

Propuesta de mejora para el proceso de almacenamiento y distribución de aceite vegetal dentro la planta de producción de la empresa Compañía Integral SAS.



Christian Andres López Salazar

Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Ingeniería en Automática Industrial  
Popayán, 2022

Propuesta de mejora para el proceso de almacenamiento y distribución de aceite vegetal dentro la planta de producción de la empresa Compañía Integral SAS.



Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero en  
Automatización Industrial

Christian Andres López Salazar

Asesores institucionales

Director

Msc. Martin Muñoz

Codirector

Msc. Oscar Amaury Rojas

Asesor de la empresa Compañía Integral SAS

Ing. Juan Pablo Castaño

Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Ingeniería en Automática Industrial  
Popayán, 2022

## TABLA DE CONTENIDO

### Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	8
2	MARCO REFERENCIAL .....	10
2.1	Automatización industrial.....	10
2.2	Isa S5.....	10
2.2.1	Isa S5.1: .....	10
2.2.2	Isa S5.3: .....	10
2.2.3	Isa S5.4: .....	11
2.2.4	Isa S5.5: .....	11
2.3	Isa 88.....	11
2.3.1	Modelo físico.....	11
2.3.2	Modelo de control procedimental.....	12
2.3.3	Modelo proceso .....	12
3	PRODUCTO.....	12
2.1	Producción de Oleína de Palma .....	12
2.2	Producción de aceite de Soja .....	14
2.3	Parámetros de calidad de la Oleína de Palma y el Aceite de Soja.....	15
4	PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA COMPAÑÍA INTEGRAL SAS.....	18
4.1	Etapas principales del proceso .....	19
4.1.1	Pesaje 1:.....	19
4.1.2	Inspección:.....	20
4.1.3	Análisis de calidad:.....	20
4.1.4	Recepción y distribución: .....	20
4.1.5	Dosificación de componentes:.....	21
4.1.6	Mezcla: .....	22
4.1.7	Dosificación en tanques pulmón: .....	22
4.1.8	Envasado.....	22
4.1.9	Empaque .....	22
4.1.10	Estibado .....	23
4.1.11	Despacho .....	23
5	METODOLOGIA.....	24
5.1	Tipo de investigación.....	24
5.2	Método de investigación .....	24

5.3	Enfoque de investigación.....	24
5.4	Fuentes de información.....	25
5.4.1	Fuentes primarias.....	25
5.4.2	Fuentes secundarias .....	25
5.5	Técnicas de información.....	25
5.6	Tratamiento de la información.....	26
6	ANALISIS DE RESULTADOS.....	27
6.1	Entrevista .....	27
6.1.1	Caso 1: .....	27
6.1.2	Caso 2: .....	28
6.1.3	Caso 3: .....	28
6.2	Revisión de reportes e históricos .....	29
6.2.1	Caso 1: .....	29
6.2.2	Caso 2: .....	31
6.2.3	Caso 3: .....	32
6.3	Conclusión de la recolección de información.....	33
7	FORMULACIÓN DE PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA ETAPA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA Y DISTRIBUCIÓN DE ACEITE VEGETAL EN LA EMPRESA COMPAÑÍA INTEGRAL SAS. ....	35
7.1	Ingeniería Conceptual .....	35
7.1.1	Instrumentos de la etapa de recepción de materia prima.....	35
7.1.2	Diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) de la etapa de recepción de materia prima.....	36
7.1.3	Isa 88. ....	37
7.1.4	Layout de la distribución de la zona de descargue de materia prima - Compañía Integral SAS.....	41
7.1.5	Requerimientos para el proceso de recepción y distribución de aceite vegetal 42	
7.2	Ingeniería básica .....	44
7.2.1	Rutas establecidas para el descargue y traslado del aceite vegetal.....	44
7.2.2	Sistemas que garanticen los requerimientos de seguridad y protección de la materia prima.....	45
7.2.3	Estructura principal del programa .....	46
7.3	Ingeniería de detalle.....	48
7.3.1	Diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) para el proceso de recepción de materia prima .....	48

7.3.2	Diagrama de lazo .....	49
7.3.3	Caracterización de la instrumentación.....	57
7.3.4	Isa 88 .....	58
8	ROBUSTEZ DE LA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL SISTEMA DE RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA PRIMA. ....	63
8.1	Interlocks y permisivos.....	63
8.1.1	Rutina 1 .....	63
8.1.2	Rutina 2 .....	64
8.1.3	Rutina 3 .....	65
8.1.4	Rutina 4 .....	65
8.1.5	Rutina 5 .....	66
8.1.6	Rutina 6 .....	66
8.1.7	Rutina 7 .....	67
8.1.8	Rutina 8 .....	68
8.2	Programación en IspSoft.....	68
8.3	Diseño de la interface HMI.....	73
8.4	Simulación del sistema .....	78
8.4.1	Eventos críticos para el proceso de almacenamiento y distribución de aceite vegetal: 78	
8.4.2	Pruebas de funcionamiento: .....	78
9	ESTUDIO ECONÓMICO PARA LA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ETAPA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA Y DISTRIBUCIÓN DE ACEITE VEGETAL PARA LA EMPRESA COMPAÑÍA INTEGRAL SAS.....	82
9.1	Costos de implementación .....	82
9.1.1	Costos de instrumentación y elementos finales de control.....	82
9.1.2	Costos de materiales para la fabricación del tablero de control. ....	83
9.1.3	Costo de materiales para instalación, montaje y puesta en marcha.....	85
9.2	Análisis de costos.....	87
9.2.1	Análisis de pérdidas económicas.....	87
9.2.2	Estudio económico – Tasa interna de retorno .....	87
10	CONCLUSIÓN .....	89
11	TRABAJOS FUTUROS.....	90
12	BIBLIOGRAFIA .....	91

## Listado de tablas

Tabla 1. Características organolépticas del aceite de Soja .....	16
Tabla 2. Características físico químicas del aceite de Soja .....	16
Tabla 3. Características físico químicas de la oleína de palma .....	17
Tabla 4. Variables del proceso de recepción y distribución .....	21
Tabla 5. Costos económicos del caso 1 .....	30
Tabla 6. Costos económicos del caso 2 .....	31
Tabla 7. Costos económicos del caso 3 .....	33
Tabla 8. Instrumentación de la etapa de recepción de materia prima.....	35
Tabla 9. Modelo de control procedimental, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima .....	37
Tabla 10. Modelo físico, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima.....	38
Tabla 11. Modelo de proceso, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima.....	40
Tabla 12. Rutas establecidas para el descargue y traslado del aceite vegetal .....	44
Tabla 13. Sistemas para el cumplimiento de los requisitos de seguridad y protección de la materia prima.....	45
Tabla 14. Elementos del diagrama de lazo de control de flujo.....	50
Tabla 15. Elementos del diagrama de lazo de control de presión .....	51
Tabla 16. Elementos del diagrama de lazo de control de nivel por alta .....	52
Tabla 17. Elementos del diagrama de lazo de control para verificación de apertura .....	54
Tabla 18. Elementos del diagrama de lazo de control de válvulas.....	55
Tabla 19. Instrumentación necesaria para el desarrollo del proyecto .....	57
Tabla 20. Modelo de control procedimental, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima .....	59
Tabla 21. Modelo físico, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima.....	60
Tabla 22. Modelo de proceso, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima.....	61
Tabla 23. Listado de variables de programación .....	69
Tabla 24. Costos de instrumentación y elementos finales de control.....	82
Tabla 25. Costos de materiales para la fabricación de tablero de control. ....	83
Tabla 26. Costos de materiales para instalación, montaje y puesta en marcha .....	85

## Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Proceso de refinación para la palma RBD.....	13
Ilustración 2. Proceso de refinado soja.....	15
Ilustración 3. Diagrama de flujo - Proceso Compañía Integral S.A.S.....	19
Ilustración 4. Diagrama de tubería e instrumentación del proceso de recepción de materia prima (P&ID).....	36
Ilustración 5. Layout de la distribución de la zona de descargue de materia prima - Compañía Integral SAS .....	41
Ilustración 6 Diagrama de flujo - Esquema de programa.....	47
Ilustración 7. Diagrama de tubería e instrumentación para el proceso de recepción de materia prima.....	48
Ilustración 8. Diagrama de lazo para el control de flujo .....	49
Ilustración 9. Diagrama de lazo para el control de presión .....	51
Ilustración 10. Diagrama de lazo de control de nivel por alta.....	52
Ilustración 11. Diagrama de lazo de control para verificación de apertura.....	53
Ilustración 12. Diagrama de lazo de control de válvulas.....	55
Ilustración 13. Código de habilitar y deshabilitar el proceso .....	70
Ilustración 14. Código para habilitar el sistema en modo automático o manual.....	71
Ilustración 15. Código de enclavamiento de los elementos de control .....	71
Ilustración 16. Enclavamiento de las rutinas .....	72
Ilustración 17. Código para la ejecución de la rutina numero 1 .....	72
Ilustración 18. Pantalla inicial - HMI.....	73
Ilustración 19. Activación del proceso .....	74
Ilustración 20. Selección del modo de operación.....	74
Ilustración 21. Controles manuales .....	75
Ilustración 22. Selección del tanque de almacenamiento .....	76
Ilustración 23. Selección para el filtro prensa .....	76
Ilustración 24. Rutinas posibles para la ejecución.....	77
Ilustración 25. Almacenamiento en el tanque N°9.....	78

# 1 INTRODUCCIÓN

Compañía Integral es una empresa especializada en la producción y comercialización de productos agroindustriales con una excelente relación calidad-precio, dirigidos a hogares, negocios, industria de alimentos y biocombustibles. La empresa actualmente comercializa y procesa crudo de palma, palma RBD (refinado blanqueado y desodorizado), soya RBD, oleína, lenteja, frijol, arveja, arroz y café, en todo el territorio colombiano. En la ciudad de Cali (Valle del Cauca), se encuentra la planta de producción principal, donde se procesa el crudo de palma, palma y soya RBD, también, se envasa oleína de palma, oleína de soya y mezclas de las mismas. Entre los productos más destacados producidos por Compañía Integral en el área de aceites vegetales podemos encontrar las marcas de: Medalla de Oro (Maquila de supermercados Olímpica), Oleo super y palma real dorada.

En el año 2003 fue constituida la empresa Compañía Integral y desde entonces ha tenido un crecimiento exponencial en términos de ventas y capacidad de producción, pero a su vez, este crecimiento exponencial en un corto plazo, ha provocado que los procesos de la cadena de valor se hayan planeado sin tener en cuenta conceptos de control, estandarización y automatización.

Actualmente, las operaciones de distribución de aceite vegetal dentro de las instalaciones de la planta de producción de envasado se realizan 100% manual, donde el flujo de aceite se controla por medio de 250 válvulas repartidas por todas las instalaciones de la empresa. Se utilizan mirillas en los tanques de almacenamiento para determinar el nivel de los mismos, siendo esta, la principal y única referencia para determinar si un tanque está completamente lleno, estas mirillas se utilizan para determinar las cantidades de oleína que se pueden mover entre los tanques de almacenamiento. Para este movimiento se utilizan motobombas centrifugas y de desplazamiento positivo, las cuales se accionan por medio de arranque directo sin ningún tipo de control de velocidad y de flujo.



En el año 2020, la falta de eficiencia de los sistemas que componen la cadena de valor, ha generado pérdidas económicas que ascienden a los 200 millones de pesos, lo cual representa una cantidad significativa para la economía de la empresa; el 76% de las pérdidas están directamente relacionadas con fallas en los procedimientos ejecutados por parte de los operarios de descargue y específicamente se detectan fallas en la operación de las válvulas tipo mariposa instaladas en todos los tanques de almacenamiento y líneas de distribución de materia prima dentro de la planta de producción, ocasionando derrames de producto, errores en la distribución del aceite vegetal y desgaste prematuro de los equipos de distribución (motobomba). Un 15% de las pérdidas corresponden a faltantes de materia prima dentro de los tanques de almacenamiento en los inventarios que se realizan de manera trimestral y el 9% restante de las pérdidas, se deben a devoluciones de producto terminado por inconsistencias en la calidad del mismo (empastado del aceite ya envasado). Estas inconsistencias de calidad, se deben al poco control que existe en el proceso de mezclado, donde los porcentajes que componen la mezcla no son exactos, generando diferencias en las propiedades físico químicas de los lotes de un mismo producto.

En este documento se realiza una propuesta de automatización la cual permita minimizar los errores presentes en los procesos de la cadena de valor.

## **2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 Automatización industrial**

La automatización industrial, es considerada como el manejo de la información en las empresas para la toma de decisiones en tiempo real, incorpora la informática y el control automatizado para la ejecución autónoma y de forma óptima de procesos diseñados según criterios de ingeniería y en consonancia con los planes de la dirección empresarial" (DNP, Colciencias. Plan Estratégico del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, 2000-2010).

### **2.2 Isa S5**

En instrumentación y control, se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de transmitir de una forma más fácil y específica la información. Esto es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.

#### *2.2.1 Isa S5.1:*

Identificación y símbolos de instrumentación. La norma ISA S5.1 establece de manera uniforme y estándar los medios de representación, la identificación y funciones propias de los instrumentos o dispositivos, sistemas de instrumentación utilizados para la medición, seguimiento y control, presentando un sistema de designación que incluye sistemas de identificación y símbolos gráficos.

#### *2.2.2 Isa S5.3:*

Símbolos gráficos para control distribuido, sistemas lógico computarizados.

La instrumentación está conformada muchas veces por instrumentos formados por ordenadores, controladores programables, miniordenadores y sistemas a microprocesador que disponen de control compartido, visualización compartida y otras características de interfase. Por lo tanto, la documentación necesaria para especificar esta clase de instrumentos, está dada por la norma ISA-S5.3, aprobada en el año de 1983.

### 2.2.3 *Isa S5.4:*

Diagramas de lazo de instrumentación. La norma ISA-S5.4 establece la información mínima requerida y adicional para un lazo de instrumentación; donde este lazo forma parte de un proceso descrito sobre alguna clase de dibujo de ingeniería como por ejemplo P&ID (Piping and Instruments Drawings).

### 2.2.4 *Isa S5.5:*

La norma ISA-S5.5 sirve como complemento a las normas ISA-S5.1 e ISA-S5.3 para proveer una integración cohesiva de la simbología gráfica y los diagramas de flujo de uso común en la industria. El desarrollo tecnológico ha permitido la representación de procesos físicos mediante el uso de computadores y sistemas electrónicos avanzados utilizando tecnología de despliegue de video, los cuales permiten el monitoreo y control por parte del usuario (operador) de una operación en particular. Estos despliegues combinan símbolos gráficos y de texto.

## 2.3 **Isa 88**

La norma ISA-88 entrega una guía para el diseño de sistemas de control en procesos de fabricación, definiendo la terminología base para su entendimiento al igual que una arquitectura de modelos que pueden ser usados en sistemas de automatización. [referencia paper isa88 1]. Estos modelos nos permiten identificar, separar y relacionar los recursos físicos con los procedimientos necesarios para poder obtener así un proceso en general. Con la ayuda de estos modelos tenemos la posibilidad de optimizar cualquier proceso en general. (*Artículo Norma Isa s88 Parte 4*)

### 2.3.1 *Modelo físico*

El modelo físico permite identificar y jerarquizar todos los recursos físicos que la empresa posee, esto nos permite tener una perspectiva global de los activos con los que cuenta la compañía para ejecutar determinado proceso, dando la oportunidad de optimizar gestionar de forma eficiente dichos recursos. El modelo físico clasifica los recursos físicos en células de proceso, unidades, módulos de equipo y finalmente, en módulos de control. (*Artículo Norma Isa s88 Parte 4*)

### 2.3.2 *Modelo de control procedimental*

El modelo de control procedimental identifica las tareas que se deben ejecutar dentro de la cadena de valor, de igual forma, organiza de forma ordenada y secuencial dichas tareas obteniendo un esquema que refleja el comportamiento real del proceso. Este modelo segmenta las actividades en procedimiento, procedimiento de unidad, operación y finalmente, se estipulan las fases que se realizan en determinado procedimiento. (*Artículo Norma Isa s88 Parte 4*)

### 2.3.3 *Modelo proceso*

En el modelo de proceso se establece un esquema donde se relacionan los procedimientos y tareas que se deben realizar con los activos físicos disponibles en la empresa, en este modelo podemos optimizar el proceso en general, gestionando actividades y recursos para obtener un mejor resultado. El modelo de proceso está compuesto por la descripción el proceso macro, estaciones de proceso, operaciones de proceso y finalmente se identifican las acciones que se deben ejecutar para lograr el proceso macro inicial. (*Artículo Norma Isa s88 Parte 4*)

## **3 PRODUCTO**

### **2.1 Producción de Oleína de Palma**

El aceite de palma se obtiene a partir del fruto de la palma africana (*Elaeis Guineensis*, *Elaeis Oelfera*), la versatilidad de la palma de aceite permite múltiples usos en las industrias de 11 concentrados para animales, cosméticos, pintura, jabones, detergentes, tintas para impresión, velas, biocombustibles y diversos productos de primera necesidad.

El aceite de palma tras un proceso de refinación, se fracciona en una parte líquida llamada “Oleína de palma” y en una fracción semisólida llamada “Estearina” la cual se compone en su mayoría de ácidos grasos.

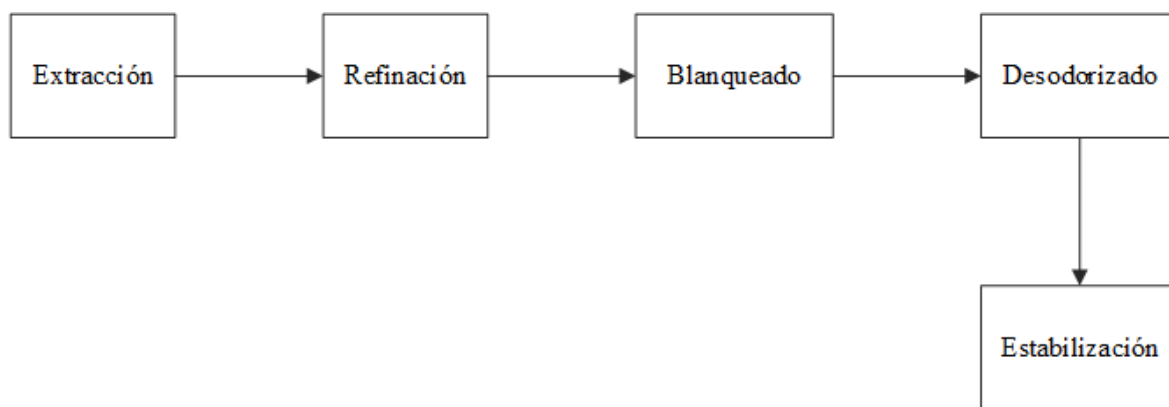
La producción de oleína de palma en el mundo es liderada por Indonesia, que para el final del año 2022 se proyecta con una producción de 46.500 miles de toneladas, en segundo lugar, se encuentra Malasia que se proyecta con una producción de 19.800 miles de toneladas. En el marco latinoamericano, Colombia es el mayor productor con una proyección de 1.838

miles de toneladas, seguido de Guatemala con una producción de 910 miles de toneladas (*Producción de Aceite de palma por país en miles de toneladas*).

El aceite de palma crudo se somete a un proceso de refinado, blanqueado y desodorizado (RBD) que elimina el contenido de ácidos grasos, humedad e impurezas. Este proceso también modifica el color del aceite de palma, pasando de rojo a un amarillo intenso, pero manteniendo la mayoría de sus propiedades nutricionales y funcionales. Generalmente este aceite amarillo intenso es el que se ofrece para consumo final en los hogares, ya sea solo o mezclado con otros tipos como de soya o girasol, entre otros. La diferencia con el proceso de refinación física es que los ácidos grasos se remueven sin la adición de hidróxido o carbonato de sodio, es decir a través de un proceso absolutamente natural.

De este proceso RBD (Ilustración 1), se obtienen dos productos: La oleína y la estearina de palma. El primero es la fracción líquida y que puede mezclarse con cualquier aceite vegetal comercializado para consumo humano, mientras que el segundo es la fracción sólida que sirve de materia prima de margarina y jabones. (*El proceso de refinación del aceite de palma*. 2018, julio 26).

*Ilustración 1. Proceso de refinación para la palma RBD*



*Fuente: Elaboración propia*

En Colombia, actualmente se cuenta con alrededor de 55.000 hectáreas de palma sembradas, estas distribuidas en 21 departamentos del territorio colombiano (*Fedepalma, 2021*). Según Fedepalma (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite), el consumo interno en Colombia es del 71% de la producción total del país

## 2.2 Producción de aceite de Soja

La soja es una especie originaria del actual territorio de Vietnam, en el este de Asia. Su cultivo era conocido en China hace 5000 años. Su aceite tiene muy buena calidad y bajo costo, y es el más importante de los aceites vegetales del mundo contemporáneo.

El aceite de soja se caracteriza por poseer moléculas de cadena larga de 13 a 16 enlaces, lo cual le da características ideales para el uso industrial, en especial para la fabricación de biodiesel y plásticos.

Las semillas de soja contienen típicamente un 19 % de aceite. El aceite de soja tanto líquido, como hidrogenado es vendido como “aceite vegetal”, utilizado en una amplia variedad de alimentos procesados o como una fuente de biodiesel. (*Producción de Aceite de Soya*. 2017, marzo 7).

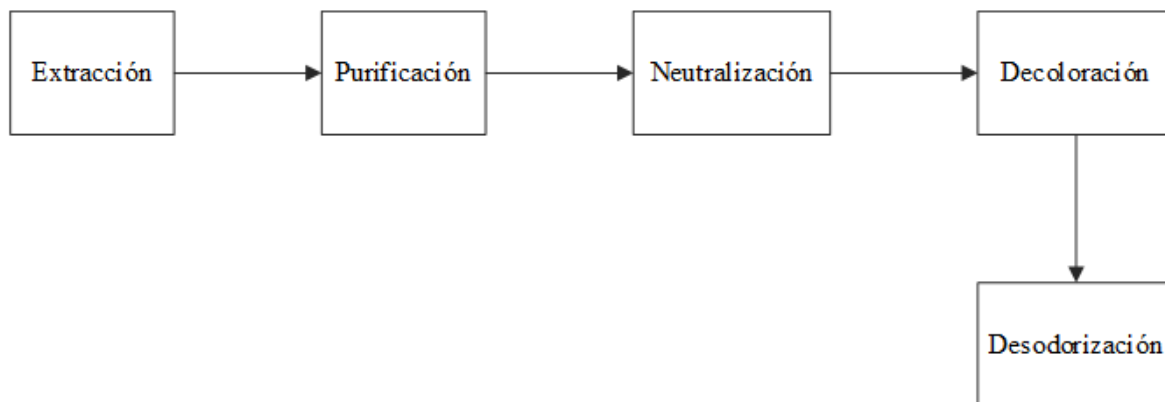
Para extraer el aceite de las semillas primero se reduce su tamaño utilizando medios mecánicos, con el objetivo de aumentar su superficie y facilitar la siguiente fase de extracción, durante la cual se extrae su contenido de aceite mediante un proceso de extracción con hexano comercial. El fluido que sale de la fase de extracción está constituido por una mezcla entre aceite de soja y hexano que se denomina miscela. El 90% del hexano contenido en la miscela simplemente se evapora y se recupera para su reutilización. La parte restante de hexano se remueve en una columna de separación que funciona a temperaturas superiores a la del punto de ebullición del hexano. Al aceite que sale de la columna se le denomina aceite crudo. Posteriormente el aceite crudo es refinado y mezclado para diferentes aplicaciones y una parte del mismo es hidrogenada. (*Producción de Aceite de Soya*. 2017, marzo 7).

La etapa de refinación está diseñada para remover los fosfolípidos y los ácidos grasos libres en el aceite crudo. La refinación puede hacerse en dos etapas, la primera es el desgomado y la segunda es la neutralización o refinación caustica. Durante el proceso de refinación se adiciona al aceite una solución alcalina (usualmente de hidróxido de sodio) y ésta reacciona con los ácidos grasos libres para producir jabón. Este jabón es insoluble en el aceite y es fácilmente removido mediante un lavado con agua. La solución alcalina también neutraliza cualquier ácido remanente de la etapa de desgomado y reacciona con los triglicéridos en el aceite, de tal suerte que los parámetros de neutralización deben ser optimizados para

minimizar las pérdidas de productividad (tipo de álcali, concentración de la solución, temperatura, agitación y tiempo). (*Producción de Aceite de Soya*. 2017, marzo 7).

A continuación, en la ilustración 2 se observa un esquema grafico del proceso descrito anteriormente.

*Ilustración 2. Proceso de refinado soja*



*Fuente: Elaboración propia*

### **2.3 Parámetros de calidad de la Oleína de Palma y el Aceite de Soja**

En las normas NTC 400, 238, 5478, 285, 240 y el CODEX ALIMENTICIO las cuales rigen el procesamiento y manipulación de grasas en Colombia, estipulan los parámetros físico químicos que se deben tener en cuenta para garantizar la vida útil de los ácidos grasos, es decir, garantizar que el consumo del alimento no tenga consecuencias negativas a la población.

Para el análisis sensorial y organoléptico de las variedades de aceites (tabla 1), se tiene en cuenta características como el olor y el color, entre otras (tabla 2). Para determinar las características físico – químicas, según la norma, los parámetros de calidad para el aceite de soja que se deben garantizar son los mismo que se utilizan para determinar la calidad de la oleína de palma, sin embargo, la norma indica que los valores de cada parámetro cambian con respecto al lípido a evaluar, en la tabla número 3 se pueden observar los diferentes análisis que se deben realizar al aceite de soja para garantizar su calidad, también, se especifican las normas que rigen los determinados análisis físico – químicos.

Tabla 1. Características organolépticas del aceite de Soja

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
Características	Percepción
Olor	Neutro
Color	Amarillo Claro
Sabor	Neutro
Aspecto	Cristalino libre de impurezas

Fuente: Elaboración Danec

## Aceite de Soja

Tabla 2. Características físico químicas del aceite de Soja

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS				
Análisis	Límites		Método de Referencia	Norma de Referencia
	Mínimo	Máximo		
Densidad relativa 20°C/20°C	0,919	0,925	NTC 336:2016	NTC 254
Índice de Yodo	124	139	NTC 283:2019	NTC 254
Índice de Saponificación (mg KOH/g de aceite)	189	195	NTC 335:2019	NTC 254
Índice de refracción (ND 40°C)	1,466	1,470	NTC 289:2019	NTC 254
Materia insaponificable (g/kg)	-	< 15	NTC 235-1:2002	NTC 254
Acidez expresada como ácido Oleico, en fracción en masa expresado en porcentaje.	-	0,1	NTC 218:211	NTC 254
Índice de Peróxido meq O <sub>2</sub> /kg en fabrica y fuera de fábrica.	- -	1 5	NTC 236:2011	NTC 254
Humedad y material volátil, en fracción en masa expresada en porcentaje (%)	-	0,1	NTC 287:2018	NTC 254
Impurezas Insolubles en fracción en masa expresada en porcentaje (%)	-	0,05	NTC 240:202	NTC 254
Identificación de Jabón residual	Negativo		NTC 1147:1988	NTC 254

Fuente: Elaboración Danec



Teniendo en cuenta que los rangos de aceptación en los análisis físico – químicos entre la oleína de palma y el aceite de soja son diferentes, en la tabla 3 se observan los límites de aprobación para la oleína de palma con su respectiva norma de referencia.

Tabla 3. Características físico químicas de la oleína de palma

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS</b>				
Análisis	Límites		Método de Referencia	Norma de Referencia
	Mínimo	Máximo		
Densidad relativa 40 °C/agua a 20 °C	0,899	0,920	NTC 336:2016	NTC 3748
Índice de Yodo	≥56	-	NTC 283:2019	NTC 3748
Índice de saponificación (mg K OH/g aceite)	194	202	NTC 335:2019	NTC 3748
Índice de refracción 40 °C ( $n_p^{40}$ )	1,458	1,460	NTC 289:2019	NTC 3748
Materia Insaponificable, en %	-	1,3		NTC 3748
Materia insaponificable, en fracción en masa expresado en porcentaje (%)				NTC 3748
Índice de peróxido, en meq O <sub>2</sub> /kg de grasa en fabrica y fuera de fabrica	-	1, 2		
	-			
Humedad y material volátil, (%) m/m	-	0,10	NTC 287:2018	NTC 3748
Acidez expresada como ácido oleico, (%) m/m	-	0,1	NTC 218:211	NTC 3748
Impurezas Insolubles, (%) m/m	-	0,05	NTC 240	NTC 3748
Punto de fusión, en °C	-	24°C	NTC 213:2013	NTC 3748

Fuente: Elaboración Quevepalma

#### **4 PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA COMPAÑÍA INTEGRAL SAS**

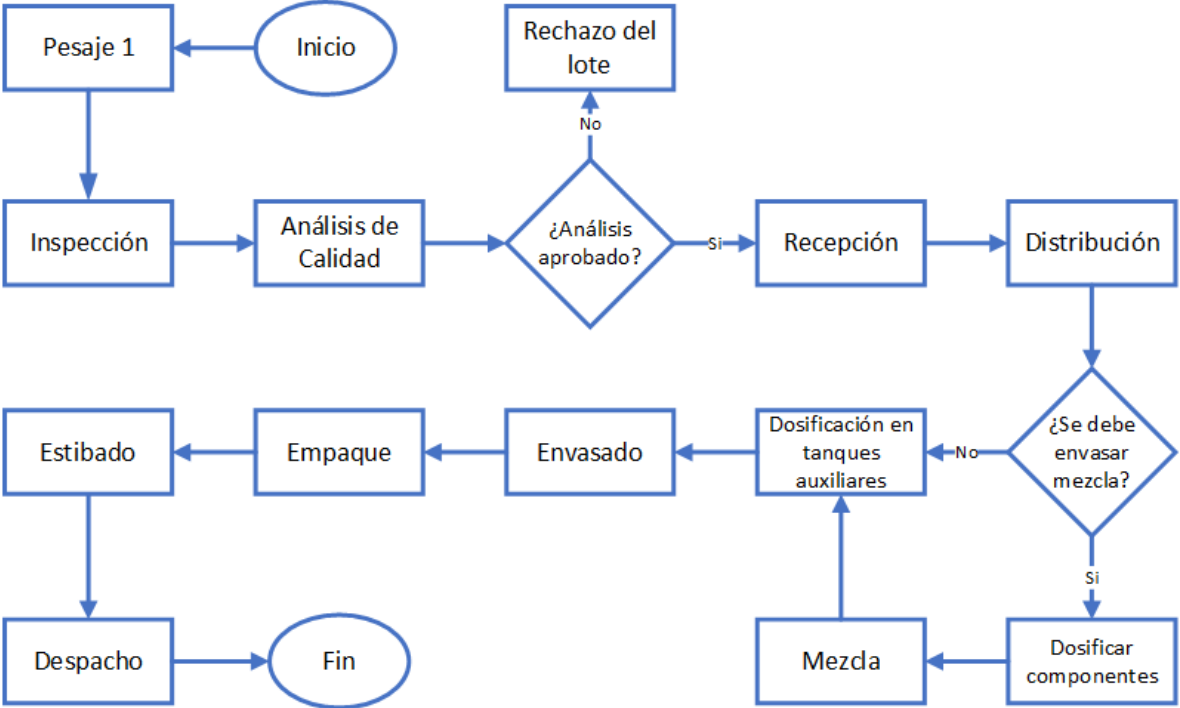
El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas, está compuesto por lípidos, es decir, ácidos grasos de diferentes tipos. La proporción de estos ácidos grasos y sus diferentes características, son las que dan las propiedades a los distintos aceites vegetales existentes. (*Aceites Vegetales: Aceite de Oliva, Plantas Oleaginosas*). El aceite de palma es el más utilizado del mundo, por delante del de soja o el de canola. Se produce a partir de los frutos de la palma africana (*Elaeis guineensis*) y se ha convertido en una materia prima usada a nivel global para la elaboración de una gran cantidad de productos de la industria alimentaria y cosmética [2]; por otro lado, el aceite de soja se emplea mayoritariamente en la gastronomía y se puede encontrar en salsas para ensaladas y aceites para freír alimentos. (*Aceite de palma*. 2022, enero 5).

Debido a los precios del aceite refinado nacional y a los costos de transporte, actualmente la compañía importa la materia prima desde países como Ecuador, Brasil y Chile. Esta materia prima, por medio de transporte especializado, llega hasta las instalaciones de Compañía Integral donde se calienta evitando empastamiento y se almacena en tanques especiales que cuenten con sistemas de calentamiento; debido a que el aceite de soja es catalogado como un producto alergeno (Sabala, S. V. P. 2015), se debe garantizar que las líneas de distribución, recepción y tanques de almacenamiento que estén en contacto con el alergeno sean completamente herméticas y sin ningún tipo de cruce con otras líneas de las instalaciones, evitando las trazas de producto alergeno con los demás productos que no lo son, luego del almacenamiento del aceite de soja y palma en los tanques principales de recepción, por medio de basculas vehiculares se calcula la cantidad de materia prima descargada y almacenada, luego, cuando el aceite ya se encuentra en los tanques principales de almacenamiento, se transporta la materia prima hasta los tanques de distribución (los cuales son de menor capacidad), en esta etapa se procede a distribuir el aceite que pasa a un proceso de mezclado o pasa directamente al proceso de envasado; para el proceso de mezclado, por medio de ayuda visual (Mirilla en los tanques de distribución), se procede a enviar la cantidad necesaria de materia prima a los tanques de mezclado, las cantidades que se transportan se determinan en función de las propiedades físico - químicas que debe tener la mezcla de aceites vegetales y que estipula el departamento de calidad, luego de la distribución del aceite de soja y palma en los tanques de mezclado, se procede al calentamiento y homogenización de la mezcla,

posterior a estos procesos, se envía el producto a la zona de envasado, donde se distribuye la mezcla o la oleína pura en las diferentes líneas de envasado, luego, el aceite ya envasado se empaca en cajas y se procede a almacenar en bodega para su despacho.

A continuación, En la ilustración 2, se observa gráficamente el proceso productivo de Compañía Integral SAS:

Ilustración 3. Diagrama de flujo - Proceso Compañía Integral S.A.S



Fuente: Elaboración propia

### 4.1 Etapas principales del proceso

#### 4.1.1 Pesaje 1:

En el proceso de pesaje inicial, se dirige el carro tanque a una báscula vehicular publica cercana a las instalaciones de COMPAÑÍA INTEGRAL SA (Bascula el ancla), el coste de dicho pesaje corre por cuenta de la compañía, en el 2023, el valor oscila entre los 20.000 COP y los 25.000 COP. Teniendo el peso actual del vehículo cargado, el dato se cruza con la información recibida desde la frontera colombo ecuatoriana que es desde donde se envía el reporte de los vehículos que van a ser descargados en las instalaciones de la empresa, en

este cruce de información se estipula un margen de error de 50 kg, de ser superior a este valor, se hace el reporte a la transportadora la cual deberá responder económicamente por el faltante de producto. en el año 2022 se recibieron alrededor de 600 carro tanques en nuestras instalaciones lo que se traduce en un movimiento de 20.400 toneladas de oleína de palma y aceite de soja.

#### *4.1.2 Inspección:*

Se extrae 1 muestra de 250 ml por cada compartimiento del tanque, con un análisis físico se determina el porcentaje de sólidos en el aceite, estos sólidos se forman debido a los cambios de temperatura que puede haber en el transcurso del viaje desde la ciudad de Ipiales hasta la ciudad de Cali, si en el análisis físico se evidencian partículas sólidas superiores a los 3 mm, el tanque ingresa a un proceso de calentamiento por medio de vapor.

#### *4.1.3 Análisis de calidad:*

Con las muestras obtenidas en la anterior etapa del proceso, se realiza 4 análisis físico químicos, con el objetivo de obtener información exacta sobre el estado del aceite próximo a descargar, estos análisis son: yodo, peróxidos, acidez y porcentaje de humedad. Dependiendo del tipo de aceite y oleína los límites de aceptación de los anteriores parámetros pueden cambiar. Cuando los parámetros están dentro de los rangos aceptables, se procede a hacer la recepción de la materia prima, en caso de que no estén dentro del rango, el lote se rechaza y el carro tanque sale de nuestras instalaciones.

#### *4.1.4 Recepción y distribución:*

Luego de que el lote queda liberado desde el área de calidad en coordinación con el laboratorio, se procede a descargar el vehículo.

El área de producción lleva un control de los movimientos de aceite entre los diferentes tanques de almacenamiento en la planta, este control se hace con ayuda de una hoja de cálculo (Excel), el jefe de producción es el responsable de retroalimentar la hoja de cálculo con cada movimiento realizado dentro de planta, de igual forma, el jefe de producción da las directrices al operario de líquidos para el correcto descargue, envía información del tanque destino y las líneas a utilizar. La labor de logística del jefe de producción es vital para evitar la

contaminación cruzada de las líneas y no afectar el programa pre requisito de trazabilidad de la materia prima. En este proceso se debe tener en cuenta los tiempos de operación para la programación de los descargues, también, es de vital importancia tener pleno conocimiento de los procesos que se realizan dentro de planta, en este proceso, la probabilidad de cometer errores es alta debido a la complejidad de las líneas de distribución. A continuación, en la tabla 4, se muestra un listado de las variables que interactúan en este proceso.

*Tabla 4. Variables del proceso de recepción y distribución*

Variable	Rango
Presión de descarga	40 psi - 60 psi
Temperatura de la materia prima antes de descargar	T. ambiente - 50°C
Caudal de entrada	35000Kg/h - 50000Kg/h

*Fuente: Elaboración propia*

En planta existen 5 tanques destinados para el almacenamiento de lípidos, están distribuidos de la siguiente forma: 3 tanques destinados para el aceite de soja con capacidad de 250 toneladas y 2 tanque destinados para la oleína de palma con capacidad de 320 toneladas. Aparte de esto, se tienen 8 tanques con capacidad de 35 toneladas destinados para el proceso de mezcla y para hacer la primera etapa de dosificación, también, se tienen 4 tanques de 500 kg destinados para la alimentación de las maquinas llenadoras.

El jefe de producción estipula las líneas, los tanques y el producto que se va a envasar, con estas directrices los operarios de líquidos habilitan y deshabilitan válvulas tipo mariposa que están distribuidas por toda la tubería instalada en la planta y permiten o restringen el paso de lípidos según sea el requerimiento.

#### *4.1.5 Dosificación de componentes:*

Para poder realizar el proceso de mezclado es indispensable realizar la dosificación de la materia prima y los componentes extras, se realiza una dosificación que depende directamente del tipo de mezcla que se quiera hacer y la ciudad de destino del producto final, dependiendo estos factores se determinan las cantidades de aceite vegetal que se deben dosificar, ya sea oleína de palma o aceite de soja. Este proceso se realiza de forma manual, utilizando los indicadores de niveles se determina la cantidad de aceite vegetal que se traslada

y dosifica, también, para este proceso de dosificación, se agrega un aditivo el cual garantiza la calidad de la mezcla, la dosificación de este producto se realiza en el laboratorio en condiciones controladas, luego a esto, se vierte el aditivo en el tanque donde se realiza el proceso de mezcla.

#### *4.1.6 Mezcla:*

Por medio de dos tanques agitadores con capacidad de 30 toneladas cada uno, Se realiza el proceso de mezcla, en este proceso de mezcla se realiza un calentamiento del aceite de soja a una temperatura nominal de 50°C con una agitación de 35 RPM

#### *4.1.7 Dosificación en tanques pulmón:*

Antes de realizar el proceso de envasado, se debe dosificar el producto que se tiene almacenado en los tanques de 34 toneladas de capacidad, para este proceso se utilizan 4 tanques auxiliares (Tanques pulmón) los cuales tienen una capacidad aproximada de 500 kg, gracias a un sistema de control el cual está compuesto por dos sensores tipo flotador ubicados en la parte superior e inferior de cada tanque auxiliar y con ayuda de motobombas centrifugas, se garantiza que el suministro de producto es constante hacia las envasadoras; gracias al diseño de las tuberías, el aceite es dosificado a las envasadoras por medio de gravedad.

#### *4.1.8 Envasado*

En esta etapa se realizan los procesos de llenado en envases PET, también se realiza el tapado de los envases, etiquetado y codificación del lote en el envase, actualmente se cuenta con 5 líneas de producción en las cuales se envasan referencias desde los 500ml hasta los 20 litros. Según las directrices de las BPH dadas por el Codex Alimentarius, esta etapa es considerada como crítica en la cadena de valor de la compañía.

#### *4.1.9 Empaque*

Cuando el producto sale del proceso de envasado se procede a empacarlo, para esto, el operario de empaque organiza grupos de envases de 6, 8 y 12 unidades dependiendo de la referencia a empacar y del tamaño de la caja de cartón.

#### *4.1.10 Estibado*

Con la caja armada y llena de producto terminado y con ayuda de una maquina encintadora el operario encinta la caja y un segundo operario procede a organizarla en una estiba plástica, luego el operador procede a paletizar la estiba para facilitar el almacenamiento del producto en bodega y la organización dentro de las tractomulas.

#### *4.1.11 Despacho*

Con ayuda de un montacargas se hace la organización de las estibas dentro de las tractomulas. El área de producción, ventas y logística se coordinan con el objetivo de planificar los despachos de producto terminado, los despachos se hacen para diferentes empresas como Olímpica, Cañaveral, Frubana, Green Valley, entre otros, los despachos se hacen para todo el país en especial para ciudades como Barranquilla, Medellín, Buenaventura y Bogotá.

## **5 METODOLOGIA**

Para la realización de este proyecto se establece a continuación el tipo de investigación, método de análisis, enfoque de la investigación, fuentes de información (primarias y secundarias), técnicas de recolección de información y ruta metodológica:

### **5.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación se define como mixta: exploratoria y descriptiva. Exploratoria en tanto que es necesario ahondar en diferentes contextos inherentes a las operaciones diarias en la cadena de valor dentro de la planta de envasado de aceite vegetal de la empresa COMPAÑÍA INTEGRAL SAS, descubriendo situaciones diversas sobre este tema. Descriptiva, puesto que de todos los aspectos identificados se procederá a efectuar la descripción pertinente y la exposición de diferentes causales tales como: pérdidas económicas, tiempos muertos y características de los eventos encontrados.

### **5.2 Método de investigación**

Se hará uso del método deductivo, toda vez que se parte de lo general hasta encontrar particularidades dentro de las variables que se estudiarán durante el análisis de la información recolectada, definiendo los lineamientos que permitirán el funcionamiento y desarrollo de un plan de acción que permita mejorar los procesos de almacenamiento y distribución del aceite vegetal dentro la planta de producción de la compañía.

### **5.3 Enfoque de investigación**

El enfoque utilizado es mixto: cuantitativo, visto desde la naturaleza del proceso, ya que se busca recolectar información basada en el contexto real de las operaciones que se ejecutan día a día en las instalaciones de COMPAÑÍA INTEGRAL SAS, cifras recogidas para el diagnóstico estadístico, y a la vez es cualitativo, con el diseño de herramientas de priorización no cuantitativas y de la misma elaboración de acciones correctivas.



## 5.4 Fuentes de información

### 5.4.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias de este proyecto de investigación serán todos los insumos aportados por los colaboradores directamente relacionados en las operaciones de producción en COMPAÑÍA INTEGRAL SAS, insumos tales como: reportes emitidos por el área de operaciones de C.I SAS, Archivo de históricos del laboratorio de CI SAS, Formatos de recepción de devoluciones emitidos por el área de logística de CI SAS.

### 5.4.2 Fuentes secundarias

Como fuentes de segundo nivel del proyecto presente se tendrán las bases de datos de Siigo donde se almacenan las notas de producción y los movimientos internos de los tanques de almacenamiento, junto con diferentes documentos y registros, para referenciar la investigación, estos documentos son de carácter privados y confidenciales, CI SAS permite el uso de la información encontrada mas no la divulgación de los documentos físicos o virtuales.

## 5.5 Técnicas de información

Para el desarrollo del proyecto se utilizarán las siguientes técnicas:

- **Entrevistas:** Se efectuará una entrevista semiestructurada con el Gerente General de la compañía (Dr. Pablo Emiro Charfuelan) y con el jefe de Operaciones (Dr. Juan Pablo Castaño), donde se obtendrán perspectivas cualitativas sobre las operaciones de la compañía, entre estas la determinación de los eventos que han causado mayor traumatismo en la cadena de valor.
- **Análisis documental:** También se llevará a cabo un análisis de las diferentes fuentes secundarias para extraer información relevante como revisión de los registros e históricos que la empresa almacena en su área de archivos, estos documentos permiten sustentar de forma técnica y precisa los eventos encontrados en la entrevista, aportando información valiosa para el análisis de los sucesos. La mayoría de registros,

son documentos emitidos por el área de logística, operaciones y calidad la cual es la responsable de monitorear la materia prima, materiales e insumos que interactúan en toda la línea de proceso.

## **5.6 Tratamiento de la información**

A los datos recopilados se les dará un tratamiento según sus fuentes. Se efectuará una articulación de información partiendo de puntos de vista diferentes: la perspectiva de los colaboradores de producción y los jefes de área, aparte de los diferentes materiales bibliográficos y bases de datos, todo esto bajo herramientas como:

- **Espina de pescado:** Por medio del cual se hará el análisis causal de los factores que influyen o están directamente relacionados a los eventos encontrados.
- **Árbol de problemas:** Para el proceso de análisis de causas y factores de riesgos se hizo uso de la metodología de árbol de problemas. La triangulación será indefinida, donde la información recabada será dada a revisión al colaborador directamente relacionado con las operaciones de la compañía, para este caso, el jefe de Operaciones, para que con su equipo de trabajo sean ellos quienes validen esta información. De igual forma y dada su importancia en el proceso investigativo, se hará uso del análisis estadístico para darle tratamiento a datos de origen cuantitativo en cuanto las técnicas así lo requieran.

## **6 ANALISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se estudia la información recolectada del personal de COMPAÑÍA INTEGRAL SAS y de los archivos de la empresa con el objetivo de determinar la problemática principal que esta empresa actualmente tiene es sus operaciones y en general, en su cadena de valor.

### **6.1 Entrevista**

Se realiza una entrevista al jefe del área de operaciones con el fin obtener información que permita determinar los eventos que han generado problemas, retrasos, y en general traumatismos en los procesos que componen la cadena de valor. A partir de lo anterior, se obtuvo la siguiente información:

Se han presentado varios sucesos que han generado traumatismo en el proceso y han generado pérdidas económicas considerables para la compañía, a continuación, se relatan los sucesos más relevantes.

#### *6.1.1 Caso 1:*

En el año 2020, COMPAÑÍA INTEGRAL SAS realizó un recorte de personal debido a los acontecimientos de salud pública en el país, en el siguiente trimestre, se reanudaron parcialmente las operaciones dentro de la compañía, obligando al área de talento humano a realizar la contratación de personal nuevo y sin capacitación., en esta reanudación de operaciones, llega a las instalación un carrotanque con 35 toneladas de oleína de palma listas para ser descargadas y almacenadas, el operario de líquidos encargado de realizar estas labores y que estaba dentro del grupo de las nuevas contrataciones, realiza las aperturas de las válvulas, sin darse cuenta que en esa operación estaría habilitando un tanque de almacenamiento que se encontraba en desuso y el cual contenía material extraño, residuos de agua, crudo de palma y suciedad. El operario inicia el proceso de descarga de la materia prima, sin percatarse de lo sucedido, todo el proceso finaliza sin ninguna novedad, luego al verificar los niveles de los tanques que se hace por medio de mirillas laterales es donde el supervisor de producción se percata del error, se realiza el reporte al jefe de operaciones, jefe de calidad y logística para realizar la respectiva retención de la materia prima, luego, esta materia prima se clasifica como no apta para consumo humano, esto gracias a la

contaminación y se procede a la venta como insumo para alimento animal. Luego de esto, se procede a hacer el desmonte de tubería y equipos que se lograron contaminar. Todo esto generó pérdidas económicas por la materia prima importada, traumatismo en la planeación de producción e incumplimientos con las ordenes de pedidos que COMPAÑÍA INTEGRAL ya había pactado con sus clientes.

#### *6.1.2 Caso 2:*

En promedio, mensualmente se reciben alrededor de 6600 litros de oleína de palma y aceite de soja en calidad de devolución, estas devoluciones se hacen mayormente con las presentaciones de bolsa 900 ml y envase de 3000ml, ambas presentaciones con mezcla entre oleína de palma y aceite de soja. La causa principal es el empastamiento que pueden sufrir los lípidos por bajas temperaturas, cabe resaltar que para darle manejo a este inconveniente que surge por la naturaleza en sí del aceite, la compañía realiza mezclas entre las dos variedades de aceite con el objetivo de ajustar sus propiedades físicas para que logren soportar las diferentes temperaturas que podemos encontrar en nuestro país, es decir que para cada zona del país los porcentajes de concentración de los componentes de la mezcla son diferentes, esto genera pérdidas económicas por el reproceso y afecta directamente la imagen ante el consumidor por baja calidad en los productos.

#### *6.1.3 Caso 3:*

En el 2022 se recibe 1 carrotanque con 35 toneladas de aceite de soja, se procede al descargue, el operario de líquidos ejecuta las actividades con normalidad, al finalizar el proceso no se inspeccionan las válvulas que componen el sistema de recepción y una de estas, en específico la que habilita la entrada al tanque de almacenamiento de soja N°10 queda parcialmente abierta, al día siguiente, se reciben 3 carrotanques con 35 toneladas de aceite de soja cada uno, se procede a hacer el descargue de dichos carrotanques, el operario de líquidos ejecuta las actividades de recepción con normalidad, los 3 viajes se almacenarían en el tanque de almacenamiento N°9, sin darse cuenta que el tanque de almacenamiento N°10 se encontraba parcialmente habilitado, recibiendo parte del contenido de los carrotanques, después de 3 horas en el proceso de descargue y sin supervisión de personal, el tanque de almacenamiento N°10 llega a su límite y por el desfogue del mismo se derrama el aceite de soja que se

encontraba siendo almacenada, luego de 10 minutos, el operario se percató del derrame y procede a iniciar el paro de emergencia, se realizan los correspondientes reportes. Se calcula que fue una pérdida de aproximadamente 9000 litros de aceite de soja.

## **6.2 Revisión de reportes e históricos**

Con el objetivo de constatar e investigar los relatos encontrados en la entrevista previamente realizada, se realiza la revisión de los registros e históricos que corresponden al periodo 2020 – 2022 encontrando la siguiente información sobre estos hechos.

### *6.2.1 Caso 1:*

Se recolectó un reporte del área de operaciones el cual describe detalladamente los hechos del evento, también, se encontró un histórico en los documentos emitidos por el laboratorio interno de la compañía el cual indica los análisis realizados para determinar que la materia prima no es apta para consumo humano, dentro de estos análisis están las pruebas de Acidez, peróxidos, material extraño, humedad y microbiológico el cual es uno de los parámetros más importantes para determinar el estado del aceite vegetal.

#### *6.2.1.1 Pérdidas Económicas*

A continuación, se muestran los resultados del cálculo de pérdidas que debió asumir COMPAÑÍA INTEGRAL SAS frente a los sucesos anteriormente mencionados, las pérdidas se agrupan en tres aspectos fundamentales como los es el costo de oleína de palma, los fletes de transporte y los días de operación los cuales represan monetariamente los retrasos y en general el traumatismo generado en los procesos, en la tabla 5, se observan los costos económicos asociados al evento descrito.

Tabla 5. Costos económicos del caso 1

Rubros	Descripción	Costo
Oleína de palma	Contaminación de 35 toneladas de oleína de palma que posteriormente se vende para consumo animal	\$ 71.000.000,00
Flete	Gastos de transporte de la materia prima	\$ 6.000.000,00
Días de operación	Se realiza el desmonte de la tubería contaminada, en esta labor se ocupa un día de trabajo el cual la planta de producción queda sin suministro de aceite vegetal	\$ 30.000.000,00
Costo Total:		\$ 107.000.000,00
Costo Mensual:		\$ 8.916.666,00

Fuente: Elaboración propia

#### 6.2.1.2 Tiempo muerto

Teniendo en cuenta que la contaminación generada en la materia prima se esparció por las tuberías de distribución, se hace indispensable realizar los procesos de limpieza y desinfección a las líneas de tubería que tuvieron contacto directo e indirecto con la oleína contaminada; para el proceso de desinfección es indispensable el desmonte completo de la tubería ya que en las instalaciones no se cuenta con un sistema CIP que permita la limpieza de forma automática. Todos los aspectos antes mencionados obligan al área de operaciones pausar las actividades de transporte de aceite vegetal desde los tanques de almacenamiento hasta los tanques dosificadores retrasando por completo el proceso de mezclado y envasado; se calcula que el retraso fue de aproximadamente 1 día que es el tiempo necesario para ejecutar las actividades de limpieza y desinfección correspondientes.

#### 6.2.1.3 Conclusión

Teniendo en cuenta la información recolectada gracias a la entrevista realizada y a los documentos analizados, se concluye que el factor humano fue el responsable de los acontecimientos, el operario de líquidos no siguió el procedimiento de verificación de válvulas establecido para esta etapa de proceso, lo que conllevó a la contaminación de las 35 toneladas de oleína de palma.

### 6.2.2 Caso 2:

En la búsqueda documental, se lograron encontrar varios documentos del área de logística en los cuales se reportan los productos recibidos en las instalaciones de compañía integral SAS en calidad de devoluciones, en la totalidad de los casos, el motivo de devolución es el empastamiento de la mezcla entre oleína de palma y aceite de soja, también se lograron encontrar los reportes de análisis físico químico realizados y emitidos por el laboratorio interno de la compañía, en estos reportes se muestra que el empastamiento se debe a que la mezcla de aceites vegetales no cuenta con las características físico químicas necesarias para ser distribuidas en las ciudades correspondientes.

#### 6.2.2.1 Pérdidas económicas

A continuación, se muestran los resultados del cálculo de pérdidas que debió asumir COMPAÑÍA INTEGRAL SAS frente a los sucesos anteriormente mencionados, las pérdidas se agrupan en tres aspectos fundamentales como los es el costo de la mezcla de aceites vegetales, los fletes de transporte y los costos de re proceso, en la tabla 6, se observan los costos económicos asociados al evento descrito.

Tabla 6. Costos económicos del caso 2

Rubros	Descripción	Unidades	Costo por Unidad	Costo Total
Reproceso	Costo del reproceso de 6600 litros de aceite vegetal (Vapor, mano de obra, utilización de las instalaciones)	6600	\$ 6.500,00	\$ 4.000.000,00
Fletes	Gasto de transporte mensual	2	\$ 500.000,00	\$ 1.000.000,00
Envases	Costos de los envases, según la norma, no es permitido reutilizarlos	6600	\$ 200,00	\$ 1.320.000,00
Costo Mensual:				\$ 6.320.000,00
Costo Anual:				\$ 75.840.000,00

Fuente: Elaboración propia. Datos suministrados por compañía integral SAS

#### *6.2.2.2 Tiempo muerto*

En este caso, no se tiene en consideración el tiempo muerto generado ya que el producto se reprocesa y no altera significativamente los procesos de producción del área de operaciones.

#### *6.2.2.3 Conclusión*

Teniendo en cuenta la información recolectada en la entrevista, se concluye que el sistema de dosificación utilizado para el proceso de mezcla es ineficiente, poco confiable e inexacto; los componentes de las mezclas no se dosifican en cantidades exactas lo que genera alteraciones en las características físico químicas de la mezcla, lo que afecta directamente el comportamiento de la misma ante temperaturas bajas.

#### *6.2.3 Caso 3:*

Realizando la investigación documental correspondiente, se encontró un reporte emitido por el área de operaciones donde se relatan los sucesos que constatan la información recolectada por la entrevista realizada al jefe del área de operaciones, también se encuentran los tiquetes de bascula, los cuales validan el valor aproximado de pérdidas que rondan los 9000 litros de aceite de soja.

#### *6.2.3.1 Pérdidas Económicas*

A continuación, en la tabla 7 se muestran los resultados del cálculo de pérdidas que debió asumir COMPAÑÍA INTEGRAL SAS frente a los sucesos anteriormente mencionados, las pérdidas se agrupan en tres aspectos fundamentales como: el costo de aceite de soja, los fletes de transporte y los días de limpieza los cuales se represan monetariamente y en general el traumatismo generado en los procesos.



Tabla 7. Costos económicos del caso 3

Rubros	Descripción	Unidades	Costo por Unidad	Costo Total
Aceite de Soja	Desperdicio de aceite de soja	9000 litros	\$ 7.500,00	\$ 67.500.000,00
Fletes	Gasto de transporte	1 flete	\$3.000.000,00	\$ 3.000.000,00
Limpieza	Costo de mano de obra para la limpieza	2 operarios	\$ 60.000,00	\$ 120.000,00
			Costo Evento:	\$ 70.620.000,00
			Costo Mensual	\$ 5.885.000,00

Fuente: Elaboración propia

#### 6.2.3.2 Tiempo Muerto

En este caso, no se tiene en consideración el tiempo muerto, ya que este no presento un retraso a los procesos anteriores y posteriores.

#### 6.2.3.3 Conclusión

Teniendo en cuenta la información recolectada gracias a la entrevista realizada y a los documentos analizados, se concluye que el factor humano fue el responsable de los acontecimientos, el operario de líquidos no siguió el procedimiento de verificación de válvulas establecido para esta etapa de proceso, lo que conllevó a la contaminación de las 35 toneladas de oleína de palma.

### 6.3 Conclusión de la recolección de información

Las causas de los tres eventos antes mencionados se sintetizan en los siguientes dos puntos:

- En la etapa de recepción de materia prima, el procedimiento de descarga y distribución de aceites se realiza sin tener en cuenta todos los parámetros de seguridad establecidos por parte del área de operaciones; también, se detectó que para el operario de líquidos le resulta confuso y difícil de intuir los juegos de válvulas instalados, los cuales controlan las direcciones de los caudales.

- El sistema de distribución el cual permite la dosificación de las diferentes clases de aceites para el proceso de mezcla es inexacto y poco confiable. La inexactitud de la distribución de aceite afecta directamente la calidad del producto y el nombre de las marcas producidas.

Teniendo en cuenta la información anterior, se decide realizar una propuesta de automatización para la etapa de recepción y distribución de lípidos dentro de la empresa COMPAÑÍA INTEGRAL SAS.

## 7 FORMULACIÓN DE PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA ETAPA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA Y DISTRIBUCIÓN DE ACEITE VEGETAL EN LA EMPRESA COMPAÑÍA INTEGRAL SAS.

Con base a la información recolectada anteriormente, se procede a realizar una propuesta de automatización enfocada a la etapa de recepción de materia prima y distribución de aceite vegetal; el objetivo principal de esta propuesta es diseñar un sistema automatizado, el cual permita a la empresa COMPAÑÍA INTEGRAL SAS optimizar los tiempos de descarga, obtener información confiable de la materia prima (Cantidad, densidad y temperatura), también le permita minimizar los riesgos generados por la naturaleza del proceso de descargue y tener la capacidad de realizar un proceso de inventario de forma exacta, minimizando pérdidas económicas por faltantes o sobrantes dentro de los tanques de almacenamiento. Para lograr esto, es indispensable la implementación de sistemas de control de procesos industriales, también, se debe realizar una migración de tecnología, cambio de elementos industriales, adecuaciones locativas, diseño y fabricación de tuberías, todo esto siguiendo la normativa expuesta en el CODEX ALIMENTARIUS, la cual establece los lineamientos necesarios para proteger las condiciones sanitarias de los alimentos

### 7.1 Ingeniería Conceptual

#### 7.1.1 Instrumentos de la etapa de recepción de materia prima.

A continuación, en la tabla 8 se muestra una lista la cual contiene los componentes asociados a la etapa de recepción de materia prima con su respectiva descripción.

Tabla 8. Instrumentación de la etapa de recepción de materia prima

Equipo/Componente	Descripción	Cantidad
Filtro Canastilla	Filtro tipo canastilla en acero inoxidable 304 con entrada y salida de 3" y con malla de 2 mm American felt & filter company	1
Tubería Externa	Tubería en acero inoxidable 304 clase 10	60 metros
Válvulas Mariposa 2-1/2"	Válvula en acero inoxidable 316L sanitaria	10
Válvulas de bola 4"	Válvula de bola 4" acero inoxidable 316	8

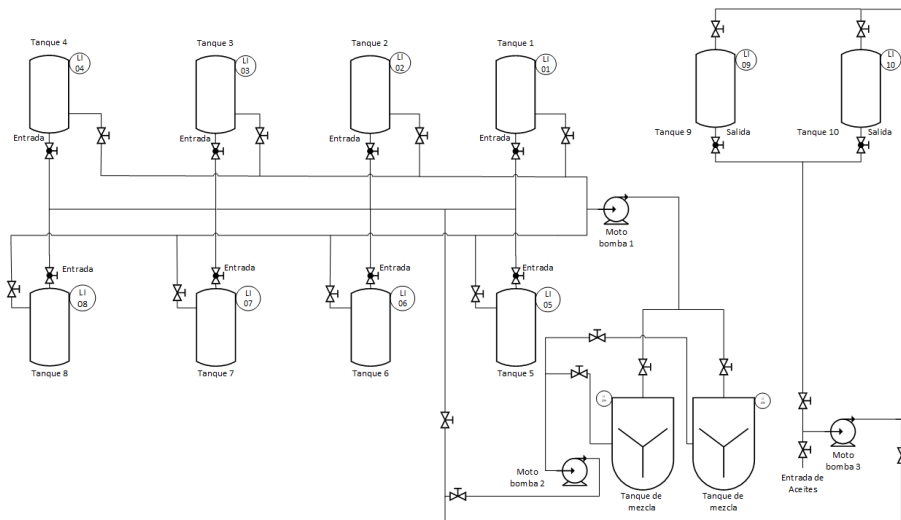
Moto bomba	Bomba centrífuga en acero inoxidable Barmesa serie PS11/2-5-2	3
Tanques de almacenamiento	Tanque de fibra de vidrio con recubrimiento con pintura epóxica	8
Tubería Interna	Tubería en acero inoxidable 304 tipo sanitaria	30 metros
Moto bomba	Motobomba centrífuga Ebara DWO 2006 3 hp 3400 rpm	4
Mirilla de nivel	Manguera traslúcida silicona FDA 1/2"	48 metros
Tanques de Mezcla	Tanques donde se realizan las mezclas de aceites vegetales	2

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.2 Diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) de la etapa de recepción de materia prima.

Se denomina diagrama PI&D al esquema donde se registra toda la instrumentación sobre un diagrama de flujo del proceso, los símbolos utilizados en este diagrama están contemplados en diferentes normal; en esta propuesta de automatización se utilizarán los publicados por ISA, en particular la S5.1. En la ilustración 4 se observa el diagrama de tubería e instrumentación de la etapa de recepción y distribución de aceite vegetal.

Ilustración 4. Diagrama de tubería e instrumentación del proceso de recepción de materia prima (P&ID)



Fuente: Elaboración propia

### 7.1.3 Isa 88.

La norma ISA-88 entrega una guía para el diseño de sistemas de control en procesos de fabricación, definiendo la terminología base para su entendimiento al igual que una arquitectura de modelos que pueden ser usados en sistemas de automatización. [referencia paper isa88 1]. Estos modelos nos permiten identificar, separar y relacionar los recursos físicos con los procedimientos necesarios para poder obtener así un proceso en general. Con la ayuda de estos modelos tenemos la posibilidad de optimizar cualquier proceso en general.

#### 7.1.1.1 Modelo de control procedimental

El modelo de control procedimental identifica las tareas que se deben ejecutar dentro de la cadena de valor, de igual forma, organiza de forma ordenada y secuencial dichas tareas obteniendo un esquema que refleja el comportamiento real del proceso. Este modelo segmenta las actividades en procedimiento, procedimiento de unidad, operación y finalmente, se estipulan las fases que se realizan en determinado procedimiento (Ver tabla 9).

Tabla 9. Modelo de control procedimental, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima

Procedimiento	Procedimiento de Unidad	Operaciones	Fases
Manipular lípidos	Recepcionar aceite vegetal	Calentar materia prima	Generar vapor
			Conectar entrada de vapor
			Habilitar el paso de vapor
			Calentar la materia prima hasta los 50°C
			Deshabilitar y desconectar entrada de vapor
		Descargar materia prima	Abrir la salida de materia prima
			Conectar entrada de materia prima
			Garantizar la ausencia de material extraño
			Habilitar válvulas manuales
			Verificar apertura de las válvulas te todo el montaje

			Succionar la materia prima
			Verificar constantemente el nivel de materia prima
			Detener succión de materia prima
	Distribuir aceite vegetal	Controlar distribución	Verificar nivel del fluido
			Reportar nivel del fluido
		Almacenar aceite vegetal	Habilitar válvulas manuales
			Verificar las aperturas de las válvulas
			Iniciar transporte
			Verificar el constantemente el nivel de la materia prima
			Deshabilitar válvulas manuales y apagar transporte

Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.1.2 Modelo Físico

El modelo físico permite identificar y jerarquizar todos los recursos físicos que la empresa posee, esto nos permite tener una perspectiva global de los activos con los que cuenta la compañía para ejecutar determinado proceso, dando la oportunidad de optimizar gestionar de forma eficiente dichos recursos. El modelo físico clasifica los recursos físicos en células de proceso, unidades, módulos de equipo y finalmente, en módulos de control (Ver tabla 10).

Tabla 10. Modelo físico, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima

Célula	Unidad	Módulo de Equipo	Módulo de control
Sistema de manipulación de lípidos	Sistema de Recepción	Calentador	Caldera 20bhp
			Serpentín
			Manguera
			Vapor
		Sistema de descargue de materia prima	Filtros canastilla
			Acoples de manguera
			Manguera 3" FDA
			Válvulas mariposa
Válvulas de bola			

			Tubería 2"
			Motobomba 7.5hp
			Empaques de teflón
	Sistema de Distribución	Protocolo de control	Radio
			Manguera mirilla
			Linterna
		Sistema para el almacenamiento de aceite vegetal	Tanques de almacenamiento
			Tanques de dosificación
			Tanques pulmón
			Válvulas mariposa
			Motobombas

*Fuente: Elaboración propia*

### 7.1.1.3 Modelo Proceso

En el modelo de proceso se establece un esquema donde se relacionan los procedimientos y tareas que se deben realizar con los activos físicos disponibles en la empresa, en este modelo podemos optimizar el proceso en general, gestionando actividades y recursos para obtener un mejor resultado. El modelo de proceso está compuesto por la descripción el proceso macro, estaciones de proceso, operaciones de proceso y finalmente se identifican las acciones que se deben ejecutar para lograr el proceso macro inicial (Ver tabla 11).

Tabla 11. Modelo de proceso, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima

Proceso	Etapa de proceso	Operación de proceso	Acción de proceso
manipulación de lípido	Recepción de aceites vegetales	Calentamiento	Pre calentamiento de caldera
			Instalación de acoples y accesorios
			Instalación de manguera
			Inicialización del proceso de calentamiento
			Des habilitación del sistema de calentamiento
		Descargue de materia prima	Alistamiento del sistema de descargue
			Habilitación de válvulas
			Inicialización de descargue
			Supervisión de los niveles de los tanques
			Finalización del descargue
		Proceso para el control de traslados	Supervisión y reporte de los niveles de los tanques



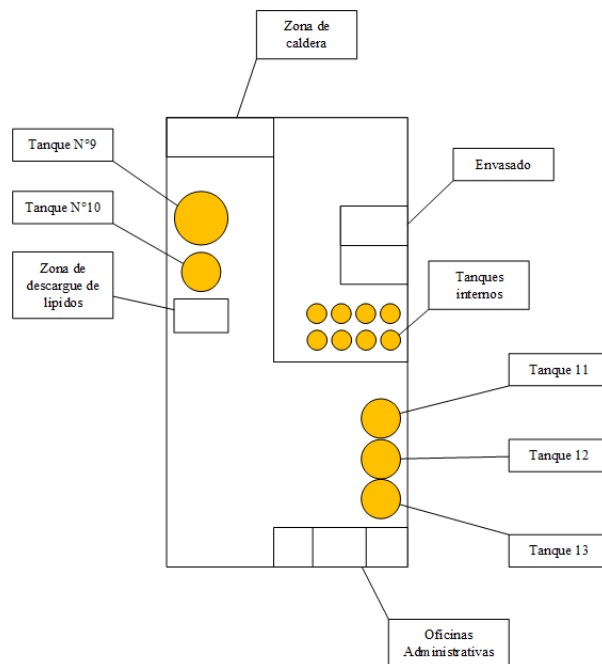
		Almacenamiento de aceite vegetal	Alistamiento del sistema de traslado
			Habilitación de válvulas
			Inicialización del traslado
			Supervisión de los niveles de los tanques
			Finalización del traslado

Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.4 Layout de la distribución de la zona de descarga de materia prima - Compañía Integral SAS.

A continuación, en la ilustración 5 se muestra un diagrama donde se especifica la ubicación del área de recepción de materia prima y las diferentes zonas de la planta de producción.

Ilustración 5. Layout de la distribución de la zona de descarga de materia prima - Compañía Integral SAS



Fuente: Elaboración propia

En el anterior diagrama, podemos observar la ubicación de la zona de descargue de materia prima, taques de almacenamiento y la zona de caldera, dentro de las instalaciones de COMPAÑÍA INTEGRAL S.A.S.

#### *7.1.5 Requerimientos para el proceso de recepción y distribución de aceite vegetal*

Teniendo un entendimiento completo del proceso, se segmenta en dos grupos principales los requerimientos mínimos que se deben asegurar en la etapa de recepción y distribución de materia prima en la empresa Compañía Integral SAS.

##### *7.1.5.1 Requerimientos mínimos para la etapa de recepción y distribución de materia prima*

Para el planteamiento de la propuesta de automatización, es indispensable tener en cuenta los requerimientos básicos que debe cumplir el sistema a diseñar. A partir de los análisis obtenidos en la recolección de información y teniendo en consideración los objetivos principales, se tienen los siguientes requerimientos:

1. El sistema debe recolectar información sobre todos los movimientos de aceite vegetal que se realicen en área de almacenamiento de materia prima, esta información debe ser: flujo instantáneo, cantidad de aceite vegetal trasladado, temperatura y densidad, esto con el fin de validar los parámetros de calidad mientras se están ejecutando los movimientos correspondientes, el flujo instantáneo permite verificar los tiempo de descarga y traslados, la cantidad de aceite trasladado permite llevar un inventario en tiempo real sobre la materia prima almacenada, la temperatura permite monitorear la eficiencia del sistema de calentamiento y la densidad permite verificar que el líquido que se está transportando no tiene trazas de agua.
2. Se debe instalar un sistema de filtrado, el cual permita retener los cristales de emplastamiento y le aporte al aceite vegetal un color claro y brillante.

El sistema debe ejecutar las rutinas de descargue de forma automática, reduciendo al mínimo la interacción del operario de líquidos con el conjunto de válvulas de paso y sistemas en general.

### 7.1.5.2 *Requerimiento de seguridad y protección de la materia prima.*

A continuación, se muestran los puntos críticos en los cuales se puede ver afectada la seguridad de la materia prima en los procesos de cargue, almacenamiento y traslado, estos son identificados a partir de la información recolectada de los sucesos ocurridos que causaron mayor traumatismo en el proceso.

- *Nivel máximo de almacenamiento:* Teniendo en cuenta la información obtenida, es indispensable contar con un sistema que permita identificar cuando un tanque esté en su punto máximo y poder prevenir pérdidas de materia prima por derrames.
- *Apertura de válvulas principales:* Se debe garantizar las aperturas y cierres de las válvulas principales (válvulas que habiliten el paso de aceite vegetal en la tubería de entrada de los tanques de almacenamiento).
- *Presión máxima de la tubería aguas arriba de la motobomba de lóbulos – línea de filtro prensa:* Teniendo en cuenta las bases fundamentales del funcionamiento de un sistema de bombeo tipo lóbulos, se hace necesario garantizar que la presión interna de la tubería de acero inoxidable 304 clase 10 no exceda las tolerancias del material.
- *Inocuidad de la materia prima:* Basados en las buenas prácticas de higiene (BPH), se debe garantizar la limpieza y ausencia de material extraño en la materia prima en el proceso de descargue de los carrotanques.
- *Cantidad descargada y trasladada:* Basado en la cantidad de descargues y traslados realizados normalmente en las instalaciones de compañía integral, se hace indispensable contar con un sistema que permita validar las cantidades transportadas entre los tanques de almacenamiento, también es indispensable validar la temperatura y densidad del aceite vegetal en el momento de transporte.

## 7.2 Ingeniería básica

### 7.2.1 Rutas establecidas para el descargue y traslado del aceite vegetal.

Teniendo en cuenta los requerimientos del proceso, a continuación, se muestra un conjunto de rutas posibles que el sistema debe ser capaz de ejecutar y los componentes principales asociados a cada ruta. En la tabla 12 se exponen las rutas posibles que el aceite vegetal puede tomar en el proceso de recepción y distribución.

Tabla 12. Rutas establecidas para el descargue y traslado del aceite vegetal

Rutina	Origen	Destino	Filtro Prensa	Equipos principales
1	Carrotanque	Tanques de almacenamiento envasado	No	Motobomba centrífuga, Juego de válvulas, acoples de manguera, manguera de descargue grado alimenticio
2	Carrotanque	Tanques de almacenamiento envasado	Si	Motobomba lóbulos, Juego de válvulas, acoples de manguera, manguera de descargue grado alimenticio
3	Carrotanque	Tanques de almacenamiento 9 y 10	No	Motobomba centrífuga, Juego de válvulas, acoples de manguera, manguera de descargue grado alimenticio
4	Carrotanque	Tanques de almacenamiento 9 y 10	Si	Motobomba lóbulos, Juego de válvulas, acoples de manguera, manguera de descargue grado alimenticio
5	Tanques de almacenamiento 9 y 10	Carrotanque	No	Motobomba centrífuga, Juego de válvulas, acoples de manguera, manguera de descargue grado alimenticio
6	Tanques de almacenamiento 9 y 10	Tanques de almacenamiento envasado	No	Motobomba centrífuga, Juego de válvulas

7	Tanques de almacenamiento 9 y 10	Tanques de almacenamiento 9 y 10	No	Motobomba centrífuga, Juego de válvulas
8	Carrotanque	Carrotanque	No	Motobomba centrífuga, Juego de válvulas, acoples de manguera, manguera de descargue grado alimenticio

Fuente: *Elaboración propia*

Estas rutas se deben ejecutar de forma automática según sea la necesidad del descargue o traslado.

### 7.2.2 *Sistemas que garanticen los requerimientos de seguridad y protección de la materia prima.*

A continuación, en la tabla 13 se exponen los sistemas que garantizan los requerimientos de seguridad y protección de la materia prima.

*Tabla 13. Sistemas para el cumplimiento de los requisitos de seguridad y protección de la materia prima.*

Requerimientos de seguridad y protección de la materia prima	Sistema	Equipos
Nivel máximo de almacenamiento	Monitoreo del estado máximo de los tanques de almacenamiento	Sensor tipo flotador en acero inoxidable 316 con un micro switch integrado para entregar un pulso digital de 5vdc para exteriores
Apertura de válvulas principales	Monitoreo de la posición de las válvulas principales antes, durante y al finalizar los procesos de descarga y traslado	Switch indicador de posicionamiento estándar con salida de 5 vdc en apertura
Presión máxima de la tubería aguas arriba de la motobomba de lóbulos – línea de filtro prensa	Monitoreo de la presión, garantizando línea libre aguas arriba	Presostato con un rango de 1500 psi con salida de pulso digital de 5 vdc al llegar al límite superior de presión con acople de 1/4 NPT

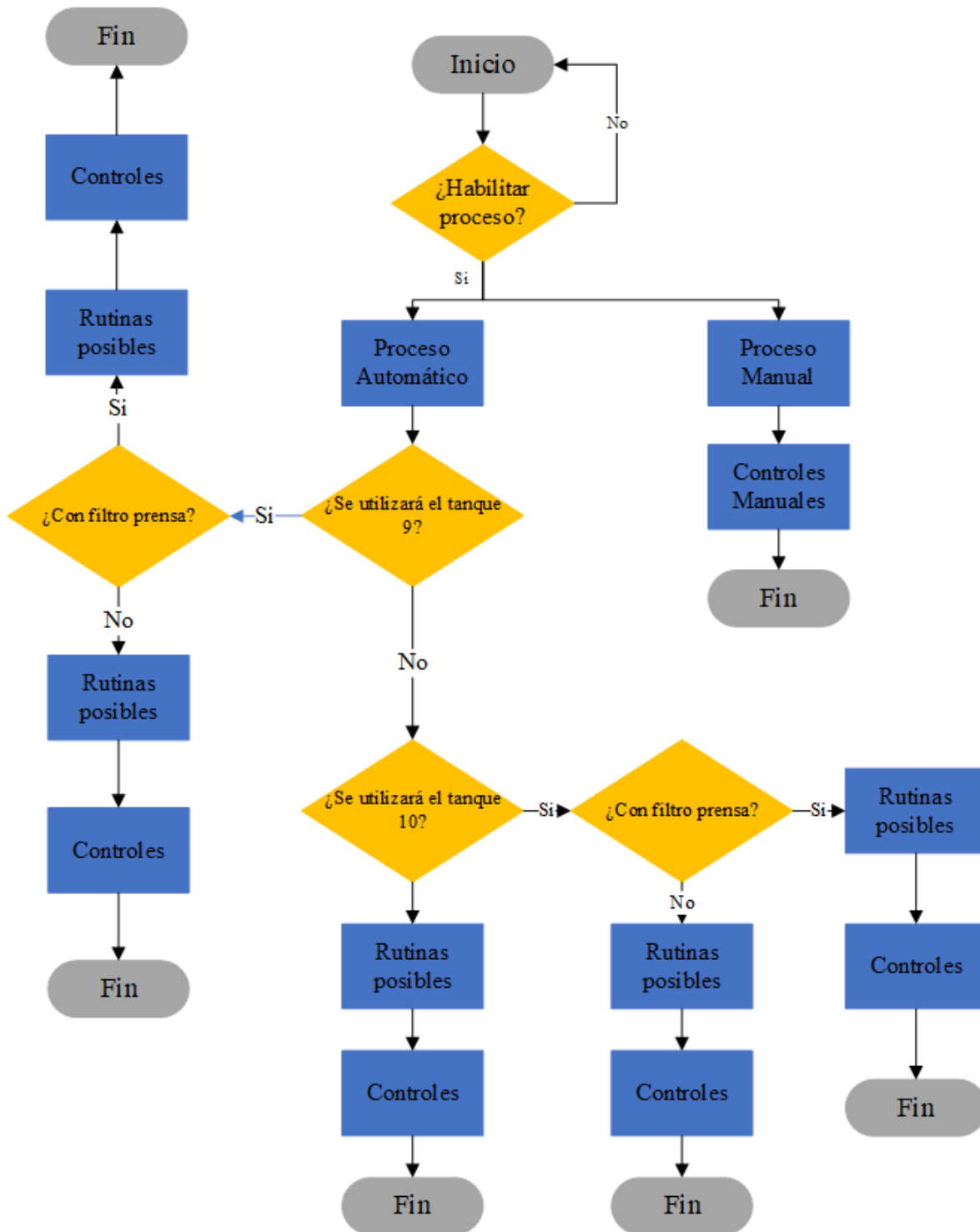
Inocuidad de la materia prima	Sistema de filtrado	Filtro tipo canastilla con apertura de 1 mm con entrada y salida de 3 pulgadas y cuerpo de 8 pulgadas
Cantidades descargadas y trasladadas	Monitoreo de los flujos transportados	Caudalímetro Proline Promass F 300 Coriolis de 3 in E + H

*Fuente: Elaboración propia*

### *7.2.3 Estructura principal del programa*

A continuación, en la ilustración 6 se muestra un diagrama de flujo, el cual explica la estructura básica que debe llevar el programa de control, en dicho programa se debe garantizar la practicidad lo cual es un requerimiento principal del sistema de recepción y distribución de materia prima, también, se debe contemplar la operación del proceso de forma manual, donde se pueden habilitar o deshabilitar directamente los elementos finales de control.

Ilustración 6 Diagrama de flujo - Esquema de programa



Fuente: Elaboración propia

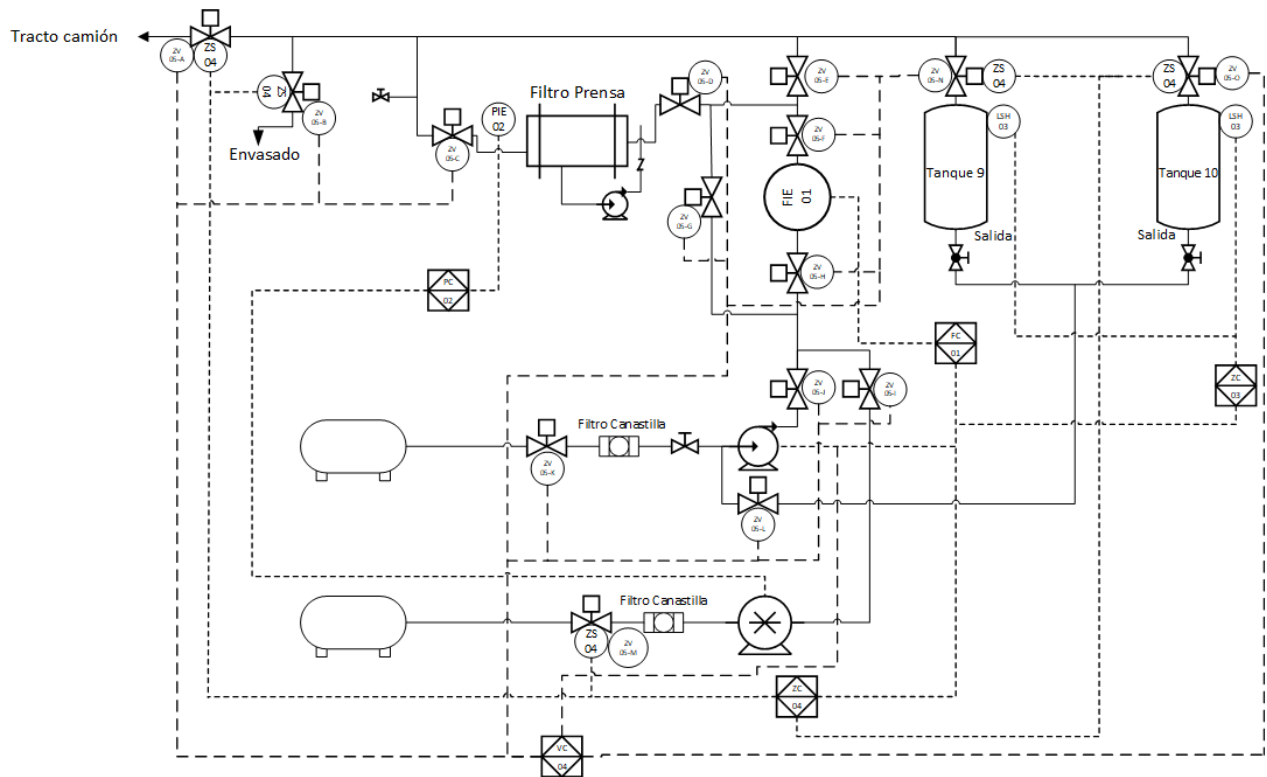
### 7.3 Ingeniería de detalle

Teniendo en cuenta los requerimientos mencionados, se generan los diagramas P&ID y de Lazo de control, los cuales muestran gráficamente y técnicamente el diseño de los sistemas de control que componen la propuesta de automatización.

#### 7.3.1 Diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) para el proceso de recepción de materia prima

A continuación, en la ilustración 7 se muestra un diagrama P&ID donde se identifican los lazos de control y se exponen la instrumentación que se debe instalar para el sistema de recepción de materia prima, principalmente, se utilizarán válvulas tipo wafer de 2 ½ in con actuador neumático simple efecto cerrado en falla, estas válvulas irán conectadas a un sistema de control el cual, habilita o deshabilita los elementos dependiendo de la necesidad de la operación. También se utilizarán sensores de flujo y nivel para determinar y controlar las variables que interactúan en el proceso.

Ilustración 7. Diagrama de tubería e instrumentación para el proceso de recepción de materia prima



Fuente: Elaboración propia



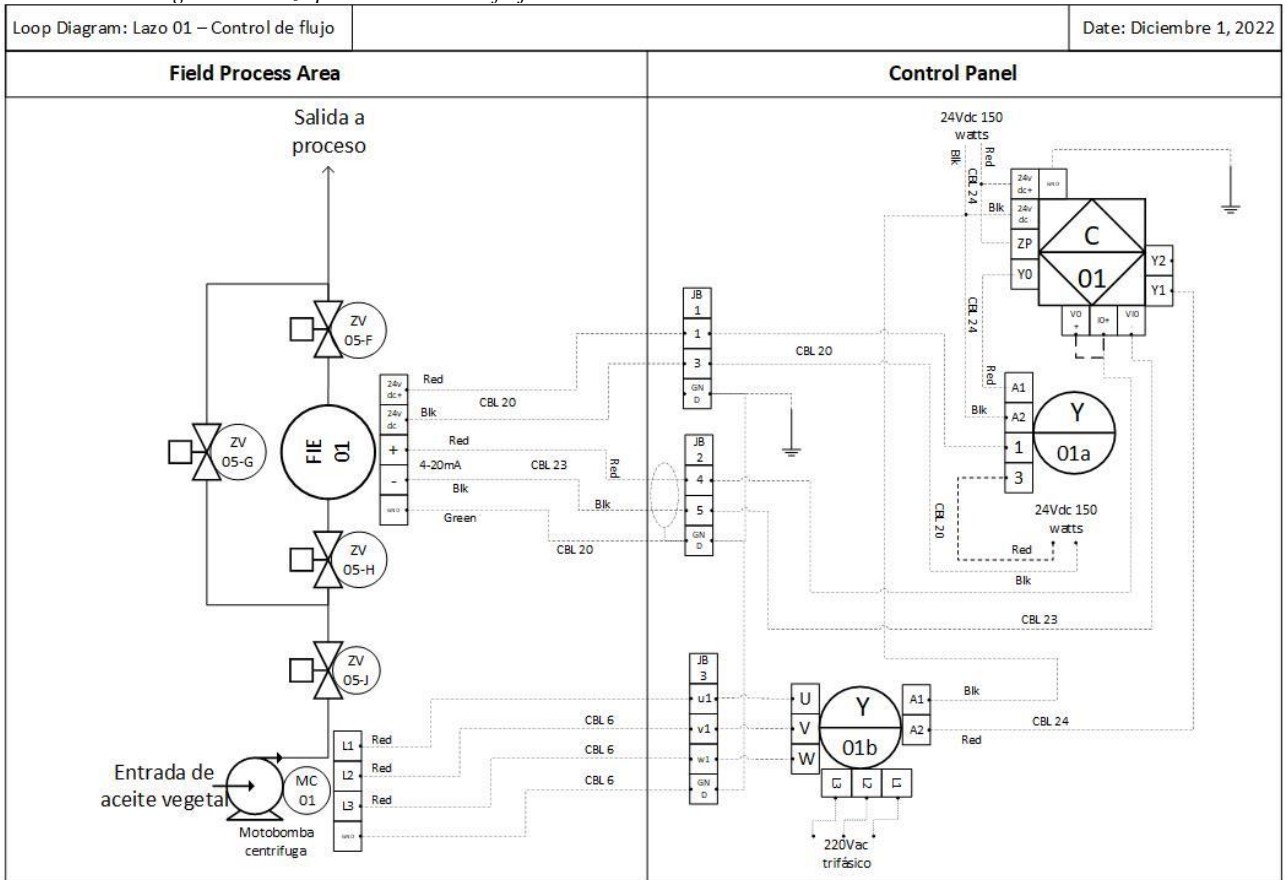
### 7.3.2 Diagrama de lazo

Teniendo identificados los lazos de control, se procesa a detallar las características de dichos lazos, se estipulan las conexiones eléctricas y las conexiones de control que los instrumentos deben tener; para esto, se elaboran diagramas de lazo para cada lazo de control identificado.

#### 7.3.2.1 Lazo de control de flujo

A continuación, en la ilustración 8 se muestra el diagrama de lazo para el control de flujo de la propuesta de automatización, también, en la tabla 14 se establecen los elementos a utilizar y se muestran sus características y su referencia en el mercado.

Ilustración 8. Diagrama de lazo para el control de flujo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Elementos del diagrama de lazo de control de flujo

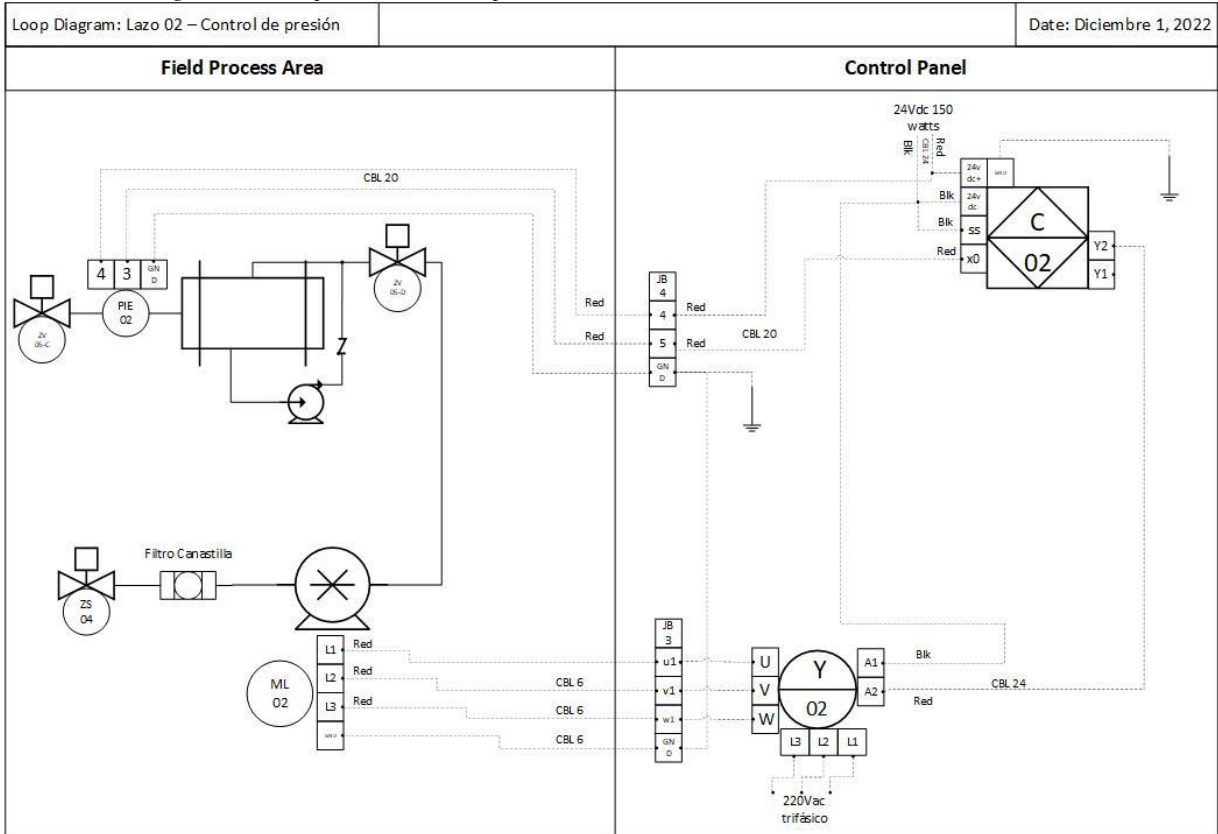
Tag	Descripción	Referencia	Fabricante	Entrada	Salida
FIE - 01	Medidor efecto Coriolis	Caudalímetro Coriolis Proline Promass E 200	Endress y Hauser	0 a 70 000 Kg/h	4 - 20 mA
Y - 01a	Relevo 8 pines bobina 24Vdc	Relpol 47600	Relpol	24Vdc	N/A
Y - 01b	Contactador 40 amperios bobina 24Vdc	NC1-4011	Chint	220Vac Trifásico 60Hz	220Vac Trifásico 60Hz
MC - 01	Motobomba centrifuga 10 hp	PS2-10-2	Barmesa	220Vac Trifásico 60Hz	0 a 55000 Kg/h
C - 01	PLC 2 salidas relay, 1 entrada análoga	Sx2	Delta	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.2.2 Lazo de control de presión

A continuación, en la ilustración 9 se muestra el diagrama de lazo para el control de presión de la propuesta de automatización, también, en la tabla 15 se establecen los elementos a utilizar, para cada elemento se muestran las características principales y su referencia en el mercado.

Ilustración 9. Diagrama de lazo para el control de presión



Fuente: Elaboración propio

Tabla 15. Elementos del diagrama de lazo de control de presión

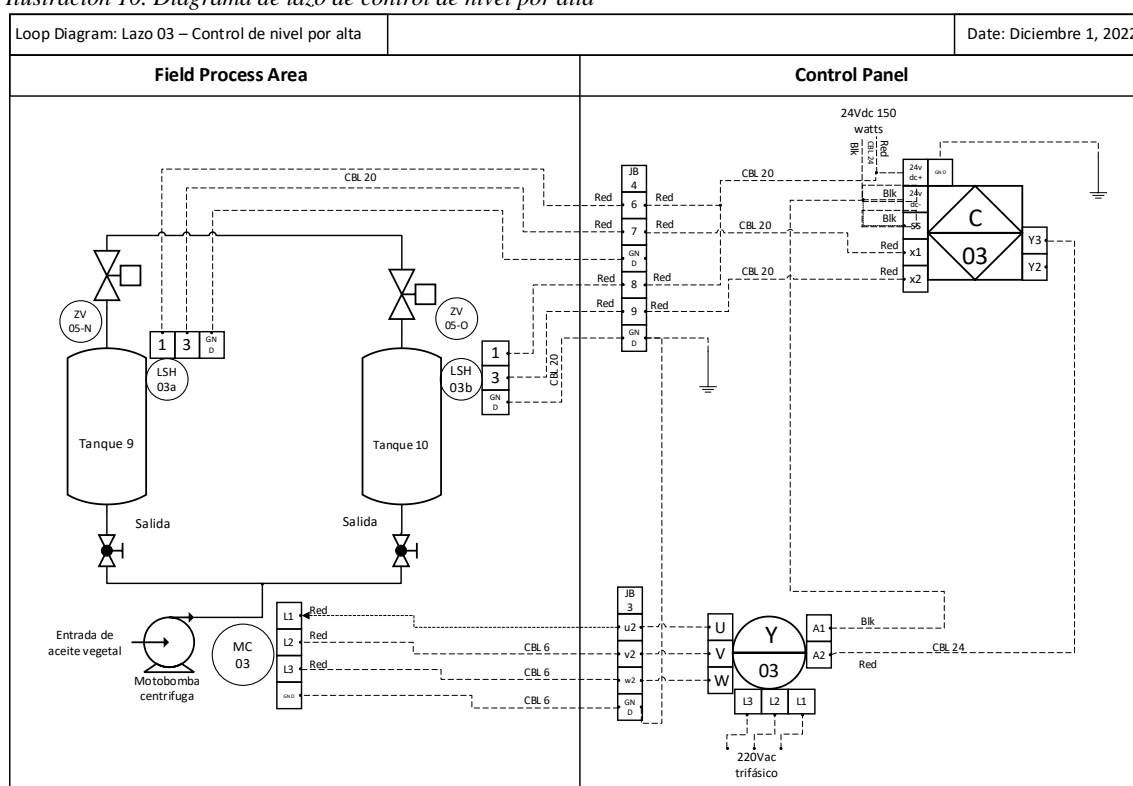
Tag	Descripción	Referencia	Fabricante	Entrada	Salida
PIE - 02	Presostato 240 psi	ELEPRE036 240 PSI	BARKSDALE	N/A	N/A
ML - 02	Motobomba desplazamiento 3"	ABC	ABC	220Vac Trifásico 60Hz	0 a 20000 Kg/h
Y - 02	Contactora 18 amperios bobina 24Vdc	NC1-1810	Chint	220Vac Trifásico 60Hz	220Vac Trifásico 60Hz
C - 02	PLC 1 salidas relay, 1 entrada digital	Sx2	Delta	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.2.3 Lazo de control de nivel por alta

A continuación, en la ilustración 10 se muestra el diagrama de lazo para el control de presión de la propuesta de automatización, también, en la tabla 16 se establecen los elementos a utilizar, para cada elemento se muestran las características principales y su referencia en el mercado.

Ilustración 10. Diagrama de lazo de control de nivel por alta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Elementos del diagrama de lazo de control de nivel por alta

Tag	Descripción	Referencia	Fabricante	Entrada	Salida
LSH - 03a	Switch de nivel IP66 intemperie	INMS	Autonics	N/A	N/A
LSH - 03b	Switch de nivel IP66 intemperie	INMS	Autonics	N/A	N/A
Y - 03	Contactora 40 amperios bobina 24Vdc	NC1-4011	Chint	220Vac Trifásico 60Hz	220Vac Trifásico 60Hz

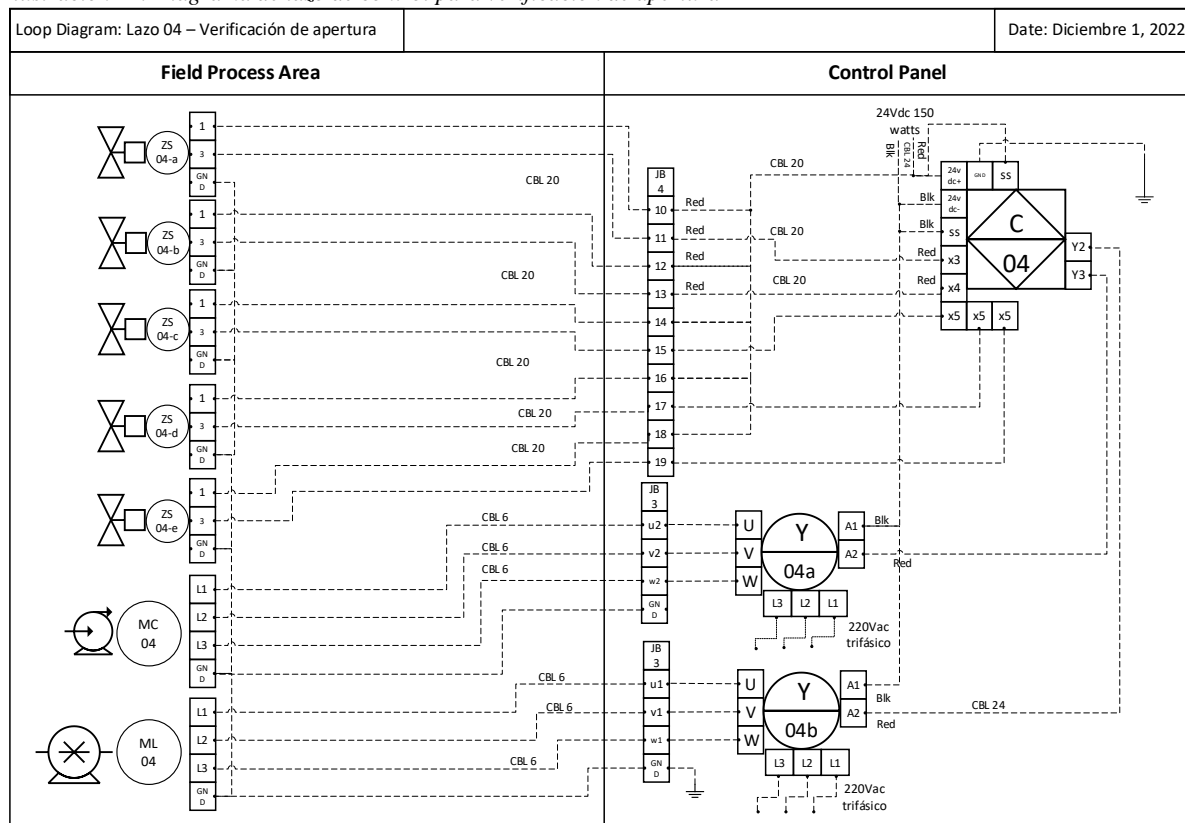
MC - 03	Motobomba centrifuga 10 hp	PS2-10-2	Barmesa	220Vac Trifásico 60Hz	0 a 55000 Kg/h
C - 03	PLC 1 salidas relay, 2 entrada digital	Sx2	Delta	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.2.4 Lazo de control para verificación de apertura

A continuación, en la ilustración 11 se muestra el diagrama de lazo para el control de verificación de apertura de válvulas principales de la propuesta de automatización, también, en la tabla 17 se establecen los elementos a utilizar, para cada elemento se muestran las características principales y su referencia en el mercado.

Ilustración 11. Diagrama de lazo de control para verificación de apertura



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Elementos del diagrama de lazo de control para verificación de apertura

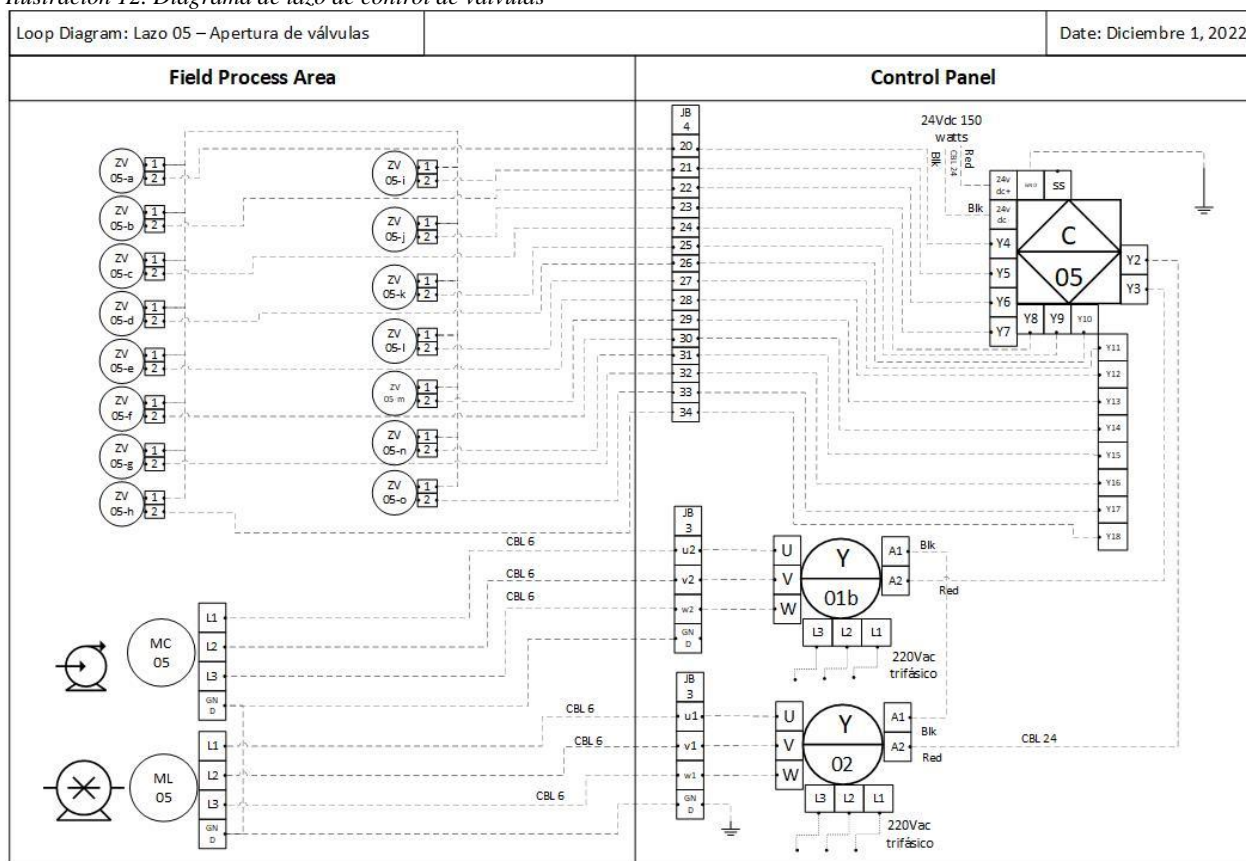
Tag	Descripción	Referencia	Fabricante	Entrada	Salida
ZS - 04a	Switch de posición IP66 intemperie	Valmec	Valmec	N/A	N/A
ZS - 04b	Switch de posición IP66 intemperie	Valmec	Valmec	N/A	N/A
ZS - 04c	Switch de posición IP66 intemperie	Valmec	Valmec	N/A	N/A
ZS - 04d	Switch de posición IP66 intemperie	Valmec	Valmec	N/A	N/A
ZS - 04e	Switch de posición IP66 intemperie	Valmec	Valmec	N/A	N/A
Y - 04a	Contactador 40 amperios bobina 24Vdc	NC1-4011	Chint	220Vac Trifásico 60Hz	220Vac Trifásico 60Hz
MC - 04	Motobomba centrífuga 10 hp	PS2-10-2	Barmesa	220Vac Trifásico 60Hz	0 a 55000 Kg/h
ML - 04	Motobomba con cuerpo en acero inoxidable 316 desplazamiento positivo con estrada y salida de 3"	ABC	ABC	220Vac Trifásico 60Hz	0 a 20000 Kg/h
Y - 04b	Contactador 18 amperios bobina 24Vdc	NC1-1810	Chint	220Vac Trifásico 60Hz	220Vac Trifásico 60Hz
C - 03	PLC 1 salidas relay, 2 entada digital	Sx2	Delta	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.2.5 Lazo de control de válvulas

A continuación, en la ilustración 12 se muestra el diagrama de lazo abierto para el control de válvulas de la propuesta de automatización, también, en la tabla 18 se establecen los elementos a utilizar, para cada elemento se muestran las características principales y su referencia en el mercado.

Ilustración 12. Diagrama de lazo de control de válvulas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Elementos del diagrama de lazo de control de válvulas

Tag	Descripción	Referencia	Fabricante	Entrada	Salida
ZV - 05a	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05b	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A

ZV - 05c	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05d	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05e	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05f	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05g	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05h	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05i	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05j	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05k	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05l	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05m	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05n	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
ZV - 05o	Válvula mariposa actuador neumático normalmente cerrada	A126-3in	Bray	N/A	N/A
Y - 05a	Contactador 40 amperios bobina 24Vdc	NC1-4011	Chint	220Vac Trifásico 60Hz	220Vac Trifásico 60Hz



Y - 05b	Contactador 18 amperios bobina 24Vdc	NC1-1810	Chint	220Vac Trifásico 60Hz	220Vac Trifásico 60Hz
MC - 04	Motobomba centrifuga 10 hp	PS2-10-2	Barmesa	220Vac Trifásico 60Hz	0 a 55000 Kg/h
ML - 04	Motobomba con cuerpo en acero inoxidable 316 desplazamiento positivo con estrada y salida de 3"	ABC	ABC	220Vac Trifásico 60Hz	0 a 20000 Kg/h
C - 03	PLC 1 salidas relay, 2 entada digital	Sx2	Delta	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.3 Caracterización de la instrumentación

Teniendo en cuenta el diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y los diagramas de lazo diseñados, en la tabla 19 se hace una identificación de la instrumentación requerida para el desarrollo del proyecto.

Tabla 19. Instrumentación necesaria para el desarrollo del proyecto

Equipo	Descripción	Cantidad	Referencia	Fabricante
Válvula mariposa	Válvula tipo mariposa neumática normalmente cerrada simple efecto	15	Serie 20/21 3 in	Bray
Válvula solenoide	Válvula solenoide 3/2 BOBINA 24 VDC	15	VSNC-FC-M52-MD-G14-F8	FESTO
Medidor masico	Medidor masico efecto Coriolis 3 in	1	Promass E200	Endress + Hauser
Switch de nivel	Switch de nivel IP66 intemperie	2	INMS	Autonics
Motobomba centrifuga	Motobomba centrifuga 10 hp acero inoxidable 316	1	PS 2-10-2	Barmesa
Motobomba de lóbulos	Motobomba con cuerpo en acero inoxidable 316 desplazamiento positivo con estrada y salida de 3"	1	SK 572.1 XIEC 112	ABC

PLC	<p>Entradas – Salidas: 20 (8DI/6DO, 4AI/2AO)</p> <p>I/O máximas: 494 (14 + 480)</p> <p>Capacidad de programa: 16k steps</p> <p>Puertos COM: RS-232, RS-485 y USB integrados, compatible con Modbus ASCII/RTU.</p> <p>Expandible hasta un máximo de 8 módulos: módulos analógicos I/O, medición de temperatura y módulos de comunicación PROFIBUS/Devicenet</p> <p>Salida de impulsos de alta velocidad: Soporta 2 puntos (Y0, Y2) de alta velocidad (100 kHz máx.) y 2 puntos (Y1, Y3) de alta velocidad (10 kHz máx.)</p> <p>Contadores de alta velocidad integrados.</p> <p>Salidas analógicas integradas</p>	1	SX2	Delta
Módulo de entradas y salidas digitales	8 entradas a 24 VDC y 8 salidas de relé (1,5A/pt 5A común)	1	DVP16SP11R	Delta
Fuente de alimentación	Fuente de voltaje de 48 watts	1	DVPPS02	Delta
HMI	Pantalla HMI 7 in puerto de comunicación RS485 alimentación 24 vdc	1	DOP-107bv	Delta
Contactador	Contactador 18 amperios bobina 24 vdc	1	NC1-1810	Chint
Guarda motor	Guardamotor 13 - 18 amperios	1	54898	Chint
Contactador	Contactador 40 amperios bobina 24 vdc	1	NC1-4011	Chint
Guarda motor	Guardamotor 25 - 40 amperios	1	04-11-008	Chint

Fuente: *Elaboración propia*

#### 7.3.4 Isa 88

A partir del sistema diseñado, se pretende realizar el levantamiento de los modelos que se contemplan en la estándar Isa 88, esto con el objetivo de realizar una comparación del proceso

de recepción y distribución de aceite vegetal antes y después de la propuesta de mejora planteada en el presente proyecto.

#### 7.1.1.4 Modelo de control procedimental

El modelo de control procedimental reconoce las actividades a llevar a cabo en la cadena de valor, la estructura de manera secuencial para reflejar el funcionamiento real del proceso. Este enfoque divide las acciones en diferentes niveles, como procedimientos, sub procedimientos, operaciones y establece las fases involucradas en cada procedimiento específico (Ver tabla 20).

Tabla 20. Modelo de control procedimental, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima

Procedimiento	Procedimiento de Unidad	Operaciones	Fases
Manipular lípidos	Recepcionar aceite vegetal	Calentar materia prima	Generar vapor
			Conectar entrada de vapor
			Habilitar el paso de vapor
			Calentar la materia prima hasta los 50°C
			Deshabilitar y desconectar entrada de vapor
		Descargar materia prima	Habilitar la salida de materia prima
			Conectar entrada de materia prima
			Garantizar la ausencia de material extraño
			Habilitar transporte
			Deshabilitar transporte
	Distribuir aceite vegetal	Controlar distribución	Verificar nivel del fluido
			Reportar nivel del fluido
		Almacenar aceite vegetal	Habilitar transporte
			Deshabilitar transporte

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.1.5 Modelo Físico

El modelo físico brinda la capacidad de reconocer y priorizar todos los activos físicos disponibles en la empresa, proporcionando una visión integral de los recursos con los que la compañía puede llevar a cabo un proceso específico. Esto, a su vez, abre la posibilidad de optimizar la gestión eficiente de dichos activos. El modelo físico organiza estos recursos en categorías que incluyen células de proceso, unidades, módulos de equipo y, por último, módulos de control (Ver tabla 21).

Tabla 21. Modelo físico, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima

Célula	Unidad	Módulo de Equipo	Módulo de control
Sistema de manipulación de lípidos	Sistema de Recepción	Calentador	Caldera 20bhp
			Serpentín
			Manguera
			Vapor
		Sistema de descargue de materia prima	Filtros canastilla
			Acoples de manguera
			Manguera 3" FDA
			Válvulas mariposa automáticas
			Válvulas de bola automáticas
			Tubería 2"
	Sistema de Distribución	Protocolo de control	Empaques de teflón
			Radio
			Manguera mirilla
		Sistema para el almacenamiento de aceite vegetal	Linterna
			Tanques de almacenamiento
Tanques de dosificación			
Tanques pulmón			

			Válvulas mariposa automaticas
			Motobombas

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.1.6 Modelo Proceso

El modelo de proceso crea una estructura que vincula los procedimientos y las tareas a realizar con los recursos físicos de la empresa. Este enfoque nos permite mejorar la eficiencia general del proceso al gestionar las actividades y recursos para lograr resultados más favorables. El modelo de proceso incluye una descripción del proceso general, estaciones de trabajo, operaciones y, por último, identifica las acciones necesarias para llevar a cabo el proceso macro original (Ver tabla 22).

Tabla 22. Modelo de proceso, Isa 88 - proceso de recepción de materia prima

Proceso	Etapas de proceso	Operación de proceso	Acción de proceso
manipulación de lípidos	Recepción de aceites vegetales	Calentamiento	Pre calentamiento de caldera
			Instalación de acoples y accesorios
			Instalación de manguera
			Inicialización del proceso de calentamiento
		Des habilitación del sistema de calentamiento	
		Descargue de materia prima	Alistamiento del sistema de descargue
			Habilitación de válvulas
			Inicialización de descargue
	Supervisión de los niveles de los tanques		
			Finalización del descargue
		Proceso para el control de traslados	Supervisión y reporte de los niveles de los tanques
		Almacenamiento de aceite vegetal	Alistamiento del sistema de traslado

			Habilitación de válvulas
			Inicialización del traslado
			Supervisión de los niveles de los tanques
			Finalización del traslado

*Fuente: Elaboración propia*

## **8 ROBUSTEZ DE LA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL SISTEMA DE RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA PRIMA.**

Con el objetivo de garantizar la funcionalidad y efectividad del sistema de recepción y distribución de materia prima propuesto a la empresa Compañía Integral SAS, se procede a realizar una verificación del comportamiento del sistema ante las situaciones cotidianas que se presentarían en el tiempo de operación, también, se procede a realizar pruebas de funcionalidad del sistema ante los eventos críticos definidos en los capítulos anteriores.

Para esto, y teniendo en cuenta la instrumentación establecida para el desarrollo del proyecto, se estructuran y programan las rutinas de control necesarias para cumplir los requisitos que estipula el proceso de recepción y distribución, esto se realiza y se simula en el software IspSoft, DopSoft y Commgr.

### **8.1 Interloks y permisivos**

Los interlock garantizan la prevención de problemas causados por acciones erróneas o activaciones no planificadas en el sistema, mientras que los permisivos son las condiciones que se deben garantizar antes de llevar a cabo una ejecución en específico. Entendiendo la naturaleza del proceso de recepción y distribución de aceite vegetal, se hace indispensable el uso de estas restricciones con el objetivo de garantizar que las situaciones inherentes del proceso no pongan en riesgo las operaciones que se ejecutan, la materia prima y la seguridad de los operadores.

Para cada rutina posible en el programa de control, se tienen contemplado un conjunto de interloks y permisivos que garantizan el correcto funcionamiento del sistema.

#### *8.1.1 Rutina 1*

Para esta rutina, se tiene estipulado que la materia prima se transportará desde un carro tanque hasta los tanques de almacenamiento ubicados en la parte interna de la planta, para esta rutina, no se utiliza el filtro prensa.

#### **Interloks**

##### *Desviaciones*

- Activación del paro de emergencia.
- Fallo o cierre de al menos una de las 5 válvulas principales

##### *Acciones*

- Apagado de la moto bomba centrifuga.

- Cierre de todas las válvulas que componen el sistema.

### **Permisivos**

No va a ser posible ejecutar la rutina uno mientras se cumplan al menos una de las siguientes condiciones.

- Se encuentra en ejecución otra rutina.
- Paro de emergencia activado
- Se encuentra abierta al menos una de las 5 válvulas principales
- Algún elemento se encuentra activado de forma manual
- La presión interna de la tubería supera el límite máximo establecido

#### *8.1.2 Rutina 2*

Para esta rutina, se tiene estipulado que la materia prima se transportará desde un carro tanque hasta los tanques de almacenamiento ubicados en la parte interna de la planta, para esta rutina, se utiliza el filtro prensa.

### **Interloks**

#### *Desviaciones*

- Activación del paro de emergencia.
- Fallo o cierre de al menos una de las 5 válvulas principales.
- Presión interna de la tubería supera el máximo establecido.

#### *Acciones*

- Apagado de la moto bomba desplazamiento positivo.
- Cierre de todas las válvulas que componen el sistema.

### **Permisivos**

No va a ser posible ejecutar la rutina dos mientras se cumplan al menos una de las siguientes condiciones.

- Se encuentra en ejecución otra rutina.
- Paro de emergencia activado
- Se encuentra abierta al menos una de las 5 válvulas principales
- Algún elemento se encuentra activado de forma manual
- La presión interna de la tubería supera el límite máximo establecido



### 8.1.3 Rutina 3

Para esta rutina, se tiene estipulado que la materia prima se transportara desde un carro tanque hasta los tanques de almacenamiento 9 y 10, para esta rutina, no se utiliza el filtro prensa.

#### **Interloks**

##### *Desviaciones*

- Activación del paro de emergencia.
- Fallo o cierre de al menos una de las 5 válvulas principales
- Activación de los switches por alta 01 o 02

##### *Acciones*

- Apagado de la moto bomba centrifuga.
- Cierre de todas las válvulas que componen el sistema.

#### **Permisivos**

No va a ser posible ejecutar la rutina tres mientras se cumplan al menos una de las siguientes condiciones.

- Se encuentra en ejecución otra rutina.
- Paro de emergencia activado
- Se encuentra abierta al menos una de las 5 válvulas principales
- Algún elemento se encuentra activado de forma manual
- La presión interna de la tubería supera el límite máximo establecido
- Se encuentran activados los switches por alta 01 o 02

### 8.1.4 Rutina 4

Para esta rutina, se tiene estipulado que la materia prima se transportará desde un carro tanque hasta los tanques de almacenamiento 9 y 10, para esta rutina, se utiliza el filtro prensa.

#### **Interloks**

##### *Desviaciones*

- Activación del paro de emergencia.
- Fallo o cierre de al menos una de las 5 válvulas principales.
- Presión interna de la tubería supera el máximo establecido.
- Activación de los switches por alta 01 o 02

##### *Acciones*

- Apagado de la moto bomba desplazamiento positivo.

- Cierre de todas las válvulas que componen el sistema.

### **Permisivos**

No va a ser posible ejecutar la rutina cuatro mientras se cumplan al menos una de las siguientes condiciones.

- Se encuentra en ejecución otra rutina.
- Paro de emergencia activado
- Se encuentra abierta al menos una de las 5 válvulas principales
- Algún elemento se encuentra activado de forma manual
- La presión interna de la tubería supera el límite máximo establecido
- Se encuentran activados los switches por alta 01 o 02

#### *8.1.5 Rutina 5*

Para esta rutina, se tiene estipulado que la materia prima se transportará desde los tanques de almacenamiento 9 y 10 hasta un carro tanque, no se utiliza el filtro prensa.

### **Interlocks**

#### *Desviaciones*

- Activación del paro de emergencia.
- Fallo o cierre de al menos una de las 5 válvulas principales

#### *Acciones*

- Apagado de la moto bomba centrifuga.
- Cierre de todas las válvulas que componen el sistema.

### **Permisivos**

No va a ser posible ejecutar la rutina cinco mientras se cumplan al menos una de las siguientes condiciones.

- Se encuentra en ejecución otra rutina.
- Paro de emergencia activado
- Se encuentra abierta al menos una de las 5 válvulas principales
- Algún elemento se encuentra activado de forma manual
- La presión interna de la tubería supera el límite máximo establecido

#### *8.1.6 Rutina 6*

Para esta rutina, se tiene estipulado que la materia prima se transportará desde los tanques de almacenamiento 9 y 10 hasta un carro tanque, no se utiliza el filtro prensa.

## **Interloks**

### *Desviaciones*

- Activación del paro de emergencia.
- Fallo o cierre de al menos una de las 5 válvulas principales

### *Acciones*

- Apagado de la moto bomba centrifuga.
- Cierre de todas las válvulas que componen el sistema.

## **Permisivos**

No va a ser posible ejecutar la rutina seis mientras se cumplan al menos una de las siguientes condiciones.

- Se encuentra en ejecución otra rutina.
- Paro de emergencia activado
- Se encuentra abierta al menos una de las 5 válvulas principales
- Algún elemento se encuentra activado de forma manual
- La presión interna de la tubería supera el límite máximo establecido

### *8.1.7 Rutina 7*

Para esta rutina, se tiene estipulado que la materia prima se recirculará en los tanques de almacenamiento 9 y 10, no se utiliza el filtro prensa.

## **Interloks**

### *Desviaciones*

- Activación del paro de emergencia.
- Fallo o cierre de al menos una de las 5 válvulas principales
- Activación de los switches por alta 01 o 02

### *Acciones*

- Apagado de la moto bomba centrifuga.
- Cierre de todas las válvulas que componen el sistema.

## **Permisivos**

No va a ser posible ejecutar la rutina siete mientras se cumplan al menos una de las siguientes condiciones.

- Se encuentra en ejecución otra rutina.
- Paro de emergencia activado

- Se encuentra abierta al menos una de las 5 válvulas principales
- Algún elemento se encuentra activado de forma manual
- La presión interna de la tubería supera el límite máximo establecido

#### 8.1.8 Rutina 8

Para esta rutina, se tiene estipulado que la materia prima se recirculará en un carro tanque, no se utiliza el filtro prensa.

#### **Interloks**

##### *Desviaciones*

- Activación del paro de emergencia.
- Fallo o cierre de al menos una de las 5 válvulas principales

##### *Acciones*

- Apagado de la moto bomba centrifuga.
- Cierre de todas las válvulas que componen el sistema.

#### **Permisivos**

No va a ser posible ejecutar la rutina ocho mientras se cumplan al menos una de las siguientes condiciones.

- Se encuentra en ejecución otra rutina.
- Paro de emergencia activado
- Se encuentra abierta al menos una de las 5 válvulas principales
- Algún elemento se encuentra activado de forma manual
- La presión interna de la tubería supera el límite máximo establecido

## **8.2 Programación en IspSoft**

Teniendo en cuenta los puntos críticos del proceso de recepción y distribución de materia prima establecidos, se realiza la programación de las rutinas de control, para esto se definen las variables que interactúan en la lógica del código, también, se establecen las salidas y las entradas del controlador lógico programable. En la tabla 23 se observa el listado de direcciones que se establecen en el controlador.

Tabla 23. Listado de variables de programación

N°	Dirección	Comentario	N°	Dirección	Comentario
1	M0	Habilitar	43	M75	Stop Válvula 12
2	M1	Deshabilitar	44	M76	Start Válvula 13
3	D11	Entrada Medidor	45	M77	Stop Válvula 13
4	M39	Sis Habilitado	46	M78	Start Válvula 14
5	M52	Sis Deshabilitado	47	M79	Stop Válvula 14
6	M53	Automático	48	M80	Start Válvula 15
7	M54	Manual	49	M81	Stop Válvula 15
11	M43	Parar Rutinas	50	T0	Temporizador para apagar válvulas
12	M44	On Rutina 1	51	T1	Temporizador iniciar rutina 1
13	M45	On Rutina 2	52	T2	Temporizador iniciar rutina 2
14	M46	On Rutina 3	53	T3	Temporizador iniciar rutina 3
15	M47	On Rutina 4	54	T4	Temporizador iniciar rutina 4
16	M48	On Rutina 5	55	T5	Temporizador iniciar rutina 5
17	M49	On Rutina 6	56	T6	Temporizador iniciar rutina 6
18	M50	On Rutina 7	57	T7	Temporizador iniciar rutina 7
19	M51	On Rutina 8	58	T8	Temporizador iniciar rutina 8
20	M52	Start Válvula 1	59	X1	Presostato por alta
21	M53	Stop Válvula 1	60	X2	Paro de emergencia
22	M54	Start Válvula 2	61	X3	Nivel por alta 1
23	M55	Stop Válvula 2	62	X4	Nivel por alta 2
24	M56	Start Válvula 3	63	Y0	Válvula 1
25	M57	Stop Válvula 3	64	Y1	Válvula 2
26	M58	Start Válvula 4	65	Y2	Válvula 3
27	M59	Stop Válvula 4	66	Y3	Válvula 4
28	M60	Start Válvula 5	67	Y4	Válvula 5
29	M61	Stop Válvula 5	68	Y5	Válvula 6
30	M62	Start Válvula 6	69	Y20	Válvula 7
31	M63	Stop Válvula 6	70	Y21	Válvula 8
32	M64	Start Válvula 7	71	Y22	Válvula 9
33	M65	Stop Válvula 7	72	Y23	Válvula 10
34	M66	Start Válvula 8	73	Y24	Válvula 11
35	M67	Stop Válvula 8	74	Y25	Válvula 12
36	M68	Start Válvula 9	75	Y26	Válvula 13
37	M69	Stop Válvula 9	76	Y27	Válvula 14
38	M70	Start Válvula 10	77	Y30	Válvula 15
39	M71	Stop Válvula 10	78	Y31	Motobomba centrifuga
40	M72	Start Válvula 11	79	Y32	Medidor masico
41	M73	Stop Válvula 11	80	Y33	Motobomba lóbulos

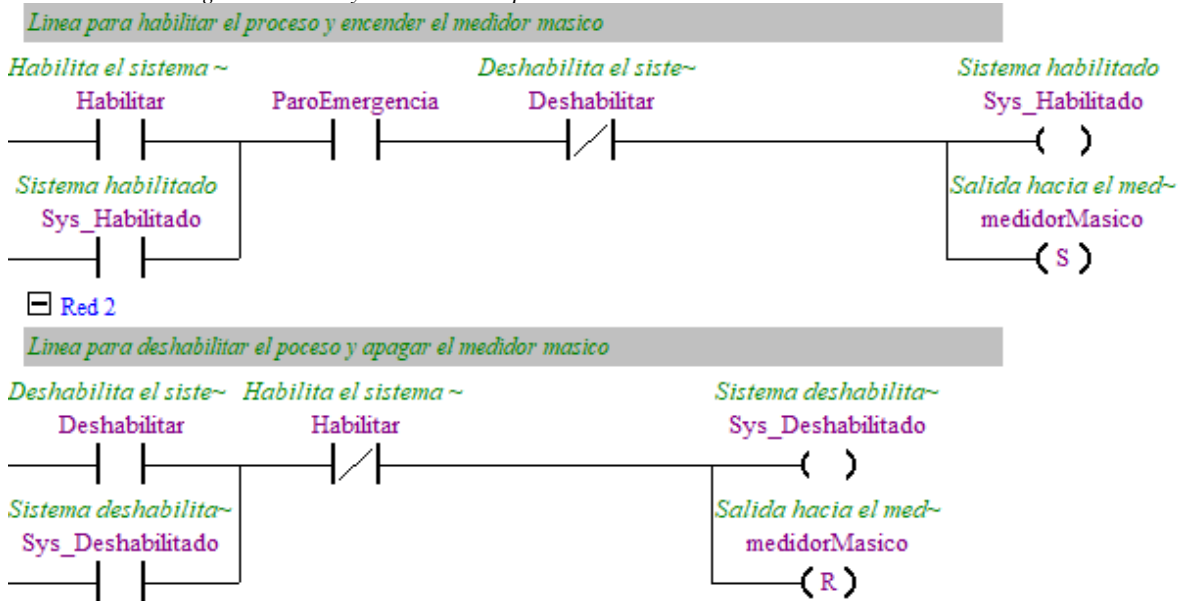
Fuente: Elaboración propia

La programación del controlador se realiza en lenguaje Ladder y con ayuda de subrutinas se estructura de forma ordenada los diferentes segmentos de código, se programa una subrutina para el proceso en automático y manual. También, se utiliza una subrutina para realizar la finalización de los procesos.

Se tiene que tener en cuenta los efectos que puede causar el golpe de ariete en las tuberías del proceso, para esto se debe apagar la motobomba y después de un tiempo determinado, cerrar las válvulas automáticas.

En la ilustración 13 se observa cómo se realiza el enclavamiento para habilitar y deshabilitar el proceso de recepción y traslado, también, se enclava y energiza el medidor masico antes de iniciar cualquier rutina de control.

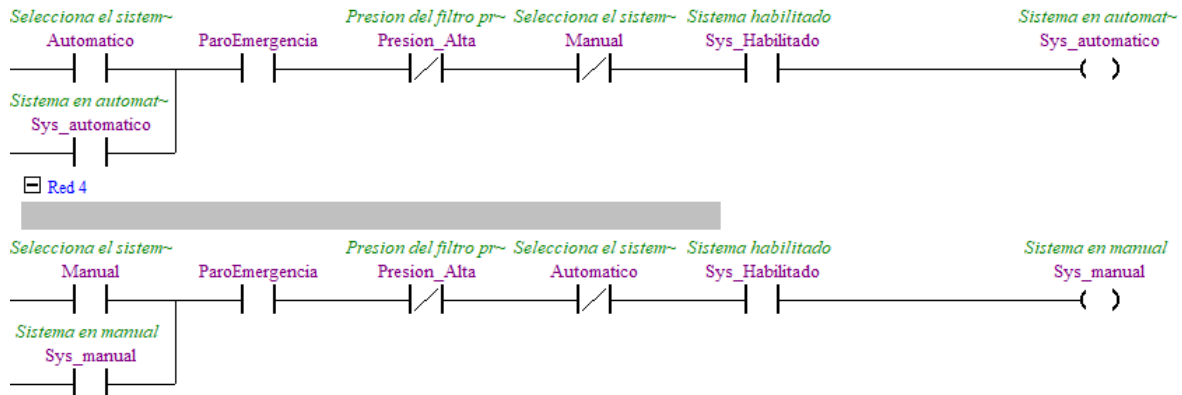
Ilustración 13. Código de habilitar y deshabilitar el proceso



Fuente: Elaboración propia

Posterior a esto, se realiza la selección del modo de trabajo, ya sea en automático o en modo manual, a continuación, en la ilustración 14 se muestran los enclavamientos de las variables locales para determinar el modo de trabajo.

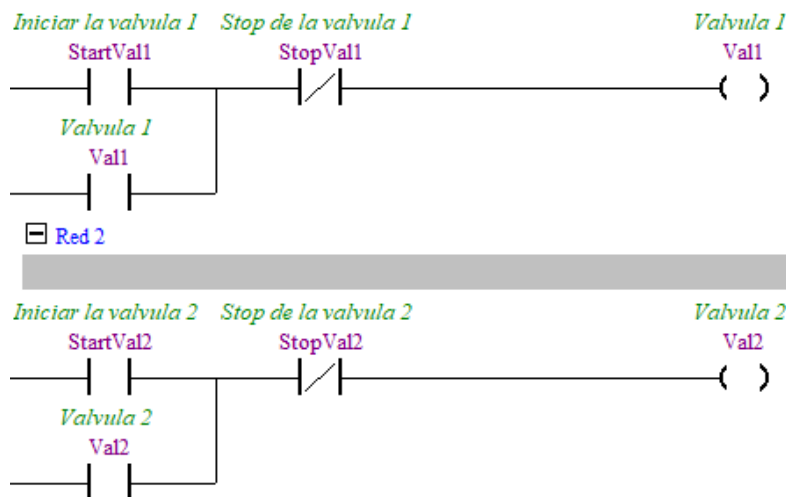
Ilustración 14. Código para habilitar el sistema en modo automático o manual



Fuente: Elaboración propia

Luego, para el sistema en modo manual, se realiza los enclavamientos de forma independiente a cada elemento del sistema (válvulas, motobomba y medidor), cabe resaltar que, en este modo, el sistema de controlar el proceso en general. A continuación, en la ilustración 15 se muestra el código para el enclavamiento de los componentes de control.

Ilustración 15. Código de enclavamiento de los elementos de control

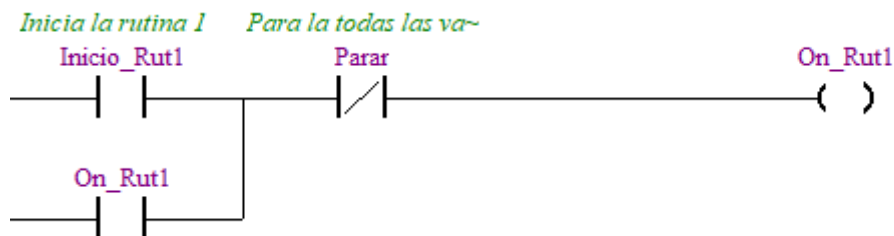


Fuente: Elaboración propia

Para el sistema en modo automático, se crean rutinas de encendido las cuales permiten el descargue y traslado de aceite vegetal de forma rápida, sencilla y efectiva. En este punto, se utilizan temporizadores con el objetivo de calibrar los tiempos de encendido para evitar los fenómenos físicos que pueden afectar el correcto funcionamiento de la tubería. Para realizar la segmentación correcta de las rutinas de control y facilitar su manejo, se diseñan varias

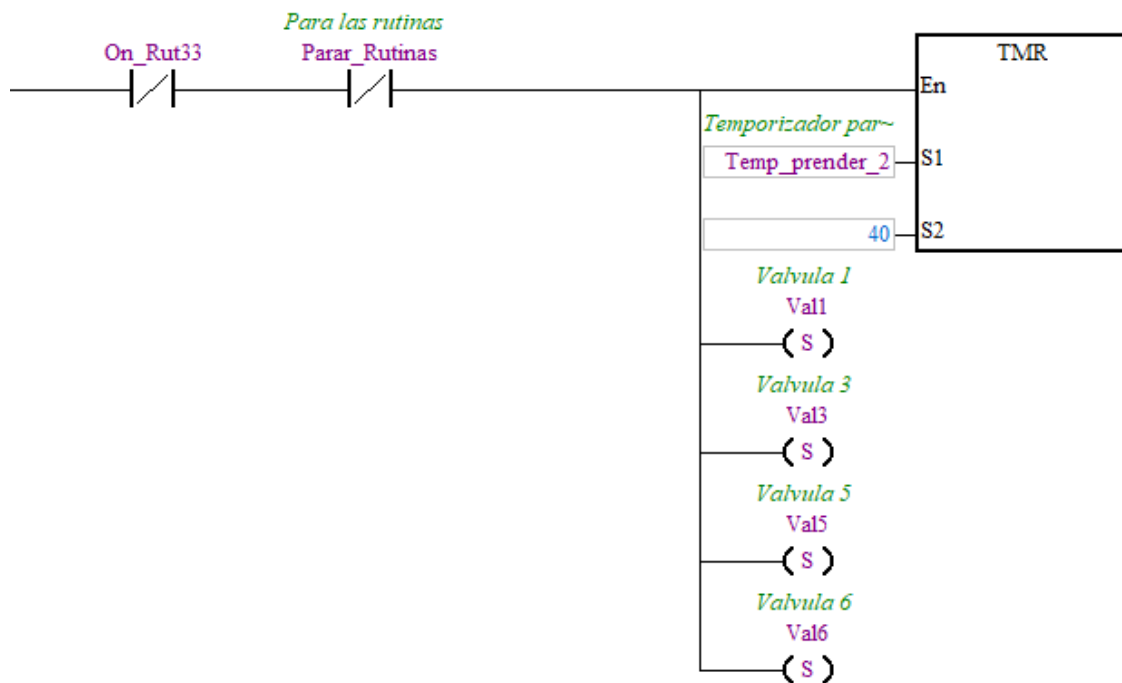
interfaces en el HMI amigables con el usuario. A continuación, en la ilustración 16 se muestra el código diseñado para ejecutar las rutinas de control de forma automática y en la ilustración 17 se observa el código que ejecuta la activación de la rutina 1.

Ilustración 16. Enclavamiento de las rutinas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17. Código para la ejecución de la rutina numero 1



Fuente: Elaboración propia

Para la activación de los elementos de control, primero se deben cumplir las condiciones ideales en todo el sistema, como lo es la nivel de los tanques de almacenamiento, la presión de la tubería y los estados de las válvulas principales, si una de estas condiciones no se cumplen, por medio de contactos normalmente cerrados se desactivan los elementos finales



de control, es importante aclarar que las válvulas neumáticas por medio de resortes se encuentran en configuración de normalmente cerradas, luego de garantizar las condiciones, se procede a la activación de las válvulas para cumplir los requerimientos actuales del proceso.

### **8.3 Diseño de la interface HMI**

Para el diseño de la interface HMI se utiliza el software DopSoft de Delta Electronics, la interface debe enfocarse en la practicidad. A continuación, se muestran las pantallas que componen el sistema HMI.

En primera instancia, en la ilustración 18 se observa la pantalla inicial, donde se encuentra el logo de la empresa Compañía Integral SAS.

*Ilustración 18. Pantalla inicial - HMI*



*Fuente: Elaboración propia*

Posterior a esta pantalla, en la ilustración 19 se observa la pantalla donde habilitamos o deshabilitamos el proceso, se tiene un indicador el cual representa el estado del sistema.

Ilustración 19. Activación del proceso



Fuente: Elaboración propia

Luego, en la ilustración 20 se observa la pantalla donde escogemos el modo de operación, ya sea de forma automática o manual

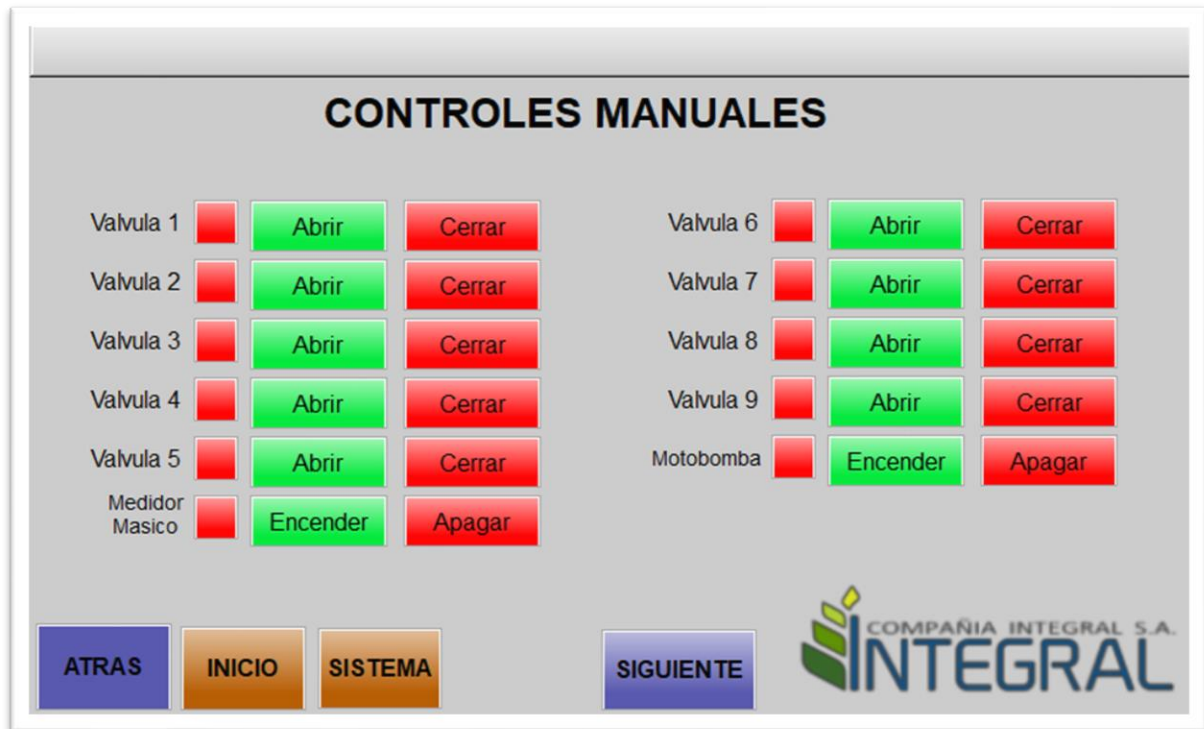
Ilustración 20. Selección del modo de operación



Fuente: Elaboración propia

Para la operación en modo manual, en la ilustración 21 se observa la pantalla donde tenemos los comandos de abrir, cerrar, encender y apagar como se muestra a continuación.

Ilustración 21. Controles manuales



Fuente: Elaboración propia

Para la operación automática, seguimos una serie de pantallas las cuales nos encaminan a las rutinas posibles para la configuración necesaria, en este caso particular, en la ilustración 22 se observa la pantalla donde se pretende realizar un proceso de descargue en el tanque de almacenamiento N°9 sin utilizar el filtro prensa.

Ilustración 22. Selección del tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

Luego, en la ilustración 23 se observa la pantalla donde seleccionamos si se utilizará el filtro prensa en el requerimiento.

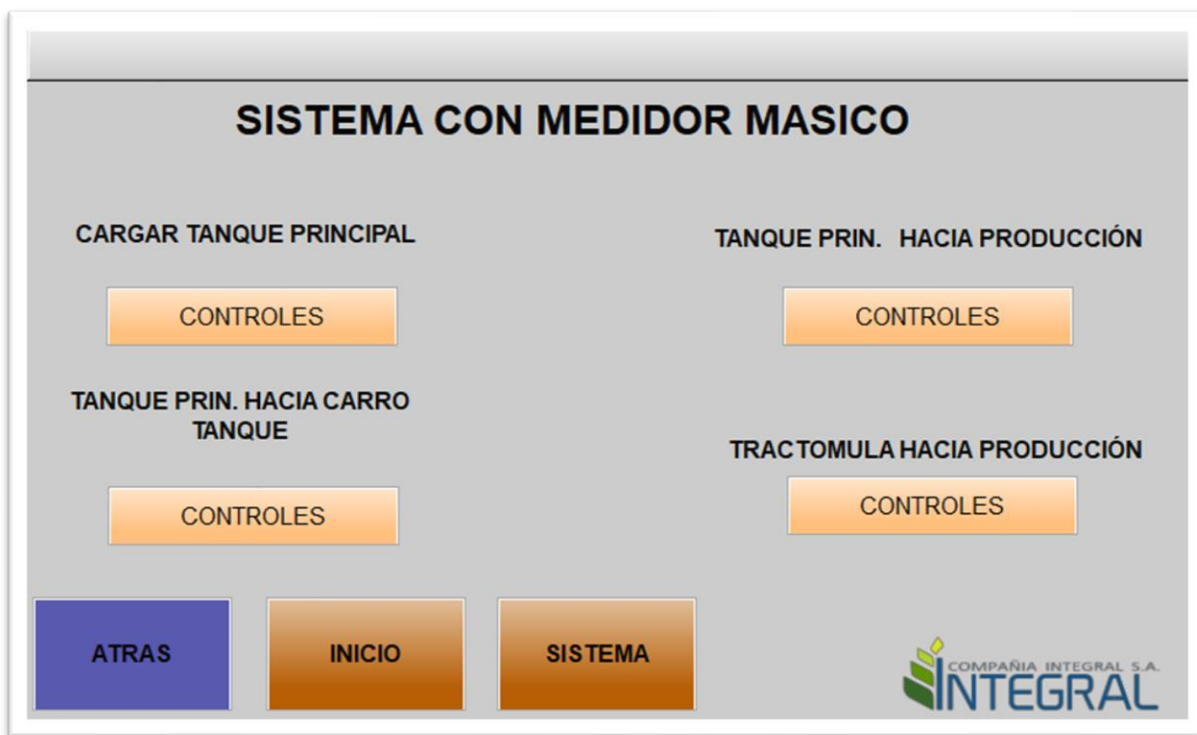
Ilustración 23. Selección para el filtro prensa



Fuente: Elaboración propia

Luego, en la ilustración 24 se observa la pantalla donde se muestran las rutinas posibles que se pueden ejecutar.

*Ilustración 24. Rutinas posibles para la ejecución*



*Fuente: Elaboración propia*

Teniendo en cuenta el objetivo del ejercicio, se selecciona la rutina para cargar y almacenar el tanque de almacenamiento seleccionado.

En la ilustración 25 observamos la pantalla donde tenemos la posibilidad de iniciar el proceso de forma automática y parar el proceso de forma segura sin afectar los componentes mecánicos de sistema de recepción y traslado de materia prima.

Ilustración 25. Almacenamiento en el tanque N°9



Fuente: Elaboración propia

## 8.4 Simulación del sistema

### 8.4.1 Eventos críticos para el proceso de almacenamiento y distribución de aceite vegetal:

En este proyecto se definen eventos críticos a aquellos sucesos que, según el histórico del proceso o la naturaleza en sí del proceso, tienen una alta posibilidad de que ocurran en la operación normal del sistema, a continuación, se muestran los tres principales sucesos identificados y catalogados como eventos críticos:

- Tanque de almacenamiento con capacidad insuficiente
- Obstrucción de la línea aguas arriba de la motobomba de desplazamiento positivo
- Falla en las válvulas principales del sistema

### 8.4.2 Pruebas de funcionamiento:

Se realizaron varias pruebas de funcionamiento con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento del sistema de recepción y distribución de materia prima para la empresa Compañía Integral SAS; para esto, se utilizaron los software de programación de la empresa Delta Electronics (IspSoft, DopSoft y Commgr), IspSoft para la programación, monitoreo y

parametrización del controlador lógico programable Delta SX2 con sus respectivos módulos de salidas digitales, se utiliza DopSoft para el diseño de la interface HMI y el programa Commgr para la comunicación y simulación del PLC. Se realizaron pruebas para un proceso cotidiano y un proceso donde se simulan las condiciones que desenlazan los eventos críticos identificados.

A continuación, se muestran los eventos simulados y los resultados obtenidos.

- *Operación normal:* Para la simulación de la operación normal del sistema, se presenta la situación donde se pretende descargar un carro tanque en el tanque de almacenamiento número 9 pasando por el filtro prensa, se considera que las válvulas están en posición ideal, el tanque de almacenamiento tiene la capacidad disponible suficiente y la presión se encuentra en el rango ideal.

Para la simulación se realiza la correspondiente configuración del PLC virtual y las configuraciones necesarias para el monitoreo del sistema. Desde el programa DopSoft se habilita el proceso, se habilita el sistema en modo automático, seguimos las instrucciones en la interface HMI según el requerimiento (utilizar el tanque de almacenamiento 9 y utilizar el filtro prensa) y observamos las salidas garantizando que se hayan habilitado las indicadas, en este caso en particular, se activaron las válvulas 1,2,5 y 6, después de 4 segundos, se activa la motobomba de lóbulos. Pasados 2 minutos, procedemos a finalizar el proceso desde la interface, en este punto, se apaga la motobomba de lóbulos y luego de 4 segundos se apagan las válvulas; posterior a esto, iniciamos nuevamente el proceso, garantizando el rearme del sistema, pasados 2 minutos, procedemos a activar el contacto normalmente abierto el cual representa el paro de emergencia; el sistema funciona correctamente forzando las salidas del PLC a cero.

- *Tanque de almacenamiento con capacidad insuficiente:* Para la simulación del sistema con limitaciones en el almacenamiento del tanque destino, se realiza la habilitación del proceso de descarga, se selecciona el modo automático, en este caso puntual, se escoge el proceso para descargar un tractocamión en el tanque de almacenamiento N°10 y sin utilizar el filtro prensa, posterior a esta selección, se da

inicio al proceso, luego de 2 minutos, por medio de un contacto normalmente cerrado se simula la activación del switch de nivel por alta el cual, al momento de ser encendido, inmediatamente detiene el sistema de recepción y distribución, apagando las válvulas mariposas y la motobomba centrífuga. Luego, se inicia de nuevo la rutina de control, luego de 2 minutos de operación, se activa el paro de emergencia y se garantiza el correcto funcionamiento del rearme, paro de emergencia y funcionalidad en general del proceso. En esta prueba se garantiza el funcionamiento del switch de nivel por alta.

- *Obstrucción de la línea aguas arriba de la motobomba de desplazamiento positivo:* Se simula un escenario donde el objetivo principal es recircular un carro tanque que fue rechazado por empastamiento, para esto, se habilita el proceso, se activa el modo automático y se procede a activar la rutina que permite la recirculación del sistema utilizando el filtro prensa, este permite retener los cristales que producen el empastamiento de la materia prima. Para este ejercicio se simula un taponamiento aguas arriba de la motobomba de desplazamiento positivo, cuando la presión supera el lumbral máximo, el presostato envía un pulso al controlador el cual, por medio de un contacto normalmente cerrado deshabilita la motobomba de desplazamiento positivo; ya que el filtro prensa no es un equipo totalmente hermético, la presión excesiva del sistema tiende a regularse y estabilizarse, en este ejercicio el sistema funciona idóneamente, desactivando la motobomba de lóbulos protegiendo la integridad de la infraestructura, materia prima y personal operativo.
- *Falla en las válvulas principales del sistema:* En este ejercicio, se pretende realizar un traslado desde el tanque 9 hacia el área de envasado, para esto, se realiza la respectiva habilitación del proceso, activamos el modo automático e iniciamos la rutina de control correspondiente, para garantizar el funcionamiento del sistema, simulamos la falla de la válvula 6, la cual habilita la entrada de aceite vegetal al tanque de almacenamiento 10, para esto, simulamos el envío del pulso del switch de posición



hacia el PLC forzando la entrada X7 del controlador, en el instante que se simula la apertura de una de las válvulas principales, el sistema detiene el proceso evitando errores en la trazabilidad del producto y problemas de contaminación cruzada.

## 9 ESTUDIO ECONÓMICO PARA LA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ETAPA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA Y DISTRIBUCIÓN DE ACEITE VEGETAL PARA LA EMPRESA COMPAÑÍA INTEGRAL SAS.

A partir de la identificación de la instrumentación necesaria para la implementación y ejecución del proyecto de automatización, y teniendo en cuenta las características del proyecto en general, se realizan cotizaciones formales con el objetivo de identificar los costos de dichas implementaciones y basados en esta información lograr concluir la viabilidad del proyecto de automatización para la empresa Compañía Integral.

### 9.1 Costos de implementación

Para determinar los costos de la implementación del proyecto, no se tiene en cuenta los elementos de seguridad como lo son los andamios y dotación, tampoco se tiene en cuenta las herramientas utilizadas, costo de energía ni los costos de contratación de personal, tales como seguridad social, pensión y salud. La instalación de tubería y elementos mecánicos se hace por parte de una empresa externa la cual estipula el costo total del proyecto.

#### 9.1.1 Costos de instrumentación y elementos finales de control.

A continuación, se muestra la tabla 24 donde se identifican la instrumentación y los elementos finales de control con su respectivo costo.

Tabla 24. Costos de instrumentación y elementos finales de control

Equipo	Cantidad	Referencia	Fabricante	Precio unitario	Precio total
Válvula mariposa	15	Serie 20/21 3 in	Bray	\$ 3.195.000,00	\$ 47.925.000,00
Válvula solenoide	15	VSNC-FC-M52-MD-G14-F8	FESTO	\$ 551.819,00	\$ 8.277.285,00
Medidor másico	1	Promass E 200	Endress + Hauser	\$ 83.175.148,00	\$ 83.175.148,00
Switch de posición	5	APL310N	GANGTING	\$ 280.000,00	\$ 1.453.200,00
Switch de nivel	2	INMS	Autonics	\$ 2.300.000,00	\$ 4.600.000,00

Motobomba centrífuga	1	PS 2-10-2	Barmesa	\$ 11.385.000,00	\$ 11.385.000,00
Motobomba de lóbulos	1	SK 572.1 XIEC 112	ABC	\$ 48.887.148,00	\$ 48.887.148,00
PLC	1	SX2	Delta	\$ 1.400.000,00	\$ 1.400.000,00
Módulo de entradas y salidas digitales	1	DVP16SP11R	Delta	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
Fuente de alimentación	1	DVPPS02	Delta	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
HMI	1	DOP-107 bv	Delta	\$ 1.150.000,00	\$ 1.150.000,00
Contactador	1	NC1-1810	Chint	\$ 47.481,00	\$ 56.502,39
Guardamotor	1	54898	Chint	\$ 115.000,00	\$ 136.850,00
Contactador	1	NC1-4011	Chint	\$ 120.000,00	\$ 142.800,00
Guardamotor	1	04-11-008	Chint	\$ 47.484,00	\$ 56.505,96
				Total:	\$ 209.195.439,35

Fuente: Elaboración propia

### 9.1.2 Costos de materiales para la fabricación del tablero de control.

Teniendo en cuenta las características de los motores y sus consumos de potencia, se realiza los cálculos necesarios para determinar el calibre de los cables conductores que darán la alimentación a dichos elementos, para esto se toma la información dada por los fabricantes directos de los cables de cobre. A continuación, se muestra la tabla 25 donde se especifican los costos para la fabricación del tablero principal de control.

Tabla 25. Costos de materiales para la fabricación de tablero de control.

Elemento	Descripción	Cantidad	Referencia	Precio unitario	Precio total
Cofre	Cofre metálico tipo intemperie 120x80x30 cms	1	COF1283	\$ 662.705,00	\$ 662.705,00
Riel Dim	Riel omega perforado x 1 mts nal	1	ONKA4222	\$ 7.538,00	\$ 7.538,00

Tornillo Autoperforante	Tornillo Est Pta Broca Cab Plana 8x1/2pg 500 und	2	8x1/2" Autoperforante	\$ 28.900,00	\$ 57.800,00
Canaleta ranurada	Canaleta ranurada 40 x 80 x 2m	3	KKC 4080	\$ 84.500,00	\$ 253.500,00
Cable Vehículo 22 rojo	Rollo 100 mts cable cu vehículo no 22	1	22-RD	\$ 56.000,00	\$ 56.000,00
Cable Vehículo 22 negro	Rollo 100 mts cable cu vehículo no 22	1	22-BK	\$ 56.000,00	\$ 56.000,00
Cable Vehículo 22 morado	Rollo 100 mts cable cu vehículo no 22	1	CAB-2881	\$ 56.000,00	\$ 56.000,00
Cable rojo N° 8	Cable 7 Hilos THHN Calibre 8 AWG CENTELSA – 90°C 600V	20	THWN08	\$ 8.500,00	\$ 170.000,00
Terminales tipo aguja	Terminal Pin Tubular Cable Calibre 18awg	2	E1008 Rojo	\$ 8.100,00	\$ 16.200,00
Terminales tipo "U"	Terminales tipo "u", aislación media en vinilo. sin presión	1	VTU-8-6	\$ 9.000,00	\$ 9.000,00
Bornera	Bornera de paso a tornillo, 4mm <sup>2</sup> , material de aislamiento Rango de conductor AWG: 26 - 10.	40	AVK 4 GRAY	\$ 6.300,00	\$ 252.000,00
Bornera de tierra	Bornera de tierra, base metálica	4	AVK 2,5/4 T GREEN	\$ 16.600,00	\$ 66.400,00
Cable DB9	Cable rs232 hembra macho db9 1.5 m	1	A1 151	\$ 25.940,00	\$ 25.940,00
Totalizador	Totalizador Industrial Trifásico 60 Amp Schneider Electric	1	EZC100F 60A	\$ 189.900,00	\$ 189.900,00
Cable rojo N° 6	Cable 7 Hilos THHN Calibre 6 AWG CENTELSA – 90°C 600V	5	THWN08	\$ 12.000,00	\$ 60.000,00

Mini breakers trifásicos	Breaker Schneider Easy9 Tripolar 30A	1	easy9 3x30	\$ 110.000,00	\$ 110.000,00
Mini breakers trifásicos	Breaker Schneider Easy9 Tripolar 20A	1	easy9 3x20	\$ 110.000,00	\$ 110.000,00
Mini breakers bifásico	2x10	3	easy9 2x10	\$ 29.500,00	\$ 88.500,00
Mano de obra	Mano de obra para la fabricación del table de control el valor está en horas hombre	48	N/A	\$ 18.000,00	\$ 864.000,00
Total:					\$ 3.111.483,00

Fuente: Elaboración propia

### 9.1.3 Costo de materiales para instalación, montaje y puesta en marcha

A continuación, en la tabla 26 se observa el listado de los materiales para el montaje del proyecto y su puesta en marcha

Tabla 26. Costos de materiales para instalación, montaje y puesta en marcha

Elemento	Descripción	Cantidad	Referencia	Precio unitario	Precio total
Channel 4x2	CANAL 4X2X3 MTS RANURADO	15	C4X2X3R	\$ 34.706,00	\$ 520.590,00
Varilla roscada	VARILLA ROSCADA 3/8 X 3 MT	10	VR3/8X3	\$ 10.163,00	\$ 101.630,00
Tuercas	TUERCA HEXAGONAL 3/8"	300	THEX3/8	\$ 101,00	\$ 30.300,00
Tubo Emt 3/4	TUBO CONDUIT EMT DE 2"X 3MTS IMPORT	10	TEMT3/4	\$ 75.000,00	\$ 750.000,00
Conector 3/4	CONECTOR EMT 3/4" ACERO	20	COEMT3/4A	\$ 6.680,00	\$ 133.600,00

Conector recto 3/4	CONECTOR RECTO LT 3/4"	20	CRLT3/4	\$ 18.400,00	\$ 368.000,00
Abrazadera ajustable 3/4	ABRAZADERA AJUSTABLE DE 3/4"	10	AAJUS3/4	\$ 2.058,00	\$ 20.580,00
Chazos	Chazos expansivos 3/8 metálicos	20	Chazo Expansivo 3/8x1	\$ 750,00	\$ 15.000,00
Cajas de paso	Caja Rawelt 2x4 3/4	5	Caja Rawelt 2x4 3/4	\$ 23.000,00	\$ 115.000,00
Conector coraza recta	Conector recto para coraza de 3/4"	20	AME-34	\$ 7.800,00	\$ 156.000,00
Coraza americana 3/4"	Coraza Americana 3/4	20	Coraza Americana 3/4	\$ 6.750,00	\$ 135.000,00
Cable vehículo 22 rojo	ROLLO 100 MTS CABLE CU VEHICULO No 22	3	22-RD	\$ 56.000,00	\$ 168.000,00
Cable rojo N° 8	Cable 7 Hilos THHN Calibre 8 AWG CENTELSA – 90°C 600V	30	THWN08	\$ 8.500,00	\$ 255.000,00
Instalación de tubería	Instalación de tubería, modificaciones en tanques de almacenamiento	80	N/A	\$ 500.000,00	\$ 40.000.000,00
Canaleta metálica	Canaleta metálica galvanizada 15x10	50	N/A	\$ 70.000,00	\$ 3.500.000,00
Total:					\$ 46.268.700,00

Fuente: Elaboración propia

## 9.2 Análisis de costos

### 9.2.1 Análisis de pérdidas económicas

Teniendo en cuenta la información recolectada sobre las pérdidas económicas en cada evento estudiado, se hace un promedio de estas en un lapso de tiempo de tres años con el objetivo de encontrar el costo anual generado por la deficiencia en el sistema de recepción y traslado de materia prima en la empresa Compañía Integral SAS.

Para el caso 1 y el caso 3 se tiene lo siguiente: El costo total de cada evento fue de \$ 107.000.000,00 y \$ 70.620.000,00 respectivamente, estos eventos ocurrieron en un lapso de tres años, por lo cual, tenemos que el costo anual es de \$ 59.206.666,00. Para el caso 2, tenemos que considerar que el costo es mensual, por ende, las pérdidas encontradas las multiplicaremos por 12 para encontrar el valor anual, realizando el cálculo se obtiene que el costo anual es de \$ 75.840.000,00. En conclusión, la deficiencia del sistema de recepción y traslado de materia prima genera un costo anual de \$ 135.046.666,00.

### 9.2.2 Estudio económico – Tasa interna de retorno

Teniendo en cuenta la inversión del proyecto de automatización y el costo que debe asumir Compañía Integral SAS al tener en operación el sistema de recepción y traslado de materia prima actual, se realiza un análisis con el objetivo de encontrar el tiempo de retorno de inversión y poder saber si la propuesta de automatización es viable para su ejecución.

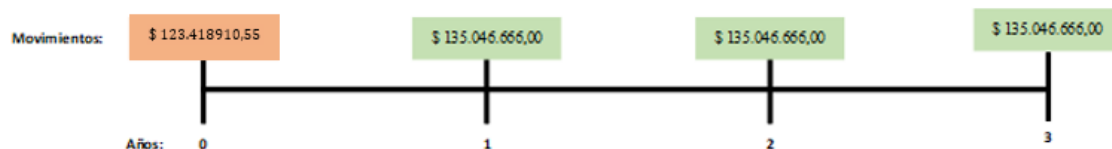
Para el análisis de la inversión, se procede a utilizar el método del valor actual neto (VAN), teniendo en cuenta que el uso del sistema actual del proceso de recepción de materia prima genera un costo anual de \$ 135.046.666,00 y teniendo en cuenta que la propuesta de automatización le permitirá a la empresa Compañía Integral ahorrar este costo anual, se afirma que el retorno anual del proyecto es de \$ 135.046.666,00.

#### 9.2.2.1 Cálculo del valor neto actual – VAN

El valor neto actual permite comparar el costo actual o inicial de una inversión con respecto al flujo de caja que pueda tener el proyecto en los años posteriores. En este caso en particular, tenemos que el costo inicial del proyecto va a ser de \$ 258.575.622,35 y teniendo en cuenta

la reducción de costos operativos que va a permitir el proyecto de automatización, podemos afirmar que el mismo generará alrededor de \$ 135.046.666,00 anuales. De acuerdo con las políticas internas de la empresa y en conjunto con el gerente general el Dr. Pablo Emilio Charfuelan, se establece que el interés para la inversión financiera sería del 3%.

A continuación, se muestra gráficamente la inversión inicial y el flujo de caja que se presentará en los próximos años, estos valores se ubican en una línea de tiempo de 3 años.



Procedemos a calcular el VAN con la ecuación general que relaciona el valor futuro con respecto a su valor en la actualidad.

$$C_0 = \frac{C_m}{(1+i)^n}$$

Para calcular el valor actual neto tenemos lo siguiente:

$$VAN = -258.575.622,35 + \frac{135.046.666,00}{(1 + 0,03)^1} + \frac{135.046.666,00}{(1 + 0,03)^2} + \frac{135.046.666,00}{(1 + 0,03)^3}$$

$$VAN = -258.575.622,35 + 131.113.268 + 127.294.434,9 + 123.586.830$$

$$VAN = \$ 123.418910,55$$

En este caso en específico, tenemos que la inversión del proyecto de automatización, en un periodo de 3 años es rentable en \$ 123.418910,55 COP para Compañía Integral.



## 10 CONCLUSIÓN

El desarrollo del presente trabajo permitió a la empresa Compañía Integral tener un diagnóstico de sus procesos productivos, identificando el proceso con mayor ineficiencia en su cadena de valor. Se logró identificar que el proceso de recepción de materia prima y distribución de aceite vegetal era el causante de varios inconvenientes en temas de calidad en el producto terminado, lo cual, a su vez afectaba directamente el posicionamiento de Compañía Integral en el mercado. También, se evidenció que las operaciones manuales sin estandarización generaban, dentro del proceso, inconsistencias en los inventarios de materia prima y pérdidas económicas.

A partir de la información encontrada, se logró plantear una propuesta de automatización, la cual, entregó una solución tecnológica basada en las necesidades, requerimientos e ineficiencias del proceso de Compañía Integral.

Para esta propuesta tecnológica, se logró diseñar y desarrollar el software para el controlador lógico programable (PLC) y la interface hombre maquina (HMI) los cuales permitieron realizar una simulación del sistema garantizando el correcto funcionamiento del proceso cuando se realice la implementación de la propuesta de automatización.

Se cuantificaron las pérdidas económicas generadas por la ineficiencia del proceso y se especificó el presupuesto económico para la implementación de la propuesta de automatización, basados en esta información, se logró concluir que la inversión del proyecto de automatización, en un periodo de 3 años es rentable en \$ 122.978.986,3 COP para Compañía Integral, lo cual, hace viable la implementación de la propuesta de automatización. Compañía Integral al ser una pequeña – mediana empresa, no cuenta con personal operativo capacitado y/o familiarizado con los avances tecnológicos de los últimos años, por ende, se dificulta la socialización y entendimiento del proyecto de automatización, para la implementación de la propuesta de automatización, se sugiere el reclutamiento de personal operativo con competencias que permitan que la operación del sistema diseñado se haga de forma correcta.

## **11 TRABAJOS FUTUROS**

Compañía Integral al ser una empresa en constante crecimiento en sus diferentes líneas de negocio y teniendo en cuenta la viabilidad del actual proyecto de automatización, es posible el desarrollo e implementación de proyectos de esta misma naturaleza, esto, con el fin de mejorar los índices de eficiencia y costos que puedan tener sus procesos, estos proyectos pueden ser:

- Desarrollo e implementación de un sistema de dosificación en los tanques auxiliares de las líneas de envasado, esto con el fin de tener un control completo de la producción de la planta.
- La integración del sistema de recepción y distribución de aceite vegetal con el sistema ERP con el fin de estructurar y garantizar la cantidad de producto descargado, esta estructura permite tener un control en tiempo real de las cantidades reportadas por el ente importador y la cantidad real descargada en sitio.
- Desarrollo e implementación de un sistema de cargue de aceite vegetal en el proceso de venta a granel a vehículos de pequeña capacidad, la dosificación que se hace actualmente es poco precisa y genera costos de pesaje y operaciones extras.
- Desarrollo e implementación de un HMI de alto rendimiento en el proceso de recepción y distribución de aceite vegetal.

## 12 BIBLIOGRAFIA

Colciencias., Plan Estratégico de Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad. Bases para una Política de Promoción de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en Colombia 2005 – 2015., Bogotá, noviembre 2005.

SIMBOLOGÍA Y DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN: NORMAS ISA. (s/f). Weebly.com. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de [https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/2\\_diagramas\\_p\\_id.pdf](https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/2_diagramas_p_id.pdf)

Artículo Norma Isa s88 Parte 4. (s/f). Scribd. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://es.scribd.com/document/147853649/Articulo-Norma-Isa-s88-Parte-4-Www-farmaindustrial-com>

Producción de Aceite de palma por país en miles de toneladas. (s/f). Indexmundi.com. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.indexmundi.com/agriculture/?producto=aceite-de-palma&variable=produccion&l=es>

“La palma de aceite en Colombia”, Fedepalma.org. [En línea]. Disponible en: <https://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos>. [Consultado: 07-sep-2022].

El proceso de refinación del aceite de palma. (2018, julio 26). La Palma es Vida.<https://lapalmaesvida.com/naturalidad/el-proceso-de-refinacion-del-aceite-de-palma/>

Producción de Aceite de Soya. (2017, marzo 7). Seita; SEITA S.A.S. <https://www.seita.com.co/aplicaciones/alimentos-y-bebidas/aceite-de-soya/>

Aceites Vegetales: Aceite de Oliva, Plantas Oleaginosas, Helianthus Annuus, Linum Usitatissimum, Aceite Vegetal, Arachis Hypogaea. Books LLC, Wiki Series.

Aceite de palma. (2022, enero 5). www.ocu.org. <https://www.ocu.org/alimentacion/aceite-oliva/informe/aceite-de-palma>

Sabala, S. V. P. (2015). Gestión para el Manejo de Alérgenos en una Industria Láctea de la XIV Región de Los Ríos (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).