

**IMPLEMENTACIÓN SEGURIDAD CORTINA DE LUZ EN CABINA DE FLUJO  
LAMINAR NO 1. PARA LA EMPRESA J&J.**



**CORPORACION UNIVERSITARIA  
AUTONOMA  
DEL CAUCA**

**CARLOS ALBERTO SAENZ MORENO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
POPAYÁN  
2019**

**IMPLEMENTACIÓN SEGURIDAD CORTINA DE LUZ EN CABINA DE FLUJO  
LAMINAR NO 1. PARA LA EMPRESA J&J.**



**CORPORACION UNIVERSITARIA  
AUTONOMA  
DEL CAUCA**

**CARLOS ALBERTO SAENZ MORENO  
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO.**

**DIRECTOR  
MSC. JUAN PABLO DIAGO RODRÍGUEZ**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
POPAYÁN  
2019**

## **Dedicatoria**

### ***A mi madre.***

*Por darme la vida, por formarme, por guiarme, por corregirme y por todas aquellas acciones que un hijo necesita para salir adelante, mis logros son poco para todo lo que te debo.*

### ***A mi padre.***

*Por enseñarme el mundo intelectual, por convertirme en un hombre que entrega todo de sí para hacer cada cosa que se proponga de la mejor manera, las mejores enseñanzas de mi vida te las debo a ti.*

*Este logro fue posible gracias a ellos.*

## **Agradecimientos**

*En primer lugar agradecer a mis padres por su apoyo en muchos aspectos, por su paciencia, por su dedicación tan grande y por guiar mi camino de la manera en que lo hicieron.*

*A mi hermana por su apoyo y su forma de afrontar las dificultades.*

*A Humberto Gualguan y Omaira Benites por su gran fe y esperanza que siempre depositaron en mí.*

*A Octavio Vázquez por sus consejos y por ser un ejemplo de superación y tenacidad para mí.*

*A mi director por su tiempo, consejo y conocimientos que fueron vitales para este proyecto.*

*A los docentes y a la universidad por brindarme la oportunidad de aprender y mejorar día a día.*

## Contenido

<b>Resumen</b> .....	11
<b>Abstract</b> .....	12
<b>Introducción</b> .....	13
<b>1. El problema</b> .....	14
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Justificación.....	15
1.3 Objetivos .....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Enfoque metodológico.....	17
1.5 Organización del documento.....	18
<b>2. Fundamentación teórica</b> .....	19
2.1 Control a procesos .....	19
2.1.1 Control todo o nada. ....	20
2.2 Seguridad y cumplimiento normativo en maquinaria.....	20
2.2.1 Normatividad en maquinaria .....	21
2.3 Evaluación de riesgos. ....	26
2.4 Instrumentación de seguridad .....	36
2.5 Equipos de seguridad en maquinaria. ....	41
2.6 Cabina de flujo laminar.....	42
<b>3. Desarrollo del proyecto</b> .....	44
3.1 Planificación de la solución. ....	44

3.2	Diseño de la solución. ....	44
3.2.1	Diseño del mezclador. ....	45
3.2.2	Diseño de seguridad. ....	53
3.2.3	Distribución del tablero eléctrico. ....	55
3.2.4	Modificaciones realizadas al diseño y los planos eléctricos. ....	58
3.3	Construcción del tablero de control. ....	65
3.4	Instalación de conductos en planta. ....	80
3.5	Software y parametrización. ....	86
<b>4.</b>	<b>Pruebas FAT y de funcionamiento. ....</b>	<b>96</b>
4.1	Pruebas de aceptación en fabrica (FAT). ....	96
4.2	Pruebas de funcionamiento en fábrica. ....	104
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y trabajos futuros. ....</b>	<b>110</b>
5.1	Conclusiones. ....	110
5.2	Recomendaciones. ....	111
5.3	Trabajos futuros. ....	111
<b>6.</b>	<b>Glosario. ....</b>	<b>113</b>
<b>7.</b>	<b>Referencias. ....</b>	<b>115</b>

## Lista de tablas

Tabla 1: Equipos de seguridad configurables. Fuente: Autor.....	42
Tabla 2: fusibles y disyuntores de protección [15].....	47
Tabla 3: Especificaciones de alimentación y de e/s de PLC's micrologix 810 [16].48	
Tabla 4: especificaciones eléctricas [15]. .....	49
Tabla 5: especificaciones de entradas de control [15].....	50
Tabla 6: especificaciones de salidas de control [15]. .....	52
Tabla 7: Listado de equipos y fungibles del tablero de distribución. Fuente: autor. .....	57
Tabla 8: grupos de borneras. Fuente: autor. ....	68
Tabla 9: materiales para instalación de tubería. Fuente: autor.....	81
Tabla 10: variables utilizadas en el sistema. Fuente: autor.....	88
Tabla 11: equipos instalados y verificados en el gabinete. Fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s. ....	98
Tabla 12: validación de resultados. Fuente: formato pruebas fat treetek.s.a.s. ....	98
Tabla 13: resultado del inventario. Fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s. ...	99
Tabla 14: pruebas de cableado general. Fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s. .....	101
Tabla 15: validación de resultados del cableado. Fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s.....	101
Tabla 16: pruebas de energizado fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s.....	103
Tabla 17: validación de resultados de energizado. Formato pruebas FAT Treetek.s.a.s.....	103

## Lista de figuras

<b>Figura 2-1:</b> ciclo de vida de seguridad. [2].....	21
<b>Figura 2-2:</b> Elección de dispositivos de protección y sus respectivas normas. [9]. .....	25
<b>Figura 2-3:</b> proceso de evaluación de riesgos. [9].....	26
<b>Figura 2-4:</b> proceso de reducción de riesgos. [9]. .....	28
<b>Figura 2-5:</b> procedimiento para implementar medidas de protección técnicas [9].	29
<b>Figura 2-6:</b> dispositivos de resguardo, o vallados de protección [9]. .....	31
<b>Figura 2-7:</b> impedir el acceso temporalmente [9]. .....	32
<b>Figura 2-8:</b> ejemplo de retención de piezas mediante malla [9]. .....	33
<b>Figura 2-9:</b> parada causada por interrupción de haces de luz [9].....	34
<b>Figura 2-10:</b> impedir puesta en marcha [9].....	34
<b>Figura 2-11:</b> diferenciación entre personas y objetos [9].....	35
<b>Figura 2-12:</b> dispositivos de paro de emergencia.....	37
<b>Figura 2-13:</b> interruptores de seguridad con enclavamiento.....	37
<b>Figura 2-14:</b> interruptores de final de carrera. ....	38
<b>Figura 2-15:</b> interruptores de final de carrera para servicio pesado. ....	38
<b>Figura 2-16:</b> cortinas ópticas de seguridad. ....	39
<b>Figura 2-17:</b> Diseño del sistema de seguridad. Fuente: autor. ....	43
<b>Figura 3-1:</b> conexión de las fases y la tierra [15]. ....	46
<b>Figura 3-2:</b> Diseño de la solución (vista desde arriba). Fuente: autor. ....	54
<b>Figura 3-3:</b> nivel de rendimiento del sistema. Fuente: <b>sistema</b> .....	55
<b>Figura 3-4:</b> distribución de los equipos y fungibles. ....	58
<b>Figura 3-5:</b> Diseño original del tablero eléctrico de control. Fuente: autor .....	59
<b>Figura 3-6:</b> Diseño modificado y final del tablero eléctrico. Fuente: autor. ....	60
<b>Figura 3-7:</b> Borneras de distribución antes de modificaciones. Fuente: autor. ....	61
<b>Figura 3-8:</b> Borneras de distribución después de modificaciones. Fuente: autor. ....	62
<b>Figura 3-9:</b> Conexión del variador en el plano antes de modificaciones. Fuente: autor. ....	63



<b>Figura 3-10:</b> Conexión del variador en el plano después de modificaciones. Fuente: autor. ....	64
<b>Figura 3-11:</b> Doble fondo con canaletas y riel din. Fuente: autor. ....	66
<b>Figura 3-12:</b> Borneras de doble nivel tipo clan [19]. ....	67
<b>Figura 3-13:</b> impresora panther ls8e [20]. ....	69
<b>Figura 3-14:</b> Código de colores en base al RETIE. ....	70
<b>Figura 3-15:</b> Cableado de los equipos en base a norma. Fuente: autor. ....	70
<b>Figura 3-16:</b> Identificación en plano de marquillas. Fuente: autor. ....	71
<b>Figura 3-17:</b> Instalación de marquillas. Fuente: autor. ....	72
<b>Figura 3-18:</b> Conexión y marquillado del relé de seguridad. Fuente: autor. ....	73
<b>Figura 3-19:</b> Conexión y marquillado de la fuente de voltaje. Fuente: Autor. ....	74
<b>Figura 3-20:</b> Conexión y marquillado de grupos de borneras. Fuente: Autor. ....	74
<b>Figura 3-21:</b> Conexión y marquillado del micro 810. Fuente: autor. ....	75
<b>Figura 3-22:</b> Conexión y marcado del totalizador. Fuente: autor. ....	76
<b>Figura 3-23:</b> Conexión e identificación del power block. Fuente: autor. ....	76
<b>Figura 3-24:</b> Conexión de las entradas y salidas, según manual. ....	77
<b>Figura 3-25:</b> Conexión e identificación del guarda motor. Fuente: autor. ....	78
<b>Figura 3-26:</b> Conexión e identificación del variador. Fuente: autor. ....	78
<b>Figura 3-27:</b> Conexión e identificación de las borneras del motor. Fuente: autor. ....	79
<b>Figura 3-28:</b> Tramos de tubería. Fuente: autor. ....	81
<b>Figura 3-29:</b> Instalación del tramo 1 de tubería. Fuente: autor. ....	82
<b>Figura 3-30:</b> Instalación del tramo dos de tubería. Fuente: autor. ....	83
<b>Figura 3-31:</b> Base en acero inoxidable, cortina y paro de emergencia. Fuente: autor. ....	84
<b>Figura 3-32:</b> Base central, con emisor y receptor. Fuente: autor. ....	84
<b>Figura 3-33:</b> Base central, tablero de control y base lateral. Fuente: autor. ....	85
<b>Figura 3-34:</b> Vista lateral del sistema. Fuente: autor. ....	85
<b>Figura 3-35:</b> Diagrama de flujo del proyecto. Fuente: autor. ....	87
<b>Figura 3-36:</b> PLC micro 810 agregado al software de programación. Fuente: autor. ....	88

<b>Figura 3-37:</b> parametrización de los datos en base a la placa del motor. Fuente: autor. ....	90
<b>Figura 3-38:</b> Tipos de frenado en los parámetros. Fuente: autor. ....	91
<b>Figura 3-39:</b> configuración de las entradas de control. Fuente: autor. ....	92
<b>Figura 3-40:</b> Configuración de la dirección IP del pc. Fuente: autor. ....	93
<b>Figura 3-41:</b> Ajuste de la dirección IP. [15]. ....	94
<b>Figura 3-42:</b> Ajuste de la máscara de subred. [15]. ....	95
<b>Figura 4-1:</b> Pruebas punto a punto del cableado. Fuente: autor. ....	99
<b>Figura 4-2:</b> Montaje del sistema para las pruebas de funcionamiento en Treetek. Fuente: autor. ....	104
<b>Figura 4-3:</b> Botones de control del sistema. Fuente: autor. ....	105
<b>Figura 4-4:</b> Botón azul reportando restablecimiento. Fuente: autor. ....	106
<b>Figura 4-5:</b> Funcionamiento del motor. Fuente: autor. ....	106
<b>Figura 4-6:</b> Funcionamiento de variador a 40 hz. Fuente: autor. ....	107
<b>Figura 4-7:</b> Presión del paro de emergencia. Fuente: autor. ....	108
<b>Figura 4-8:</b> liberación del paro de emergencia. Fuente: Autor. ....	108
<b>Figura 4-9:</b> Frecuencia del variador. Fuente: Autor. ....	109

## Resumen

El siguiente proyecto se centra en el apoyo a la ejecución del proyecto denominado “implementación seguridad cortina de luz en cabina de flujo laminar no 1. Para la empresa JJ”, el cual consiste en diseñar, construir e implementar el sistema de control y seguridad, tomando como punto de partida los requerimientos de control, y las solicitudes del cliente de espacio y distribución del sistema. Esto fue realizado bajo los pasos mencionados a continuación: planificación de la solución, diseño de la solución. El cual contiene los sub puntos de: diseño del mezclador, diseño de seguridad y diseño de la distribución de los equipos y fungibles del tablero de control. Continuando con la construcción del tablero, instalación de conductos, software y/o programación y parametrización. Para final mente validar y realizar pruebas de funcionamiento en el sitio de fabricación del gabinete, seguido de las pruebas realizadas bajo la supervisión y el acompañamiento del cliente. Para realizar este sistema utilizaron diversos equipos de seguridad y control como los son: un PLC (controlador lógico programable) Micrologix 810, un relé de seguridad configurable por software, y un variador de velocidad con detención segura de la marca Allen-Bradley, parametrizando y programando dichos equipos valiéndose del software connected components workbench.

**Palabras clave:** Seguridad, control, mezclador, parametrización, programación.

## **Abstract**

The next project focuses on support for the implementation of the project called "implementing safety curtain of light in cabin of flow laminar No 1. For the company J&J", which is to design, build and implement the control and security system, taking as a starting point the control requirements, and the client's requests for space and system distribution. This was done under the following steps: solution planning, solution design. Which contains the sub points of: mixer design, security design and design of the distribution of equipment and consumables from the control panel. Continuing with the construction of the board, installation of conduits, software and/or programming and parameterization. To finally validate and perform performance tests at the cabinet manufacturing site, followed by tests performed under the supervision and accompaniment of the customer. To make this system they used various security and control equipment as they are: a PLC (programmable logic controller) Micrologix 810, a security relay configurable by software, and a speed variator with secure stop of the Allen-Brad ley brand, parameterizing and programming such equipment using the software Connected components Workbench.

**Key words:** Safety, control, mixer, parameterization, programming

## Introducción

La aplicación de sistemas de seguridad en ambientes industriales y de producción, se considera actualmente uno de los puntos de principal relevancia en la implementación de un proceso. Todo con el fin de salvaguardar la vida y la salud de los empleados involucrados en el sistema.

También es necesario que la seguridad trabaje en conjunto y en armonía con los sistemas de control, ya que juntos desarrollan una aplicación robusta y que garantiza un funcionamiento seguro y efectivo.

La empresa Johnson & Johnson posee en su bodega de materias primas, una cabina en la cual requerían implementar un sistema de control de un mezclador y su correspondiente sistema de seguridad en base a normas internacionales que garantizara salvaguardar la vida y la salud del operario de la cabina, es por esto que se implementaron cortinas de luz y un sistema de seguridad basado en un relé de seguridad trabajando en conjunto con un variador y un PLC de Allen-Bradley.

Para realizar este proyecto se implementaron cinco capítulos en los que se tratan la forma en la que se concibió y se desarrolló el proyecto, los componentes y las actividades ejecutadas a lo largo de la aplicación.

# 1. El problema

## 1.1 Planteamiento del problema

La automatización y el control de procesos son herramientas que en las últimas décadas han permitido el mejoramiento y el desarrollo productivo. Impactando principalmente en el factor económico de diversas empresas de manufactura, tanto en Colombia como en el resto del mundo [1]. También constituye una herramienta que permite facilitar la ejecución de cualquier proceso, así como de los recursos con el objetivo de minimizar la intervención humana en actividades de alto riesgo y/o extremadamente repetitivas, ahorrar esfuerzo y mejorar el rendimiento [2]. Estas herramientas tienen como objetivo principal aumentar la eficiencia en el uso de las materias primas y/o energías utilizadas en el desarrollo de productos y servicios. Disminuyendo considerablemente los desperdicios. Sin embargo, los procesos de automatización pueden verse truncados en empresas que consideran que al integrarla a sus procesos se generaran altos costos de inversión y tiempo de instalación en la cual el proceso debe estar detenido y se ocasiona un cese de producción en el tiempo que se realiza el proyecto. Lo que ocasiona pérdidas económicas y una reorganización y disposición de personal que apoye y vigile las implementaciones a realizar [3]. Aun cuando los beneficios que acarrea son mayores a largo plazo como se mencionó anteriormente.

En Colombia en los últimos años el incremento del número de procesos automatizados en empresas e industrias ha brindado la oportunidad de ampliar el campo y la aplicación de las soluciones a mejores métodos de producción, donde el principal impulsador son los desarrollos tecnológicos.

Es por esto que es importante que un ingeniero en automatización y/o control tenga relación con el área de la automatización de proceso y logre adquirir conocimientos

y experiencia en el montaje y desarrollo de proyectos en el campo real industrial, enfatizando en procedimientos rutinarios como: identificación de fallos en procesos automatizados de alta complejidad, situaciones desfavorables que se presentan como el derrame de sustancias tóxicas, atención personalizada a las necesidades específicas del cliente; y el reconocimiento y mitigación de situaciones inseguras y perjudiciales para las personas que ahí laboran y de esta forma dar respuesta eficiente a todos los interrogantes su citados.

Johnson & Johnson con actividad comercial en productos para el cuidado de la salud, en Colombia desde 1962 [4], tiene identificados varios problemas de seguridad en la cabina de flujo laminar no 1, así como diversas deficiencias en el sistema de mitigación de riesgos. Estando fuera de estándares permitidos y generando situaciones peligrosas, ocasionando riesgos elevados y directos a la salud física de sus empleados, por lo que la empresa Treetek oferto el sistema de control y seguridad del mezclador de la cabina de flujo laminado y así mitigar los riesgos, basándose en las normas internacionales ISO (international standardization organisation / organización internacional para la estandarización) 14121, lo que le permite a las industrias renovar sus licencias y cumplir con las auditorias que se les impone.

Teniendo en cuenta esta problemática, se propuso a través de un plan de trabajo de grado en modalidad pasantía, ejecutar actividades conducentes al proyecto en ejecución: “la implementación cortina de luz en cabina de flujo laminar no. 1”; con el fin de evitar las situaciones indeseadas para los empleados, así como garantizar un proceso seguro y correcto a los requerimientos de minimización de peligro.

## **1.2 Justificación.**

La corporación universitaria autónoma a través de su programa de ingeniería electrónica y dado uno de sus énfasis en automatización y control de procesos,

orienta a sus estudiantes hacia el trabajo en el campo de la producción industrial, para la el cual el profesional requiere poseer diversas habilidades, relacionados con el trabajo en ambientes reales, con situaciones complejas y de necesidad de solución en el menor tiempo posible. Sin embargo, se presentan en las instituciones educativas dificultades para recrear estas circunstancias, así, las opciones para adquirir esta experiencia son limitadas desde la parte académica.

Las pasantías son una manera accesible y efectiva de adquirir experiencia laboral, permitiendo a los estudiantes trabajar en ambientes industriales, complementando su formación, fortaleciendo conocimientos y procedimientos prácticos, gracias al aprendizaje impartido por ingenieros externos con amplia experiencia en las empresas donde se desarrollan las prácticas.

La empresa Treetek, en su interés de aportar conocimiento a jóvenes sin experiencia y/o recién graduados, he incorporar nuevo personal que trabajara en conjunto con ellos a modo de pasantía el proyecto denominado, “la implementación cortina de luz en cabina de flujo laminar no. 1”, brinda la oportunidad de que el pasante, conozca he implemente, diferentes tipos de sensores, actuadores y controladores, en áreas de manufactura reales, donde aprenderá a coordinar, organizar y liderar personas, así como controlar recursos y materiales en pro de la correcta ejecución del proyecto, con el fin de entregar a tiempo, y satisfactoriamente los requerimientos del cliente.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Ejecutar actividades de apoyo al proyecto en ejecución: “implementación cortina de luz en cabina de flujo laminar no. 1” para J&J de Colombia s.a.



### 1.3.2 Objetivos específicos

- Rediseño de los planos de distribución eléctrica debido a cambios y modificaciones.
- Montaje del tablero de distribución eléctrica, cableado y maquillado de los equipos.
- Verificar la instrumentación de seguridad suministrada por el ingeniero de seguridad acorde a las referencias solicitadas.
- Realizar las pruebas FAT (pruebas en el sitio de fabricación), para validar la construcción del tablero de distribución, acorde a lo especificado en planos.
- Realizar la parametrización y puesta en marcha del variador PowerFlex 525, junto con el motor de corriente alterna a controlar.
- Realizar la programación del PLC micro 810, en base a los requerimientos de la prosa lógica del cliente.

### 1.4 Enfoque metodológico

La metodología que se plantea para el desarrollo de la pasantía consta de dos partes fundamentales. Para la construcción del marco referencial que involucra el proyecto, se utilizara el modelo para la investigación documental (MID) donde se tratan los temas involucrados en el desarrollo del proyecto. El segundo componente es el modelo para la construcción de soluciones (MCS). Se empleó para la elaboración del proyecto de implementación cortina de luz en cabina de flujo laminar no.1, con el objetivó de validar y evaluar el sistema de control. [1].

El modelo para la investigación documental(MID) se compone de las siguientes fases. [1]

- **Fase preparatoria:** establece las condiciones necesarias para realizar el estudio, la selección del tema central del proyecto, y sus núcleos temáticos.

[1]

- **Fase descriptiva:** define el trabajo práctico de campo que se realiza con el objetivo de cuenta de los diversos estudios que se realizarán sobre el proyecto. [1]
- **Fase de construcción teórica global:** analiza el conjunto de resultados obtenidos, el reconocimiento de vacíos, situaciones adversas, inconvenientes, y logros del tema de estudio. [1]
- **Fase de extensión y publicación:** en esta fase se divulgan y se publican los resultados obtenidos en el proyecto, sea en forma oral (exposiciones, conferencias) o escrita (publicaciones). [1]

## 1.5 Organización del documento

El primer capítulo aborda el problema planteado donde se exponen las interrogantes y las necesidades del proyecto, su justificación que sustenta el por qué realizarlo, y las metas planteadas que tienen como función medir el alcance de la ejecución. El segundo capítulo involucra las bases teóricas y los conocimientos relacionados, así como normas, equipos e instrumentación utilizada en el proyecto. El tercer capítulo involucra el desarrollo del proyecto, los diseños realizados, la construcción del tablero de distribución, la instalación de elementos en campo, configuración y programación. En el cuarto capítulo se exponen las pruebas realizadas al sistema, donde se evalúa la calidad y efectividad de los componentes, la parametrización, programación y configuración de los equipos utilizados. En el quinto y último capítulo se exponen las conclusiones y las futuras implementaciones posibles relacionadas con el trabajo realizado, así como las mejoras sugeridas al finalizar el proyecto.

## 2. Fundamentación teórica

El proyecto implementado requiere el conocimiento de diversos temas con el fin de ampliar la visión y comprender la aplicación realizada, así como los conceptos relacionados con el control y minimización de riesgos en maquinaria. Debido a que estos temas se aplican en la mayoría de las empresas tanto a nivel mundial como local, basándose en normas internacionales o estándares que permiten comprender la forma de identificar, clasificar y mitigar los peligros y/o riesgos en los procesos. Siendo temas de suma importancia y necesarios para solventar las necesidades de los clientes. De esta manera, con el objetivo de contextualizar las bases teóricas necesarias para el desarrollo de este trabajo de grado, en esta sección del documento se abordan los principales y más relevantes.

### 2.1 Control a procesos

El control automático hoy en día se ha convertido en una parte importante y fundamental en los sistemas de producción modernos, así como en la agricultura, en la industria en general o cualquier sistema que requiera medir y/o regular variables físicas como: temperatura, presión, humedad, flujo, nivel etc. [4]. Controlar un proceso se refiere a regular y manipular variables inherentes en un sistema teniendo como fundamento los siguientes factores.

- Reducir la variabilidad del producto final. [5]
- Incrementar la eficiencia. [5]
- Reducir impacto ambiental. [5]
- Mantener el proceso dentro de los límites de seguridad que corresponda. [5]

El control es una herramienta que se puede aplicar de diversas maneras y en distintos campos de acción o procesos, por lo que según la forma en que se aborde un proceso o una aplicación, las denominaciones o clasificaciones surgen en base al funcionamiento de los sistemas a manipular o a las técnicas implementadas. Algunas de las clasificaciones más comunes son el control en lazo abierto y el

control a lazo cerrado. También se pueden encontrar las clasificaciones en base a el método; control todo o nada, control PID, control difuso, entre otros. [4] [6]. En este proyecto se hizo uso principal mente del control todo o nada.

### **2.1.1 Control todo o nada.**

Este tipo de control se utiliza cuando el proceso a controlar no necesita un alto grado de precisión, funciona activando o desactivando el actuador que está gobernando la variable de proceso que son todas aquellas que pueden cambiar las condiciones de un proceso ya sean sus aspectos físicos, químicos, o ambos [7].

Cabe resaltar que es una técnica que solo se recomienda para procesos muy simples, debido a que, si el proceso es muy rápido y necesita mantener cierto valor, las acciones rápidas sobre el actuador reducen la vida útil del instrumento [8].

## **2.2 Seguridad y cumplimiento normativo en maquinaria**

La seguridad en maquinaria es un concepto, con una importancia vital en las empresas productoras presentes tanto en Colombia como en el resto del mundo. Debido a esta razón Treetek busco informarse y capacitarse en sistemas de seguridad para prestar servicios y ofrecer proyectos de seguridad, cumpliendo actualmente con 9 años en ejerciendo estas actividades como también la implementación de proyectos en: control de procesos y automatización industrial [3], lo que suministra una experiencia en conceptos normativos requeridos para el análisis y el diseño de sistemas de seguridad, es por esto que en este apartado se trataran normas internaciones relacionadas a este tema con el objetivo de

comprender de que se componen y que se requiere para asegurar de la mejor manera un proceso.

Como principal objetivo la seguridad se centra en lograr trabajar sin accidentes y/o lesiones, lo que involucra diversas medidas de seguridad en base al peligro al que se está expuesto, se aborda una solución acorde al peligro identificado.

En la maquinaria la mitigación de riesgos toma un camino de una relevancia más alta, que en otros tipos de labores en las cuales la probabilidad de recibir daños es mucho menor como lo sería una actividad laboral normal, es por esto es que la seguridad en maquinaria se aborda en base al denominado “ciclo de vida de seguridad”, en el cual se evidencian todas las fases necesarias para la reducción sustancial de peligros, estas fases se exponen en la figura 2.-1. [2]



Figura 2-1: Ciclo de vida de seguridad. [2]

### 2.2.1 Normatividad en maquinaria

“Los estándares son acuerdos que se establecen entre distintos grupos de intereses (fabricantes, consumidores, organismos de verificación y gobiernos). Contrariamente a lo que se suele pensar, no son los gobiernos ni las autoridades los que elaboran o acuerdan su definición, características, limitaciones y regulaciones. [9].

“Durante los últimos cien años, la evolución de las normas nacionales ha dado lugar a estándares válidos en todo el mundo. En función del lugar donde se vaya a utilizar la máquina. Pueden aplicarse diferentes regulaciones que requieren la aplicación de normas diferentes. La elección correcta de las normas a aplicar ayuda a los fabricantes de máquinas a cumplir los requisitos legales.” [9]

Las clasificaciones de las normas dependiendo de la locación, reciben nombres y etiquetas diferentes entre sí. Estas normas comparten ciertos puntos en su mayoría sin embargo es adecuado analizarlas y comprenderlas. Es por esto que se requiere identificar a que normas se remiten los fabricantes de las mismas y así ajustarse a los lineamientos establecidos, con el fin de realizar un análisis preciso y que cumpla con las necesidades y requerimientos del cliente.

Las clasificaciones más usadas en las normas de seguridad son las que se mencionan a continuación.

#### **2.2.1.1 Organizaciones y estructuras internacionales de normalización**

- **ISO (international standardization organisation / organización internacional para la estandarización):** red internacional formada por los organismos de normalización de 157 países. Elabora y publica normas internacionales dedicadas a tecnologías no relacionadas con la electricidad. [9].
- **IEC (international electrotechnical commission / comisión electrotécnica internacional):** organización mundial que elabora y publica estándares internacionales para todos los ámbitos de la electrotecnia (p.ej. Telecomunicaciones, compatibilidad electromagnética, generación de energía) y tecnologías afines. [9].

### 2.2.1.2 Organizaciones y estructuras europeas de normalización

- **CEN (comité europeo de normalisation / comité europeo de normalización):** grupo formado por organizaciones de normalización de los países miembros de la UE (unión europea), los países de la efta (asociación europea de libre comercio). [9].
- **CENELEC (comité europeo de normalisation electrotechnique/comité europeo de normalización electrotécnica):** la institución análoga al Cen en el campo de la electrotecnia, elabora y publica normas europeas (en) en dicho campo. De manera similar al cen y la ISO, el CENELEC adopta de manera creciente estándares del lec y su numeración. [9].

### 2.2.1.3 Tipos de normas en cuanto a seguridad se refiere se distinguen tres clasificaciones:

- **Normas A (normas esenciales de seguridad):** contienen términos, principios de diseño y aspectos generales que pueden aplicarse a todas las maquinas. [9]
- **Normas B (normas de categorías de seguridad):** tratan sobre un aspecto de seguridad o un dispositivo de seguridad que puede utilizarse en una amplia gama de máquinas. Las normas b se dividen, a su vez, en: b1 para aspectos específicos de seguridad, por ej. La seguridad eléctrica de máquinas, el cálculo de distancias de seguridad y los requisitos para sistemas de mando, b2 para dispositivos de seguridad, por ej. Conmutadores bimanuales, dispositivos de protección separadores y dispositivos de protección sin contacto. [9]
- **Normas C**

Los estándares c contienen todos los requisitos de seguridad de una máquina o grupo de máquinas específico. Si existe un estándar de este tipo, tiene prioridad respecto a los estándares a y b. No obstante, una norma c puede hacer mención a un estándar b o a. Los requisitos de la directiva máquinas deben cumplirse en todos los casos.

Estas tres clasificaciones, se ilustran en la figura 2-2. Donde se pueden apreciar todos los estándares que pertenecen a las categorías a, b, c, así como la elección de dispositivos de protección.



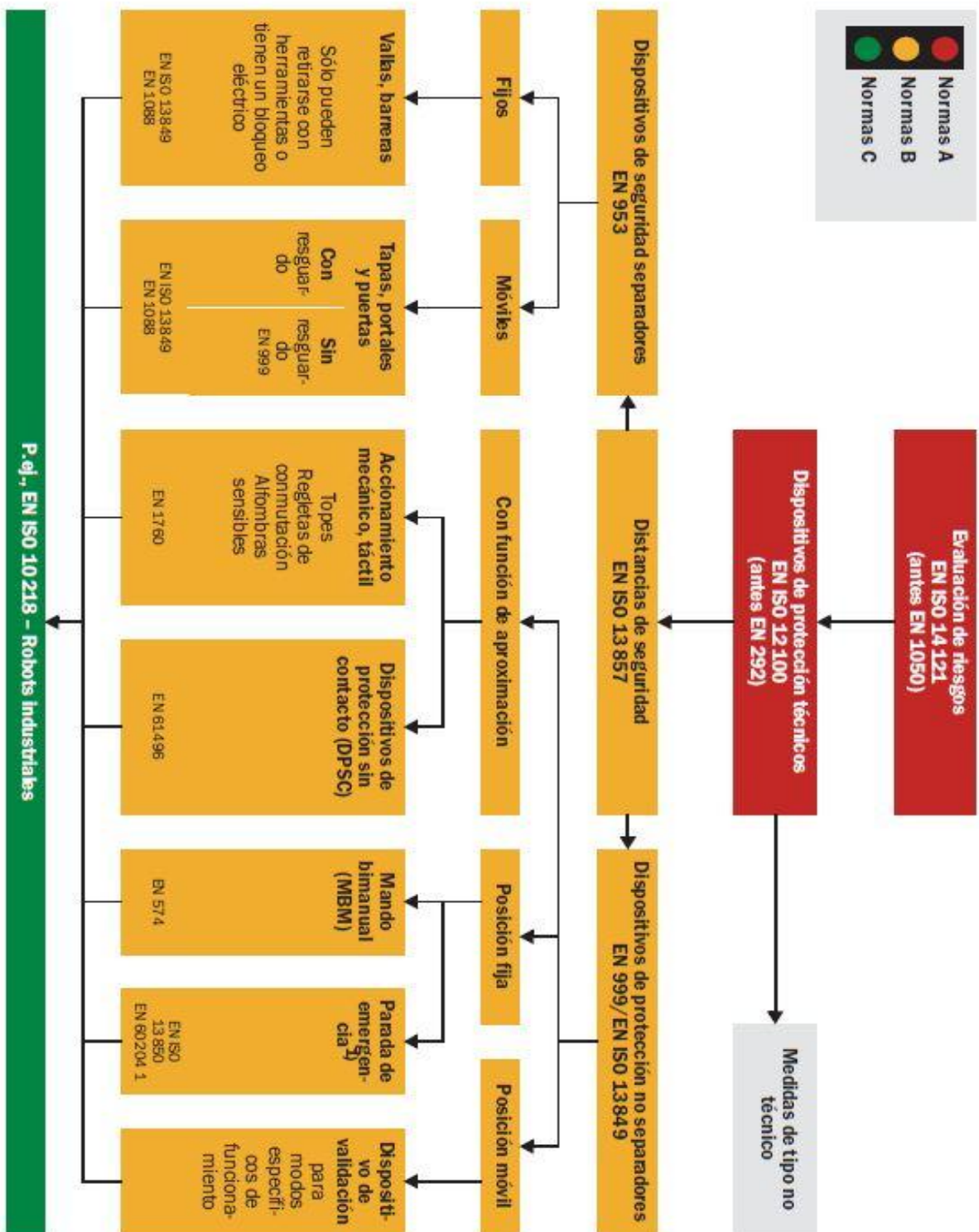


Figura 2-2: Elección de dispositivos de protección y sus respectivas normas. [9].

### 2.3 Evaluación de riesgos.

La evaluación de riesgos consta de diversos pasos lógicos que permiten evaluar sistemáticamente los peligros de la máquina, este proceso se debe realizar hasta obtener una reducción considerable de los riesgos encontrados. Este paso es de vital importancia para identificar como y de qué manera se mitigaran estos mismos. [9]. Según la norma a: en ISO 12100 [10]. El proceso de evaluación de riesgos se realiza de acuerdo a la figura 2-3, donde se exponen los pasos lógicos a seguir, graficados en un diagrama de flujo.

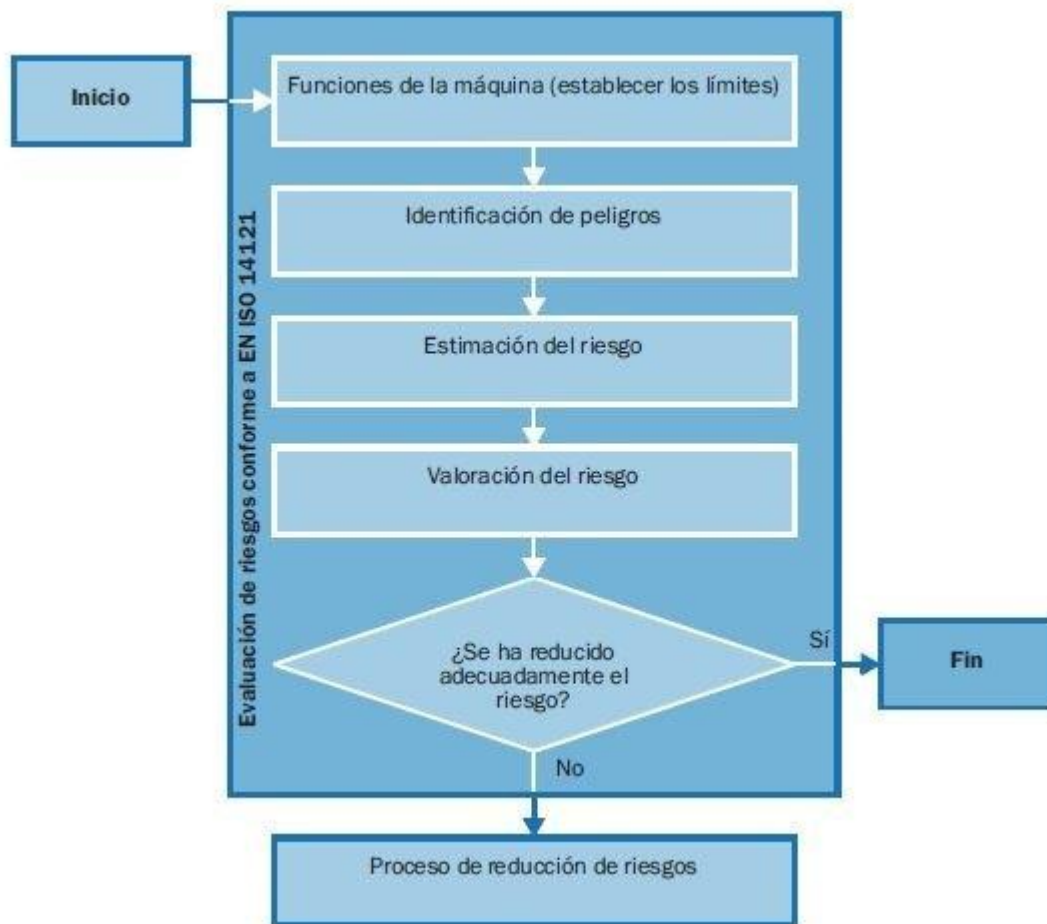


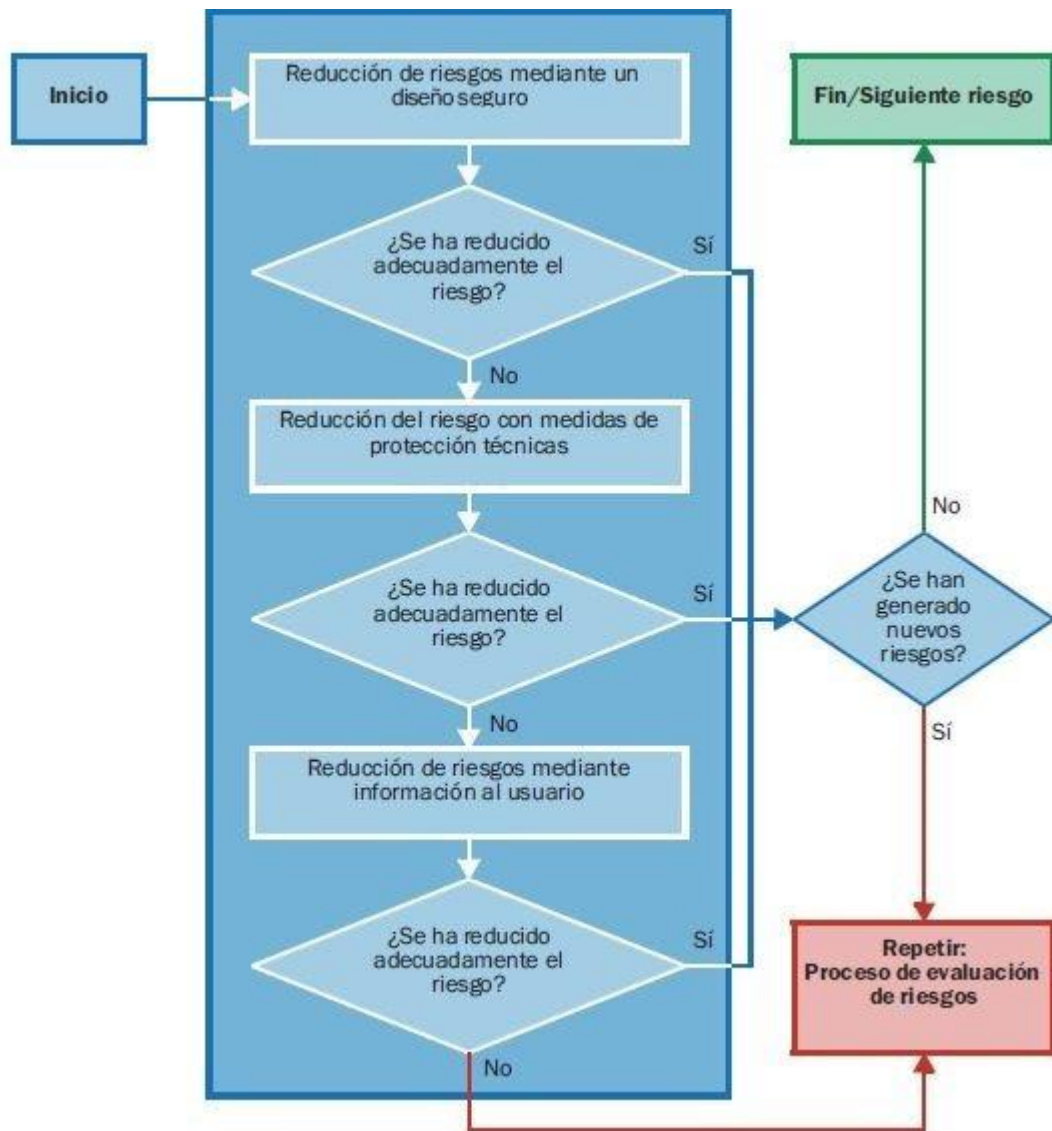
Figura 2-3: Proceso de evaluación de riesgos. [9].

- Reducción de riesgos.

Si el análisis de riesgos identifica que es necesario mitigar o reducir el riesgo de la máquina, se aplica el método de tres (3) pasos. [9].

1. Construcción segura: eliminar o disminuir los riesgos en mayor escala posible. [9].
2. Medidas de protección técnicas: aplicar las medidas de protección necesarias para minimizar los riesgos identificados. [9].
3. Aquellos riesgos residuales de la implementación se deben informar al cliente, para que se ejecuten acciones que permitan evitar dichos riesgos. [9].

El proceso de reducción de riesgos se puede apreciar gráficamente en el diagrama de flujo en la figura 2-4.

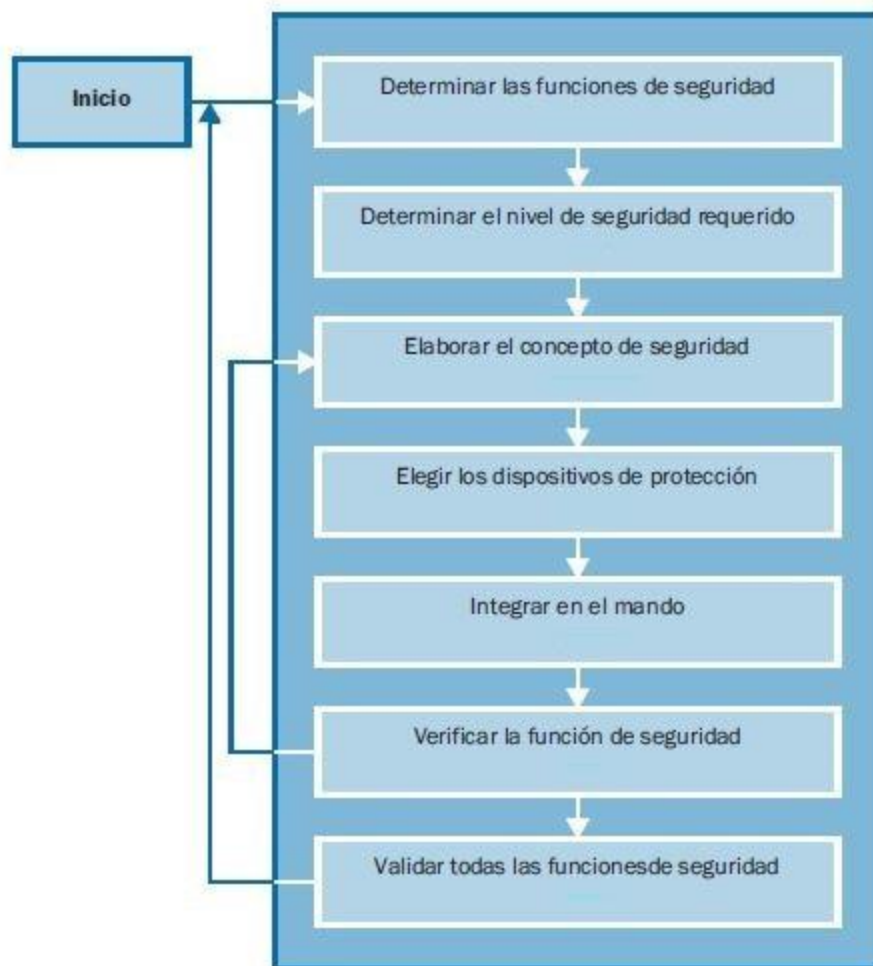


**Figura 2-4:** Proceso de reducción de riesgos. [9].

- **Medidas de protección técnicas.**

Al referirse a medidas de protección técnicas, se habla de todos aquellos dispositivos que incrementan las condiciones de seguridad para los operadores de máquinas o procesos, que por sus características de operación pueden causarles algún daño. Entre estos elementos se encuentran lo que son paneles, puertas, cortinas de luz, unidades de vigilancia, entre otros. [9]

En la figura 2-5, se aprecia el diagrama de flujo de los pasos a seguir para implementar medidas de protección técnicas.



**Figura 2-5:** Procedimiento para implementar medidas de protección técnicas [9].

- **Seguridad funcional.** Cuando la efectividad de una medida de protección depende del correcto funcionamiento de un mando para conseguir la seguridad funcional, deben definirse funciones de seguridad y determinarse el nivel de seguridad requerido [9].
- **Validación:** al finalizar las medidas de protección, se evalúa si su funcionamiento es realizado de manera adecuada y fiable, garantizando la función segura. Si la respuesta es negativa se procede

a repetir el procedimiento desde la evaluación de los riesgos e implementar de nuevo las medidas, hasta que la validación resulte favorable [9].

- **Determinar las funciones de seguridad.**

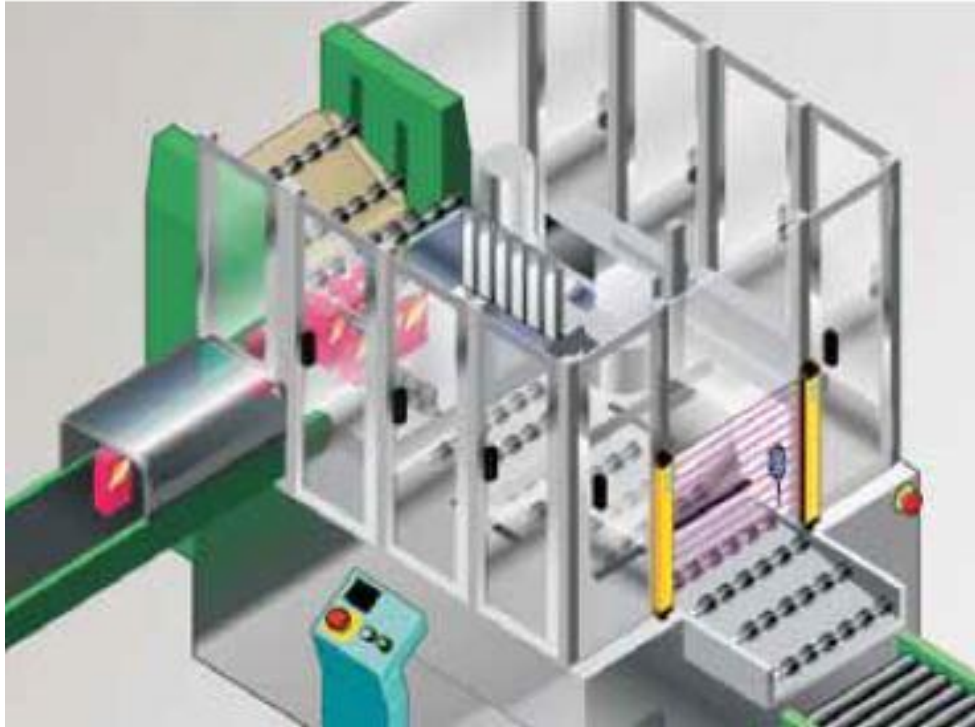
Una función de seguridad es la manera de mitigar y/o reducir riesgo, a partir de medidas de seguridad técnicas [9]. Estas funciones de seguridad, se deben realizar en cada uno de los riesgos encontrados en la máquina, que no se lograron reducir en la construcción de la misma. Estas medidas de protección deben realizarse de la manera más precisa y exacta dentro de lo posible, con el fin de que no se sobrepasen los costos de la implementación y/o su construcción [9].

A continuación, se exponen y ejemplifican las maneras de implementar funciones de seguridad con medidas de protección técnicas [9].

- **Impedir el acceso de manera permanente.**

Para realizar una función de seguridad que permita restringir de manera permanente el acceso a un área peligrosa, se utilizan dispositivos de resguardos, o barreras físicas que obstaculicen el acceso por completo a la zona de peligro [9]. En la figura 2-6 se aprecian ejemplos de este tipo de medidas de protección.

La norma internacional que trata los resguardos fijos y móviles se encuentra en la norma ISO 14120 para más información remitirse a [11].

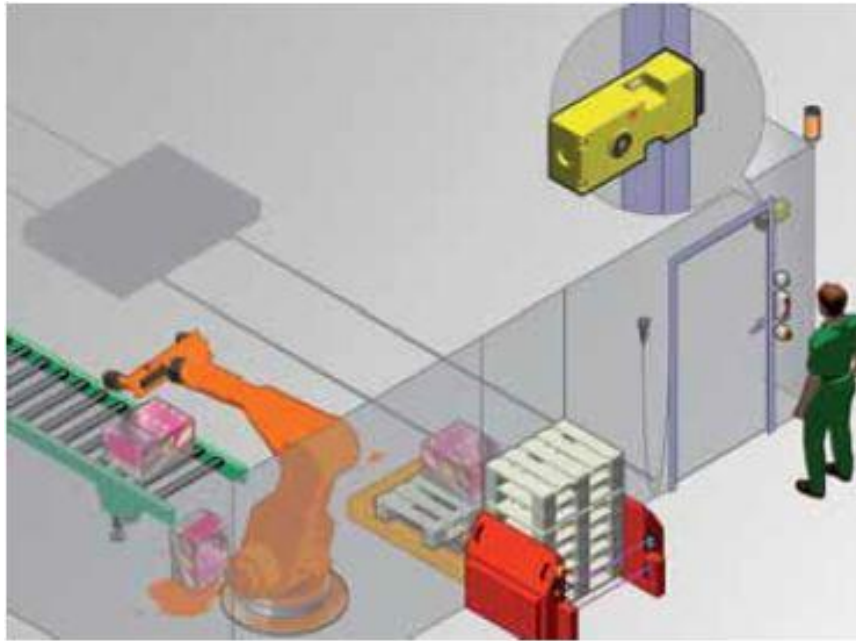


**Figura 2-6:** Dispositivos de resguardo, o vallados de protección [9].

- **Impedir el acceso de manera temporal**

Se restringe el acceso al área de peligro hasta que se garantice una condición segura para la persona que ingresara, hasta ese momento, el dispositivo estará bloqueado, al ingresar la maquina en estado seguro se desbloqueará el dispositivo [9].

En la figura 2-7 se puede apreciar un dispositivo con bloqueo que permite impedir el acceso al área de riesgo cuando las condiciones de seguridad no se cumplen.



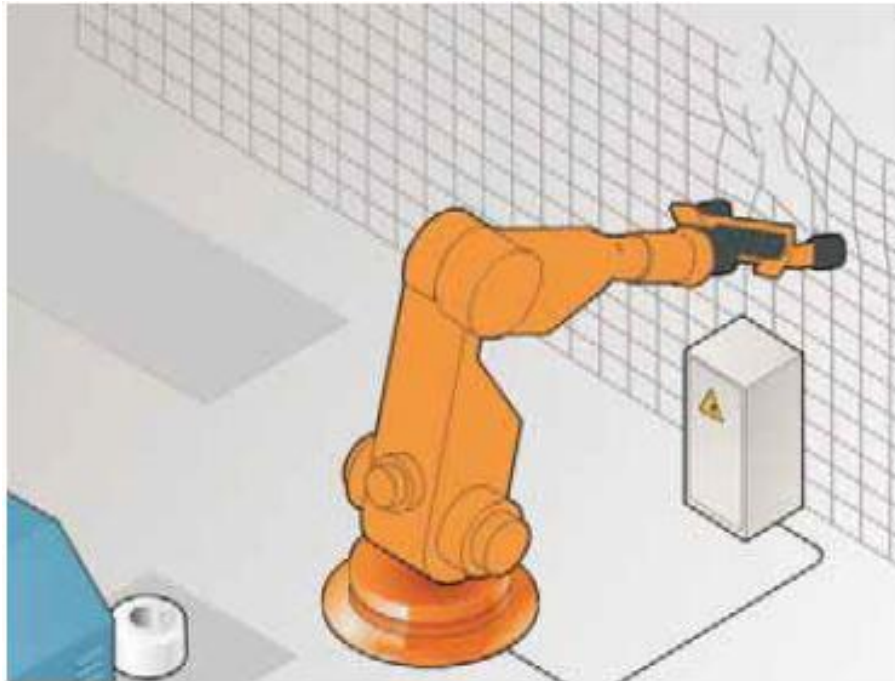
**Figura 2-7:** Impedir el acceso temporalmente [9].

- **Retención de piezas, sustancias o radiaciones.**

Si existe la posibilidad de que alguna pieza pueda salir proyectada de la máquina o derramar alguna sustancia, o emitir radiaciones. Se deben utilizar dispositivos de protección físicos para evitar alguna lesión a personas cercanas a la máquina. [9]

Ver figura 2-8



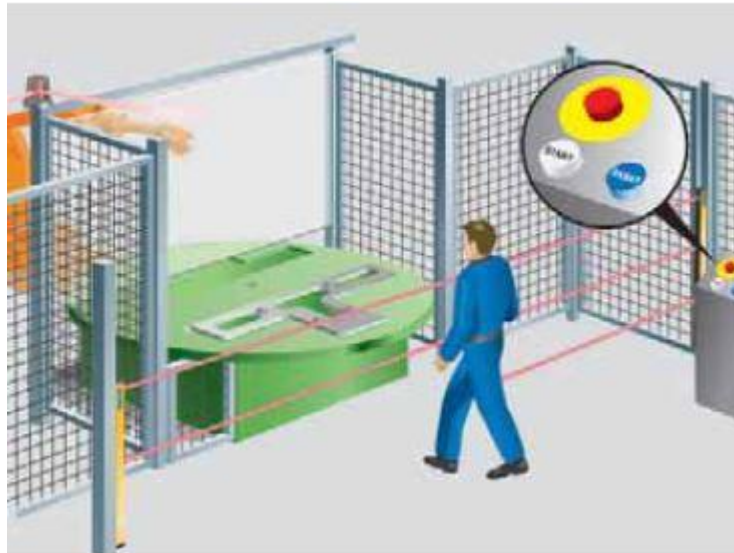


**Figura 2-8:** Ejemplo de retención de piezas mediante malla [9].

- **Provocar parada**

Cuando se requiere ingresar a un área donde existe la posibilidad de una lesión sea leve o grave, conviene iniciar una parada de seguridad, para garantizar el estado seguro. Algunos ejemplos de dispositivos que provocan una parada en el sistema son:

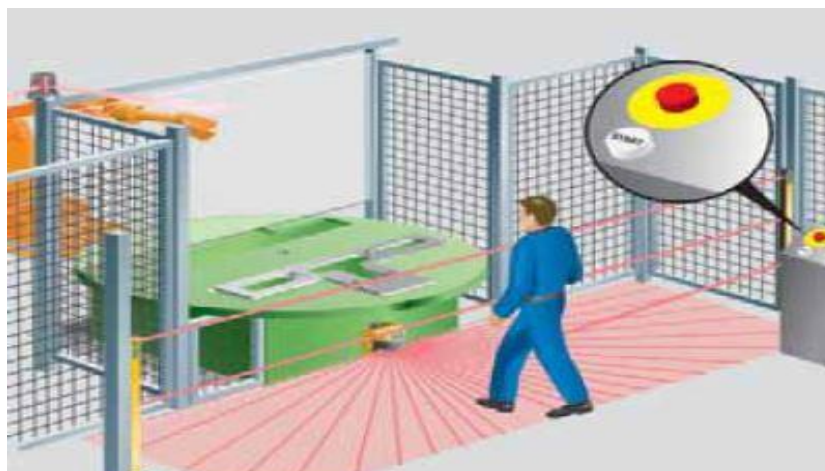
Apertura de una puerta con un dispositivo de bloqueo, interrupción de los haces de luz de una barrera optoelectrónica de seguridad (este ejemplo se aprecia en la figura 2-9) [9].



**Figura 2-9:** Parada causada por interrupción de haces de luz [9].

- **Impedir la puesta en marcha.**

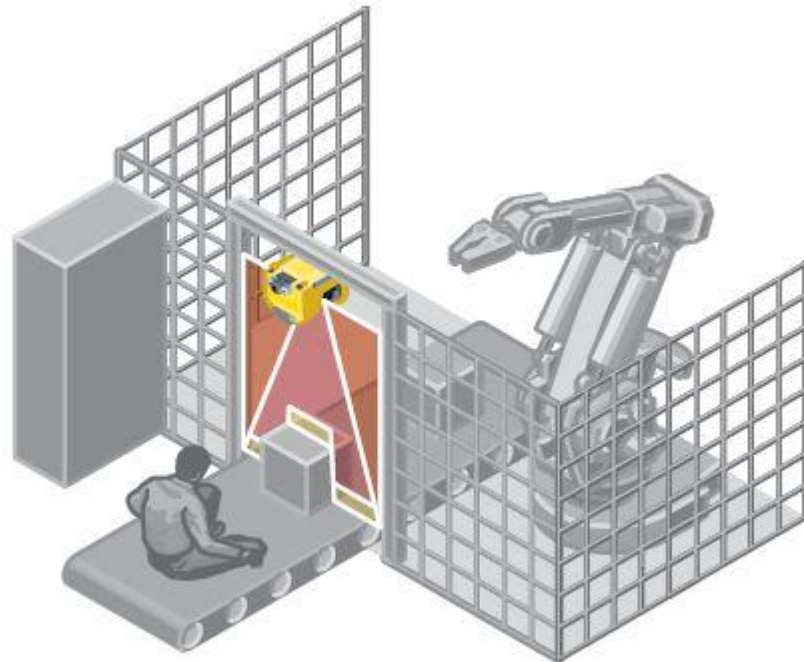
Al activarse una función de seguridad que provoca “la parada”, se impide la puesta en marcha, mientras aun estén personas en la zona de peligro. En la figura 2-10 se puede apreciar un ejemplo de “impedir puesta en marcha”, donde al ser detectado por un escáner laser, la maquina no arranca hasta que la persona se encuentre fuera de la zona [9].



**Figura 2-10:** Impedir puesta en marcha [9].

- **Diferenciar entre personas y materiales.**

En diferentes circunstancias es necesario y preciso diferenciar entre personas y materiales, por tanto, es necesario un espacio para diferenciar uno del otro, pensando que se puede dar el caso de alguien que intente de manera fortuita o planeada, ingresar a la zona de trabajo, para esto se implementan por medio de instrumentos de luz, que por medio de un cálculo según los haces de luz, provocan la parada de la máquina. En la figura 2-11, se aprecia un ejemplo de diferenciación entre materiales y personas.



**Figura 2-11:** Diferenciación entre personas y objetos [9].

- **Parada en caso de emergencia.**

La parada en caso de emergencia (parada o paro de emergencia), es un dispositivo de seguridad adicional y/o complementaria que no está destinada específicamente a la reducción de riesgos, esto se debe a

que su función es detener el sistema ante alguna eventualidad y/o accidente de cualquier fuente, no es una función directa y específica de reducción por lo que no está considerada como una función de seguridad. Las paradas de emergencia poseen unas consideraciones especiales que se definen según la norma **ISO 13850** [12].

## **2.4 Instrumentación de seguridad**

Constituye el conjunto de elementos necesarios para la monitorización de elementos y la detección de personas en zonas de riesgo a la integridad y la salud de las personas en procesos industriales tales como: petroleras, producción de alimentos, industria química, textiles, producción de papel, entre otros. La clasificación de los instrumentos utilizados en seguridad de la marca Allen-Bradley se clasifican de la siguiente manera.

- **Sistemas de conexión de seguridad.**

Los t-ports/bifurcadores, las cajas de distribución, las clavijas cortocircuitadoras y las tomas de seguridad guardmaster® son partes de un sistema de desconexión rápida específico para la seguridad de las máquinas. Las tomas guardlink™ conectan dispositivos de entrada de seguridad a un sistema guardlink, un protocolo de comunicación basado en la seguridad que vincula la seguridad con the connected Enterprise. Los dispositivos habilitados para guardlink ofrecen funciones y diagnóstico avanzados a los cuales solo se puede acceder mediante una toma de conexión habilitada para guardlink [13].

- **Interruptores de seguridad.**

Los interruptores de seguridad están diseñados y fabricados conforme a estándares globales de alta confiabilidad, estabilidad y calidad. Los interruptores de seguridad incluyen finales de carrera y enclavamiento e

interrupciones de paro de emergencia [13], en la figura 2-12 se pueden apreciar diferentes tipos de dispositivos de paro de emergencia.

- **Dispositivos de paro de emergencia.**



**Figura 2-12:** Dispositivos de paro de emergencia.

En la figura 2-13 se pueden apreciar interlocks de bloqueo, cuya función es cerrar el sistema mediante arreglos electrónicos con solenoides para evitar la apertura de una puerta y/o guarda.

- **Interruptores de seguridad con enclavamiento.**



**Figura 2-13:** Interruptores de seguridad con enclavamiento

- **Interruptores de final de carrera de seguridad.**

Los interruptores de final de carrera se utilizan para detectar el tope de algún dispositivo, como una puerta o la apertura máxima de un brazo robótico, en la figura 2-14 se pueden apreciar estos dispositivos.



**Figura 2-14:** Interruptores de final de carrera.

- **Interruptores de final de carrera para servicio pesado.**

Como su nombre lo indica estos dispositivos son para usos más robustos y que estén expuestos a golpes o algún contacto físico que le pueda ocasionar daños al equipo. En la figura 2-15 se aprecian estos dispositivos con un recubrimiento metálico.



**Figura 2-15:** Interruptores de final de carrera para servicio pesado.

- **Dispositivos de seguridad de detección de presencia.**

Instrumentos específicos y diseñados para el control de acceso y presencia de objetos o personal en o cerca de zonas peligrosas [13].dentro de estos dispositivos se encuentran los siguientes instrumentos.

- **Cortinas ópticas de seguridad.**

Son dispositivos de seguridad opto electrónicos que perciben la presencia de un objeto en el campo de detección de esta. Se usan

comúnmente en aplicaciones de barreras protectoras en la máquina para detectar la presencia de los dedos, las manos, un miembro o el cuerpo completo de una persona. También conocidas como AOPD (dispositivos de protección opto electrónicos activos), las cortinas ópticas ofrecen una óptima seguridad. Están diseñadas especialmente para aplicaciones en que el personal necesita acceder de forma fácil y frecuente a un punto de peligro de la operación [13].

En la figura 2-16 se puede apreciar cortinas de luz opto electrónicas de seguridad.



**Figura 2-16:** Cortinas ópticas de seguridad.

- **Escáneres láser de seguridad.**

Son dispositivos compactos que tienen conjuntos de campo cambiables y configurables (advertencia y seguridad). El software basado en windows® de configuración y diagnóstico de seguridad (scd), que se entrega con cada escáner, simplifica la programación de

escáneres safezone safety laser. Está disponible un asistente de configuración para guiar al programador en configuraciones simples o complejas del sistema” [13].

- **Sensor de seguridad de detección de manos.** (guardmaster™)

Un sistema de sensor de seguridad compacto basado en una tecnología de procesamiento de imágenes. La función se realiza a través de un único dispositivo de sensor de imagen que visualiza una única imagen de dos dimensiones y la compara con un patrón pasivo como el fondo. El principio de detección se basa en un objeto de cierta resolución que bloquea la visualización del patrón por parte del dispositivo sensor de imagen [13].

- **Tapetes de seguridad.**

Los tapetes de seguridad son productos de protección sensibles a la presión, diseñados para detectar la presencia de personas en superficies de detección. Estos tapetes tienen dos placas conductoras de acero endurecido que se mantienen separadas por comprimibles no conductores. Se pueden adquirir tapetes personalizados y configurables estándar, cada uno con opciones de ajuste de flanco [13].

- **Perfiles de flanco de seguridad**

Los perfiles de flanco de seguridad vienen en tres factores de amortiguación y dos materiales distintos. No tienen piezas internas rígidas que puedan romperse o causar fallos por fatiga después del uso prolongado [13].



## 2.5 Equipos de seguridad en maquinaria.

Los relés de seguridad verifican y monitorean un sistema y permiten que la máquina arranque o ejecute comandos para detenerla y así garantizar condiciones más seguras al operador y las personas encontradas en el área.

Los relés de función única son la solución más económica para máquinas más pequeñas en las que se requiere un dispositivo de lógica dedicada para completar la función de seguridad.

Los equipos para monitoreo modulares y configurables son ideales cuando se requiere un número grande y diverso de dispositivos de protección y control de zona mínima. Las clasificaciones de estos dispositivos son las siguientes.

- **Equipos de seguridad configurable mediante software.**

Este tipo de relés se pueden configurar según la solución específica requerida mediante el software que suministra el fabricante.

<b>Relés de función única y especiales.</b>	<b>Relés de control de seguridad.</b>	<b>Relés de seguridad modulares serie</b>	<b>Variadores de seguridad</b>
Los relés de función única y especiales están diseñados para proporcionar funciones de seguridad básicas y avanzadas, tales como monitoreo de tiempos de	Los relés de control de seguridad están diseñados para proporcionar un rendimiento mecánico o de contacto de espejo para cumplir los estándares de	Los relés de seguridad modulares expandibles manejan sistemas de seguridad más complejos y de mayor tamaño al permitir la conexión de varios	Estos dispositivos regulan y permiten configurar y parametrizar el movimiento de los motores presentes en un proceso, de manera que sean seguros sin

retardo y velocidad.	seguridad internacionales.	módulos de entrada a una sola base.	afectar la productividad
----------------------	----------------------------	-------------------------------------	--------------------------

**Tabla 1:** Equipos de seguridad configurables. Fuente: Autor.

## 2.6 Cabina de flujo laminar

La cabina de flujo laminar es un equipo donde se realizan pruebas de materias primas, se realiza en esta cabina debido a que permite limpiar el aire por medio de un filtro y evitar la contaminación por partículas en el ambiente, ubicada en el centro logístico el cortijo, donde se almacenan las materias primas de la empresa Johnson & Johnson en Cali Colombia, se encuentra dentro de una zona blanca (espacios de trabajo especiales donde solo se puede ingresar con unos estándares de vestimenta y salubridad especiales como, overol, cofias, zapatones, gafas, guantes, tapa oídos, entre otras).

Debido a que la empresa J & J requiere adicionar un mezclador a la cabina de flujo laminar para revolver la materia prima Adinol. Requiere, servicios de ingeniería para realizar la planeación ejecución y validación del proyecto. Así como implementar controles para lograr cumplir con los estándares de seguridad y salud en el trabajo.

El mezclador diseñado cuenta con 4 soportes que elevan el motor aproximadamente 1.60 metros del suelo, donde se encuentran 4 rieles que permiten el movimiento del motor en los ejes x y y. Debido a que el mezclador se encuentra en una zona transitada por un operario de la empresa, se solicitó implementar un control de acceso a la zona e impedir así accidentes por algún acceso accidental dentro de la máquina.

En base al requerimiento de seguridad el ingeniero en seguridad, realiza la selección de los dispositivos requeridos para garantizar la condición de seguridad. Realizando un pre diseño que consiste en instalar una cortina de luz, junto con un espejo ubicado de tal manera que permita llevar los haces de luz del emisor al

receptor. Al interferir alguno de los haces laser de la cortina, el relé de seguridad enviara una señal de detención segura al variador de velocidad dentro del gabinete.

En la figura 2.17 se aprecia el diseño en base a la ubicación de la maquina en la zona de Johnson & Johnson.

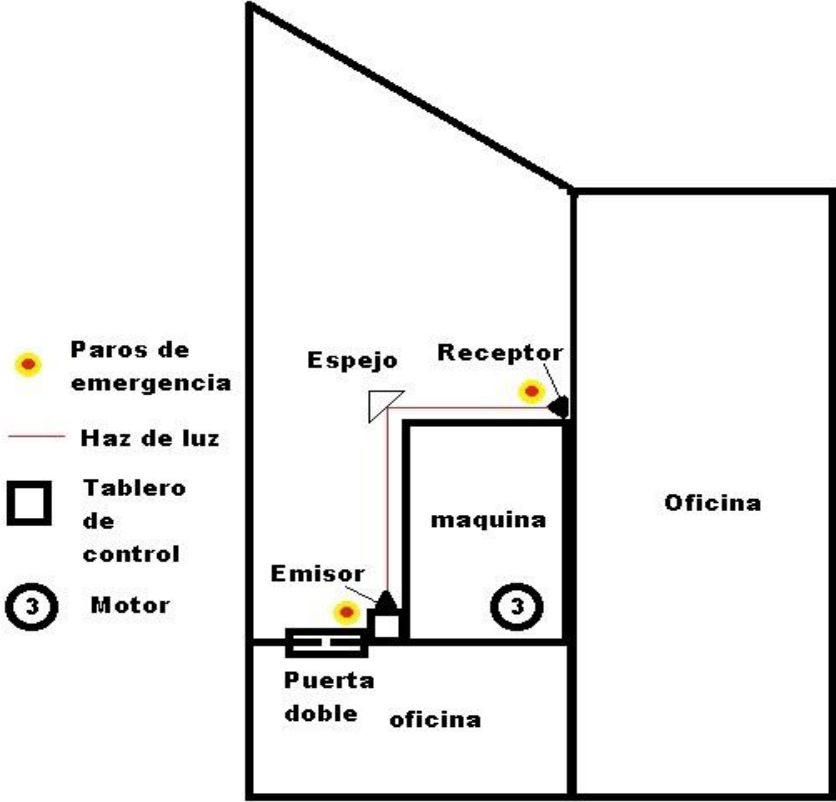


Figura 2-17: Diseño del sistema de seguridad. Fuente: autor.

### 3. Desarrollo del proyecto.

En este apartado se tratarán los temas y actividades que fueron necesarias para realizar y ejecutar el sistema de seguridad, así como los requerimientos del cliente, las estructuras y elementos del sistema de la solución propuesta implementada.

#### 3.1 Planificación de la solución.

En conjunto con el cliente se definió y especificó los requerimientos de funcionamiento del sistema que se quiere implementar, esto se acordó en la reunión de inicio del proyecto, llegando a las siguientes anotaciones:

- Se necesita incorporar al proceso de laboratorio, un mezclador que permita agitar una materia prima llamada **Adinol**, por un tiempo de 3 minutos para luego procesarlo de la manera que el cliente requiera.
- Se requiere que además del mezclador, se garantice la seguridad del operario que se encuentra dentro del área, evitando que el operario ingrese a la cabina cuando la hélice este girando y así evitar alguna lesión que pueda sufrir a causa de las hélices del mezclador.
- En base a estos requerimientos, el ingeniero en seguridad planteó realizar un sistema de seguridad en base a la norma ISO 13849-1 [14], y así dar cumplimiento a la normativa de seguridad internacional.
- Adicionalmente se plantean dos paros de emergencia para detener el sistema ante alguna eventualidad.

Estos temas fueron considerados en la reunión de inicio del proyecto de la cabina de flujo laminar. Posterior a esta reunión se comenzó con el diseño de la solución por parte del ingeniero especializado en seguridad, donde luego se realizó la construcción del tablero de control y seguridad.

#### 3.2 Diseño de la solución.

El diseño del sistema parte de los puntos expuestos en la reunión de inicio del proyecto, donde se requiere además de implementar un mezclador con una

velocidad controlada, integrar seguridad de acceso y de arranque seguro, y así garantizar las normas de diseño de maquinaria vigentes.

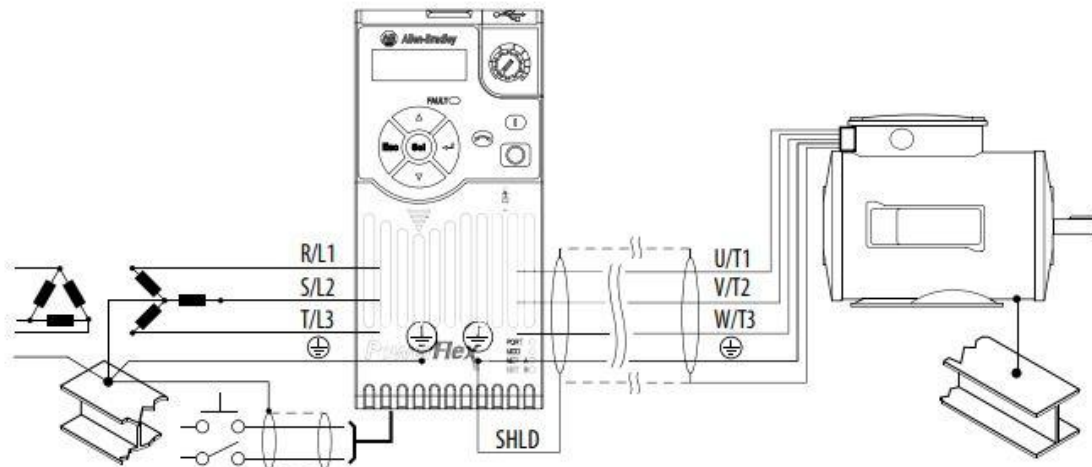
### 3.2.1 Diseño del mezclador.

Se realizó el diseño por parte del ingeniero de seguridad teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.

- El operador requiere encender el mezclador por medio de un pulsador cada vez que lo necesite.
- El mezclador debe funcionar por un tiempo y una velocidad previamente establecida a 3 minutos con una frecuencia de 30 Hz.
- Se agrega un pulsador de detención o stop que permita terminar el proceso en cualquier momento de ser requerido.
- Al terminar el tiempo el motor se debe detener y se debe ser posible iniciar un proceso de mezclado nuevamente.

En base a estas consideraciones se plantea un diseño, usando un variador de Allen-Bradley PowerFlex 525 con referencia **25b-b011n10**, que permite detener el motor del sistema de una manera segura (**safe off**), sin dañarlo por alguna detención intempestiva.

El PowerFlex 525 debe regular el motor que trabaja a 220 VAC, es por esto que el variador debe conectarse de la manera que especifica el fabricante, que se puede apreciar en la figura 3-1. También es posible apreciar la manera en que se realizó el aterrizaje del variador y el motor, este mismo se encontrara fijado sobre una plataforma en acero inoxidable la cual será móvil en los ejes x y y(el diseño de esta plataforma, se realizó por otra empresa contratada directamente por la empresa J & J).



**Figura 3-1:** Conexión de las fases y la tierra [15].

La protección del sistema se calcula según la tabla 2, esta protección permite evitar daños en el equipo, por sobre tensiones o picos de corriente que son muy comunes en ambientes industriales.

Dispositivos de protección de entrada trifásica 200...240 V – Estructuras A...E

Num. de catálogo <sup>(1)</sup>	Clasificación de salida				Clasificación de entrada		Tamaño de estructura	Num. de catálogo de contactor	IEC (aplicaciones no UI)		Aplicaciones UI				
	Servicio normal	Aplicaciones severas	Amperaje máx. <sup>(2)</sup>	Amperaje máx. <sup>(2)</sup>	Fusibles	Disyuntores			Fusibles (clasificación máx.)	Disyuntores					
2SB-825N104	0.5	0.4	0.5	0.4	2.5	1.2	A	100-07	6	6	140U-D603-P40	140M-C2E-P40	CLASE RMS (C, J) o T / DIS-R-6	140U-D603-P40	140M-C2E-P40
2SB-850N104	1.0	0.75	1.0	0.75	5.0	2.7	A	100-09	10	15	140U-D603-880	140M-C2E-863	CLASE RMS (C, J) o T / DIS-R-15	140U-D603-880	140M-C2E-863
2SB-880N104	2.0	1.5	2.0	1.5	8.0	4.3	A	100-C12	15	20	140U-D603-C10	140M-C2E-C10	CLASE RMS (C, J) o T / DIS-R-20	140U-D603-C10	140M-C2E-C10
2SB-801N104	3.0	2.2	3.0	2.2	11.0	6.3	A	100-C3	20	30	140U-D603-C15	140M-C2E-C16	CLASE RMS (C, J) o T / DIS-R-30	140U-D603-C15	140M-C2E-C16
2SB-807N104	5.0	4.0	5.0	4.0	17.5	9.6	B	100-C3	30	45	140U-D603-C25	140M-F8E-C25	CLASE (C, J) o T / 45	140U-D603-C25	140M-F8E-C25
2SB-804N104	7.5	5.5	7.5	5.5	24.0	12.2	C	100-C7	35	60	140U-H6G3-C35	140M-F8E-C32	CLASE (C, J) o T / 60	140U-H6G3-C35	140M-F8E-C32
2SB-803N104	10.0	7.5	10.0	7.5	32.2	15.9	D	100-C3	45	70	140U-H6G3-C60	140M-F8E-C45	CLASE RMS (C, J) o T / DIS-R-70	-	140M-F8E-C45
2SB-804N104	15.0	11.0	15.0	11.0	48.3	20.1	E	100-G0	60	90	140U-H6G3-C70	140M-F8E-C45	CLASE (C, J) o T / 90	-	-
2SB-806N104	20.0	15.0	20.0	15.0	62.1	25.6	E	100-C72	70	125	140U-H6G3-C90	140M-H8P-C70	CLASE (C, J) o T / 125	-	-

Tabla 2: Fusibles y disyuntores de protección [15].

Para realizar el control sobre el motor de la mezcladora en la cabina de flujo laminar, se utilizó un PLC de la marca Allen-Bradley micro logix 810(2080-lc10-12awa) cuyas especificaciones se mencionan a continuación en la tabla 3 junto a los otros tipos de controladores micro 810.

Número de catálogo	Alimentación eléctrica	Entradas			Salidas		Ent. analógica 0...10 V (compartido con ent. de CC)	
		120 VCA	240 VCA	12...24 VCC/VCA	Relé	SRC 24 VCC		
2080-LC10-12QWB	24 VCC			8	4		4	
2080-LC10-12AWA	120...240 VCA	8			4			
2080-LC10-12QBB	12...24 VCC			8		4	4	
2080-LC10-12DWD	12 VCC			8	4		4	

**Tabla 3:** Especificaciones de alimentación y de e/s de PLC's micrologix 810 [16].

Adicionalmente para realizar el control, se añaden 2 pulsadores de control, con los cuales se realizará el inicio y la detención del sistema.

Se seleccionó el variador con función *safe off* lo que permite detener el sistema de manera segura sin dañar el equipo, sea por inercia del movimiento o por altas velocidades. En la tabla 4 se parecían las especificaciones eléctricas del variador. Seleccionado.



## Especificaciones eléctricas

Especificaciones	PowerFlex 523	PowerFlex 525
	Tolerancia de voltaje:	-15% / +10%
Tolerancia de frecuencia:	47...63 Hz	
Fases de entrada:	La entrada trifásica proporciona clasificación total. La entrada trifásica proporciona clasificación de 35% en los variadores trifásicos.	
Factor de potencia de desplazamiento:	0.98 en todo el rango de velocidades	
Capacidad nominal máxima de cortocircuito:	100,000 amperes simétricos	
Capacidad nominal real de cortocircuito:	Determinada por clasificación AIC del fusible/disyuntor instalado	
Tipo de transistor:	Transistor bipolar de puerta aislada (IGBT)	
Regulador de bus de CC interno	Solo para clasificaciones de variadores con estructura E	
Entrada de 200...240 VCA:	11 kW (15 HP)	
Entrada de 380...480 VCA:	15...18.5 kW (20...25 HP) – Aplicaciones severas	
Entrada de 525...600 VCA:	15...18.5 kW (20...25 HP) – Aplicaciones severas	

**Tabla 4:** Especificaciones eléctricas [15].

En la tabla 5 se aprecian los valores de entrada de corriente y voltaje adecuados para la aplicación, suministrando el valor posible del cual alimentar el variador.

Especificaciones		PowerFlex 523	PowerFlex 525
		Digital	
Anchura de banda:			
Cantidad:		(1) Dedicado para paro (4) Programables	(1) Dedicado para paro (6) Programables
Corriente:		6 mA	
Tipo			
Modo surtidor (SRC):		18...24 V = Activado, 0...6 V = Desactivado	
Modo drenador (SNK):		0...6 V = Activado, 18...24 V = Desactivado	
tren de impulsos			
Cantidad:		(1) Compartido con uno de los terminales de entrada digital programables.	
Señal de entrada:		Contacto de transistor (colector abierto)	
Frecuencia de entrada:		0...100 KHz	
Consumo de corriente:		7 mA a 24 VCC máximo	
Analogico		(1) Aisladas, 0...10 V y 4...20 mA	(2) Aisladas, -10...10 V y 4...20 mA
Cantidad:			
Especificación			
Resolución:		10 bits	
0...10 VCC analógicas:		Impedancia de entrada de 100 k ohms	
4...20 mA analógicas:		Impedancia de entrada de 250 ohms	
Pot. externo:		1...10 k ohm, 2 W mínimo	

**Tabla 5:** Especificaciones de entradas de control [15].

En la tabla 6 se aprecian los valores de voltaje de salida en los bloques de control.

## Salidas de control

Especificaciones		PowerFlex 523	PowerFlex 525
Relé:	Cantidad:	(1) formato C programable	(2) 1 formato A programable y 1 formato B programable
	Especificación	Clasificación resistiva: 3.0 A a 30 VCC, 3.0 A a 125 V, 3.0 A a 240 VCA Clasificación inductiva: 0.5 A a 30 VCC, 0.5 A a 125 V, 0.5 A a 240 VCA	
Optoacoplador:	Cantidad:	-	
	Especificación:	(2) programables	
		30 VCC, 50 mA no inductivas	
Analogico	Cantidad:	(1) no aislada, 0...10 V o 4...20 mA <sup>(1)</sup>	
	Especificación		
	Resolución:	10 bits	
	0...10 VCC analógicas:	1 k ohm mínimo	
	4...20 mA analógicas:	525 ohms máximo	

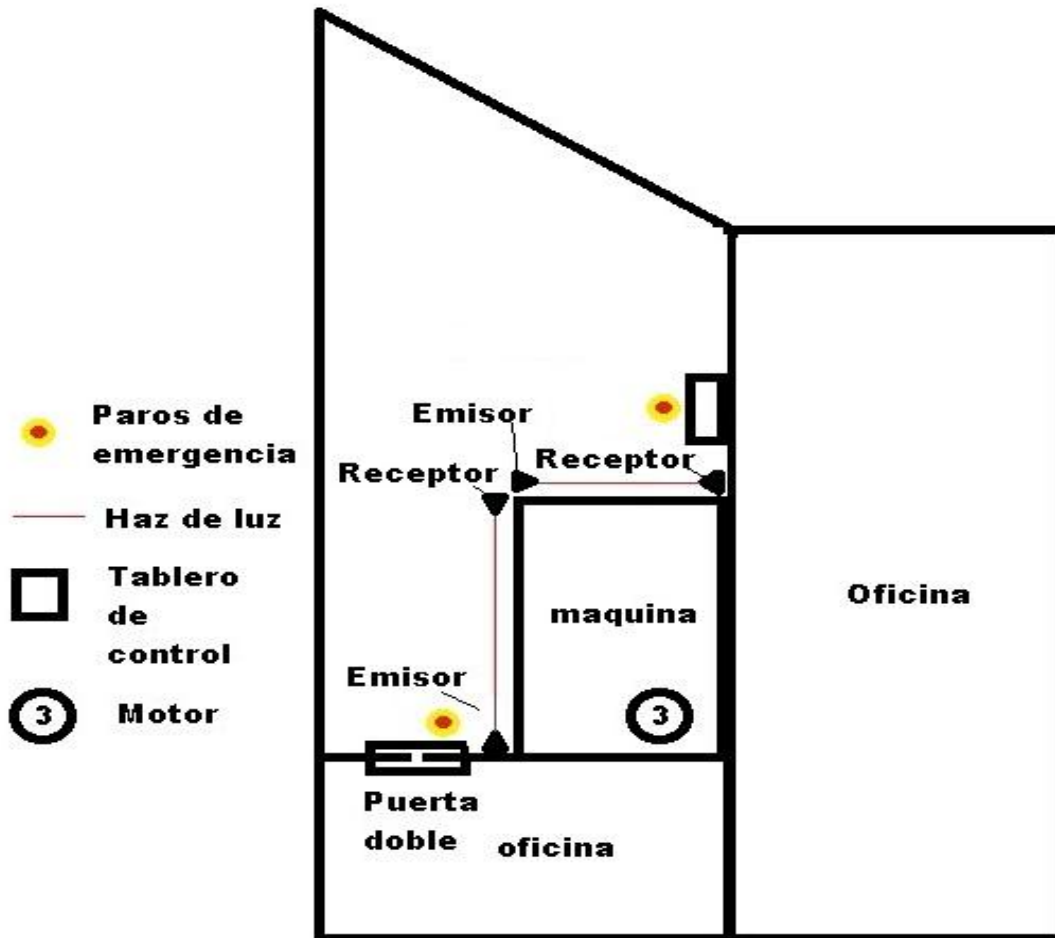
(1) La característica no es aplicable a los variadores PowerFlex 523 serie A.

**Tabla 6:** Especificaciones de salidas de control [15].

### **3.2.2 Diseño de seguridad.**

El diseño de seguridad se realizó mediante el análisis del área de trabajo del operario, las zonas de acceso, las distancias mínimas de seguridad para desarrollar su labor, así también, se decidió implementar dos paros de emergencia, que permitirán detener el sistema ante cualquier eventualidad de riesgo que se pueda presentar en el transcurso de las jornadas laborales diarias.

De esta manera, el análisis dio como mejor solución el uso de un sistema de cortinas de seguridad, permitiendo ocupar el mínimo espacio de montaje, en comparación con otros tipos de opciones. como lo sería una guarda fija o un dispositivo con sensor de apertura, que en cuyo caso le limitaría el espacio de movimiento al operario, situación no deseable por parte de la empresa. Además, es necesario proteger la cabina, siendo realizado este proceso con el uso de una barrera optoelectrónica para todas aquellas zonas cercanas al operario, ver figura 3-2.



**Figura 3-2:** Diseño de la solución (vista desde arriba). Fuente: autor.

Como se puede apreciar en la figura 3-2, con este diseño se protege todo el alrededor donde se encuentra la zona de peligro, garantizando que el usuario no pueda acceder a ella, y si lo hace por alguna situación no planeada el sistema se logre detener inmediatamente.

El sistema diseñado debe cumplir con ciertas especificaciones para lograr un correcto funcionamiento, una de estas funciones, es que el dispositivo debe tener doble canal de confirmación, esto quiere decir que una sola entrada de seguridad se compone de dos entradas digitales de 24vdc. Si alguna de las entradas no está activa, el sistema entra en falla.

Para poder verificar que el sistema cumple con el nivel de rendimiento o pl (performance level) el software **sistema**, evalúa los equipos que componen la solución y consulta el nivel de cumplimiento de los mismos en base a la norma 13849-1 seguridad de las maquinas. Principios generales. [17]. Para lograr realizar esta evaluación en **sistema** fue necesario realizar la arquitectura con el software safety automation builder, que permite simplificar diseños y realizar la validación del sistema de seguridad en maquinaria. Posterior a la realización de la arquitectura se realizó la exportación del diseño a **sistema**, y así obtener la categoría de la implementación [18].

En la figura 3-3 se puede apreciar el nivel de rendimiento que poseen las dos funciones de seguridad incorporadas al sistema, estas dos funciones son, la cortina de luz y las paradas de emergencia.

Funciones de seguridad contenidas			
SF	Nombre: SF-1: Cortina de luz		
	Requerido: PLr d	Encontrado: PL: e	PFHD [1/h]: 1,5E-8 Estado: verde
SF	Nombre: SF-2: Parada de emergencia.		
	Requerido: PLr d	Encontrado: PL: e	PFHD [1/h]: 9,7E-8 Estado: verde

**Figura 3-3:** nivel de rendimiento del sistema. Fuente: **sistema**.

Para cumplir con el requerimiento del cliente es necesario que el sistema posea certificación pl-d (performance level-d) como mínimo para lograr la aprobación, y la certificación en base a la norma ISO13849 de seguridad en maquinaria. En este caso, la certificación del diseño evaluado en los requerimientos de **sistema**, nos dice que cumple con un nivel de rendimiento tipo e, cuya categoría es la máxima que un sistema puede obtener siendo el pl-a las más baja calificación y pl-e la máxima.

### 3.2.3 Distribución del tablero eléctrico.

El diseño y construcción del tablero de control contiene todos los equipos y fungibles que requiere el sistema. Estos equipos fueron escogidos tomando en cuenta la

cantidad de entradas, salidas, y la posibilidad de que en un futuro la integración de otro tipo de equipo.

El listado de equipos y fungibles utilizados en el proyecto se pueden apreciar en la tabla 7.

<b>Tablero de control</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Referencia</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Descripción</b>
1	1	Lzmc1-a32	Q01	Interruptor magneto térmico automático de control de potencia (totalizador).
2	1	1606-xls120e	Ps1	Fuente de voltaje 24-48v dc en la salida, 120-240 VAC de alimentación.
3	1	Bloque de poder	Pb1	Borna de distribución de potencia.
4	1	1492-spm2c100	Q02	Interruptor de protección de 10 amperios.
5	1	1492-spm2c020.	Q03	Interruptor de protección de 2 amperios.
6	1	1492-spm2c040	Q04	Interruptor de protección de 2 amperios.
7	1	2080-lc10-12awa.	N/a	PLC de entradas a 120 VAC y 4 salidas por relé.
8	1	440c-cr30-22bbb.	Cr30.	Relé de seguridad configurable por software.
9	1	140m-c2e-c10.	Qf1.	Guarda motor 6.3-10 amperios
10	31	1492-ld3.	N/a	Borneras doble nivel tipo clan.
11	10	1492-eaj35	N/a	Frenos para riel din.

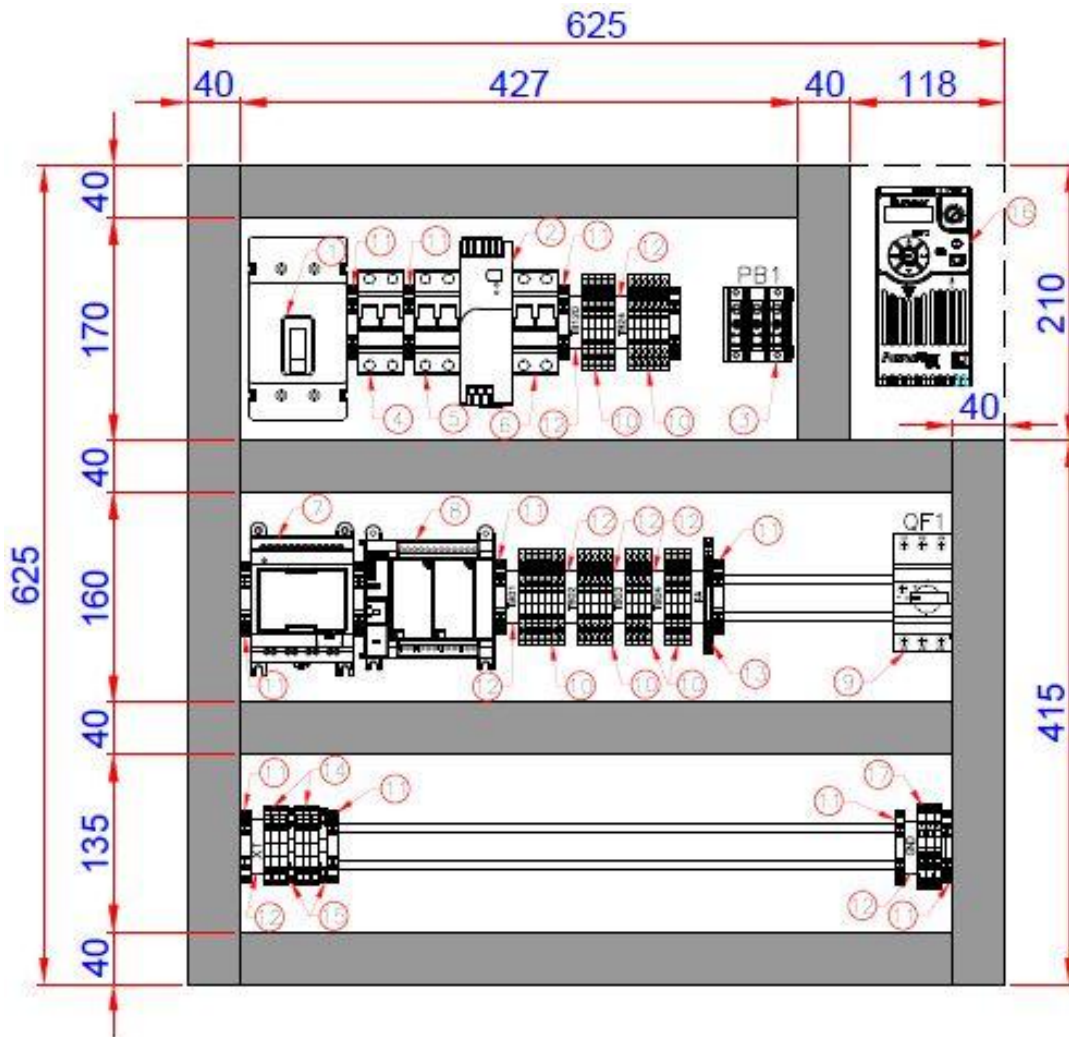


12	10	1492-gm35	N/a	Grupo de marcas para riel din.
13	1	700-hlt1u24.	Ka	Relé electromecánico de 24 voltios.
14	6	1492-j4	N/a	Borneras de un solo nivel para cable 22-10 AWG.
15	2	1492-jg4	N/a	Borneras de un solo nivel para conexión a tierra para cable 22-10 AWG.
16	1	25b-b011n104.	Vr1	Variador de velocidad con función de detención segura (safe off).
17	3	1492-lg4	GND	Borneras para conexión a tierra para cable 22-12 AWG

**Tabla 7:** Listado de equipos y fungibles del tablero de distribución. Fuente: autor.

Estos equipos fueron verificados y revisados uno por uno, teniendo atención especial de que las referencias citadas fueran idénticas en las etiquetas de cada uno de los equipos, esto se realiza con el fin de evitar alteraciones o daños en el funcionamiento del sistema, ya sea por alguna situación anormal de los equipos o referencias erróneas.

Estos equipos y su distribución espacial sobre el doble fondo en que se instalan se pueden apreciar en la figura 3-4, este plano funciona de guía para el montaje de los dispositivos.



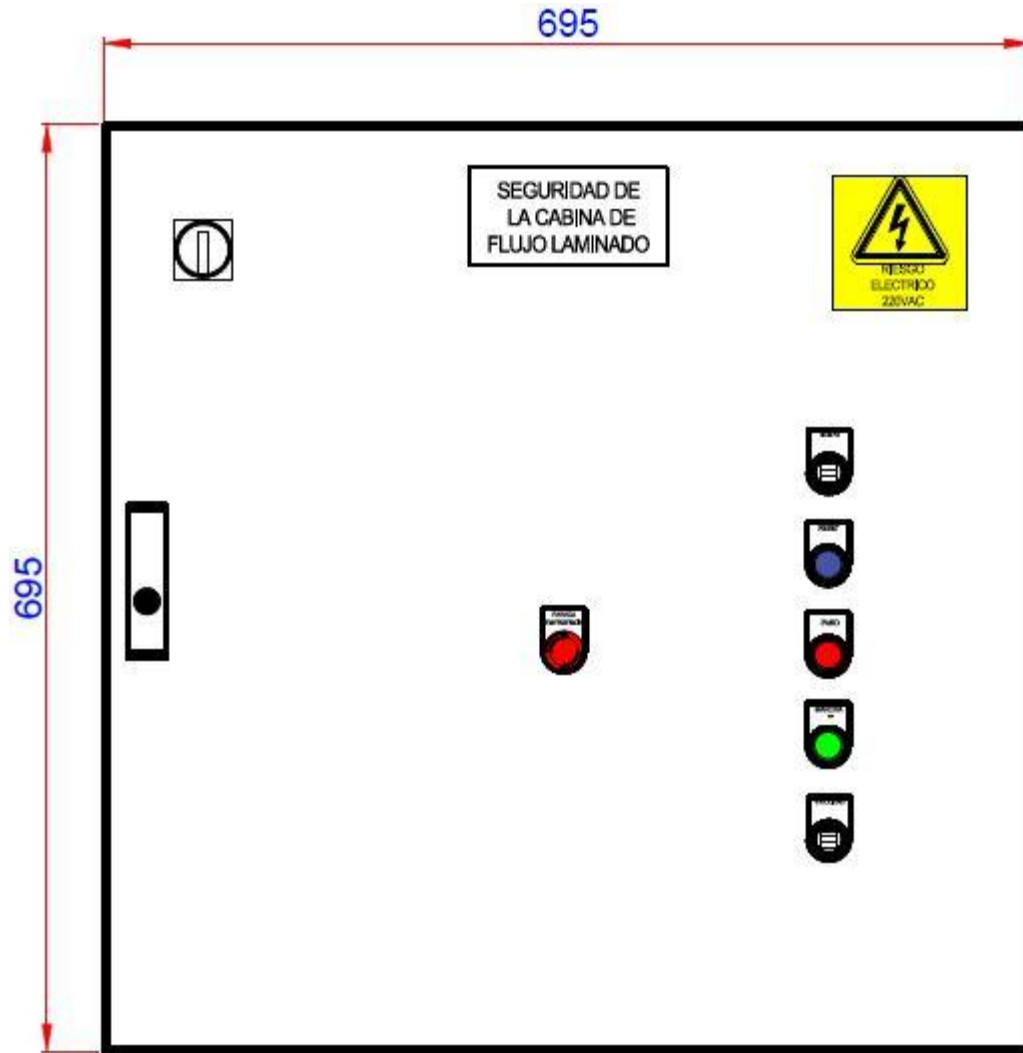
**Figura 3-4:** distribución de los equipos y fungibles.

### 3.2.4 Modificaciones realizadas al diseño y los planos eléctricos.

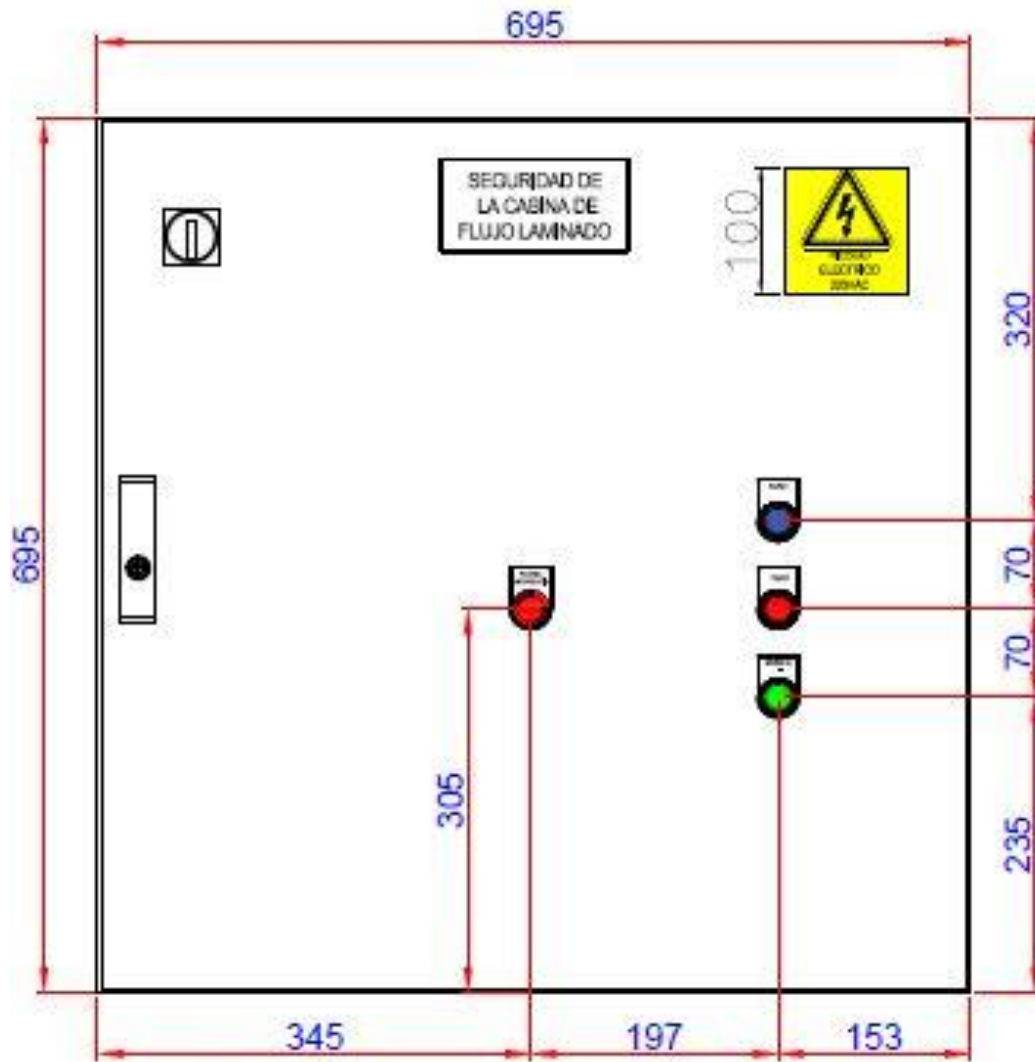
Debido a modificaciones solicitadas por el cliente, los planos eléctricos sufrieron modificaciones, en cuanto a la planificación original, estas anotaciones se corrigieron en el documento, resultando en una re edición del mismo, cuyo resultado se abordara a continuación junto con el porqué de los cambios.

- En el diseño original se planteó tener 3 pulsadores, botón de inicio, botón de detención o paro, el pulsador de Reset, y 2 selectores. Un selector de velocidad y otro de frecuencia. Luego el cliente solicito un tiempo y frecuencia contantes por lo que el diseño con los dos selectores fue modificado, y resultado

con 3 pulsadores únicamente. El resultado se puede apreciar en las siguientes figuras. Estas apreciaciones se pueden apreciar en la página 1 del plano de distribución:

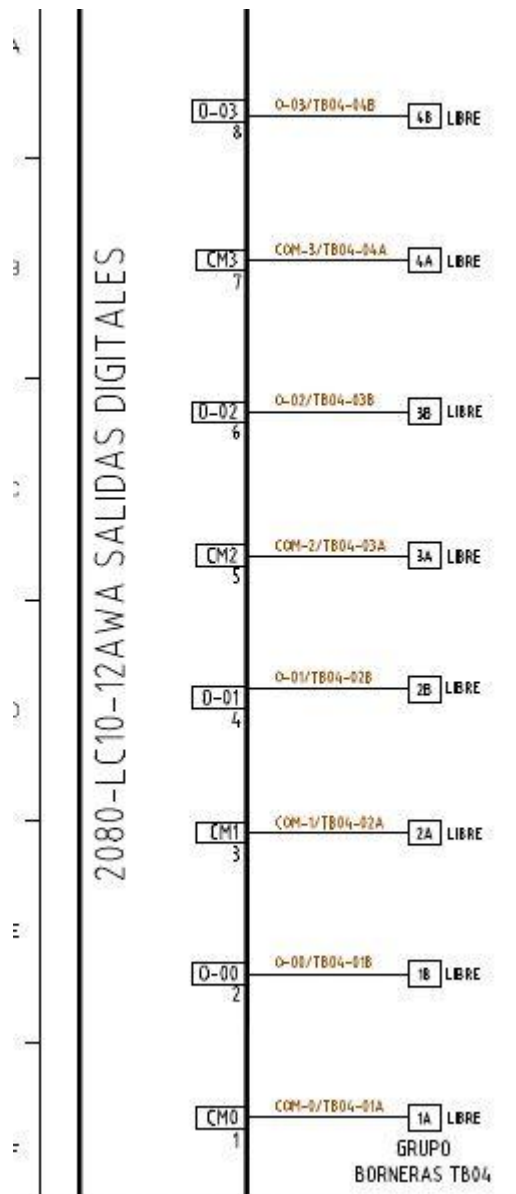


**Figura 3-5:** Diseño original del tablero eléctrico de control. Fuente: autor

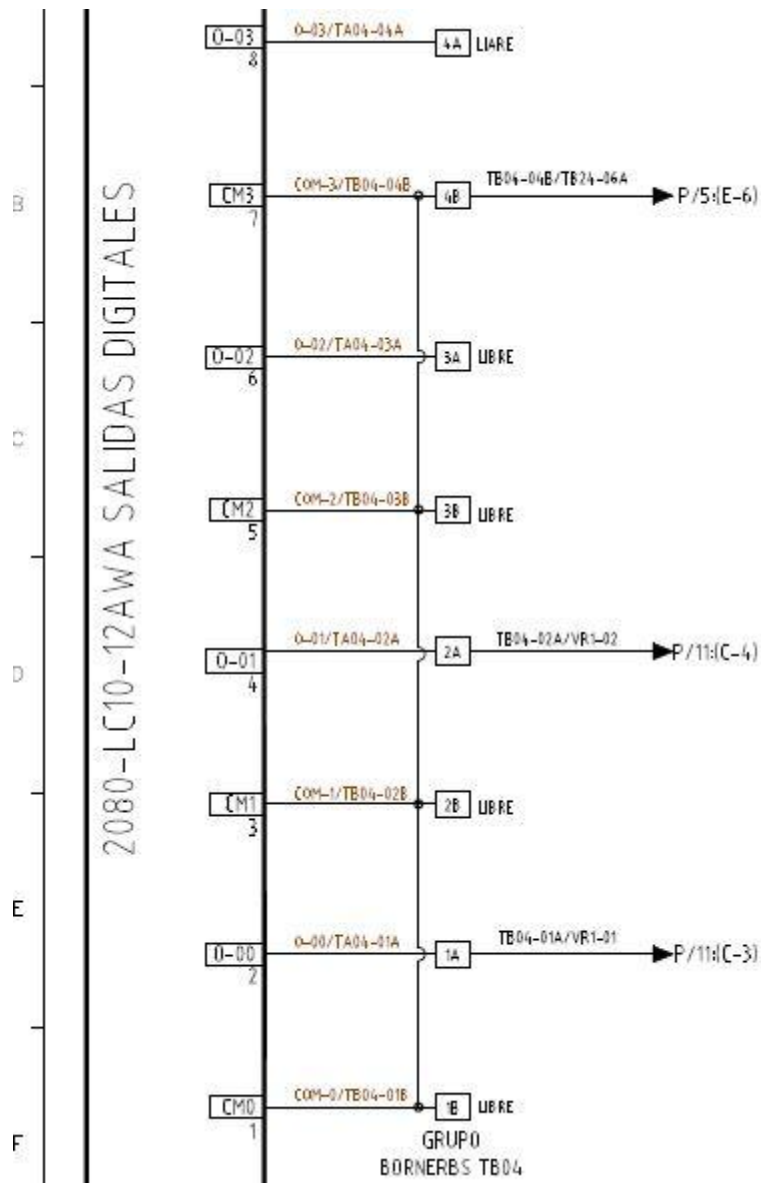


**Figura 3-6:** Diseño modificado y final del tablero eléctrico. Fuente: autor.

- Esta modificación se realizó puesto que no se encontraban debidamente puenteadas las borneras que suministran el voltaje común a las salidas. En la figura 3-7 se aprecia cómo se encontraba el dibujo y en la figura 3-8 se encuentra el bosquejo final. Estas anotaciones se encuentran en la página 10 del plano eléctrico.

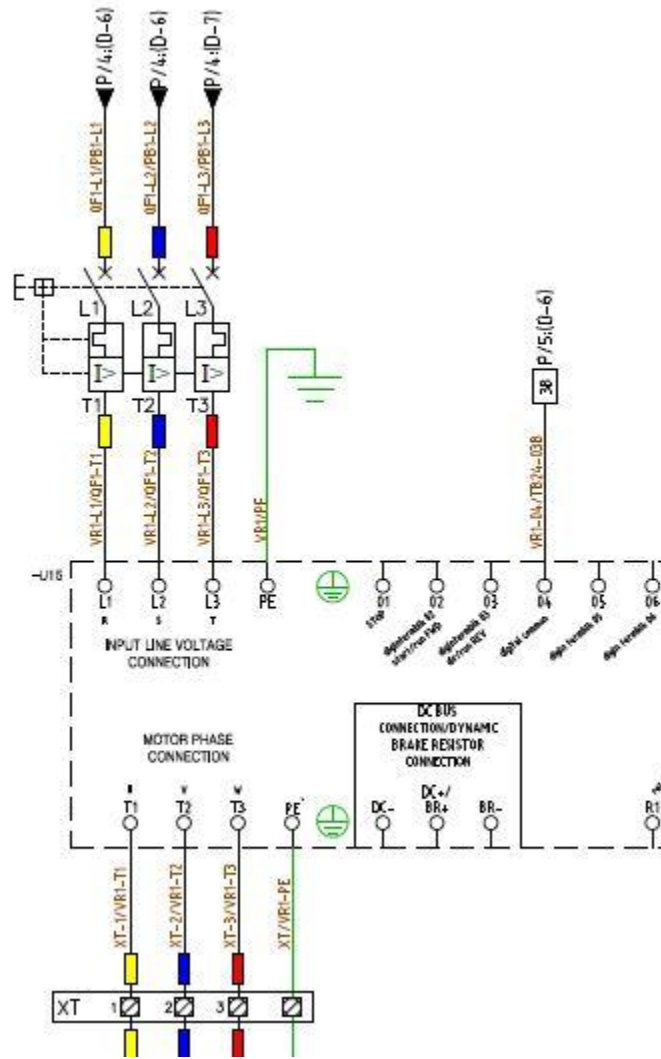


**Figura 3-7:** Borneras de distribución antes de modificaciones. Fuente: autor.

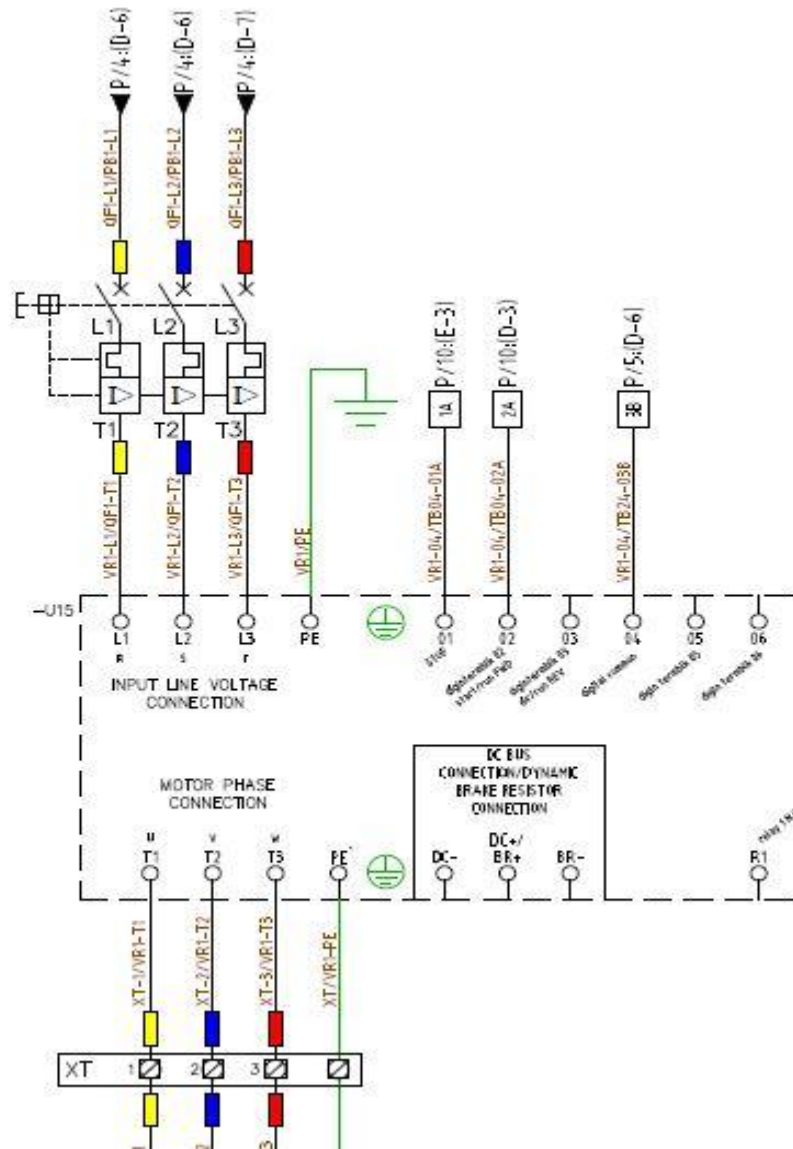


**Figura 3-8:** Borneras de distribución después de modificaciones. Fuente: autor.

- La siguiente modificación se realizó debido a que en el plano no existía la conexión para controlar el variador, esta anotación se puede apreciar en las siguientes imágenes, donde en la imagen 3-9 se aprecia el dibujo inicial, y en el 3-10 el dibujo final.



**Figura 3-9:** Conexión del variador en el plano antes de modificaciones. Fuente: autor.



**Figura 3-10:** Conexión del variador en el plano después de modificaciones.  
Fuente: autor.

Estas fueron las modificaciones realizadas al plano eléctrico de distribución, en base a las inconsistencias y/o falencias encontradas. Se encontraron otras falencias como etiquetas mal referenciadas o con escritura errónea que fueron corregidas en la versión final.



### **3.3 Construcción del tablero de control.**

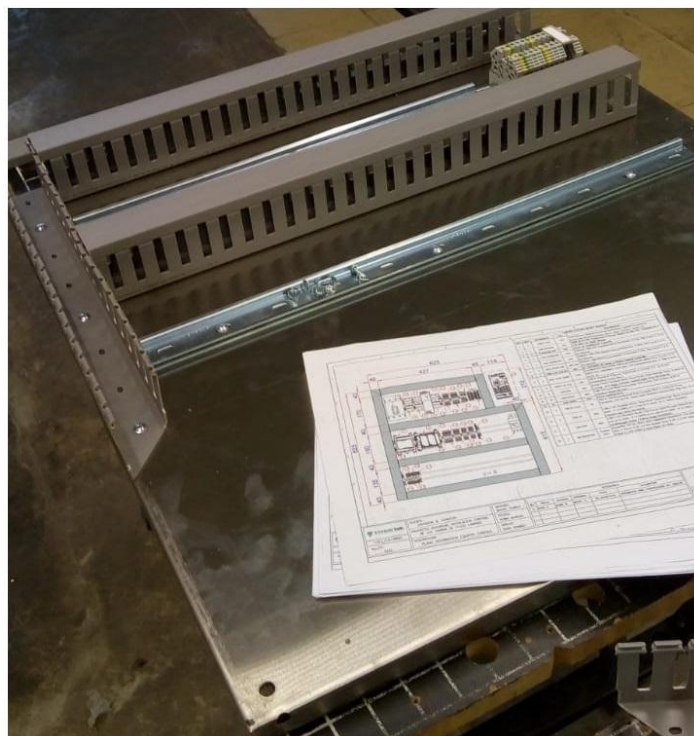
Se realizó el montaje del doble fondo empezando la instalación de las canaletas para cables, así como la instalación de los rieles din, cuya distribución espacial se obtiene del plano con el diseño previamente definido.

Se comenzó fijando las canaletas al doble fondo de material acero inoxidable, fue necesario realizar el montaje en este material debido a que la zona en la que se realizara la instalación requiere materiales que eviten la generación de oxidación o suciedad de cualquier tipo.

Para realizar perforaciones en acero inoxidable es necesario con un puntero, hacer una pequeña muesca que permita guiar o fijar la broca en su sitio sin que esta misma pueda deslizarse y/o perder el centro.

Luego de realizar la perforación se fija la canaleta con tornillos auto perforantes, que generan una rosca en la lámina y ajustan por medio de la torsión las dos piezas. Para facilitar la fijación de todas las canaletas se utilizó un taladro con una punta estría, realizando el ajuste de todos los tornillos en menos tiempo y con menos fuerza. Luego de instalar las canaletas, se procedió a instalar el riel din, en base a los planos, cuyo proceso de fijación es exactamente igual al anterior.

En la figura 3-11 se puede apreciar el proceso de instalación junto a la distribución en el plano.



**Figura 3-11:** Doble fondo con canaletas y riel din. Fuente: autor.

Al finalizar esta labor, se inició con la ubicación de los equipos en el riel, estos equipos están diseñados para instalarse sobre este sin el riesgo de que se caigan. Solo se pueden retirar del riel haciendo uso de un destornillador, garantizando que el equipo no se caerá de su lugar de manera repentina.

La instalación de los equipos inicio con el PLC micro 810, y con el relé de seguridad configurable por software, cuyas entradas y salidas se deben cablear hasta borneras de referencias 1492-Id3 que se pueden apreciar en la figura 3-12, estas bornas son de doble nivel donde se utilizara el canal de arriba para conectar las salidas y/o entradas del PLC y el nivel inferior para distribuir voltajes según sea el caso.



**Figura 3-12:** Borneras de doble nivel tipo clan [19].

Estas borneras se organizaran en grupos, de diferentes cantidades dependiendo de la necesidad del cliente, y de las salidas, entradas o canales que los equipos requieran, en la tabla 7 se puede apreciar los grupos de borneas con sus diferentes cantidades.

<b>Grupos de borneras</b>			
<b>Etiqueta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modulo</b>	<b>Descripción</b>
Tb110	5 unidades.	N/a	Grupo de distribución de voltaje de 110 VAC, protegido por un interruptor de 10 amperios.
Tb24	6 unidades.	Fuente de 24-48vdc.	Grupo de distribución de voltaje de 24 VDC, protegido por un interruptor de 4 amperios.

Tb01	6 unidades.	Relé de seguridad.	Grupo de distribución de los canales del pin 00 al 11, estos contienen entradas y salidas del relé.
Tb02	5 unidades.	Relé de seguridad.	Grupo de distribución de los canales del pin 12 al 20 del relé de seguridad.
Tb03	4 unidades.	PLC	Recibe la distribución de las entradas del PLC de la entrada i-00 hasta la i-07.
Tb04	4 unidades.	PLC	Recibe la distribución de las salidas por relé del PLC, 4 salidas por relé.

**Tabla 8:** grupos de borneras. Fuente: autor.

Estos grupos se identifican por medio de un fungible conocido como grupo de marcaje o marking group, sobre el cual se pone una etiqueta realizada en una impresora especial conocida como panduit, estas etiquetas están hechas específicamente para aplicaciones sobre cables o equipos electrónicos, lo que la hace ideal para estas labores. La impresora se puede apreciar en la figura 3-13.



**Figura 3-13:** impresora panther ls8e [20].

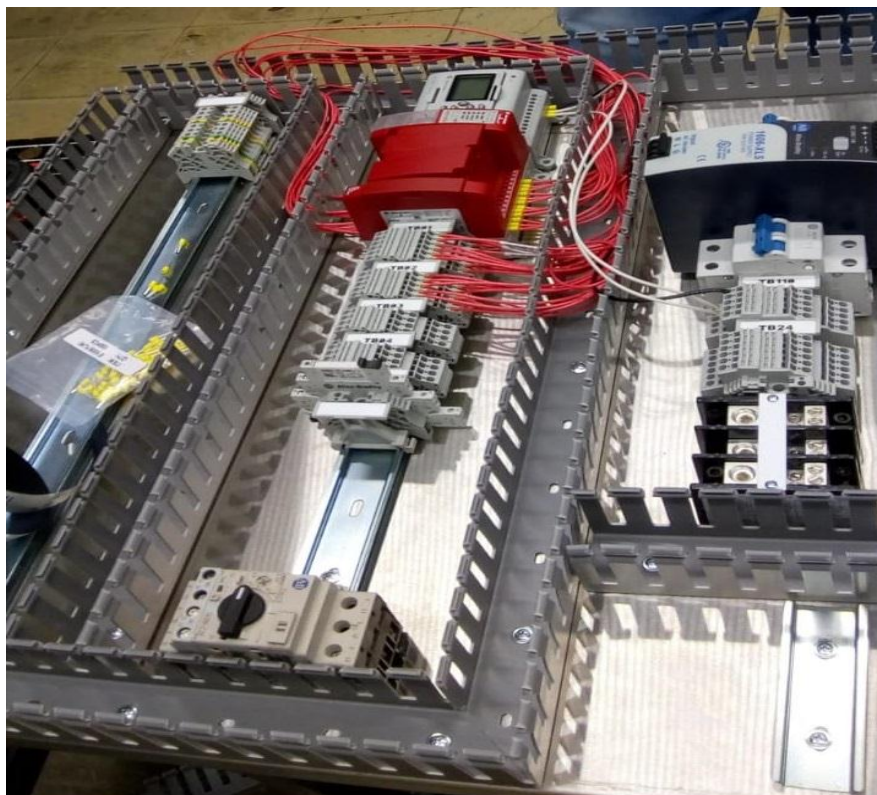
Al realizar la identificación de grupos de borneras e instalar los equipos, el paso siguiente fue realizar el cableado del módulo, tanto del relé de seguridad como del PLC, utilizando cable numero 18 AWG, tomando en cuenta las consideraciones, en las que si se utilizan módulos de seguridad, todas sus conexiones, sean de canales de entrada o salidas utilizaran color rojo para el cable, únicamente cambiando el color en sus fases de alimentación.

En la figura 3-14, se puede apreciar el color de los cables dependiendo del voltaje que conducen. Estos colores se basan en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE [21]

ALIMENTACION A 120VAC	ALIMENTACION A 24VDC
<u>NEGRO</u> (FASE) LINEA A 120VAC	<u>ROJO</u> POSITIVO LINEA A (+)24DC
<u>BLANCO</u> (NEUTRO) LINEA A 120VAC	<u>AZUL</u> NEGATIVO LINEA A (-)24DC
	<u>VERDE</u> LINEA A TIERRA

**Figura 3-14:** Código de colores en base al RETIE.

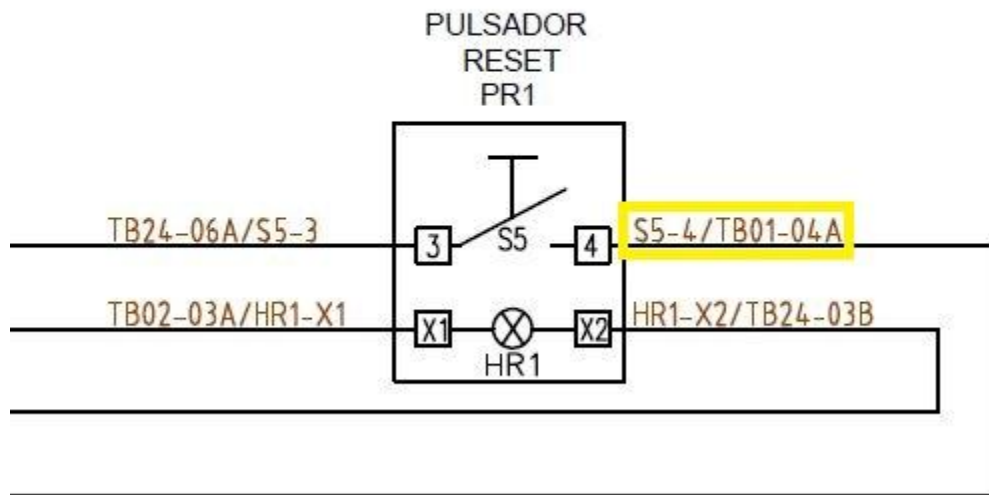
Teniendo en cuenta el código de colores que suministra el reglamento, se inició con el cableado de los equipos al grupo de borneras respectivo, donde para realizar un correcto contacto entre el equipo y el cable, se hace uso de un terminal tipo aguja, con el que es posible dejar todos los filamentos en un solo grupo, en la imagen 3-15 se aprecia la conexión realizada.



**Figura 3-15:** Cableado de los equipos en base a norma. Fuente: autor.

Al terminar el cableado del módulo, se inició con la marcación o marquillaje de los cables de conexión donde se utiliza un sistema de marcas de origen-destino, esto permite verificar a la persona que revise el tablero, identificar con ayuda del plano, de donde proviene un cierto cable cuando se presenta alguna falla, o se necesite algún cambio.

El marquillaje inicia reconociendo en el plano el cable que se va a abordar, en la figura 3-16, se aprecia el plano y el cable en cuestión.



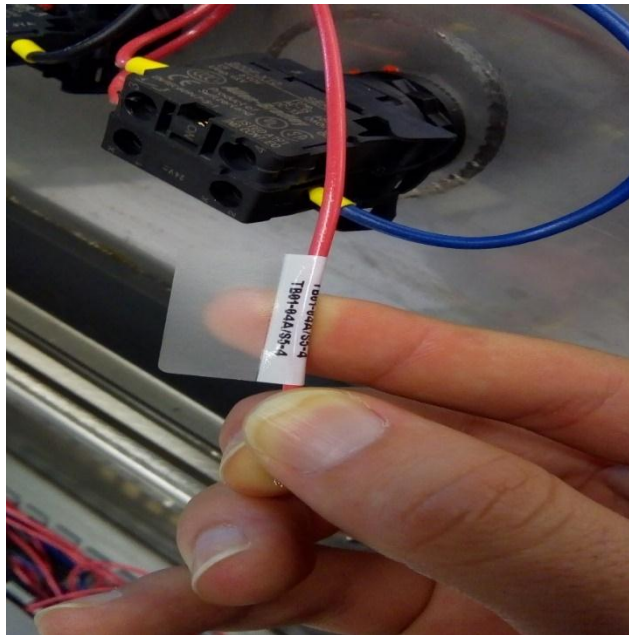
**Figura 3-16:** Identificación en plano de marquillas. Fuente: autor.

Como se puede observar en la imagen, muestran el sistema de origen-destino. Cabe aclarar que estas etiquetas se deben leer todas desde un mismo punto, esto quiere decir que deben conservar un sentido de lectura al estar instaladas, facilitando la labor de la persona que requiera modificar el sistema.

Al tener clara la marquilla se procede a realizar la impresión de la misma, haciendo uso de la marquilladora panther ls8eq, para el tipo de cable 18 AWG, se utiliza un tamaño de fuente.

Al tener ya la etiqueta se realizó el marquillado del cable, teniendo especial cuidado de que no se presenten arrugas o bordes que no se fijen, ya que esta situación genera que no se pueda apreciar de la mejor manera la marca realizada, si por alguna circunstancia sucede esto, se debe retirar y volverla a hacer.

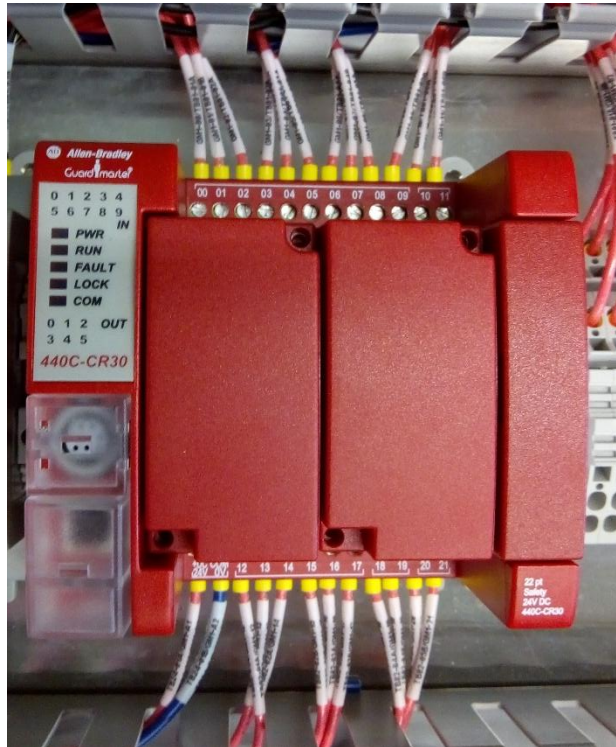
En la figura 3-17 se aprecia el proceso realizado de la puesta de la etiqueta.



**Figura 3-17:** Instalación de marquillas. Fuente: autor.

En la figura 3-18 se logra apreciar el maquillado final del rele de seguridad implementado en el proyecto.





**Figura 3-18:** Conexión y marquillado del relé de seguridad. Fuente: autor.

Este proceso fue replicado con todos los cables instalados, en el relé de seguridad.

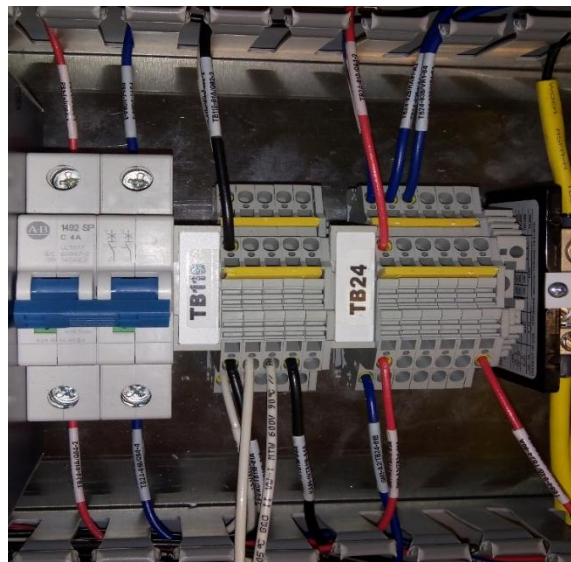
El proceso de cableado continuó con la fuente de 24 VDC, el PLC micro 810 y la distribución en los grupos de borneras, así como sus respectivas marquillas.

El resultado del cableado de la fuente así como de los disyuntores principales del sistema se puede apreciar en la figura 3-19.



**Figura 3-19:** Conexión y marquillado de la fuente de voltaje. Fuente: Autor.

La conexión y el marquillado de los grupos de borneras de voltaje 110 VAC y 24 VDC se aprecian en la figura 3-20.



**Figura 3-20:** Conexión y marquillado de grupos de borneras. Fuente: Autor.

La conexión y marquillado del PLC micro 810 se pueden apreciar en la figura 3-21.



**Figura 3-21:** Conexión y marquillado del micro 810. Fuente: autor.

La instalación de los equipos continuo con la instalación del variador de velocidad, esta tarea requiere de una sección aparte debido a que su instalación difiere con la de los demás equipos, ya que obtiene la energía directamente de las fases de alimentación de 220 VAC, el cable utilizado para el variador, debido a la potencia que manejan es de 10awg, y el maquillaje de estos cables se realiza con cinta termo encogible de 3 colores diferentes, que según RETIE son:

Fase1: amarilla.

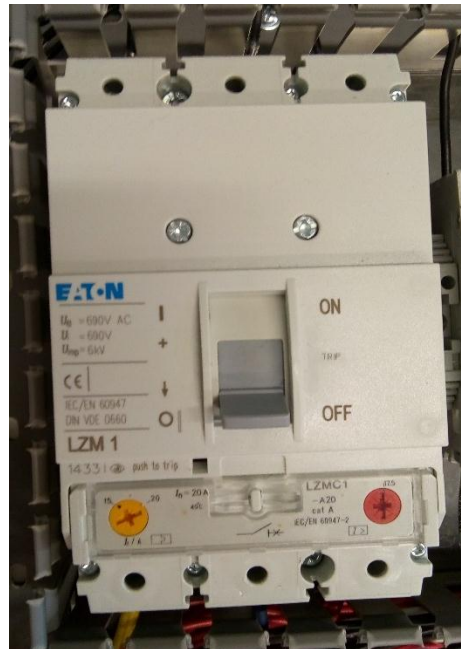
Fase 2: azul.

Fase 3: roja.

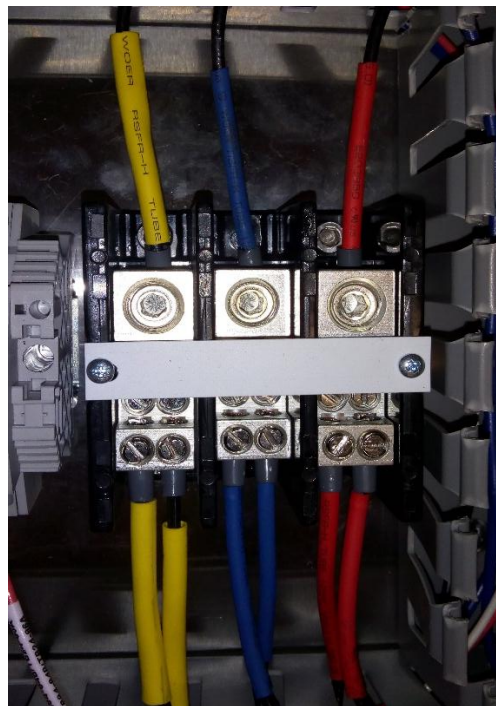
Esta es la identificación utilizada para voltajes de 220 VAC.

Para distribuir las fases de 220vac se conectó el totalizador, quien recibe la alimentación principal, suministrada por el cliente, al power block o bloque de poder, de este bloque se reparten las fases a los equipos que se requieran, en esta

aplicación se suministra voltaje tanto para el PLC, como para el variador y este a su vez lo envía al motor. En la figura 3-22 se puede apreciar la conexión del totalizador.



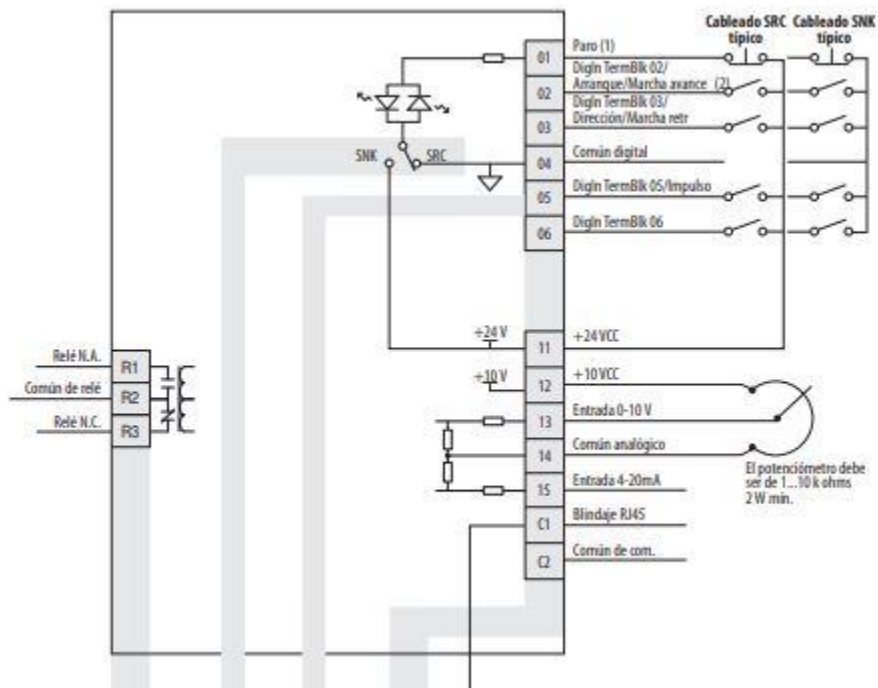
**Figura 3-22:** Conexión y marcado del totalizador. Fuente: autor.



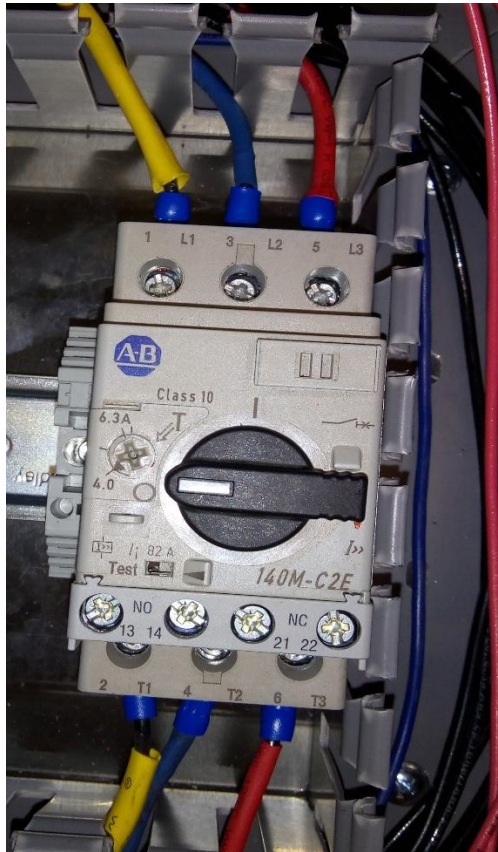
**Figura 3-23:** Conexión e identificación del power block. Fuente: autor.

Como se puede apreciar en la figura 3-23, los cables tienen unas cintas de colores diferentes, lo que permite identificar con una sola vista que el voltaje que conducen es de 220VAC, estas cintas se ajustaron con una pistola de calor, lo que ocasiona que la cinta se contraiga y se fijen al cable.

Las conexiones salientes, se conectaron a los interruptores de protección de cada equipo, y de estos a los dispositivos que requieren alimentación. El guarda motor, es conectado antes del variador con el fin de proteger los dos equipos, la conexión se puede apreciar en la figura 3-25, a continuación del guarda motor se conecta el variador y del variador a las borneras donde llega el motor, estas conexiones se aprecian en las figuras 3-26 y 3-27 respectivamente. El variador se conectó según lo especificado en el manual, según la necesidad de la aplicación se cambian los parámetros del variador, según como se apreciará en el apartado para el software. La conexión realizada según el manual se aprecia en la figura 3-24.



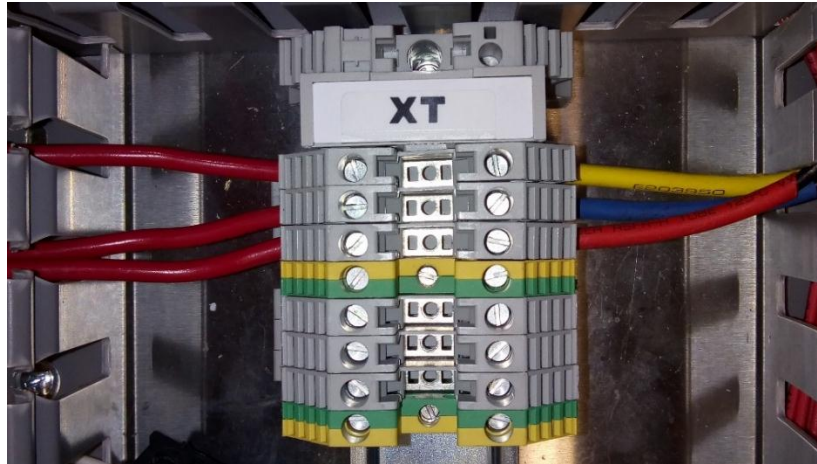
**Figura 3-24:** Conexión de las entradas y salidas, según manual.



**Figura 3-25:** Conexión e identificación del guarda motor. Fuente: autor.



**Figura 3-26:** Conexión e identificación del variador. Fuente: autor.



**Figura 3-27:** Conexión e identificación de las borneras del motor. Fuente: autor.  
Por último, se realiza la construcción de las tapas de las canaletas, en base al plano, y se instalan, dejando el sistema listo para las pruebas FAT.

### 3.4 Instalación de conductos en planta.

Los montajes eléctricos requieren la instalación de tuberías o conductos, con el fin de cumplir con los estándares necesarios, para esto se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones.

- El lugar en que se encuentra, si está a la intemperie o interiores.
- El tipo de aplicación, control, potencia o comunicación.
- Si los conductos están expuestos a humedad golpes u otro tipo de daño físico.

Todas estas especificaciones se ajustan a la norma técnica colombiana ntc [22], quien dictamina las normas de instalaciones eléctricas ante diferentes ambientes y materiales que pueden requerir distribución de electricidad con diferentes magnitudes, en ambientes o materiales como por ejemplo: madera, concreto, yesos, subterráneas entre otros.

En esta aplicación fue seleccionada la tubería galvanizada tipo imc, fabricada en acero inoxidable, recubierta con una capa de zinc de  $20\mu m$ , utilizada en instalaciones industriales y/o ambientes corrosivos [23].

Para esta aplicación se realizaron tres (3) tramos diferentes de tuberías, haciendo uso de los siguientes materiales:

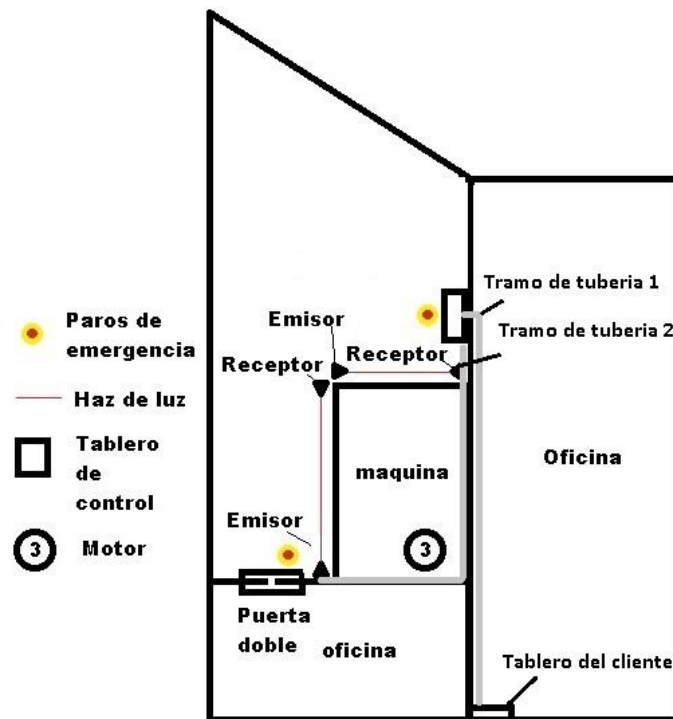
<b>Materiales para instalación de tubería.</b>		
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Tubo imc	10 metros	Tubo galvanizado con capa de $20\mu m$ .
Conduleta lb.	2 unidades.	Conduleta de aluminio de $\frac{1}{2}$ " (pulgada).
Conduleta t.	3 unidades.	Conduleta tipo t en aluminio.
Curvas a $90^\circ$ .	4 unidades.	Curvas en acero galvanizado roscadas.



Coraza de ½ ”.	3 metros.	Coraza de ½ ” en acero galvanizado recubierta en material pvc:
Conectores rectos.	8 unidades	Conectores rectos de ½” para coraza.
Riel chanel.	2 metros.	Riel que permite sujetar las tuberías a las paredes.

**Tabla 9:** Materiales para instalación de tubería. Fuente: autor.

Los tramos realizados se pueden apreciar en la figura 3-26. La alimentación principal se obtiene de un tablero eléctrico ubicado en una oficina aledaña a la cabida de flujo laminado, en la figura se aprecia como la oficina más grande en el plano, y el tablero del cliente.



**Figura 3-28:** Tramos de tubería. Fuente: autor.

El cliente solicitó que la tubería galvanizada, fuera pintada de color blanco. Es por esto que en las figuras de las instalaciones se aprecian de color blanco.

La instalación se inició con el tramo más largo y más importante para la aplicación en la figura 3-25 se identifica como tramo de tubería número 1, para ello fue necesario instalar rieles chanel perforando el súper board. Con chazos mariposa y tornillos, se ajustaron a la pared. Al tener instalados los rieles se ubicó el tramo del tubo y con sus roscas y conectores ubicados previamente.

Para realizar la rosca en tubos galvanizados, es necesario el uso de una herramienta llamada tarraja, esta devasta el tubo hasta dejar una rosca la cual permite instalar y ajustar las condeletas y los conectores, y así poder instalar los demás tramos de tubería.

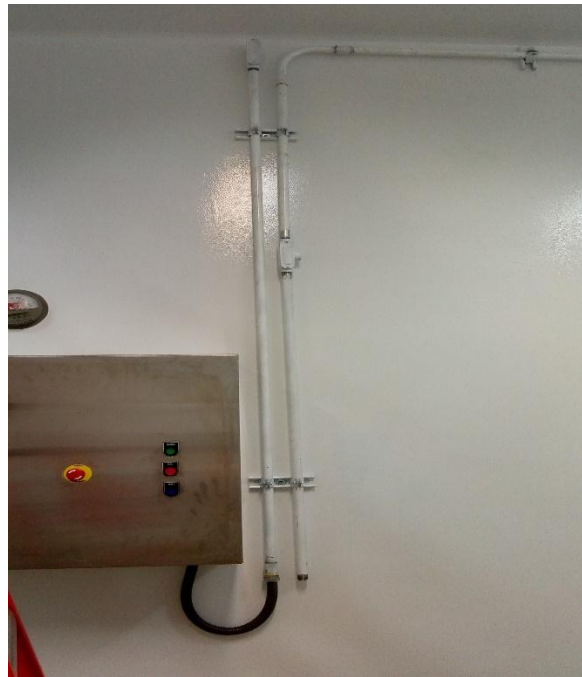
En la figura 3-27 se aprecian los resultados de la instalación del tramo 1 realizada por el personal eléctrico de Treetek.



**Figura 3-29:** Instalación del tramo 1 de tubería. Fuente: autor.

El procedimiento para el tramo 2 fue muy similar con la excepción de que se adicionaron conduletas tipo t para realizar la bifurcación del cable de las cortinas optoelectrónicas.

En la figura siguiente se aprecia el resultado de la instalación del tramo número dos.



**Figura 3-30:** Instalación del tramo dos de tubería. Fuente: autor.

La última parte de la instalación corresponde al sondeo y conexión de cables de alimentación, conexión del motor y de elementos de seguridad.

Estas actividades se realizaron utilizando una sonda la cual pasa de un extremo a otro de la tubería, luego de que la sonda pasa completamente el tramo, se le sujetan los cables que se necesitan con cinta aislante, y se comienza a devolver la sonda poco a poco hasta que atraviesen todos los cables.

Finalmente se instalaron las bases de las cortinas sobre el piso, estas bases fueron realizadas en acero inoxidable debido a las condiciones especiales de aseo que

requiere el área de la cabina. Luego de realizada la instalación de las bases se realizó la conexión de las cortinas dando fin a la instalación del sistema.

En las siguientes figuras se aprecia el resultado de la instalación del proyecto.



**Figura 3-31:** Base en acero inoxidable, cortina y paro de emergencia. Fuente: autor.



**Figura 3-32:** Base central, con emisor y receptor. Fuente: autor.



**Figura 3-33:** Base central, tablero de control y base lateral. Fuente: autor.

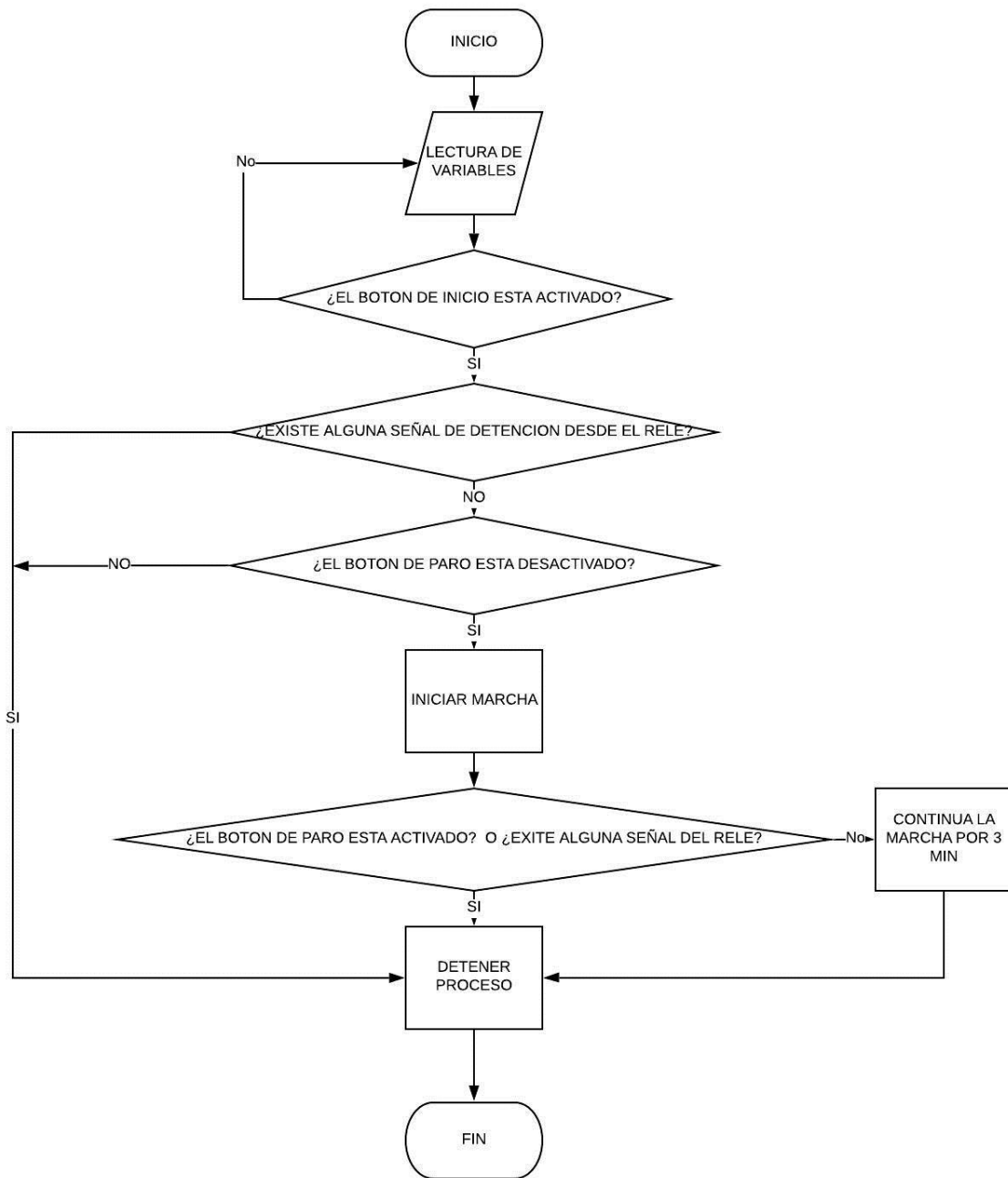


**Figura 3-34:** Vista lateral del sistema. Fuente: autor.

### **3.5 Software y parametrización.**

Connected components workbench permite realizar configuraciones y programaciones a equipos de la marca Allen-Bradley, como: variadores, PLC de gama baja, relés configurables, entre otros equipos. De esta manera, el equipo usado, el micro 810 se programa por medio de este software, realizando este proceso con 3 posibles diferentes lenguajes: diagramas de bloques funcionales (fbd), lenguaje de diagramas de contactos (ld) y lista de instrucciones (il). Debido a la familiaridad y el conocimiento con el que se contaba, la aplicación del mezclador se realizó en lenguaje de contactos eléctricos (ld).

En la figura 3-35 se aprecia el diagrama de flujo, que permite entender la lógica implementada en el sistema del mezclador. Por medio de este grafico se puede comprender la forma en la que se ejecuta la programación de este tipo de sistemas, sin la necesidad de entrar al detalle de cómo se realiza en un lenguaje de programación, que requiere un nivel de entendimiento un mayor.

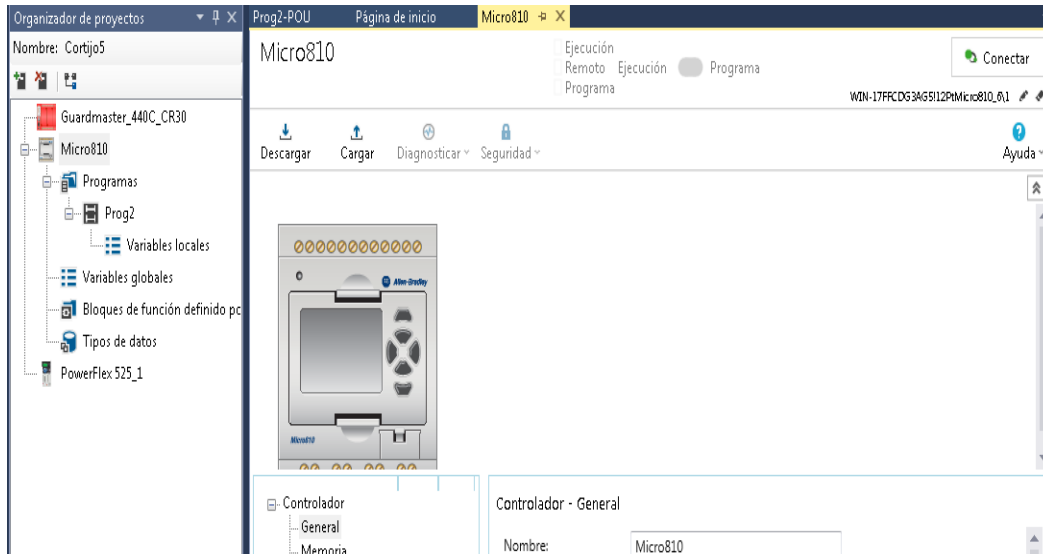


**Figura 3-35:** Diagrama de flujo del proyecto. Fuente: autor.

Luego de realizada la lógica, se continuo con la programación del PLC, agregándolo al proyecto del software worckbench, la elección se realiza, utilizando la referencia

cat que trae el equipo. Se agregó al proyecto la pantalla LCD como un dispositivo adicional que posee su propia referencia.

En la figura 3-36 se puede apreciar el PLC agregado al software.



**Figura 3-36:** PLC micro 810 agregado al software de programación. Fuente: autor.

Luego de realizada la integración del PLC al árbol del proyecto, se continuo con la creación y asignación de marcas y/o variables al sistema, las variables creadas para la aplicación, se pueden apreciar en la tabla 10.

Nombre.	Tipo.	Alias.
_io_em_di_00	Bool	Boton_inicio.
_io_em_di_01	Bool	Boton_paro.
_io_em_di_02	Bool	Relé.
_io_em_do_00	Bool	Paro_vr1.
_io_em_do_00	Bool	Marcha_vr1.
Detener	Bool	Detener_marcha.
Iniciar	Bool	Iniciar_marcha.
Timer	Time	Temporizador.

**Tabla 10:** variables utilizadas en el sistema. Fuente: autor.



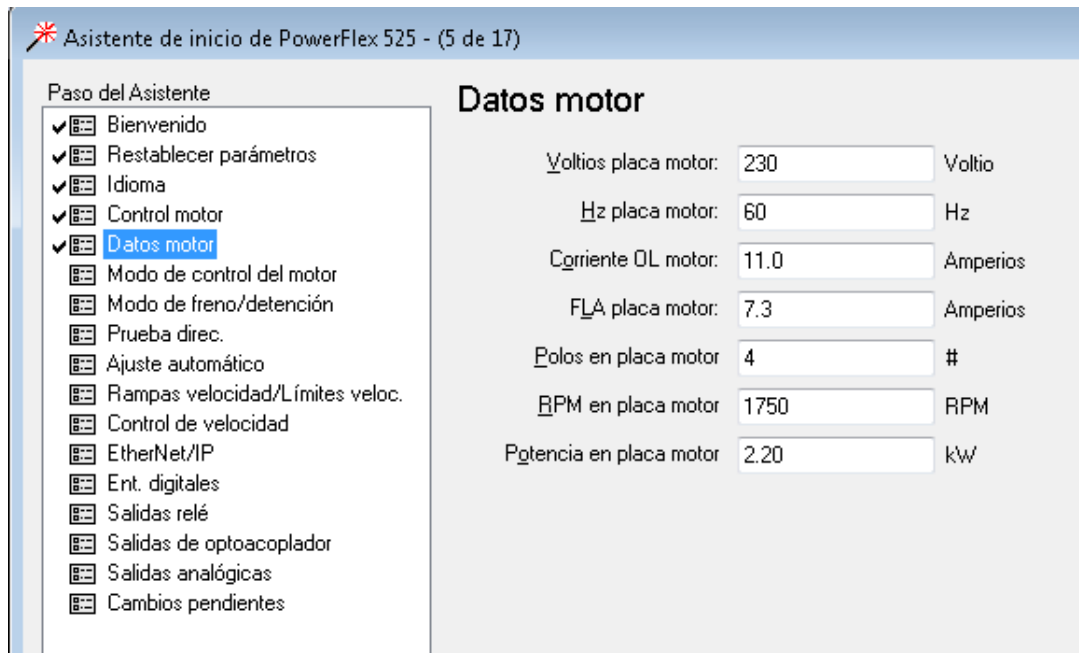
Luego de realizada la creación y asignación de las variables, se realizó la lógica de acuerdo a la figura 3-35, donde se culminó con el algoritmo de control, del mezclador.

La parametrización del variador se realizó usando el mismo software utilizado para la programación del PLC, facilitando así la integración de todo el proyecto en un sistema, sin la necesidad de migrar de uno a otro, ocasionado así pérdidas de tiempo.

El variador posibilita la comunicación con el pc, por medios como: USB y Ethernet, siendo utilizado para este sistema el protocolo Ethernet debido a que se realiza de una manera más fácil que con el puerto USB, ya que para acceder al puerto, se requiere el desensamble de la capa de control de la de potencia, transformando así de una manera tediosa la labor de parametrización.

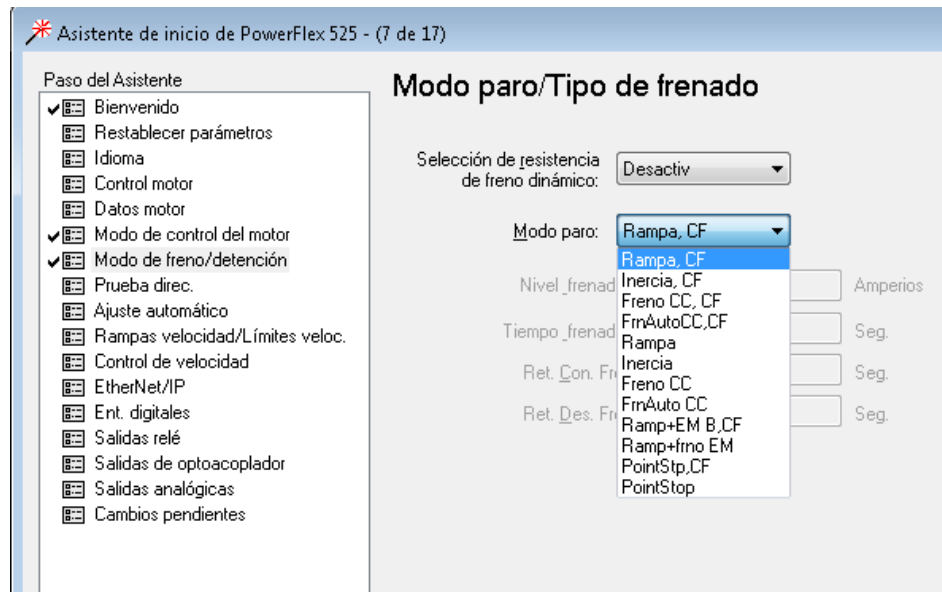
Otra razón para utilizar este protocolo es que para poder utilizar el asistente que ayuda a realizar la puesta en marcha del variador, este debe estar en línea con el software, y esto solo es posible por el puerto Ethernet.

Se realizó la fijación de los parámetros iniciando con pasos muy intuitivos, como el idioma, el voltaje requerido a la salida del variador, así como los valores encontrados en la placa del motor. En la figura 3-37 se puede apreciar este paso.



**Figura 3-37:** parametrización de los datos en base a la placa del motor. Fuente: autor.

Se seleccionó la forma en la que se espera detener el motor donde se encuentran varias opciones, ilustradas en la figuras 3-38, de todas estas opciones se seleccionó rampa, CF esto a raíz de que la rampa permite desacelerar el motor poco a poco y no ocasionar algún daño al motor o a lo que se encuentra acoplado, si existe una parada intempestiva.



**Figura 3-38:** Tipos de frenado en los parámetros. Fuente: autor.

Luego de que se configuran estos parámetros de control del motor se continuó con las pruebas de dirección del motor, donde se comprobó la conexión realizada de las fases donde se verifico el sentido de giro que se necesita para la aplicación.

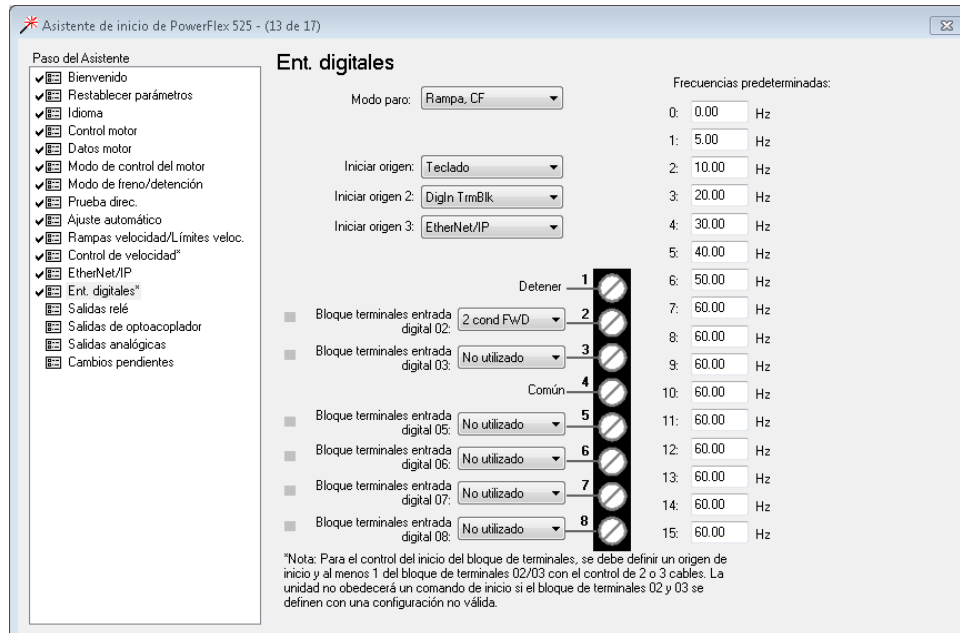
Posteriormente en el ajuste automático, se realizaron unas pruebas de arranque, velocidad y tipo de frenado, terminando así la parte de parametrización del control.

El control de velocidad es el siguiente paso que se configuro. El asistente de configuración permite realizar el ajuste de velocidad con 3 diferentes referencias, para este caso en particular se escogió como referencia la frecuencia de teclado del variador, ya que no se puede seleccionar por medio del protocolo Ethernet, debido a la inexistencia de una red.

El siguiente paso fue realizar la configuración de las entradas digitales que se utilizaron como control del arranque y paro del motor, para esto se utilizan dos terminales. Según la configuración que suministra el manual se requiere seleccionar en los terminales a utilizar el parámetro 2 cond fwd, que significa un control a dos hilos, permitiendo así controlar el arranque y el paro por estos pines, a excepción de la velocidad que fue parametrizada en el paso anterior.

Todos aquellos terminales que no se usaran en la aplicación se seleccionan como **no utilizados**, ya que al dejarlos con otro parámetro el sistema entra en conflicto ya que espera una señal que nunca se conectara.

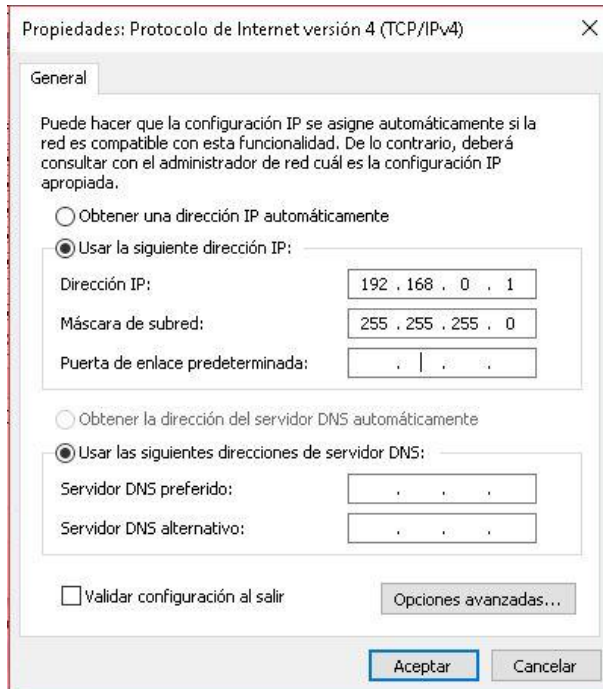
En la figura 3-39 se aprecia la configuración de los terminales de salida digitales.



**Figura 3-39:** configuración de las entradas de control. Fuente: autor.

Los siguientes parámetros, como la salida relé, las salidas de opto acoplador y salidas analógicas no fueron utilizados en esta aplicación, por lo que no se trataran en este apartado, solo fueron dejadas con su configuración de fábrica.

Por último se transfieren las configuraciones desde el pc al variador, configurando la red Ethernet ajustando la dirección IP del variador y de pc así como la máscara de subred como se aprecia en la siguiente figura.



**Figura 3-40:** Configuración de la dirección IP del pc. Fuente: autor.

La configuración del variador se realizó por medio del teclado del mismo, haciendo uso de nueve parámetros especiales que suministra el fabricante que permiten ajustar la dirección IP y la máscara de subred.

Los parámetros que fueron utilizados para esta configuración se aprecian en la figura 3-41 para la dirección IP y la máscara de subred en la figura 3-42.

<b>C128 [Sol Dir EN]</b>	Parámetros relacionados: <a href="#">C129-C132</a> , <a href="#">C133-C136</a> , <a href="#">C137-C140</a>
<small>[FF-323]</small> PowerFlex 525 solamente.	
Habilita la dirección IP, la máscara de subred y la dirección de gateway para establecer con un servidor BOOTP. Identifica las conexiones que se intentarían ante un restablecimiento o conexión y reconexión de la alimentación eléctrica. Es necesario restablecer o desconectar y volver a conectar la alimentación eléctrica después de hacer la selección.	
<b>Opciones</b>	1 "Parámetros"
	2 "BOOTP" (predeterminado)
<b>C129 [Cfg 1 Dir IP EN]</b>	Parámetros relacionados: <a href="#">C128</a>
<b>C130 [Cfg 2 Dir IP EN]</b>	
<b>C131 [Cfg 3 Dir IP EN]</b>	
<b>C132 [Cfg 4 Dir IP EN]</b>	
<small>[FF-323]</small> PowerFlex 525 solamente.	
Establece los bytes en la dirección IP. Es necesario restablecer o desconectar y volver a conectar la alimentación eléctrica después de hacer la selección.	
<b>192.168.1.62</b>	
<b>[Cfg 1 Dir IP EN]</b>	
<b>[Cfg 2 Dir IP EN]</b>	
<b>[Cfg 3 Dir IP EN]</b>	
<b>[Cfg 4 Dir IP EN]</b>	

**Figura 3-41:** Ajuste de la dirección IP. [15].

### Grupo de comunicaciones (continuación)

- C133 [Cfg 1 subred EN]
- C134 [Cfg 2 subred EN]
- C135 [Cfg 3 subred EN]
- C136 [Cfg 4 subred EN]

Parámetros relacionados: [C128](#)

 PowerFlex 525 solamente.

Establece los bytes de la máscara de subred. Es necesario restablecer o desconectar y volver a conectar la alimentación eléctrica después de hacer la selección.



**Figura 3-42:** Ajuste de la máscara de subred. [15].

El variador fue configurado con la siguiente dirección IP: 192.168.0.10 y una máscara de subred 255.255.255.0.

Luego de realizadas estas configuraciones, el dispositivo fue cargado con los parámetros antes realizados, dando por terminada la tarea de parametrización.

## 4. Pruebas FAT y de funcionamiento.

En este capítulo se presentan las pruebas realizadas al sistema de seguridad y control del proyecto implementado. Ejecutando esta fase en tres etapas de pruebas, las realizadas en el sitio de la fabricación, Conocidas como FAT, pruebas de funcionamiento en la fábrica y las de funcionamiento en campo con el cliente denominadas como SAT las cuales son las últimas verificaciones que se realizan.

### 4.1 Pruebas de aceptación en fabrica (FAT).

Consistieron en la verificación minuciosa y exhaustiva al hardware y el software del proyecto, así como los parámetros de calidad, funcionamiento y rendimiento del sistema realizado [24].

- **Equipos utilizados para las pruebas.**
  - Multímetro.
  - Destornilladores pala y estrella.
  - Portátil con el software workbench connect componets.
  - Cable de comunicación Ethernet.
  - Cable de comunicación USB.
- **Documentos utilizados.**
  - Planos eléctricos del sistema

#### a. Inventario de equipos

En base a la tabla 11, se realizó la verificación de todos los equipos y conexiones instaladas en el tablero, marcando en cada casilla de “aprobado” identificada en la tabla en la columna a, si el elemento encontrado está ausente o no es el adecuado se marca la casilla de no aprobado (Nap), si el elemento no aplica para ese punto se utiliza la casilla de no aplica (na).



Ítem	Descripción	Referencia	Cant.	A	Nap	Na
1.	Variador	25b-b011n104	1	✓		
2.	Guarda motor	140m-c2e-c16	1	✓		
3.	Relé de seguridad	440c-cr30-22bbb	1	✓		
4.	Cortina de luz	440l-p4a3400yd	1	✓		
5.	Cable emisor	889d-f4ac-30	1	✓		
6.	Cable receptor	889d-f8ab-30	1	✓		
7.	Paro de emergencia	800fp-mt44px01	2	✓		
8.	Reset	800fp-lf6pn3wx10	1	✓		
9.	Botón star	800fp-f3px10	1	✓		
10.	Botón stop	800fp-f4px10	1	✓		
11.	Totalizador eaton de 20a	Treetek otros	1	✓		
12.	Manija para puerta	Treetek otros	1	✓		
13.	Eje prolongador	Treetek otros	1	✓		
14.	Fuente	1606-xls120e	1	✓		
15.	Breaker de 3x20a + caja	Treetek otros	1	✓		
16.	Minibreaker de 2x2a	Treetek otros	2	✓		
17.	Adaptador USB	2080-usbadapter	1	✓		
18.	PLC micro 810	2080-lc10-12awa	1	✓		
19.	Lcd display para micro 810	2080-lcd	1	✓		

**Tabla 11:** Equipos instalados y verificados en el gabinete. Fuente: formato pruebas FAT Treetek.s.a.s.

Al final se realizó la aprobación del inventario de equipos y se dejó constancia de ello en la tabla 12.

Validación de resultados – inventario de equipos					
Ítem	Descripción	Modelo	Serial	Aprobado	
				Si	No
1	Equipos tablero de seguridad instalación cortina de luz en cabina de flujo laminar.	Na	Na	✓	

**Tabla 12:** Validación de resultados. Fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s.

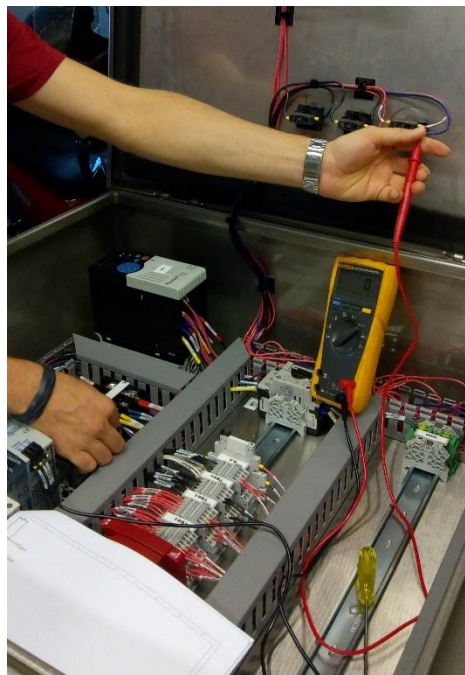
Si surgía algún problema con el sistema, se reportaba en la tabla 13 en la cual se diligencia la fecha en la que se realiza la prueba y si requiere acción correctiva de algún tipo. Como se aprecia en este paso no se aplicó ninguna acción correctiva ni de verificación.

Resultado				
Satisfactorio				
Acción correctiva que no requiere verificación				
Acción correctiva que requiere verificación				
Acción correctiva que anula ésta u otra prueba				

**Tabla 13:** Resultado del inventario. Fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s.

**b. Trabajos de cableado general.**

Para verificar que la ruta de cableado sea la misma que se aprecia en el plano eléctrico del sistema se utiliza el multímetro de punto a punto, y se verifica la marquilla, tal y como se aprecia en la figura 4-1.



**Figura 4-1:** Pruebas punto a punto del cableado. Fuente: autor.

La validación de los trabajos de cableado general fue aprobada debido a que fueron aprobados los puntos tratados en la tabla 14, como se aprecia en la tabla 15 fue aceptado los trabajos de cableado.

Ítem	Descripción de prueba	A	Nap	Na
1	El esquema de cableado e identificación de los cables está acorde a los planos de conexionado.	✓		

2	Verificar marquillado de cables y borneras (se adjuntan planos con verificación de cada cable y bornera).	✓		
3	Verificar continuidad respecto a marquillado y planos	✓		
4	Son adecuadas las identificaciones de los conductores.	✓		
5	Los chasis de los controladores están correctamente conectados a tierra.	✓		
6	Las fuentes de poder de los chasis están correctamente conectadas a tierra.	✓		
7	La(s) toma(s) de servicio está(n) correctamente conectada(s) a tierra.	✓		
8	Los cables de comunicación están debidamente instalados e identificados.	✓		
9	El cableado se encuentra debidamente ruteado por dentro de las canaletas y en forma ordenada.	✓		
10	La(s) ruta(s) disponible(s) en las canaletas para el cableado de las señales de campo en el gabinete es adecuada y suficiente.	✓		
11	En los puntos de conexión no existen conexiones débiles en el cableado o cables sueltos, para esto realizar prueba de halado (esta prueba se debe realizar a cada punto de conexión )	✓		
12	Revisar todas las conexiones a tierra según el plano	✓		
13	Revisar todas las conexiones a neutro según el plano	✓		
14	Verificar si hay separación de tierras para la etapa de potencia y la etapa de control, si es el caso revisar para los elementos de cada etapa la conexión a la tierra correspondiente.	✓		

15	Los cables de las tarjetas pre-cableadas se encuentran correctamente identificados			✓
16	Se debe realizar la verificación tanto visual como mecánica de los conductores y borneras, el fin de identificar que no existan cables flojos, sueltos o tornillos de borneras mal apretados	✓		
17	El energizado del panel se lleva a cabo de forma adecuada sin problemas.	✓		

**Tabla 14:** Pruebas de cableado general. Fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s.

Validación de resultados					
Ítem	Descripción	Modelo	Serial	Aprobado	
				Si	No
1	Pruebas de cableado en general Usar como referencia planos eléctricos del gabinete	N/a	N/a		

**Tabla 15:** Validación de resultados del cableado. Fuente: formato pruebas FAT Treetek.s.a.s.

### c. Trabajo energización principal.

En este paso se realizó la energización del tablero y se realizó la verificación de todas y cada una de las tensiones involucradas en el sistema. A entrada y salida de los equipos. En la tabla 16 se aprecia el procedimiento realizado en la prueba de los valores de tensión.

Ítem	Descripción de prueba	A	Nap	Na
1	Verificar que no haya fases aterrizadas o en corto	✓		

2	Verificar que los cables se encuentren debidamente marquillados respecto a los planos eléctricos	✓		
3	Verificar continuidad respecto a marquillado y planos	✓		
4	El nivel de tensión en la entrada y la salida del interruptor principal (q01) después de ubicarlo en la posición on es el adecuado.	✓		
	<b>Voltaje teórico 220vac</b>	<b>Voltaje real 220.3vac</b>		
	Entrada <b>220vac</b>	Salida <b>220vac</b>	Entrada <b>220.1vac</b>	Salida <b>220.05vac</b>
5	El nivel de tensión en la entrada y la salida del minibreaker q02 después de ubicarlo en la posición on es adecuado	✓		
	<b>Voltaje teórico 120vac</b>	<b>Voltaje real 118.01vac</b>		
	Entrada <b>120vac</b>	Salida <b>120vac</b>	Entrada <b>118.1vac</b>	Salida <b>118.03vac</b>
6	El nivel de tensión en la entrada y la salida del minibreaker q03 después de ubicarlo en la posición on es el adecuado.	✓		
	<b>Voltaje teórico 120 VDC</b>	<b>Voltaje real 118vdc</b>		
	Entrada <b>120vac</b>	Salida <b>24vdc</b>	Entrada <b>118vdc</b>	Salida <b>24.02dc</b>
7	El nivel de tensión en la entrada y la salida del minibreaker q04 después de ubicarlo en la posición on es el adecuado.	✓		
	<b>Voltaje teórico 24vdc</b>	<b>Voltaje real 24.02dc</b>		
	Entrada <b>24vdc</b>	Salida <b>24vdc</b>	Entrada <b>24.03vdc</b>	Salida <b>24.02vdc</b>
8	Existe tensión 120 VAC en las fuentes de alimentación al chasis de controlador, fuente de 24 v.	✓		

9	Existen todas las tensiones de alimentación necesarias	✓		
---	--	---	--	--

**Tabla 16:** Pruebas de energizado fuente: formato pruebas FAT treetek.s.a.s.

La aprobación se aprecia en la tabla 17 donde se aprobaron los interruptores verificados.

Validación de resultados					
Ítem	Descripción	Modelo	Serial	Aprobado	
				Si	No
1	Interruptor principal(q01)			✓	
2	Q02			✓	
3	Q03			✓	
4	Q04			✓	

**Tabla 17:** Validación de resultados de energizado. Formato pruebas FAT Treetek.s.a.s.

Por último, se realizaron las verificaciones de que los equipos que fueron conectados a las fases adecuadas siguiendo el formato anterior y llenando la lista de chequeo muy similar a las anteriores, dando por finalizadas las pruebas de aceptación en fábrica.

## 4.2 Pruebas de funcionamiento en fábrica

Estas pruebas se realizaron con el objetivo de corroborar el funcionamiento del sistema, tal y como lo requiere el usuario, para ello se realizaron varias evaluaciones y simulaciones que permitieran apreciar su funcionamiento y así llevar a buen término el desarrollo del proyecto.

Inicialmente se instaló un motor con un objeto de color rojo que permitiera apreciar el movimiento del mismo, así como la instalación de las cortinas de luz de una manera similar al sistema como quedaría finalmente, para validar que se cumpliera la función solicitada. Este montaje fue realizado en las instalaciones de Treetek, pero no constituye, ni representa el sistema final. El sistema en cuestión se puede apreciar en la figura 4-2.



**Figura 4-2:** Montaje del sistema para las pruebas de funcionamiento en Treetek.  
Fuente: autor.

Cabe de resaltar que hasta ese momento no se contaba con las bases en acero inoxidable por lo que las cortinas se apoyaron sobre las bases que se aprecian en la figura.4-2.

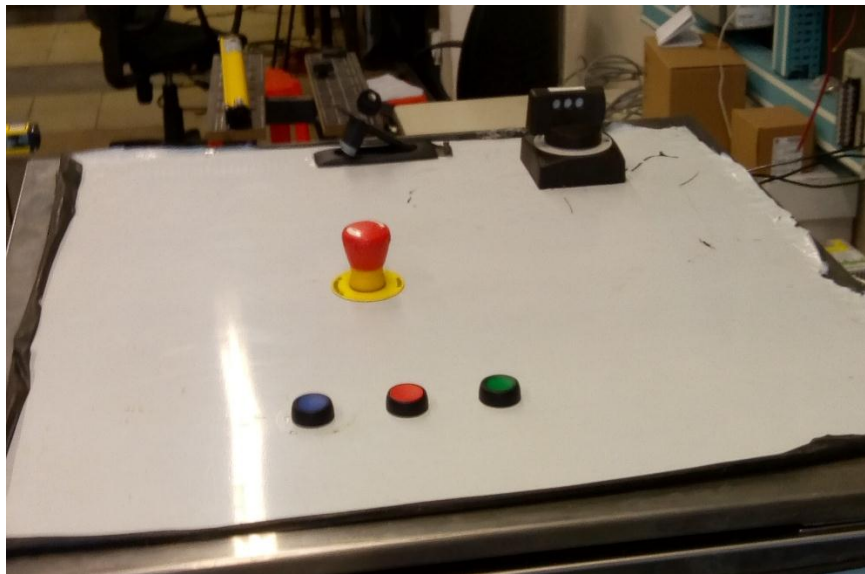
El procedimiento empieza con la energización principal del tablero. El sistema de seguridad está configurado de tal manera que al energizarse el sistema no pueda



arrancar inmediatamente, esto sucede para evitar puestas en marcha no deseadas o que puedan generar peligro a las personas en el área.

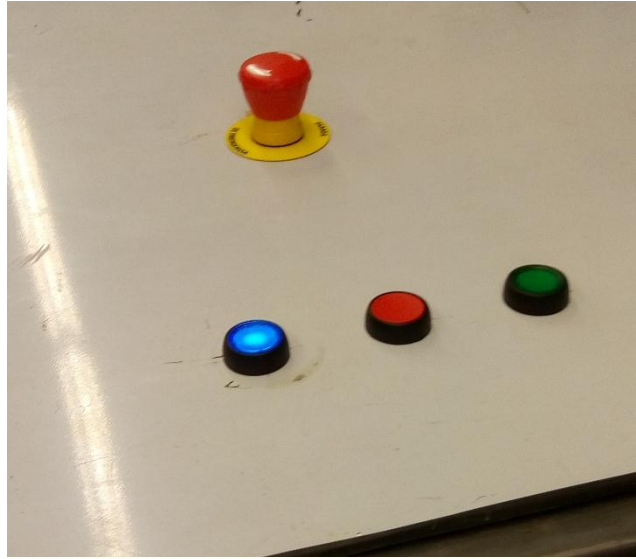
Para poner en funcionamiento el sistema es necesario pulsar el botón de Reset, este botón está ubicado en la parte frontal del gabinete y se distingue con un color azul oscuro, tal y como se aprecia en la figura 4-3.

El pulsador rojo es el botón de detención, y el botón verde el de inicio, el botón rojo con forma de hongo es el de paro de emergencia, estos fueron los botones que se consideraron necesarios para el control del sistema.



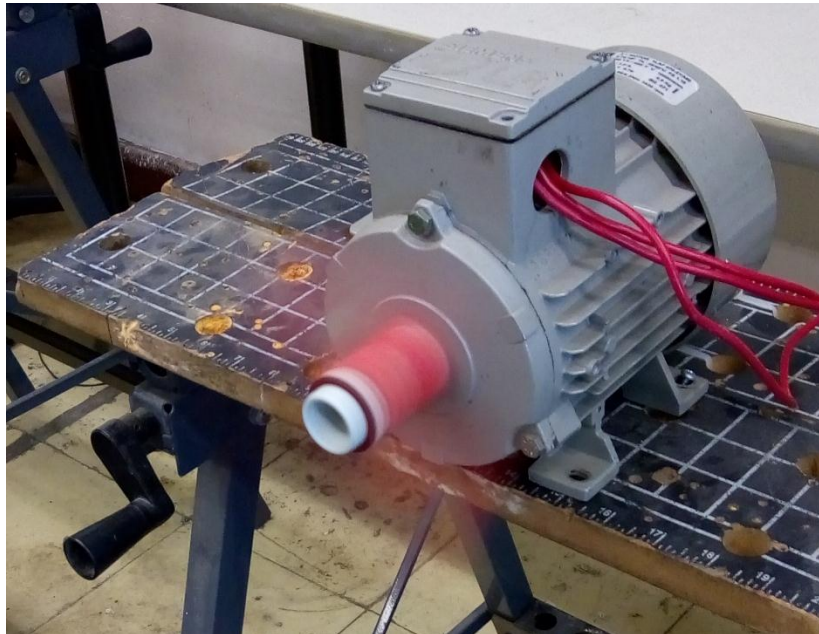
**Figura 4-3:** Botones de control del sistema. Fuente: autor.

Cuando el sistema requiere un restablecimiento o Reset por parte del operario, el botón azul estará parpadeando cada segundo tal y como se aprecia en la figura 4-4.



**Figura 4-4:** Botón azul reportando restablecimiento. Fuente: autor.

Luego de restablecido el sistema, el botón deja de parpadear y ya es posible iniciar el sistema. Al presionar el botón de marcha el sistema dio inicio, con la rotación del motor, que en esta prueba fue de 1 min, el funcionamiento del motor se logra apreciar en la figura 4-5.



**Figura 4-5:** Funcionamiento del motor. Fuente: autor.

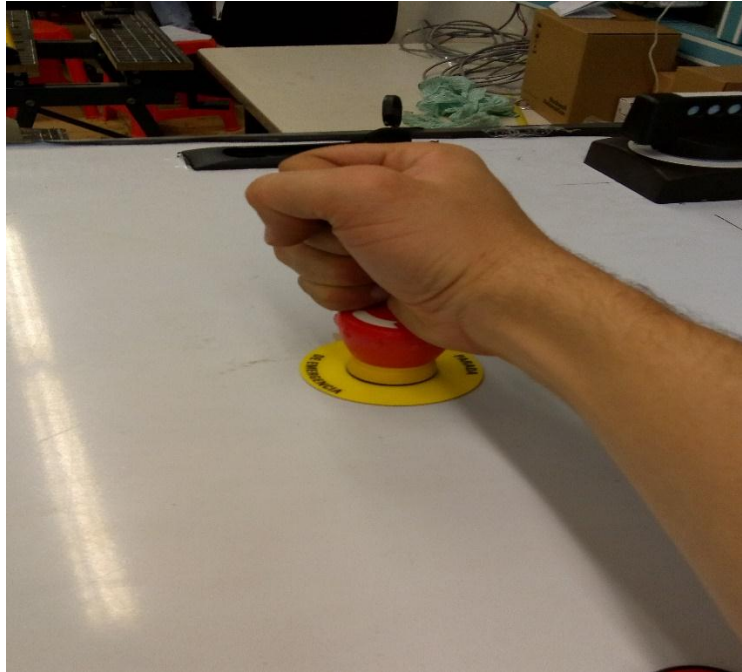
En la figura 4-6 se aprecian los Hertz a los que estaba funcionando el motor en ese instante.



**Figura 4-6:** Funcionamiento de variador a 40 hz. Fuente: autor.

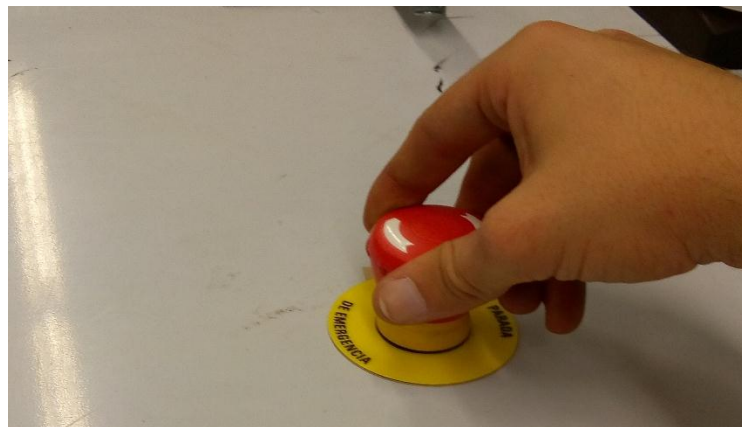
Luego de verificar que el tiempo de 1 min se cumpliera, la siguiente prueba a realizar fue verificar que ante cualquier interrupción de los ases de luz de cualquiera de las cortinas, el sistema se detuviera inmediatamente, para esto se solicitó la ayuda de una persona que interrumpiera las cortinas para lograr la detención de sistema.

La siguiente prueba se realizó pulsando el botón de paro de emergencia, este botón está hecho de forma que no se pueda liberar normalmente si no que se debe realizar una acción de retirar una tapa, girando en el sentido de las manecillas del reloj. La acción de activación del paro de emergencia se puede apreciar en la figura 4-8, este botón necesita más de fuerza de presión que otros pulsadores de utilizados para automatización. Es por esto que en la figura se aprecia la presión en forma de puño.



**Figura 4-7:** Presión del paro de emergencia. Fuente: autor.

La forma de liberar el paro de emergencia se aprecia en la figura 4-9, donde se aprecia el movimiento en el sentido de las manecillas del reloj.



**Figura 4-8:** liberación del paro de emergencia. Fuente: Autor.

Al presionar este botón el motor se detiene inmediatamente mediante el apagado seguro o Safe off, y permite llevar a condición segura el sistema.

La detención del sistema en este caso se puede apreciar en la figura 4-9, donde se ve la frecuencia cero en el motor.



**Figura 4-9:** Frecuencia del variador. Fuente: Autor.

Esta fue la última comprobación realizada antes de la validación final con el cliente junto con la instalación de todo el sistema de tuberías y de tramos de potencia, la verificación realizada por el cliente es muy similar a la realizada en este capítulo, con la excepción de la persona que lo realiza, quien es un ingeniero de salud y seguridad en el trabajo de J&J.

## 5. Conclusiones y trabajos futuros

### 5.1 Conclusiones

- Se realizaron actividades en las diferentes fases del proyecto ejecutado aprendiendo sobre las maneras utilizadas en la industria para llevar a buen término el objetivo general propuesto, notando diferencias entre el entorno académico y el industrial, así como la responsabilidad acarreada al enfrentar estos retos es mucho mayor, así como la exigencia por parte del cliente.
- Fueron realizadas modificaciones en los planos eléctricos del sistema de flujo laminar de acuerdo a los cambios realizados y las fallas de escritura y/o estructura encontradas.
- La realización del tablero eléctrico permite aprender sobre las normas eléctricas que rigen su construcción y montaje, así como los colores involucrados para los diferentes voltajes, el calibre según la corriente y voltaje que transportan, el tipo de cable utilizado y su protección según el caso. Otro punto importante es el montaje y la instalación de equipos de control y seguridad basándose en la información suministrada por el fabricante para así evitar problemas en el equipo y en el sistema por mala conexión o instalación.
- Se realizó la verificación punto por punto de los elementos a instalar, en base a la lista que el ingeniero de seguridad suministro. Donde se verificaban que las referencias de cada equipo estuvieran acordes, la cantidad de equipos y el estado en el que se encontraban fuera el adecuado para una implementación de la importancia que tiene un sistema de protección.
- Se realizaron las pruebas fat (pruebas de aceptación en fabrica), en las cuales se evaluó la calidad del tablero, cableado correcto, medición de voltajes a la entrada y salida de cada equipo, el correcto funcionamiento del sistema, identificación visual de cada cable y equipo, denominado

marquillado, así como la estética visual del tablero en general, con un resultado satisfactorio en cada punto evaluado.

- La parametrización del variador PowerFlex 525 fue un punto vital en la implementación del sistema ya que las configuraciones realizadas en este paso permiten la comunicación entre el PLC y el variador, y así ejercer control en el motor de corriente alterna, además de poseer la función de detención segura.
- Se realizó la programación del PLC micro logix 810 en la cual se buscó coordinar una armonía entre el sistema de control y de seguridad, integrando así mediante señales entre los dos equipos la comunicación necesaria para detener el motor de manera segura al operador. Cumpliendo así con el requerimiento funcional solicitado por el cliente.

## **5.2 Recomendaciones**

- Capacitarse sobre la lectura y la comprensión de planos eléctricos, pues su importancia es vital en el desarrollo de proyectos de ingeniería.
- Capacitarse sobre las funcionalidades y la manera de trabajar de variadores de velocidad de corriente alterna para integrarlos a sistemas de control. Es recomendable informarse y entender acerca de este conocimiento ya que estos equipos son muy frecuentes en la industria productiva.
- Indagar sobre los diferentes tipos de marcas y tipos de equipos de seguridad, así como aprender a introducirlos en base a las evaluaciones utilizando como guía las normas vigentes.

## **5.3 Trabajos futuros.**

- Desarrollar un sistema de seguridad que incluya la supervisión de la velocidad, los rpm del motor y la visualización del tiempo de mezclado restante de cada caneca, así como una alarma sonora o visual de la finalización del mezclado pasado los tres minutos.

- Desarrollar un nuevo análisis de riesgos del proyecto, después de realizada la aplicación y así evaluar en cuanta magnitud se minimizo el riesgo de lesiones.
- Desarrollar un sistema de supervisión y control que registre alarmas, usos y eventos del sistema, así como las fechas de uso, la frecuencia de uso, y las veces que el sistema de seguridad se disparó o se utilizó.



## 6. Glosario

### 1

**13850:** Norma relacionada con la Función de parada de emergencia y sus principios de diseño. pag , 36, 116

### A

**Adinol:** Materia prima utilizada en el proceso la cual debe ser agitada por 3 minutos según la solitud del clinete. Pag , 42, 44

**Allen-Bradley:** Marca de equipos de automatización fabricados por rockwell automation. Pág. 11, 13, 36, 45, 48, 86

**AOPD:** Siglas de "Dispositivos de protección opto electrónicos activos". Pág. 39

### B

**Borneras:** Conector electrico diseñado especial mente para su instalación en riel DIN. Pág .7, 8, 9, 60, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 77, 79, 100, 101

### C

**CEN:** Siglas de "Comité europeo de normalización" Pág. 23.

**CENELEC:** Siglas de "Comité europeo de normalización electrotécnica". Pag, 23

### D

**Riel din:** "Riel diseñado para montaje de equipos en instalaciones industriales o en viviendas". Pág. 9, 56, 57, 65, 66

### E

**Ethernet:** Estandar de area local para computadores. Pág. 89, 91, 92, 96

### F

**FAT:**Pruebas de aceptacion en fabrica, consta de una revisión minuciosa del hardware y el software en base a una lista de verificación. Pág. 7, 17, 79, 96, 98, 99, 101, 103

## I

**IEC:** Sigla de "Comisión electrotécnica internacional". Pág. 22

**IP:** Numero de identificación logica y jerarquica a una interface de red. Pág. 10, 92, 93, 94, 95

**ISO:** Siglas de "Organización internacional de normalización". Pág. 15, 22, 23, 26, 30, 36

## M

**MCS:** Siglas de "Modelo para la construcción de soluciones". Pág. 17

**MID:** "Modelo para la investigación documental". Pág. 17

## P

**PID:** Siglas de "Controlador de accion proporcional, integral y derivativo". Pág. 20.

**PLC:** Siglas de "controlador logico programable". Pág. 7, 9, 11, 12, 13, 17, 48, 56, 66, 68, 69, 73, 74, 76, 86, 87, 88, 89, 97, 111

## R

**RETIE:** Siglas de "Reglamento Técnico de Instalaciones electricas". Pág. 9, 69, 70, 75

## S

**Safe off:** Detencion segura del variador de velocidad. Pág. 45, 48, 57

**Sistema:** Herramienta de calculo del nivel de rendimiento de un sistema de seguridad. Pág. 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 33, 36, 37, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 48, 53, 54, 55, 57, 71, 73, 79, 84, 85, 86, 88, 89, 92, 96, 98, 99, 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 115, 117

**Software:** soporte logico de un sistema necesarios para su operación. Pág. 9, 11, 12, 39, 41, 55, 56, 66, 77, 86, 87, 88, 89, 96, 117

## 7. Referencias

- [1] Y. T. hernandez narvaez, *SISTEMA ELECTRONICO DE CONTROL PARA UNA FRESADORA CNC ACADEMICA DE BAJO COSTO*, POPAYAN: SE, 2015.
- [2] Safework S.L, «SAFEWORK,» NA NA NA. [En línea]. Available: <https://safework.es/mejorando-lo-presente/>. [Último acceso: 16 07 16].
- [3] TreeTek S.A.S, «Treetek,» NA NA 2017. [En línea]. Available: <http://www.treetek.com.co/index.php/quienes-somos>. [Último acceso: 16 07 2018].
- [4] K. Ogata, «Introduccion a los sistemas de control,» de *Ingenieria de control moderna*, Madrid, PEARSON EDUCACIÓN, 2010, pp. 1-2.
- [5] J. R. Vignoni, *Control a Procesos*, Sc: Sc, 2002.
- [6] O. Regalón Anias, M. Diez Rodríguez, V. Rodríguez Diez y R. Báez Prieto, «Aplicación de algoritmos de control clásico, adaptable y robusto a sistemas dinámicos de parámetros variables,» *Ingeniería Energética*, vol. 33, nº 3, pp. 184-195, 2012.
- [7] J. M. D. Rincon, «Supervisar variables,» 24 10 2014. [En línea]. Available: <http://supervisarvariables.blogspot.com/2014/10/variables-de-proceso.html>. [Último acceso: 21 01 2019].
- [8] control e intrumentacion industrial, «control e intrumentacion industrial,» NA NA NA. [En línea]. Available: <http://ceiisa.blogspot.com/2015/01/control-todo-o-nada-on-off.html>. [Último acceso: 21 01 2019].

- [9] SICK AG, *Manual para maquinas seguras*, Waldkirch: SICK AG, 2008.
- [10] ISO, *14121-1*, NA: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2007.
- [11] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION,, *ISO 14120*, MADRID: AENOR, 2016.
- [12] the International Organization for Standardization, *EN ISO 13850*, NA: ISO, 2008.
- [13] Rockwell Automation, «Allen-Bradley,» Rockwell Automation inc, NA NA 2018. [En línea]. Available: <https://ab.rockwellautomation.com/es/Safety>. [Último acceso: 17 Agosto 2018].
- [14] ISO, *EN ISO 13849-1*, Brussels: Dansk standard, 2008.
- [15] Rockwell automation, *Datos tecnicos de especificaciones de variador de CA powerflex 520*, Milwaukee: Rockwell automation , 2016.
- [16] Rockwell automation, *Familia de controladores programables Micro800*, Milwaukee: Rockwell automation, 2013.
- [17] B. Gutiérrez, «SEGURIDAD EN MAQUINARIA EN ISO 13849-1,» N/A N/A N/A. [En línea]. Available: [http://www.infoplcn.net/files/documentacion/seguridad\\_normativa/infoPLC\\_net\\_Seguridad\\_Maquina\\_SEiS\\_Maquinaria.pdf](http://www.infoplcn.net/files/documentacion/seguridad_normativa/infoPLC_net_Seguridad_Maquina_SEiS_Maquinaria.pdf). [Último acceso: 24 09 2018].
- [18] Rockwell Automation, «Industrial Automation,» N/A N/A 2015. [En línea]. Available: [https://marketing.rockwellautomation.com/safety-solutions/es/MachineSafety/ToolsAndDownloads/Safety\\_Automation\\_Builder/](https://marketing.rockwellautomation.com/safety-solutions/es/MachineSafety/ToolsAndDownloads/Safety_Automation_Builder/). [Último acceso: 24 09 2018].

- [19] PLCHardaware, «PLCHardaware.com,» N/A N/A 1993. [En línea]. Available: <https://www.plchardware.com/Products/RA-1492-LD3-B.aspx>. [Último acceso: 26 09 2018].
- [20] Panduit, «Panduit,» N/A N/A N/A. [En línea]. Available: <http://www.panduit.com/es/products-and-services/products/identificacion/impresoras/impresoras-portatiles/impresoras-ls8els8eq/LS8E>. [Último acceso: 26 09 2018].
- [21] Ministerio de minas y energia., «Minminas,» N/A N/A N/A. [En línea]. Available: [https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23965915/310118\\_borrador\\_proy\\_RETIE\\_productos.pdf/09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2](https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23965915/310118_borrador_proy_RETIE_productos.pdf/09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2). [Último acceso: 26 09 2018].
- [22] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION, «Instituto distrital de recreacion y deporte.,» 25 11 1998. [En línea]. Available: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>. [Último acceso: 28 09 2018].
- [23] G&J, «G&J,» SD3, N/A N/A 2018. [En línea]. Available: [https://gyjferreterias.com/tuberia-imc-conduit.html?gclid=EAlalQobChMIpouZ85Te3QIVhEoNCh0IMg6aEAAYASA AEgJuJvD\\_BwE](https://gyjferreterias.com/tuberia-imc-conduit.html?gclid=EAlalQobChMIpouZ85Te3QIVhEoNCh0IMg6aEAAYASA AEgJuJvD_BwE). [Último acceso: 28 09 2018].
- [24] jakintek, «Jakintek,» NA NA 2016. [En línea]. Available: <http://www.jakintek.com/pruebas-fat-y-sat/>. [Último acceso: 16 10 2018].
- [25] Institut fur Arbeitsschutz der, «IFA,» DGUV, N/A N/A N/A. [En línea]. Available: <https://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/practical-solutions-machine-safety/software-sistema/index.jsp>. [Último acceso: 24 09 2018].

- [26] M. Escalada, «Martinez Escalada S.A,» Martinez Escalada S.A, N/A N/A N/A. [En línea]. Available: <https://www.martinezescalada.com.ar/tornillos-autoperforantes/2287-tornillo-autoperforante-t1-tel-dry-mecha-8-x-3-4.html>. [Último acceso: 25 09 2018].
- [27] Galco Industrial Electronics, «GALCO,» N/A N/A 2018. [En línea]. Available: <https://www.galco.com/buy/Allen-Bradley/1492GM35>. [Último acceso: 26 09 2018].