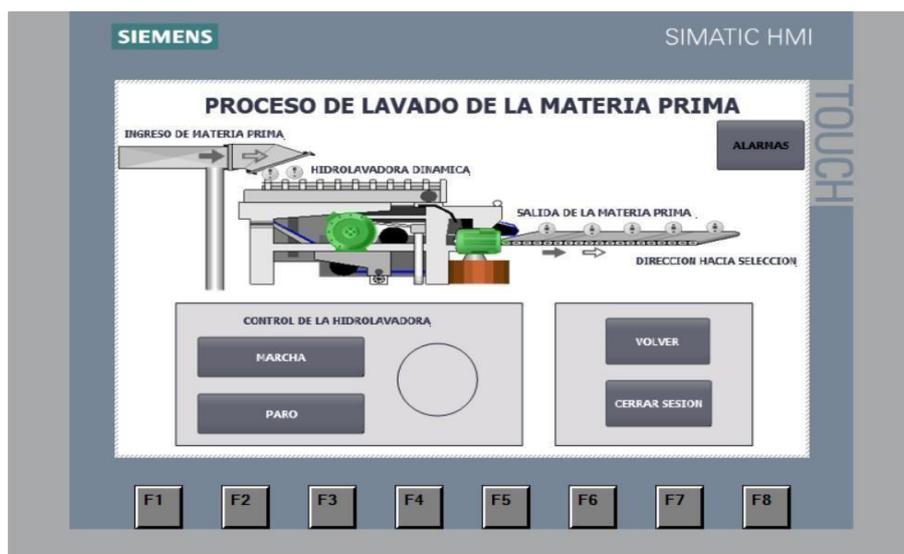


Figura 35. Etapa de lavado de la materia prima

4. PROCESO DE SELECCIÓN

Esta sección cuenta con 2 bandas transportadoras que controla el usuario de la planta (véase en la Figura 36), debido a la importancia que este tiene en el producto se realiza bajo estrictos controles porque de esta sección, pasa la materia prima directo a la consecución del néctar.



Figura 36. Proceso de selección

5. PROCESO DE DESPULPADO

En esta etapa llega la materia prima principal ya seleccionada y desinfectada, listo para su procesamiento (véase en la Figura 37). La despulpadora tiene como fin separar el néctar puro del mango y los desperdicios (cascaras y semillas).

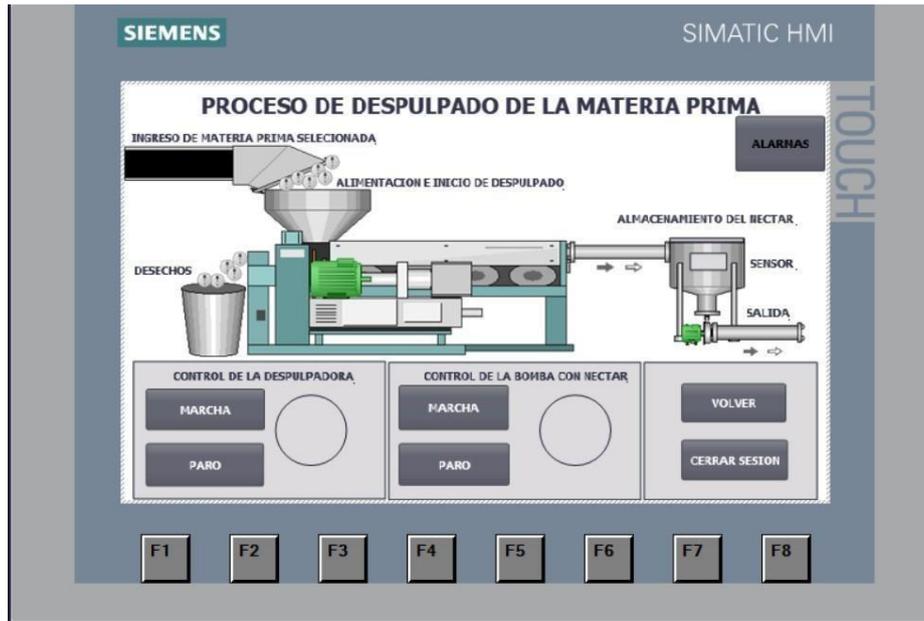


Figura 37. Proceso de despulpado de la materia prima

6. PROCESO DE HOMOGENIZACIÓN

Por este proceso pasa el ingreso de condimento y conservantes, además, la cantidad de agua para su respectiva dilución (véase en la Figura 38), donde las constantes principales son el nivel del néctar y la apertura de la válvula de agua. Se utiliza 840 litros néctar de fruta y para la dilución 2520 litros de agua.

El proceso solo da inicio cuando el néctar de la fruta sea el esencial, para que la bomba que está conectada al tanque de la despulpadora se apague y de apertura a la válvula de agua que se mantendrá abierta hasta cumplir con el nivel requerido por la maquina e iniciar al proceso de homogenización que dura entre 10 a 20 minutos, al culminar ese tiempo la bomba de retiro se enciende y no para hasta que el tanque este vacío.

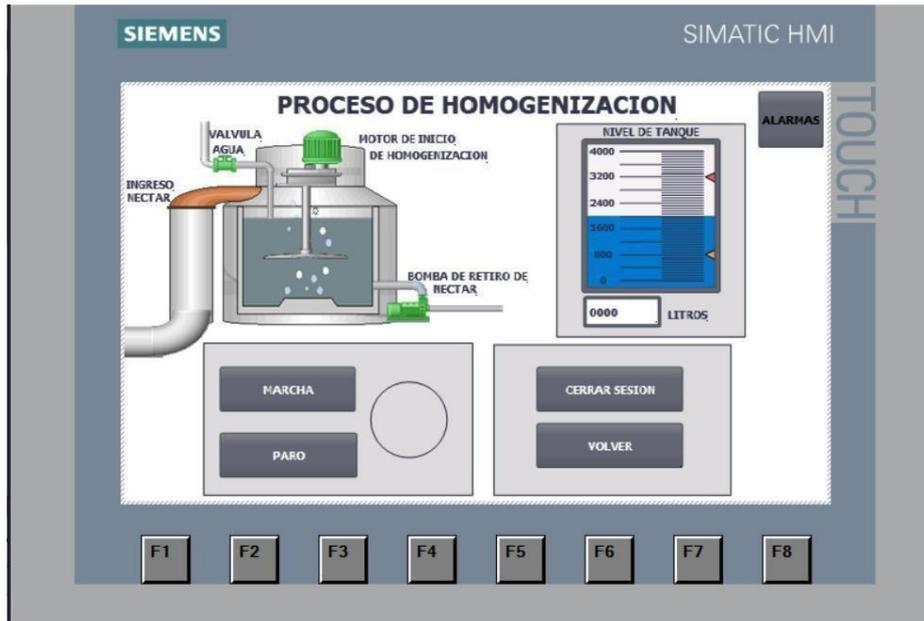


Figura 38. Proceso de homogenización

7. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

La etapa cuenta con 2 tanques de almacenamiento, uno que contiene el néctar homogenizado y otro listo para la recepción del néctar de mango (véase en la Figura 39), la máquina de pasteurización funciona a 85°C y con un tiempo de 10 minutos debido a que el proceso debe ser exacto para no cambiar la textura del producto final.



Figura 39. Proceso de pasteurización

El tanque de homogenización cuenta con su respectivo sensor de temperatura para prevenir cualquier situación y también para saber con exactitud cuando inicia su proceso. Además, el sistema cuenta con la validación en los límites de almacenamiento y procesamiento debido a que los tanques cuentan con sensores que cuidan al motor de no funcionar en vacío y así mismo a que los tanques no sobrepasen su límite de carga.

8. SISTEMA DE ALARMA

Esta pantalla (véase en la Figura 40) está diseñada para prevenir e informar cualquier defecto que suscite el proceso de producción de néctar de mango.

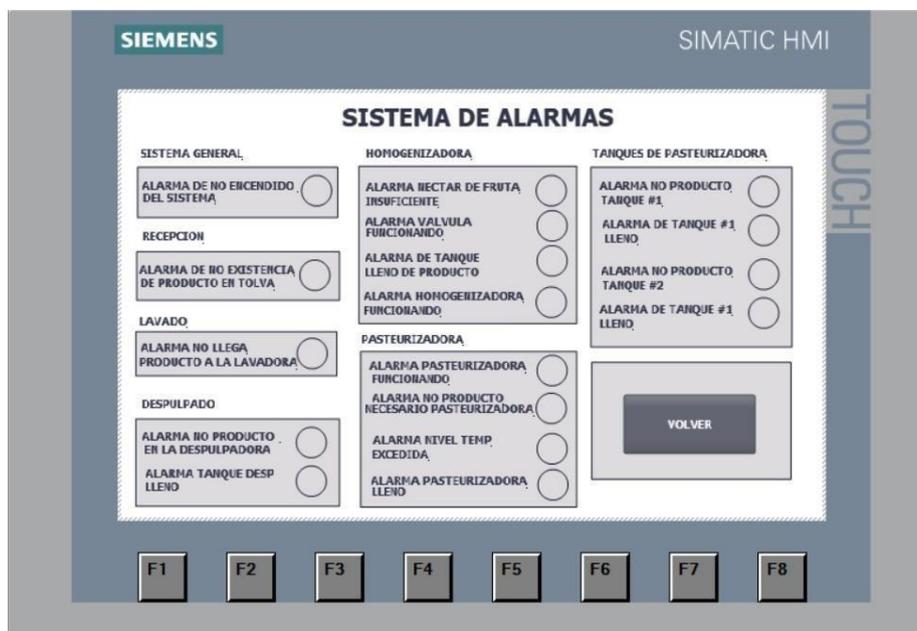


Figura 40. Sistema de alarmas

9. SECCIÓN DE MARCHA GENERAL

Pantalla donde tiene acceso el administrador para dar inicio a todo el sistema, además, poder revisar los usuarios activos (véase en la Figura 41).



Figura 41. Sección de marcha general

3.3.3. DISEÑO DEL SCADA

Para la implementación de este tipo de interfaz (véase en la Figura 42) se emplean varias herramientas que permite la conexión entre el autómata programable y el sistema SCADA.

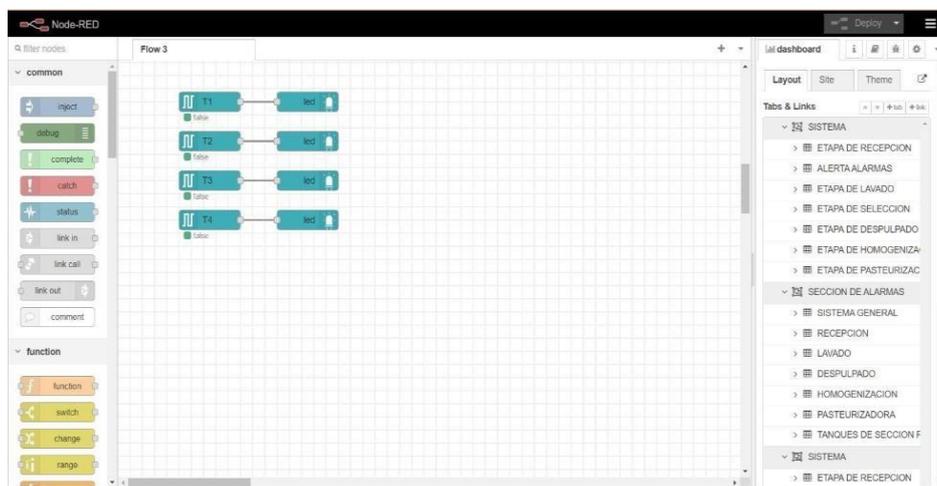


Figura 42. nodo de conexión

La información recopilada se envía por medio del software Node-red que mediante el SIMATIC IOT 2040, se puede obtener la información necesaria del PLC a través de la interfaz Ethernet, para poder visualizar los diferentes estados de cada etapa (véase en la Figura 43, 44, 45, 46).

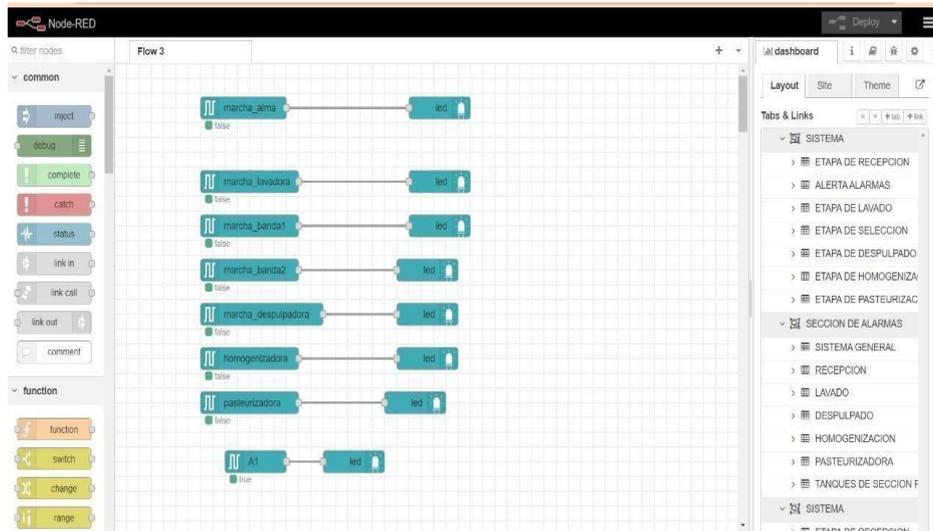


Figura 43. nodo de alarma

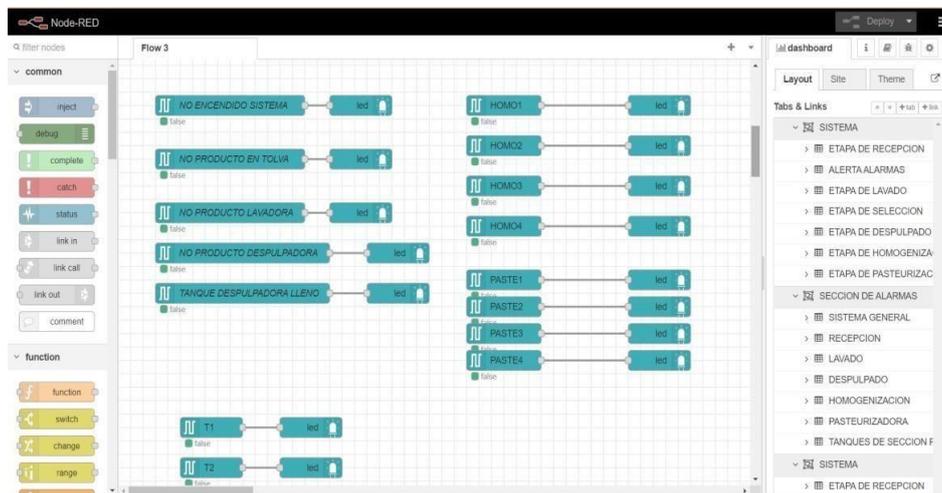


Figura 44. nodo de alarma 2

SECCION DE ALARMAS			
SISTEMA GENERAL	RECEPCION	LAVADO	DESPULPADO
NO ENCENDIDO SISTEMA	NO PRODUCTO EN TOLVA	NO PRODUCTO LAVADORA	TANQUE LLENO DE DESPULPADORA
HOMOGENIZACION	PASTEURIZADORA	TANQUES DE SECCION PASTEURIZACION	NO PRODUCTO EN LA DESPULPADORA
FUNCIONAMIENTO DE VALVULA	PRODUCTO INSUFICIENTE EN LA PASTEURIZADORA	NO HAY PRODUCTO TANQUE 1	
TANQUE LLENO HOMOGENIZACION	TEMPERATURA EXCEDIDA	TANQUE 2 LLENO	
HOMOGENIZADORA FUNCIONANDO	PASTEURIZADORA LLENA	NO HAY PRODUCTO TANQUE 2	
NECTAR INSUFICIENTE	PASTEURIZADORA FUNCIONANDO	TANQUE 1 LLENO	

Figura 45. pantalla SCADA sistema de alarma



Figura 46. pantalla SCADA general

4. CONCLUSIONES

Todo el proceso de programación de la línea de procesado del néctar de mango se realizó con mucho éxito, además, se obtuvo un sistema de control más organizado y entendible para cualquier operador. Se emplea los protocolos de comunicación industrial tales como Ethernet, Profibus PA y Profibus DP, para que la recopilación de datos sea más veloz y por ende más eficiente.

El sistema de pantallas HMI está ubicado en diferentes puntos de la planta para el posterior monitoreo y manejo de parte del personal que opera el equipo, además, mediante un sistema SCADA se garantiza un monitoreo remoto de alta eficiencia.

5. RECOMENDACIONES

Al momento de implementar se sugiere revisar más a detalle la información, ya que las características geográficas y ambientales no pueden ser las mismas, además, que se puede mejorar ciertas partes o aumentar la capacidad de producción.

En la parte de redes se recomienda aplicar el tipo de cable apantallado debido a que este es más óptimo para la transmisión y recepción de información, garantiza mayor seguridad ante posibles interferencias que ocasionen una mala lectura de datos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jesús Gutiérrez, D. R., & López Zamora, M. G. (2019). Evaluación de la vida útil del néctar de mango (*mangifera indica*) y maracuyá (*passifloraedulis*) con adición de harina de tarwi (*lupinus mutabilis*).
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7377595>
- [2] Solórzano, L. (2009). Manual de calidad para la producción y exportación de mango fresco en Ecuador.
<https://repositorio.uPct.es/bitstream/handle/10317/5476/isbn9788416325191.pdf>
- [3] JAVIER, C. S. E. (2021). EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGROINDUSTRIALES DE CUATRO VARIEDADES DE MANGO (*Manguifera indica*) DESHIDRATADO. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3505>
- [4] Custode Falcon, C. W. (2015). Estudio comparativo entre la pasteurización abierta y al vacío en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de un néctar a base de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.), zanahoria (*Daucus carota* L.) y noni (*Morinda citrifolia*). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos~....
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/11973>
- [5] Herrera Lema, W. X., & Angüisaca Sarmiento, J. D. (2015). Formulación del diseño del proyecto de una planta productora de pulpa de fruta derivada de mora y tomate de árbol en la ciudad de Cuenca.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4477>
- [6] Carrillo Espinoza, Z. L., Litano Navarro, R. Y., Quilcat Morán, B. F., Silva Terrones, J. K., & Villegas Montalván, A. del M. (2021). Diseño de una planta de producción de Néctar de Mango Ciruelo en el departamento de Piura.
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4730>
- [7] Solórzano, L. (2009). Manual de calidad para la producción y exportación de mango fresco en Ecuador.
<https://repositorio.uPct.es/bitstream/handle/10317/5476/isbn9788416325191.pdf>
- [8] ANGEL, L. E. J. (2021). IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE PATÓGENOS VASCULARES EN EL CULTIVO DE MANGO (*Mangifera indica* L.), EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.

[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LOOR%20ERAZO%20JONATHAN%20ANGEL O.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LOOR%20ERAZO%20JONATHAN%20ANGEL%20O.pdf)

[9] Gualinga, M. S. A. (2019). Facultad de Ciencias Químicas Carrera de Ingeniería Industrial. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7962/1/UPS-CT004823.pdf>

[10] Pérez, E. M., Acevedo, J. M., & Silva, C. F. (2009). Automatas programables y sistemas de automatización/PLC and Automation Systems. Marcombo.
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=%2C+Radvanovsky%2C+R.%2C+C+%26+Brodsky%2C+J.+%282013%29.+SCADA%2FControl+Systems+Security.+Boca+Raton%3A+CRC+Press%2C+31%2C+33.&btnG=

[11] Matos Alegre, J. A. (2014). Mejora de proceso en la línea de producción en una empresa de calzado industrial y militar.
<https://repositorioacademico.uPC.edu.pe/handle/10757/638498>

[12] Hinojosa Ruiz, H. R. (2002). Software para diseño de transportadores de banda.
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CABRERA%20SOLIS%20EDHISON%20JAVIER.pdf>

[13] Nikolai, V. R. L. (n.d.). Sensores Y Actuadores-EL112-201002. <https://addi.ehu.es/handle/10810/36490>

[14] Stephen, C., EDWARD, G., EDWARD, G., EDWARD, G., EDWARD, G., EDWARD, G., DAVID, E. H., HILBURN, J. L., IRWIN, J. D., IRWIN, J. D., & others. (2014). Máquinas eléctricas. DELTA.
https://www.academia.edu/36699966/M%C3%A1quinas_El%C3%A9ctricas_5ta_Edici%C3%B3n_Stephen_J_Chapman_FREELIBROS_ORG

[15] Parra, B. Z., & Robles, A. V. (2016). Máquinas hidráulicas. Cartagena: CRAI UPCT.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5jp3bforBB8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=%2C+P%C3%A9rez,+E.+M.,+Acevedo,+J.+M.,+%26+Silva,+C.+F.+\(2009\).+Automata+programables+y+sistemas+de+automatizaci%C3%B3n/PLC+and+Automation+Systems.+Marcombo.&ots=g2Evh_bdYi&sig=HdgesYJCKodn5AqeZWB_BxthYew#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5jp3bforBB8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=%2C+P%C3%A9rez,+E.+M.,+Acevedo,+J.+M.,+%26+Silva,+C.+F.+(2009).+Automata+programables+y+sistemas+de+automatizaci%C3%B3n/PLC+and+Automation+Systems.+Marcombo.&ots=g2Evh_bdYi&sig=HdgesYJCKodn5AqeZWB_BxthYew#v=onepage&q&f=false)

[16] GARCIA TRASANCOS, J. (2020). Instalaciones eléctricas en media y baja

tensión

8.ª edición 2020. Ediciones

Paraninfo, SA.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20447>

[17] Carrión Naranjo, M. F., & Romero Tigma, C. R. (2012). Desarrollo de Software HMI SCADA e implementación sobre un módulo didáctico autónomo para ventas de la empresa Ecuainsetec C.ª. Ltda.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3546>

[18] Radvanovsky, R., & Brodsky, J. (2013). SCADA/Control Systems Security. Boca Raton: CRC Press, 31, 33.

<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/388/1/Libro%20Mango>

o

[19] Sarmiento Sánchez, D. J. (2016). Implementación de los protocolos de comunicación industrial mediante Simatic S7-1200 para el laboratorio de automatización de la Universidad del Azuay. Universidad del Azuay.

<https://repositorio.uPCT.es/bitstream/handle/10317/5476/isbn9788416325191.pdf>

[20] Echeverría Alomoto, L. D. (2019). Desarrollo de una base de datos utilizando TIA Portal V15 para registro de variables físicas. Quito, 2019.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20447>

[21] Tabaa, M., Chouri, B., Saadaoui, S., & Alami, K. (2018). Industrial communication based on modbus and node-RED. Procedia Computer Science, 130, 583–588.

https://www.researchgate.net/publication/324738563_Industrial_Communication_based_on_Modbus_and_Node-RED

[22] Lukač, D. (2015). The fourth ICT-based industrial revolution" Industry 4.0"—HMI and the case of CAE/CAD innovation with EPLAN P8. 2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), 835–838.

https://repositorioacademico.uPC.edu.pe/bitstream/handle/10757/324573/Matos_AJ.pdf?sequence=2&isAllowed=y

[23] Ortega Fernández, S. (2019). Adquisición de datos desde plataforma IoT 2040. Protocolos S7 y TCP/IP.

<https://repositorio.uPCT.es/bitstream/handle/10317/5476/isbn9788416325191.pdf>

[23] Ortega Fernández, S. (2019). Adquisición de datos desde plataforma IoT 2040. Protocolos S7 y TCP/IP.

<https://repositorio.uPCT.es/bitstream/handle/10317/5476/isbn978841>

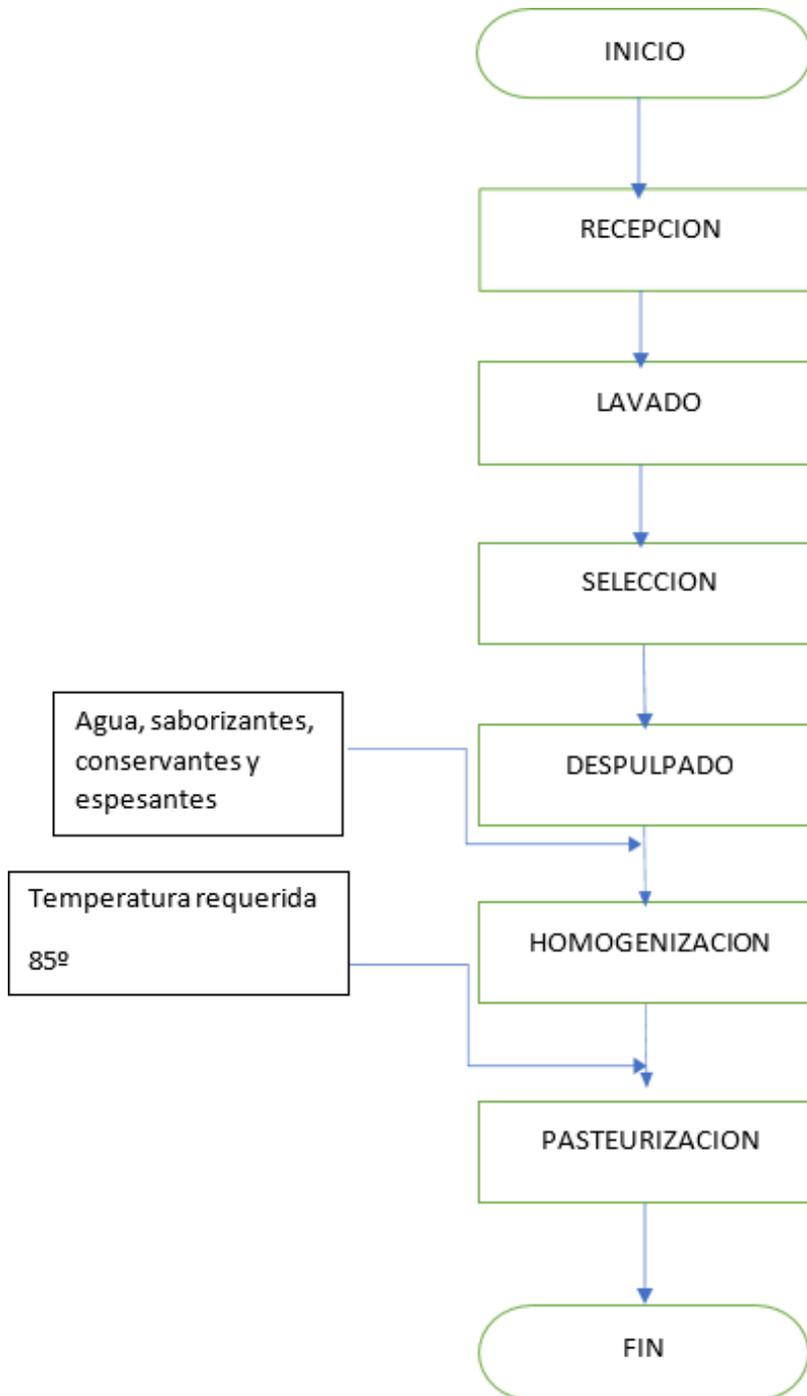
6325191.pdf

[24] RODRIGUEZ, S. J. V., Campos, M. de J. K., Fernández, O., ESPINOSA, M. E., Martínez, F. J. P., ROMO, E. R., OSUNA, C. A., CERDA, E. L. R., Garcia, E. V., ESTEVA, E. U., & others. (2016). Introducción a la Tecnología del Mango. Jalisco: Editorial DR Centro de Investigación y Asistencia En Tecnología y Diseño Del Estado de Jalisco, AC, Primera Edición.

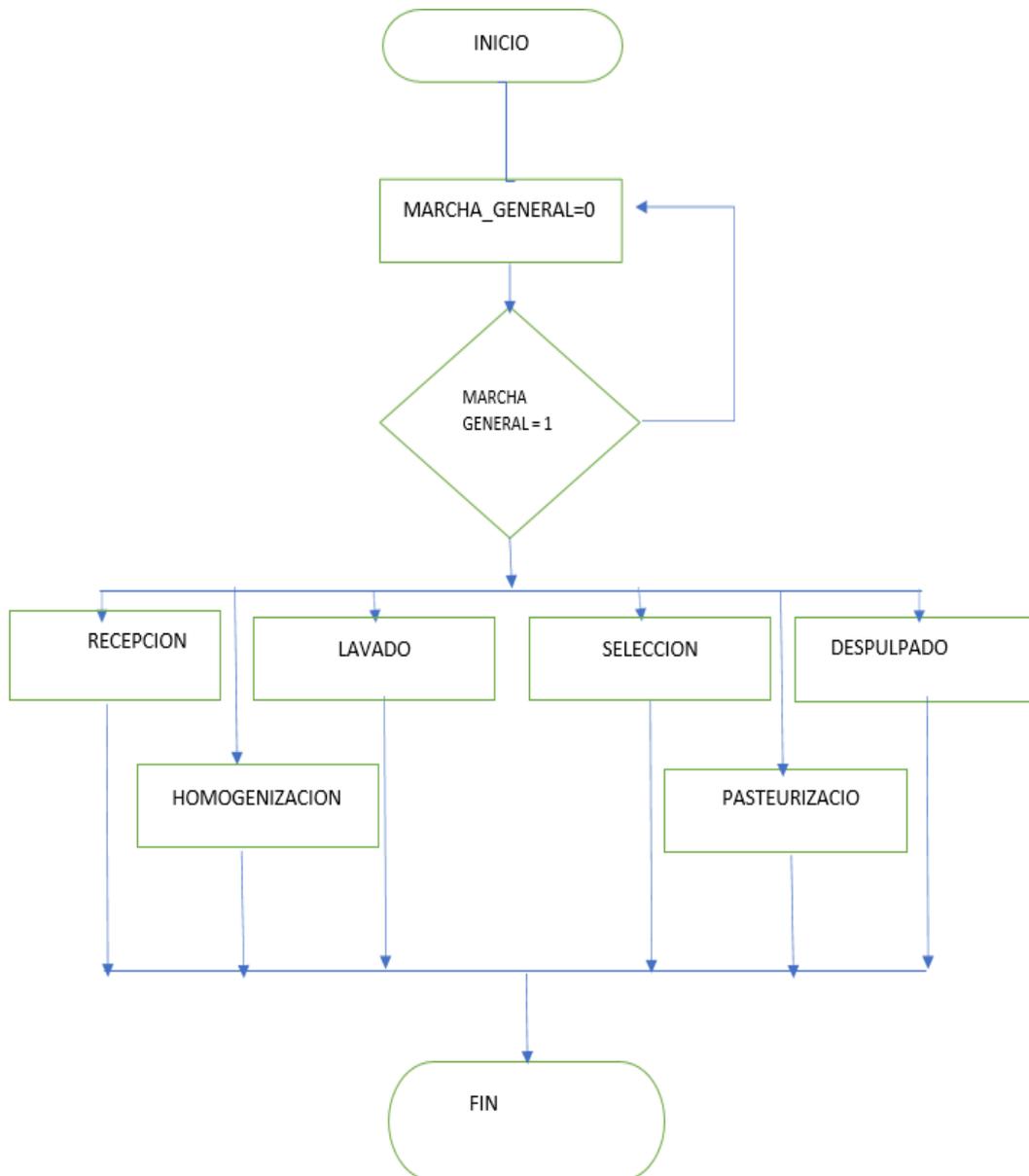
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5479>

7. ANEXOS

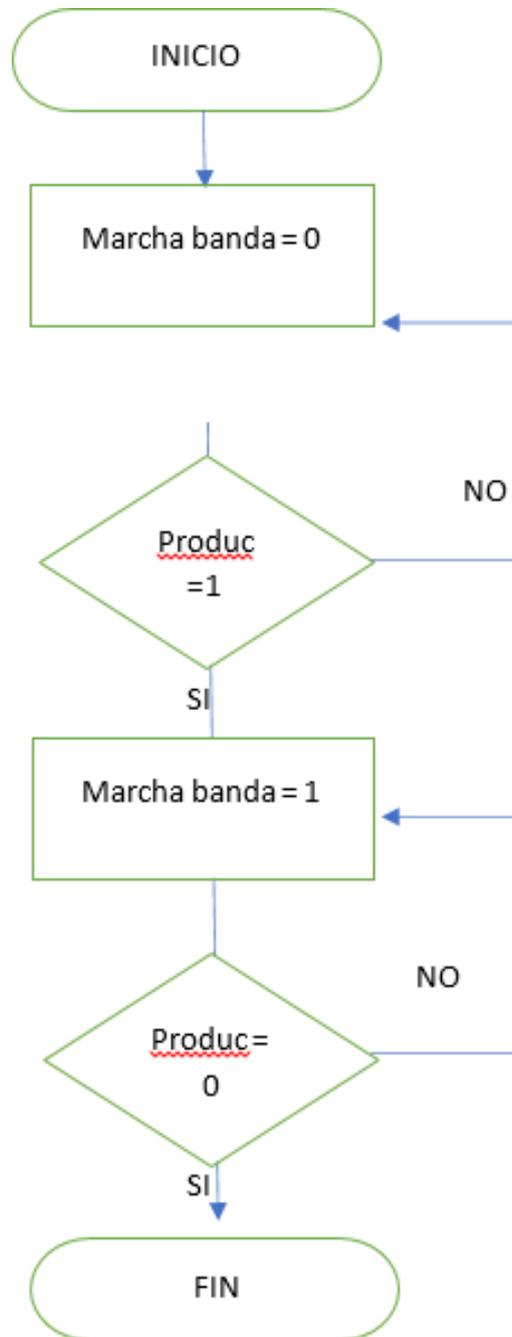
Anexo 1. Línea de procesamiento de néctar de mango



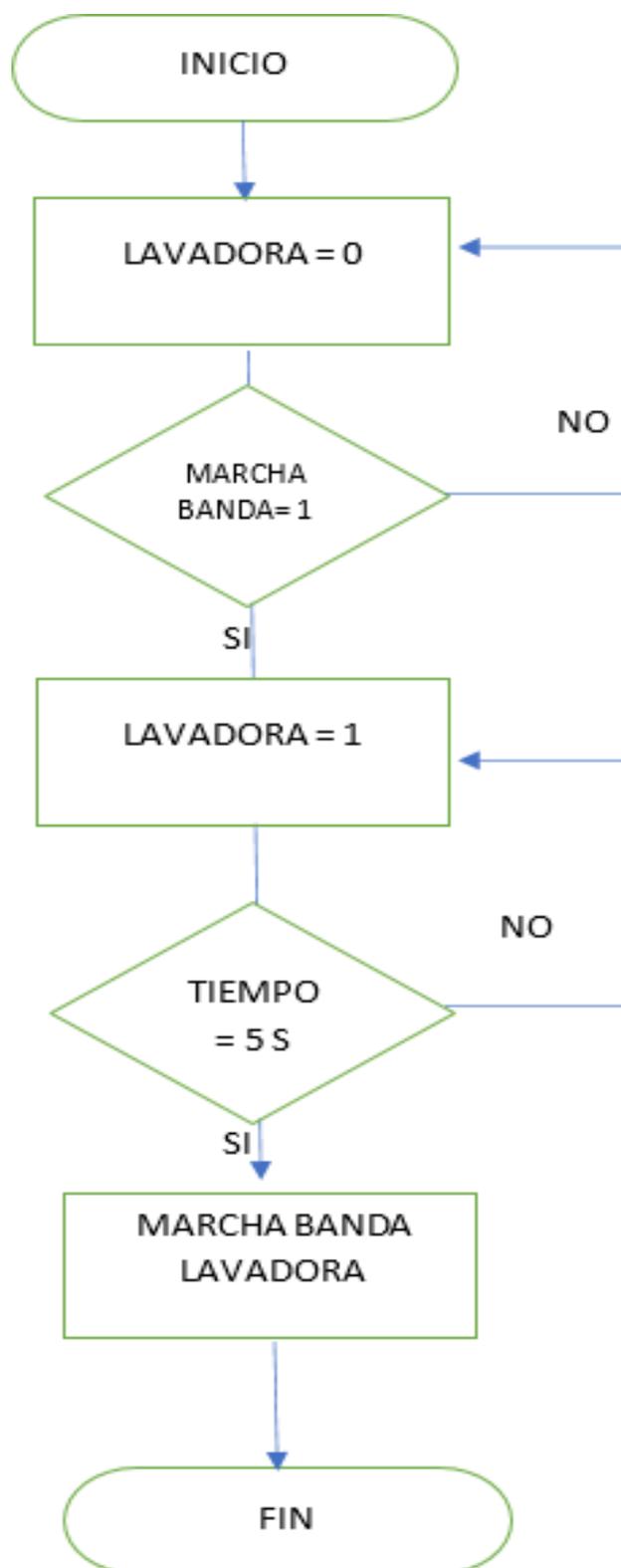
Anexo 2. Pantallas HMI



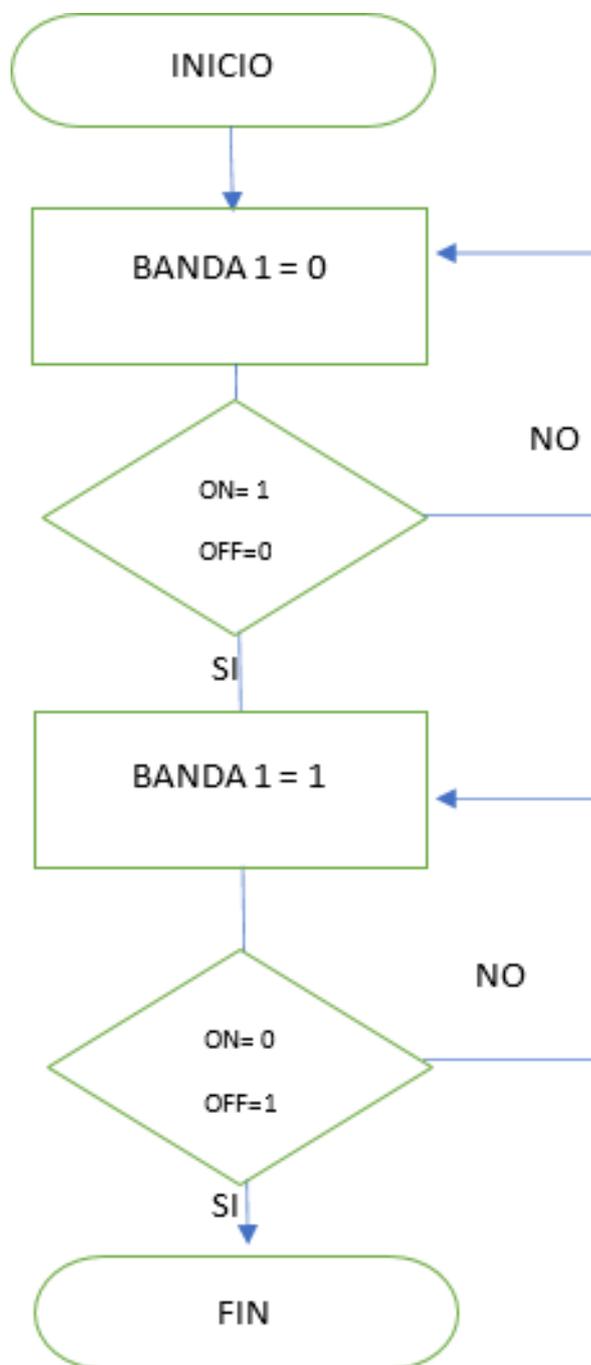
Anexo 3. Proceso De Recepción



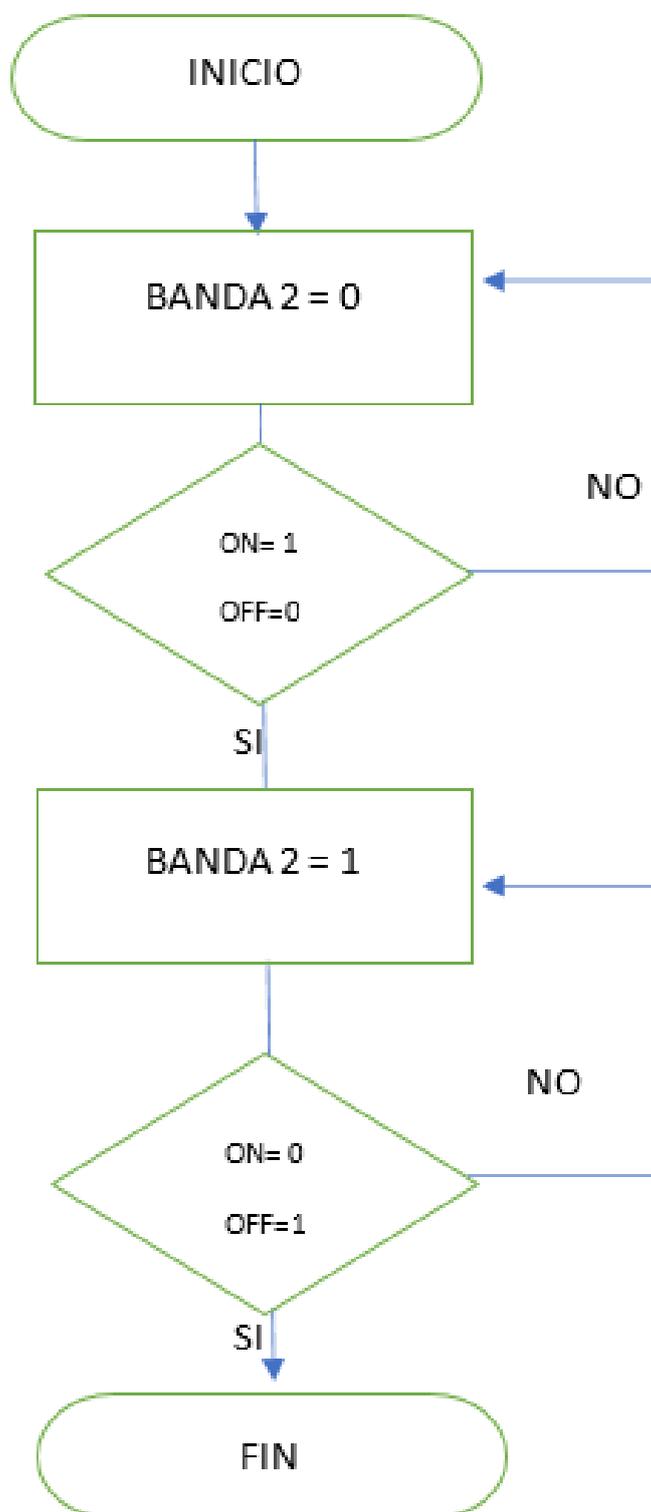
Anexo 4. Proceso De Lavado



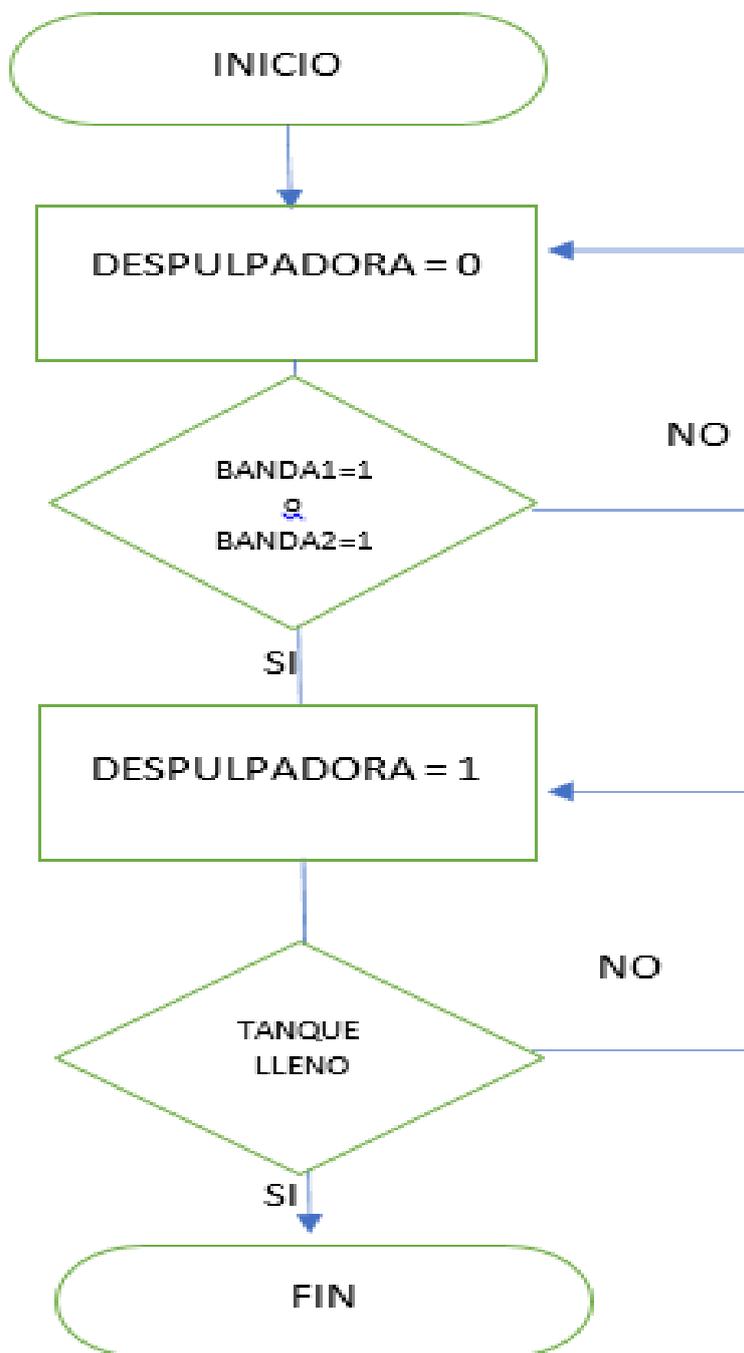
Anexo 5. Proceso De Selección Banda 1



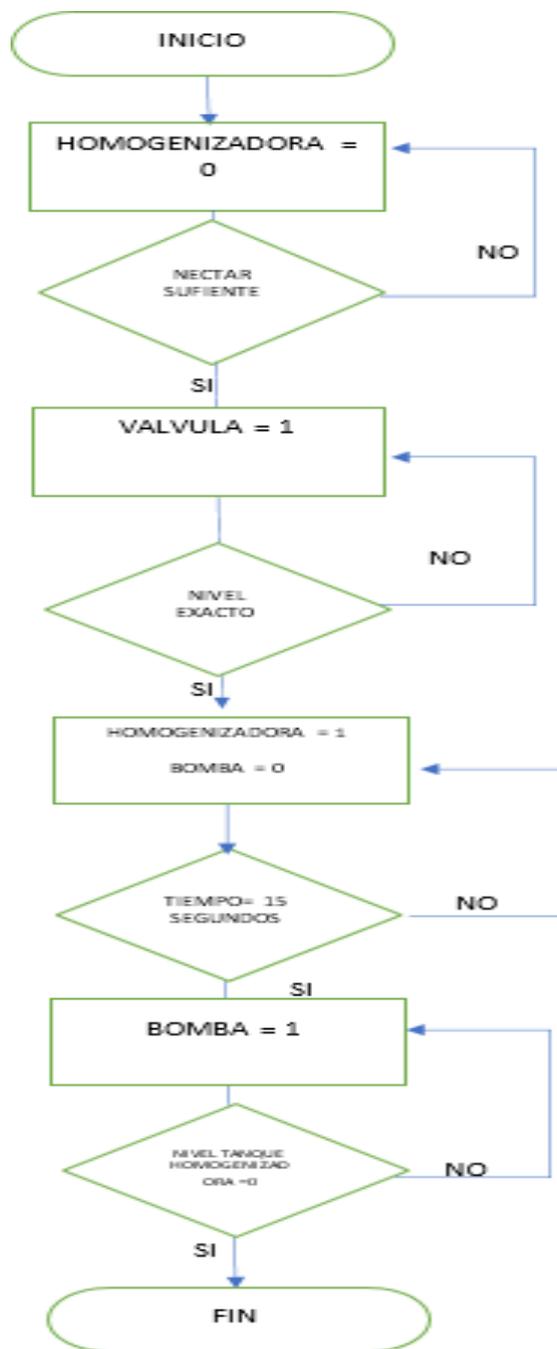
Anexo 6. Proceso De Selección Banda 2



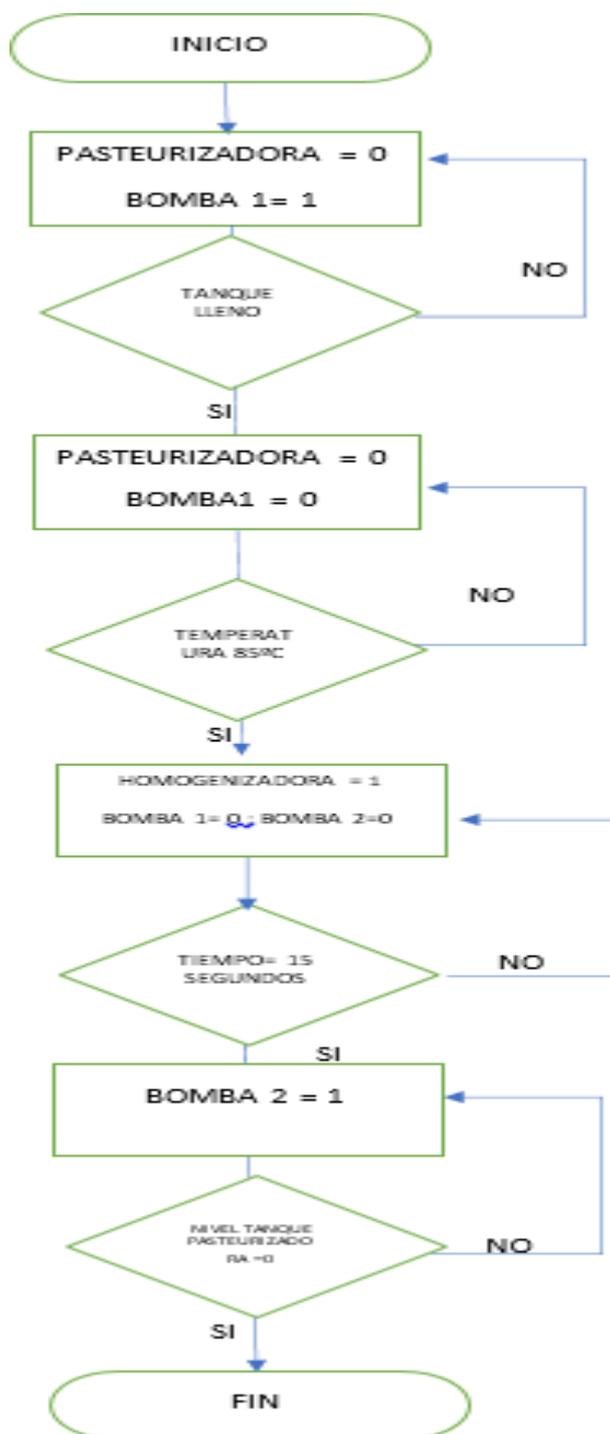
Anexo 7. Proceso De La Despulpadora



Anexo 8. Proceso De La Homogenización



Anexo 9. Proceso De Pasteurización



Anexo 10: Prototipo y sistema eléctrico

PROTOTIPO DE TABLERO ELÉCTRICO

La siguiente imagen representa un tablero generalizado para todo nuestro sistema de procesado de néctar de mango.

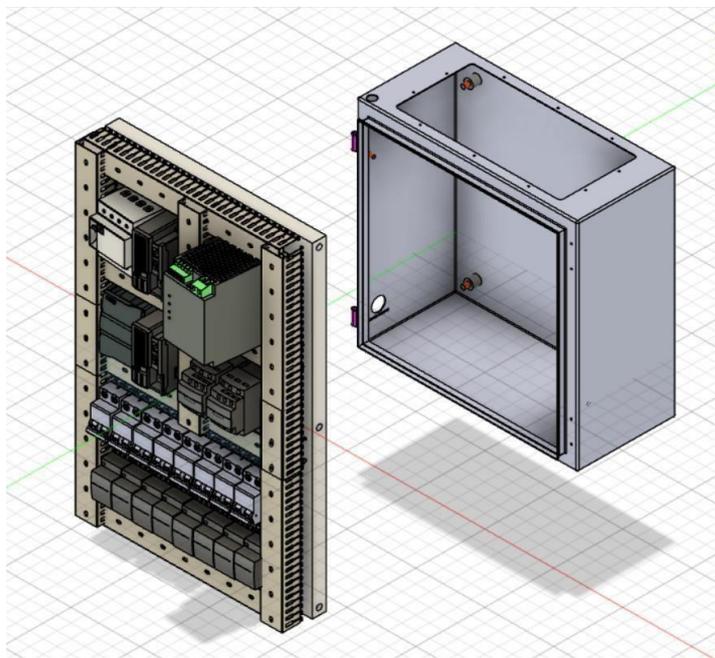


Figura 47 tablero de control general

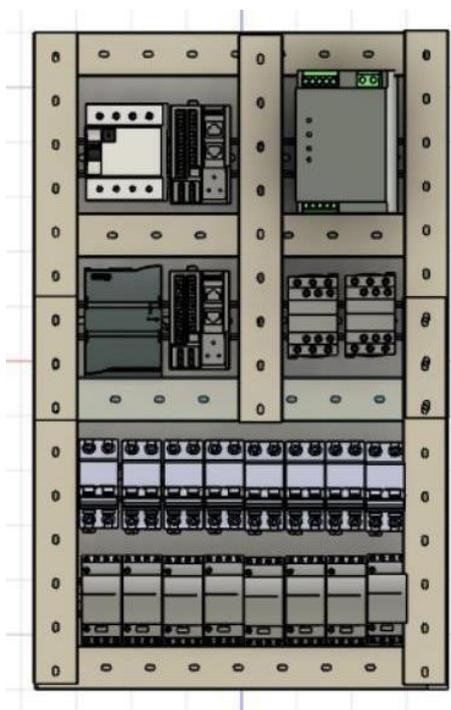


Figura 48 tablero de control general vista frontal

DISEÑO ELÉCTRICO SISTEMA DE FUERZA

El sistema de fuerza está representado por motores que serán utilizados para cada sección.

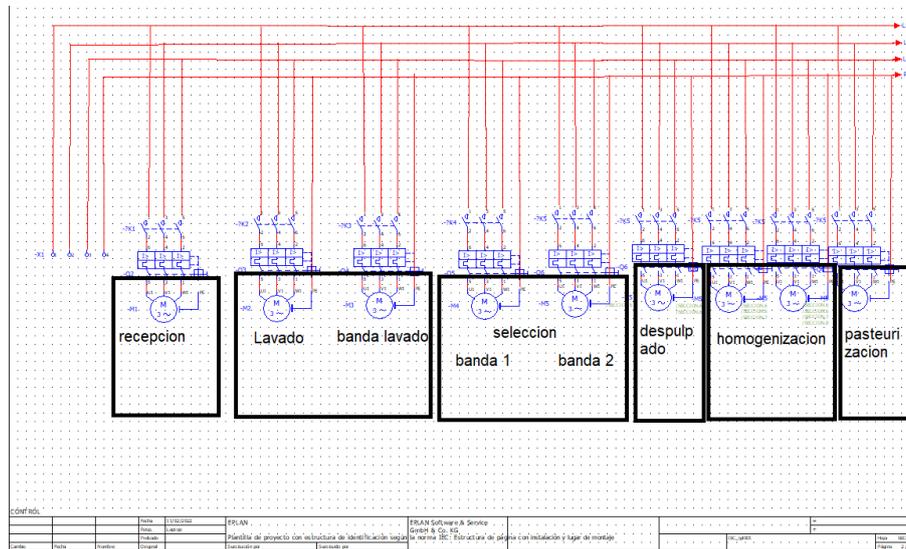


Figura 49 diagrama eléctrico de potencia

El sistema de control tendrá como fin, el activar cada etapa de nuestro proceso, debido a que toda la programación reduce la posibilidad de uso de relé o algún tipo de elemento de automatización física.

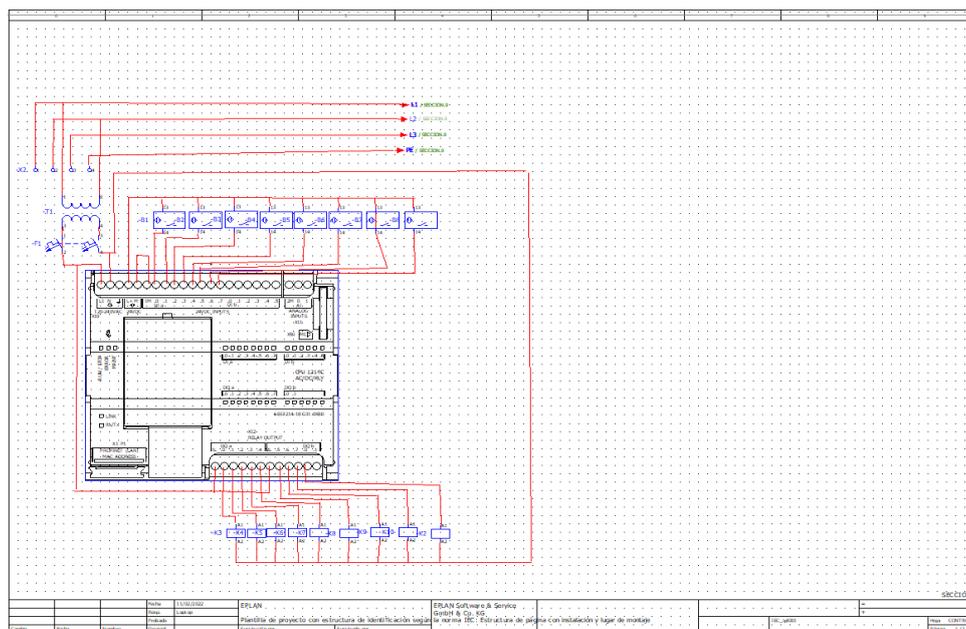


Figura 50 diagrama eléctrico de control

Anexo 11: Requerimiento De Aditivos Y Edulcorantes

CALCULO DILUCIÓN AGUA PULPA

La dilución o la cantidad de agua por emplear en la etapa de homogenización se registrarán bajo lo indicado en el siguiente cuadro [16]:

Tabla 14. dilución néctar agua

FRUTA	RELACION
Maracuyá	1: 4 – 5
Granadilla	1: 2 - 2.5
Cocona	1: 3 – 5
Guanábana	1: 2 - 2.5
Manzana	1: 3 – 3.5
Durazno	1: 2 – 2.5
Uva	1: 2 – 3
Tamarindo	1: 6 – 12
Porro rojo	1: 4.5
Mango	1: 2.5 – 3
Berenjena	1: 5
Tuna	1: 3
Mora	1: 3

Entonces la dilución es 1:3 para el proceso [16].

CALCULO PARA LA REGULACIÓN DE AZÚCAR

Mediante el uso de las NORMAS TECNICAS ECUATORIANAS, de su normativa (CODEX STAN 159-1987, MOD) NORMA PARA EL MANGO EN CONSERVA nos indica que los procesos donde se añaden algún tipo de edulcorante, agua o zumos al néctar, la cobertura de líquidos debe clasificarse mediante las siguientes tablas [3].

Tabla 15. brix por tipo de mezclas

Agua ligeramente edulcorada	No menor a 10 brix, pero debe ser menor a 14 brix
Agua edulcorada ligeramente	
Jarabe muy diluido	
Jarabe diluido	No menor a 14 brix, pero debe

	ser menor a 18 brix
Jarabe concentrado	No menor a 18 brix, pero debe ser menor a 24 brix

Zumos(néctar) y jugos de fruta ligeramente Edulcorado	No deben ser menor a 11 Brix
Zumos(néctar) y jugos de fruta muy edulcorado	No debe ser menor a 14 Brix
Jarabe muy concentrado	No menor a 24 brix, pero debe ser menor a 35 brix

Para el proyecto el néctar de mango es considerado como un jarabe muy diluido y ligeramente edulcorado donde se debe trabajar la mezcla de homogenización en un rango no menor a 11 brix y no mayor a 14 brix.

Por ejemplo: Se procede 5040 kilogramos de néctar de mango diluido con un valor inicial de 4 brix para que tenga un valor final entre 12.5 y 13 brix, donde mediante el proceso de pasteurización se pierde un porcentaje de agua, debido a que se encuentra en el punto de ebullición y por reacción la concentración de azúcar se incrementa además de que al valor inicial se le restará 1 brix , donde la cantidad de azúcar (kg) = 458.18 kg de azúcar[16]. Para el proceso se necesita 458,18 kg de azúcar para el procesamiento de 5040 de néctar de mango diluido.

Nota: el valor inicial del néctar de fruta diluido se puede medir mediante el empleo de un refractómetro, como lo indica el departamento de investigación CIED para este tipo de futa (véase en la Tabla 16) [16].

Tabla 16. brix por tipo de fruta

FRUTA	BRIX PARA DILUCIÓN PULPA: AGUA
Maracuyá	13 – 14
Granadilla	13
Cocona	13
Guanábana	12.5 – 13
Manzana	13
Durazno	12.5 – 13
Uva	12.5 – 13
Tamarindo	13
Porro rojo	14 – 15
Mango	12.5 – 13
Berenjena	14
Tuna	13
Mora	12

CALCULO PARA LA REGULACIÓN DE ACIDEZ (PH)

El azúcar y el ácido cítrico son componentes normalmente encontrados en cualquier fruta, pero que al momento de la dilución disminuye considerablemente donde estos son necesarios para que el producto final tenga el PH adecuado y para que el néctar de fruta tenga un pH determinado de 3.8 [16].

Para este cálculo se debe utilizar un pH-Metro para realizar la siguiente prueba.

De un ½ litro de néctar de mango se utilizó 0.1gr de ácido cítrico para obtener un pH de 3.8, entonces para este cálculo solo se realizará una regla de tres simple [16].

