



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL ÁREA DE ENVASADO Y FRACCIONAMIENTO DE LA INDUSTRIA ACEITERA OLIOJOYA CIA. LTDA.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

LEÓN CARVACHE ALAN ALBERTO
lionblack2111@yahoo.es

RAMÍREZ SALGUERO ANA MARICELA
anyramirez88@gmail.com

DIRECTOR:

Ing. Juan Pablo Cepeda Bonilla
pablo.cepeda.b@gmail.com

CO-DIRECTOR:

Dr. Geovanny Danilo Chávez García
danilochavezepn@gmail.com

Quito, MAYO 2014
DECLARACIÓN

Nosotros, León Carvache Alan Alberto y Ramírez Salguero Ana Maricela, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

León Carvache Alan ALberto

Ramírez Salguero Ana Maricela

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por León Carvache Alan Alberto y Ramírez Salguero Ana Maricela, bajo nuestra supervisión.

Ing. Juan Pablo Cepeda

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Danilo Chávez

CO- DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme seguir gozando de la compañía de mis padres y hermanos.

A mis padres, Tina y Arsenio, por acompañarme, guiarme, aconsejarme y apoyarme durante todo el trayecto de mi vida, porque sin ustedes no sería lo que ahora soy.

A mis hermanos, Verónica, Cristian, Jhonatan, porque a pesar de las diferencias, son los únicos amigos sinceros e incondicionales que me acompañarán durante toda mi vida.

A mi compañero de tesis, Alan, por la amistad y paciencia que siempre me ha brindado.

Al Ingeniero Juan Pablo Cepeda por darnos la oportunidad de desarrollar la tesis en OLIOJOYA, por la infinita paciencia y por las enseñanzas no solo técnicas sino también éticas.

ANA RAMÍREZ

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, María Salguero y Arsenio Ramírez y hermanos, porque solo con su apoyo he logrado culminar otra etapa de mi vida. ¡Los Amo!

ANA RAMÍREZ

AGRADECIMIENTO

A Dios, que ha mantenido mi fe inquebrantable frente a todas las adversidades, y me ha permitido gozar de todas las bondades que posee nuestra existencia; dando a conocer que cada uno de nosotros posee un propósito en esta vida terrenal.

A mi esposa e hija, por brindarme su amor y apoyo incondicional; esperando que este paso sea uno de los tantos que vamos a hacer al andar, y que nos permita labrar una vida juntos, llena de buenos augurios.

A mis padres y hermanos que siempre estuvieron ahí a lo largo de mi vida, mediante un consejo o una mano amiga, y que me ayudaron a afrontar con valentía todo escollo en el camino.

A mi abuela quién con sus oraciones y educación exigente permitió cultivar en mi corazón ciertos principios que rigen hoy mi proceder.

A Oliojoya Industria Aceitera por permitirnos elaborar este desafío planteado y por convertirse en un peldaño importante en mi vida profesional.

Al Ingeniero Juan Pablo Cepeda por el conocimiento transmitido, por inculcar siempre la perseverancia, profesionalismo, ética y pro actividad en mis acciones en el campo laboral y personal.

Al Dr. Danilo Chávez por su apertura al diálogo y valioso aporte para la culminación de la tesis.

A mi compañera Ana Ramírez por su labor responsable y entrega total para el desarrollo de este trabajo.

Al Grupo Scout # 7 “Cavanis Las Palmas” por otorgarme una formación complementaria en valores y principios. Porque mis amigos incondicionales estarán siempre listos para servir.

A mis compañeros y a Soraya Bonilla, quienes compartieron mis éxitos y dificultades a lo largo de mi carrera profesional, apoyando de una u otra manera la pronta culminación de mis estudios.

A la Escuela Politécnica Nacional y sus profesores ya que aportaron en gran medida con el conocimiento teórico que fijó las bases para un buen desempeño profesional.

ALAN LEÓN

DEDICATORIA

A mi hija Alana, la persona que cambió mi forma de ver la vida; que despertó en mí los más nobles sentimientos, que se convirtió en el motor que impulsa cada uno de mis pasos. Dios me permita continuar por el sendero del bien, y que cada palabra y momento compartido sirva de instrumento en tu formación como persona. Tú más que nadie has sentido mi ausencia en tus primeros años de existencia, sin embargo siempre has mantenido la fe e ilusión de tener a tu papi y a tu mami contigo y así construir fuertes cimientos que te permitan desenvolverte en un ambiente sano y duradero. Es por esta razón que dedico todo el esfuerzo y logro alcanzado a ti, mi pequeña.

ALAN LEÓN

CONTENIDO

CONTENIDO.....	i
RESUMEN	vii
PRESENTACIÓN	viii
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
1.1.3 ALCANCE	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 INTRODUCCIÓN	4
1.3.1 PALMA AFRICANA	4
1.3.1.1 Aceite Rojo	6
1.3.1.2 Aceite de Palmiste	6
1.3.2 GRASAS ALIMENTARIAS	6
1.3.2.1 Aspectos Nutricionales	7
1.3.3 REFINACIÓN	7
1.3.3.1 Refinación Química	7
1.3.3.2 Refinación Física	8
1.4 PLATAFORMA FX3U	8
1.4.1 HARDWARE	9
1.4.1.1 Módulo de comunicación de Ethernet.....	9
1.4.1.2 Módulos de extensión de entradas y salidas	10

1.4.1.3 Módulos de entradas analógicas	10
1.4.1.4 Módulos de salidas analógicas	10
1.4.1.5 Módulos de placa de interfaz	10
1.4.1.6 Casetes de memoria.....	11
1.4.1.7 Módulos de control de inversor.....	11
1.4.2 COMUNICACIONES	11
1.4.2.1 CC-Link.....	12
1.4.2.2 Ethernet	12
1.4.2.3 Profibus	12
1.4.2.4 DeviceNet	13
1.4.2.5 Modbus	13
1.5 HMI	13
1.6 SOFTWARE	14
1.6.1 MELSOFT	14
1.6.1.1 Gx works2.....	14
1.6.1.2 Gt works3	15
1.6.2 MITSUBISHI MC-WORX SUITE	15
1.6.2.1 GraphWorX.....	16
1.6.2.2 TrendWorx.....	16
1.6.2.3 Security Configurator	17
1.7 SERVICIOS	17
1.7.1 SISTEMA DE ENVASADO.....	17
1.7.1.1 Envasado Antiséptico	17
1.7.1.2 Envasado por Congelación.....	17
1.7.1.3 Envasado al Vacío.....	18
1.7.2 CONTROL DE TEMPERATURA.....	18
1.7.2.1 Controlador PID de Temperatura.....	18

1.7.2.2 Controlador ON-OFF de Temperatura	19
CAPÍTULO 2	20
DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE	20
2.1 ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DERIVADAS	20
2.1.1 REFINACIÓN	20
2.1.1.1 Desgomado	20
2.1.1.2 Blanqueo	21
2.1.1.3 Desacidificación y Desodorización	21
2.1.2 FRACCIONAMIENTO	22
2.1.3 ENVASADO	23
2.1.3.1 Elaboración de mantecas	24
2.1.3.2 Elaboración de margarinas	25
2.1.3.3 Elaboración de aceites	28
2.1.4 BROCHURE DE PRODUCTOS	29
2.1.4.1 La Joya – Shortening	29
2.1.4.2 Joyapan - Margarina industrial	30
2.1.4.3 Joyafina - Margarina hojaldre	31
2.1.4.4 Al horno - Margarina repostería	32
2.1.4.5 Joyasol - Aceite de cocina	33
2.2 HARDWARE	34
2.2.1 FRACCIONAMIENTO	34
2.2.1.1 Levantamiento de información	34
2.2.2 ENVASADO	35
2.2.2.1 Levantamiento de información	35
2.2.2.1.1 Plataforma	35
2.2.2.1.2 Celdas de Carga	37
2.2.2.1.3 Acondicionador	39

2.2.2.1.4 Sensor de temperatura	39
2.2.2.1.5 Válvulas.....	40
2.2.2.2 Análisis de datos.....	41
2.2.2.2.1 Plataforma.....	41
2.2.2.2.2 Celdas de Carga	43
2.2.2.2.3 Acondicionador	43
2.2.2.2.4 Sensor de temperatura	44
2.2.2.2.5 Variador de velocidad	46
2.2.2.2.6 Electroválvulas	46
2.2.2.2.7 Caudalímetro.....	47
2.2.2.2.8 Otros equipos.....	48
2.3 SOFTWARE	50
2.3.1 FRACCIONAMIENTO	50
2.3.1.1 Levantamiento de información.....	50
2.3.1.2 Análisis de datos.....	50
2.3.1.2.1 Temperatura en el proceso de fraccionamiento	50
2.3.1.2.2 Carga automática de aceite de palma al tanque 1082A.....	51
2.3.2 ENVASADO	52
2.3.2.1 Levantamiento de información.....	52
2.3.2.2 Análisis de datos.....	55
2.3.2.2.1 Control de producción	56
2.3.2.2.2 Recetas	57
2.3.2.2.3 Sistema agua caliente	57
2.3.2.2.4 Limpieza.....	58
CAPÍTULO 3	60
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA	60
3.1 VARIABLES DEL PROCESO	60

3.1.1 HMI FRACCIONAMIENTO.....	60
3.1.2 HMI ENVASADO.....	69
3.1.3 SISTEMA SCADA.....	87
3.2 TRATAMIENTO DE VARIABLES.....	101
3.2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	101
3.2.1.1 Reporte.....	102
3.2.1.1.1 Temperatura Fraccionamiento.....	103
3.2.1.1.2 Temperatura Envasado.....	106
3.2.1.1.3 Producción diaria.....	108
3.3 SISTEMA ANDON.....	109
3.3.1 DESCRIPCIÓN.....	109
3.3.2 ANDON ENVASADO.....	110
CAPÍTULO 4.....	112
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	112
4.1 PLATAFORMA.....	112
4.2 PESAJE.....	114
4.2.1 ESTACIÓN GRASAS.....	114
4.2.1.1 Celdas de carga.....	114
4.2.1.2 Acondicionador.....	114
4.2.2 ESTACIÓN 2.....	118
4.2.3 ESTACIÓN ACEITE.....	122
4.2.3.1 Canecas.....	122
4.2.3.2 Botellas.....	123
4.2.3.3 Fundas.....	123
4.2.4 TANQUE MEZCLA.....	124
4.3 PRODUCCIÓN.....	125
4.4 RECETAS.....	126

4.5 CAUDALÍMETRO	126
4.6 SISTEMA ANDON	127
4.7 TEMPERATURAS	127
CAPÍTULO 5	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	131
BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

En el proyecto se diseña e implementa un sistema de control para mejorar, el proceso de carga de palma refinada y medición de temperaturas en el área de fraccionamiento, y el proceso de preparación de productos grasos en el área de envasado de la industria aceitera OLIOJOYA CIA. LTDA.

Para la mejora del proceso de envasado se automatizó: la preparación de recetas, el sistema de calentamiento de tanques, el proceso de limpieza de tuberías. Se implementó un sistema de control para, funcionamiento de una segunda estación de producción de grasa sólida y para control de inventarios.

Se repotenció la plataforma existente de Mitsubishi aumentando módulos de comunicación, casetes y sustituyendo otros de baja resolución, se enlazaron todas las señales externas del tablero que eran controladas desde botoneras al PLC para ser controladas desde la pantalla.

Para disminuir la variabilidad del peso, de la estación uno y del tanque mezcla se sustituyó los acondicionadores y las celdas de carga en la estación de grasas; debido a la ampliación de una segunda estación de grasas se instalaron nuevas celdas de carga, acondicionadores, sensores de temperatura en el equipo cristizador y en el cuarto frío y un variador de velocidad.

Se habilitó el uso del sistema SCADA instalado en la empresa, para ello se diseñó e implementó la interfaz gráfica para el área de fraccionamiento y envasado, se creó una base de datos para la generación de reportes de los inventarios y de las temperaturas en los tanques críticos de los procesos. Se diseñó e implementó también la interfaz gráfica para el control local en las dos áreas en cuestión.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron las pruebas respectivas asegurando el correcto funcionamiento tanto del sistema de control como de los equipos instalados, cumpliéndose a cabalidad con los objetivos propuestos.

PRESENTACIÓN

Oliojoya Cia. Ltda., empresa dedicada a la refinación de aceite de palma, tiene como política de calidad elaborar productos derivados de aceites y grasas vegetales con altos estándares de calidad; por esta razón buscando el mejoramiento continuo y modernización de cada proceso viabilizó el proyecto de automatización del área de envasado y fraccionamiento.

En el primer capítulo, se habla de manera global del aceite de palma africana y su proceso de refinación. Se aborda temas de tecnología aplicada en la empresa, tales como el uso de PLC, pantallas HMI, Sistema SCADA, etc. y los tipos de control para determinar el más adecuado en el proyecto.

En el segundo capítulo, se explica en detalle el funcionamiento de la planta y el proceso al cual se somete el aceite para su refinación, se menciona cada una de las presentaciones que la empresa como tal comercializa. Por último se examina cada uno de los problemas existentes en la planta y las soluciones viables para la implementación de mejoras.

En el tercer capítulo, se detalla los cambios e implementaciones realizadas en la interfaz gráfica local y remota, se explica el proceso de recolección de datos para generar de manera automática reportes de temperatura para el área de envasado y fraccionamiento.

En el cuarto capítulo se presentan las pruebas realizadas de los equipos en funcionamiento, además de los datos reales tomados antes y después de las mejoras implementadas en la planta.

Finalmente en el capítulo quinto se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del proyecto de titulación.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Automatizar el sistema de control del proceso de envasado y fraccionamiento de la INDUSTRIA ACEITERA OLIOJOYA CIA. LTDA.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar y analizar las variables que intervienen en el proceso de envasado y fraccionamiento para desarrollar un sistema de control confiable que permita regularizar la temperatura de la materia prima en el área de fraccionamiento, y mejorar la calidad del producto terminado en el área de envasado.

Repotenciar el hardware para el mejoramiento del proceso de envasado de la plataforma actual que posee para mejorar la obtención de datos.

Diseñar e implementar el software que permita el registro, procesamiento de datos y control en el área de envasado y fraccionamiento.

Diseñar e implementar una interfaz gráfica amigable con el operador que permita un acceso local al sistema de control del área de envasado y fraccionamiento.

Realizar las pruebas operativas de campo con presencia del personal a cargo de las áreas a intervenir.

1.1.3 ALCANCE

Se identificará y analizará las variables físicas que intervienen en el proceso de envasado y fraccionamiento para determinar el sistema de control en el PLC que permita desarrollar de manera más eficiente los procesos.

Se analizará y seleccionará nuevos equipos de mayor resolución para la repotenciación de la plataforma actual de PLC en el área de envasado. Se ordenará de manera más eficiente las diferentes señales que ingresan a los módulos. De acuerdo al análisis se reemplazarán y sustituirán los equipos que no cumplan técnicamente los requerimientos del proceso por equipos que logren optimizar el funcionamiento del mismo, tales como balanzas, transductores, sensores de temperatura, variadores de velocidad, controladores de temperatura, etc.

Se desarrollará un programa en el PLC tanto para el proceso de envasado como para el proceso de fraccionamiento, lo que permitirá mejorar su sistema actual de operación. Se trabajará en la plataforma del sistema SCADA MC-WORX de la familia Mitsubishi, la cual consta de todas las licencias necesarias para la inmediata ejecución del proyecto.

Se implementará un software que permita de forma automática, la creación de una base de datos para recopilar información de temperatura en los diferentes tanques y de los pesos de la materia prima y diferentes productos elaborados en el proceso de envasado y de las temperaturas de los cristalizadores que intervienen en el proceso de fraccionamiento. Se generará reportes diarios de temperaturas que permitan el estudio y seguimiento del proceso de envasado.

El reporte se enviará a cada uno de los jefes de área con la información recopilada y gráficas que indiquen el comportamiento de estas variables. También se generarán reportes diarios con los valores de materia prima y de cada uno de

los productos que se realizan en Oliojoya obtenidos de los tres turnos del día anterior.

Se desarrollará una interfaz gráfica hombre máquina remota para: registro, supervisión, control y análisis de los datos que se generen del proceso mediante las herramientas proveídas por el SCADA MC-WORX. Esto permitirá el manejo de inventarios confiables en el área de envasado y la habilitación de históricos tanto en envasado, como en fraccionamiento.

Se diseñará y desarrollará una interfaz gráfica local para la visualización y control del proceso de envasado, de pesos acumulados según el producto, de la materia prima consumida, y otros parámetros que permitirán evaluar el proceso de forma continua. Además se realizará una interfaz gráfica en el área de fraccionamiento que permitirá visualizar y operar, de una manera amigable con el operador, las bombas y agitadores que intervienen en el proceso.

Se desarrollará el sistema de control de temperatura por histéresis, a través del HMI y del Sistema Scada, de los tanques que forman parte del área de envasado y de esta manera lograr mejorar la calidad del producto final.

Se ejecutará de forma progresiva las pruebas en la planta con la finalidad de lograr al término del proyecto poseer un sistema de control confiable y eficiente que cumpla con las expectativas de la empresa.

1.2 ANTECEDENTES

En los últimos dos años, la empresa ha experimentado un crecimiento en su volumen mensual de producción y el desarrollo de nuevas líneas de productos terminados. En este desarrollo se evidencia la necesidad de mejorar el control de sus procesos por el deficiente control en: manejo de la trazabilidad de sus productos terminados, control de inventarios de productos en proceso y producto

terminado, manejo y regulación de temperatura en cada uno de los tanques que intervienen en el proceso de envasado.

1.3 INTRODUCCIÓN

La empresa Extractora La Joya fue fundada en el año de 1996, por la compra al Sr. William Ford de una planta extractora de aceite de palma y una propiedad con una superficie de 200 hectáreas de palma sembrada. La planta está ubicada en la Provincia de Esmeraldas, cantón La Concordia, recinto La Villegas.

Posteriormente se construyó una infraestructura de tanques en el Km 7.5 vía Atacames en Esmeraldas para el almacenamiento y exportación de aceite de palma, así como para la construcción de una fábrica de refinación de aceite crudo.

Extractora la Joya separa sus actividades productivas en el año 2008, para la creación en Abril del mismo año de la Empresa Olojoya Industria Aceitera Cía. Ltda., ubicada en la Provincia de Esmeraldas, cantón Atacames Km 7.5, la cual se dedica a la refinación de aceites vegetales, elaboración de productos terminados y al servicio de almacenamiento de aceite de palma y sus derivados.

Se inicia la construcción de la planta industrial de refinamiento de aceite, que incluye un terminal de almacenamiento de aceite, para venta a los mercados internacionales. Su ubicación estratégica cerca del puerto marítimo de Esmeraldas permite exportar un alto porcentaje de la producción de aceite refinado de palma africana y en menor porcentaje en la producción de sus derivados.

1.3.1 PALMA AFRICANA

La palma africana es originaria del golfo de Guinea y del este de África en donde los nativos de la región extraían aceite rudimentariamente desde hace 5000 años. A la palma de aceite se la conoce como avoira, guinea, palmiche, palmisto. El

fruto está formado por un pericarpio¹ duro que envuelve al mesocarpio² carnoso, tal como se muestra en la figura 1.1, el endocarpio³ es una almendra [1].



Figura 1.1 Fruto y Semilla de la Palma Africana [2]

La planta empieza a dar frutos desde los dos años y medio desde su siembra y alcanza su mayor etapa de producción alrededor de los 30 años, disminuyendo su rentabilidad luego de alcanzada esta edad, ya que la altura de su tallo puede llegar a superar los 20 metros. Es una planta propia de la región tropical calurosa, crece a altitudes por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, aunque se desarrolla bien en regiones pantanosas [3].

Dentro de los cultivos de semillas oleaginosas, la palma, es la que produce mayor cantidad de aceite por hectárea, aproximadamente 4.5 toneladas por año. Debido a esto y a sus bajos costos de producción la expansión de su cultivo ha ido en aumento, siendo Ecuador el segundo mayor productor de la región, por debajo de Colombia [4].

Esta planta produce dos tipos de aceite (aceite rojo y de palmiste) que constituyen la materia prima para una gran gama de productos alimenticios.

¹ **PERICARPIO:** Parte exterior del fruto de las plantas, que cubre las semillas.

² **MESOCARPIO:** Parte media de las tres que forman el pericarpio, que es carnosa y envuelve la semilla.

³ **ENDOCARPIO:** Carpa interna de las tres que forman el fruto.

1.3.1.1 Aceite Rojo

El aceite de palma rojo obtenido a partir del mesocarpio de la fruta es considerado como el alimento natural más rico en vitamina A y utilizado como materia prima por las industrias de refinación, quienes lo utilizan fundamentalmente en la producción de aceites para mesa, margarinas, mantecas y jabones [5].

1.3.1.2 Aceite de Palmiste

Es extraído de la almendra de la semilla del fruto de la palma. La composición de este aceite es totalmente diferente a la del aceite rojo. Se encuentra en bajas proporciones y es considerado por la industria como un aceite superior en calidad [6].

1.3.2 GRASAS ALIMENTARIAS

En este grupo se encuentran incluidos todos los lípidos⁴ de tejido vegetal y animal. Los aceites y grasas están formados por triglicéridos⁵, llevando además en menores porcentajes fosfolípidos⁶ y glicolípidos⁷.

En la actualidad, la mayor cantidad de producción de aceites se centra en aceites vegetales, los cuales son sometidos a un proceso de refinación y deben ser conservados en condiciones que mantengan su calidad y valor nutricional hasta el momento de su consumo [7].

⁴ **LÍPIDOS:** Sustancias orgánicas solubles en disolventes orgánicos e insolubles en agua. Constituyen las reservas de energía de los seres humanos.

⁵ **TRIGLICÉRIDOS:** Tipo de grasa presente en el torrente sanguíneo y en el tejido adiposo.

⁶ **FOSFOLÍPIDOS:** Lípidos que contienen ácido fosfórico.

⁷ **GLICOLÍPIDOS:** Lípidos que contienen azúcar.

1.3.2.1 Aspectos Nutricionales

Existe un sin número de aspectos positivos que cabe destacar de los lípidos en los alimentos [3].

Entre las características más importantes están:

- Ayudan a reducir el colesterol, disminuyendo uno de los principales factores de riesgo en enfermedades coronarias⁸.
- El ácido graso palmítico en comparación con otros ácidos grasos saturados no es hipercolesterolémico⁹.
- El consumo de aceite de palma eleva el colesterol "bueno" (HDL) y disminuye el colesterol "malo" (LDL).
- Es fuente natural de vitamina E, lo que protege contra el envejecimiento a las células, la arteriosclerosis¹⁰ y el cáncer.
- Sin refinar, el aceite de palma es fuente muy rica de beta-caroteno (vitamina A).

1.3.3 REFINACIÓN

1.3.3.1 Refinación Química

El proceso de refinado químico se utiliza para los aceites y grasas con bajo contenido de ácidos grasos libres. Este proceso sigue tres pasos básicos:

⁸ **ENFERMEDADES CORONARIAS:** Enfermedad cardíaca que provoca un suministro inadecuado de sangre al músculo cardíaco.

⁹ **HIPERCOLESTEROLÉMICO:** Presencia de niveles elevados de colesterol en la sangre.

¹⁰ **ARTERIOSCLEROSIS:** Obstrucción a la circulación de la sangre causada por depósito de grasa o colesterol.

- Neutralización
- Blanqueamiento
- Desodorización

La eliminación de residuos de jabón y de la goma en la neutralización es realizada por el lavado con agua o el uso de una sílice¹¹ adsorbente en el blanqueamiento [8].

1.3.3.2 Refinación Física

El proceso de refinación física se utiliza para los aceites y grasas con alto contenido de ácidos grasos libres. Este proceso sigue tres pasos básicos:

- Desgomado
- Blanqueamiento
- Desacidificación y Desodorización

El proceso de desgomado utilizado depende del aceite a ser refinado [8].

1.4 PLATAFORMA FX3U



Figura 1.2 Plataforma FX3U Mitsubishi [9]

¹¹ **SÍLICE:** Dióxido de silicio. Uno de los compuestos de la arena.

La plataforma FX3U de Mitsubishi, figura 1.2, contiene productos de alta flexibilidad y compatibilidad, las características de: flexibilidad se le atribuyen a la capacidad de adaptar varios módulos con diferentes funcionalidades, y de compatibilidad por la facilidad de adaptación de equipos de diferentes tipos y fabricantes.

Los PLC FX3U, son equipos compactos que tienen: entradas, salidas, CPU, memoria de suministro eléctrico, memoria de programación (fácilmente ampliada aumentando o sustituyendo casetes de memoria en la unidad principal), y este procesa las instrucciones lógicas a una velocidad de $0.065\mu s$ lo que permite prácticamente la toma de datos en tiempo real. La fuente de alimentación de la unidad principal determina el número de módulos que se pueden incluir en el sistema según la potencia y corriente que consuman tanto para el extremo izquierdo como para el derecho del rack.

La ampliación de la capacidad del sistema se hace al lado derecho de la unidad principal con los módulos especiales de función o unidades de extensión digital, hacia el lado izquierdo con los módulos de comunicación, y con dispositivos adaptadores de interfaz y de comunicación montados directamente en la unidad base evitando el uso de entradas digitales adicionales y/o un PLC adicional al momento de expandir un proyecto [9].

1.4.1 HARDWARE

1.4.1.1 Módulo de comunicación de Ethernet

El módulo de Ethernet permite la conexión directa del PLC a una red Ethernet para el intercambio de datos de manera rápida y directa con sistemas de visualización, para carga y descarga de programas en una PC, para envío y recepción de correos electrónicos [9].

La configuración del módulo Ethernet FX3U-ENET se realiza con el software FX Configurator-EN.

1.4.1.2 Módulos de extensión de entradas y salidas

Son módulos con o sin propia fuente de alimentación que permiten agregar entradas y salidas al controlador. Cuando los módulos son incluidos en la plataforma, se considera la alimentación del sistema y la cantidad disponible de puntos de E/S. Se colocan hacia el lado derecho del rack [9].

1.4.1.3 Módulos de entradas analógicas

Son módulos de entradas analógicas que convierten señales analógicas de tensión o corriente del proceso en valores digitales para ser procesadas en el PLC [9].

1.4.1.4 Módulos de salidas analógicas

Son módulos de salidas analógicas que convierten señales digitales procesadas en el controlador en señales analógicas de corriente o voltaje requeridas en el proceso [9].

1.4.1.5 Módulos de placa de interfaz

Son módulos que permiten la conexión de adaptadores especiales, se montan en la unidad principal hacia el lado izquierdo [9].

1.4.1.6 Casetes de memoria

Son accesorios que permiten cargar y descargar programas desde y hacia la memoria interna de la unidad principal, aumentan la capacidad de memoria del programa [9].

1.4.1.7 Módulos de control de inversor

Son módulos que permiten la transferencia tanto de parámetros como de comandos entre el PLC y los inversores Mitsubishi mediante comunicación serie, cada interfaz RS-485 controla hasta ocho inversores [10].

1.4.2 COMUNICACIONES

La comunicación entre el PLC y los diferentes dispositivos debe ser confiable, continua y en tiempo real, para ello la familia FX emplea para el sistema de control redes abiertas. En la figura 1.3 se muestra las redes usadas, las cuales son Ethernet, CC-Link, PROFIBUS, DeviceNet, y Modbus.

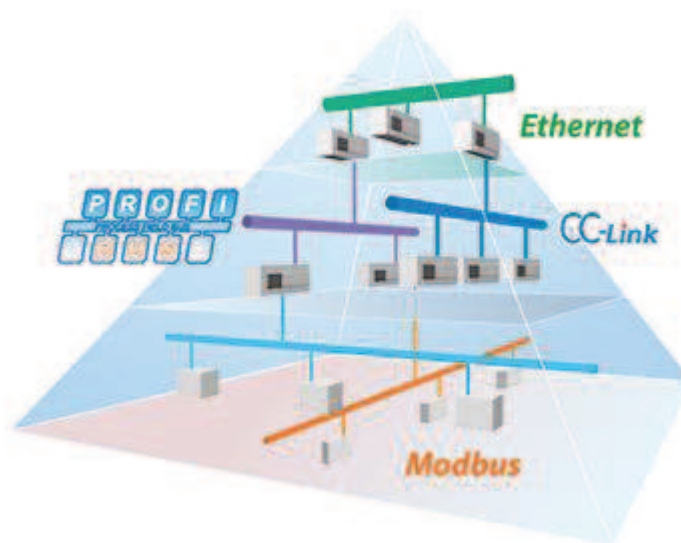


Figura 1.3 Redes de la Familia FX [9]

1.4.2.1 CC-Link

CC-Link es una red abierta completa que procesa datos de información y control a alta velocidad, enlazando entre sí todos los sistemas de la fábrica, hasta 354 equipos de campo.

El uso de CC-Link permite reducir el cableado de control y potencia en una complicada línea de producción, el sistema de monitoreo de la red de campo está compuesta de una estación maestro, estación esclavo, computadora, inversores, servomotores, unidades remotas de entradas y salidas, etc. [11]

1.4.2.2 Ethernet

Ethernet es un estándar para las operaciones comerciales, calificada como una red abierta, debido a su compatibilidad con un enorme número de productos de telecomunicaciones de diferentes proveedores. Ethernet puede usarse con varios protocolos diferentes, el más usado es TCP/IP que permite una comunicación de datos de alta velocidad entre supervisión de procesos y la serie PLC de Mitsubishi, lo que significa que un ordenador personal con software de comunicación estándar está en condiciones de leer y escribir en la secuencia de programa CPU del PLC a través de Internet [12].

Todas las estaciones comparten el mismo canal de comunicación y todos los equipos reciben todas las transmisiones (difusión), acceso a la red usando el acceso múltiple de percepción de portadora con detección de colisión [13].

1.4.2.3 Profibus

Profibus es una red que permite mezclar dispositivos en la red, desde simples estaciones E/S remotas hasta estaciones de variadores, pasando por HMIs más complejos, dispositivos de registro de datos y PLCs, la comunicación entre dispositivos complejos y simples es en tiempo real.

Las estaciones principales pueden enviar o pedir datos a otras estaciones del bus cuando tengan el permiso correspondiente (testigo o token), cada estación tiene una dirección única en la red lo que permite el cambio de información entre estaciones específicas, aunque es posible transmisión multidifusión (varias estaciones) y difusión (todas las estaciones) [14].

1.4.2.4 DeviceNet

DeviceNet es una red digital de tipo abierto para conexiones entre dispositivos directamente relacionados con el proceso como sensores, actuadores, con equipos de más alto nivel como controladores programables y computadoras, permitiendo la conexión de hasta 64 nodos; basado en el modelo maestro/esclavo, donde el maestro es el único nodo fuente y los esclavos los nodos destino, cada nodo destino tiene un único nodo fuente para evitar conflictos, cada esclavo tiene que implementar un mensaje explícito para que el maestro pueda, leer y escribir atributos en los esclavos [14].

1.4.2.5 Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación serial, diseñado para integrar PLCs, computadoras, terminales, sensores y actuadores, está basado en arquitectura maestro-esclavo que permite el control de una red de dispositivos y la conexión de un ordenador con una unidad remota. Modbus soporta un dispositivo maestro y hasta 247 dispositivos esclavos, a cada esclavo se le asigna una dirección de nodo única [15].

1.5 HMI

La interfaz hombre máquina permite relacionar al operador con el proceso, mediante el monitoreo y el envío de señales al proceso con botones de encendido y apagado.

Los terminales de operación gráfica (GOT) funcionan como enlace para la conexión del PC con el PLC para depurar programas y operar el equipo al mismo tiempo, a esta función se le llama modo transparente.

En caso de falla en el PLC o descarga de la batería, el último programa cargado queda almacenado en la GOT para la posterior restauración. Las pantallas GT15 de la serie GOT1000 tienen una capacidad de memoria de 9Mb.

Las comunicaciones disponibles en las pantallas GT15 son Ethernet, RS-422, RS-485 y RS-232 lo que permite la comunicación simultanea de hasta cuatro clases de equipos como controladores de temperatura, altavoces, impresoras, etc. sin necesidad de aumentar carga al PLC [15].

1.6 SOFTWARE

1.6.1 MELSOFT

Es el software de Mitsubishi Electric empleado para la programación de PLC, diseño de pantallas para HMI, configuración de servomotores y redes. Todos los productos de MELSOFT están basados en los estándares de Microsoft, como Microsoft Excel, ActiveX y OPC, proporcionando un amplio rango de conectividad y una interface familiar [16].

1.6.1.1 Gx works2

Es el software de configuración y programación de todas las familias de PLC de Mitsubishi. Los programadores pueden combinar cinco lenguajes de programación distintos, cada uno con un estilo de programación diferente. Cada versión de programa determina las herramientas y el hardware de cada equipo.

Entre los lenguajes disponibles en el entorno de programación están: ST (texto estructurado), SFC (diagrama de secuencia de funciones), LD (diagrama de escalera), FBD (diagrama de bloques funcionales) e IL (lista de instrucciones). El desarrollador puede seleccionar el lenguaje preferido que sea más adecuado para la aplicación.

El software facilita la parametrización integrada de módulos especiales, el empleo de librerías de programas y de bloques de función, donde se guardan partes de proyectos para ser utilizadas en futuras aplicaciones con lo que se ahorra tiempo y se minimiza las fuentes de error.

La simulación integrada permite la comprobación offline del programa y de la configuración y las amplias funciones de diagnóstico y depuración dan solución a problemas y eliminación de errores.

1.6.1.2 Gt works3

Es el software de diseño y configuración para los HMI de la serie GOT1000 de Mitsubishi, el componente GT Designer del software es el que hace posible la creación de las pantallas de operación.

El paquete de software consta, de una biblioteca gráfica de objetos que permite una adaptación rápida e individualizada de los gráficos existentes a la aplicación que se necesita y de una estructura en forma de árbol de los proyectos que facilita la visión general rápida y posibilita navegar fácilmente por el proyecto así como añadir, borrar o modificar pantallas.

1.6.2 MITSUBISHI MC-WORX SUITE

El paquete MC WORX consta de componentes de software integrados para el diseño y creación del sistema SCADA.

Un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition, Control con Supervisión y Adquisición de Datos) es un software que permite el acceso a datos remotos de un proceso, así como su control, no se trata de un sistema de control, sino de una utilidad software de monitorización o supervisión que realiza la tarea de interface entre los niveles de control (donde se sitúan los controladores PLCs) y los niveles superiores de gestión de los procesos [17].

La aplicación comprende visualización y monitoreo, manejo de alarmas y eventos, generación de tendencias y registro de datos. Con dichos componentes se logra mejorar la eficiencia operativa a través de una mejor visibilidad de la planta, un intercambio de datos en tiempo real y flexibilidad para interactuar con la planta desde un navegador, dispositivo portátil inalámbrico o teléfono móvil.

1.6.2.1 GraphWorX

GraphWorX es un paquete de software de HMI útil para el diseño de la interfaz del sistema SCADA. La programación está orientada a objetos y permite incluir otras aplicaciones del paquete como Trend WorX y Alarm WorX. Funciona como un cliente OPC y es compatible con Active X y aplicaciones en Visual Basic.

1.6.2.2 TrendWorx

TrendWorks es la aplicación que configura el despliegue de tendencias de datos históricos y tendencias en tiempo real, además permite el envío automático de correos electrónicos ante condiciones anormales del proceso, y la configuración de reportes de datos. Es compatible con MS Access, MS SQL, Oracle y MS Exchange.

1.6.2.3 Security Configurator

Security Configurator es una herramienta de configuración de seguridad para cualquiera de las aplicaciones que conforman el paquete MC WorX, evita que usuarios no autorizados cambien o modifiquen parámetros de programas.

1.7 SERVICIOS

1.7.1 SISTEMA DE ENVASADO

En la automatización de muchos procesos industriales se utiliza la neumática y la electroneumática. Los sistemas de control empleados en este campo tienen como aplicación óptima las máquinas de envasado.

1.7.1.1 Envasado Antiséptico

El contenedor del producto alimenticio y el dispositivo de cierre se esterilizan mediante procesos por separado. La calidad del producto que recibe el consumidor final es óptima debido a que las atmósferas donde se realizan las operaciones de envasado son estériles. No se utilizan recipientes metálicos rígidos ya que esto puede derivar en contaminación con plomo y estaño [18].

1.7.1.2 Envasado por Congelación

En la industria de la congelación de alimentos se colocan productos frescos por debajo de su punto de congelación, formándose cristales en tejidos acuosos. Dependiendo del alimento se los puede envasar crudos o parcialmente cocinados. La ventaja de este tipo de envasado es la posibilidad de transportarlos a grandes distancias y la disposición del producto, aún si está fuera de temporada.

Durante el almacenamiento en frío, manteniendo una circulación de aire adecuada, la temperatura debe estar comprendida entre los -25 y los -30°C [18].

1.7.1.3 Envasado al Vacío

Este método consiste en la eliminación total del aire dentro del envase. Se protege al producto de cualquier microorganismo, pero puede causar una cierta palidez y un exudado que puede generar rechazo en el consumidor final. Se utiliza en productos tales como: carnes, quesos, legumbres, etc [19].

1.7.2 CONTROL DE TEMPERATURA

1.7.2.1 Controlador PID de Temperatura

Posee una etapa de control proporcional, derivativo e integral. El controlador tiene una función de transferencia dada por la ecuación (1).

$$U(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) E(s) \quad (1)$$

En la gráfica 1.4 se presenta un diagrama simplificado de un sistema de control de temperatura.

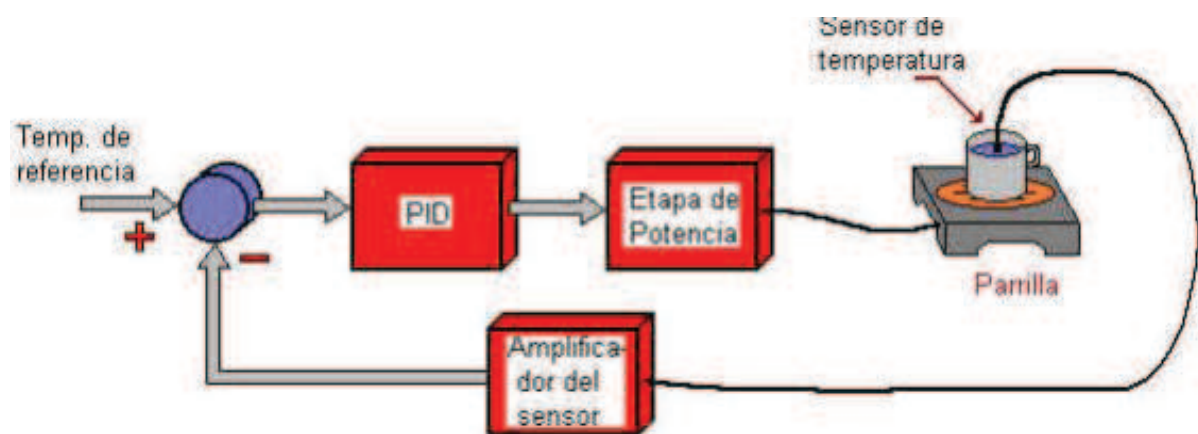


Figura 1.4 Esquema Simplificado Controlador PID

1.7.2.2 Controlador ON-OFF de Temperatura

Es el controlador más sencillo y utilizado en los sistemas domésticos, industriales o comerciales. En la figura 1.5 se presenta un diagrama de bloques de un sistema de control de temperatura en modo on-off [20].

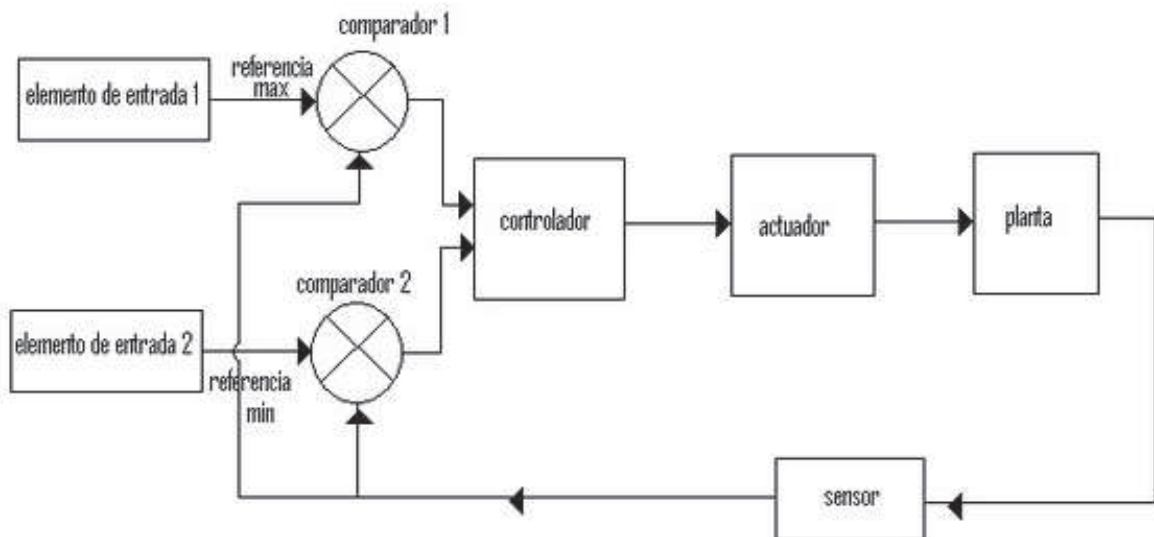


Figura 1.5 Control de temperatura ON OFF con histéresis

Los elementos de entrada son los valores de temperatura que comprenden el rango de trabajo del sistema. Esta brecha diferencial dada por los parámetros de entrada permite realizar una determinada acción cuando se encuentra fuera o dentro del rango de operación.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE

2.1 ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DERIVADAS

2.1.1 REFINACIÓN

En el área de Refinería se procesa aceites crudos de palma africana para obtener aceites refinados, blanqueados y desodorizados, necesarios para un posterior tratamiento en el área de fraccionamiento para finalmente obtener productos que sirven como materia prima para el área de Envasado, con lo que se elabora los productos de marca en sus respectivas presentaciones.

En Oliojoya se emplea el método físico para la refinación de aceite crudo, el cual comprende las siguientes etapas:

2.1.1.1 Desgomado

Proceso físico en donde se eliminan sustancias distintas a los triglicéridos como gomas y mucílagos¹² que son las causantes de malos sabores y olores de las grasas crudas [21].

¹² **MUCÍLAGOS:** Sustancia viscosa que se halla en ciertas partes de algunas plantas.

2.1.1.2 Blanqueo

Proceso donde se retienen cuerpos coloreados y se remueve pigmentos orgánicos, jabones, sólidos y otros, utilizando tierras minerales como arcilla o carbón [22].

2.1.1.3 Desacidificación y Desodorización

Proceso de destilación por carga al vacío y al vapor absoluto para eliminar ácidos grasos libres, cetonas¹³, aldehídos y otros, para producir un aceite sin sabor y sin olor.

Debido al alto consumo energético este proceso se lo realiza de manera continua, ya que se requiere un precalentamiento prolongado del aceite hasta obtener la temperatura apropiada de trabajo, además de generación de vapor para el proceso. De esta manera se garantiza un uso eficiente de la energía [23].

En el diagrama de la figura 2.1 se muestra las etapas del proceso de refinación.

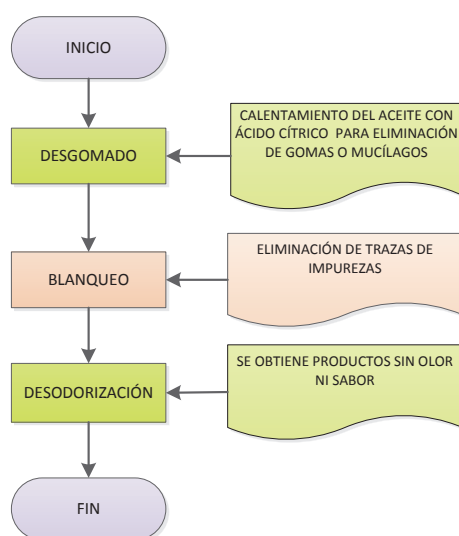


Figura 2.1 Proceso de Refinación

¹³ **CETONAS:** Compuestos orgánicos que al acumularse aumentan la acidez de la sangre.

(OLIOJOYA)

2.1.2 FRACCIONAMIENTO

En la etapa de fraccionamiento se realiza el tratamiento para la separación de la fase sólida (estearina) y la fase líquida (oleína) del aceite de palma refinado.

El proceso inicia en el tanque 1082A donde se almacena aceite de palma refinado, el aceite es agitado, calentado con agua a través de serpentines a una temperatura entre (70-75) °C y bombeado hacia los cristalizadores donde se agita el aceite y se controla las temperaturas tanto del agua como del aceite, ingresando agua de torre y agua fría en tiempos y temperaturas determinadas hasta llegar al punto de equilibrio donde el aceite está a 18°C, finalmente se realiza la descarga hacia el filtro tambor donde por vacío se fracciona la parte sólida y la parte líquida. La oleína y estearina obtenida son almacenadas en los tanques A y C para ser usado en el área de envasado en la elaboración de mantecas, margarinas y aceites.

En la figura 2.2 se muestra el diagrama resumido del proceso de fraccionamiento del aceite de palma pre-tratado.

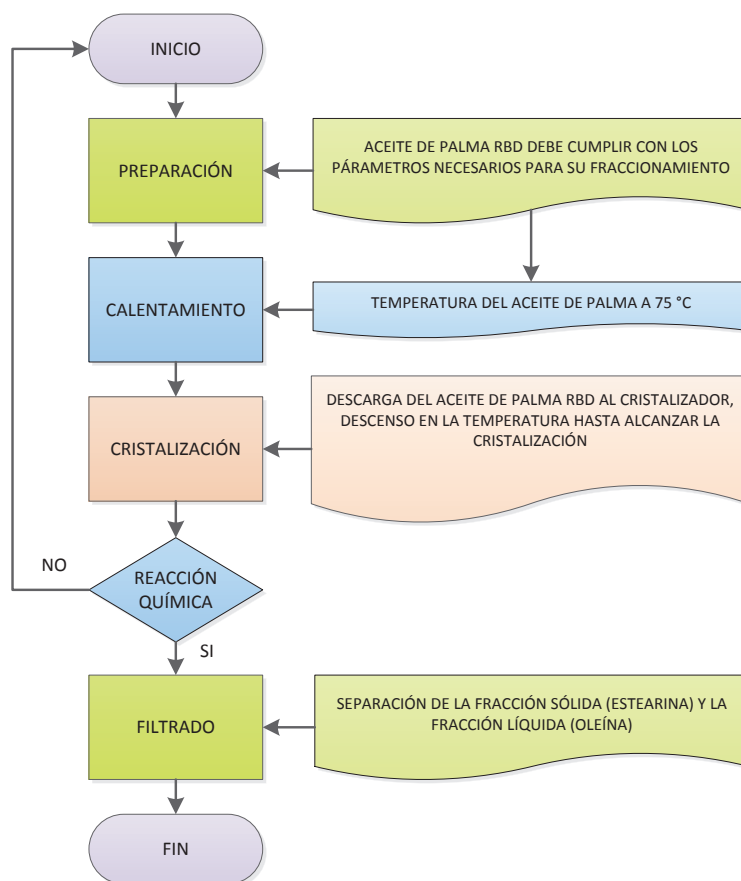


Figura 2.2 Proceso de Fraccionamiento
(OLIOJOYA)

2.1.3 ENVASADO

En el área de envasado se realiza la preparación de las recetas utilizando como materia prima los productos generados en el área de fraccionamiento y refinación: Oleína, Estearina, RBD y la soya que es un producto exportado, además de los saborizantes, agua y colorantes.

Los productos que se producen son: mantecas, margarinas y aceite.

Las margarinas se elaboran en diferentes tipos: joyapan, margarina al horno, joyaldrina y joyafina.

Las mantecas se elaboran para Costa y Sierra.

El aceite se envasa 100% oleína o con un porcentaje de soya según la presentación.

A continuación se detalla el proceso de elaboración de las recetas.

2.1.3.1 Elaboración de mantecas

Se coloca en un tanque los ingredientes de la fórmula base:

- RBD¹⁴
- SOYA¹⁵
- ESTEARINA¹⁶

Los aportes de los componentes en proporciones específicas definidas por la empresa, determinan si el producto a obtener se fabrica con receta para sierra y/o costa.

La mezcla obtenida se traslada hacia otro tanque para el calentamiento a temperatura entre (55-60) °C y una agitación prolongada para la homogeneización para luego pasar a la etapa de cristalización donde se determina la textura y consistencia deseada de la manteca y finalmente se procede a envasar el producto.

En el diagrama de la figura 2.3 se detalla las diferentes etapas del proceso de elaboración de manteca.

¹⁴ **RBD:** Aceite de palma refinado, blanqueado y desodorizado.

¹⁵ **SOYA:** Aceite vegetal proveniente de la soya.

¹⁶ **ESTEARINA:** Fracción sólida del aceite de palma.

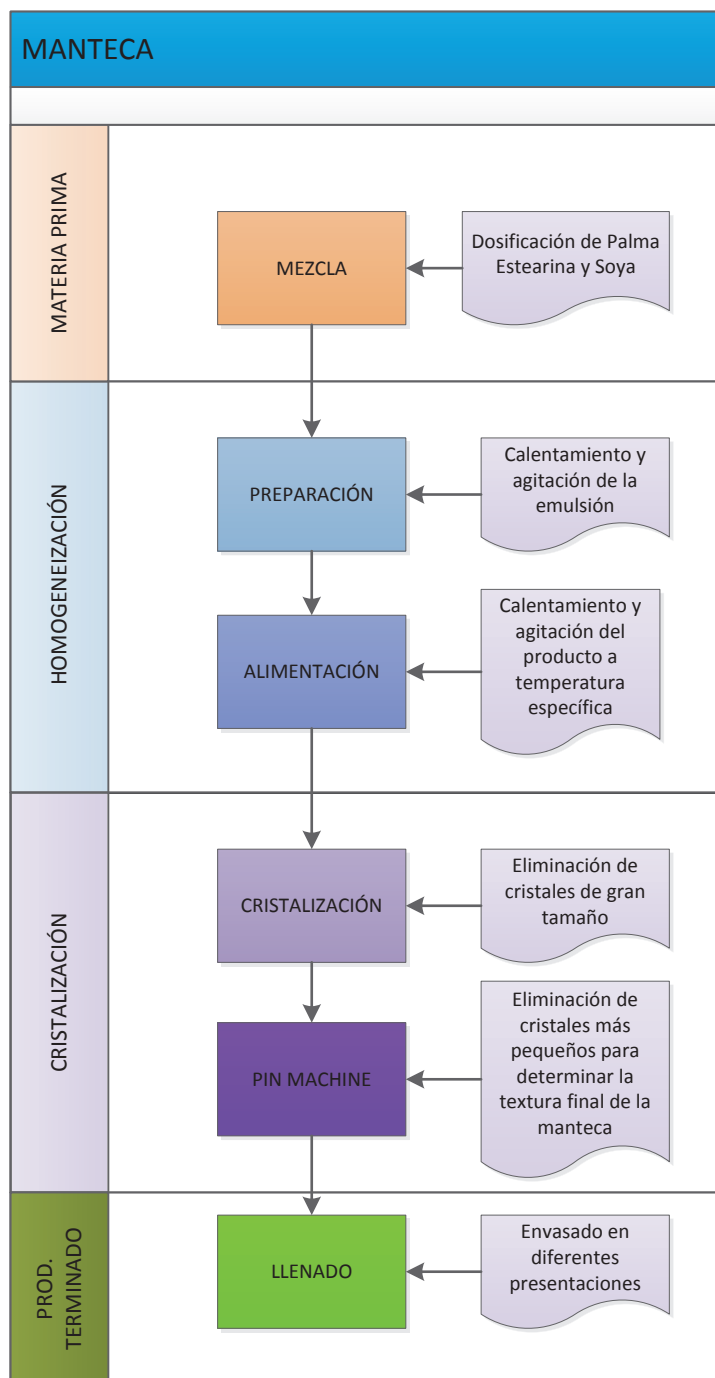


Figura 2.3 Proceso de elaboración de mantecas
(OLIOJOYA)

2.1.3.2 Elaboración de margarinas

Las margarinas se elaboran inicialmente con tres fases: grasa, acuosa y oleosa, que posteriormente son mezcladas en un solo tanque para calentamiento a

temperaturas y agitación establecidas, pasando a la etapa de cristalización y finalmente al empaquetamiento del producto terminado.

Fase Grasas

Se introduce en el tanque mezcla la fórmula base de la margarina con porcentajes determinados para alcanzar la consistencia y calidad.

La materia prima que compone la margarina es:

- RBD
- Estearina
- Soya

La mezcla de los tres ingredientes es llevada al tanque de preparación donde se agita y adicionan las otras fases en preparación.

Fase Acuosa

Se elabora una solución que es en gran medida agua, la cual es calentada a temperatura entre 55°C a 60°C, alcanzada la temperatura establecida se procede a disolver los siguientes ingredientes:

- Sal: Sal común
- Sorbato de Potasio: Conservante de alimentos
- Ácido Cítrico: Aromatizante y saborizante

Fase Oleosa

Se coloca parte de la mezcla obtenida previamente en la fase grasa y se disuelven los ingredientes solubles en aceite como:

- Emulsificantes (Proporciona estabilidad y textura)

- Saborizantes (Proporciona el sabor característico del producto)
- Colorantes (Brinda una tonalidad agradable)
- Lecitina de soya (Reduce la tensión superficial en la mezcla final y mejora la dilución)

Disueltos todos los ingredientes y alcanzada la temperatura adecuada se traslada el contenido al tanque de preparación.

Fase Final

Se realiza la mezcla de las tres fases para formar un solo compuesto, mediante agitación, hasta alcanzar una mezcla homogénea llamada emulsión a 60°C. Luego de pasar por un período de cristalización y enfriamiento el producto terminado está listo para ser envasado.

En el diagrama de la figura 2.4 se detalla las diferentes etapas del proceso de elaboración de margarinas.

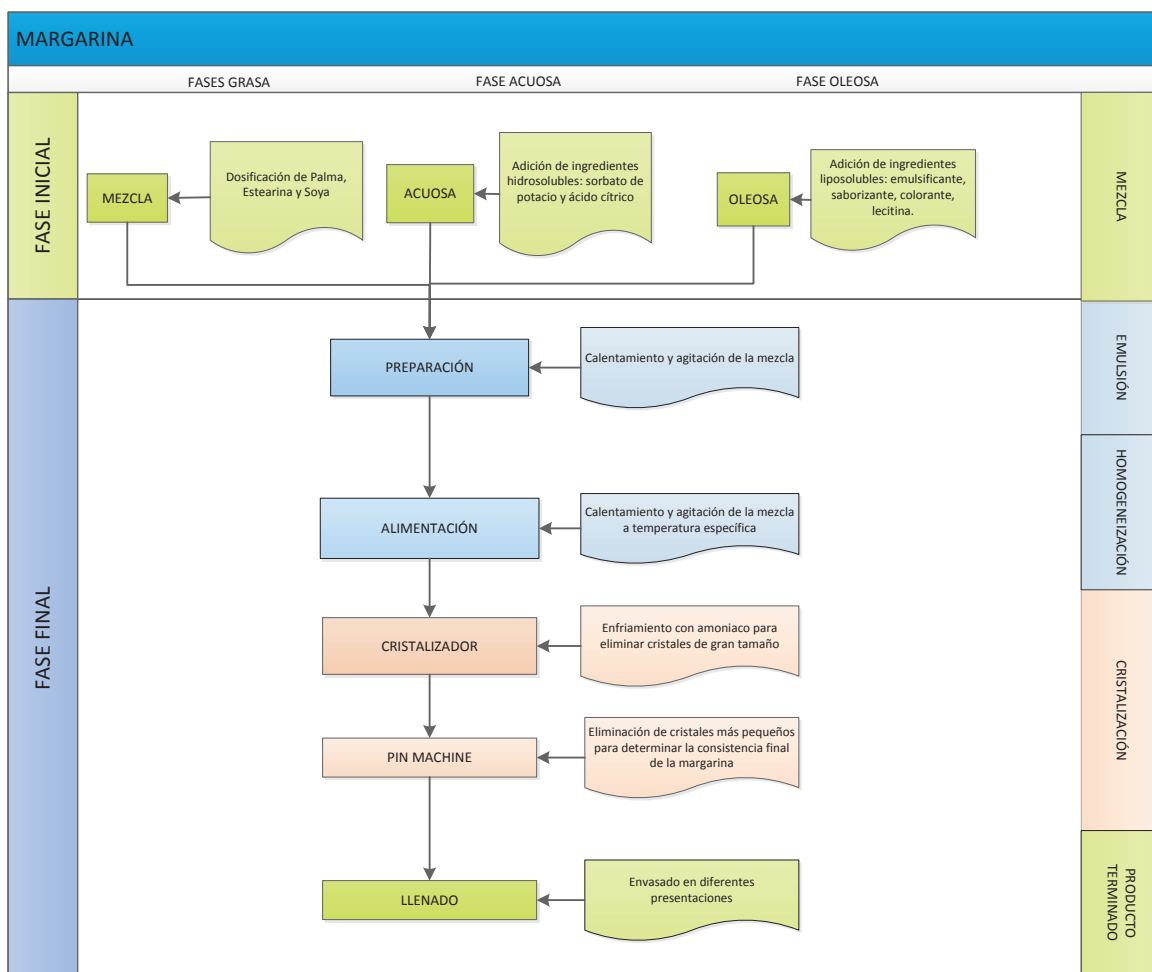


Figura 2.4 Proceso de elaboración de margarinas
(OLIOJOYA)

2.1.3.3 Elaboración de aceites

Se coloca en el tanque de oleína los ingredientes de la fórmula: oleína y soya en proporciones definidas por la empresa según la presentación y se procede a la agitación para finalmente envasar el producto. El llenado de aceite se lo realiza en funda, botella, caneca y tanque.

En la figura 2.5 se muestra a detalle el proceso de elaboración de aceite.

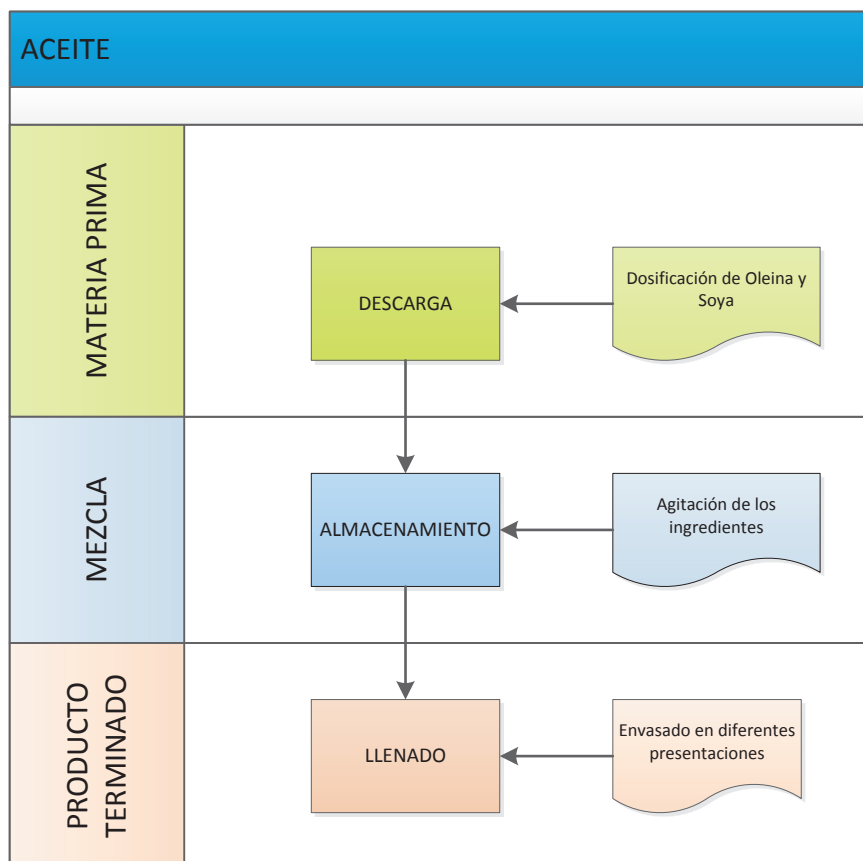


Figura 2.5 Proceso de elaboración de aceites.
(OLIOJOYA)

2.1.4 BROCHURE DE PRODUCTOS

Los principales productos que fabrica Oliojoya y que pone a disposición del mercado son: aceite vegetal, margarinas y mantecas dirigidos al consumidor final e industrial. [24]

2.1.4.1 La Joya – Shortening

Es un producto con 100% de contenido graso, de óptimos resultados y gran rendimiento para la elaboración de todo tipo de pan. Es un producto refinado libre de colesterol y grasas trans¹⁷.

¹⁷ **GRASAS TRANS:** Son aceites vegetales insaturados a los cuales los productores unen hidrógenos para volverlos más sólidos a temperatura ambiente.

La calidad de sus componentes y las materias primas utilizadas son una garantía para el aumento del tiempo de vida, rendimiento y textura de miga en los productos terminados. Ayuda a resaltar el sabor, olor y color, al tiempo que mejora las propiedades nutritivas.

Según el porcentaje de la materia prima, los ingredientes y saborizantes se elaboran los diferentes tipos, siendo estos: COSTA, SIERRA, COSTA PLUS.

Su comercialización (figura 2.6) es:

- Jabas de 8 cajas 3 Kg (Sierra, Costa)
- Caja 8 baldes 3Kg (Costa)
- Caja de 15 Kg (Sierra, Costa, Plus)
- Bloque de 50 Kg. (Sierra, Costa)



Figura 2.6 Producto La Joya Shortening

2.1.4.2 Joyapan - Margarina industrial

Margarina formulada para la elaboración de productos de panadería, como: pan tajado, pan empacado, pan dulce, pan especial, pan tipo americano, pan de molde.

La excelente plasticidad de la margarina, sumada al adecuado nivel de emulsificantes, le otorga incomparables características para su incorporación a la masa y favorece el posterior trabajo en máquinas.

Su comercialización (figura 2.7) es:

- Caja de 15 Kg
- Caja de 15 Kg (Presentación Plus)
- Bloque de 50 Kg



Figura 2.7 Producto Joyapan

2.1.4.3 Joyafina - Margarina hojaldre

Producto graso sólido, utilizable en cualquier método de elaboración de productos de hojaldre. Separa varias capas de masa y produce delgadas laminillas, de manera uniforme y con gran volumen de rendimiento.

Tiene un amplio campo de plasticidad, ya que soporta un alargamiento riguroso con el rodillo durante el plegado del hojaldre. Tiene un excelente sabor, olor y color a los productos.

Su comercialización (figura 2.8) es:

- Caja de 8 baldes 3 Kg



Figura 2.8 Producto Joyaldrina

2.1.4.4 Al horno - Margarina repostera

Producto graso sólido, con óptimos resultados en la elaboración de todo tipo de pan, galletas, ponqués, tortas y bizcochos.

La calidad de la materia prima utilizada para su producción garantiza un incremento en el tiempo de vida útil, alto poder de incorporación de aire, buen rendimiento y buena textura de migas en los productos terminados. Ayuda a resaltar el sabor, olor y color, al tiempo que aumenta las propiedades nutritivas y evita el crecimiento de moho.

Su comercialización (figura 2.9) es:

- Caja de 15 Kg
- Bloque de 50 Kg.



Figura 2.9 Producto Margarina al Horno

2.1.4.5 Joyasol - Aceite de cocina

Producto graso líquido de aceites vegetales, funciona para cocinas industriales y en el hogar. La calidad de sus materias primas le da mayor resistencia a altas temperaturas y la cualidad de proporcionar color, sabor y olor a todas las frituras.

Su comercialización (figura 2.10) es:

- Bidón de 20 litros
- Fundas de 900 cc
- Botella de 1 litro.



Figura 2.10 Producto Aceite Joyasol

2.2 HARDWARE

2.2.1 FRACCIONAMIENTO

2.2.1.1 Levantamiento de información

La plataforma del área de fraccionamiento consta de cuatro módulos conectados a la derecha del PLC FX3U-80MR: un módulo de Ethernet FX3U-ENET, dos de entradas analógicas FX2N-8AD y FX 2N-4AD y uno para extensión de salidas FX2N-16EYR.

Para estructurar de mejor manera la plataforma actual se ha usado la herramienta Melsec F Series Selection Tool que ofrece un diagnóstico preciso y oportuno acerca de la plataforma instalada, con la simulación en este software podemos determinar las entradas, salidas, corrientes, voltajes, longitud de la plataforma diseñada y decidir modificaciones o cambios según la aplicación.

Como resultado de su aplicación para el área de fraccionamiento, figura 2.11, se obtiene la representación de la plataforma.

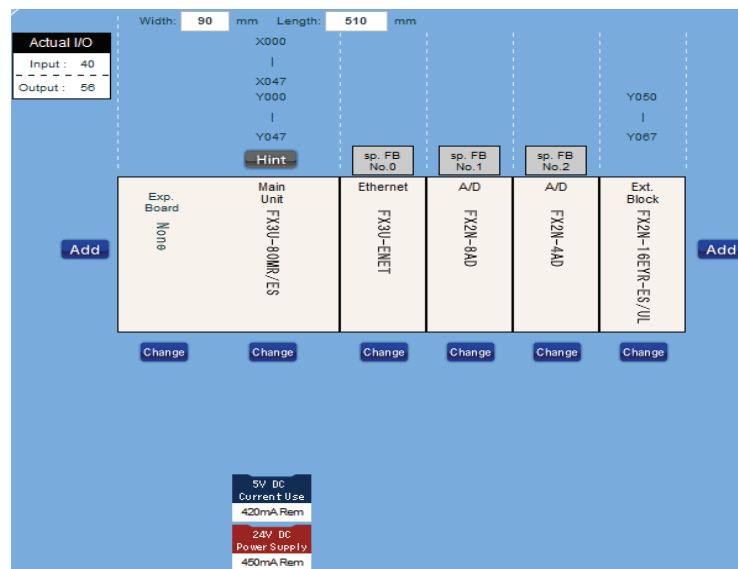


Figura 2.11 Plataforma Fraccionamiento

En la tabla 2.1 se muestra las principales características de la unidad principal y de los módulos de función especial que componen la plataforma en el área de fraccionamiento.

Tipo de Producto	Unidad Principal	Network	A/D	A/D	Bloque de Salida
Modelo	FX3U-80MR	FX3U-ENET	FX2N-8AD	FX2N-4AD	FX2N-16EYR
I/O	40/40	8	8	8	0/16
Entradas	X000-X047	-	-	-	-
Salidas	Y000-Y047	-	-	-	Y050-Y067
24V DC Power (mA)	-	-240	-80	-55	-
Número de módulo	-	0	1	2	-

Tabla 2.1 Especificaciones de plataforma Mitsubishi en fraccionamiento

2.2.2 ENVASADO

2.2.2.1 Levantamiento de información

2.2.2.1.1 Plataforma

El área de envasado cuenta con una plataforma de Mitsubishi conformada por la unidad principal FX3U-64MR, por el módulo de comunicación Ethernet FX3U-ENET, cuatro módulos análogos digitales de diferente resolución FX2N-4AD, FX2N-8AD, FX3U-4AD, un módulo digital análogo FX3U-4DA y 3 módulos de extensión de entradas y salidas FX2N-16EYR,FX2N-16EX; los nueve módulos están conectados hacia la derecha de la unidad principal. La plataforma descrita se muestra en la figura 2.12 y se describen las características principales de los módulos usados en la tabla 2.2.

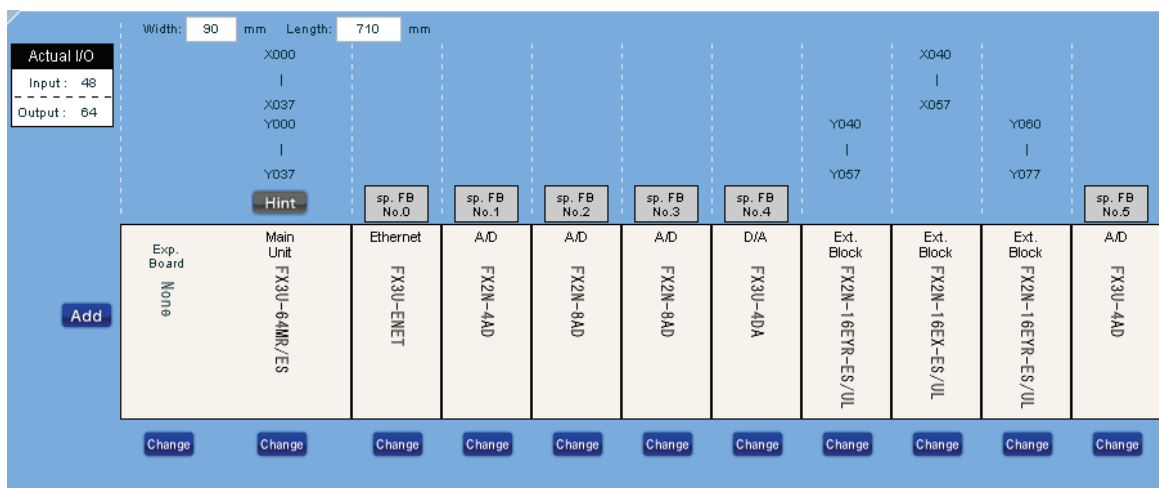


Figura 2.12 Plataforma Envasado

Módulo	Unidad Principal	Network	A/D	A/D	D/A	Extensión de salidas	Extensión de entradas	A/D
Modelo	FX3U-64MR/ES	FX3U-ENET	FX2N-4AD	FX2N-8AD	FX3U-4DA	FX2N-16EYR	FX2N-16EX	FX3U-4AD
I/O	32/32	8	4	8	4	0/16	16/0	4
Entradas	X000-X037	-	-	-	-	-	-	-
Salidas	Y000-Y037	-	-	-	-	-	-	-
Alimentación	100-240 VAC	24V DC	24VDC	24VDC		A través de unidad main	A través de unidad main	24VDC
Resolución		-	20 μ A	2 μ A	20 μ A	-	-	1.25 μ A
Número de módulo	-	0	1	2,3	4	-	-	5

Tabla 2.2 Especificaciones de plataforma Mitsubishi en envasado

2.2.2.1.2 Celdas de Carga

Para el envasado de mantecas y margarinas se tienen dos estaciones.

En la estación 1 (figura 2.13), se usa celdas de carga marca Cenic (figura 2.14), las cuales presentan problemas en la variabilidad del peso final del producto. Esto no permite cumplir a cabalidad con el 1% de variabilidad permitido por la ley, con respecto al peso final del producto envasado; lo cual representa un perjuicio en algunos casos para la empresa, mientras que en otros para el consumidor final.



Figura 2.13 Estación 1 Grasas



Figura 2.14 Celda de carga CENIC

La estación 2 mostrada en la figura 2.15 se encuentra en etapa de implementación, ya que solo posee el sistema de tuberías y las válvulas electro

neumáticas. La finalidad de la implementación de esta estación es aumentar la capacidad de producción diaria de mantecas y margarinas.

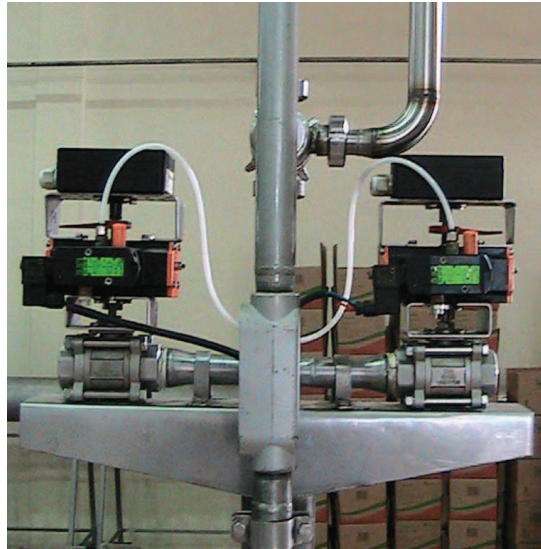


Figura 2.15 Estación 2 Envasado

La estación de aceite mostrada en la figura 2.16 presenta también problema de variabilidad en el peso final del aceite, presentando diferencias de (2.5 - 3.5) % con respecto al peso real a envasar.



Figura 2.16 Estación de Aceite Envasado

2.2.2.1.3 Acondicionador

Las estaciones uno de grasas posee un acondicionador KM02A – C3 de poca resolución, figura 2.17; esto incrementa el error existente en la medición con la celda de carga marca Cenic.

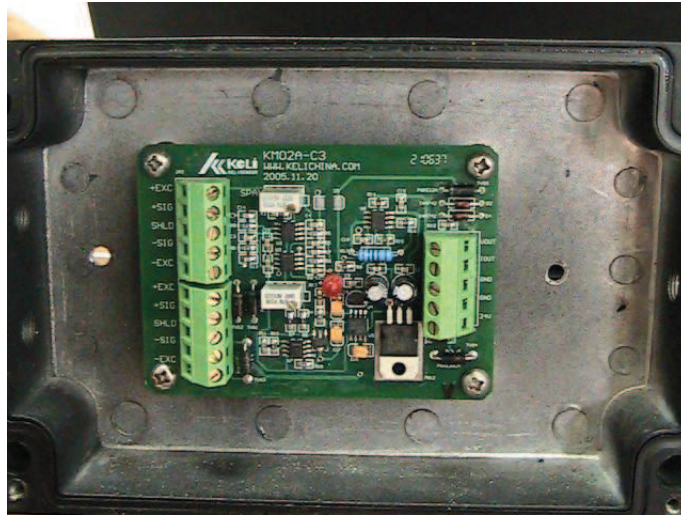


Figura 2.17 Acondicionador KM02A – C3

2.2.2.1.4 Sensor de temperatura

El cuarto frío, lugar donde se almacena producto que se comercializa en la sierra, tiene instalado un termopar, figura 2.18, que envía la señal a un controlador de temperatura para mantenerla dentro del rango de (16-19)°C prendiendo y apagando los ventiladores. Esta señal del sensor de temperatura no está enlazada al PLC de envasado y por lo tanto no es reportada para control del producto almacenado.



Figura 2.18 Termopar de cuarto frío

Con la implementación de la estación dos, es necesario incorporar un nuevo equipo de cristalización llamado botator mostrado en la figura 2.19, donde deberá controlarse la temperatura en diferentes etapas para asegurar un producto de calidad.

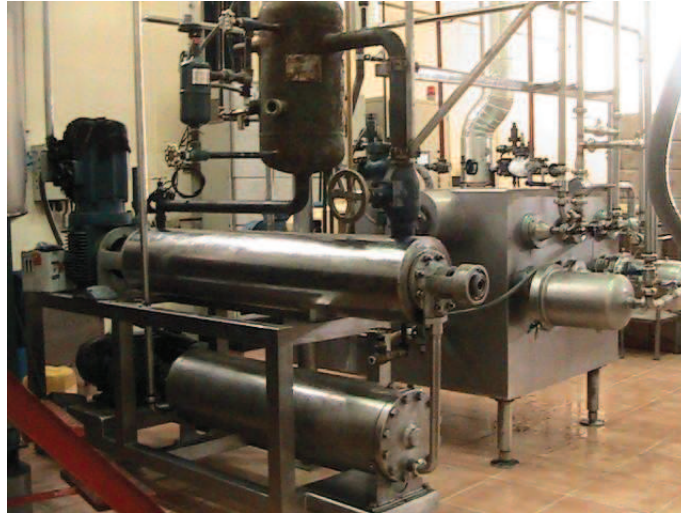


Figura 2.19 Botator

2.2.2.1.5 Válvulas

En el sistema de agua caliente, el vapor ingresa en serpentines agujerados hacia el tanque de agua hasta alcanzar una temperatura de 80°C para luego ser distribuida en los serpentines o chaquetas de los tanques necesarios, durante el proceso de calentamiento el agua caliente retorna al tanque inicial.

Según el producto a elaborar, sea margarina o manteca, el operador abre o cierra las válvulas manualmente instaladas en las tuberías de agua para calentar el tanque apropiado.

El sistema de agua caliente actual se muestra en la figura 2.20.

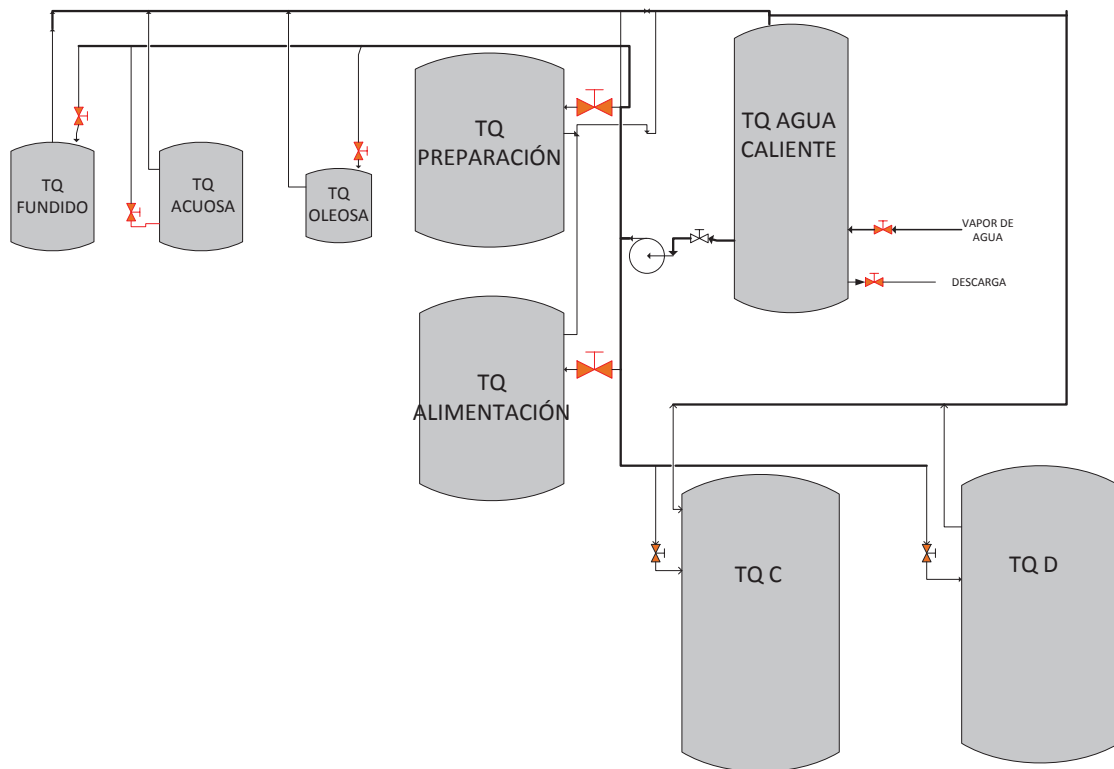


Figura 2.20 Sistema de agua caliente

2.2.2.2 Análisis de datos

2.2.2.2.1 Plataforma

Con la sustitución de celdas de carga y acondicionadores es necesario el cambio del módulo FX2N-4AD por un FX3U-4AD de mayor resolución. Además se redistribuyen todas las señales de los módulos analógicos.

La plataforma que se propone implementar se muestra en la figura 2.21.

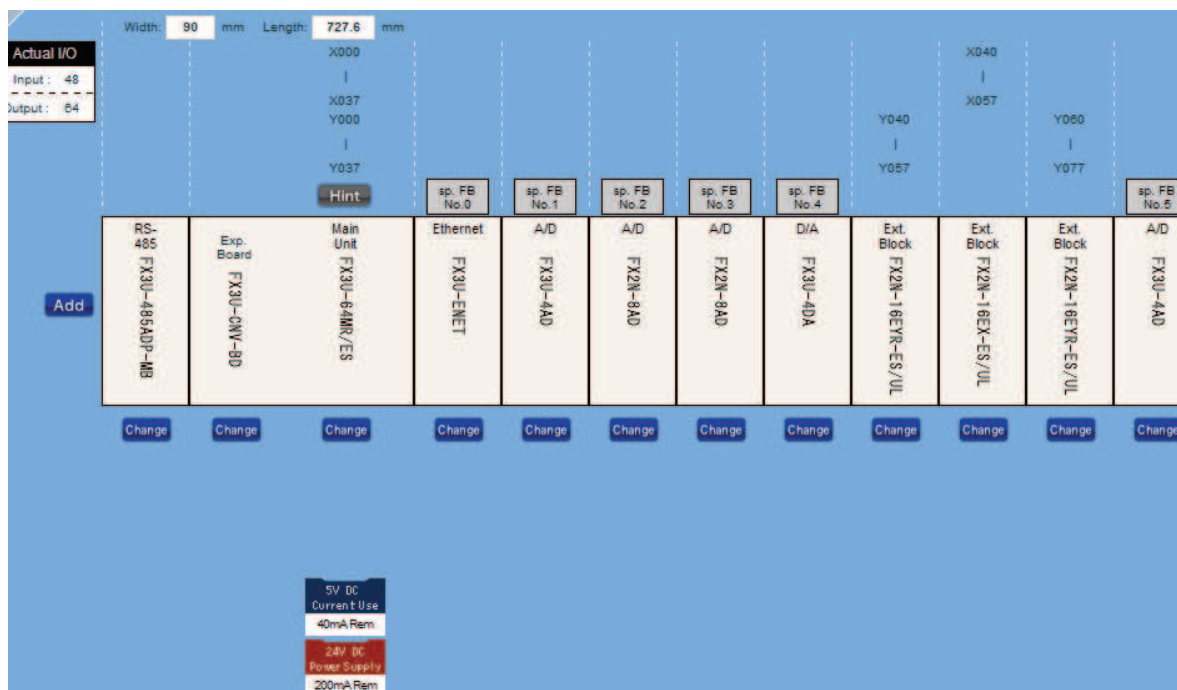


Figura 2.21 Plataforma envasado

Se implementará el módulo FX3U 485 ADP – MB mostrado en la figura 2.22 para realizar el control por comunicación Modbus RS485 del variador de frecuencia que se implementará para envío de producto al botador. Es necesario implementar una memoria FX3U-FLROM-64L, figura2.23, para expandir la capacidad de la memoria de programa.



Figura 2.22 Módulo FX3U 485 ADP



Figura 2.23 Memoria FX3U-FLROM-64L

2.2.2.2.2 Celdas de Carga

Las celdas de carga marca Cenic presentan variaciones y descalibración aún después de realizada la calibración del cero y de su valor máximo, por lo tanto es necesario reemplazarlas por celdas de carga de mayor resolución, las celdas de Mettler Toledo sustituirán a las Cenic por tener mejores características, se muestran en la figura 2.24.



Figura 2.24 Celda de Carga Mettler Toledo

2.2.2.2.3 Acondicionador

Se seleccionó un acondicionador compatible con las nuevas celdas de carga que se instalarán en la estación uno y dos de grasas, el IND110 Mettler Toledo que se implementará se muestra en la figura 2.25.



Figura 2.25 Acondicionador de señal

Los datos técnicos del acondicionador se presentan en la tabla 2.3.

Alimentación	20 ... 28 V CC, consumo aprox. 8 W	
Conexión células carga	1 ... 4 células	(6 gamas de señal)
	Impedancia	87 ... 350 ohm
	Sensibilidad	1,5 ... 3 mV/V
	Resolución	4000d
	Tensión de red (EXC)	10 V CC
	Corriente de controlador	≤120 mA
	Tiempo de conversión de señal	50 ms
Salidas de valor límite	1 para el límite inferior y otra para el superior carga 5 ... 30 V CC, ≤0,06A corriente bajo carga	
Salida analógica	4 a 20 mA escalable, resist. de carga <500 ohm, resolución del convertidor D/A interno: 14 bits	
Cond. Ambientales	-10 a 45 °C, máx. 95% HR (sin condensación)	
Cond. Almacenaje	-20 a 70 °C, máx. 95% HR (sin condensación)	
Protección IP	IP20	

Tabla 2.3 Características de Acondicionador de señal IND110 Mettler Toledo [25]

2.2.2.2.4 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura que se instalará en el cuarto frío corresponde a un PT100 084Z8011 MBT5250, mostrado en la figura 2.26, el cual se conectará al módulo FX2N-8AD para monitorear la temperatura a la que se almacena el producto.

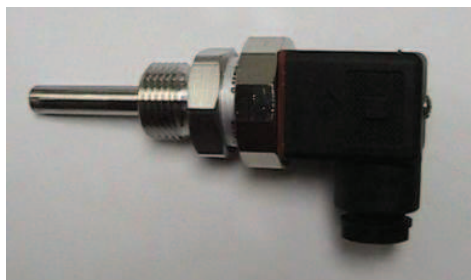


Figura 2.26 Pt100 del cuarto frio

Se instalarán tres sensores para controlar las temperaturas del equipo de cristalización (botator) para trabajar con la estación 2 de grasas. Los sensores se instalan según datos del fabricante, a la entrada del botator, en el tubo de transporte de cristalización a enfriamiento (transporte1) y a la salida del botator hacia la estación 2 de llenado.

En la figura 2.27 se muestra la ubicación de los sensores de temperatura en el botator.

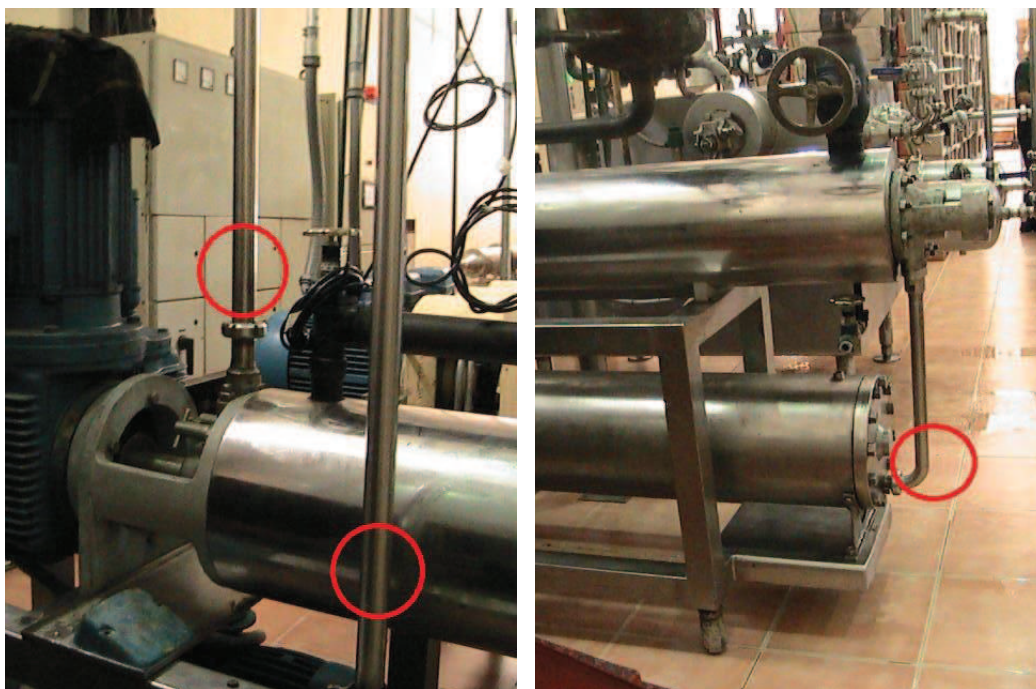


Figura 2.27 Ubicación de sensores en botator

2.2.2.2.5 Variador de velocidad

Con la habilitación de la estación dos, se incorpora una nueva bomba que alimenta producto al cristalizador botator, la bomba necesita un control de velocidad para realizar los diferentes productos. Se utiliza un VFD FR-F700-00340-NA, figura 2.28, el control se realiza por protocolo Modbus y los parámetros de velocidad se ingresan desde el HMI.



Figura 2.28 Inversor Mitsubishi F700 [26]

2.2.2.2.6 Electroválvulas

Para la implementación del control del sistema de agua caliente se cambian las válvulas manuales que permiten el paso de agua caliente hacia los serpentines de los tanques críticos del proceso que son los tanques de preparación, alimentación y acuosa, por electroválvulas, en la figura 2.29 se muestra el sistema de agua caliente y la disposición de las válvulas manuales que serán remplazadas.

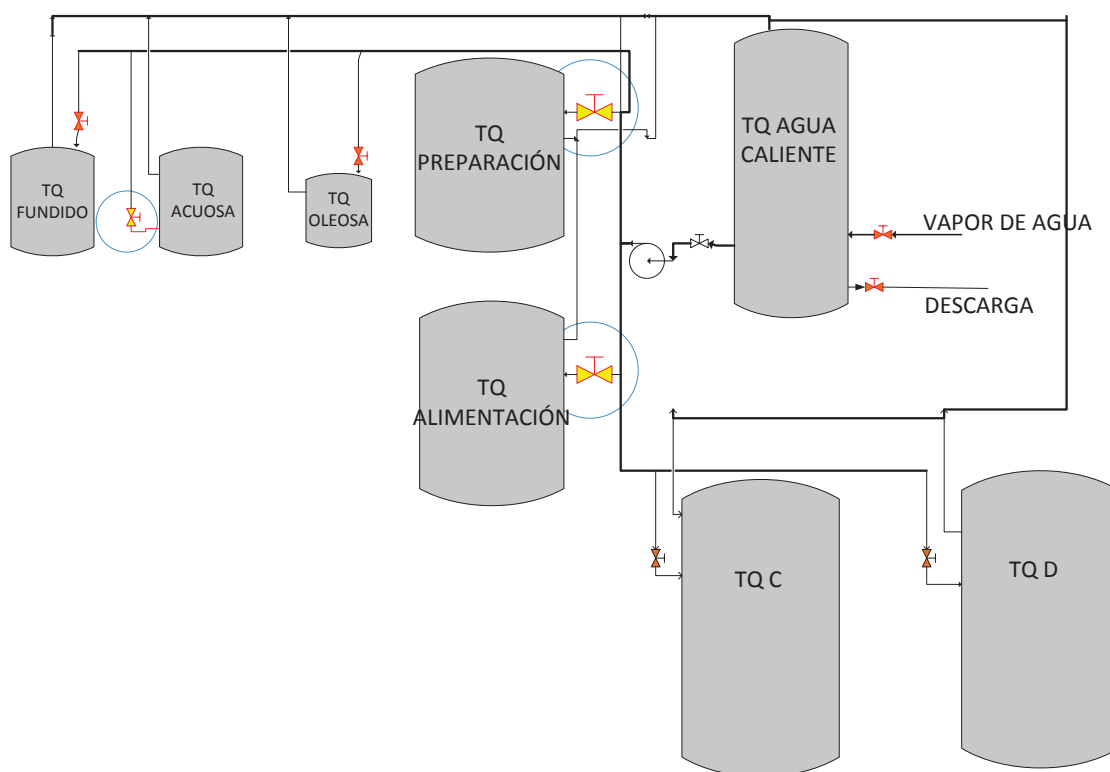


Figura 2.29 Diagrama P&ID del Sistema de Agua Caliente

2.2.2.2.7 Caudalímetro

Con la implementación de un filtro de agua para la elaboración de margarinas, es necesario incluir en el proceso un medidor de flujo, para dosificar la cantidad exacta de agua con la que se prepara las recetas.

En la figura 2.30 se muestra el caudalímetro marca GPI con el módulo de salida de señal condicionada incorporado que se implementará, en la tabla 2.4 se muestra sus características técnicas.

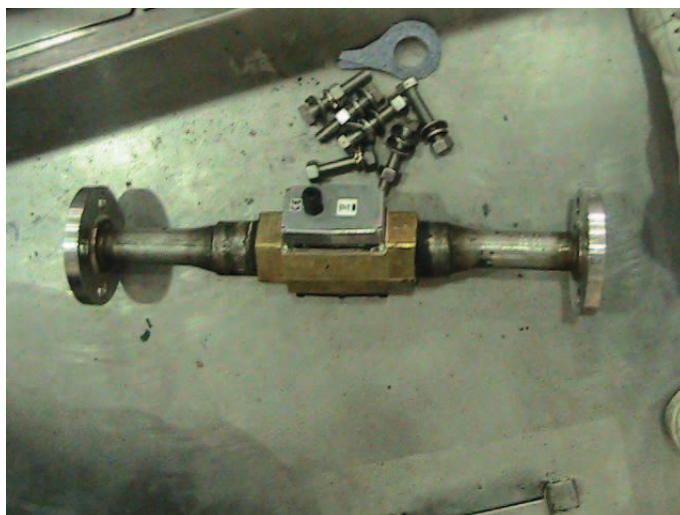


Figura 2.30 Caudalímetro GPI

ESPECIFICACIONES	
TIPO DE SEÑAL	Colector abierto (NPN)
ENERGÍA	Externa 9 hasta 35 VDC, aproximadamente 1mA
CONEXIÓN	Tres cables
FRECUENCIA	0 a 75 Hz

Tabla 2.4 Características de módulo de salida de señal condicionada de caudalímetro [27]

2.2.2.2.8 Otros equipos

El botator cuenta con electroválvulas que permiten el ingreso y salida de amoniaco y motores para la agitación y enfriamiento del producto, estos se activan y desactivan manualmente desde el tablero de control, los botones se muestran en la figura 2.31 y figura 2.32. Se procederá a enlazar las electroválvulas y motores con el PLC para control de los mismos desde el HMI.



Figura 2.31 Botoneras para control motores de botator



Figura 2.32 Botonera para Electroválvula Botator y motores tanque oleína

2.3 SOFTWARE

2.3.1 FRACCIONAMIENTO

2.3.1.1 Levantamiento de información

En la figura 2.33 se muestra la estructura general del programa de PLC que se ejecuta en el área de fraccionamiento.

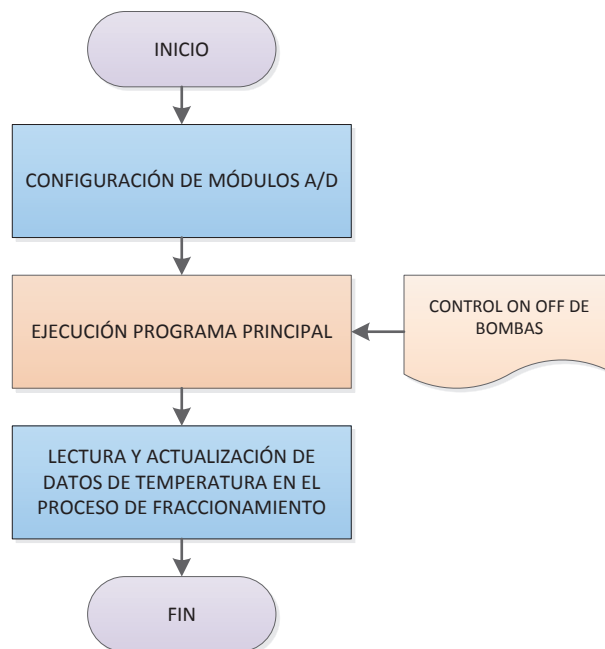


Figura 2.33 Instrucción general del proceso de fraccionamiento

2.3.1.2 Análisis de datos

2.3.1.2.1 Temperatura en el proceso de fraccionamiento

Se propone sustituir líneas de programa utilizando los siguientes comandos:

- FLT: Conversión de formato numérico (5 pasos)

- DEMUL: Multiplicación de registros en formato real (13 pasos)
- DEDIV: División de registros en formato real (13 pasos)

Además de ahorrar capacidad de memoria por el reducido número de instrucciones, se obtendrá valores reales de las temperaturas.

La curva que representa el comportamiento del aceite debe ser similar a la curva que obedece el agua.

2.3.1.2.2 Carga automática de aceite de palma al tanque 1082A

El cubillaje del tanque 1082A, junto con la densidad a la cual se encuentra el aceite de palma RBD (Refinado, Blanqueado y Desodorizado) a una determinada temperatura permitirán determinar el peso real del producto depositado. Por lo que se sustituirá las líneas de programa anteriores por las 3 instrucciones utilizadas para la corrección de la temperatura.

El valor ingresado desde la pantalla por el operador determinará el valor al cual debe ser llenado el tanque; este valor debe coincidir con la capacidad máxima del cristizador (2000 Kg). Luego que procede a la carga, al llegar al valor del registro ingresado el bombeo de aceite RBD, se detiene mediante la desactivación de la salida que comanda el contactor.

En el diagrama de flujo de la figura 2.34 se muestra el control implementado.

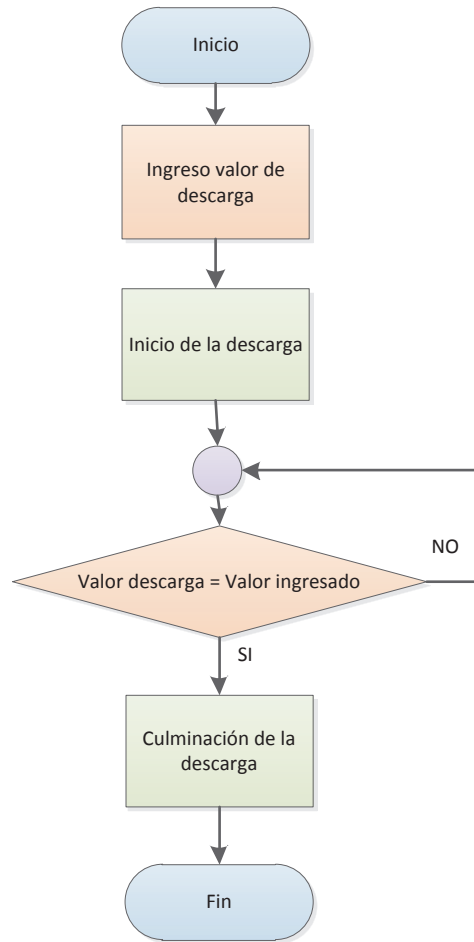


Figura 2.34 Instrucción del proceso de carga fraccionamiento

2.3.2 ENVASADO

2.3.2.1 Levantamiento de información

En la figura 2.35 se muestra la estructura general del programa que controla el proceso de envasado.

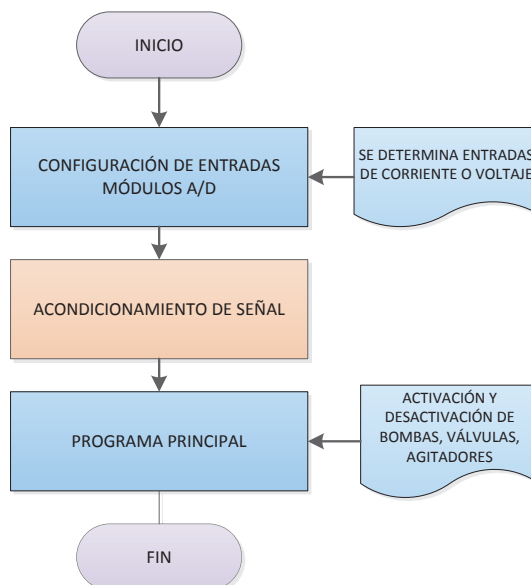


Figura 2.35 Instrucción general del proceso de envasado

En la figura 2.36 se muestra el proceso para llenado de mantecas, la electroválvula izquierda funciona alternadamente con electroválvula derecha.

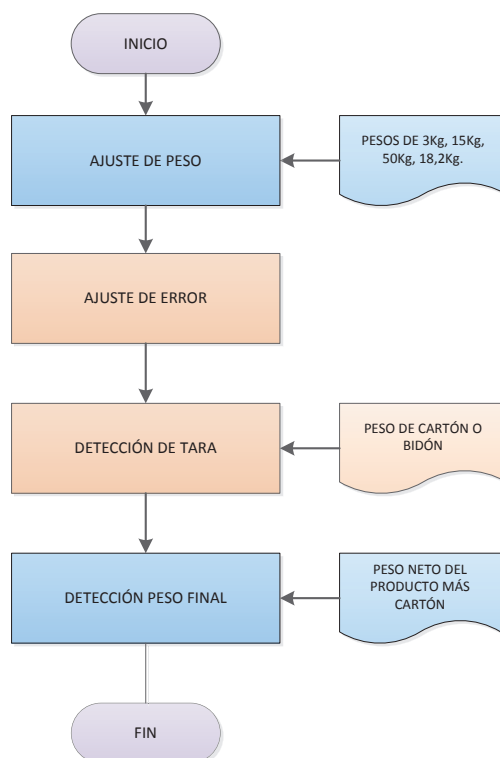


Figura 2.36 Proceso llenado de mantecas, margarinas y aceites

Para el calentamiento de los tanques de oleosa, acuosa, preparación, alimentación y fundido, el operador abre o cierra manualmente válvulas para el ingreso del agua en los serpentines o chaquetas y enciende y apaga la bomba de agua caliente cuando se deja de calentar los tanques. En la figura 2.37 se muestra el proceso para calentamiento de los tanques.

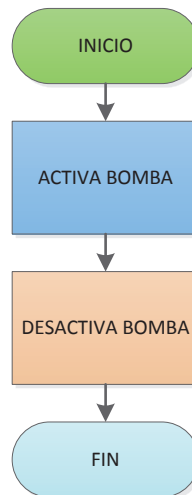


Figura 2.37 Control manual del sistema de agua caliente

Para la preparación de recetas, la descarga de materia prima para la elaboración de la mezcla se realiza manualmente activando y desactivando bombas y válvulas. El operador realiza las operaciones porcentuales que determinaran las cantidades necesarias de los ingredientes para la elaboración de un determinado producto, estas cantidades se ingresan una a la vez, en el diagrama de la figura 2.38 se muestra el sistema de control que se aplica.

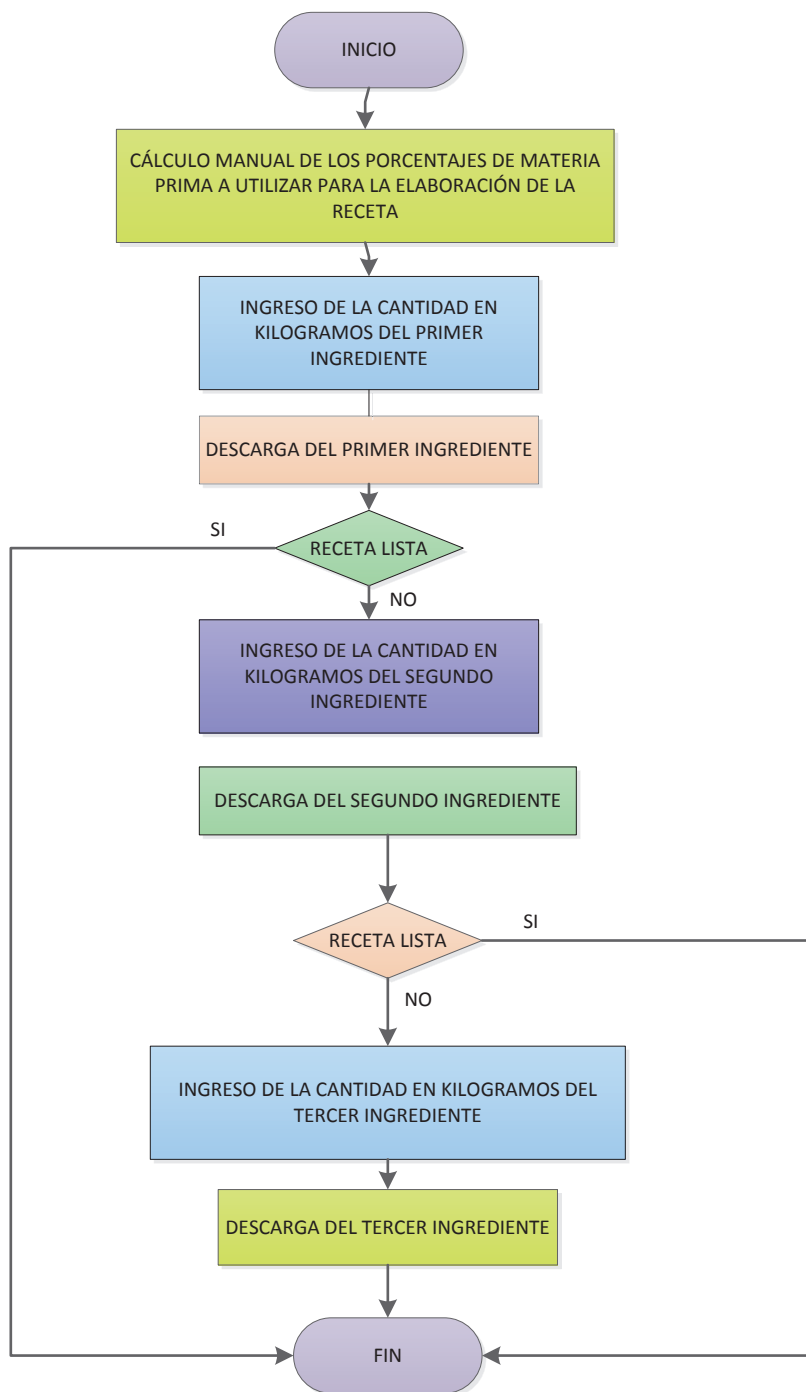


Figura 2.38 Antiguo procedimiento para elaborar mezcla

2.3.2.2 Análisis de datos

En la figura 2.39 se muestra los cambios de comandos que se realizará en el programa para el acondicionamiento de la señal.

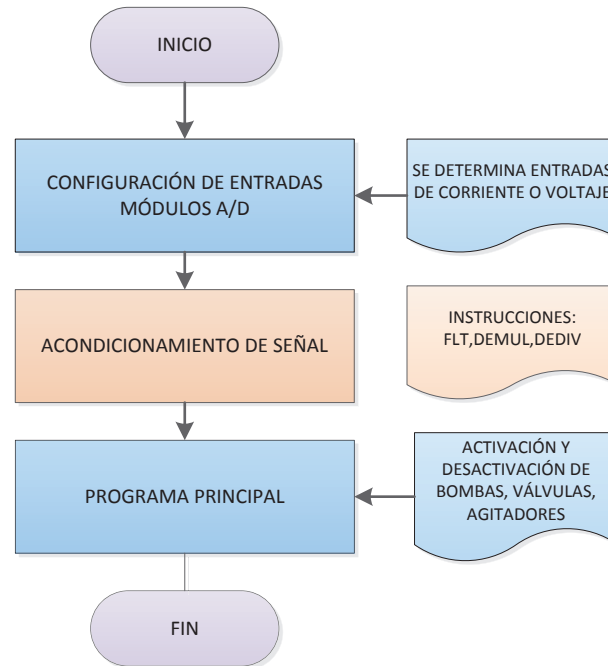


Figura 2.39 Cambio de comandos en proceso de envasado

Las instrucciones para el acondicionamiento de la señal serán remplazadas por FLT para convertir a valor real, DEMUL para multiplicar por la máxima capacidad del instrumento y DEDIV para dividir por la resolución del módulo a la que entra la señal, este remplazo de instrucciones disminuirá líneas de programa del PLC.

Para el proceso de llenado de aceites y grasas, el proceso general es el mismo, para mejoramiento de las variaciones en el peso final del producto terminado, las comparaciones con el peso neto, los ajustes de peso y errores se realizarán con valores enteros para disminuir la variabilidad, actualmente se realizaban con valores decimales.

2.3.2.2.1 Control de producción

Para control de producción se crearán registros que guarden la suma acumulada diaria de mantecas, margarinas, aceites, materia prima, producto no conforme, inventario inicial, inventario final, con estos datos se determina la eficiencia y la eficiencia de la meta diaria.

2.3.2.2.2 Recetas

Se implementará un programa que permita hacer la descarga automática de la receta por familia, descargando los componentes que conforman el producto terminado seleccionado como se muestra en la figura 2.40.

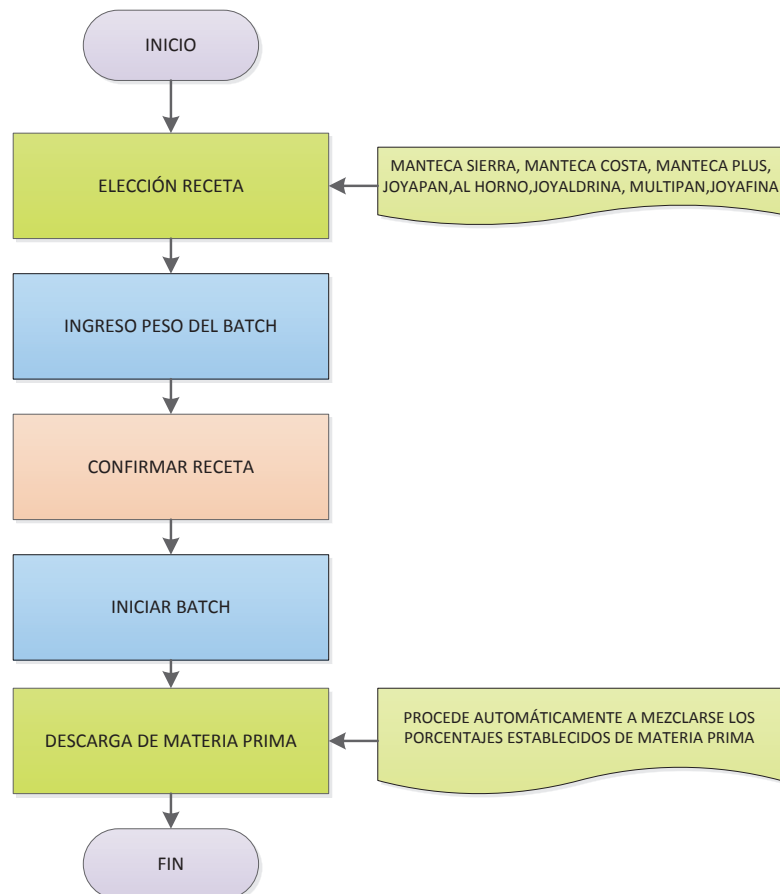


Figura 2.40 Diagrama de flujo de Recetas

2.3.2.2.3 Sistema agua caliente

En la figura 2.41 se muestra el diagrama de flujo del control que se implementará para el sistema de agua caliente de modo automático y manual.

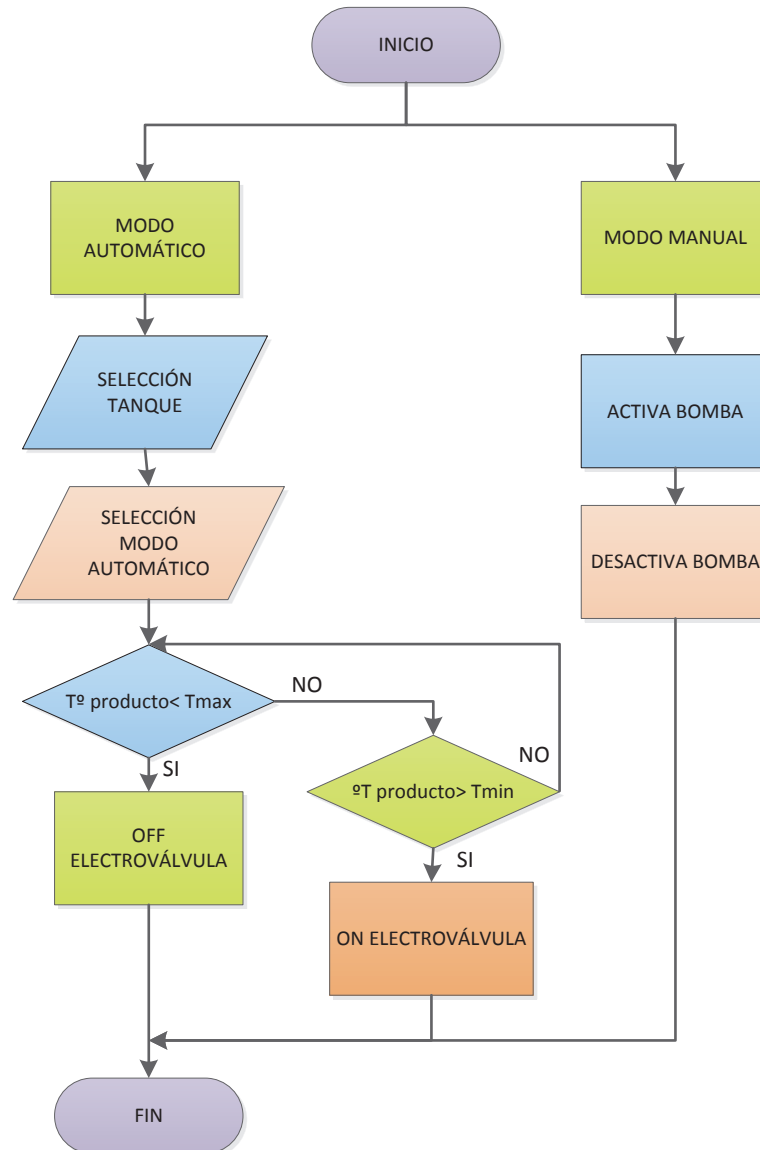


Figura 2.41 Control de sistema de agua caliente

2.3.2.2.4 Limpieza

Se crearán nuevas líneas de instrucción de programa que faciliten al operador la limpieza de las tuberías de grasa, la limpieza se realiza circulando agua caliente por las tuberías y alternando la activación de las válvulas. En la figura 2.42 se muestra el diagrama de flujo del programa.

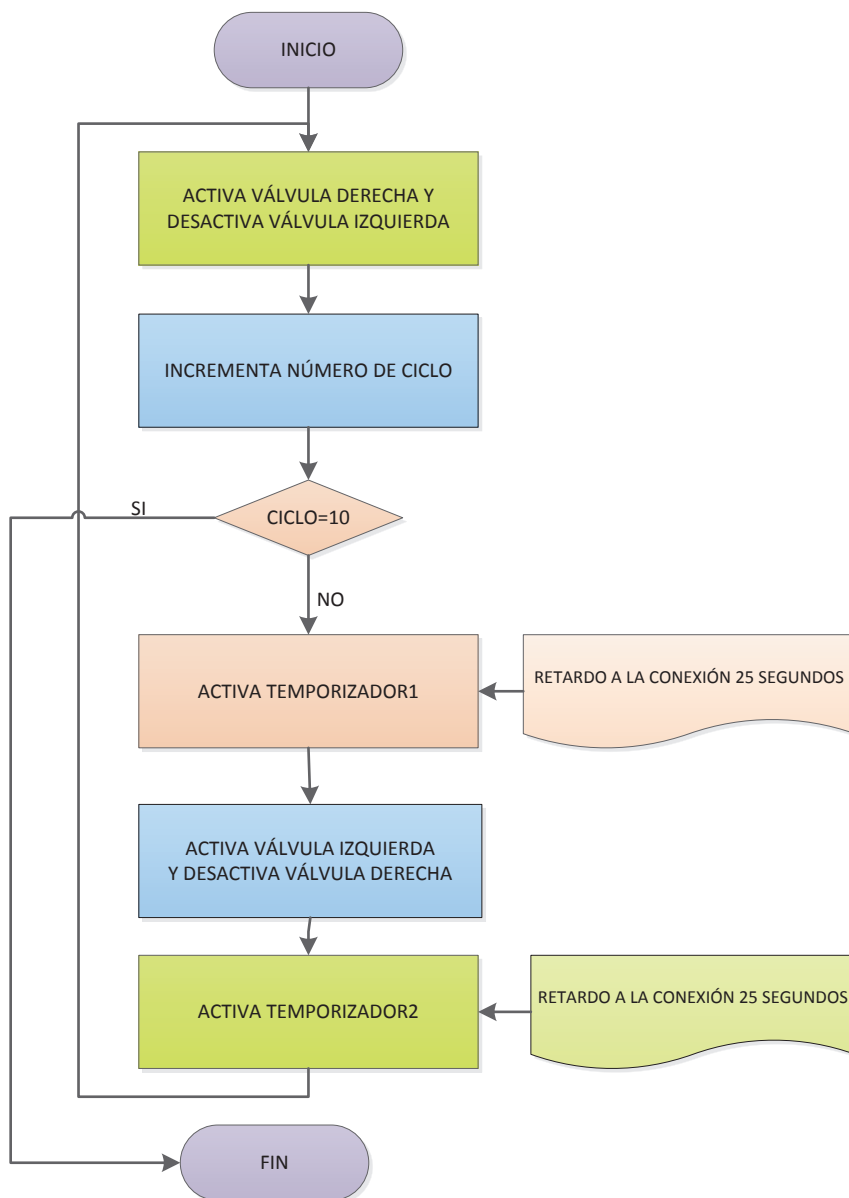


Figura 2.42 Control para limpieza de tuberías

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA

3.1 VARIABLES DEL PROCESO

3.1.1 HMI FRACCIONAMIENTO

Para el control local del proceso se diseñó e implementó las siguientes pantallas en el área de fraccionamiento.

En la figura 3.1 se presenta la Pantalla Principal que contiene las siguientes funciones:

- Switch para saltos a los diferentes procesos de fraccionamiento.
- Hora y Fecha.
- Botón de inicio y apagado general.
- Luz piloto que indica proceso activo de cristalización.



Figura 3.1 Principal HMI Fraccionamiento

Al presionar general de la pantalla principal se accede a la pantalla que se muestra en la figura 3.2 donde se realiza la activación de modo manual o automático o apagado general de las diferentes etapas del proceso de fraccionamiento.



Figura 3.2 General HMI Fraccionamiento

El inicio del proceso de fraccionamiento en el tanque 1082A, se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.3 donde se tiene las siguientes funciones:

- Control ON/OFF de bomba de llenado, de agitador y de válvula de descarga, del tanque 1082A.
- Visualización de cantidad en Kg. que se descarga a cristalizadores.
- Ingreso manual de peso en Kg. para carga automática de producto al tanque 1082A.



Figura 3.3 Carga HMI Fraccionamiento

La descarga del aceite de palma refinado y calentado hacia los cristalizadores A, B, C y D se controla desde las pantallas mostradas en las figuras 3.4, 3.5, 3.6, y 3.7 , las funciones que se realizan son:

- Control ON/OFF de bomba de agua, válvula de descarga, válvula de agua caliente, válvula de agua de torre, válvula agua de chiller, válvula de retorno agua de chiller, agitador y válvula de carga.
- Control de tiempos de apertura y cierre de válvula agua chiller y válvula agua de torre del cristalizador.
- Visualización de temperatura de agua.

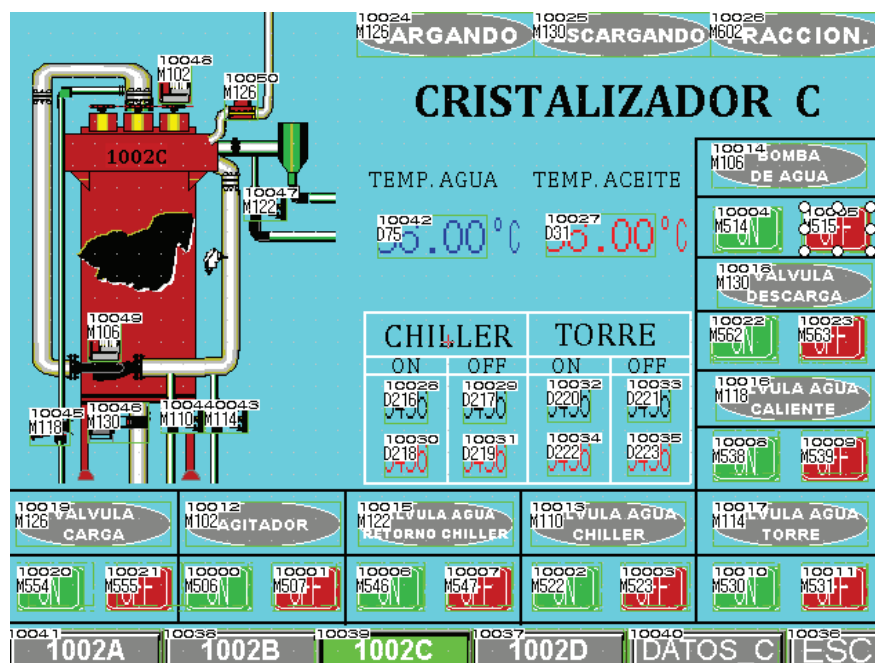


Figura 3.6 Cristalizador C HMI Fraccionamiento



Figura 3.7 Cristalizador D HMI Fraccionamiento

La tendencia de la temperatura del agua en el proceso de cristalización del aceite se muestra en las pantallas de las figuras 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11.

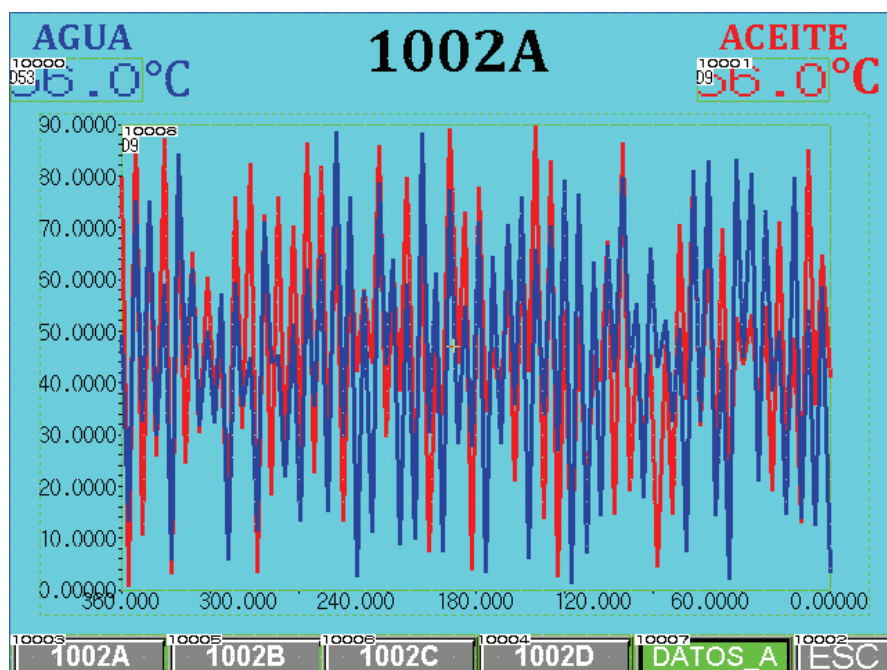


Figura 3.8 1002A HMI Fraccionamiento

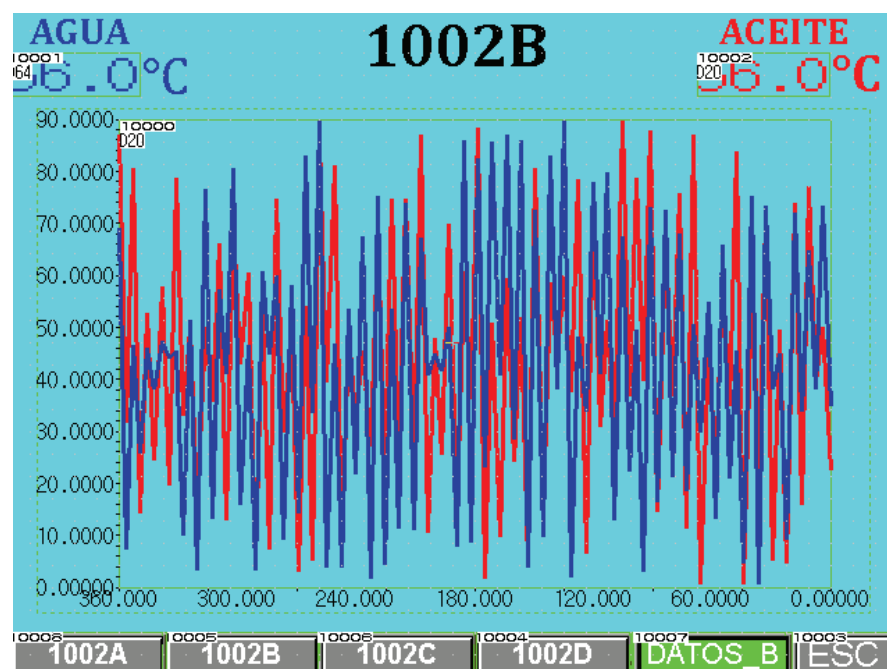


Figura 3.9 1002B HMI Fraccionamiento

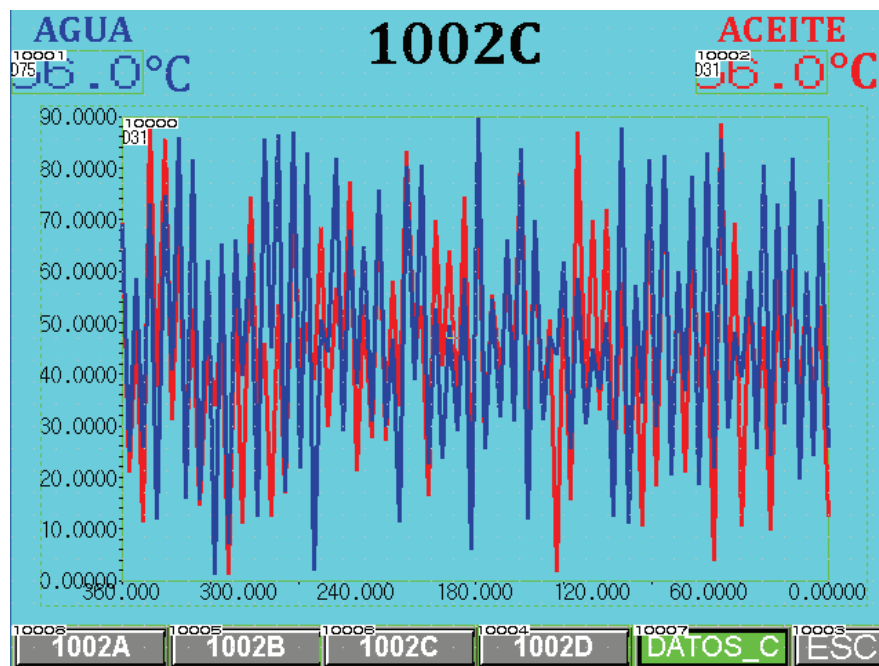


Figura 3.10 1002C HMI Fraccionamiento

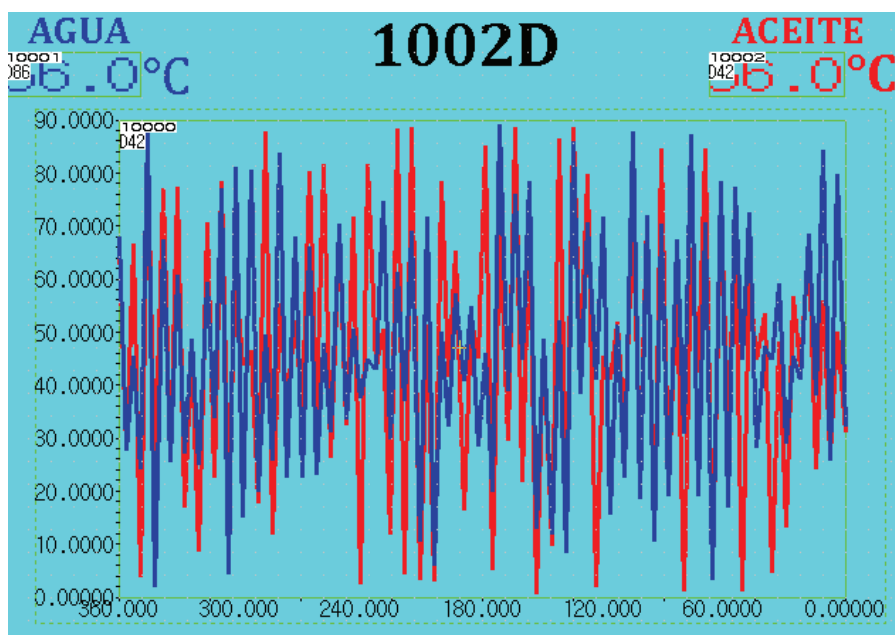


Figura 3.11 1002D HMI Fraccionamiento

La descarga del producto desde los cristalizadores hacia el tanque pulmón descarga se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.12, donde se tiene las funciones:

- Control ON/OFF de agitador de tanque pulmón.
- Visualización de temperatura del aceite en el paso al filtro tambor.



Figura 3.12 Pulmón Descarga HMI Fraccionamiento

El proceso de fraccionamiento del aceite en fase sólida y líquida se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.13 donde se realiza:

- Control ON/OFF de tambor y agitador del filtro tambor



Figura 3.13 Filtro Tambor HMI Fraccionamiento

El almacenamiento de la oleína y estearina obtenida desde del filtro se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.14.

- Control ON/OFF de bomba y agitador de tanque de estearina.
- Control ON/OFF de bomba en tanque de oleína.



Figura 3.14 Almacén HMI Fraccionamiento

La tendencia de la temperatura del aceite durante la descarga de los cristalizadores hacia el filtro tambor se muestra en la figura 3.15.

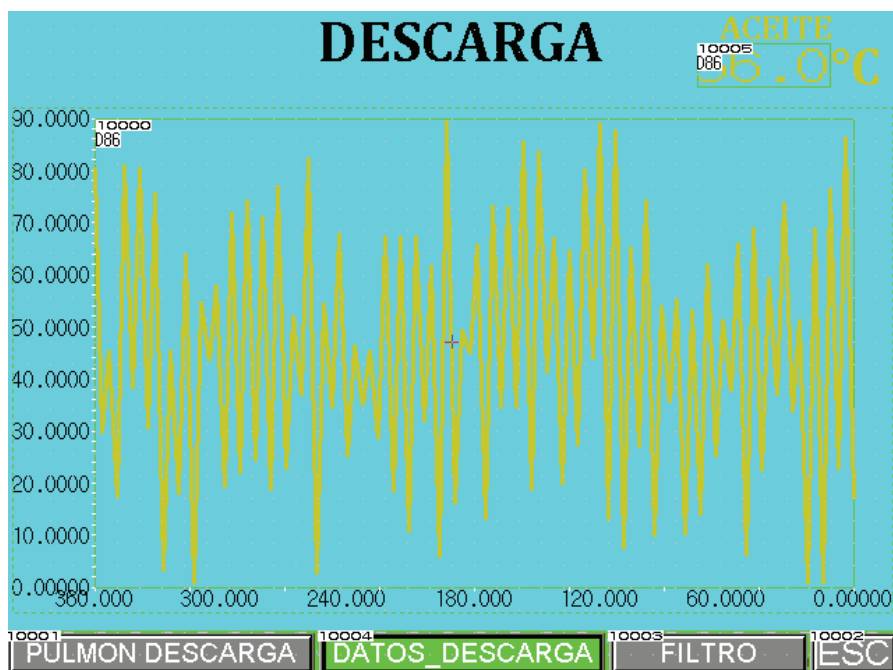


Figura 3.15 Datos Descarga HMI Fraccionamiento

3.1.2 HMI ENVASADO

Para el control local del proceso de elaboración y envasado de productos grasos terminados se diseñó e implementó las siguientes pantallas.

En la figura 3.16 se muestra la Pantalla Principal donde se realiza las siguientes funciones:

- Saltos a los diferentes procesos de envasado.
- Visualización Hora y Fecha.
- Botón para limpieza de tuberías.



Figura 3.16 Principal HMI Envasado

El proceso inicial de descarga de materia prima en envasado se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.17 donde se realiza las siguientes funciones:

- Control ON/OFF de bombas y válvulas de los tanques de RBD, Estearina, Soya y Oleína hacia tanque Mezcla.
- Encendido y apagado de la recirculación de dos tanques, donde se almacena materia prima.
- Visualización de cantidad de producto usado durante la jornada.

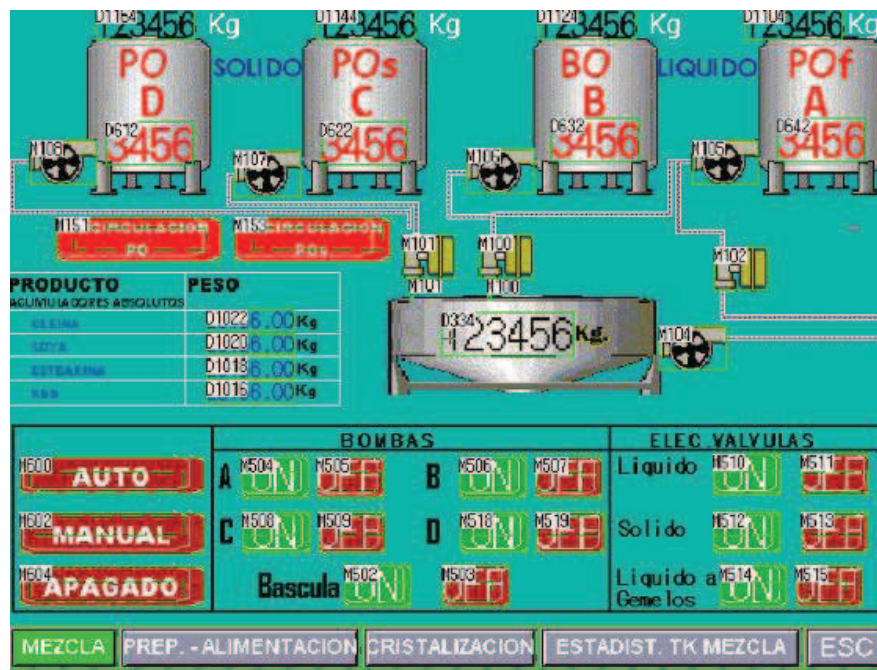


Figura 3.17 Mezcla HMI Envasado

El proceso de preparación de mantecas y margarinas se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.18, donde se realiza las siguientes funciones:

- Control ON/OFF de bombas y agitadores de los tanques de: preparación, alimentación, fundido, oleosa y acuosa.
- Control de velocidad de agitador del tanque de preparación y alimentación y de bomba de alimentación al perfector.

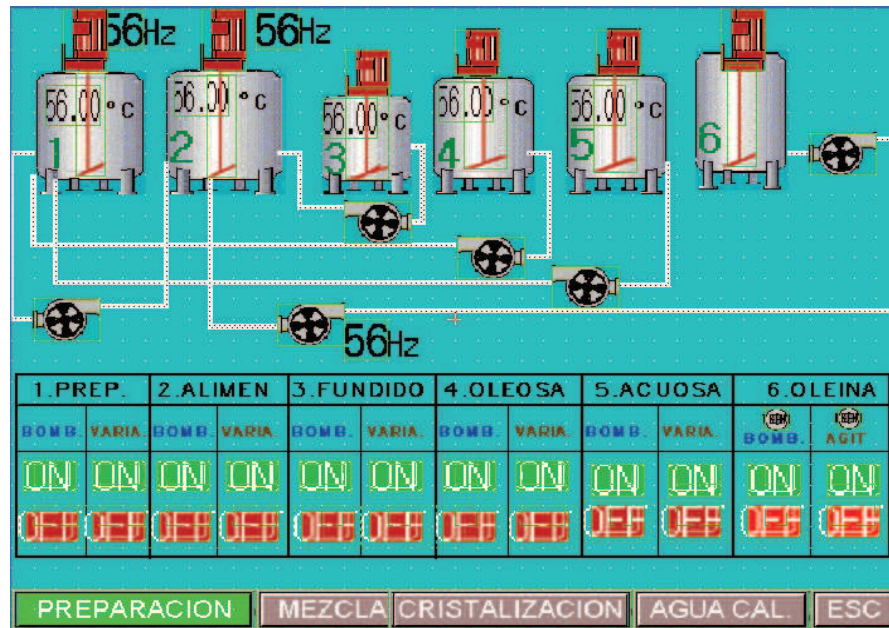


Figura 3.18 Preparación HMI Envasado

La cristalización del producto para definir la textura de las grasas se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.19, donde se tiene:

- Control ON/OFF de motores del cristalizador y pin machine, de electroválvulas para el paso de amoniaco al perfector.
- Visualización de la temperatura del producto en diferentes fases en el perfector.

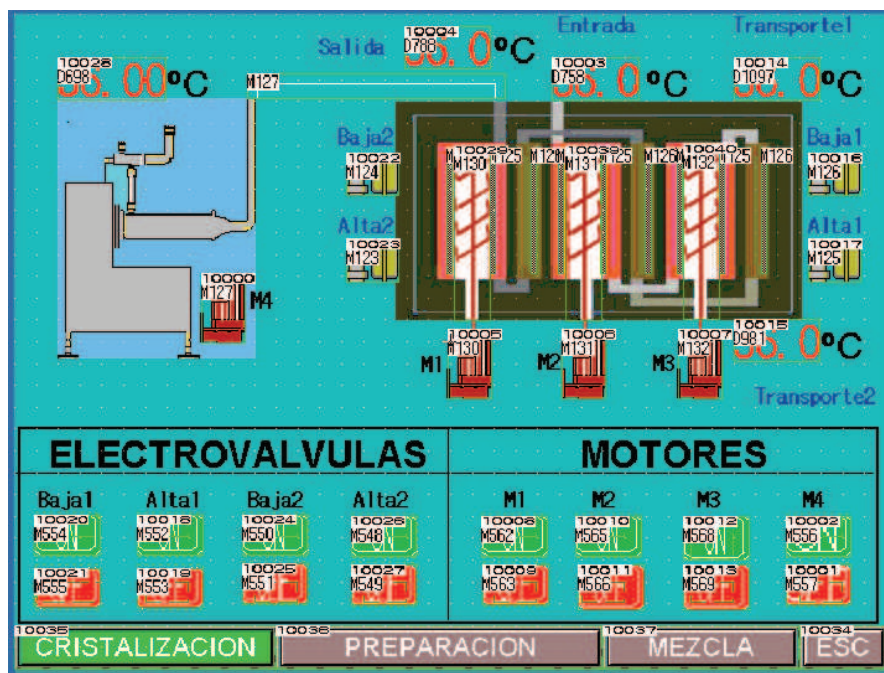


Figura 3.19 Cristalización HMI Envasado

La pantalla mostrada en la figura 3.20 contiene la lista de los productos que fabrican, y en esta se ingresan los códigos del producto a envasar en la estación 1, estación 2 de grasas o en la estación 1 aceite.

INGRESE CODIGO DE PRODUCTO A FABRICAR

COD.	FAMILIA	COMP.	PES U.	PRES.	EMP. IMPR.	COD.	FAMILIA	COMP.	PES U.	PRES.	EMP. IMPR.
1	Manteca	COSTA	3 Kg.	Caja	Jaba C/Impr.	18	Joyapan	NA	50 Kg.	Bloque	C/U C/Impr.
2	Manteca	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U C/Impr.	19	Joyapan	COSTA PL	15 Kg.	Caja	C/U C/Impr.
3	Manteca	COSTA	50 Kg.	Bloque	C/U C/Impr.	20	Joyapan	SIERRA/S	15 Kg.	Caja	C/U C/Impr.
4	Manteca	COSTA	3 Kg.	Balde	Caja C/Impr.	21	Joyapan	SIERRA/S	50 Kg.	Bloque	C/U C/Impr.
5	Manteca	COSTA	3 Kg.	Caja	Jaba S/Impr.	22	Marg. horno	NA	3 Kg.	Caja	Jaba C/Impr.
6	Manteca	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U S/Impr.	23	Marg. horno	NA	15 Kg.	Caja	C/U C/Impr.
7	Manteca	COSTA	50 Kg.	Bloque	C/U S/Impr.	24	Marg. horno	NA	50 Kg.	Bloque	C/U C/Impr.
8	Manteca	SIERRA	3 Kg.	Caja	Jaba C/Impr.	25	Marg. horno	NA	30 Kg.	Bloque	C/U C/Impr.
9	Manteca	SIERRA	15 Kg.	Caja	C/U C/Impr.	26	Marg. horno	NA	15 Kg.	Caja	C/U S/Impr.
10	Manteca	SIERRA	50 Kg.	Bloque	C/U C/Impr.	27	Multipan	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U S/Impr.
11	Manteca	SIERRA	3 Kg.	Balde	Caja C/Impr.	28	Joyaldrina	NA	3 Kg.	Caja	Jaba C/Impr.
12	Manteca	SIERRA	3 Kg.	Caja	Jaba S/Impr.	29	Joyaldrina	NA	15 Kg.	Caja	C/U C/Impr.
13	Manteca	SIERRA	15 Kg.	Caja	C/U S/Impr.	30	Joyaldrina	NA	15 Kg.	Caja	C/U S/Impr.
14	Manteca	SIERRA	50 Kg.	Bloque	C/U S/Impr.	31	Joyafina	SIERRA	3 Kg.	Balde	Caja C/Impr.
15	Manteca	COSTA PL	15 Kg.	Caja	C/U C/Impr.	32	Aceite	NA	18 Kg.	Canecas	C/U C/Impr.
16	Manteca	COSTA PL	50 Kg.	Bloque	C/U C/Impr.	33	Aceite	NA	18 Kg.	Canecas	C/U S/Impr.
17	Joyapan	NA	15 Kg.	Caja	C/U C/Impr.						

10000 D952 18000

56

GRASA1

1000410001

GRASA SOLIDA 1

10008 D952 18000

56

GRASA2

1000210003

GRASA SOLIDA 2

10005 D962 18000

56

ACEITE

1000210003

ACEITE ESC

Figura 3.20 Código Producto HMI Envasado

Para el envasado del producto se ingresan los datos en las pantallas mostradas en las figuras 3.21, 3.22 y 3.23, las funciones que se realizan son:

- Encendido de sistema de pesaje.
- Botón Tara para registro de peso del cartón.
- Ajuste de %, Peso y Error para control del peso final.
- Visualización de Peso Neto, Peso Grueso y número de cajas producidas.
- Botón Reset del número de cajas.

ESTACION 1		TARA	APAGADO
AJUSTE %	6.00	BASCULA IZQ.	BASCULA DER.
AJUSTE PESO		56 Kg	56 Kg
AJUSTE ERROR		56.00 Kg	56.00 Kg
NETO		56.0 Kg	56.0 Kg
GRUESO		56.0 Kg	56.0 Kg
# TOTAL CAJAS:	123456		
# CAJAS:	3456		# CAJAS: 3456 
	RESET		RESET
GRASA S1	GRASA S2	ACEITE 1	ACEITE 2
ESTADISTICA GRASAS		ESC	

Figura 3.21 Grasas 1 HMI Envasado

ESTACION 2 TARA APAGADO

AJUSTE % 56.00	BASCULA IZQ.	BASCULA DER.
AJUSTE PESO	56 Kg	56 Kg
AJUSTE ERROR	56.00 Kg	56.00 Kg
NETO	56.0 Kg	56.0 Kg
GRUESO	56.0 Kg	56.0 Kg
# TOTAL CAJAS:	123456	

CAJAS: 3456 # CAJAS: 3456

RESET RESET

GRASA S1 GRASA S2 ACEITE 1 ACEITE 2 ESTADISTICA GRASAS ESC

Figura 3.22 Grasas 2 HMI Envasado

ACEITE TARA APAGADO

AJUSTE % 6.00	BASCULA IZQ.	BASCULA DER.
AJUSTE PESO	56 Kg	56 Kg
AJUSTE ERROR	56.00 Kg	56.00 Kg
NETO	56.0 Kg	56.0 Kg
GRUESO	56.0 Kg	56.0 Kg
TOTAL CANECAS	123456	

CANECAS: 3456 # CANECAS: 3456

RESET RESET

GRASA S1 GRASA S2 ACEITE 1 ACEITE 2 ESTADISTICA ACEITE ESC

Figura 3.23 Aceite 1 HMI Envasado

En la pantalla mostrada en la figura 3.24 se registra la cantidad de botellas y fundas llenadas, para el registro de los datos se debe activar el botón de inicio.



Figura 3.24 Aceite 2 HMI Envasado

En la pantalla mostrada en la figura 3.25 se activan los botones de modo manual o automático para cada proceso en el área de envasado.

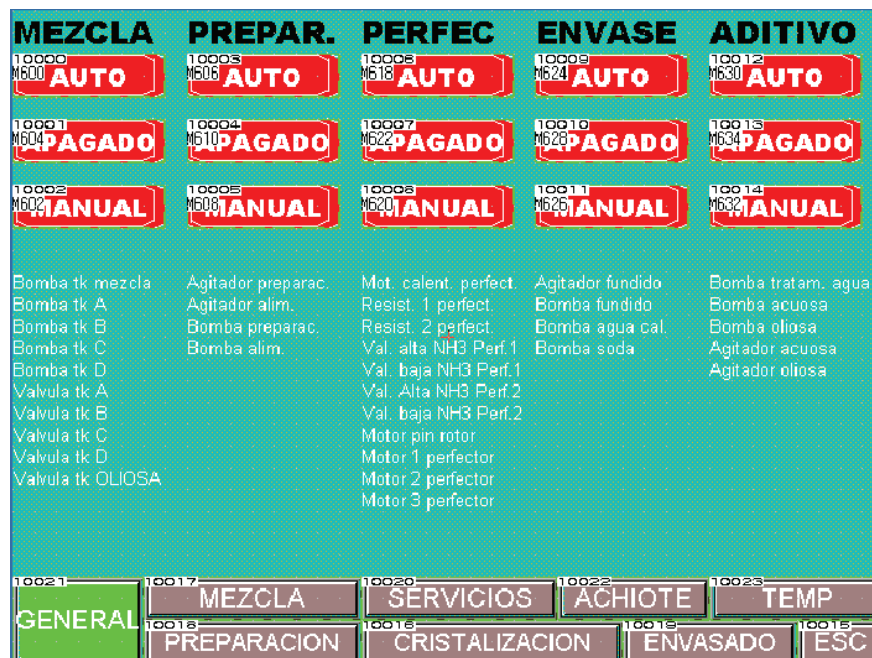


Figura 3.25 General HMI Envasado

En las pantallas mostradas en las figuras 3.26 y 3.27 se muestra la cantidad en kilogramos acumulada a lo largo del día del producto total envasado y la cantidad en kilogramos del producto por cada código diferente.

ESTADISTICA GRASAS

IZQUIERDA ESTACION 1		DERECHA ESTACION 1	
ACUMULADO X PRODUCTO: Kg.	10003 D3327 23456	ACUMULADO X PRODUCTO: Kg.	10000 D3988 23456
PESO ACUMULADO : Kg.	10003 D336 123456	PESO ACUMULADO : Kg.	10001 D400 123456

IZQUIERDA ESTACION 2		DERECHA ESTACION 2	
ACUMULADO X PRODUCTO: Kg.	10003 D434 23456	ACUMULADO X PRODUCTO: Kg.	10004 D954 23456
PESO ACUMULADO : Kg.	10007 D438 123456	PESO ACUMULADO : Kg.	10005 D958 123456

ACUMULADO TOTAL DE GRASAS : 10011
D970 123456 Kg.

10003 GRASAS
10003 ESTADISTICA GRASAS
10012 ESTADISTICA ACEITE
10013 ESTADISTICA MEZCLA
10014 INVENTARIO
0010 ESC

Figura 3.26 Estadística Grasas HMI Envasado

ESTADISTICA ACEITE

IZQUIERDA		DERECHA	
ACUMULADO X PRODUCTO: Kg.	10003 D8827 23456	ACUMULADO X PRODUCTO: Kg.	10000 D9800 23456
PESO ACUMULADO : Kg.	10003 D886 123456	PESO ACUMULADO : Kg.	10001 D984 123456

ACUMULADO TOTAL DE ACEITE : 10004
D936 123456 Kg.

10003 ACEITE
10003 ESTADISTICA GRASAS
0003 ESTADISTICA ACEITE
10003 ESTADISTICA MEZCLA
10010 INVENTARIO
0007 ESC

Figura 3.27 Estadística Aceite HMI Envasado

En la pantalla mostrada en la figura 3.28 se observa los valores en kilogramos de la materia prima que ingresa al área de envasado, el total de acuosa utilizada para elaboración de margarinas, el peso del producto no conforme y el valor total de la materia prima.

ESTADISTICA TANQUE MEZCLA		
PRODUCTO	PESO	
OLEINA	123456	Kg
SOYA	123456	Kg
ESTEARINA	123456	Kg
RBD	123456	Kg
TOTAL ACUOSA	123456	Kg
PRODUCTO NO CONFORME (PEO TOTAL)	123456	Kg
ACUMULADO TOTAL MATERIA PRIMA :	123456	Kg

Figura 3.28 Estadística Tanque Mezcla HMI Envasado

La pantalla mostrada en la figura 3.29 contiene la lista de los productos que se fabrican en la empresa con la cantidad en kilogramos de cada uno de los productos que se van fabricando durante el día y el número de cajas o canecas respectivas.

PESO DE PRODUCTOS POR CÓDIGOS										
COD.	COD.	FAMILIA	COMP.	PESO	U.	PRES.	EMPAQUE	IMPR.	PESO TOTAL	#CAJAS
1	12004	Manteca	COSTA	3 Kg.	Caja	faba	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
2	12005	Manteca	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
3	12007	Manteca	COSTA	50 Kg.	Bloque	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
4	12016	Manteca	COSTA	3 Kg.	Balde	Caja 68l	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
5	12013	Manteca	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U	S/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
6	12009	Manteca	SIERRA	3 Kg.	Caja	faba	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
7	12010	Manteca	SIERRA	15 Kg.	Caja	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
8	12012	Manteca	SIERRA	50 Kg.	Bloque	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
9	12014	Manteca	COSTA PLUS	15 Kg.	Caja	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
10	13009	Joyapan		15 Kg.	Caja	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
11	13010	Joyapan		50 Kg.	Bloque	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
12	13014	Joyapan	COSTA PLUS	15 Kg.	Caja	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
13	13002	Marg. horno		15 Kg.	Caja	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
14	13004	Marg. horno		50 Kg.	Bloque	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
15	13017	Joyaldrina		15 Kg.	Caja	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
16	13021	Joyaldrina		3 Kg.	Balde	Caja 68l	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
17	11001	Aceite		18,2 Kg.	Canecas	C/U	C/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456
18	11011	Aceite		18,2 Kg.	Canecas	C/U	S/Impr.	C/Impr.	23456 kg	23456

PRODUCTO FABRICADO

PRODUCTO (1-18)

PRODUCTO (19-22)

ESC

Figura 3.29 Peso Producto por Código HMI Envasado

En la pantalla mostrada en la figura 3.30 se tiene la lista de los productos cuyos pesos finales no son controlados por el PLC, se tiene un registro de ingreso para estos productos o para corrección de los 22 productos de la lista en caso de error en el conteo.

INGRESE CODIGO DE PRODUCTO YA FABRICADO

COD.	COD.	FAMILIA	COMP	PESO	U.	PRES.	EMPAQUE	IMPR.	PESO TOTAL	#CAJAS	#UNIDADES
19	11004	Aceite		1000 ml.	Furca	Caja 12 FD	C. Impr.	0314	456.00 kg	4504	01178156
20	11005	Aceite		900 ml.	Botella	Caja 13 Bt.	C. Impr.	0316	456.00 kg	0864	01174156
21	11007	Aceite		900 ml.	Botella	Pack 60t	C. Impr.	0320	456.00 kg	0890	01182156
22	11005	Oleina		200 Kg.	Tanque		S. Impr.	0326	456.00 kg		01184156

BOTELLAS	1	2	3	4	5	6	7
KILOS	0,819	1,638	2,457	3,276	4,095	4,914	5,733

COD. PROD

56

CANTIDAD (Kg.)

3456.00

CONFIRMAR

PRODUCTO FABRICADO

PRODUCTO (1-18)

ESC

Figura 3.30 Producto Fabricado HMI Envasado

La figura 3.31 muestra la pantalla del sistema Andon, que consiste en observar en línea el desarrollo de la producción. Por lo tanto indica:

- En tiempo real el acumulado de materia prima, el total del producto terminado, la materia prima en proceso.
- La eficiencia en base a la comparación entre el producto terminado y la materia prima.
- El progreso en porcentaje de la meta diaria y la meta alcanzada al finalizar el día con respecto al estándar fijado.



Figura 3.31 Resumen Producción HMI Envasado

La pantalla mostrada en la figura 3.32 contiene la lista de recetas que se preparan en envasado, el operador elige la receta a preparar.



Figura 3.32 Recetas HMI Envasado

En las pantallas de recetas mostradas en las figuras 3.33 a la 3.40 se realiza las siguientes funciones:

- Ingreso del Batch en Kilogramos.
- Ingreso de los porcentajes de productos según la receta.
- Confirmación mediante la activación de un bit que carga los valores requeridos para la receta.
- Botón de Inicio Batch para descarga automática de materia prima establecida en el tanque mezcla.

MANTECA SIERRA N900 CONFIRMAR RECETA

PESO BATCH M198 3456

INGREDIENTES	%	PESO, kg	NIVEL
PRODUCTO 1	M200 456	M12 3456	M334 +
PRODUCTO 2	456	3456	
PRODUCTO 3	+ 456	3456	
PRODUCTO 4	M202 456	M332 3456	M334 +
PRODUCTO 5	456	3456	
PRODUCTO 6	456	3456	

M750 INICIAR BATCH

F_SIERRA F_COSTA F_COSTA_P JOYAPAN AL_HORNO JOYALDRINA MULTIPAN JOYAFINA
SERVICIOS MEZCLA RECETAS PREPARACION ESC

Figura 3.33 Receta Sierra HMI Envasado

MANTECA COSTA N901 COSTA CONFIRMAR RECETA N902 COSTA CALI CONFIRMAR RECETA

PESO BATCH M198 3456

INGREDIENTES	% COSTA	% COSTA CALI	PESO, kg	NIVEL
PRODUCTO 1	M208 456	M208 456	M12 3456	M334 +
PRODUCTO 2	M208 456	M210 456	M222 3456	M334 +
PRODUCTO 3	- 456	456	3456	
PRODUCTO 4	456	456	3456	
PRODUCTO 5	456	456	3456	
PRODUCTO 6	456	456	3456	

M753 COSTA INICIAR BATCH M756 COSTA CALI INICIAR BATCH

F_SIERRA F_COSTA F_COSTA_P JOYAPAN AL_HORNO JOYALDRINA MULTIPAN JOYAFINA
SERVICIOS MEZCLA RECETAS PREPARACION ESC

Figura 3.34 Receta Costa HMI Envasado

MANTECA COSTA PLUS		M903 CONFIRMAR RECETA	
PESO BATCH		M1193 3456	
INGREDIENTES	%	PESO, kg	NIVEL
PRODUCTO 1	456	3456	
PRODUCTO 2	M1212 456	M622 3456	M334 +
PRODUCTO 3	+ 456	3456	
PRODUCTO 4	456	3456	
PRODUCTO 5	456	3456	
PRODUCTO 6	456	3456	
M759 INICIAR BATCH			
F_SIERRA	F_COSTA	F_COSTA_P	JOYAPAN
SERVICIOS	MEZCLA	RECETAS	PREPARACION
AL_HORNO	JOYALDRINA	MULTIPAN	JOYAFINA
ESC			

Figura 3.35 Receta Costa HMI Envasado

JOYAPAN		M904 JOYAPAN CONFIRMAR RECETA		M905 JOYAPAN PLUS CONFIRMAR RECETA	
PESO BATCH		M1193 3456			
INGREDIENTES	% JOYAPAN	% JOYAPAN PLUS	PESO, kg	NIVEL	
PRODUCTO 1	M1214 456	M612 456	3456	M334 +	
PRODUCTO 2	M1216 456	M1224 456	3456	M334 +	
PRODUCTO 3	- 456	456	3456		
PRODUCTO 4	M1218 456	456	3456	M334 +	
PRODUCTO 5	M1220 456	M1226 456	456		
PRODUCTO 6	456	M1228 456	3456		
M761 JOYAPAN INICIAR BATCH			M765 JOYAPAN PLUS INICIAR BATCH		
F_SIERRA	F_COSTA	F_COSTA_P	JOYAPAN	AL_HORNO	JOYALDRINA
SERVICIOS	MEZCLA	RECETAS	PREPARACION	ESC	
MULTIPAN		JOYAFINA			

Figura 3.36 Receta Joyapan HMI Envasado

MARGARINA AL HORNO 01906 CONFIRMAR RECETA

PESO BATCH 01198 3456

INGREDIENTES	%	PESO, kg	NIVEL
PRODUCTO 1	01241 456	0512 3456	0334 +
PRODUCTO 2	01242 456	0522 3456	0334 +
PRODUCTO 3	+ 456	3456	
PRODUCTO 4	01234 456	0532 3456	0334 +
PRODUCTO 5	01235 456	01233 456	
PRODUCTO 6	456	3456	

01731 INICIAR BATCH

F_SIERRA F_COSTA F_COSTA_P JOYAPAN **AL_HORNO** JOYALDRINA MULTIPAN JOYAFINA
 SERVICIOS MEZCLA RECETAS PREPARACION ESC

Figura 3.37 Receta Margarina al Horno HMI Envasado

JOYALDRINA 01907 CONFIRMAR RECETA

PESO BATCH 01198 3456

INGREDIENTES	%	PESO, kg	NIVEL
PRODUCTO 1	456	3456	
PRODUCTO 2	01241 456	0522 3456	0334 +
PRODUCTO 3	+ 456	3456	
PRODUCTO 4	456	3456	
PRODUCTO 5	01243 456	01244 456	
PRODUCTO 6	456	3456	

01731 INICIAR BATCH

F_SIERRA F_COSTA F_COSTA_P JOYAPAN **AL_HORNO** **JOYALDRINA** MULTIPAN JOYAFINA
 SERVICIOS MEZCLA RECETAS PREPARACION ESC

Figura 3.38 Receta Joyaldrina HMI Envasado

MULTIPAN				M908 CONFIRMAR RECETA
PESO BATCH		01199 3456		
INGREDIENTES	%	PESO, kg	NIVEL	
PRODUCTO 1	01248 456	0512 3456	0334	+
PRODUCTO 2	01248 456	0522 3456	0334	+
PRODUCTO 3	+	456		
PRODUCTO 4	01250 456	0532 3456	0334	+
PRODUCTO 5	01252 456	01254 456		
PRODUCTO 6	456	3456		
7777 INICIAR BATCH				
F_SIERRA	F_COSTA	F_COSTA_P	JOYAPAN	AL_HORNO
SERVICIOS		MEZCLA	RECETAS	PREPARACION
			MULTIPAN	JOYAFINA

Figura 3.39 Receta Multipan HMI Envasado

JOYAFINA				M909 CONFIRMAR RECETA
PESO BATCH		01199 3456		
INGREDIENTES	%	PESO, kg	NIVEL	
PRODUCTO 1	01248 3456	0512 3456	0334	+
PRODUCTO 2	01248 3456	0522 3456	0334	+
PRODUCTO 3	+	3456		
PRODUCTO 4	01250 3456	0532 3456	0334	+
PRODUCTO 5	01252 3456	01254 3456		
PRODUCTO 6	3456	3456		
7777 INICIAR BATCH				
F_SIERRA	F_COSTA	F_COSTA_P	JOYAPAN	AL_HORNO
SERVICIOS		MEZCLA	RECETAS	PREPARACION
			MULTIPAN	JOYAFINA

Figura 3.40 Receta Joyafina HMI Envasado

El sistema de agua caliente representado en la pantalla de la figura 3.41 realiza las siguientes funciones:

- Selección del tanque a calentar.
- Selección del modo manual (ON_OFF) o modo automático (encendido al alcanzar la temperatura mínima y apagado al alcanzar la temperatura máxima).
- Ingreso y visualización del rango de temperaturas para control automático.



Figura 3.41 Sistema de Agua Caliente HMI Envasado

En la pantalla de control del botador y filtro mostrada en la figura 3.42 se tiene las siguientes funciones:

- Control ON/OFF de los motores de enfriamiento y cristalización, de la bomba y de las válvulas de carga y descarga de amoníaco del Botador.
- Control manual y automático para descargar agua, a través del filtro, al tanque de acuosa.

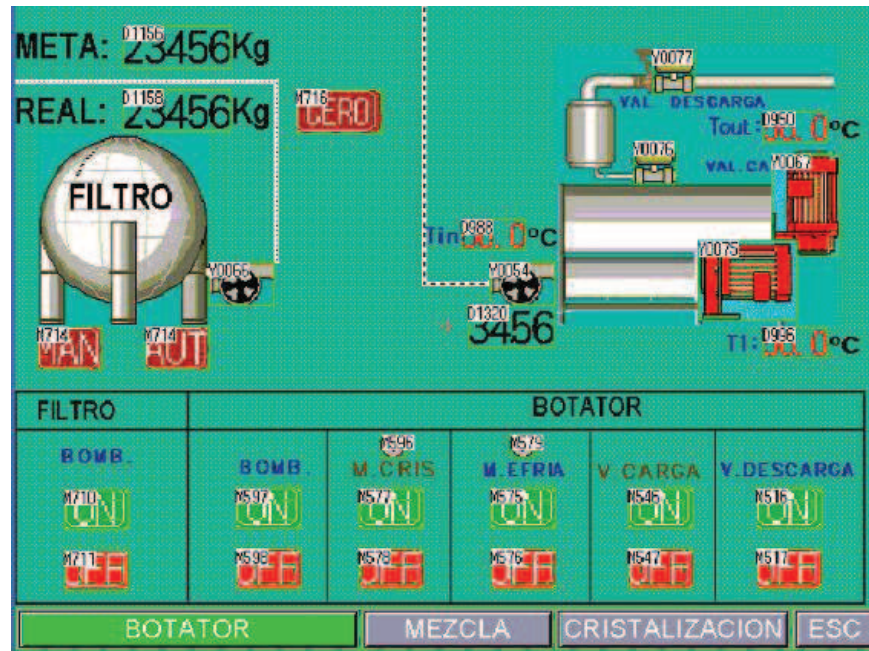


Figura 3.42 Botator HMI Envasado

3.1.3 SISTEMA SCADA

El HMI desarrollado para el sistema SCADA en el software Graph WorX se detalla a continuación.

La pantalla principal representada en la figura 3.43 tiene:

- Botón de Login para restringir el nivel de acceso al sistema de control y a las aplicaciones que posee el computador.
- Botones para seleccionar el proceso a controlar (FRACCIONAMIENTO y ENVASADO).
- Visualización de fecha y hora.



Figura 3.43 Principal SCADA

El proceso de carga del aceite RBD en fraccionamiento se controla desde la pantalla representada en la figura 3.44, en la que se realiza:

- Control ON/OFF de bomba de llenado pulmón carga, válvula de descarga y agitador del tanque 1082A.
- Control y visualización de descarga a los cristalizadores.
- Visualización del peso del aceite en el tanque 1082A.

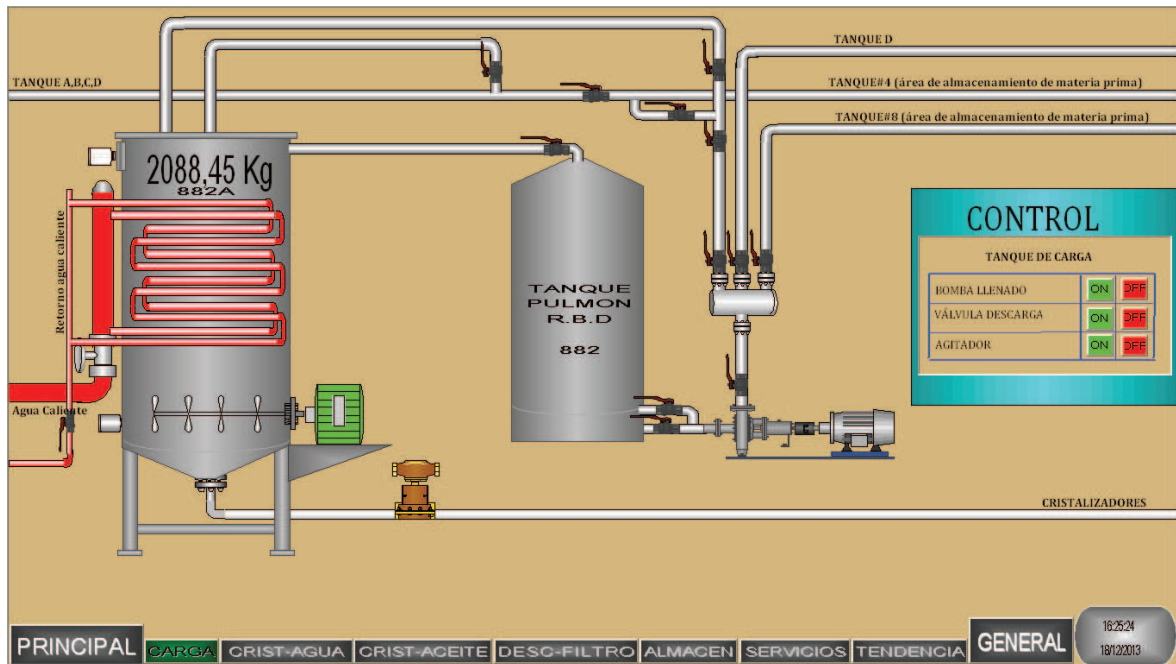


Figura 3.44 Carga Fraccionamiento SCADA

La cristalización del aceite depende básicamente de la temperatura, la cual es graduada con el agua. Este proceso se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.45 donde se realiza las siguientes funciones:

- Control ON/OFF en el cristalizador A, B, C y D de la bomba de agua, válvula de descarga, válvula de agua caliente, válvula de agua de torre, válvula agua de chiller, válvula de retorno agua de chiller, agitador, válvula de carga al cristalizador.
- Control de tiempos de apertura y cierre de válvula agua chiller y válvula agua de torre.

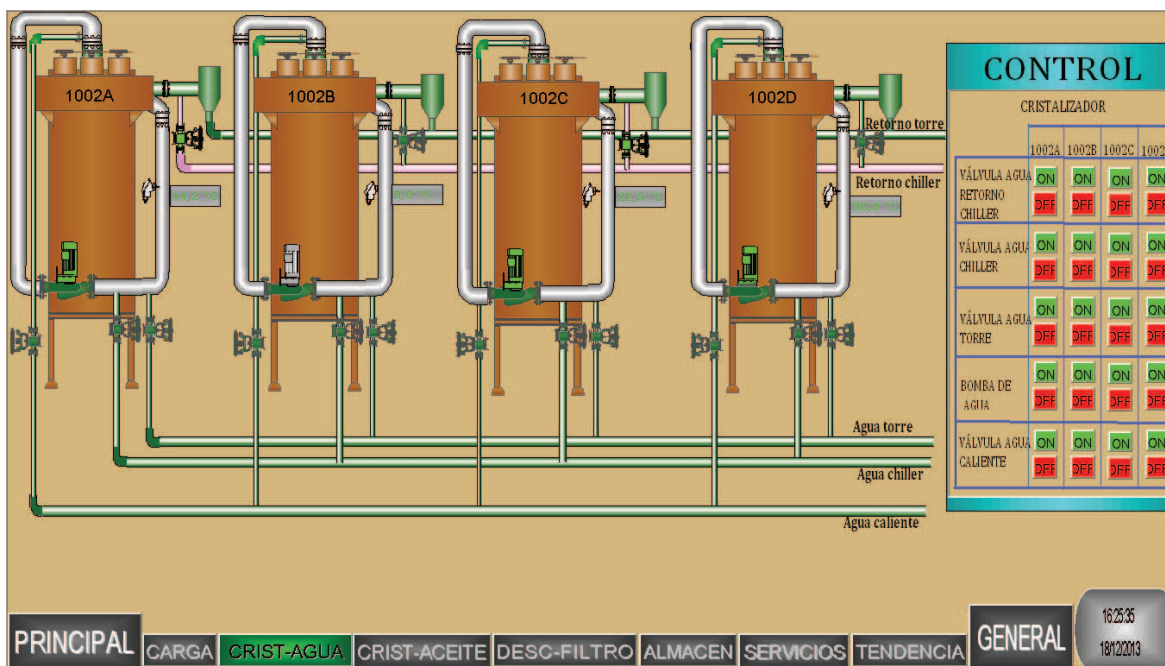


Figura 3.45 Cristalización Agua Fraccionamiento SCADA

La temperatura del aceite debe ser monitoreada, ya que debe seguir una determinada curva de comportamiento. La pantalla mostrada en la figura 3.46 permite el control ON/OFF en el cristalizador A, B, C y D de la válvula de carga, válvula de descarga y agitador.

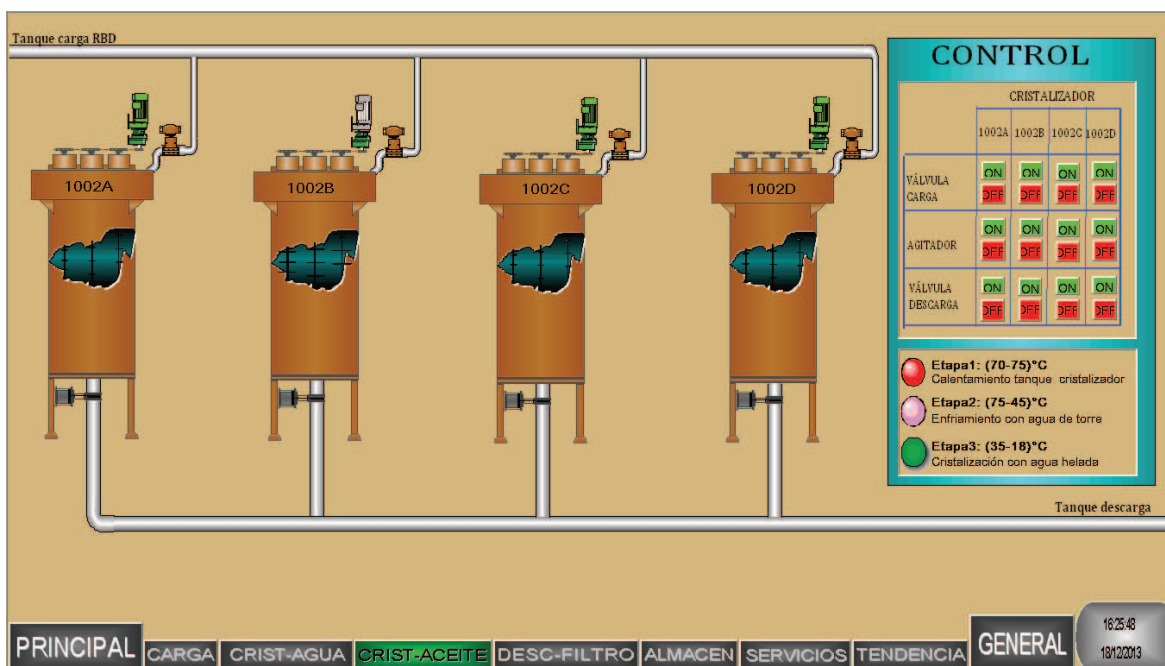


Figura 3.46 Cristalización Aceite Fraccionamiento SCADA

El proceso de descarga del producto cristalizado al filtro se muestra y controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.47, en ella se realiza las siguientes funciones:

- Control ON/OFF de agitador, bomba de recirculación y válvula de agua fría en el tanque pulmón descarga.
- Control ON/OFF de agitador y de tambor del filtro.
- Visualización de la temperatura del aceite que se deposita en el filtro tambor.

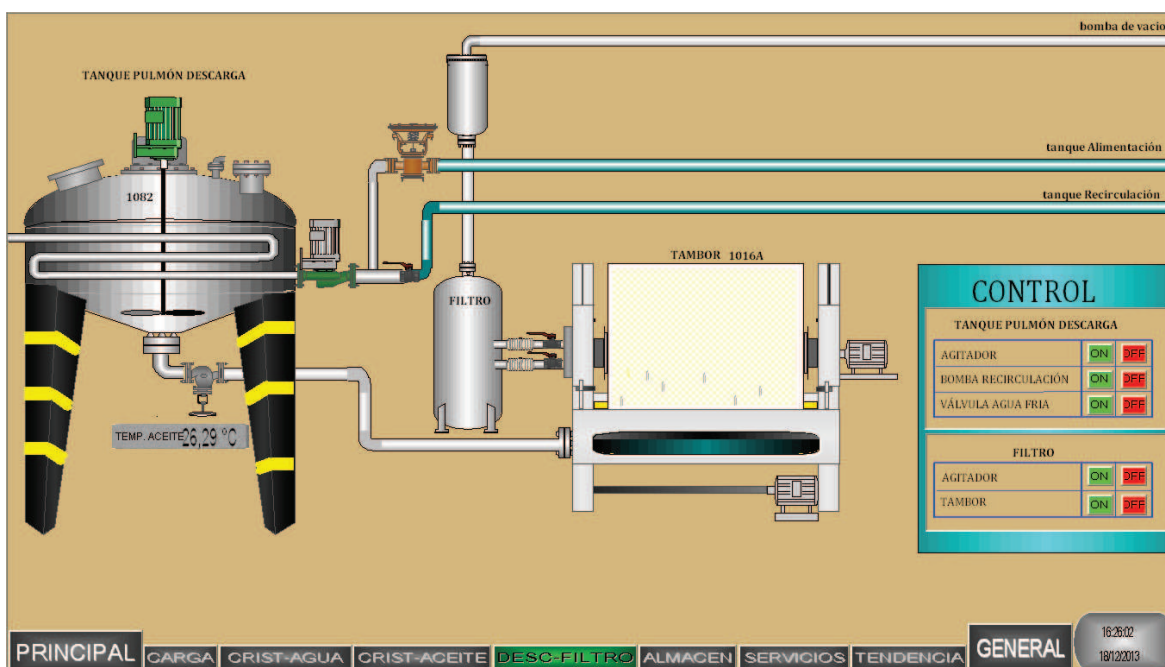


Figura 3.47 Descarga a Filtro Fraccionamiento SCADA

La parte de almacenamiento del producto fraccionado se realiza en dos tanques. La figura 3.48 muestra la pantalla donde se realiza las siguientes funciones:

- Control ON/OFF de agitador y de bomba del tanque de estearina.
- Control ON/OFF de bomba del tanque de oleína.

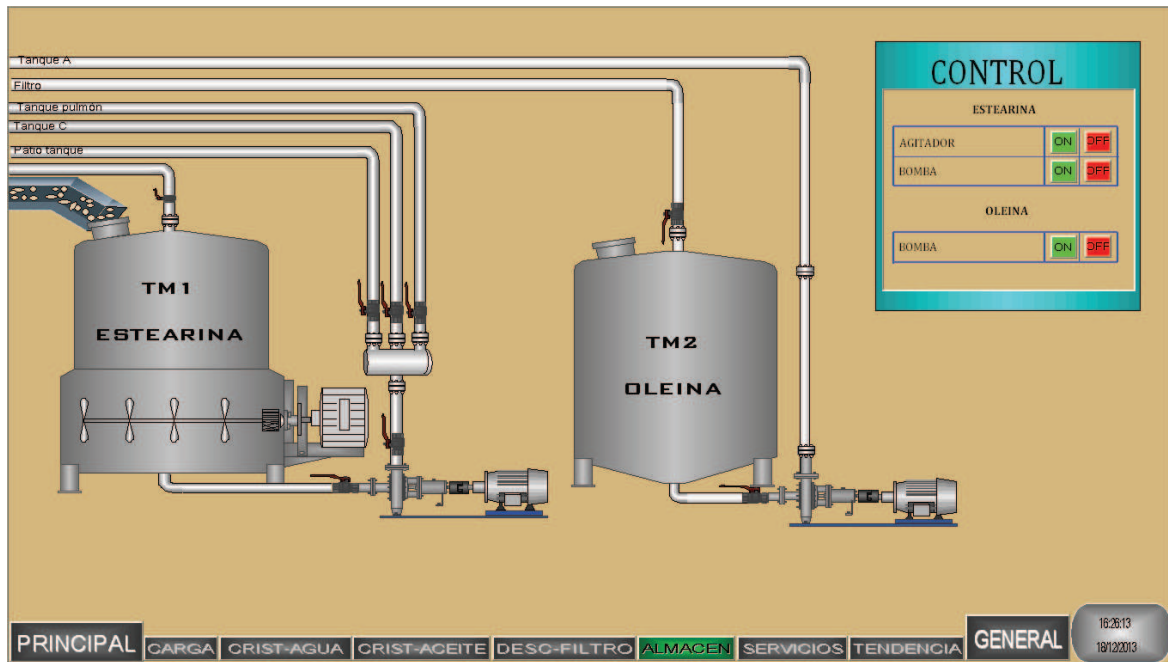


Figura 3.48 Almacén Fraccionamiento SCADA

Desde la pantalla de la figura 3.49 se controla los servicios necesarios para el fraccionamiento de Palma:

- Control ON/OFF de motor chiller, de bomba de agua caliente y de vacío.
- Control ON/OFF de bomba del tanque de alimentación y del tanque de recirculación.

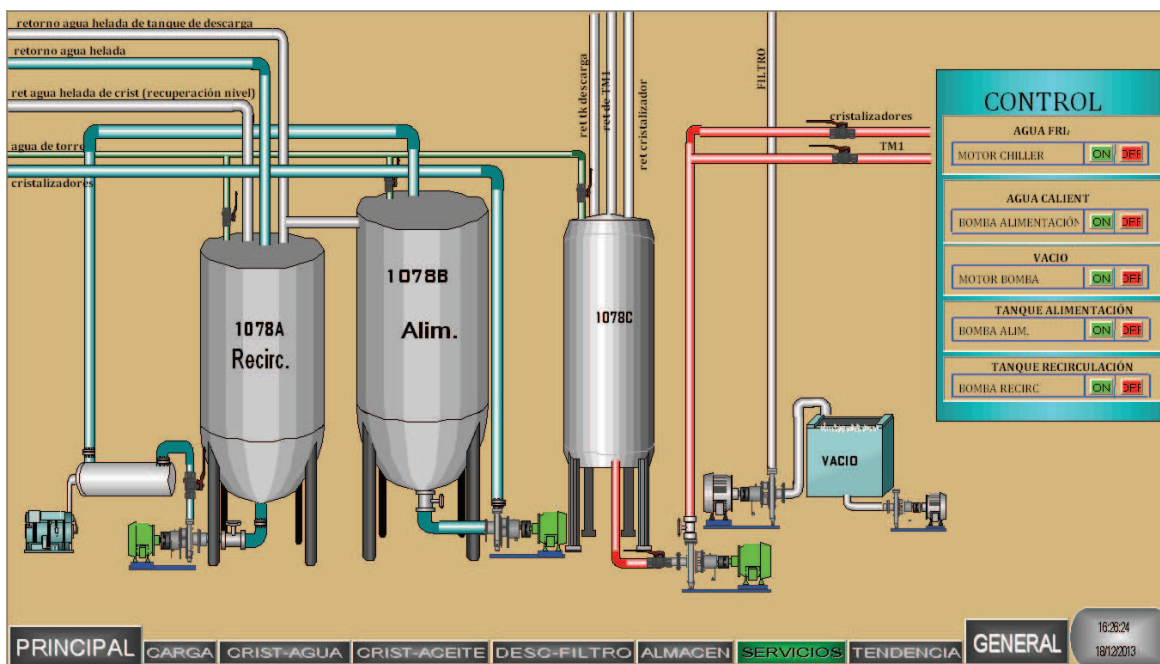


Figura 3.49 Servicios Fraccionamiento SCADA

El comportamiento de la temperatura del agua en los cristalizadores es registrado y visualizado en la pantalla de la figura 3.50.



Figura 3.50 Tendencia Fraccionamiento SCADA

La pantalla de control general, mostrada en la figura 3.51 contiene los botones para trabajar en modo manual o modo automático en cada uno de los procesos del área de fraccionamiento.

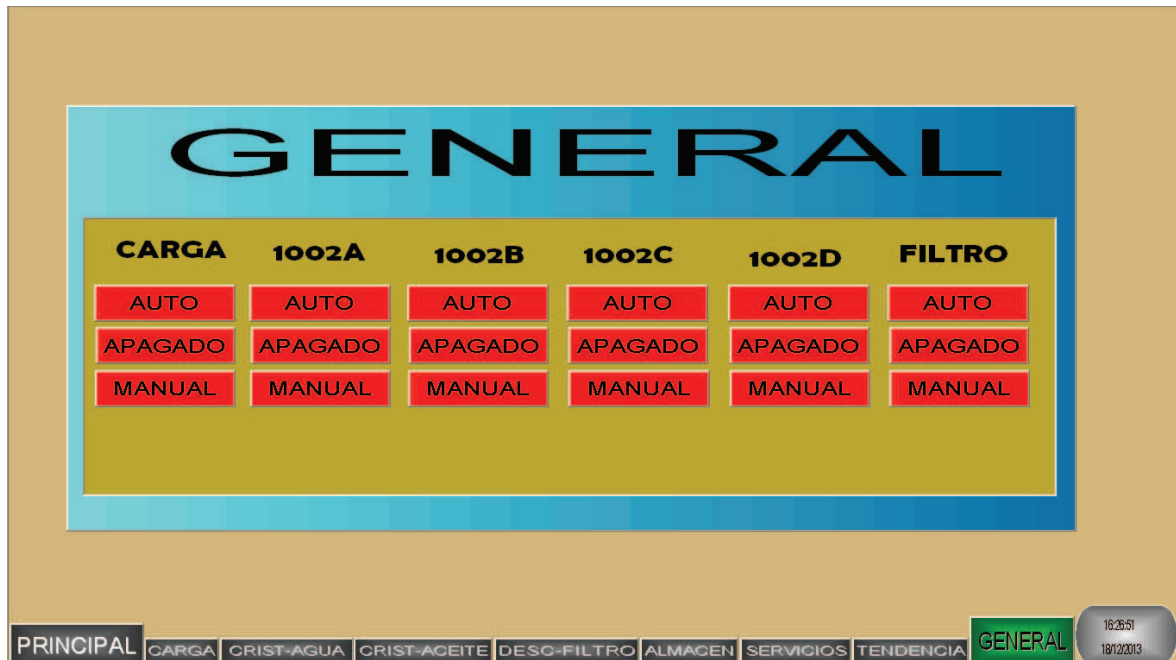


Figura 3.51 General Fraccionamiento SCADA

El proceso de mezcla controlado desde la pantalla mostrada en la figura 3.52, tiene las siguientes funciones:

- Control ON/OFF de bombas de vaciado de RBD, Estearina, Soya y Oleína.
- Control ON/OFF de electroválvulas de sólido, líquido y líquido a gemelos.
- Control ON/OFF de bomba de tanque mezcla.
- Selección modo manual o automático del proceso de descarga de materia prima a tanque mezcla.
- Visualización de los valores actuales descargados al tanque, los valores de inventario y los acumulados.
- Visualización de la materia prima descargada.

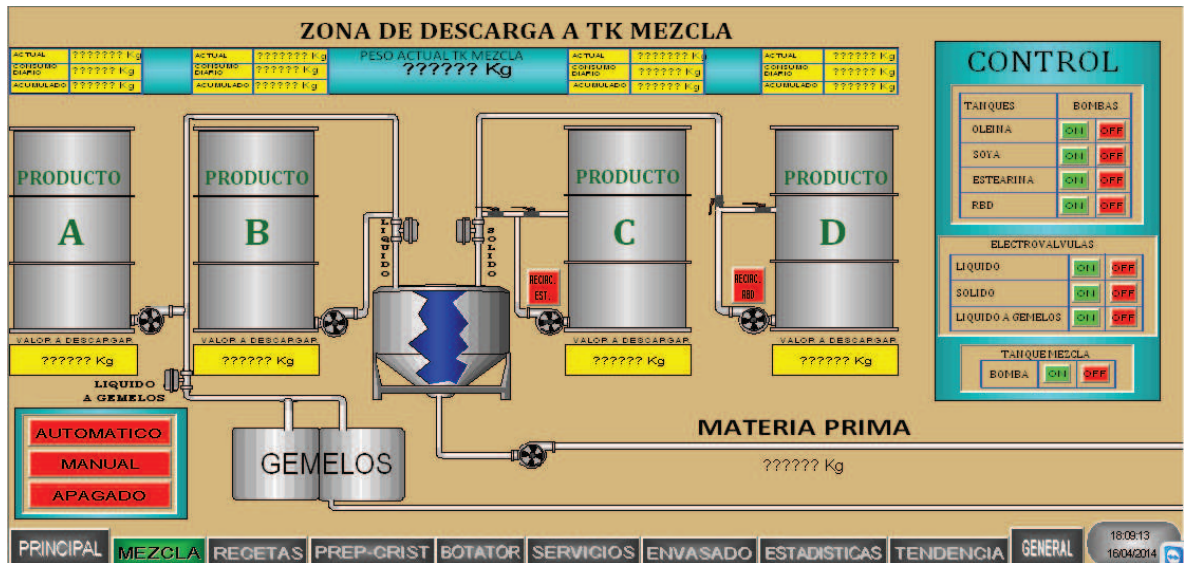


Figura 3.52 Mezcla Envasado SCADA

En la pantalla mostrada en la figura 3.53 se tiene:

- Visualización de los porcentajes de materia prima requeridos para la elaboración de los productos a envasar.
- Ingreso del valor del batch a descargar en el tanque mezcla.
- Botones de confirmación de recetas.
- Botones para iniciar el batch (descarga en secuencia de la materia prima).

RECETAS

PESO BATCH **?????? Kg**

FAMILIAS	MANTECA SIERRA	MANTECA COSTA	MANTECA COSTA CALI	MANTECA COSTA PLUS	JOYAPAN	JOYAPAN PLUS	AL HORNO	JOYALDRINA	MULTIPAN	JOYAFINA	PESO
INGREDIENTES	CONFIRMACION	CONFIRMACION	CONFIRMACION	CONFIRMACION	CONFIRMACION	CONFIRMACION	CONFIRMACION	CONFIRMACION	CONFIRMACION	CONFIRMACION	
RBD	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	???????? Kg
ESTEARINA	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	???????? Kg
OLEINA	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	???????? Kg
SOYA	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	????? %	???????? Kg
FASE ACUOSA	????? Kg	????? Kg	????? Kg	????? Kg	????? Kg	????? Kg	????? Kg	????? Kg	????? Kg	????? Kg	
	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	INICIAR BATCH	

PRINCIPAL **MEZCLA** **RECETAS** **PREP-CRIST** **BOTATOR** **SERVICIOS** **ENVASADO** **ESTADISTICAS** **TENDENCIA** **GENERAL**

21:00:56
12/03/2014

Figura 3.53 Rectas Envasado SCADA

La pantalla del Botator mostrada en la figura 3.54 tiene las siguientes funciones:

- Control ON/OFF de motores de enfriamiento y cristalización del Botator.
- Control ON/OFF de electroválvulas de amoníaco.
- Control manual o automático para descargar agua, a través del filtro, al tanque de acuosa.

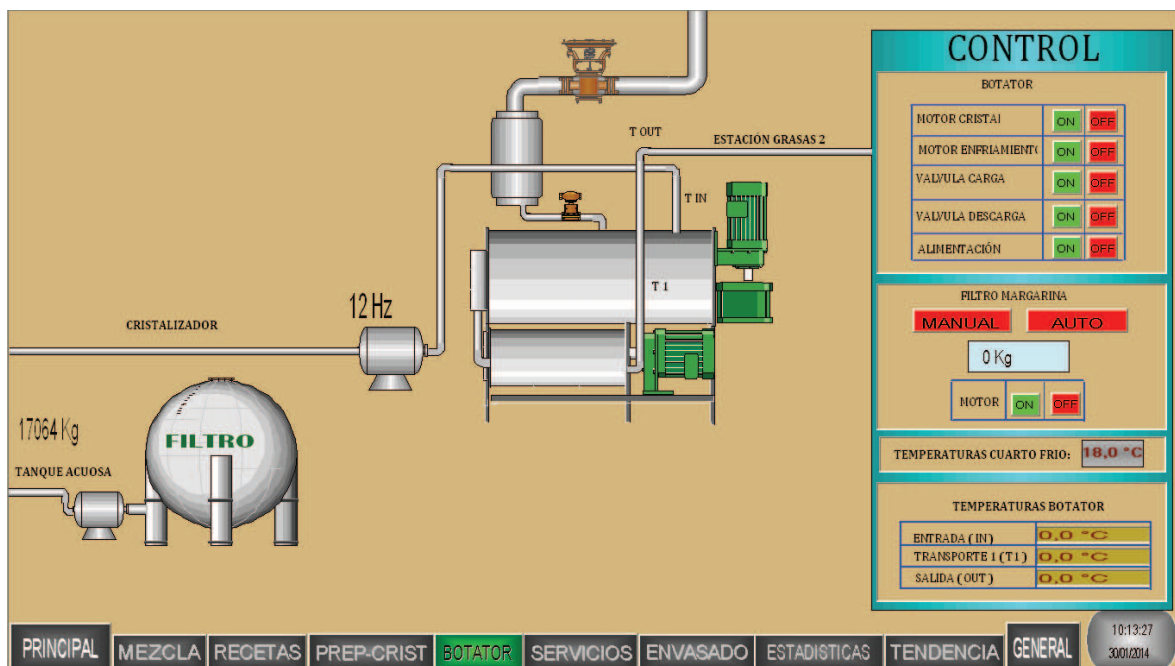


Figura 3.54 Botator Envasado SCADA

El sistema de agua caliente que comprende la apertura y cierre de una electroválvula en función de la temperatura en los tanques se controla desde la pantalla mostrada en la figura 3.55. Las funciones que realiza son:

- Control manual o automático del sistema de agua caliente.
- En el modo manual se realiza el encendido y apagado de las electroválvulas.
- En el modo automático se coloca el rango en el cual se quiere que oscile la temperatura en los tanques de preparación, alimentación y acuosa.
- Visualización de la temperatura en el cuarto frío.

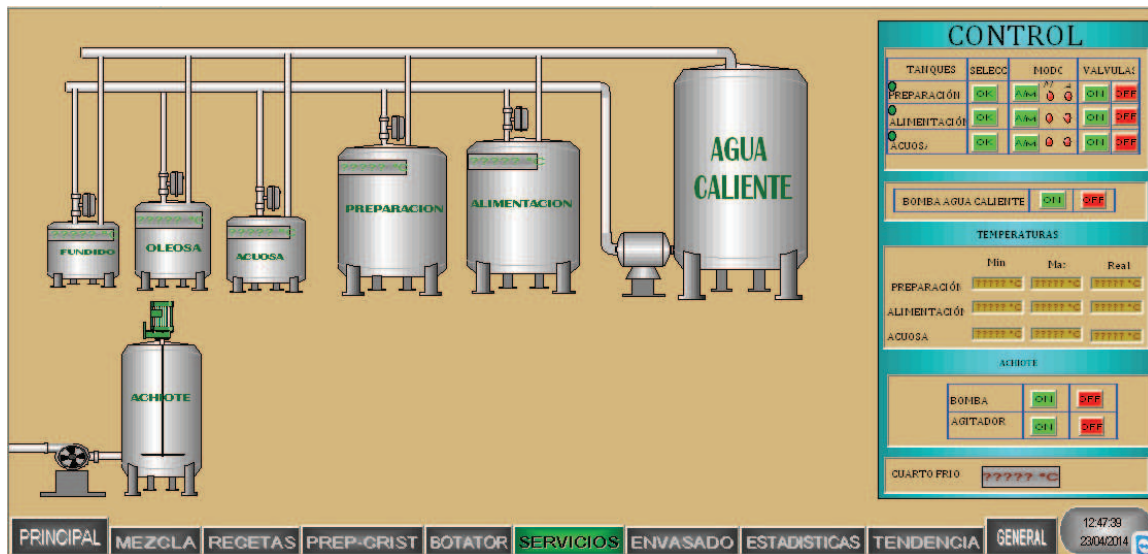


Figura 3.55 Servicios Envasado SCADA

El proceso de envasado controlado desde la pantalla mostrada en la figura 3.56, tiene las siguientes funciones:

- Ingreso Ajuste de Peso, Ajuste %, Ajuste de Error en la estación 1 y 2 de grasas y en la estación 1 de aceite.
- Visualización del Peso Neto, Peso Grueso y número de unidades de la estación 1y 2 de grasas y de la estación 1 de aceite.
- Visualización del número de unidades y del peso acumulado en la estación 2 de aceite.

LLENADO DE GRASAS				LLENADO DE ACEITE																																																																														
ESTACION 1		ESTACION 2		ESTACION 1		ESTACION 2																																																																												
<div>TARA ENCENDIDO</div> <table border="1"> <tr> <td>ajuste ???? %</td> <td>BALANZA IZQUIERDA</td> <td>BALANZA DERECHA</td> </tr> <tr> <td>ajuste PESO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td>ajuste ERROR</td> <td>?????? Kg</td> <td>?????? Kg</td> </tr> <tr> <td>NETO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td>GRUENO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td># CAJAS</td> <td colspan="2">?????</td> </tr> <tr> <td>PRODUCTO #</td> <td colspan="2">???</td> </tr> </table>		ajuste ???? %	BALANZA IZQUIERDA	BALANZA DERECHA	ajuste PESO	????? Kg	????? Kg	ajuste ERROR	?????? Kg	?????? Kg	NETO	????? Kg	????? Kg	GRUENO	????? Kg	????? Kg	# CAJAS	?????		PRODUCTO #	???		<div>TARA ENCENDIDO</div> <table border="1"> <tr> <td>ajuste ???? %</td> <td>BALANZA IZQUIERDA</td> <td>BALANZA DERECHA</td> </tr> <tr> <td>ajuste PESO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td>ajuste ERROR</td> <td>?????? Kg</td> <td>?????? Kg</td> </tr> <tr> <td>NETO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td>GRUENO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td># CAJAS</td> <td colspan="2">?????</td> </tr> <tr> <td>PRODUCTO #</td> <td colspan="2">???</td> </tr> </table>		ajuste ???? %	BALANZA IZQUIERDA	BALANZA DERECHA	ajuste PESO	????? Kg	????? Kg	ajuste ERROR	?????? Kg	?????? Kg	NETO	????? Kg	????? Kg	GRUENO	????? Kg	????? Kg	# CAJAS	?????		PRODUCTO #	???		<div>TARA ENCENDIDO</div> <table border="1"> <tr> <td>ajuste ???? %</td> <td>BALANZA IZQUIERDA</td> <td>BALANZA DERECHA</td> </tr> <tr> <td>ajuste PESO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td>ajuste ERROR</td> <td>?????? Kg</td> <td>?????? Kg</td> </tr> <tr> <td>NETO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td>GRUENO</td> <td>????? Kg</td> <td>????? Kg</td> </tr> <tr> <td># CANECAS</td> <td colspan="2">?????</td> </tr> <tr> <td>PRODUCTO #</td> <td colspan="2">???</td> </tr> </table>		ajuste ???? %	BALANZA IZQUIERDA	BALANZA DERECHA	ajuste PESO	????? Kg	????? Kg	ajuste ERROR	?????? Kg	?????? Kg	NETO	????? Kg	????? Kg	GRUENO	????? Kg	????? Kg	# CANECAS	?????		PRODUCTO #	???		<div>ENCENDIDO</div> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">PARO EMERGENCIA</td> </tr> <tr> <td>BOTELLAS</td> <td>FUNDAS</td> </tr> <tr> <td>PESO</td> <td>900ml 1000ml</td> </tr> <tr> <td>#TOTAL</td> <td>?????</td> </tr> <tr> <td>#PESO</td> <td>?????????</td> </tr> <tr> <td>PRODUCTO #</td> <td>???</td> </tr> </table>		PARO EMERGENCIA		BOTELLAS	FUNDAS	PESO	900ml 1000ml	#TOTAL	?????	#PESO	?????????	PRODUCTO #	???
ajuste ???? %	BALANZA IZQUIERDA	BALANZA DERECHA																																																																																
ajuste PESO	????? Kg	????? Kg																																																																																
ajuste ERROR	?????? Kg	?????? Kg																																																																																
NETO	????? Kg	????? Kg																																																																																
GRUENO	????? Kg	????? Kg																																																																																
# CAJAS	?????																																																																																	
PRODUCTO #	???																																																																																	
ajuste ???? %	BALANZA IZQUIERDA	BALANZA DERECHA																																																																																
ajuste PESO	????? Kg	????? Kg																																																																																
ajuste ERROR	?????? Kg	?????? Kg																																																																																
NETO	????? Kg	????? Kg																																																																																
GRUENO	????? Kg	????? Kg																																																																																
# CAJAS	?????																																																																																	
PRODUCTO #	???																																																																																	
ajuste ???? %	BALANZA IZQUIERDA	BALANZA DERECHA																																																																																
ajuste PESO	????? Kg	????? Kg																																																																																
ajuste ERROR	?????? Kg	?????? Kg																																																																																
NETO	????? Kg	????? Kg																																																																																
GRUENO	????? Kg	????? Kg																																																																																
# CANECAS	?????																																																																																	
PRODUCTO #	???																																																																																	
PARO EMERGENCIA																																																																																		
BOTELLAS	FUNDAS																																																																																	
PESO	900ml 1000ml																																																																																	
#TOTAL	?????																																																																																	
#PESO	?????????																																																																																	
PRODUCTO #	???																																																																																	
<div> <div>PRINCIPAL</div> <div>MEZCLA</div> <div>RECETAS</div> <div>PREP-CRIST</div> <div>BOTATOR</div> <div>SERVICIOS</div> <div>ENVASADO</div> <div>ESTADISTICAS</div> <div>TENDENCIA</div> <div>GENERAL</div> </div> <div>12:46:48 23/04/2014</div>																																																																																		

Figura 3.56 Llenado Envasado SCADA

La pantalla de la figura 3.57 muestra la información de las estadísticas y del inventario que se maneja día a día en el área de envasado. Las funciones que se desarrollan en esta pantalla son:

- Visualización de la materia prima descargada al proceso tal: Oleína, Soya, Estearina, RBD, Acuosas.
- Visualización del Sistema Andon: acumulado de materia prima, producto total terminado, inventario en proceso, eficiencia (PT/MP) y eficiencia con respecto a la meta diaria.
- Ingreso al final de la jornada de los valores porcentuales de la materia prima en proceso.
- Ingreso de los valores de acuosas de cada una de las margarinas.
- Ingreso del producto no conforme.



Figura 3.57 Estadística Envasado SCADA

En la pantalla de la figura 3.58 se muestra los productos que se fabrican en el área de envasado junto con el peso que se ha envasado durante el día.

- Visualización en tiempo real de cada uno de los productos que fabrica la empresa.
- Visualización del Producto total terminado.

COD.	FAMILIA	COMP.	PESO U.	PRES.	EMPAQUE	IMPR.	PESO TOTAL
12004	Manteca	COSTA	3 Kg.	Caja	Jaba	C.Impr.	0,0 Kg
12005	Manteca	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U	C.Impr.	0,0 Kg
12007	Manteca	COSTA	50 Kg.	Bloque	C/U	C.Impr.	0,0 Kg
12013	Manteca	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U	S.Impr.	0,0 Kg
12018	Manteca	COSTA	3 Kg.	Balde	Caja 8Bl	C.Impr.	0,0 Kg
12009	Manteca	SIERRA	3 Kg.	Caja	Jaba	C.Impr.	0,0 Kg
12010	Manteca	SIERRA	15 Kg.	Caja	C/U	C.Impr.	0,0 Kg
12012	Manteca	SIERRA	50 Kg.	Bloque	C/U	C.Impr.	3600,0 Kg
12014	Manteca	COSTA PLUSS	15 Kg.	Caja	C/U	C.Impr.	0,0 Kg
13009	Joyapan		15 Kg.	Caja	C/U	C.Impr.	6390,0 Kg
13010	Joyapan		50 Kg.	Bloque	C/U	C.Impr.	4700,0 Kg
13014	Joyapan	COSTA PLUSS	15 Kg.	Caja	C/U	C.Impr.	0,0 Kg
13002	Marg. horno		15 Kg.	Caja	C/U	C.Impr.	0,0 Kg
13004	Marg. horno		50 Kg.	Bloque	C/U	C.Impr.	0,0 Kg
13017	Joyaldrina		15 Kg.	Caja	C/U	C.Impr.	0,0 Kg
13021	Joyafina		3 Kg.	Balde	Caja 8Bl	C.Impr.	0,0 Kg
11001	Aceite		18,2 Kg.	Canecas	C/U	C.Impr.	5460,0 Kg
11011	Aceite		18,2 Kg.	Canecas	C/U	S.Impr.	54,6 Kg
11004	Aceite		1000 ml.	Funda	Caja 12FD	C.Impr.	0,0 Kg
11005	Aceite		900 ml.	Botella	Caja 15bt	C.Impr.	0,0 Kg
11007	Aceite		900 ml.	Botella	Pack 6bt	C.Impr.	0,0 Kg
11005	Oleina		200,2 Kg.	Tanque		S.Impr.	0,0 Kg

**PRODUCTO
TOTAL
TERMINADO**
20205 Kg

23:22:38
12/03/2014

PRINCIPAL MEZCLA RECETAS PREP-CRIST BOTATOR SERVICIOS ENVASADO ESTADÍSTICAS **TENDENCIA** GENERAL

Figura 3.58 Peso por Producto Envasado SCADA

La tendencia que presenta la temperatura en los tanques y en el transporte por el perfector está graficada en la pantalla mostrada en la figura 3.59.



Figura 3.59 Tendencia Envasado SCADA

La pantalla general de envasado mostrada en la figura 3.60 contiene los botones para trabajar en modo manual o modo automático en cada uno de los procesos.

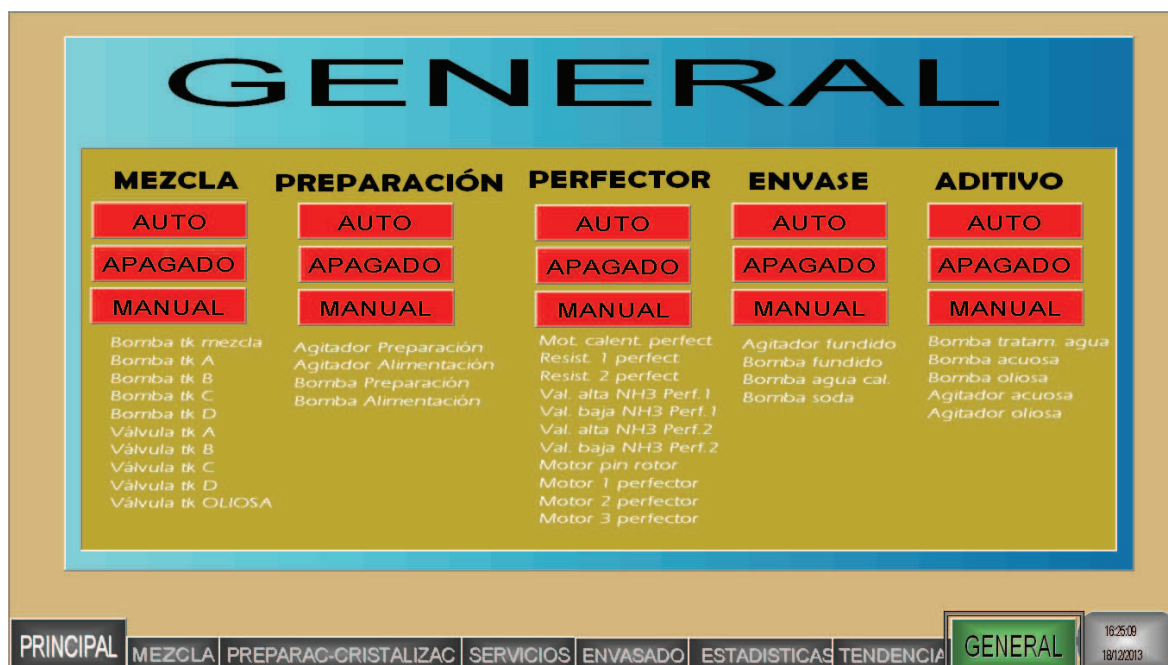


Figura 3.60 General Envasado SCADA

3.2 TRATAMIENTO DE VARIABLES

3.2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la creación de las pantallas del sistema SCADA y la generación de reportes de temperatura y producción diaria se debe registrar los tags de datos en el OPC Configurator¹⁸, así los tags son accesibles para todos los clientes OPC.

¹⁸ **OPC Configurator** es un componente del driver MX OPC el cual proporciona una interfaz y un protocolo de comunicación entre equipos de Mitsubishi y el software de control Mc-WorX Suite.

3.2.1.1 Reporte

Inicialmente se configura las variables en la aplicación TrendWorx Configurator para luego ingresar a la aplicación TrendWorx Reporting, como se muestra en la figura 3.61.

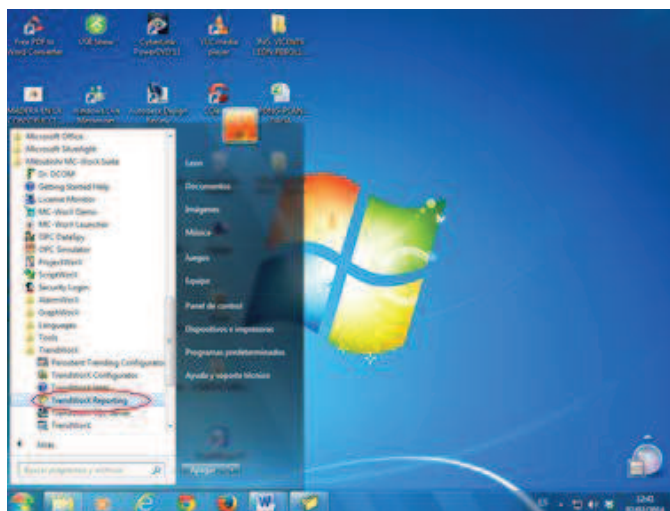


Figura 3.61 Ingreso TrendWorx Reporting

Ingresado a la aplicación se añade un nuevo reporte como se observa en la figura 3.62. Se configura los parámetros necesarios para obtener un archivo en Excel con los datos requeridos.

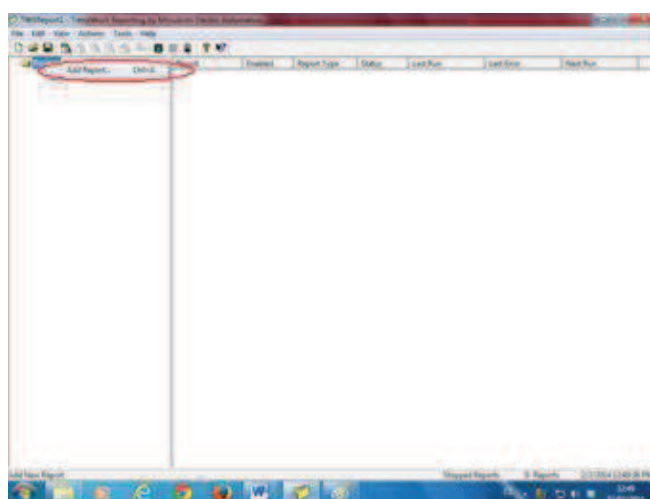


Figura 3.62 Nuevo Reporte TrendWorx Reporting

3.2.1.1.1 Temperatura Fraccionamiento

El reporte se genera diariamente a las 7:01 am; posee datos promedios de temperatura tomados cada 5 min, desde las 7:01am del día anterior. Tal y como se muestra en la figura 3.63.

K12										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Report Name:	TEMP_FRACC								
2	Source DB:	DATOS_2								
3	DB Group:	OLIO_2								
4	Source Group:	TEMP_CRISTALIZADORES								
5	Report Type:	Daily								
6	Data Filter:	Average								
7	Process Every:	0:05:00								
8	Date and Time:	7:01:00 AM,22-January-2014								
9	Data Start:	7:01:00 AM,22-January-2014								
10	Data End:	7:01:00 AM,22-January-2014								
11	FECHA	HORA	MSEC	TEMP. CRIST. A	TEMP. CRIST. B	TEMP. CRIST. C	TEMP. CRIST. D	AGUA DE TORRE	AGUA DE CHILLER	ACEITE CRISTALIZADO
12	Date	Time	Msecs	D64	D75	D86	D108	D97	D130	
13	22/01/2014	07:01:00	0	41.09	0.00	35.64	19.57	34.13	8.00	24.79
14	22/01/2014	07:06:00	0	35.68	0.00	35.82	19.57	34.13	8.00	24.99
15	22/01/2014	07:11:00	0	29.02	0.00	39.93	19.33	34.11	8.00	25.05
16	22/01/2014	07:16:00	0	25.25	0.00	45.57	19.02	34.07	8.00	25.05
17	22/01/2014	07:21:00	0	25.96	0.00	50.95	18.82	34.10	8.00	25.03
18	22/01/2014	07:26:00	0	26.77	0.00	55.95	18.63	34.08	8.00	24.96
19	22/01/2014	07:31:00	0	27.44	0.00	58.24	18.50	34.04	8.00	24.95
20	22/01/2014	07:36:00	0	24.96	0.00	59.66	18.46	34.02	8.00	24.95
21	22/01/2014	07:41:00	0	24.99	0.00	58.96	18.85	33.97	8.00	24.95
22	22/01/2014	07:46:00	0	25.03	0.00	56.83	19.20	33.97	8.00	25.01
23	22/01/2014	07:51:00	0	25.53	0.00	54.99	19.50	33.93	8.00	25.11
24	22/01/2014	07:56:00	0	25.98	0.00	53.39	19.79	33.95	8.00	20.78
25	22/01/2014	08:01:00	0	26.85	0.00	52.02	20.00	33.98	8.00	19.73
26	22/01/2014	08:06:00	0	26.67	0.00	50.79	20.18	33.97	8.00	19.47
27	22/01/2014	08:11:00	0	26.98	0.00	49.62	20.46	34.02	8.00	19.33
28	22/01/2014	08:16:00	0	25.05	0.00	48.28	22.23	34.00	8.00	19.41
29	22/01/2014	08:21:00	0	23.33	0.00	47.64	24.52	34.09	8.00	19.44
30	22/01/2014	08:26:00	0	23.75	0.00	47.06	26.39	34.13	8.00	19.51
31	22/01/2014	08:31:00	0	24.11	0.00	46.54	27.98	34.11	8.00	19.52
32	22/01/2014	08:36:00	0	23.78	0.00	46.00	29.45	34.19	8.00	19.52

Figura 3.63 Datos Reporte Fraccionamiento

Los datos generados son tratados para poder estudiar el comportamiento de la temperatura a lo largo del proceso de fraccionamiento.

A continuación en la figura 3.64 se muestra el comportamiento de la temperatura del agua en los cristalizadores.

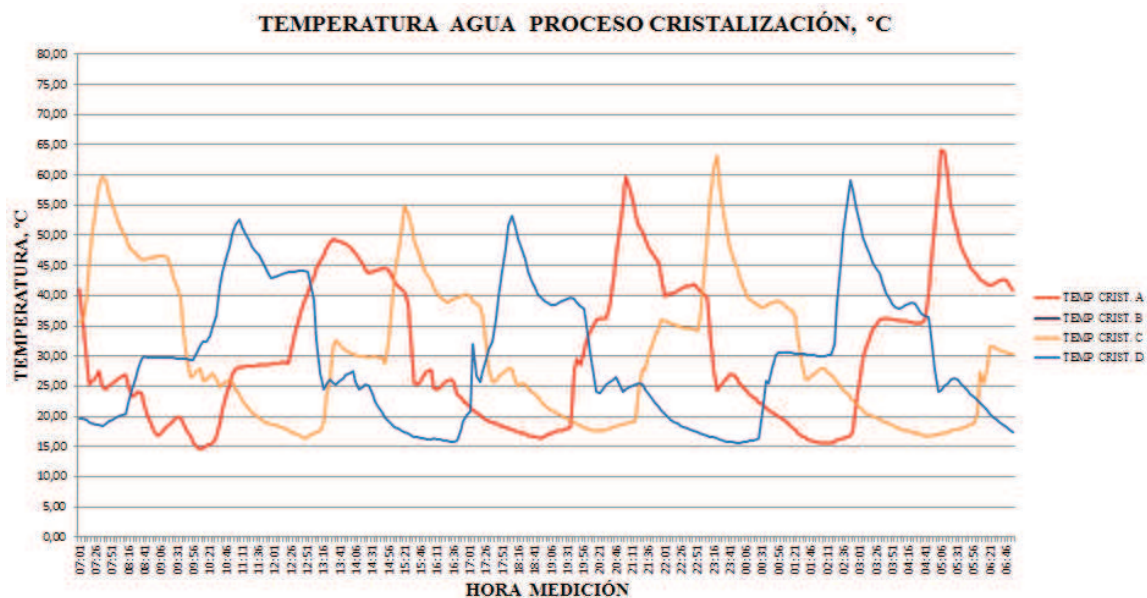


Figura 3.64 Temperatura Cristalizadores Fraccionamiento

En la figura 3.65 se muestra la temperatura del agua de torre y la temperatura del agua de chiller.

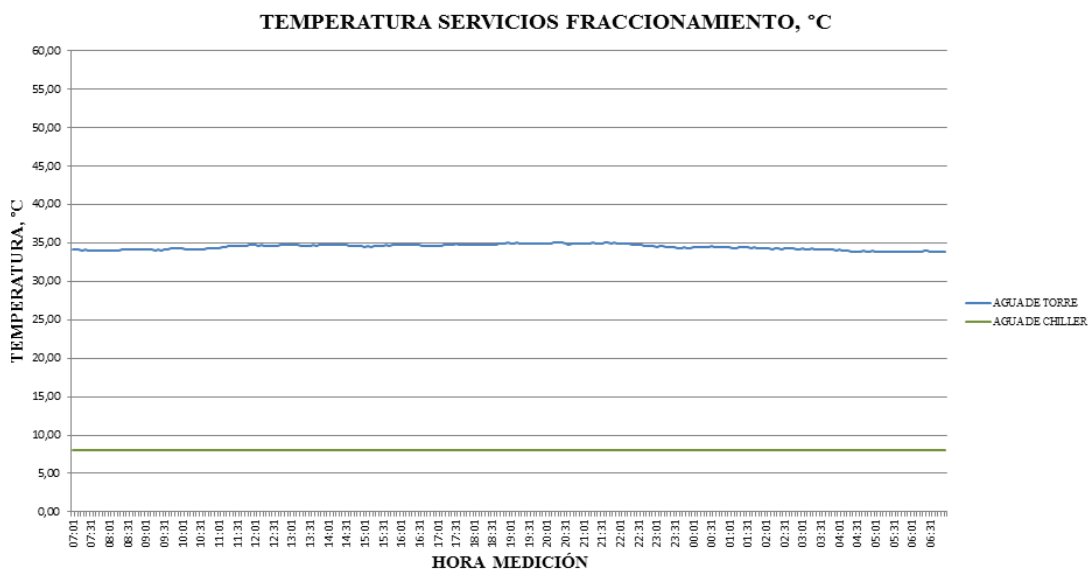


Figura 3.65 Temperatura Servicios Fraccionamiento

En la figura 3.66 se observa el comportamiento de la temperatura del aceite que ingresa al área de filtrado.

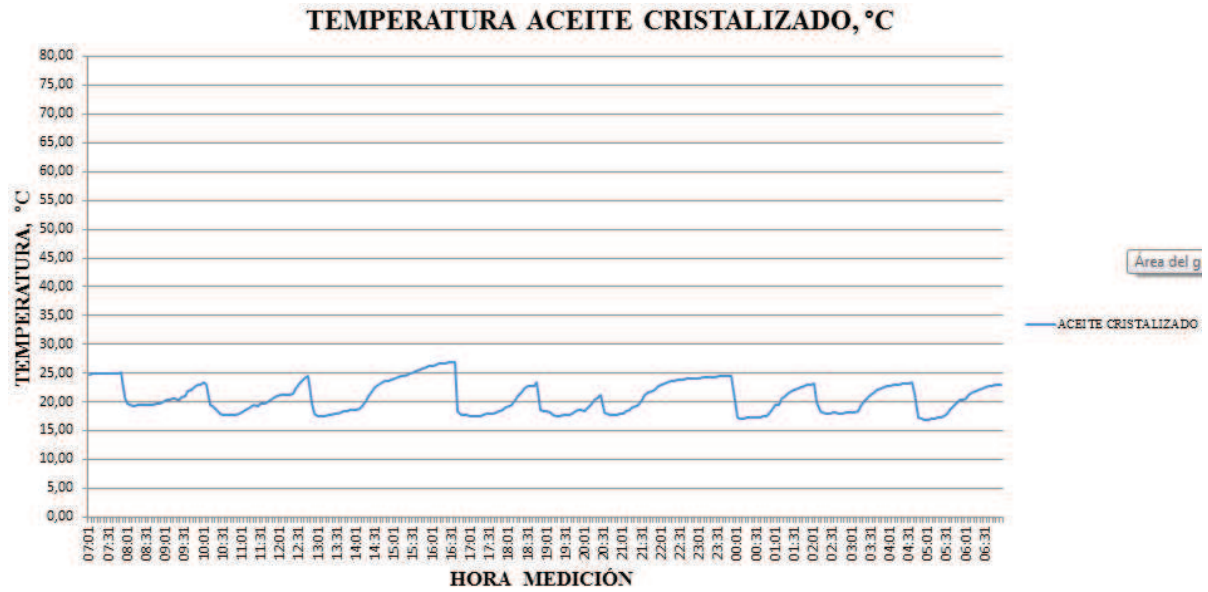


Figura 3.66 Temperatura Aceite Cristalizado Fraccionamiento

La figura 3.67 muestra en resumen cual es la temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura promedio y la desviación estándar.

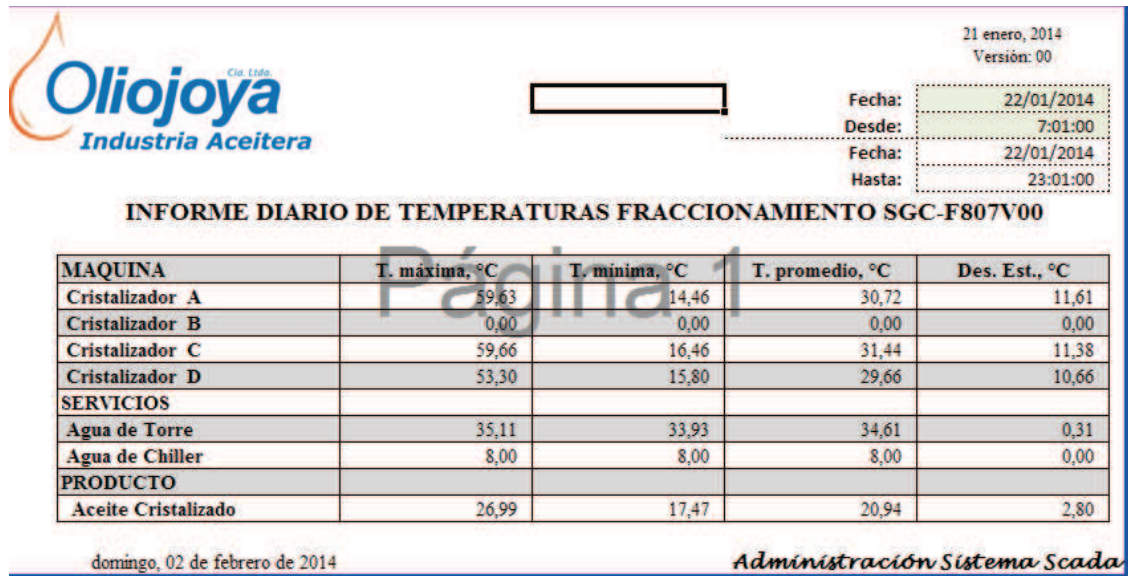


Figura 3.67 Resumen Temperaturas Fraccionamiento

3.2.1.1.2 Temperatura Envasado

Se genera un reporte diario con las temperaturas del producto en los tanques de alimentación, preparación, fundido, acuosa y oleosa, estos reportes facilitan la identificación de fallas durante el proceso de elaboración de producto.

En las figuras 3.68 y 3.69 se muestra los reportes generados en el sistema SCADA de la temperatura en los diferentes tanques.

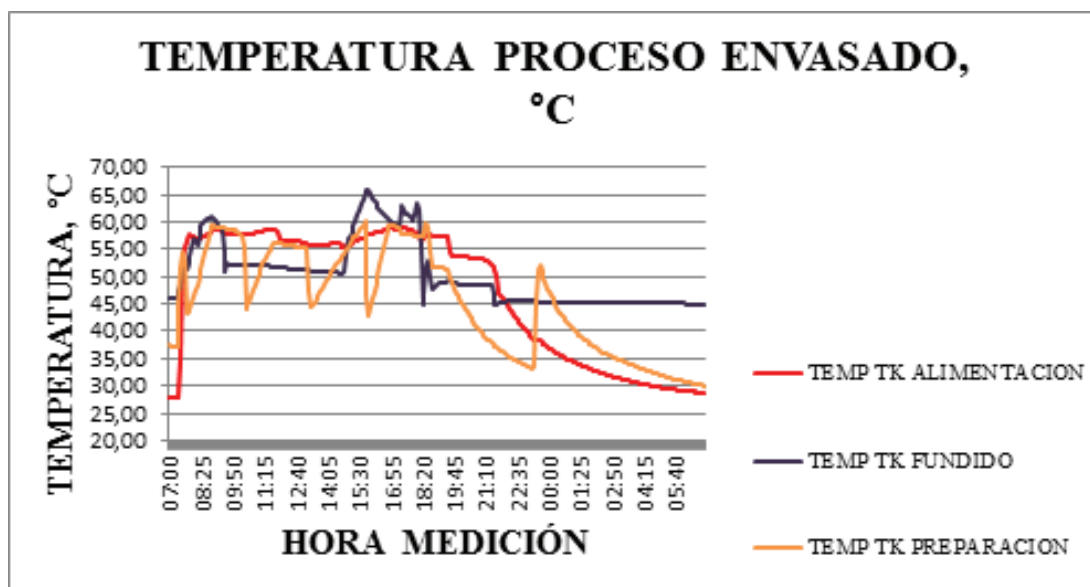


Figura 3.68 Reporte de temperatura Envasado

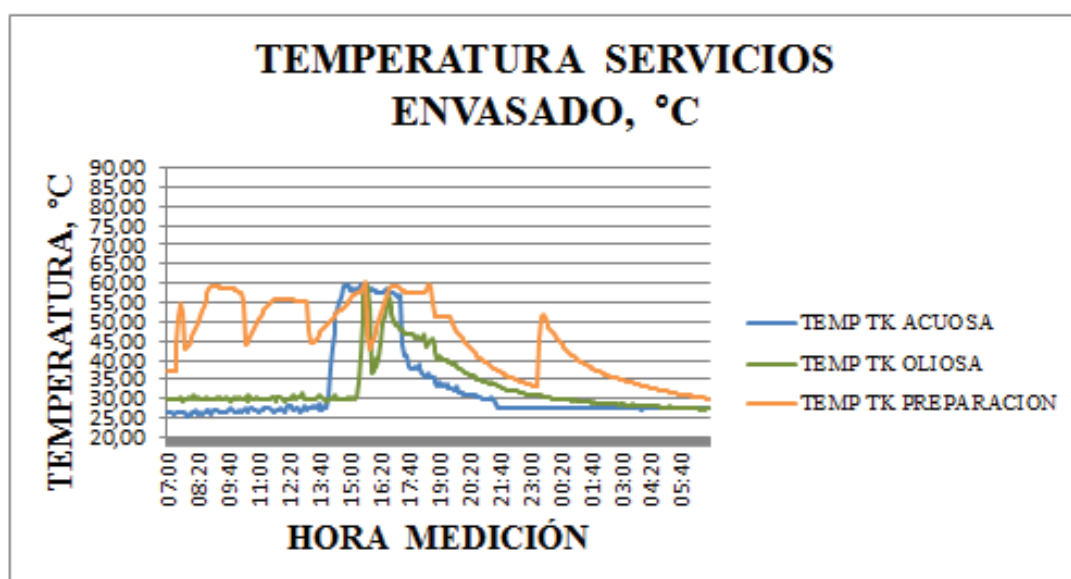


Figura 3.69 Reporte de temperatura Envasado

En el reporte mostrado en la figura 3.70 se genera la gráfica de la temperatura del producto durante la etapa de cristalización, los puntos críticos de esta etapa son ingreso, transporte1, transporte2 y salida del perfector e ingreso en el pin machine.

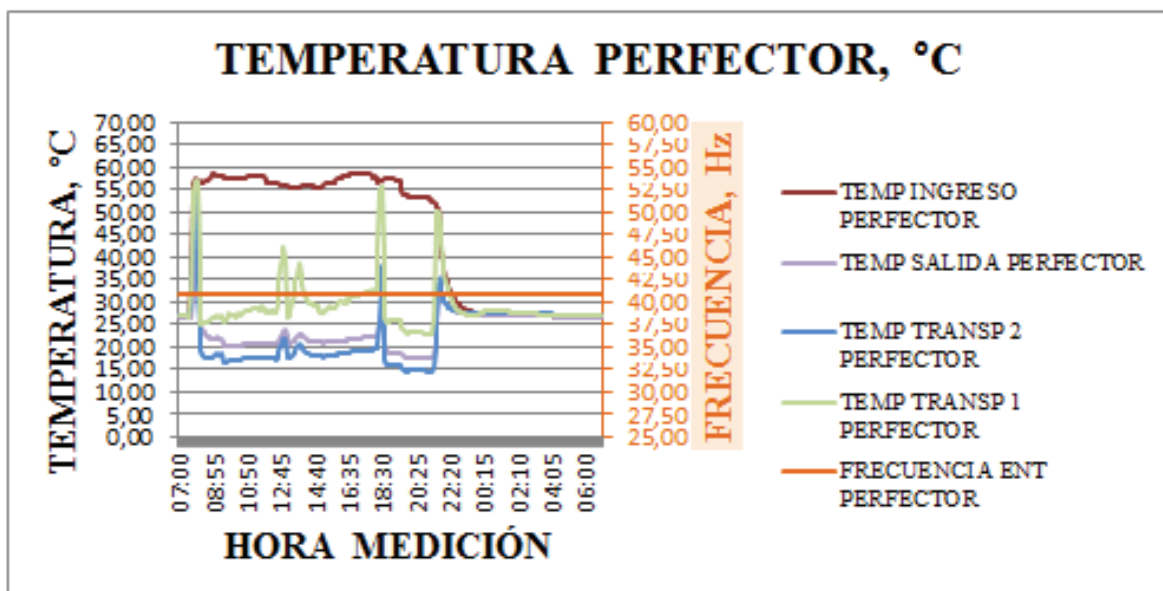


Figura 3.70 Reporte Temperaturas Perfector Envasado

El comportamiento de las curvas de temperatura entre la salida del perfector y la entrada del pin machine deben ser similares, por ello se genera otra gráfica mostrada en la figura 3.71, para comparación de las mismas en caso de tener problemas con el producto preparado.

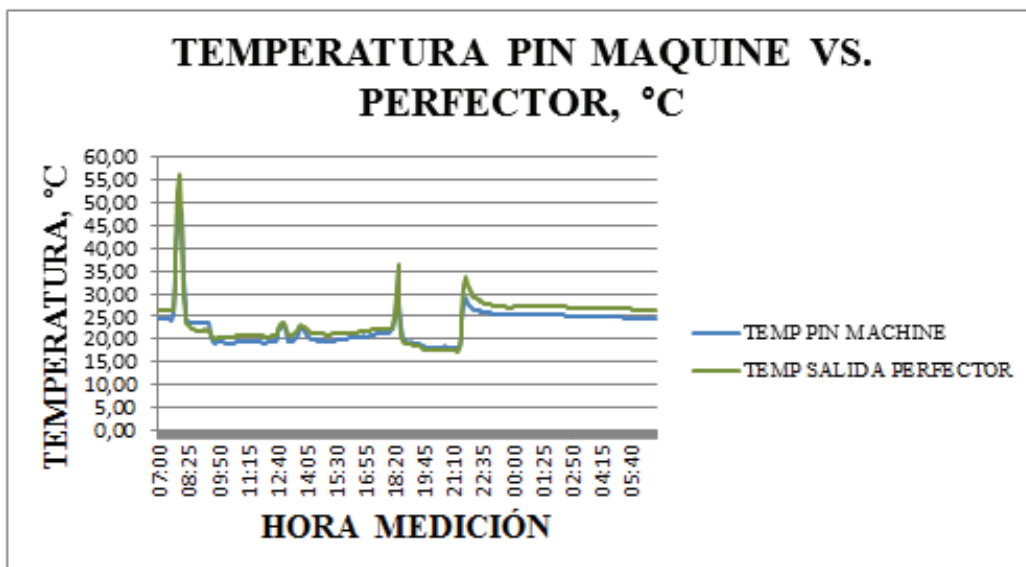


Figura 3.71 Reporte Temperatura Pin Machine y Perfector Envasado

3.2.1.1.3 Producción diaria

Enfocando el sistema SCADA hacia la producción, y tomando en cuenta los requerimientos de la empresa, se procedió a la recolección de datos por cada turno de todo lo que por peso se procesa y se mezcla en el área de envasado. Con este antecedente se genera el reporte mostrado en la figura 3.72.

AD19										=SI(AD14=0;"";AD14)																																																																																																													
A										B										C										Y										Z										AA										AB										AC										AD																																							
1																																																																																																																							
2										Report Name:										REPORTE_ENVASADO																																																																																																			
3										Source DB:										DATOS_2																																																																																																			
4										DB Group:										OLIO_2																																																																																																			
5										Source Group:										COD_PRODUCTO																																																																																																			
6										Report Type:										Daily																																																																																																			
7										Data Filter:										Last																																																																																																			
8										Process Every:										8:00:00																																																																																																			
9										Date and Time:										9:12:00 AM,15-January-2014																																																																																																			
10										Data Start:										9:12:00 AM,14-January-2014																																																																																																			
11										Data End:										9:12:00 AM,15-January-2014																																																																																																			
12																																																																																																																							
13										Date										Time										Msecs										COD_PRODUCTO22										FINAL_OLEINA										SOYA TOTAL										COD47-ESTEARINA										COD48-RBD										MATERIA PRIMA TOTAL										PR																			
14										14/01/2014										09:12:00										0										0,00										18,20										336,25										14187,43										840,63										15382,51										0,00																			
15										14/01/2014										17:12:00										0										0,00										1111,57										336,25										14187,43										1340,63										15539,67										0,00																			
16										15/01/2014										01:12:00										0										0,00										1111,57										336,25										14187,43										1340,63										15539,67										0,00																			
17																																																																																																																							
18																																																																																																																							
19										Primer Turno																														18,20										336,25										14187,43										840,63										15382,51																																							
20										Segundo Turno																														1093,36										0,00										0,00										500,00										157,17																																							
21										Tercer Turno																														0,00										0,00										0,00										0,00										0,00																																							
22																																																																																																																							
23																																																																																																																							
24																																																																																																																							
25																																																																																																																							
Parte diario										Hoja1																																																																																																													

Figura 3.72 Datos Reporte Producción Envasado

el proceso es de gran utilidad, teniendo en cuenta los inconvenientes que se presentan.

3.3.2 ANDON ENVASADO

El desarrollo de un sistema basado en la visualización en tiempo real de la producción permite maximizar la capacidad productiva de la empresa, a través del planteamiento de metas que deben cumplirse a diario a través de la determinación de varios parámetros calculados automáticamente por el sistema de control y visualizados por el operador para de acuerdo a los resultados obtenidos tomar decisiones que busquen alcanzar los niveles de eficiencia requeridos.

La señal generada por las electroválvulas de envasado del producto final provee el bit necesario para guardar la información de kilogramos en registros acumuladores del programador lógico programable.

La creación de estadísticas se considera el punto de partida para el desarrollo de un sistema confiable, eficiente, persuasivo y motivacional que permitirá alcanzar una meta real de producción.

El sistema implementado tiene como objetivo:

- Registrar el defecto encontrado en el producto.
- Identificar con facilidad los fines de lote de producción.
- Mejorar el tiempo de entrega de los productos fabricados.
- Alcanzar las metas de producción.
- Visualizar en tiempo real, los reportes y gráficas que detallen el comportamiento de la producción.
- Optimizar la eficiencia de producción de forma sencilla y económica.
- El monitoreo de eventos de producción.
- El monitoreo, en tiempo real, de la velocidad de producción.

- El conteo de unidades producidas en cada producto fabricado.
- El despliegue de indicadores de productividad en la línea de producción en forma automática. [28]

A continuación, se muestra en la figura 3.74, la pantalla en el HMI que posee el sistema andon. Este nos permite visualizar el avance de la producción y como debemos planificar la producción para llegar a la meta diaria que es de 25725 Kg.

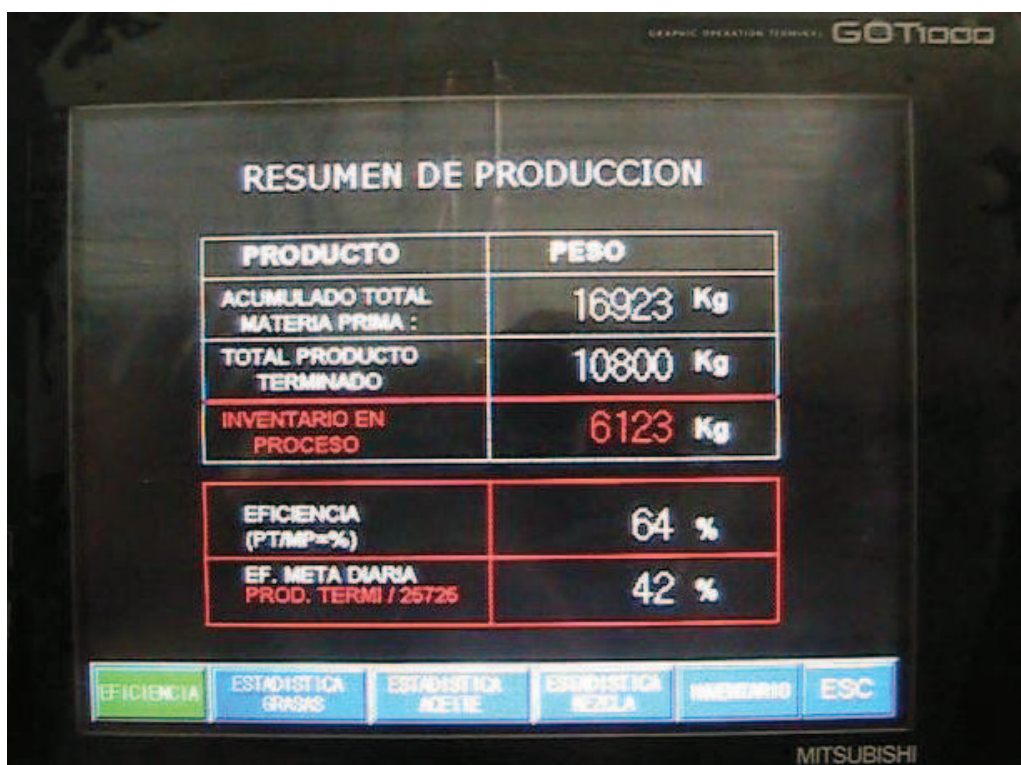


Figura 3.74 Reporte Diario Producción Envasado

Esto junto a otros datos estadísticos permiten tener un enfoque claro de hacia dónde debe caminar la empresa para obtener una mayor rentabilidad.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PLATAFORMA

Con el cambio de la plataforma, mostrada en la figura 4.1, por la sustitución del módulo FX2N por el módulo FX3U, y el cambio de conexiones físicas del tablero eléctrico, se realizó una nueva distribución de las señales analógicas en los módulos lo que implicó modificaciones en el programa de PLC. La capacidad del programa inicialmente era de 8000 pasos, con la adición de nuevas señales al PLC y de comandos manuales que inicialmente estaban en el tablero, fue necesario incluir una memoria de 64000 pasos para aumentar la capacidad del programa.

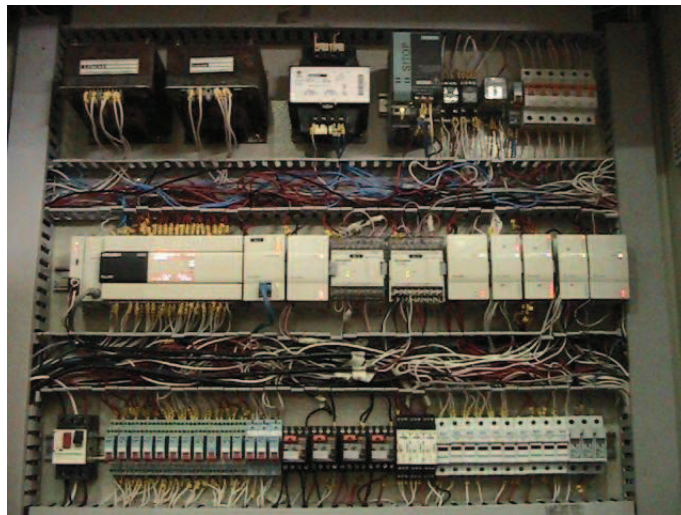


Figura 4.1 Plataforma Mitsubishi de Envasado

La disposición inicial y final de las señales en los módulos A/D se muestra en la tabla 4.1 y en la tabla 4.2.

CANAL	Módulo 1 FX2N-4AD	Módulo2 FX2N-8AD	Módulo3 FX2N-8AD	Módulo 4 FX3U-4DA	Módulo5 FX3U-4AD
CH1	Temp. tanque acuosa	Temp. tanque preparación	Peso grasa1 izquierda	Agitador tanque preparación	Libre
CH2	Temp. tanque oleosa	Temp. tanque alimentación	Peso grasa1 derecha	Agitador tanque alimentación	Libre
CH3	Libre	Libre	Temp. pin machine	Bomba tanque alimen-perfector	Peso aceite izquierda
CH4	Libre	Temp. tanque fundido	Libre	Libre	Peso aceite derecha
CH5	x	Temp. ingreso perfector	Libre	x	x
CH6	x	Temp. salida perfector	Peso tanque mezcla	x	x
CH7	x	Temp. transporte2 perfector	Libre	x	x
CH8	x	Temp. transporte1 perfector	Libre	x	x

Tabla 4.1 Señales en plataforma antigua

CANAL	Módulo 1 FX3U-4AD	Módulo2 FX2N-8AD	Módulo3 FX2N-8AD	Módulo 4 FX3U-4DA	Módulo5 FX3U-4AD
CH1	Peso grasa1 izquierda	Temp. tanque preparación	Temp. tanque acuosa	Agitador tanque preparación	Peso tanque mezcla
CH2	Peso grasa1 derecha	Temp. tanque alimentación	Temp. tanque oleosa	Agitador tanque alimentación	Libre
CH3	Peso grasa1 izquierda	Libre	Temp. pin machine	Bomba tanque alim-perfector	Peso aceite izquierda
CH4	Peso grasa1 derecha	Temp. tanque fundido	Temp. cuarto frio	Libre	Peso aceite derecha
CH5	x	Temp. ingreso perfector	Temp. ingreso botator	x	x
CH6	x	Temp. salida perfector	Temp. transporte1 botator	x	x
CH7	x	Temp. transporte2 perfector	Indisponible	x	x
CH8	x	Temp. transporte1 perfector	Temp. salida botator	x	x

Tabla 4.2 Señales en plataforma actual

Para la implementación de la estación dos, se incluyó una bomba para envío de producto al cristizador botator, para controlar dicha bomba, se aumentó a la plataforma el módulo FX3U-485ADP para comunicación y control del PLC con el variador de velocidad, en la figura 4.2 se muestra el variador Mitsubishi instalado.



Figura 4.2 Variador de velocidad de cristizador botator

4.2 PESAJE

4.2.1 ESTACIÓN GRASAS

4.2.1.1 Celdas de carga

De acuerdo a las pruebas realizadas con la nueva celda de carga marca Mettler Toledo, mostrada en la figura 4.3, se obtuvo repetitividad en los valores de peso en el envasado del producto final y una variabilidad menor al 1%.



Figura 4.3 Celdas de carga implementadas

4.2.1.2 Acondicionador

Se procedió a la instalación y calibración de los acondicionadores Mettler Toledo, figura 4.4, tomando en cuenta que el valor de peso máximo que ofrecía la balanza es de 60 Kg; límite suficiente para llenar las cajas de 50 Kg de las diferentes presentaciones.



Figura 4.4 Montaje de Acondicionadores de Señal

Para constatar el error obtenido en el pesaje de cajas de manteca y margarina aplicando la ecuación (2), se ha tomado una muestra de cinco valores antes y después de los cambios de celdas y transductores en la estación 1, los pesos se muestran en las tablas 4.3, 4.4 y 4.5. En las figuras 4.5, 4.6 y 4.7 se observa la disminución de variabilidad del peso luego de los cambios realizados.

$$\frac{\text{Valor real}-\text{Valor medido}}{\text{Valor real}} \quad (2)$$

- CAJAS 3Kg

BALANZA DERECHA				BALANZA IZQUIERDA			
Valor Medido [Kg]		Error %		Valor Medido [Kg]		Error %	
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
2.90	2.96	3,33	1.33	2.85	2.98	5	0.6
2.84	2.96	5,33	1.33	2.98	3	0.6	0
3.20	2.98	6,67	0.6	2.9	2.98	3.33	0.6
3.15	3	5	0	3.25	2.98	8.3	0.6
2.96	2.96	1.33	1.33	3.1	3	3.33	0

Tabla 4.3 Datos iniciales y finales 3 Kg-Estación 1

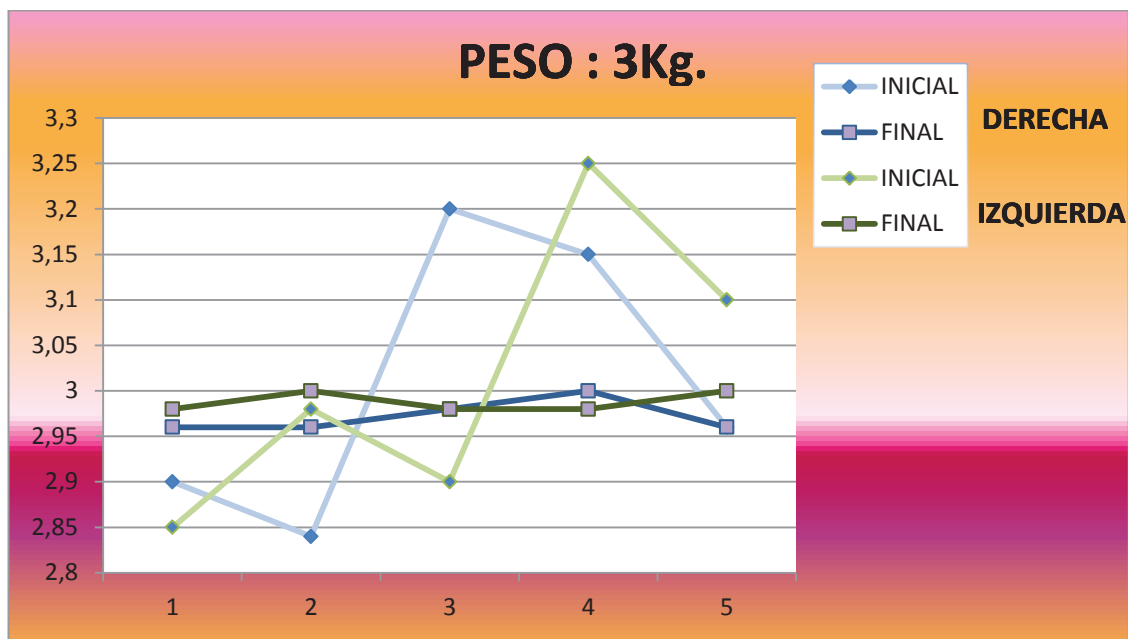


Figura 4.5 Variabilidad de pesos 3Kg. antes y después de sustitución de equipos

- CAJAS 15Kg

BALANZA DERECHA				BALANZA IZQUIERDA			
Valor Medido [Kg]		Error %		Valor Medido [Kg]		Error %	
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
14.90	14.94	0.6	0.4	14.8	14.98	1.33	0.1
14.84	14.96	1.06	0.2	14.86	14.98	0.93	0.1
15.16	14.96	1.06	0.2	14.98	14.98	0.13	0.1
15.26	14.96	1.73	0.2	15.22	14.98	1.47	0.1
15.10	14.98	0.6	0.1	15.18	14.96	1.2	0.2

Tabla 4.4 Datos iniciales y finales 15 Kg-Estación 1

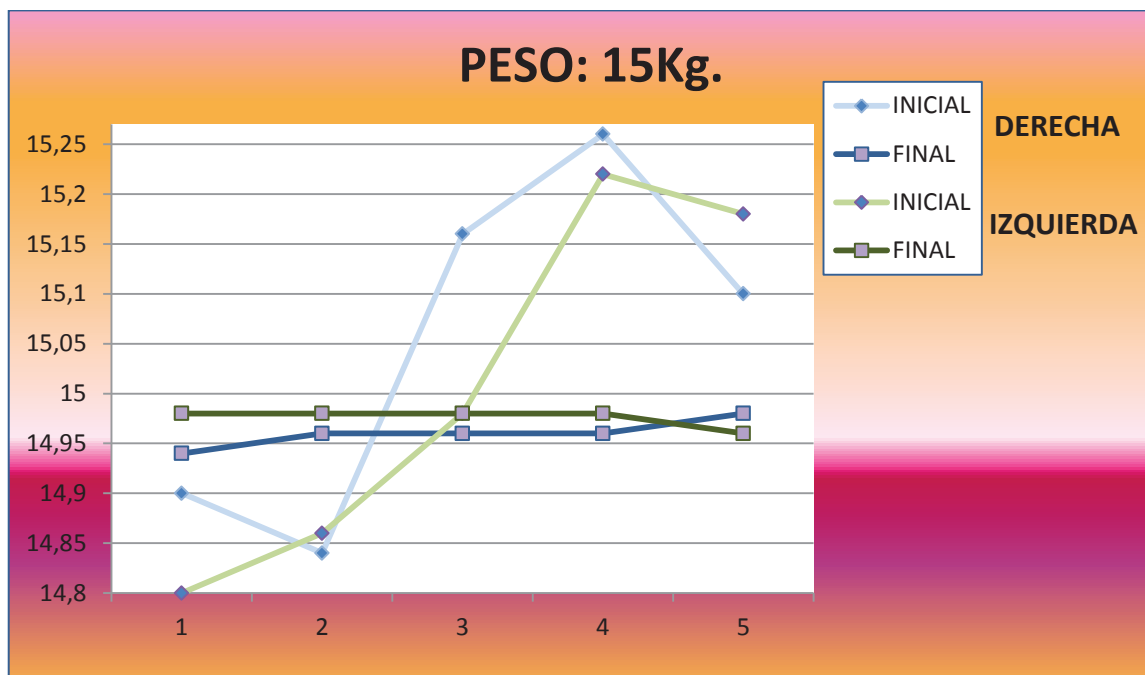


Figura 4.6 Variabilidad de pesos 15Kg antes y después de sustitución de equipos

- CAJAS 50Kg

BALANZA DERECHA				BALANZA IZQUIERDA			
Valor Medido [Kg]		Error %		Valor Medido [Kg]		Error %	
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
50.24	50	0.48	0	50.28	49.98	0.56	0.04
50.02	50.02	0.04	0.04	49.82	50.04	0.36	0.08
49.8	49.98	0.4	0.04	50.04	50.02	0.08	0.04
49.88	50	0.24	0	49.86	49.98	0.28	0.04
49.92	49.98	0.16	0.04	50.16	50	0.32	0

Tabla 4.5 Datos iniciales y finales 50 Kg-Estación 1

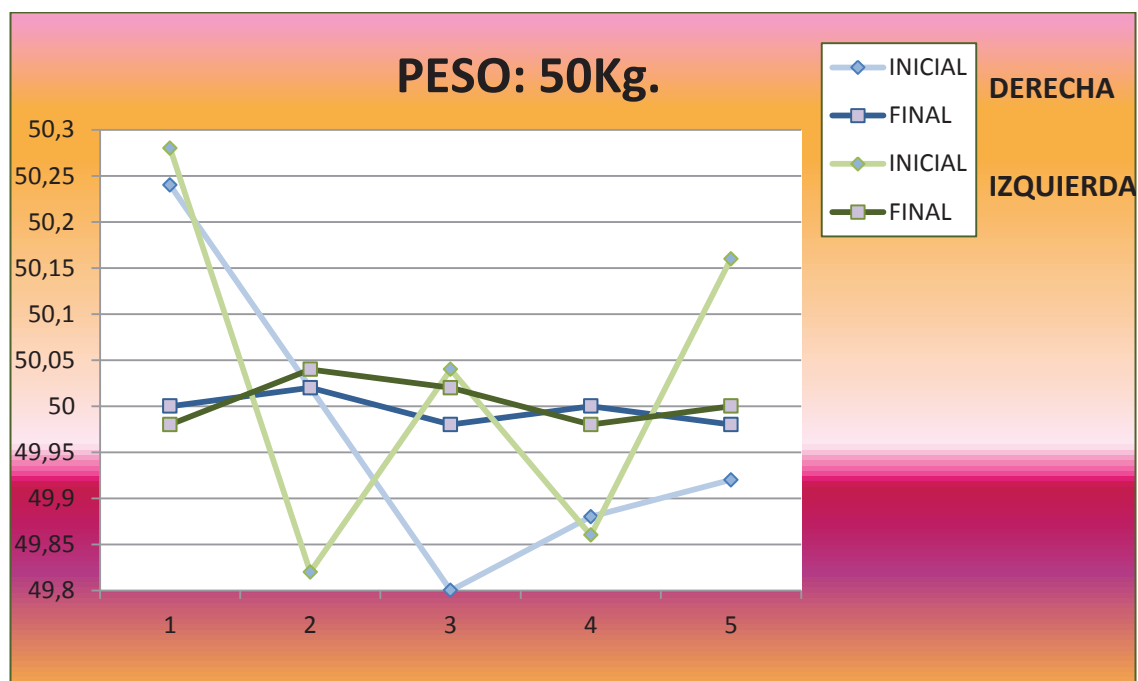


Figura 4.7 Variabilidad de pesos 50Kg antes y después de sustitución de equipos

4.2.2 ESTACIÓN 2

Están implementadas las líneas de programa y la interfaz gráfica que habilitan el funcionamiento de la Estación 2, así como la conexión eléctrica para las celdas de carga, acondicionadores y válvulas electro-neumáticas.

En la figura 4.8 se muestra la estación 2 de grasas con las celdas de carga instaladas.



Figura 4.8 Estación 2 habilitada para su funcionamiento

Para asegurar el correcto funcionamiento de las celdas de carga y acondicionadores instalados, se ha tomado una muestra de cinco datos, en la tabla 4.6 se indica los datos tomados en cajas de 3Kg, en la tabla 4.7 los datos de cajas de 15 Kg. y en el tabla 4.8 los datos del peso de cajas de 50Kg.

En las figuras 4.9, 4.10 y 4.11 se muestra claramente la repetitividad, mientras que el peso es mayor el error se hace más insignificante.

- 3 Kg

BALANZA DERECHA				BALANZA IZQUIERDA			
Valor Medido [Kg]		Error %		Valor Medido [Kg]		Error %	
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
-	2.98	-	0.6	-	2.96	-	1.33
-	2.96	-	1.33	-	2.96	-	1.33
-	2.98	-	0.6	-	2.98	-	0.6
-	2.96	-	1.33	-	2.98	-	0.6
-	2.98	-	0.6	-	2.96	-	1.33

Tabla 4.6 Peso 3 Kg-Estación 2

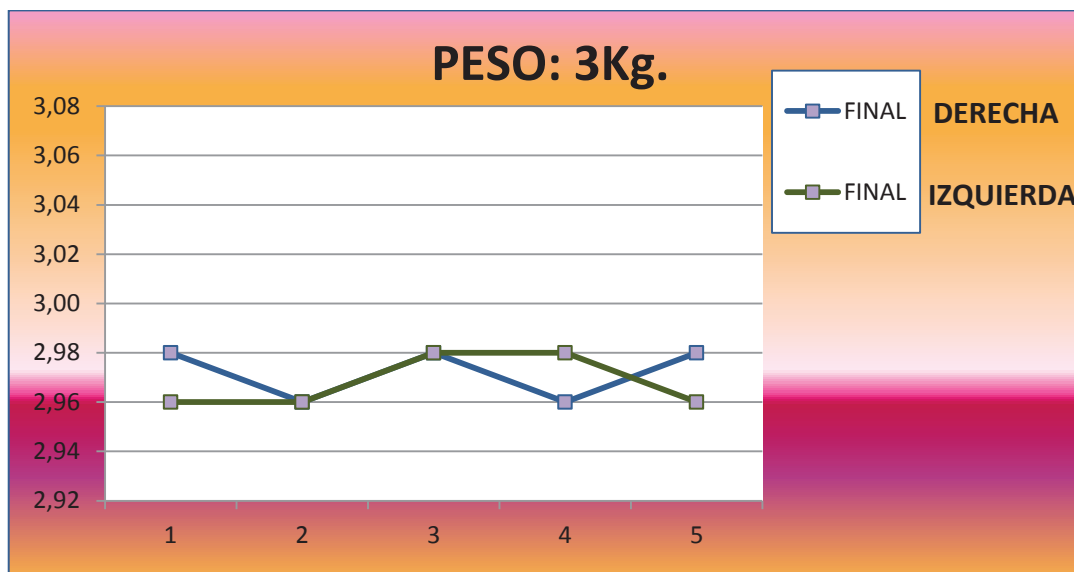


Figura 4.9 Variabilidad de pesos 3Kg.

- 15 Kg

BALANZA DERECHA				BALANZA IZQUIERDA			
Valor Medido [Kg]		Error %		Valor Medido [Kg]		Error %	
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
-	14.96	-	0.2	-	14.98	-	0.1
-	14.96	-	0.2	-	14.98	-	0.1
-	14.96	-	0.2	-	14.98	-	0.1
-	14.96	-	0.2	-	14.98	-	0.1
-	14.96	-	0.2	-	14.96	-	0.1

Tabla 4.7 Peso 15 Kg-Estación 2

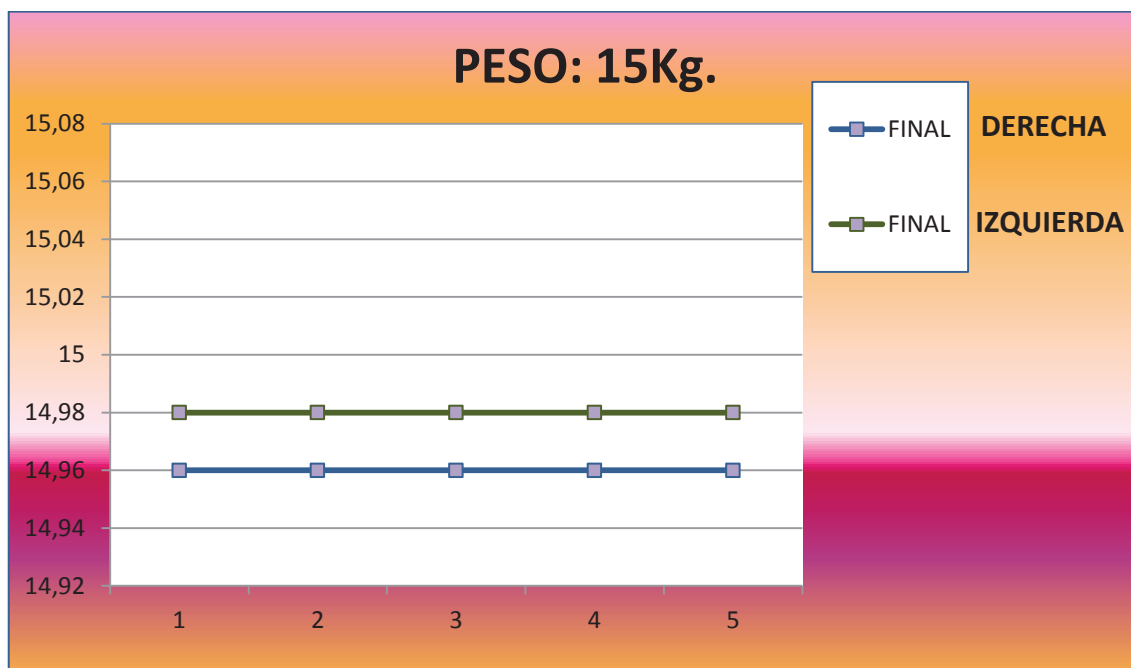


Figura 4.10 Variabilidad de pesos 15Kg.

- 50 Kg

BALANZA DERECHA				BALANZA IZQUIERDA			
Valor Medido [Kg]		Error %		Valor Medido [Kg]		Error %	
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
-	49.98	-	0.04	-	49.96	-	0.08
-	49.98	-	0.04	-	49.96	-	0.08
-	49.98	-	0.04	-	49.96	-	0.08
-	49.98	-	0.04	-	49.96	-	0.08
-	49.98	-	0.04	-	49.96	-	0.08

Tabla 4.8 Peso 50 Kg-Estación 2

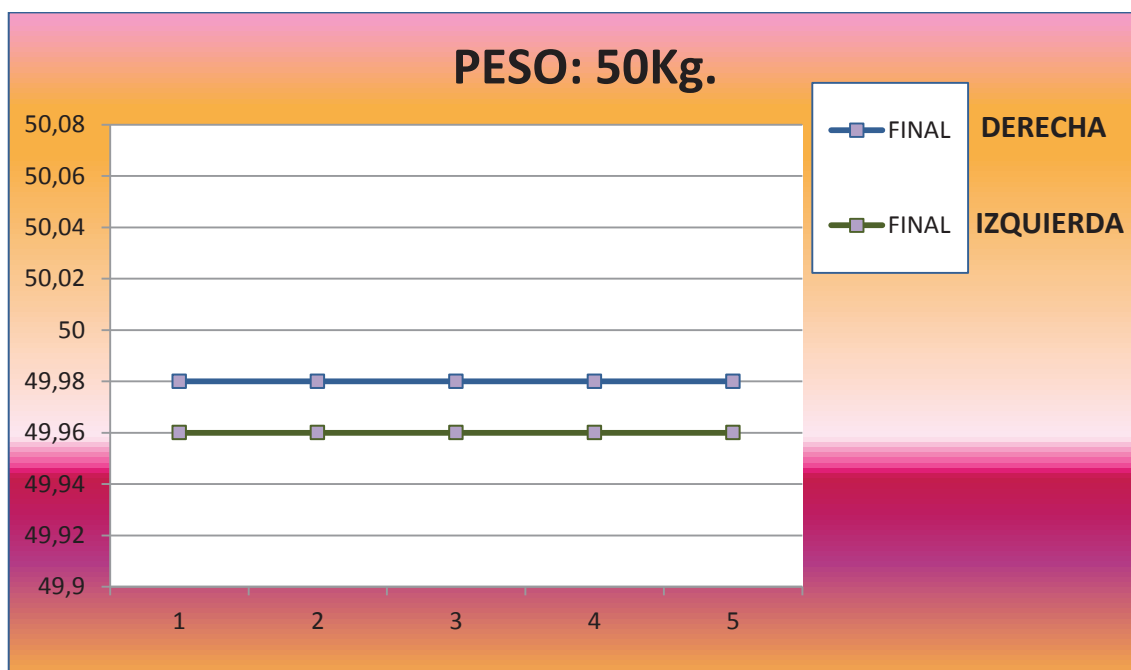


Figura 4.11 Variabilidad de pesos 50Kg.

4.2.3 ESTACIÓN ACEITE

4.2.3.1 Canecas

En la estación de aceite se realizó el cambio de los acondicionadores para lograr disminuir la variabilidad del peso y la calibración de las balanzas, los resultados se observan en la tabla 4.9.

BALANZA DERECHA				BALANZA IZQUIERDA			
Valor Medido [Kg]		Error %		Valor Medido [Kg]		Error %	
INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
18.26	18.14	0.33	0.33	18.36	18.16	0.88	0.22
18.16	18.12	0.22	0.44	18.08	18.14	0.66	0.33
18.20	18.14	0	0.33	17.88	18.16	1.76	0.22
18.06	18.14	0.77	0.33	17.92	18.14	1.54	0.33
17.96	18.12	1.32	0.44	18.1	18.14	0.55	0.33

Tabla 4.9 Datos 18.2 Kg-Estación Aceite 1

4.2.3.2 Botellas

La máquina llenadora de botellas mostrada en la figura 4.12 contiene dos sensores de presencia, estos controlan el ingreso de ocho botellas para el llenado de aceite, al detectarse las ocho botellas se activa una válvula electro-neumática que empuja el pistón de un cilindro para evitar el paso de más botellas, la señal de la válvula se ha enlazado al PLC para el control de las botellas envasadas así como el consumo de la materia prima utilizada.

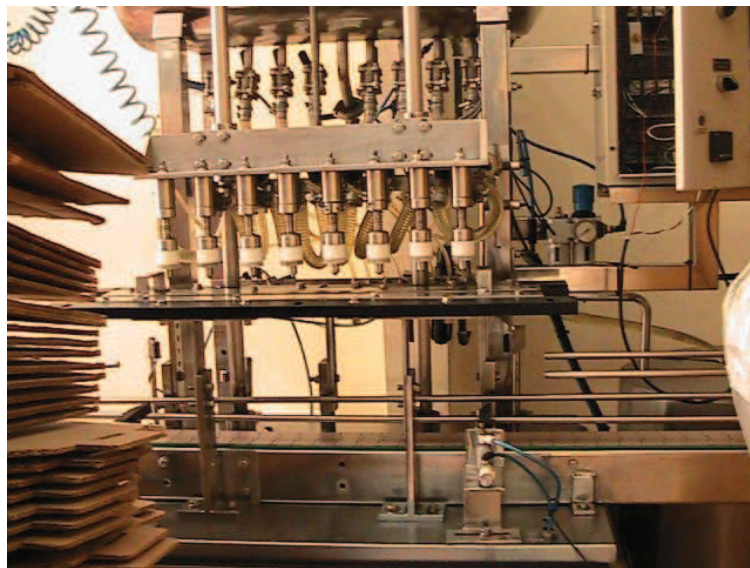


Figura 4.12 Embotelladora de aceite

4.2.3.3 Fundas

La máquina enfundadora de aceite mostrada en la figura 4.13 contiene un cilindro de 1litro de capacidad que llena cada funda para posteriormente sellarlas, cuando el cilindro contiene los 1000ml, se activa una válvula que cierra el paso del aceite desde los tanques gemelos, esta señal se ha enlazado al PLC para control de producción y consumo de materia prima.

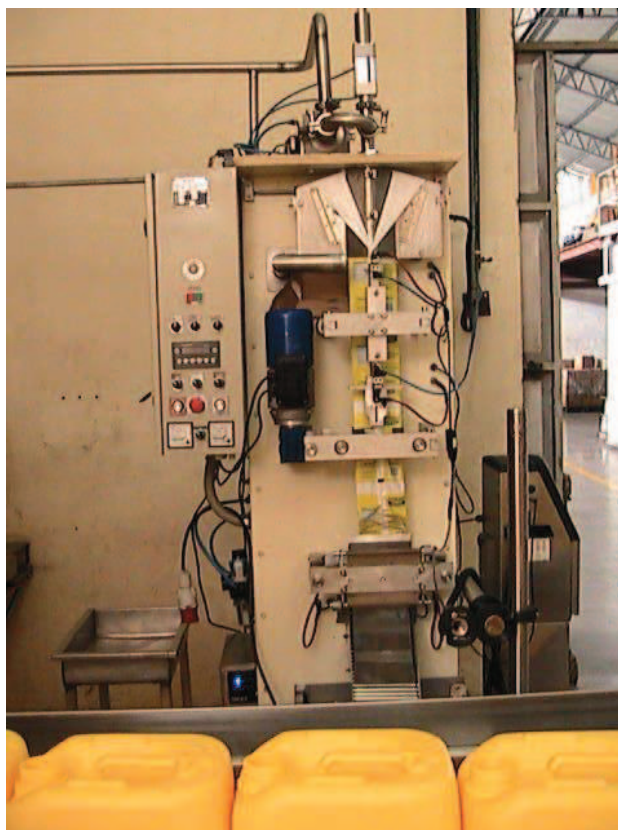


Figura 4.13 Máquina enfundadora de aceite

4.2.4 TANQUE MEZCLA

Para la calibración del tanque mezcla mostrado en la figura 4.14, fue necesario tomar sus medidas para obtener el volumen y a partir de este el peso máximo, los cálculos realizados se muestran en la tabla 4.10.

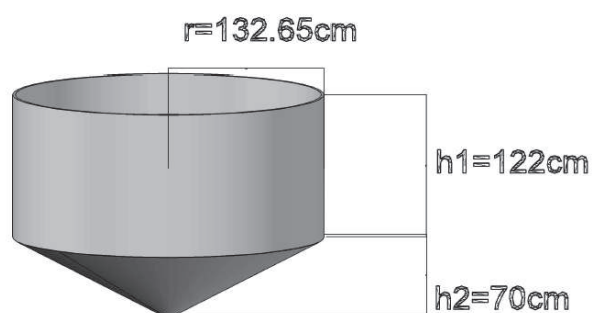


Figura 4.14 Tanque mezcla

Perímetro= 833,5cm

Variable	medición	u	masa [gr]	masa [Kg]
$r = P/2\pi$	132,66	cm		
$V_{cono} = 1/3 \pi r^2 h$	1290050,29	cm ³	1173945,77	1173,95
$m_{cilindro} = \text{Peso}_{\text{BATCH}} - V_{cono}$			3826054,23	3826,05
$V_{cilindro} = m_{cilindro} / d_{\text{aceite}}$	4204455,19	cm ³		
$h = V_{cilindro} / \pi r^2$	76,05	cm		

Tabla 4.10 Cálculo de altura del tanque mezcla

Con el cálculo teórico de la altura del tanque, y de la masa que se encuentra en su interior de 5000 Kg, se puede lograr determinar el error de la medición, con respecto al valor real aplicando la ecuación (2), los valores obtenidos se muestran en la tabla 4.11.

Peso Medido [Kg]	Altura medida [cm]	Altura Teórica [cm]	Error [%]
5065	150	147,34	1,8
5060	148	147,24	0,52
5040	145	147,34	1,5
5050	145	147,04	1,38
5065	152	147,34	3,2
5040	146	147,34	0,9
5050	146	147,04	0,71

Tabla 4.11 Datos Peso Tanque Mezcla

4.3 PRODUCCIÓN

Con la generación de reportes se ha logrado controlar el consumo de materia prima utilizado en el área de envasado y de los productos que se comercializan, el reporte de los datos que se genera se muestra en la figura 4.15.

PRODUCTO						1er. Turno [Kg]	2do. Turno [Kg]	3er. Turno [Kg]	Total
FAMILIA	COMP.	PESO	U.	PRES.	EMP.	IMPR.			
Manteca	COSTA	3 Kg.	Caja	Jaba		C.Impr.			
Manteca	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U		C.Impr.			
Manteca	COSTA	50 Kg.	Bloque	C/U		C.Impr.			
Manteca	COSTA	15 Kg.	Caja	C/U		S.Impr.			
Manteca	COSTA	3 Kg.	Balde	Caja 8Bl		C.Impr.			
Manteca	SIERRA	3 Kg.	Caja	Jaba		C.Impr.			
Manteca	SIERRA	15 Kg.	Caja	C/U		C.Impr.			
Manteca	SIERRA	50 Kg.	Bloque	C/U		C.Impr.			
Manteca	COSTA PLUSS	15 Kg.	Caja	C/U		C.Impr.			
Joyapan		15 Kg.	Caja	C/U		C.Impr.			
Joyapan		50 Kg.	Bloque	C/U		C.Impr.			
Joyapan	COSTA PLUSS	15 Kg.	Caja	C/U		C.Impr.			
Marg. homo		15 Kg.	Caja	C/U		C.Impr.			
Marg. homo		50 Kg.	Bloque	C/U		C.Impr.			
Joyaldrina		15 Kg.	Caja	C/U		C.Impr.			
Joyafina		3 Kg.	Balde	Caja 8Bl		C.Impr.			
Aceite		18,2 Kg.	Canecas	C/U		C.Impr.			
Aceite		18,2 Kg.	Canecas	C/U		S.Impr.			
Aceite		1000 ml.	Funda	Caja 12FD		C.Impr.			
Aceite		900 ml.	Botella	Caja 15bt		C.Impr.			
Aceite		900 ml.	Botella	Pack 6bt		C.Impr.			
Oleina		200,2 Kg.	Tanque			S.Impr.			
Total									

INV. INICIAL:	
OLEINA:	
SOYA:	
ESTEARINA:	
RBD:	
ACUOSA TOTAL:	
INVENTARIO FINAL:	

CONSUMO	MAT. PRIMA:	
SOYA:		
RBD:		
OLEINA:		
ESTEARINA:		
ACUOSA:		
PRODUCTO	NO CONF:	

Figura 4.15 Datos generados en reporte de materia prima

4.4 RECETAS

Con la automatización del proceso de elaboración de recetas el operador solo necesita seleccionar la familia del producto que se va a preparar, confirmar los porcentajes de los ingredientes e iniciar el batch, esto ha permitido disminuir el tiempo de operatividad del trabajador para que pueda ser empleado en otros procesos aumentándose así la eficiencia del personal y del proceso.

4.5 CAUDALÍMETRO

Con la instalación del caudalímetro, figura 4.16, se puede registrar la cantidad de agua que se utiliza para la preparación de margarinas, lo que facilita el control de inventarios. El operador debe colocar el valor del agua en kilogramos a descargar

en la pantalla o coloca la receta a preparar y automáticamente se descarga la cantidad de agua fijada para la preparación.



Figura 4.16 Caudalímetro conectado en línea de agua

4.6 SISTEMA ANDON

Con la implementación del sistema ANDON se ha logrado optimizar la eficiencia y aumentar la velocidad de producción. Los parámetros que se miden son: peso acumulado total de materia prima, peso total del producto terminado y el inventario en proceso, calculándose la eficiencia entre lo que sale y lo que ingresa a la planta de envasado. Además se maneja una eficiencia de meta diaria con respecto a la capacidad de producción de la planta, la cual debe alcanzar el valor de 25725 Kg, para cumplir con los requerimientos de ventas.

4.7 TEMPERATURAS

Con el control de temperatura en el sistema de agua caliente, se logró eliminar los picos de temperatura en la preparación de recetas que pueden causar un producto de menor calidad, en las figuras 4.17 y 4.18 se puede comparar las temperaturas del producto en los tanques de preparación y alimentación antes y

después de la implementación del control, en la figura 4.19 se muestra las válvulas instaladas en los tanques para control de temperatura.

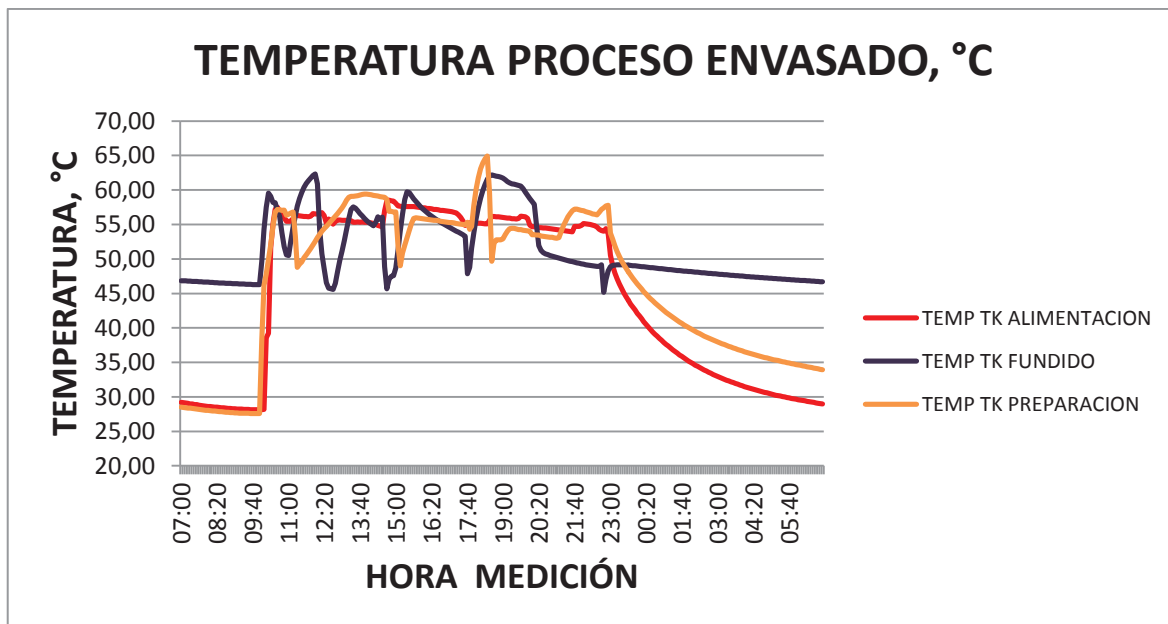


Figura 4.17 Temperatura en tanques sin control

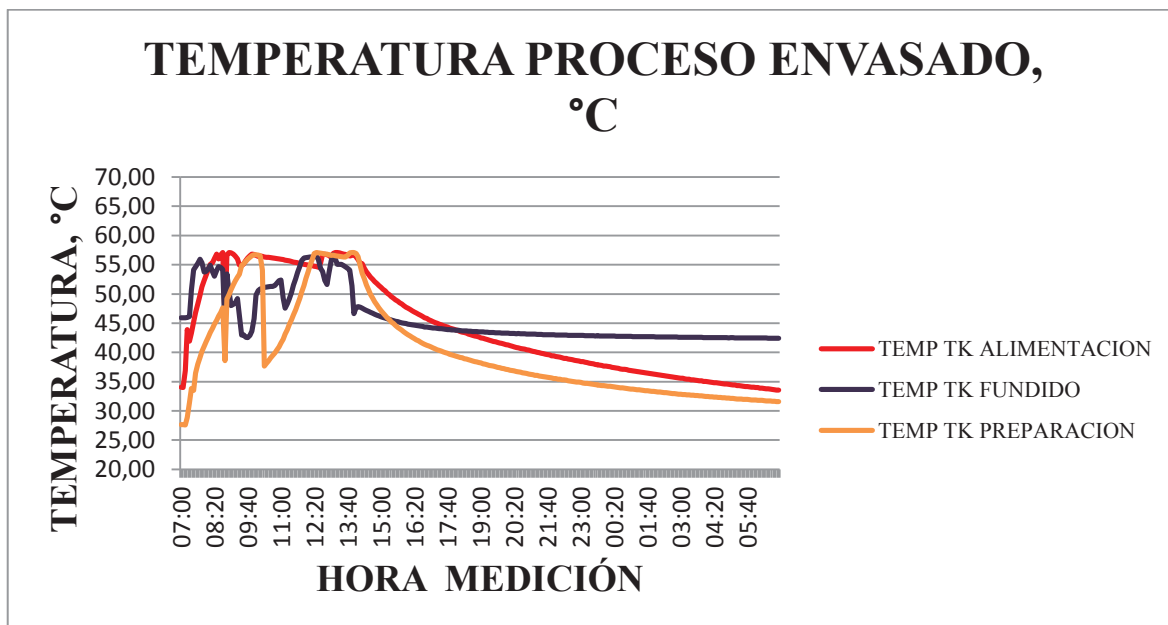


Figura 4.18 Temperatura en tanques con control ON-OFF

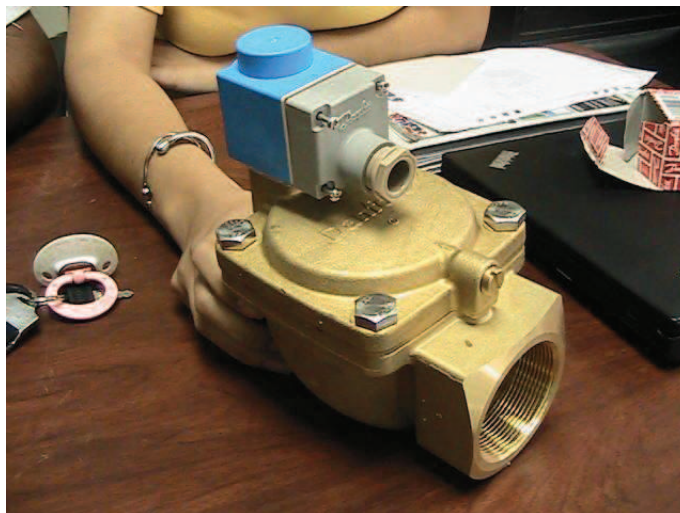


Figura 4.19 Electroválvulas en tanques de alimentación y preparación

El monitoreo de la temperatura del cuarto frío permite llevar un registro para garantizar que el producto sierra se almacena a temperaturas adecuadas. En la gráfica que se reporta, figura 4.20, se muestra la tendencia de temperatura, los picos se deben a un despacho de producto.

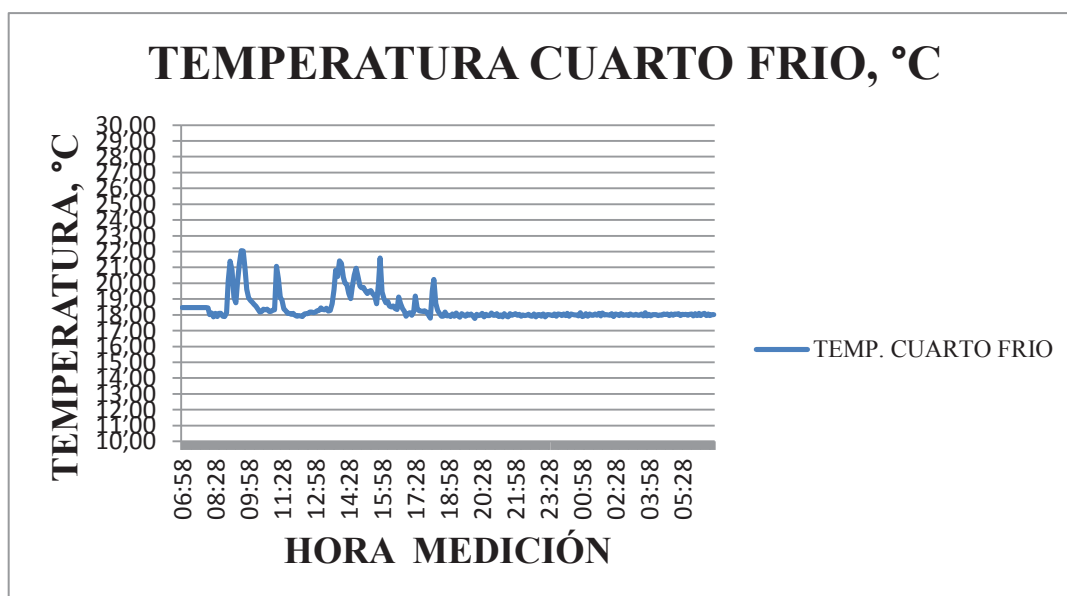


Figura 4.20 Temperatura en cuarto frío

En el botator se instalaron tres sensores de temperatura para control y registro de datos, el primer sensor se colocó en la entrada del material al cristalizador, el segundo en el tubo de transporte de cristalización a enfriamiento y el último en el

tubo de salida del producto para ser envasado, en la figura 4.21 se muestra los sensores instalados, con esto se asegura el funcionamiento del equipo de cristalización para la estación dos.



Figura 4.21 Sensores de temperatura en botator.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los correctivos realizados en la lectura de la temperatura del agua utilizada en los cristalizadores, generó confiabilidad en las acciones realizadas en el proceso. Se recomienda instalar sensores para visualizar la temperatura del aceite en el cristizador. Los datos comparados con la temperatura del agua lograrán determinar el punto de equilibrio a través del cual se puede realizar un control automático del proceso de fraccionamiento.
- La adaptación del módulo FX3U 485 ADP-MB a la plataforma Mitsubishi simplifica la puesta en marcha del variador F700, ya que se eliminó el uso de un módulo digital análogo para su funcionamiento; es necesario configurar de parámetros en el PLC y en el variador. Se recomienda cargar el programa al PLC después de la configuración, no solo compilarlo en línea, caso contrario no se reconocería al variador aún ajustados los parámetros necesarios.
- Para la generación de reportes es importante determinar y registrar los tags necesarios como históricos, los registros que no son históricos no generan limitantes. Al declarar como históricos la totalidad de la licencia, de 150 tags adquiridos por la empresa, se presentan problemas en el HMI del Sistema SCADA, donde se limitan a 19 tags disponibles para cada pantalla.
- Para la generación de reportes de producción diaria y consumos en los tres turnos fue necesario considerar el sobrante de materia prima del día anterior y reportarlo dentro del primer turno, asegurándose así la generación real y exacta del proceso. Es recomendable la sincronización del tiempo en el PLC con el del computador para evitar la obtención de

datos equivocados por desfase de pocos minutos, ya que el reporte se genera a las 7:02 AM.

- La generación diaria de reportes de temperatura brinda información valiosa para la gestión de calidad de la empresa. Esto otorga al momento de reclamos por devoluciones detectar y analizar el error en la fecha y la hora exacta en la que se envasó el producto. Se recomienda analizar la trazabilidad del producto para tomar las acciones correctivas pertinentes.
- La sustitución de registros sin memoria por registros con memoria (latchados) se logró preservar datos importantes para la determinación de inventarios. Se recomienda determinar que registros deberían ser latchados y a cuales de acuerdo a su función se debería mover un valor; los valores precargados directamente en los registros se enceran cada vez que se carga un nuevo programa al PLC, o cada vez que se interrumpe la alimentación al PLC.
- El control de la temperatura en los tanques de preparación y alimentación ayuda a garantizar la elaboración de productos con las características y estándares de calidad dentro del tiempo de almacenamiento, traslado y consumo. Se recomienda colocar el control de temperatura PID para seguir mejorando el proceso y tener linealidad en el comportamiento de esta variable.
- Los tiempos de operación del proceso desde la interfaz gráfica fueron notablemente reducidos. Esto permitió al operador disponer de mayor cantidad de tiempo efectivo en otras etapas del proceso.
- La garantía de la repetitividad se debe al correcto funcionamiento de las celdas de carga. Se recomienda una calibración de los equipos cada 2 meses, y así evitar desviaciones en el peso neto del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Armando Cardozo, *Estudio Comparativo Valor Nutritivo de Torta de Palma Africana Quinoa y Leche Descremada en Polvo*. Costa Rica, 1959.
- [2] Arbolesymedioambiente. (2013) [Online].
<http://www.arbolesymedioambiente.es/palma.html>
- [3] FAO. (2006) [Online].
http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfresco/s/PALMADEACEITE.HTM
- [4] COMEXPALMA. (2011) [Online].
http://www.comexpalma.org/comexpalma2010/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=17&Itemid=13
- [5] Tierra. (2013) [Online].
http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/Aceite_de_Palma.pdf
- [6] Oscar Morán, *Los Productos de la Palma Africana y su Control*. Santo Domingo: Sección de comunicación del INIAP, 1993.
- [7] Teresa Morales, *Grasas y Aceites Alimentarios*. Madrid: Díaz de Santos, 2012.
- [8] CROWN. (2011) [Online].
http://www.crowniron.com/userImages/spanish/Crown_Oils_&_Fats_Brochure_SPAN.pdf
- [9] Mitsubishi Electric. [Online].
http://es.meau.com/eprise/main/sites/public/products/Programmable_Logic_Controllers/FX3U/default
- [10] MITSUBISHI. [Online].
http://www.meau.com/Files/FX_FAMILIA_Spanish_PDF?ID=060000000000000001000000549300001
- [11] Kesbeng Wang, Kovacs George, Michael Wozny, and Fang Mingkm, *Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management*. United States of America, 2006.
- [12] Mitsubishi Electric. Automatización de Fábrica-Amércias. [Online].

http://ec.mt.com/lac/es/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/Terminals-and-Controllers/terminals_indicators/Weighing_Terminal_Accessories/IND110_Module.tabs.documents.html.

[26] [Online].

http://es.meau.com/eprise/main/sites/public/Products/Variable_Frequency_Drives/F700/default

[27] GPI, GPI_19-21.pdf, 2014.

[28] MES. [Online]. <http://www.mesautomation.com.mx/productos-y-servicios/sistemas-andon.html>

[29] FESTO. www.festo-didactic.com. [Online]. http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/573031_lb_pep_extracto_es.pdf

[30] Antonio Serrano, *Neumática Práctica*.: Paraninfo, 2009.

[31] Jesús Cembranos, *Automatismos Eléctricos Neumáticos y Hidráulicos*.: Paraninfo, 2008.

[32] OCW. ocw.uv.es. [Online]. <http://ocw.uv.es/ocw-formacion-permanent/9.BALANZAS.pdf>

[33] Jose Miguel Molina and Jimenez Manuel, *Programación Gráfica para Ingenieros*. Barcelona: Marcombo, 2010.

[34] INSTRUMENTACIÓN CONGRESO. www.misprofesores.com. [Online]. <http://www.misprofesores.com/uploads/Did-2.pdf>

[35] Unipalma. (2013) [Online]. <http://unipalma.com/aceite-de-palma>

[36] Aquilino Rodríguez Penin, *Sistemas SCADA*, 2nd ed.: MARCOMBO, S.A., 2007.

[37] Bill Drury, *Control Techniques Drives and Controls Handbook*., 2001.

ANEXO A

DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA DE CONTROL

