



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**AUTOMATIZACIÓN Y REDISEÑO PARA LA OPTIMIZACIÓN
OPERATIVA EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE PARAFINA
Y ELIMINACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

**PRESENTA:
CRISTIAN ESCOBAR RAMIREZ**

**NOMBRE DEL ASESOR:
ING. JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN**



APIZACO, TLAX., OCTUBRE 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica

Tzompantepec, Tlaxcala, **10/septiembre/2025**
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. De oficio: I.E.E. /480/2025

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	CRISTIAN ESCOBAR RAMÍREZ
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. De Control:	19371236
Nombre del proyecto:	"AUTOMATIZACIÓN Y REDISEÑO PARA LA OPTIMIZACIÓN OPERATIVA EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE PARAFINA Y ELIMINACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS"
Producto	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MARIO EDUARDO LEAL LÓPEZ
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN

Nombre y firma del asesor

MELL/isa*
C.p. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 145, e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx
apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **29/octubre/2025**

ESCOBAR RAMÍREZ CRISTIAN
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
CON NÚMERO DE CONTROL 19371236.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **AUTOMATIZACIÓN Y REDISEÑO PARA LA OPTIMIZACIÓN OPERATIVA EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE PARAFINA Y ELIMINACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

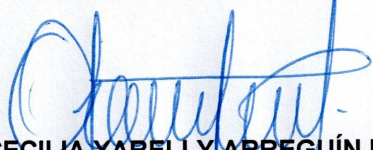
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

A T E N T A M E N T E

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®


CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

CYAL/rrc



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
**DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES**



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Todo esto no habría sido posible sin el apoyo y el esfuerzo de muchas personas que han estado presentes a lo largo de mi camino, siendo pilares fundamentales en mi crecimiento y desarrollo. A cada uno de ellos, les debo mi más profundo agradecimiento.

A mi madre **Higinia Ramírez López** y a mi padre **Venancio Enrique Escobar Pérez**, por ser mi fuente de fortaleza y confianza. Todo su sacrificio, comprensión y apoyo incondicional me han dado el impulso necesario en cada paso que doy. A mis tres hermanos mayores, **Lic. Oswaldo Yovanny Escobar Ramírez**, **Ing. Josué Omar Escobar Ramírez** y al **Ing. Luis Carlos Escobar Ramírez**, quienes me han acompañado, brindándome la motivación y el respaldo necesario para seguir adelante.

A mi novia la **Ing. Brenda Ilhuicatzí Valencia**, por ser un enorme apoyo y motivación en cada momento. Gracias por tu amor y por la compañía estos años. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por todo su apoyo y por estar siempre a mi lado.

A mis profesores y mentores, su dedicación y pasión por la enseñanza no solo me han motivado a alcanzar mis objetivos, sino también a superar mis propios límites y a no conformarme nunca con lo alcanzado. Gracias por desafiarme a pensar de manera crítica, por impulsar mi crecimiento académico y personal, y por brindarme las herramientas necesarias para enfrentar los retos con confianza.

A mis compañeros de estudio, son tantas las cosas que quisiera expresar, y con un nudo en la garganta, quiero agradecerles por su amistad sincera y su constante colaboración, con su apoyo hicieron de cada desafío una oportunidad para crecer juntos y aprender de cada experiencia. Los buenos y malos momentos compartidos en este camino, llenos de

esfuerzo, risas y aprendizajes, quedarán grabados en mi memoria como una parte invaluable de mi vida. Su presencia y respaldo han sido esenciales, y no tengo palabras suficientes para agradecerles por estar a mi lado en cada paso de esta gran aventura.

A la empresa Saint-Gobain América S.A. de C.V., por permitirme realizar mis prácticas y desarrollar este proyecto en sus instalaciones. Agradezco a cada uno de mis compañeros de “Desarrollo” los cuales me brindaron su experiencia, conocimientos, y que me ayudaron a entender mejor el ámbito profesional. Quiero expresar un reconocimiento especial al **Ing. Elías Flores Guevara**, cuya orientación y dedicación fueron claves en mi proceso de aprendizaje durante estos meses. Su generosidad para compartir su experiencia y su constante apoyo me han ayudado. Gracias, Ingeniero, por ser mucho más que un asesor, sino también actualmente un gran amigo.

Por último, pero no menos importante, agradezco profundamente a Dios por permitirme alcanzar este logro. En los días más difíciles, tu guía y fortaleza me acompañaron, y con tu ayuda, junto al apoyo invaluable de todas las personas mencionadas, logramos salir adelante. Llevo y llevaré siempre en mi corazón cada enseñanza, cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo que me ofrecieron a lo largo de este camino.

Cristian Escobar Ramírez.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo la optimización y automatización del proceso de parafina, buscando mejorar la eficiencia operativa y reducir el desperdicio de material en el proceso. La iniciativa nace de la necesidad de mitigar los problemas ergonómicos derivados de la actividad repetitiva, así como de controlar con precisión la cantidad de parafina fundida que se transfiere a un tanque de almacenamiento, para su posterior uso en diversas etapas de la producción.

Para alcanzar estos objetivos, se rediseñó el tanque de almacenamiento y se reestructuró el espacio físico en el que se encuentra, integrando sistemas de control automatizados que permiten un flujo constante y seguro de parafina hacia el tanque, asegurando que la cantidad exacta sea transferida en todo momento. Lo que garantiza que el proceso no solo sea eficiente, sino también seguro y sostenible. Este proyecto representa una mejora significativa para la empresa, al proporcionar una solución replicable que puede aplicarse en áreas similares, contribuyendo así a la optimización general de la producción.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	01
Introducción.....	01
Descripción de la empresa u organización.....	02
Misión.....	04
Visión.....	04
Ubicación.....	05
Descripción del puesto o área de trabajo del estudiante.....	05
Planteamiento del problema.....	06
Objetivos.....	07
Objetivo general.....	07
Objetivos específicos.....	07
Justificación.....	08
Delimitación.....	09
Limitación.....	10

II. MARCO TEORICO.....	10
1. Automatización Industrial.....	10
1.1 Introducción a la Automatización.....	10
1.1.1 Ventajas.....	11
1.1.2 Desventajas.....	11
1.1.2 Opciones de Automatización.....	12
1.2 Autómatas Programables.....	15
1.2.1 Arquitectura de PLC.....	17
1.2.2 Tipos de I/O.....	19
1.2.3 Tipos de PLC.....	22
1.2.4 Lenguajes de Programación.....	24
1.2.5 Funcionamiento.....	27
1.3 Redes Industriales.....	28
1.3.1 Pirámide de Automatización.....	28
1.3.2 Nivel de Campo.....	29
1.3.3 Nivel de Control.....	30
1.3.4 Nivel de Supervisión.....	30
1.3.5 Nivel de Gestión de la Producción.....	31
1.3.6 Nivel de ERP.....	32
2. Herramientas de Diseño y Automatización en Ingeniería.....	33

2.1 Conceptos Generales de Diseño y Automatización.....	33
2.1.1 Diseño.....	33
2.1.2 Automatización.....	36
2.1.3 Importancia del CAD y CAE.....	37
2.1.4 Ventajas del Uso de Software Especializado.....	37
3. SolidWorks.....	39
3.1 Descripción y Funcionalidades de SolidWorks.....	39
3.2 Características de SolidWorks.....	40
3.2.1 Definición de Parámetros Clave.....	40
3.2.2 Asociatividad.....	40
4. TIA Portal.....	41
4.1 Descripción y Funcionalidades de TIA Portal.....	41
4.2 Entorno de trabajo.....	42
4.2.1 Tipo de datos.....	43
4.3 Importancia de TIA Portal en la Automatización Industrial.....	45
5. AutoCAD.....	45
5.1 Descripción y Funcionalidades de AutoCAD.....	45
5.2 Modelos y prototipos.....	46
5.3 Entorno de Trabajo.....	46
5.4 Importancia de AutoCAD en la Automatización y el Diseño.....	47

6. Ergonomía en el Ámbito Industrial.....	49
6.1 ¿Qué es la ergonomía?.....	49
6.1.1 Trabajo.....	50
6.2 ¿Qué son los trastornos musculoesqueléticos?.....	51
6.2.1. Factores de riesgo ergonómico.....	52
6.3 Maneras de reducir riesgos ergonómicos.....	52
6.3.1. ¿Cuáles son las ventajas de la ergonomía?.....	53
7. Parafina.....	55
7.1 ¿Qué es la Parafina?.....	55
7.2 Características.....	55
7.3 Riesgos en su manipulación.....	56
III. DESARROLLO.....	58
8. Análisis de la situación actual.....	58
9. Rediseño del Espacio.....	61
9.1 Herramientas utilizadas.....	65
10. Rediseño mecánico.....	66
10.1 Explicación del Proceso.....	69
10.2 Herramientas Utilizadas.....	73
11. Sistema de control automatizado.....	74
11.1 Secuencia del Proceso.....	77

11.2 Simulación del sistema.....	78
IV. RESULTADOS.....	83
V. CONCLUSIONES.....	86
VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	87
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	88
VIII. ANEXOS.....	91

I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

Introducción.

En la industria moderna, los procesos tradicionales presentan desafíos significativos en términos de eficiencia operativa y riesgos laborales, especialmente cuando se trabaja con materiales como la parafina. La manipulación repetitiva, junto con las posturas exigentes para los trabajadores, implica riesgos ergonómicos que pueden derivar en lesiones a largo plazo. Además, la creciente demanda de optimización en las industrias modernas exige la implementación de métodos que no solo mejoren la eficiencia, sino que también garanticen un entorno de trabajo más seguro.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar e implementar un sistema de automatización y rediseño en el área de fundición de parafina, específicamente en el nivel 13.5 de la planta. La propuesta busca optimizar la eficiencia operativa, mejorar la disposición del espacio de trabajo y reducir significativamente los riesgos ergonómicos asociados a este proceso. Para lograr estos objetivos, se plantean soluciones que incluyen la incorporación de un sistema automatizado para el control preciso de la temperatura, el vertido y la dosificación de la parafina, así como el rediseño del área que alberga el tanque de fundición, facilitando el flujo de trabajo y reduciendo los tiempos improductivos.

El proyecto abarcará desde la fase de análisis y rediseño hasta la implementación de mejoras automatizadas y pruebas operativas. Estas iniciativas están diseñadas para elevar la calidad del producto final y garantizar un entorno de trabajo seguro, alineando

los resultados con las expectativas de una industria cada vez más enfocada en la sostenibilidad y la competitividad.

Este proyecto representa un paso hacia una operación más moderna y responsable en el proceso de fundición de parafina, destacando los beneficios que la automatización puede aportar a los procesos industriales actuales.

Descripción de la empresa u organización.



Saint-Gobain es una empresa multinacional, fundada en 1665, que se especializa en la producción y distribución de materiales para construcción y soluciones de alta tecnología en múltiples sectores industriales. Su planta en Tlaxcala, México, forma parte de la división de soluciones para construcción y manufactura, y se enfoca en la fabricación de materiales como vidrio, cerámicos, y productos para aislamiento y revestimiento, utilizados en diversas aplicaciones industriales.

Saint-Gobain ofrece una amplia cartera de productos de alto rendimiento para la industria automotriz y de transporte. Desde el parabrisas hasta pasando por el aislamiento de los compartimentos de pasajeros, plásticos de alto rendimiento y productos abrasivos.

Saint-Gobain proyecta una extensa gama de soluciones innovadoras para los principales fabricantes de este sector en respuesta a los desafíos que las industrias automotrices y de transporte terrestre enfrenta hoy: menor consumo de combustible, en especial, por medio de la reducción del peso de los materiales, seguridad, conectividad, confort acústico y térmico.

Saint-Gobain opera en México a través de 10 Unidades de Negocio, con 14 Sitios Industriales estratégicamente ubicados y 22 Plantas de Producción que garantizan la calidad de nuestros productos. Además, contamos con 12 Centros de Distribución en todo el país para servir a nuestros clientes de manera eficiente.

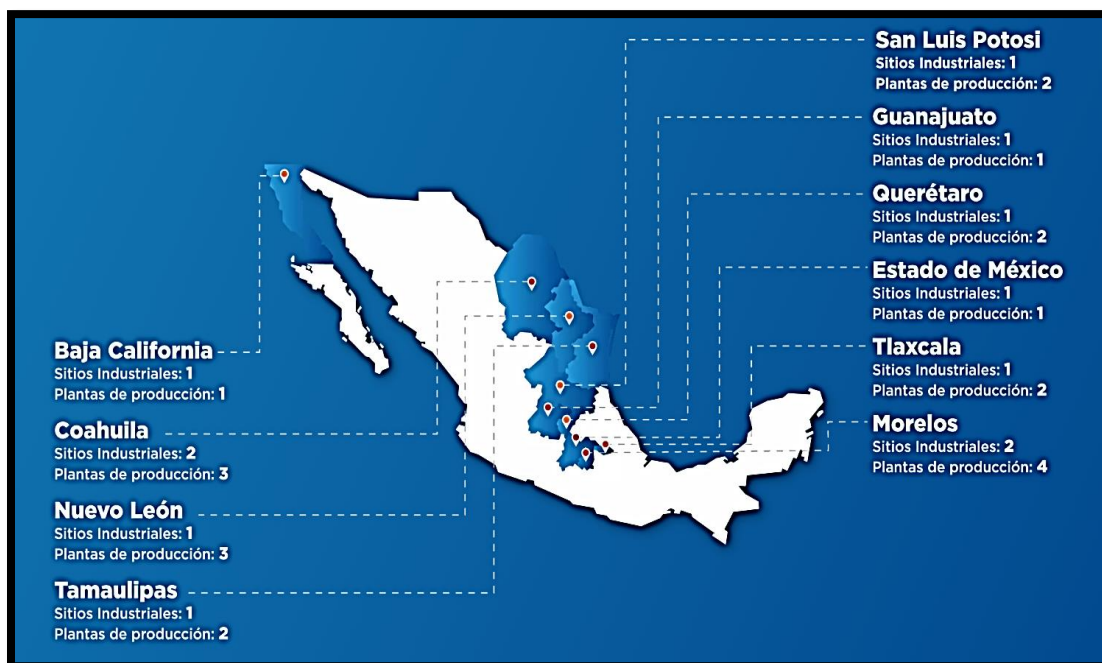


Imagen 1. Unidades de negocio en México.

Saint-Gobain Vetrotex se especializa en la fabricación de productos de fibra de vidrio de alto rendimiento. La fibra de vidrio es un material compuesto por filamentos finos de vidrio que se utiliza principalmente en la industria de la construcción, el transporte, la automoción, la energía renovable y muchas otras aplicaciones industriales.

- **Transporte y automoción:** La fibra de vidrio se utiliza en la fabricación de componentes ligeros y resistentes para vehículos, barcos, aviones y trenes. Ayuda a reducir el peso de los vehículos, mejorando la eficiencia del combustible y la resistencia estructural.
- **Aplicaciones industriales:** La fibra de vidrio se emplea en la fabricación de productos como cables, recubrimientos, filtros, y componentes para la industria química, petrolera y eléctrica, gracias a su capacidad para resistir ambientes extremos.

Misión.

Asegurar a nuestros clientes la calidad esperada de nuestros productos, ofrecerles soluciones innovadoras, sustentables y sostenibles, anticipándolas a sus necesidades en la creación de nuevos productos, mejorando la calidad y nuestro servicio, bajo un ambiente laboral sano y seguro.

Visión.

Ser líder global en la producción de soluciones innovadoras en fibra de vidrio y materiales compuestos, contribuyendo al desarrollo de una industria más sostenible y eficiente. A través de nuestra tecnología avanzada, buscamos transformar los mercados en los que operamos, mejorando la calidad de vida y el desempeño de nuestros clientes.

Ubicación.

Domicilio: Calle Prolongación Zacatepec Mz. 42, Lt 3, Cd. Industrial Xicohtencatl, Tetla de la Solidaridad, Tlaxcala.

Estado: Tlaxcala, México.

C.P: 90434.

RFC: SGV981105CR0.

Teléfono: +52 241 418 8200

Tipo de Instalación: Planta Industrial.

Puesto o Área de Trabajo del Estudiante.

Diseño industrial: Diseño y optimización de procesos en el sector manufacturero, con enfoque en el desarrollo y mejora de sistemas mecánicos, distribución de materiales y automatización de procesos productivos. Experiencia en modelado 3D, diseño de piezas y componentes, así como en la implementación de mejoras ergonómicas y funcionales en entornos industriales. Uso de software de diseño asistido por computadora (CAD) y análisis para la optimización de productos y procesos.

Durante mi experiencia en el área de diseño industrial, participé en el diseño y rediseño de piezas y componentes, mejorando su funcionalidad y ergonomía. Además, colaboré en la automatización de procesos productivos y la distribución eficiente de materiales. Utilicé software de diseño asistido por computadora (CAD) como SolidWorks, AutoCAD e Inventor, para modelado 3D, contribuyendo a la mejora de productos y procesos dentro de la industria.

Planteamiento del problema.

La creciente demanda de optimización en las industrias requiere que las empresas no solo mejoren la eficiencia de sus procesos, sino que también aseguren un entorno de trabajo seguro y saludable. En este contexto, el proceso de fundición de parafina en la planta de Saint-Gobain (Vetrotex), específicamente en el nivel 13.5, enfrenta una serie de limitaciones críticas que afectan tanto la eficiencia operativa como la seguridad de los trabajadores.

Actualmente, el proceso de fundición depende de un control manual en las tareas de trituración, vertido y dosificación del material. Además, la distribución del espacio de trabajo no favorece un flujo eficiente de las actividades, lo que provoca tiempos improductivos y aumenta la exposición de los operarios a movimientos repetitivos y posturas forzadas, incrementando el riesgo de lesiones ergonómicas a largo plazo, como trastornos musculoesqueléticos.

La falta de automatización y un diseño subóptimo del área de trabajo crean un entorno ineficiente y riesgoso, lo que obliga a los operarios a realizar tareas manuales que no solo son físicamente demandantes, sino que también afectan la seguridad y la calidad en la producción. Estos problemas limitan significativamente el rendimiento de la planta y afectan su competitividad en un entorno industrial altamente demandante.

Dado este contexto, se hace urgente la necesidad de automatizar y rediseñar el área de fundición de parafina. La automatización de procesos clave como el control de temperatura, el vertido preciso de parafina y la dosificación controlada son componentes esenciales que podrían transformar significativamente el proceso de fundición.

Estos cambios no solo mejorarían la calidad del producto final, sino que también incrementarían la seguridad de los operarios al reducir su exposición a tareas manuales repetitivas y posturas inadecuadas.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar e implementar un sistema automatizado que optimice el proceso de fundición, mejore las condiciones laborales y reduzca los riesgos ergonómicos. Además, se buscará rediseñar el espacio de trabajo para favorecer un flujo de actividades más eficiente. Con estas mejoras, se espera reducir los tiempos improductivos, aumentar la precisión en la fabricación y garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable. Estos cambios no solo contribuirán a la mejora en la eficiencia operativa, sino que también permitirán a la planta avanzar hacia la modernización de sus procesos industriales, aumentando su competitividad.

Objetivo general.

Desarrollar e implementar un sistema de automatización y rediseño en el área de proceso de fundición de parafina con el fin de optimizar la eficiencia operativa y reducir los riesgos ergonómicos asociados, mejorando así la distribución precisa, la seguridad y la productividad en la operación.

Objetivos específicos.

- A. Integrar un sistema automatizado en el proceso de fundición y dispersión de parafina en el nivel 13.5, con el fin de mejorar la operación.
- B. Reorganizar el espacio en el área de fundición, favoreciendo una mejor disposición de los materiales para facilitar el flujo de trabajo.

- C. Mejorar las condiciones de trabajo al reducir tareas no ergonómicas y minimizar los errores humanos en el proceso de distribución de la parafina.

Justificación.

La automatización y el rediseño en el proceso de fundición de parafina tendrá un impacto significativo en la eficiencia operativa, la calidad del producto y la seguridad laboral. A continuación, se presentan las razones clave para llevar a cabo este proyecto:

Optimización de la Eficiencia:

- El rediseño del espacio alrededor del tanque garantizará una disposición ergonómica y eficiente, facilitando el acceso y la manipulación de la parafina.
- La automatización permitirá una distribución precisa y rápida de la parafina hacia el tanque de fundición. Esto reducirá los tiempos de ciclo y mejorará la productividad general.

Reducción de Riesgos Ergonómicos:

- Actualmente, los operadores están expuestos a riesgos físicos al manipular manualmente la parafina. La automatización minimizará la intervención humana en tareas peligrosas.
- El rediseño considerará la ergonomía de las estaciones de trabajo, reduciendo la fatiga y el estrés físico.

Mejora de la Calidad del Producto:

- La automatización garantizará una dosificación precisa de la parafina, lo que se traducirá en una calidad más uniforme en los productos elaborados.

- El rediseño también puede incluir mejoras en la calidad del tanque de fundición y su entorno.

Sostenibilidad:

- La automatización reducirá el desperdicio de material al evitar errores humanos y optimizar los procesos.

Competitividad en el Mercado:

- Actualmente la modernización atrae a clientes y socios comerciales interesados en prácticas avanzadas y sostenibles.

Delimitación.

El proyecto tendrá una duración total de veinte semanas, comenzando con la etapa de análisis del proceso actual de fundición de parafina, seguido por el rediseño del espacio específico para el tanque de fundición, posteriormente con el diseño de un sistema automatizado que permita optimizar dicho proceso y culminando con su implementación. Durante las últimas semanas se realizarán pruebas y ajustes para garantizar que el sistema cumpla con los estándares y requisitos definidos.

La intervención se llevará a cabo exclusivamente en el nivel 13.5 de la planta, que es donde se realizan los procesos de fundición de parafina y preparación de Sizing. Este proyecto se centrará en el rediseño del espacio que alberga el tanque de fundición, con el objetivo de mejorar tanto el flujo de trabajo como la eficiencia operativa. No se considerarán áreas fuera de esta sección de la planta.

El sistema automatizado cubrirá únicamente el proceso de molienda, transporte, fundición y dispensado de parafina. Esto incluye un diseño que facilite el movimiento de la parafina desde el área de almacenamiento hasta el tanque de fusión, con un control preciso sobre la cantidad dispensada. No se considerarán los procesos anteriores (como el almacenamiento de materias primas) ni los posteriores a la dispensación de la parafina.

Limitación.

Este proyecto se limitará a intervenir únicamente en el nivel 13.5 de la planta, excluyendo cualquier modificación o mejora en otras áreas de esta. Además, el alcance del sistema automatizado se restringe al proceso de molienda, transporte, fundición y dispensado de parafina, sin incluir actividades previas, como el almacenamiento de materias primas, ni posteriores a la dispensación de la parafina en el proceso.

El rediseño del espacio estará limitado únicamente al área del tanque de fundición y a sus componentes inmediatos. Otras áreas o equipos de la planta no serán objeto de modificaciones o mejoras dentro de este proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

1. Automatización Industrial

1.1 Introducción a la Automatización

El término automatización ha sido utilizado desde la antigüedad. Viene del griego *autos* que significa “por sí mismo”, y *maiomai*, lanzar. Traduciendo estos términos, automatización significa “actuar por sí mismo”.

Para que un sistema pueda funcionar por sí solo, este deberá utilizar diferentes tecnologías para monitorear y controlar máquinas y dispositivos, sin intervención humana. Por lo tanto, la automatización permite reducir y optimizar los procesos de producción actuando directamente sobre la máquina, utilizando elementos de mando y control.

1.1.1 Ventajas

Cada vez más empresas apuestan por mejorar los procesos utilizando máquinas automáticas para simplificar las tareas repetitivas. Entonces, la automatización se ha convertido en un beneficio para la empresa que decida invertir en ella; algunos de estos beneficios se muestran a continuación:

- 1) Disminución de probabilidad de accidentes o enfermedades profesionales. Las tareas repetitivas o de alto riesgo realizadas de forma manual por un operador puede ser reemplazadas por máquinas, con el objetivo de proteger al operador.
- 2) Reducción del tiempo de realización de tareas. Las tareas manuales conllevan tiempos elevados. Un sistema automático permite disminuir tiempos de producción mediante la repetición de una tarea con exactitud y eficiencia.
- 3) Mayor productividad: La disminución de la mano de obra representa en la empresa una optimización del trabajo, ya que reduce costos de operación, aumenta ingresos en líneas de producción continuas y, por ende, incrementa la productividad.

1.1.2 Desventajas

La automatización representa un avance real en la empresa o industria que decida invertir en ella. Sin embargo, también posee algunas desventajas:

- 1) La mano de obra debe ser calificada debido al mantenimiento y actualizaciones que requiera el sistema, lo que implica costos elevados.
- 2) La dependencia tecnológica también será un factor para considerar, debido a que la empresa se vinculará con el proveedor en cuestiones de desarrollo y mantenimiento.
- 3) La inversión inicial es elevada; además, se debe considerar el valor de depreciación y amortización de la máquina.

1.1.3 Opciones de Automatización

Recordemos que la automatización utiliza tecnologías para monitorear y controlar máquinas y dispositivos. Este monitoreo y control puede ser cableado o eléctrico programado. Ahora bien, para definir y presentar los componentes de la lógica cableada y programada, es necesario conceptualizar algunos términos.

- 1) Mando: Acción ejecutada sobre un sistema de control para modificar un estado.
- 2) Control: Método para manejar el estado de un aparato, máquina o proceso.
- 3) Contacto: Elemento que permite formar o interrumpir un circuito.
- 4) Actuador: Elemento que actúa directamente sobre el proceso.
- 5) Sensor: Elemento que permite medir diversas señales, por ejemplo, presión, temperatura, nivel, presencia.
- 6) Transmisor: Capta la variable del proceso por medio del sensor y transmite una señal normalizada a distancia.

En la Fig. 1, podemos observar una variable que ingresa a un sistema, proceso o planta con el objetivo de ser transformada o controlada. Existen diferentes alternativas de control, entre las más populares están el control en lazo abierto y el de lazo cerrado.

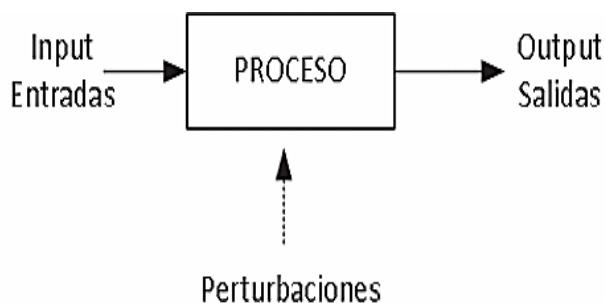


Figura 1. Control de procesos.

Las opciones de automatización de acuerdo con una clasificación tecnológica son:

Lógica cableada También conocida como lógica de contactos; utiliza circuitos eléctricos, con tactos eléctricos, relés eléctricos y demás elementos que serán conectados siguiendo una secuencia lógica de control para su funcionamiento. Se contempla un circuito de mando y un circuito de potencia. Un ejemplo de este tipo de configuración es la que se encuentra en la Fig. 1.1, la cual muestra el diseño del sistema de control para la inversión de giro de un motor eléctrico.

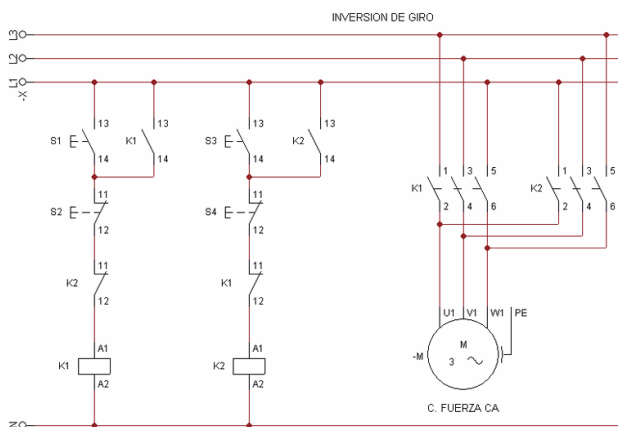


Figura 1.1. Circuito de control para la inversión de giro de un motor con lógica cableada.

Cualquier cambio que se necesite en el circuito implicará modificar todo el cableado y elementos que forman parte. Este tipo de circuitos se suele utilizar en instalaciones sencillas. **Lógica programada** Este tipo de diseño reemplaza los elementos de mando, tales como relés eléctricos, contactores auxiliares, temporizadores, contadores, etc.; por PLC's también conocidos como autómatas o relés programables.

Para que pueda funcionar el sistema con lógica programada, se debe crear un software en los lenguajes de programación que manejan los fabricantes de PLC's, basados en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). En este caso, cualquier cambio en la programación no necesariamente incluye una modificación en el cableado de las entradas y salidas al PLC. Podemos visualizar un ejemplo de esta lógica en la Fig. 1.2; es un programa en lenguaje Ladder, para que arranque o pare un motor.



Figura 1.2. Programa para arrancar o parar un motor con lógica programada.

Tenemos dos formas de hacer control de procesos: cuando la señal de salida es independiente de la señal de entrada y cuando la señal de salida si influye en la señal de entrada.

Control en lazo abierto En este sistema, la señal de entrada que ingresa al proceso sufre una transformación para obtener la salida (ver Fig. 1.3).

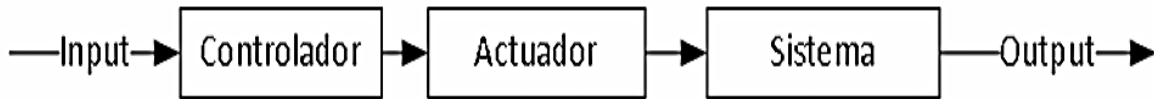


Figura 1.3. Control de procesos en lazo abierto.

Control en lazo cerrado Este es un tipo de control por realimentación. El controlador recibe la señal de error que se produce por la diferencia entre la variable medida y la referencia (set point), efectuando una acción de compensación de pendiendo de la magnitud del error. Se realiza con el objetivo de llevar la salida del sistema al valor deseado (ver Fig. 1.4)

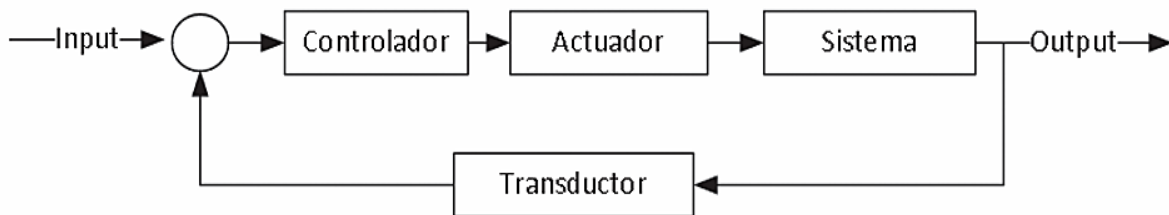


Figura 1.4. Control de procesos en lazo cerrado.

1.2 Autómatas Programables

Un autómata programable es un dispositivo electrónico que se utiliza dentro de entornos industriales para el control, monitoreo y registro de procesos industriales, con una alta capacidad de procesamiento, limitada memoria de datos y programa, recursos de comunicación y programación acorde con el desarrollo tecnológico, que puede ser programado en lenguajes no informáticos. Tiene su origen ante el requerimiento de la empresa General Motors a sus proveedores de equipamiento eléctrico en 1968. Este especificó su necesidad de reducción de costos de mantenimiento e implementación de la automatización de sus procesos basados en lógica cableada, utilizando relés y

contactores, al igual que disminuir el espacio que estos sistemas ocupaban dentro de sus instalaciones, estableciendo la necesidad de un sistema flexible, apto para el entorno industrial, de fácil programación, mantenimiento reducido y reutilizable de forma que se reduzca el tiempo de inactividad de la máquina ante cambios en la configuración del proceso y con capacidad de expansión a futuro. Así inició el desarrollo de los Controladores Lógicos Programables (PLC's) que tienen un espacio ganado dentro de la automatización de procesos y la industria.

En la actualidad, constituyen un recurso prácticamente indispensable en un proceso industrial que se pueda considerar automatizado, ya que su gran potencial de reprogramación y adaptabilidad a nuevos requerimientos en el desarrollo de productos cada vez más personalizados los ha constituido un recurso altamente requerido en el escenario de la Industria 4.0. Sus recursos y capacidades han ido evolucionando en paralelo con el desarrollo tanto de la electrónica como de las telecomunicaciones, de tal forma que, actualmente, ya no es solo un dispositivo de trabajo dentro de entorno industrial cerrado y limitado, sino que se los puede conectar a dispositivos comerciales y de oficina. Esto permite la comunicación entre la parte productiva y la administrativa de una empresa, siempre y cuando esté acompañado de recursos de conectividad, buses y redes de datos tanto a nivel industrial como administrativo. IEC 61131 es el primer paso en la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo lenguajes de programación. Esta norma se divide en cinco partes:

- a) Parte 1: Vista general.
- b) Parte 2: Hardware.
- c) Parte 3: Lenguaje de programación.

d) Parte 4: Guías de usuario.

e) Parte 5: Comunicación

IEC 61131-3 es la base real para estandarizar los lenguajes de programación en la automatización industrial, haciendo el trabajo independiente de cualquier marca o modelo, lo que ha ayudado a la estandarización y facilitado el entendimiento de programas desarrollados en diferentes marcas y modelos de PLC's, ya que la simbología y método de programación está regulado por la norma.

1.2.1 Arquitectura de PLC

Su arquitectura interna es muy similar a la de un computador, es decir, tiene básicamente un cerebro central basado en un microprocesador o microcontrolador, memoria de datos, memoria de programa, entradas, salidas y puertos de comunicación, pudiendo estar todo esto dentro de un solo bloque que constituye la CPU (Unidad Central de Procesamiento), sin embargo en algunos casos las salidas, entradas y otras funcionalidades pueden adicionarse externamente, a través de los denominados módulos de expansión, que pueden ser de diferentes tipos como digitales, analógicos y de comunicación. (Ver Fig. 1.5)

a) Unidad Central de Procesamiento: es el elemento basado en microprocesador o microcontrolador que gestiona y maneja el funcionamiento del PLC; es el encargado de ejecutar el programa que se almacena en la memoria y conectarse con las entradas, salidas y dispositivos conectados al PLC a través de los puertos de comunicación.

- b) Memoria de datos: es el espacio destinado al almacenamiento de la información resultante de la lectura de las entradas, escritura en las salidas y los resultados parciales de las operaciones lógicas o aritméticas que realiza el programa del PLC. Básicamente, puede almacenar tipos de datos, como bit, byte (8 bits), Word (16 bits), double Word (32 bits), real (flotante), timers, contador. Anteriormente, se dividía en carpetas o tipos que definían el tipo de dato que podía ser almacenado en un bloque determinado. Actualmente la memoria de datos es de propósito general y puede utilizarse libremente para almacenar los tipos de datos aceptados por el PLC.
- c) Memoria de programa: es el encargado de almacenar el código del programa que rige la lógica de funcionamiento del PLC; está compuesta de un bloque principal denominado Main y se le pueden adicionar tipos de bloques para ayudar a dividir el funcionamiento en subrutinas, funciones o bloques de datos.

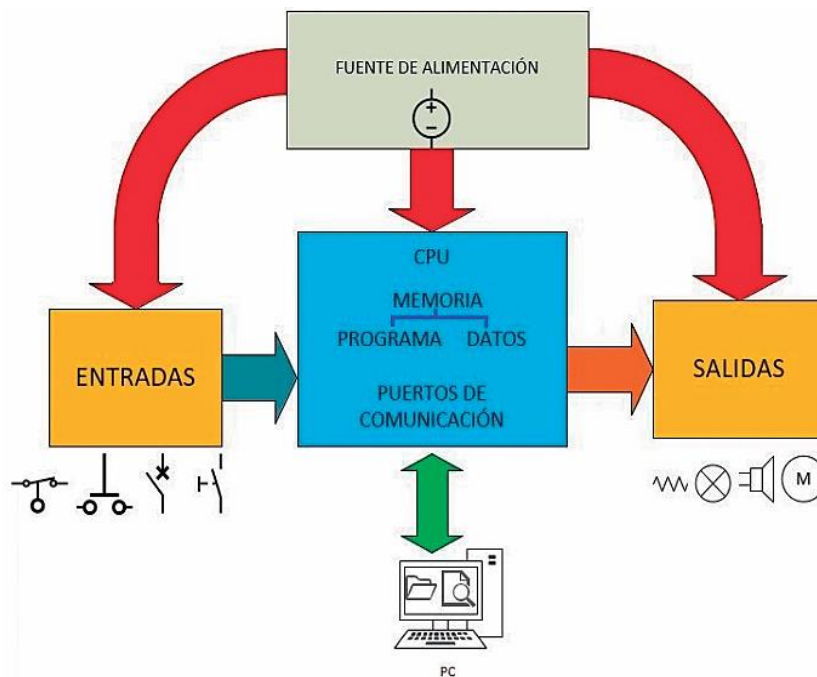


Figura 1.5. Arquitectura PLC.

- d) **Entradas:** comunican el estado de elementos de medición, pulsadores, interruptores, sensores o cualquier elemento que pueda proporcionar información del mundo exterior al PLC, requieren una conexión física con el elemento a medir y puede ser digital (prendido o apagado) o analógica, determinada por una resolución y destinada a la conexión de sensores analógicos como termocuplas, celdas de carga, galgas extensiométricas, potenciómetros, entre otros. Internamente, cuentan con protecciones opto eléctricas que las aíslan para cuidar al resto del equipo.
- e) **Salidas:** se comunican y se conectan con los actuadores, destinados a controlar o modificar el estado de una variable a controlar, como motores, niquelinas, lámparas, luces piloto, electroválvulas, entre otros. Al igual que las entradas, pueden ser digitales (prendido o apagado) o analógicas. Internamente, cuentan con protecciones opto eléctricas que las aíslan para resguardar al resto del equipo.
- f) **Puertos de comunicación:** por lo general en la actualidad todos los PLC ofrecen diferentes puertos de comunicación que facilitan la comunicación con los entornos de programación, que por lo general se instalan en PC's, siendo en la actualidad el puerto Ethernet el comúnmente más disponible en los PLC, el cual ha desplazado a los puertos seriales RS-232 o RS-485 que eran los comúnmente disponibles en 20 modelos anteriores.

1.2.2 Tipos de I/O

El PLC puede recibir o entregar dos tipos de señales desde o al exterior. Estas son señales digitales binarias, es decir 1 o 0 y señales analógicas dentro de un rango de

voltaje (0 a 10 V) o corriente (4 a 20 mA). Sin embargo, la forma como se recibe o entrega esta señal del o al exterior puede ser diferente y depende del tipo de elemento o actuador que se quiere manipular y el módulo con el que se va a trabajar. Se debe considerar que el módulo requiere de una conexión a la fuente de alimentación y que internamente proporciona un sistema de aislamiento galvánico, acondicionamiento, filtrado y protección que evita problemas de ruido, conexión o señales inadecuadas tanto en las entradas o salidas del PLC afecten al CPU. En cuanto a las entradas digitales, pueden ser:

- a) Tipo voltaje continuo PNP o fuente, por el terminal común del módulo recibe al terminal negativo de la fuente de alimentación (0 VCC) y el terminal positivo (24 VCC) se recibe a través del elemento externo conectado (interruptor, sensor, pulsador o cualquier dispositivo que genere la diferencia de potencial necesaria) al terminal de la entrada del módulo. Si bien es cierto que 24 VCC es el voltaje más común de las entradas, también se encuentran voltajes de 12 o 50 VCC. Ver Fig. 1.6.
- b) Tipo voltaje continuo NPN o sumidero, por el terminal común del módulo recibe al terminal positivo de la fuente de alimentación (24 VCC), y el terminal negativo (0 VCC) se recibe a través del elemento externo conectado (interruptor, sensor, pulsador o cualquier dispositivo que genere la diferencia de potencial necesaria) al terminal de la entrada del módulo. Ver Fig. 1.6.
- c) Tipo corriente (4 o 20 mA), por el terminal común del módulo recibe al terminal negativo de la fuente de alimentación (0 VCC) y la terminal de la entrada del módulo recibe la corriente de 4 mA para el 0 lógico o 20 mA para el 1 lógico. Este

tipo de conexión es recomendado para distancias relativamente largas entre el módulo y el dispositivo de entrada; adicionalmente, se puede determinar problemas de conexión con el desmotivo, cuando la señal sea de 0mA.

- d) Tipo voltaje alterno, por el terminal común del módulo recibe al terminal neutro de la fuente de alimentación y la fase se recibe a través del elemento externo conectado (interruptor, sensor, pulsador o cualquier dispositivo que genere la diferencia de potencial necesaria) al terminal de la entrada del módulo. Se pueden encontrar en voltajes de 24, 48, 110 o 220 VAC.
- e) Adicionalmente, existen módulos de entradas especiales, como contadores rápidos que se utilizan para sensores que proporcionan señales de alta frecuencia como encoders.

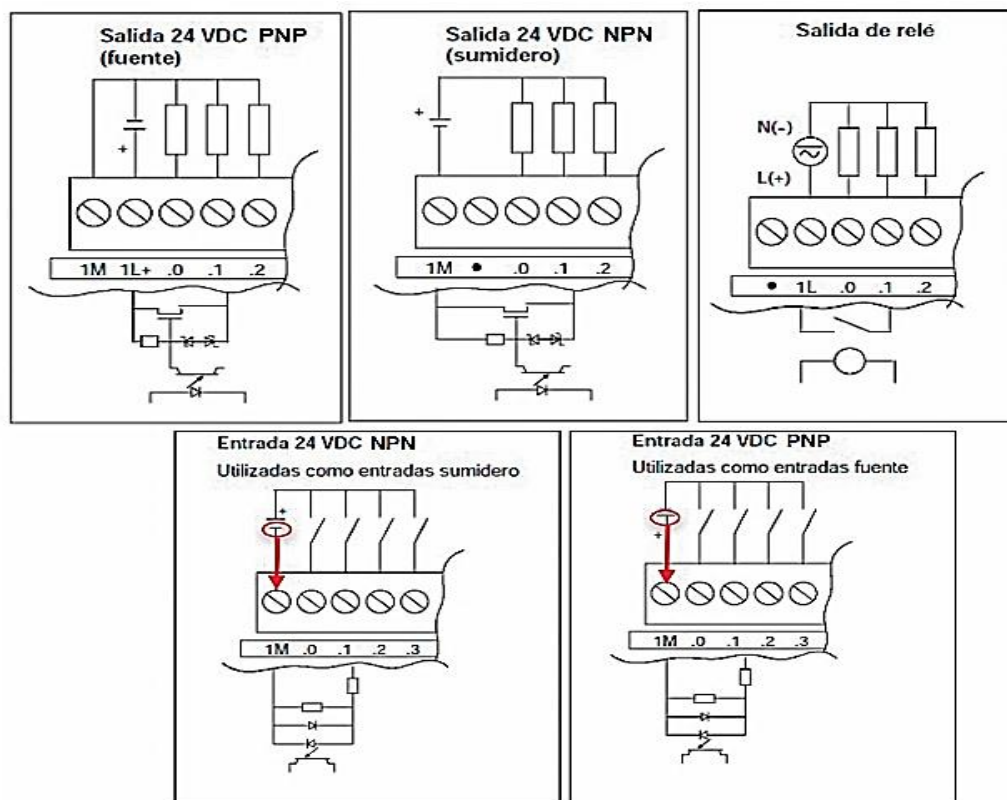


Figura 1.6. Tipos de entradas y salidas de PLC's.

1.2.3 Tipos de PLC

Existen criterios a partir de los cuales se pueden clasificar los PLC's. Se mencionarán las más conocidas. Por su estructura y apariencia física, el PLC puede ser:

- i. Compacto: un solo bloque contiene todos los elementos necesarios para su funcionamiento (Fuente de alimentación, CPU, memorias y E/S); son más económicos pero limitados en sus características, especialmente en el número de entradas y salidas.
- ii. Modular: formado a partir de la combinación de módulos por separado, incluyendo la CPU, la fuente de alimentación y módulos de expansión de comunicación o E/S. Puede estar insertado dentro de una sola estructura que lo protege y almacena que se denomina chasis rack o agrupado únicamente a través de una riel común y conectores que unen a todos los módulos ajustados a través de tornillos. Es más flexible y adaptable a los requerimientos del proceso, ya que puede ir expandiendo sus módulos según las variantes de un proceso, sin embargo, es más costoso y tiene un límite definido de módulos que puede admitir.
- iii. Semi-modular: tiene la apariencia de un PLC compacto, pero admite módulos de expansión en menor cantidad que un PLC modular, lo que lo hace versátil, aunque limitado a aplicaciones pequeñas o medianas.

En la actualidad, muchas marcas y familias de PLC's tienen esta característica de poseer entradas y salidas incluidas y admitir módulos de expansión; por ejemplo, la familia de PLC S7-1200 de Siemens (ver Fig. 1.7).

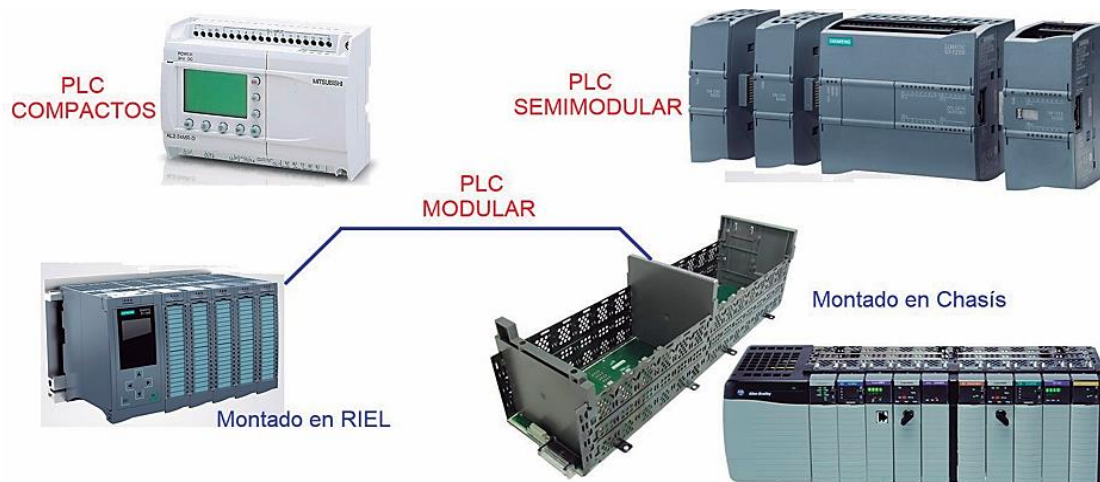


Figura 1.7. Clasificación de los PLC's por su estructura.

Por sus características internas —es decir, por sus capacidades y prestaciones, asociado con que el PLC es un dispositivo de propósito general— se debe considerar que no todas las aplicaciones son iguales. Por lo tanto, se debe seleccionar un PLC que se ajuste a los requerimientos del proceso, ya que el incremento de capacidades del PLC está asociado con su costo. Así, el PLC puede ser:

- i. Gama baja: está formado por PLC's con capacidades muy limitadas de memoria de datos, programa, entradas y salidas que, dependiendo de la nomenclatura y clasificación del fabricante, en algunos casos no se considera como PLC, sino más bien un relé inteligente. Por lo general, son compactos o semicompactos; en Siemens está constituido en la familia conocida como Logo.
- ii. Gama media: son PLC's con capacidades de memoria de datos y memoria, entradas, salidas y módulos de expansión que los hacen aptos para aplicaciones medianas y grandes. Tienen una gran funcionalidad, pero sus capacidades internas son limitadas. Pueden ser semicompactos o modulares en racks; en Siemens está constituida por la familia S7-1200 o S7-300.

- iii. Gama alta: estos PLC's son de altas prestaciones y grandes capacidades de almacenamiento de datos y programas. Por general, se los utiliza para manejar procesos muy grandes y comunicarse con otros PLC's dentro de una red industrial; mayormente son modulares a través de rieles y conectores y de alto costo. En Siemens está constituido por la familia S7-1500 o S7-400. Ver Fig. 1.8.

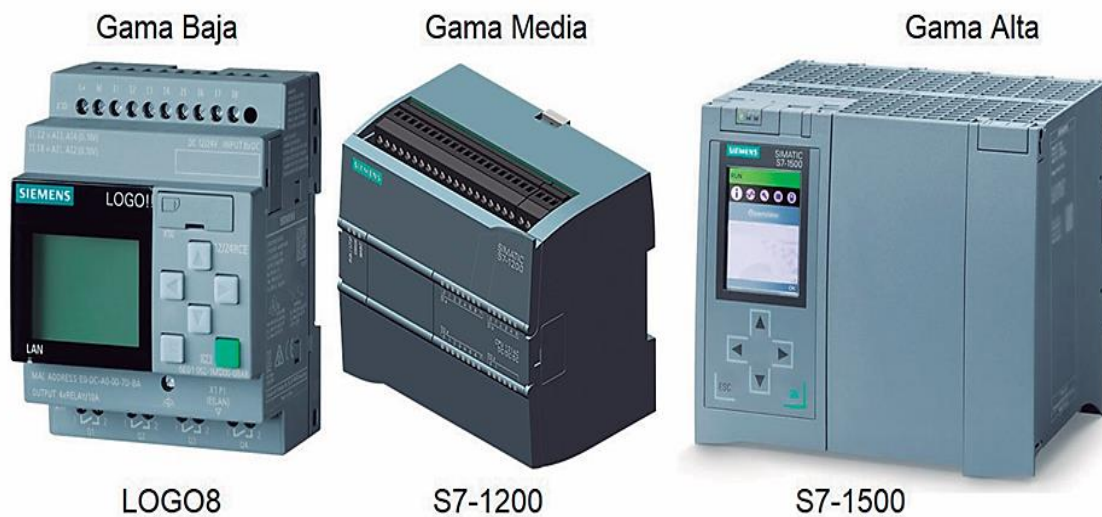


Figura 1.8. Clasificación de los PLC's por sus capacidades y prestaciones.

1.2.4 Lenguajes de Programación

Si bien los lenguajes de programación han sido regulados por la norma IEC 61131-3, los diferentes fabricantes de PLC ofrecen cada vez más sofisticados entornos de programación para la creación de proyectos de automatización. Por ejemplo, Siemens tiene TIA Portal; Rockwell Automation tiene Studio 5000; entre otros. Con TIA Portal, los programadores pueden seleccionar entre diferentes lenguajes de programación como: Diagrama de escalera (Ladder LAD), el diagrama de bloques de funciones (FBD), lenguaje de programación estructurado (SLC), lenguaje de programación gráfico (GRAFCET), entre otros, dependiendo del modelo y familia del PLC. Las características

de todo entorno actual de programación de PLC incluyen capacidades de creación de proyectos, adición de módulos de expansión, diagnóstico del sistema, diagnóstico de procesos, simulación de programas, configuración de recursos de comunicación, documentación de los proyectos de automatización, conexión con otros dispositivos como PLC's y HMI's.

S7-PLCSIM es un paquete opcional para TIA Portal que permite la simulación de una plataforma de control SIMATIC S7 y la simulación y comprobación de un programa de usuario en una PC. Esto permite probar y perfeccionarla antes de la instalación física del hardware. Al realizar pruebas al inicio del desarrollo de un proyecto, se puede mejorar la calidad general. De este modo, la instalación y la puesta en servicio son más rápidas y con menos costos, ya que las fallas del programa se pueden detectar y corregir desde las fases iniciales, durante el desarrollo e incluso en el funcionamiento.

- i. Diagrama de escalera (Ladder LD): tiene sus orígenes en Estados Unidos. Está basado en la presentación gráfica de la lógica de relés, está asociado con la simbología y lógica de diseño de sistemas basados en relés y contactores.
- ii. El Diagrama de Bloques Funcionales (FBD): es muy común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados y es ampliamente utilizado en Europa. Se asemeja a la implementación de circuito digital basado en el uso de compuertas digitales y flip-flops.
- iii. El lenguaje Texto estructurado (SLC ST): es un lenguaje de alto nivel con orígenes en Pascal o C. Puede ser utilizado para codificar expresiones complejas e instrucciones anidadas; este lenguaje dispone de estructuras para bucles

(REPEAT-UNTIL; WHILE-DO), ejecución condicional (IF-THEN-ELSE; CASE), funciones (SQRT, SIN, etc.); adicionalmente, se puede considerar como la opción de programación textual basada en lenguaje de alto nivel.

- iv. Lenguaje de programación gráfica (GRAPH SFC), basada en GRAFCET, facilita la implementación de programación secuencial de procesos. Dependiendo de su complejidad, existe un aumento en la implementación de este tipo de programación, porque permite mantener un orden y secuencia ordenada de la lógica del proceso; sin embargo, no está disponible en todos los modelos de PLC's. Está principalmente orientado a PLC's gama alta, en los cuales se programan procesos más complejos.
- v. Existen varios lenguajes adicionales, pero, con el tiempo y el desarrollo tecnológico, han perdido vigencia y se encuentran disponibles en menor cantidad de PLC's. Por lo tanto, son menos utilizados como lista de comandos (IL). Ver Fig. 1.9.

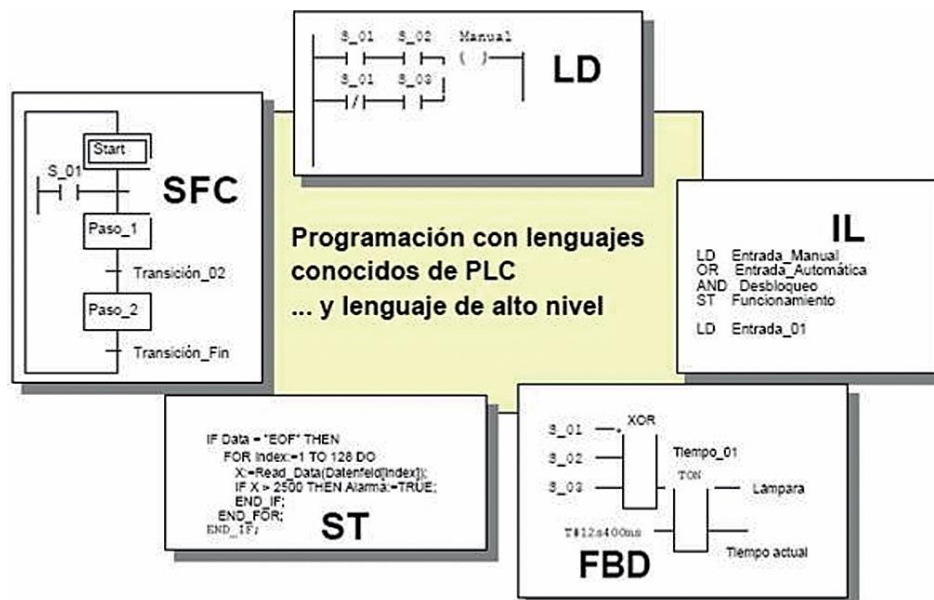


Figura 1.9. Lenguajes de Programación de PLC's.

1.2.5 Funcionamiento

El funcionamiento del PLC es secuencial. Por ello, la ejecución de la lógica de funcionamiento tiene 4 pasos que se ejecutan de manera cíclica y continua.



Figura 2. Funcionamiento del PLC.

- i. Actualización de entradas: consiste en la lectura de los datos encontrados en las entradas del PLC y en su transferencia a las memorias internas que el PLC tiene designadas para este propósito.
- ii. Ejecución de la lógica de funcionamiento: comando por comando programado, se ejecuta la lógica de funcionamiento establecida y se determinan los nuevos valores a ser cargados en las salidas según los cambios de las entradas leídas anteriormente. En el caso de Ladder y Bloques de funciones, la ejecución se da de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.
- iii. Diagnóstico del estado del PLC y comunicaciones: se realiza el análisis del estado del PLC y se atienden los pedidos de información o instrucciones enviadas al PLC

desde los puertos de comunicación. Este proceso es fundamental para el sistema ya que es el que permite comunicarse con el entorno de programación y la recepción de datos a través de redes o buses de campo o control.

- iv. Actualización de las salidas: se escriben a través de los registros de memoria establecidos en los estados de las salidas del PLC convertidas en los niveles y características acorde al tipo de salida respectiva. Ver Fig. 2.

1.3 Redes Industriales

La implementación y utilización de una red a nivel industrial permite establecer una serie de ventajas competitivas a una empresa o industria, desde la reducción del cableado, mejora de tiempos de respuesta, flexibilidad en la producción, manejo, almacenamiento y análisis de datos, detección de errores, menores costos de mantenimiento, información en tiempo real y vinculación con herramientas y recursos de gestión, entre otros.

1.3.1 Pirámide de Automatización

La pirámide de automatización es una representación gráfica de los niveles de integración y automatización que puede tener o alcanzar una industria. Integra tanto el proceso productivo, en el cual se utilizan e implementan tecnologías de operación y equipos industriales, como la parte administrativa o de gestión, en la cual se encuentran las tecnologías de la información en combinación con equipos de tipo informático comercial, infraestructuras de la comunicación, recursos de software para la administración y gestión.

El propósito de la pirámide es ilustrar y representar una industria en general, para evaluar, medir el nivel de automatización de sus procesos industriales o administrativos e integrar

ambos, que se constituye actualmente en el nuevo desafío para toda industria en esta era de la comunicación e información. Como se muestra en la Fig. 2.1, la pirámide está constituida por 5 niveles que representan los niveles de automatización de un proceso industrial, abarcando toda la cadena productiva y la parte administrativa.

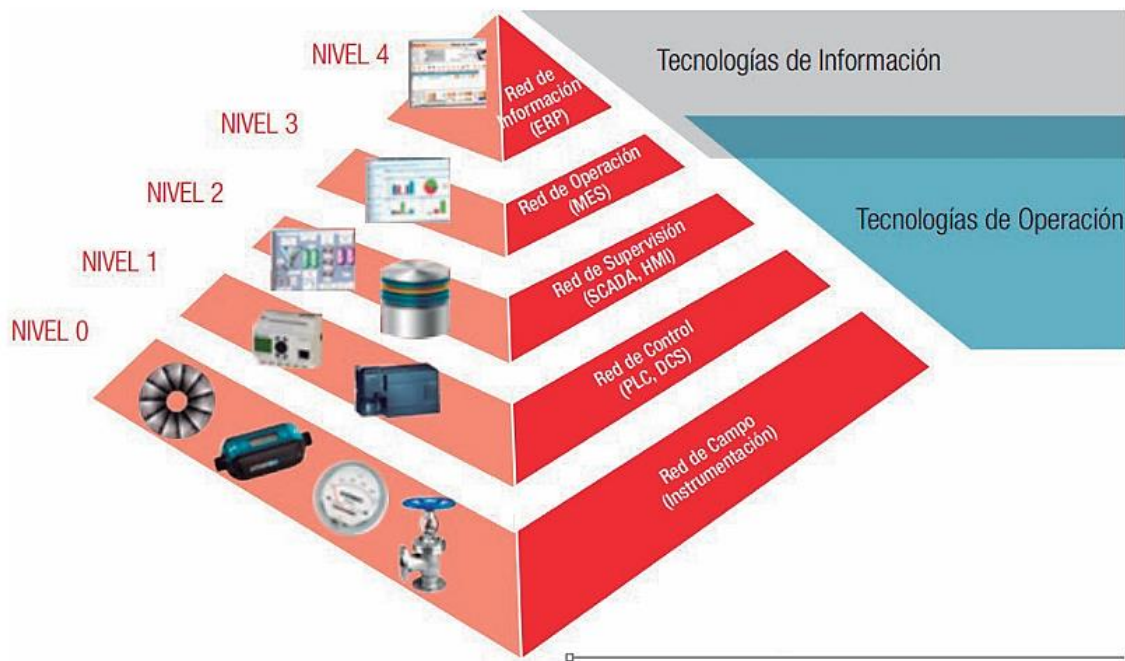


Figura 2.1. Pirámide de automatización.

1.3.2 Nivel de Campo

El nivel de campo, o nivel de sensores y actuadores, es la etapa del proceso productivo donde los sensores miden variables y los actuadores ajustan su estado para transformar la materia prima. Este nivel contiene la mayoría de los componentes de una red industrial, aunque transmiten pocos datos, generalmente en formato binario (on-off) o en valores analógicos de baja resolución, lo que implica bajas velocidades de transmisión.

Las redes en este nivel deben cubrir largas distancias, soportar cientos o miles de metros, y manejar tiempos de respuesta rápidos para asegurar la precisión en tiempo real.

Además, al estar en contacto directo con el proceso, los cables y medios de transmisión necesitan ser robustos y resistentes al ruido, la humedad, temperaturas extremas, y residuos químicos que puedan afectar su durabilidad y funcionalidad.

1.3.3 Nivel de Control

El nivel de control agrupa los dispositivos que manejan la lógica de control de los procesos, como PLC's, DCS, y variadores de velocidad. Los PLC's son predominantes y pueden conectarse a interfaces HMI o en red con otros PLC's para gestionar procesos complejos o con múltiples variables. Aunque el número de dispositivos de control es menor que el de sensores y actuadores, la creciente automatización requiere más controladores y algoritmos sofisticados. Las redes en este nivel deben gestionar un mayor flujo de datos y comunicarse con otros dispositivos de control, con tiempos de respuesta rápidos y alta robustez en el medio de transmisión para garantizar comunicación en tiempo real y resistencia a condiciones industriales.

1.3.4 Nivel de Supervisión

Como se muestra en la Fig. 2.2, está constituido por el Sistema de Supervisión Control y Adquisición de Datos (Scada). Este está conformado por toda la infraestructura de hardware y software requerida para la implementación de un sistema de supervisión, monitoreo y control remoto del proceso. Su principal elemento es el cuarto de control central, desde donde se puede visualizar el funcionamiento parcial o total de un proceso industrial, y se constituye en la herramienta principal para identificar y modificar el estado de una planta industrial



Figura 2.2. Nivel de supervisión.

Dentro de los elementos de hardware se pueden encontrar PLC's, HMI's, servidores informáticos, monitores de gran tamaño, routers, elementos y accesorios de red, sistemas de comunicación, entre otros. Dentro de los elementos de software están sistemas OPC Server, SCADA, software de análisis de datos, bases de datos, gráficos históricos y en tiempo real, entre otros. Por lo tanto, en este nivel se evidencia la transición y unión de la producción con la administración.

Este nivel se constituye en un interfaz entre la parte industrial y la gestión, integra ambas partes, permitiendo el intercambio de información entre ambas, transformando, por ejemplo, los pedidos de clientes en órdenes de trabajo, de despacho de materia prima y producto terminado.

1.3.5 Nivel de Gestión de la Producción

Es la parte de la gestión de una industria que se realiza en planta: verifica, monitorea el estado, establece y planifica las tareas a ser desarrolladas por la mano de obra que opera en una instalación industrial (ver Fig. 2.3).

Los requerimientos de este nivel van a nivel de equipos informáticos, servidores, recursos de software y, en base a la información de los niveles inferiores, establece políticas y tareas para los operarios.

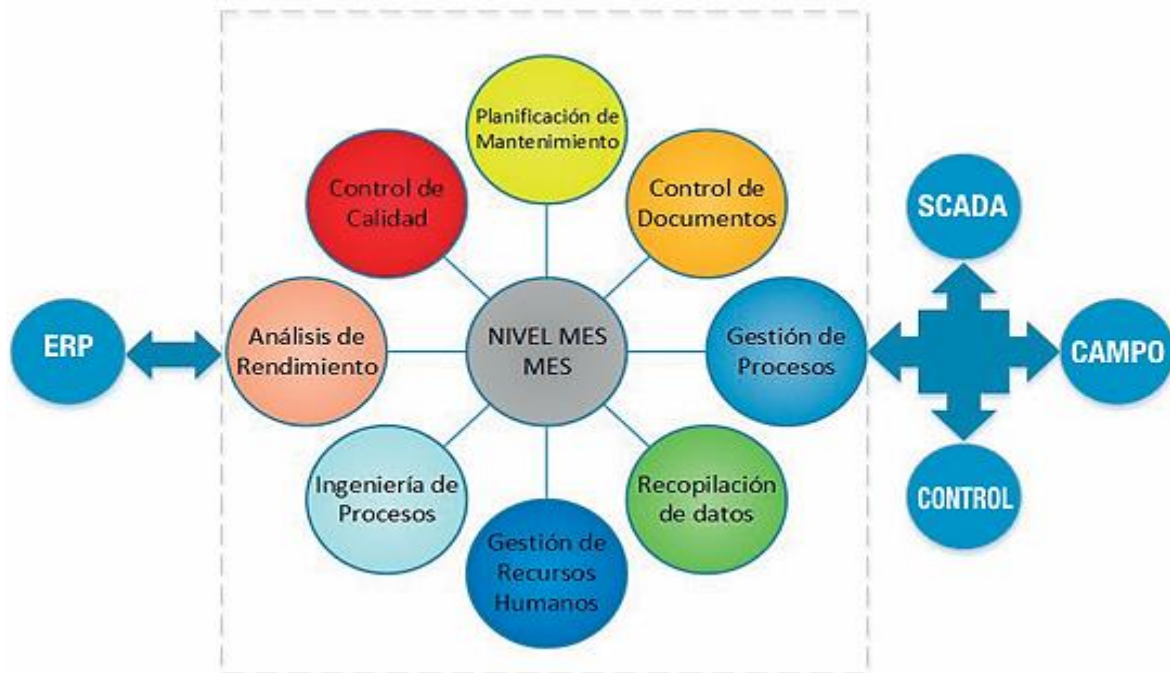


Figura 2.3. Nivel de gestión de la producción.

1.3.6 Nivel de ERP

El nivel de planificación de recursos empresariales (ERP) en el entorno productivo actúa como un sistema integral que gestiona y planifica los recursos empresariales, conectando los procesos productivos con la administración. Es modular y estandarizado, permitiendo una integración eficiente que mejora procesos, reduce inventarios, optimiza el almacenamiento, y facilita la gestión logística y de ventas.

Ubicado en el nivel superior de la organización, el ERP depende de información precisa de los niveles inferiores para tomar decisiones estratégicas, conectando el estado interno del proceso productivo con el contexto externo, tal como muestra la Fig. 2.4.

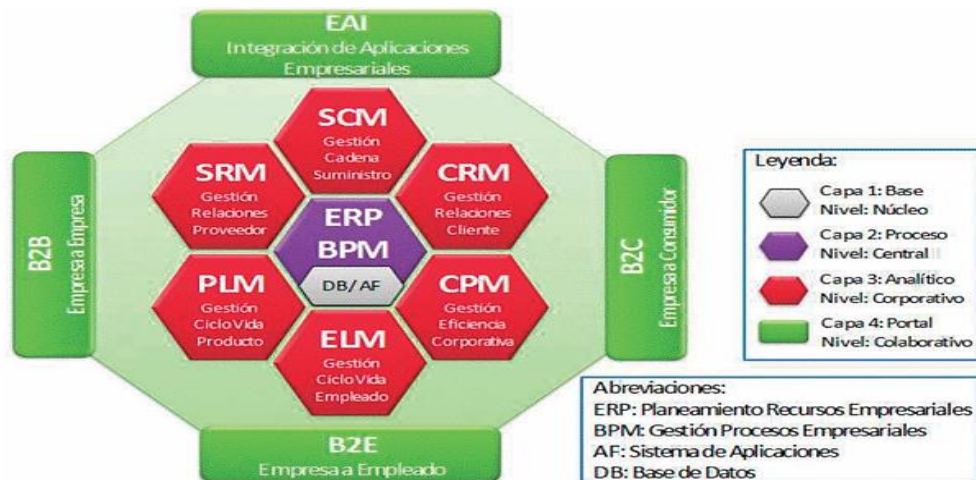


Figura 2.4. Nivel de gestión de recursos empresariales.

2. Herramientas de Diseño y Automatización en Ingeniería

Las herramientas de diseño y automatización en ingeniería son tecnologías clave que facilitan la creación, análisis y mejora de sistemas y productos. Estas herramientas permiten a los ingenieros trabajar de manera más eficiente y precisa, optimizando el tiempo, los recursos y los costos de los proyectos.

2.1 Conceptos Generales de Diseño y Automatización

En el desarrollo de sistemas automatizados y diseño industrial, el uso de software especializado es fundamental para la precisión, eficiencia y control en cada etapa del proceso. Las herramientas SolidWorks, TIA Portal y AutoCAD son ampliamente utilizadas en la ingeniería de diseño y automatización de procesos, y cada una cumple un rol específico que contribuye a mejorar la eficiencia y la calidad del proyecto.

2.1.1 Diseño

El término diseño procede del vocablo italiano “disegno”. El proceso de diseño tradicionalmente sigue una serie de pasos organizados y sistemáticos que permiten

transformar una idea inicial en un producto o sistema funcional. Estos pasos ayudan a estructurar el trabajo de diseño, desde la concepción inicial hasta la implementación final.

A continuación, se describen los pasos comunes del proceso de diseño:

- 1. Identificación de la Necesidad o Problema:** En esta fase inicial, se define la necesidad o problema que se desea resolver mediante el diseño. Se recogen datos y se comprenden las expectativas o requisitos específicos del proyecto. Esto incluye el análisis del contexto y de las condiciones operativas.
- 2. Investigación y Análisis:** Se realiza una investigación exhaustiva para recopilar información relevante sobre el problema o necesidad. Esto puede incluir el análisis de soluciones existentes, consulta de normativas, estudios de mercado, y evaluación de los materiales y tecnologías disponibles.
- 3. Definición de Requisitos y Especificaciones:** Una vez se tiene un buen entendimiento del problema y sus condiciones, se elaboran las especificaciones técnicas que el diseño debe cumplir.
- 4. 4.Generación de Ideas (Lluvia de Ideas):** Se generan múltiples ideas o conceptos de diseño que puedan satisfacer los requisitos y resolver el problema planteado. Esta etapa implica creatividad y exploración de diversas alternativas sin evaluar en detalle cada una.
- 5. Selección del Concepto (Evaluación y Comparación):** Se evalúan las diferentes ideas generadas, comparando sus ventajas y desventajas respecto a las especificaciones. Usualmente, se emplean métodos de selección como matrices de decisión o análisis de costo-beneficio para elegir la mejor opción.

- 6. Diseño Preliminar:** Una vez seleccionado el concepto, se elabora un diseño preliminar que permite visualizar y evaluar la estructura general de la solución. Este diseño incluye bocetos o modelos básicos en 2D o 3D que muestran cómo funcionará y se verá el producto o sistema.
- 7. Diseño Detallado:** En esta fase se desarrolla el diseño de manera exhaustiva, incluyendo todas las especificaciones técnicas, dimensiones, materiales y ensamblajes necesarios para la construcción o implementación del producto o sistema. Esta etapa también incluye la creación de planos y modelos 3D detallados en herramientas CAD, que muestran todas las características de cada componente.
- 8. Modelado y Simulación:** El diseño detallado se somete a simulaciones y pruebas virtuales (como análisis de resistencia, térmicos, de flujo, etc.) para verificar su rendimiento bajo condiciones operativas.
- 9. Evaluación y Optimización:** Se analizan los resultados para realizar mejoras y optimizar el diseño. La optimización busca alcanzar el mejor balance entre calidad, costo, y eficiencia, considerando posibles limitaciones de producción o restricciones de materiales.
- 10. Producción o Implementación:** Una vez aprobado el diseño optimizado, se procede a la fase de producción o implementación, en la cual se fabrica, construye o instala el sistema o producto según las especificaciones finales.
- 11. Documentación y Mantenimiento:** Se documenta cada etapa del proceso, incluyendo especificaciones finales, planos, procedimientos de instalación, y

manuales de operación y mantenimiento. Esto garantiza que el diseño pueda ser replicado y mantenido adecuadamente.

2.1.2 Automatización

La automatización industrial se refiere al uso de tecnologías para controlar y operar sistemas de producción de manera autónoma, reduciendo la intervención humana y mejorando la eficiencia. Incluye la integración de equipos y sistemas de control que permiten que los procesos industriales se desarrollen de forma continua y controlada.

1. **Controladores y PLC's (Controladores Lógicos Programables):** Los PLC's son dispositivos electrónicos que ejecutan instrucciones programadas para controlar equipos y procesos industriales.
2. **Sensores y actuadores:** Los sensores son dispositivos que capturan datos del entorno (como temperatura, presión, o posición) y los envían al sistema de control. Los actuadores, por otro lado, realizan acciones físicas (como mover una válvula o encender un motor) según las instrucciones del controlador.
3. **Sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos):** SCADA es un sistema que permite supervisar y controlar procesos industriales a través de interfaces gráficas en tiempo real. Recoge y procesa datos de sensores y equipos, lo que facilita el monitoreo y la toma de decisiones.
4. **Comunicación y protocolos industriales:** La automatización requiere que todos los dispositivos y sistemas puedan comunicarse. Esto se logra mediante protocolos industriales, como Ethernet/IP, Modbus, Profibus, que aseguran la integración y transferencia de datos.

5. **Robótica industrial:** En muchos sistemas de automatización, los robots industriales son fundamentales para tareas de ensamblaje, soldadura, embalaje y otros procesos repetitivos.
6. **Interfaz Hombre-Máquina (HMI):** Los HMI son interfaces gráficas que permiten a los operarios interactuar con los sistemas automatizados. Desde la HMI, el operador puede monitorear el estado del sistema, ajustar parámetros, y responder a alarmas o fallos.

2.1.3 Importancia del CAD y CAE

La integración de herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), ingeniería asistida por computadora (CAE) y control de procesos industriales permite optimizar cada etapa de un proyecto, desde la conceptualización hasta la implementación y mantenimiento. Estas herramientas son esenciales no solo para crear modelos detallados y precisos, sino también para anticipar problemas potenciales, mejorar la calidad del producto y aumentar la eficiencia operativa.

En un contexto industrial cada vez más complejo y competitivo, el software especializado permite a los ingenieros enfrentarse a desafíos de diseño, control y optimización de manera rápida y precisa. Este tipo de herramientas facilita la adaptación a requisitos cambiantes y normativas de seguridad, y permite una mayor colaboración entre equipos multidisciplinarios, lo que resulta crucial para el éxito de los proyectos industriales.

2.1.4 Ventajas del Uso de Software Especializado.

El software especializado permite realizar tareas complejas de manera más rápida, como el diseño, la simulación y la gestión de procesos industriales. Esto reduce

significativamente los tiempos de desarrollo, implementación y ajuste, minimizando los retrasos en los proyectos. Estas herramientas están diseñadas para trabajar con altos niveles de detalle y exactitud, lo que disminuye los errores humanos y asegura que los cálculos, modelos y simulaciones sean confiables.



Figura 2.5. Softwares especializados.

Muchos de estos programas permiten integrar diferentes sistemas, como CAD, CAM, PLM o ERPs, lo que facilita la automatización de tareas repetitivas y mejora la eficiencia operativa en los procesos de manufactura y logística.

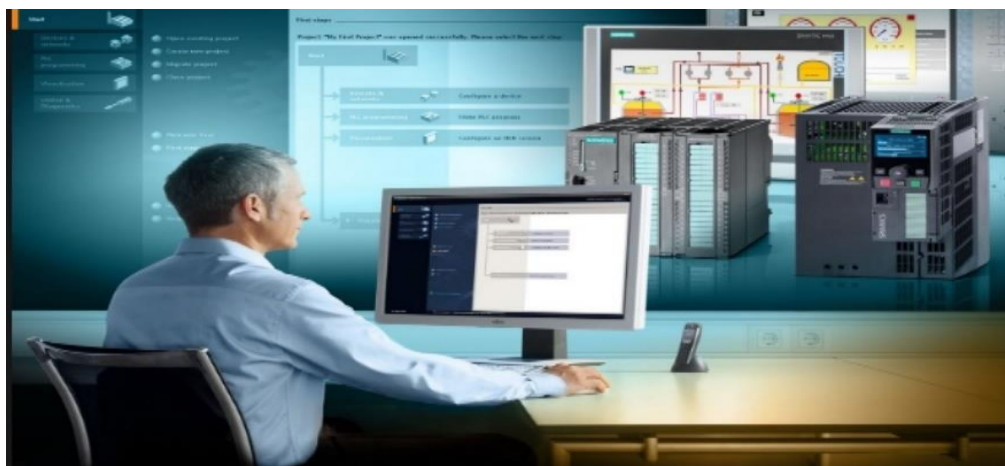


Figura 2.6. Herramienta de automatización.

3 SolidWorks

SolidWorks® es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico, basado en Microsoft Windows®, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas.

3.1 Descripción y Funcionalidades de SolidWorks

La principal característica que hace de SolidWorks una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variacional y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además, utiliza el Gestor de diseño (FeatureManager), que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados. Junto con las herramientas de diseño de Pieza, Ensamblajes y Dibujo, SolidWorks® incluye otros aspectos del desarrollo del producto: validación, diseño sostenible, comunicación y gestión de proyectos.

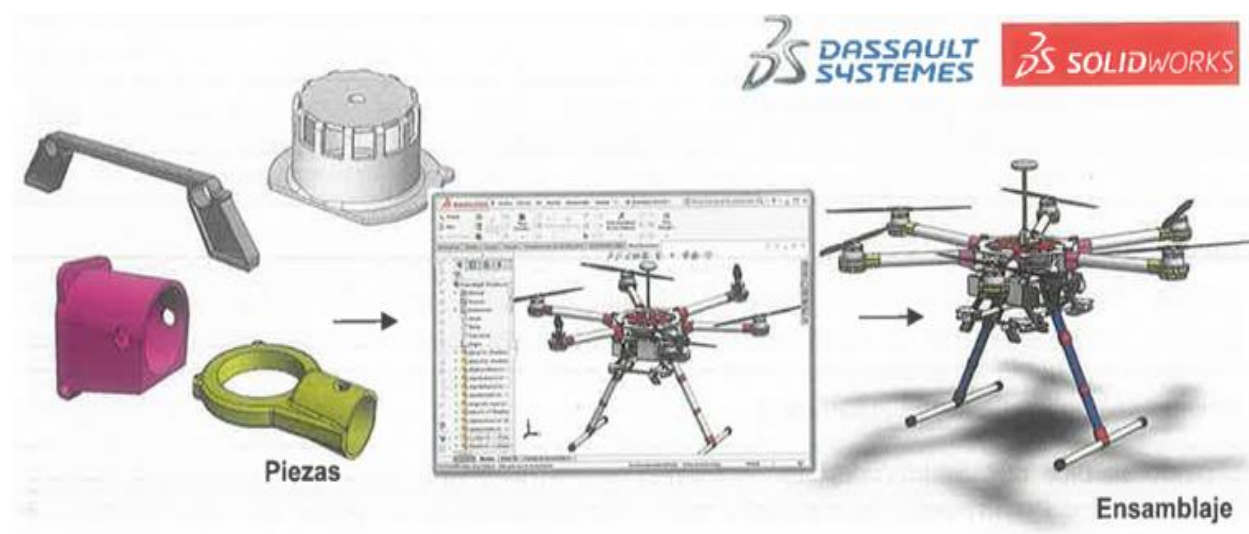


Figura 2.7. Entorno de SolidWorks.

3.2 Características de SolidWorks.

SolidWorks se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos. La característica que hace que SolidWorks sea una herramienta competitiva, ágil y versátil es su capacidad de ser paramétrico, variacional y asociativo, además de usar las Funciones Geométricas Inteligentes y emplear un Gestor de diseño (FeatureManager) que permite visualizar, editar, eliminar y actualizar cualquier operación realizada en una pieza de forma bidireccional entre todos los documentos asociados (planos, ensamblajes, simulaciones, etc.). La definición de parámetros clave, la Asociatividad, las Funciones Geométricas Inteligentes y el Gestor de diseño, son las principales características de SolidWorks®.

3.2.1 Definición de Parámetros Clave.

Los parámetros clave son las dimensiones (cotas) y las Relaciones Geométricas que definen un modelo tridimensional. SolidWorks asocia a cada una de las cotas de un croquis, así como a las operaciones tridimensionales, un nombre que permite modificarla en cualquier momento y su actualización en el resto de los documentos asociados.

3.2.2 Asociatividad

SolidWorks contiene tres módulos: Pieza, Ensamblaje y Dibujo. La creación de un documento en cada uno de ellos genera un fichero con distinta extensión. Los documentos, aunque no pueda observarse, están asociados y vinculados entre ellos.

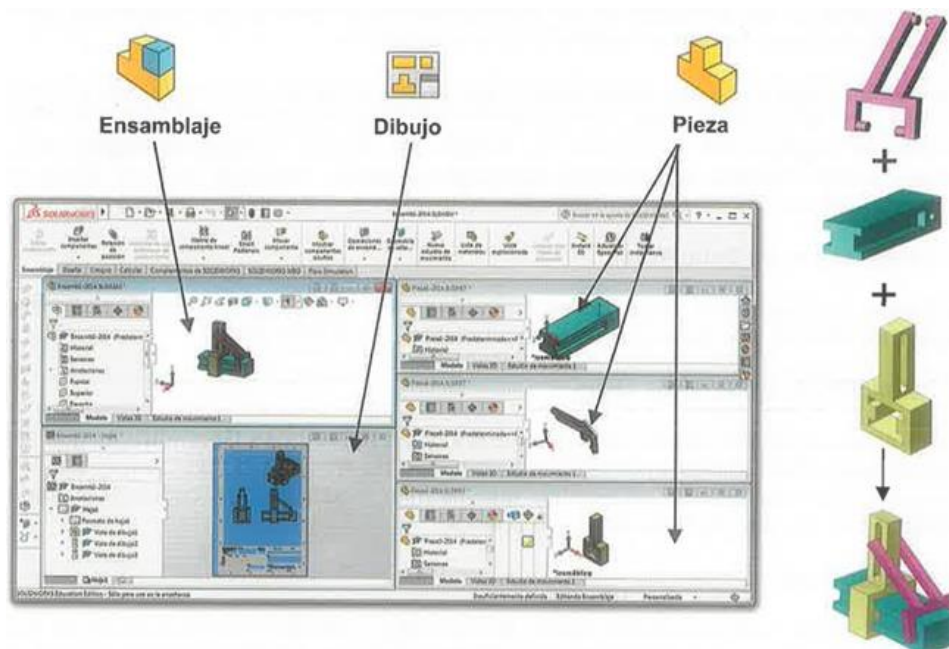


Figura 2.8. Módulos existentes en SolidWorks.

SolidWorks juega un papel clave en el diseño, desarrollo y fabricación. Desde la creación de modelos 3D de piezas, hasta la simulación del comportamiento de los sistemas bajo condiciones extremas, el software ayuda a reducir el tiempo de desarrollo, minimizar errores y mejorar la calidad de los productos finales. La precisión, eficiencia y flexibilidad que ofrece SolidWorks lo convierten en una herramienta esencial para las empresas que buscan mantenerse a la vanguardia en innovación y competitividad.

4. TIA Portal

4.1 Descripción y Funcionalidades de TIA Portal

La automatización de un proceso involucra la selección del hardware de control (PLC) y visualización (HMI), así como su programación, como se muestra en la Fig. 2.9. Los PLC, de acuerdo con su marca y gama, proporcionan a los usuarios el software necesario para la programación.

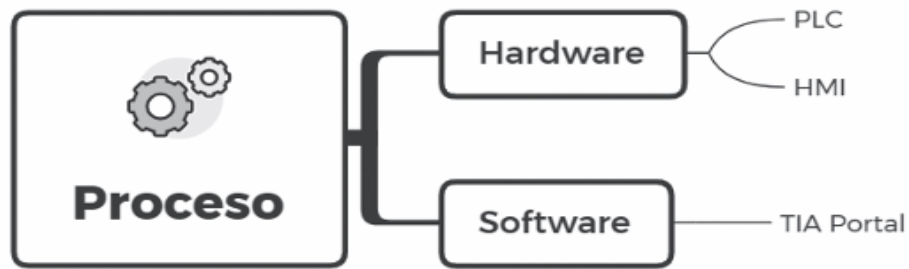


Figura 2.9. Soluciones de automatización.

4.2 Entorno de trabajo

Cuando se crea un nuevo proyecto, el entorno de trabajo de TIA Portal proporciona dos tipos de vistas:

1. Vista de portal: aquí se puede realizar la configuración de las herramientas orientadas a tareas del proyecto. Las funciones desplegadas dependerán de los productos instalados.
2. Vista de proyecto: entorno en el cual se realiza la configuración de los objetos y componentes de un proyecto. La Fig. 3.0 detalla los elementos que conforman la vista.

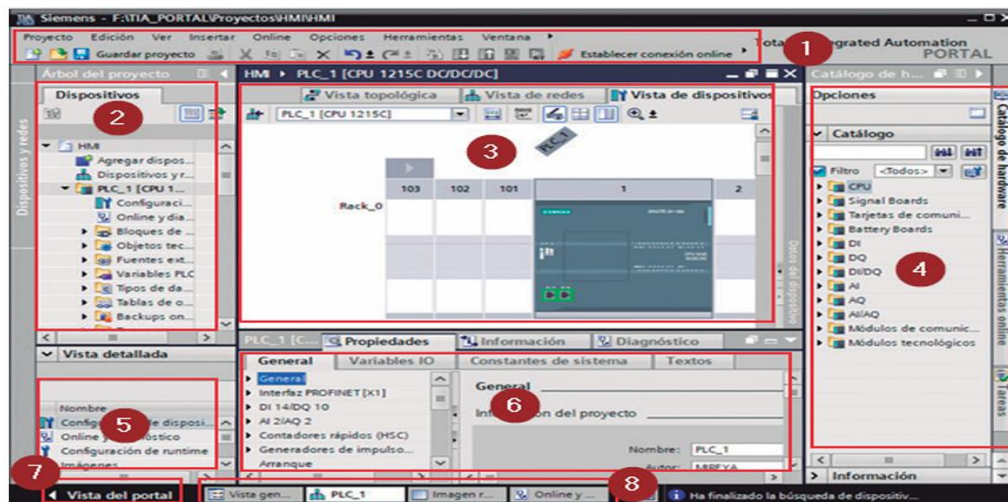


Figura 3. Vista del proyecto.

1. Menú y barra de herramientas.
2. Árbol de proyecto: a través de este, se puede acceder a todos los componentes y datos del proyecto.
3. Área de trabajo.
4. Task Card: cambia en función del objeto seleccionado.
5. Vista detallada: despliega componentes del objeto seleccionado en el árbol del proyecto.
6. Ventana de inspección.
7. Cambio a la vista de portal.
8. Barra del editor.

4.2.1 Tipo de datos

Las instrucciones que ofrece TIA Portal requieren parámetros que se definen a partir del uso de variables. El tipo de dato asignado a las variables determina sus propiedades; por ejemplo, el formato, área de memoria asignada en la CPU, entre otros. Un parámetro puede aceptar más de un tipo de dato. Las variables para asignar, en general, se crean en la pestaña Variables PLC del árbol del proyecto o directamente en la interfaz de los bloques del programa.

Existen variables predefinidas que corresponden a las entradas (I), salidas (Q) y las marcas (M). Sin embargo, el usuario puede definir sus propios tipos de datos. Como caso particular, los tipos de datos String, Struct, Array y Data-Time-Long (DTL) se pueden crear únicamente en un DB. TIA Portal puede definir los siguientes tipos de variables.

- Bloques de organización (OB)

- Bloques de función (FB)
- Función (FC)

No pueden existir dos variables con el mismo nombre; su definición puede darse en el mismo editor de programas o en la tabla de variables PLC.

- Variables DB de bloque de datos globales: todos los bloques pueden hacer uso de este tipo de variables. Su definición se realiza en la tabla de declaración del bloque de datos global.
- Variables DB de bloques de datos de instancia: son de carácter local y se utilizan dentro del bloque donde se encuentran definidas.

Para definir una variable PLC se requieren tres campos: nombre, tipo de datos y dirección. El tipo de dato (por ejemplo, Bool, Int, Real, etc.) define el rango de valores admisibles y su formato de representación.

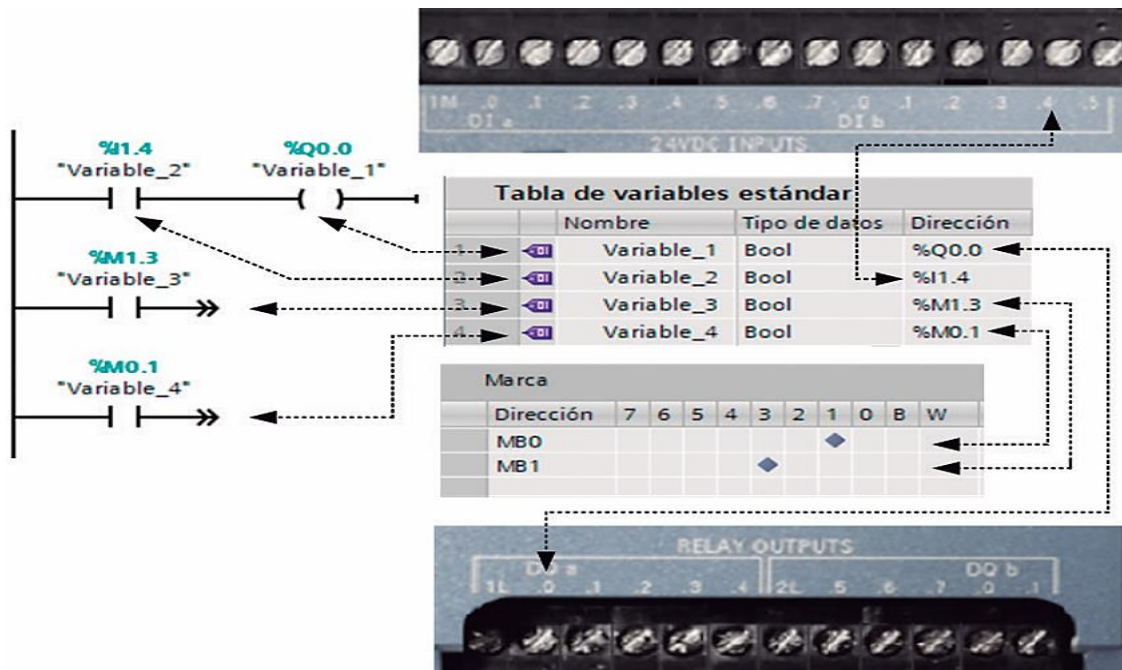


Figura 3.1. Tabla de variables.

La dirección de una variable especifica el área de memoria utilizada para almacenar su valor. Se puede definir dirección de variables para entradas físicas (I), salidas físicas (Q) y marcas (M). En la Fig. 3.1 se muestra cómo se relaciona la tabla de variables con el programa de usuario, definiendo variables correspondientes a entradas (I0.0) y salidas físicas (Q0.0), así como la localidad de memoria asignada a la marca tipo bit (M0.1).

4.3 Importancia de TIA Portal en la Automatización Industrial

TIA Portal representa una herramienta indispensable en la automatización industrial debido a su capacidad para integrar todas las etapas del proceso de desarrollo de un sistema automatizado, desde la configuración de hardware hasta la programación y el diagnóstico. TIA Portal no solo simplifica los procesos de diseño y programación, sino que también potencia la productividad y fiabilidad de los sistemas automatizados. Esto lo convierte en una herramienta estratégica para cualquier profesional o industria que busque implementar soluciones de automatización robustas y escalables.

5. AutoCAD

AutoCAD es un software para dibujo en 2D y 3D de reconocido nombre internacional. Su aparición se produjo en la década de los 80 en EE. UU. impulsado por empresas del sector industrial junto con Autodesk, como empresa desarrolladora y comercializadora.

5.1 Descripción y Funcionalidades de AutoCAD

El objetivo final de este software es crear diseños más reales. En la actualidad, se utiliza por ingenieros, arquitectos y, en general, por técnicos y diseñadores. Existen módulos especializados para cada sector como AutoCAD Map 3D (Cartografía), Mechanical (Ingeniería industrial), Civil 3D (Ingeniería Civil), Architecture (Arquitectura), etc.

5.2 Modelos y prototipos

En AutoCAD se construyen los modelos a una escala y se estudian, además de eso si se puede simplificar un más (refina el diseño) se ejecuta. Aquí se crean modelos en CAD en 2D o 3D lo cual facilitara el análisis del producto antes de su fabricación. Cumpliendo con el paso anterior con fundamentos no solo en modelos si no teórico y experimental. Creación de diagramas de flujo y esquemas eléctricos.

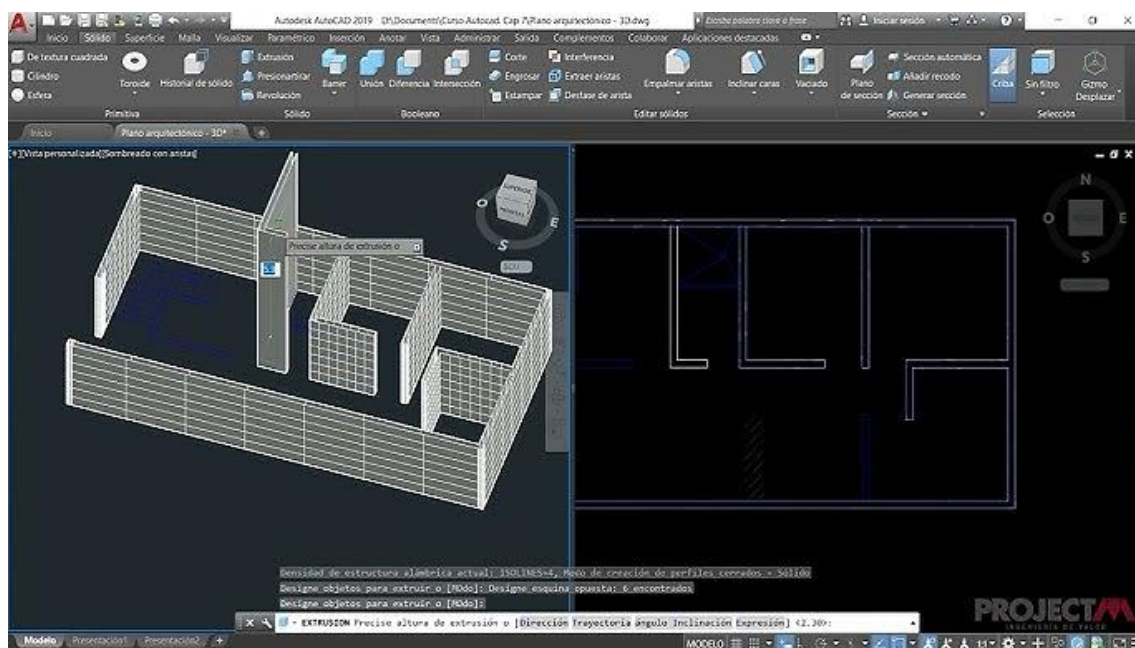


Figura 3.2. Vista de software.

5.3 Entorno de Trabajo

El entorno de AutoCAD se adapta a las necesidades de cada proyecto y ofrece herramientas específicas para optimizar el flujo de trabajo:

1. Espacio de trabajo:

- **Model space:** Área principal para crear los diseños.
- **Layout space:** Vista para preparar planos y presentaciones impresas.

2. Interfaz de usuario:

- **Barra de herramientas de acceso rápido:** Acceso directo a funciones frecuentes como guardar, deshacer y rehacer.
- **Paletas de herramientas:** Agrupación de herramientas para líneas, arcos, textos y bloques personalizados.
- **Ventana de comandos:** Permite ingresar órdenes directamente, lo que agiliza el diseño.

3. Gestión por capas:

- AutoCAD organiza elementos por capas, lo que facilita la edición y permite alternar la visibilidad de diferentes componentes del diseño.

5.4 Importancia de AutoCAD en la Automatización y el Diseño

AutoCAD desempeña un papel clave no solo en la creación de diseños precisos, sino también en el soporte a procesos de automatización y manufactura, gracias a su capacidad para integrarse con herramientas complementarias. AutoCAD permite a los diseñadores reducir el tiempo necesario para crear planos detallados mediante el uso de bloques predefinidos, plantillas reutilizables y herramientas automatizadas como array o Dynamic blocks.

En proyectos de automatización, AutoCAD es vital para diseñar esquemas eléctricos, diagramas de control y layouts de planta. Su compatibilidad con software especializado (como EPLAN o herramientas de Siemens) asegura que los diseños puedan integrarse fácilmente en sistemas automatizados.

La capacidad de modelado 3D permite a los ingenieros visualizar y evaluar componentes mecánicos o estructuras antes de fabricarlos, optimizando el proceso y minimizando errores y mediante el uso de herramientas de programación como AutoLISP y macros, AutoCAD puede personalizarse para cumplir con las necesidades específicas de cada proyecto. Esto es especialmente útil en industrias con procesos únicos o especializados.

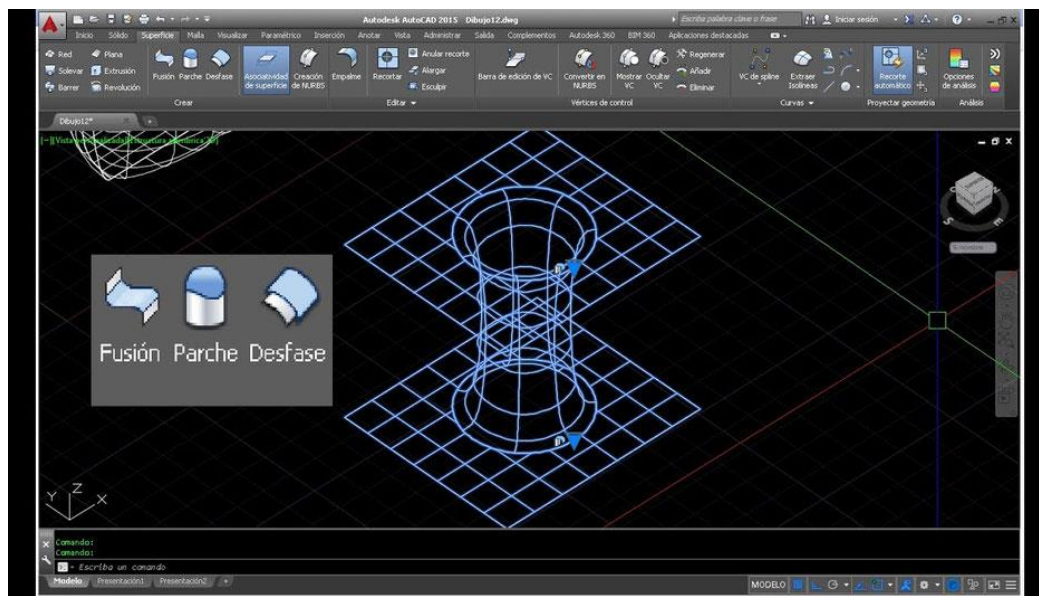


Figura 3.3. Modelado en AutoCAD.

Cada software tiene fortalezas específicas que lo hacen adecuado para diferentes etapas o necesidades de un proyecto. La combinación de SolidWorks para el diseño mecánico, TIA Portal para la automatización, y AutoCAD para planos técnicos garantiza un flujo de trabajo integral y eficiente en proyectos de ingeniería complejos.



Figura 3.4. Softwares de diseño.

6. Ergonomía en el Ámbito Industrial

6.1 ¿Qué es la ergonomía?

La ergonomía es la ciencia de diseñar el trabajo para acomodar las necesidades del trabajador, en vez de hacer al trabajador acomodarse a las necesidades del trabajo. Se trata de diseñar estaciones de trabajo, herramientas, y tareas de trabajo que ofrezcan seguridad, eficiencia y comodidad. La ergonomía busca disminuir la fatiga y las lesiones, además de aumentar la comodidad, la productividad, la satisfacción y la seguridad en el trabajo; ya que los accidentes de trabajo no son inevitables y un trabajo bien diseñado no debería lastimarlo.

Según esta definición el concepto de “sistema” es central en Ergonomía. Un sistema puede ser más grande o pequeño y sus límites dependen de cómo lo analicemos. En un sistema de trabajo tenemos, en primer lugar, una máquina que es un sistema porque puede ser definido por el conjunto de sus partes y las relaciones que existen entre ellas y que explican cómo entre todas llevan a cabo su trabajo. Sin embargo, la máquina forma parte de un sistema más amplio como puede verse en la Figura 3.5.

La máquina debe ser operada por un ser humano con el que forma un sistema que podemos llamar “Persona Máquina”. Además, en la mayoría de las situaciones hay varias personas operando una máquina cada una, formando todos varios sistemas Persona-Máquina dentro de un sistema que podríamos llamar “Planta industrial”. Pero esta planta industrial forma parte de un sistema mayor que podríamos llamar “Organización empresarial”, donde están otros componentes como son los departamentos de administración, los ejecutivos, etc., que forman a su vez sus propios subsistemas.



Figura 3.5. Sistema de Trabajo.

6.1.1 Trabajo.

Cuando hablamos de trabajo en Ergonomía lo hacemos refiriéndonos a él como “tarea” o como “actividad”. Sin embargo, estos términos tienen significados diferentes para nosotros. La palabra “tarea” hace referencia al trabajo “prescrito”. Sería el trabajo que el operario tiene que hacer según las normas y los procedimientos establecidos por la empresa, los acuerdos sindicales, etc. Cuando utilizamos el término “actividad” no referimos al trabajo “real” tal como el operario lo hace en su día a día. No tiene que haber una contradicción entre la tarea y la actividad, pero nuestra insistencia en diferenciarla viene motivada, entre otras cosas, por no querer que se cometa el error de intentar saber cuál es el trabajo de un operario solamente leyendo los documentos que te proporciona la empresa.

El análisis de tareas es una herramienta fundamental de la Ergonomía. Podemos decir que es una regla básica en cualquier actuación de un ergónomo es comenzar por analizar la tarea que una persona realiza, implique o no a una máquina.

6.2 ¿Qué son los trastornos musculoesqueléticos?

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) son lesiones acumulativas y crónicas de los tejidos blandos, músculos, tendones, ligamentos, nervios, las articulaciones y los vasos sanguíneos. El cuerpo tiene límites y puede fallar o desgastarse cuando no se utiliza correctamente. Un TME muy reconocido es el síndrome del túnel carpiano que se produce cuando el nervio que va desde el antebrazo hasta la palma de la mano se presiona o se exprime en la muñeca.

El túnel carpiano es un pasadizo estrecho y rígido del ligamento y los huesos en la base de la mano donde alberga los nervios y los tendones medianos Figura 3.6; a veces, el engrosamiento de los tendones irritados u otras inflamaciones estrechan el túnel y hacen que el nervio mediano se comprima dando lugar a dolor, debilidad, pérdida de adherencia o entumecimiento en la mano y la muñeca, irradiándose por el brazo.

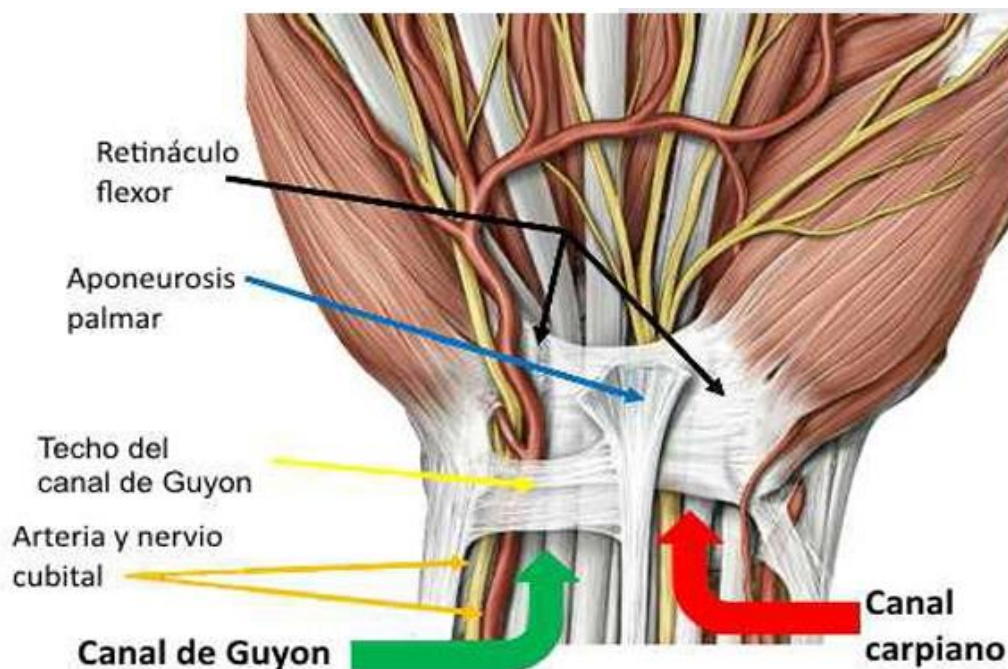


Figura 3.6. Túnel del carpo.

6.2.1. Factores de riesgo ergonómico.

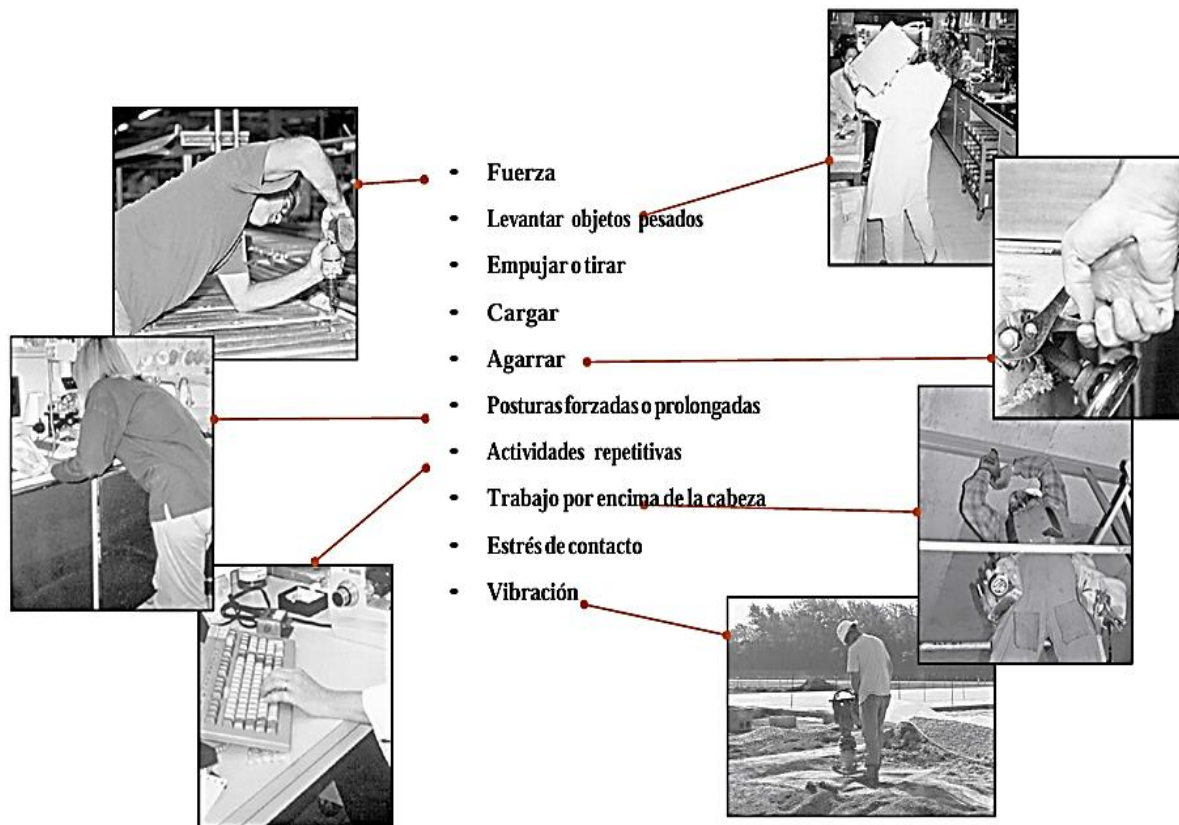


Figura 3.7. Factores que desarrollan los TIME.

Los factores de riesgo ergonómico son situaciones laborales que causan desgaste en el cuerpo y pueden causar lesiones. Estos incluyen la repetición, posturas forzadas, movimientos con fuerza excesiva, posiciones estacionarias, la presión directa, vibraciones, temperaturas extremas, ruido y estrés laboral.

6.3 Maneras de reducir riesgos ergonómicos.

Las mejoras de ingeniería incluyen la reordenación, modificación, rediseño o sustitución de las herramientas, los equipos, las estaciones de trabajo, los envases, las piezas o los productos. Estas mejoras pueden ser muy eficaces, ya que pueden reducir o eliminar los factores que contribuyen al desarrollo de los TME.

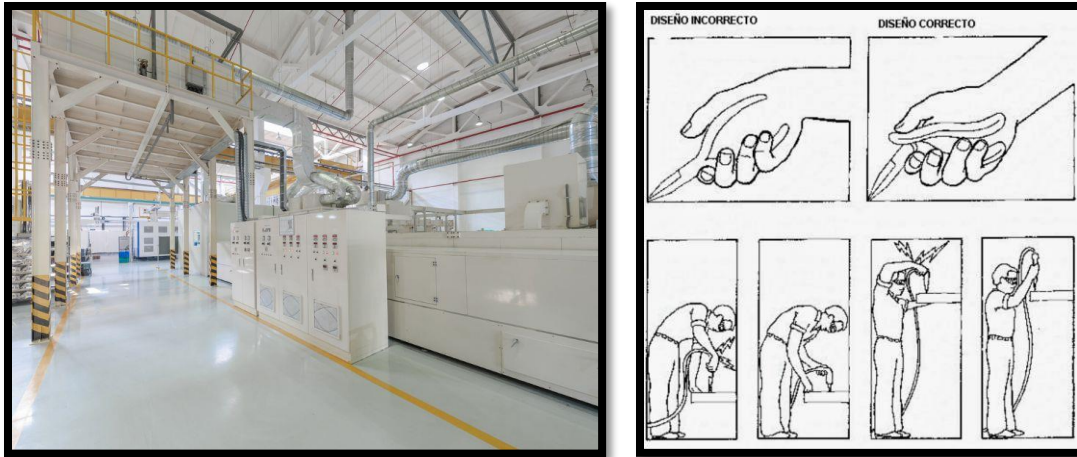


Figura 3.8 y 3.9. Rediseño del área y buen uso de herramienta y espacios.

6.3.1. ¿Cuáles son las ventajas de la ergonomía?

1. Más ahorros

- Menos lesiones
- Empleados más productivos y sostenibles
- Menos reclamaciones de compensación a los trabajadores.

2. Menos empleados experimentando dolor.

- La implementación de mejoras ergonómicas puede reducir los factores de riesgo que causan malestares.

3. Aumento de productividad.

- Mejoras ergonómicas pueden reducir los principales factores de riesgo para los trastornos musculoesqueléticos, para que los trabajadores sean más eficientes, productivos y tengan una mayor satisfacción en el trabajo.

4. Mejor moral en el trabajo.

- La atención a la ergonomía puede hacer que los empleados se sientan valorados porque saben que su empleador está haciendo el lugar de trabajo más seguro.

5. Reducción del absentismo.

- La ergonomía crea trabajadores sanos y libres de dolor que tienen más probabilidades de ser comprometidos y productivos.

Actualmente, el avance técnico se orienta al desarrollo de nuevos productos o a la mejora de los ya existentes. Este hecho, unido a que cada día se mejoran las tecnologías de trabajo, nos permite anticipar un futuro en el que los productos no solo serán más pequeños sino también más complejos, exigiendo al trabajador mayores precisiones y delicadeza en sus movimientos.

Es habitual que haya puestos de trabajo con medios auxiliares tales como lupas, microscopios, manipuladores, etc., a los que se agregan controladores tales como equipos de PLC o PC, entre los más usuales; de esta manera todos los días surgen nuevos puestos de trabajo con requerimientos que exigen una mayor capacitación continua, un estado de constante aprendizaje en lo que hace al uso de los nuevos medios auxiliares.

No podemos dejar de destacar la creciente industrialización y automatización que desplazan al hombre desde la fábrica a la administración, obligando a una reconversión laboral directa. Frente a este panorama, la Ergonomía tiene como objetivo estudiar constantemente las cargas a las cuales se somete al trabajador y de qué manera influyen sobre él para determinar los límites de esfuerzo biológicamente aceptables en tareas cada vez más cambiantes.

7. Parafina

7.1 ¿Qué es la Parafina?

Parafina es la denominación general que reciben ciertos sólidos formados a partir de una combinación de hidrocarburos. Estos sólidos no tienen olor y, debido a su menor densidad ($0,8 \text{ g/cm}^3$), no pueden mezclarse con el agua, aunque sí puede disolverse en éter, etanol caliente, benceno y cloroformo.



Figura 4. Bloques de parafina.

El proceso de producción de parafina se inicia, por lo general, a partir de una destilación del petróleo, que permite conseguir aceites pesados. Estas sustancias, que se encuentran a alta temperatura por la destilación, son enfriadas hasta que la parafina se cristalice y pueda separarse a través de filtros o de un proceso de centrifugado. Diversas técnicas permitirán después purificar la parafina hasta obtener un producto que puede usarse en diversos ámbitos de la industria.

7.2 Características

Entre sus propiedades más características destacan que puede mantener una salida de calor alto, su combustión es limpia. En su estado líquido, la parafina es transparente, incolora y aceitosa. Estas son otras características:

- **Punto de fusión:** La parafina tiene un punto de fusión que varía generalmente entre 46 °C y 68 °C, dependiendo de su tipo y pureza. Esta característica es fundamental para aplicaciones en procesos de moldeo y recubrimientos, ya que permite que la parafina se mantenga sólida a temperatura ambiente, pero se derrita fácilmente cuando se requiere.
- **Viscosidad y Densidad:** Su viscosidad es baja en estado fundido, lo que facilita su manipulación y dosificación en procesos industriales. Sin embargo, a medida que se enfría, su viscosidad aumenta rápidamente hasta solidificarse. La densidad de la parafina está alrededor de 0.9 g/cm³ en estado sólido.
- **Propiedades térmicas:** La parafina es un buen material para almacenamiento de energía térmica, ya que puede absorber y liberar calor durante los ciclos de fusión y solidificación, lo que se aprovecha en aplicaciones de aislamiento y calefacción.
- **Resistencia al agua y barrera de vapor:** La parafina es hidrofóbica, lo que significa que repele el agua. Esto la convierte en una excelente barrera de vapor y se usa comúnmente en la impermeabilización de materiales, revestimientos de papel y cartón, y en la protección de objetos metálicos contra la corrosión.

7.3 Riesgos en su manipulación

La ingesta de parafina no sólo puede producir graves trastornos de salud, sino que puede provocar la muerte. Por otro lado, el contacto con la piel puede generar quemaduras, aun si no ha sido encendida. Cabe mencionar que los recipientes en los cuales se vende la parafina suelen contener productos contaminantes, tales como la gasolina o alcoholes metilados, lo cual aumenta su peligrosidad y agrega el riesgo de explosión (esto es común con las famosas estufas de parafina).



Figura 4.1. Riesgos de manipulación Industrial.

El control de temperatura es uno de los principales retos, ya que pequeñas variaciones pueden afectar la viscosidad de la parafina y, en consecuencia, su manejo y aplicación.

Otro desafío importante es la dosificación, ya que la parafina debe verterse en cantidades precisas para asegurar la uniformidad del producto. Además, dado su punto de fusión relativamente alto, el material presenta riesgos de quemaduras durante la manipulación, lo que requiere medidas de seguridad específicas, como el uso de equipos de protección personal y sistemas de ventilación adecuados para evitar acumulaciones de vapores.

Las variables críticas por monitorear en este proceso incluyen temperatura, flujo y cantidad, ya que un control preciso es esencial para evitar la solidificación prematura o el sobrecalentamiento, que puede afectar la calidad del producto final. Para verter y manipular se requieren de procedimientos seguros para minimizar el riesgo de salpicaduras y quemaduras, especialmente en entornos de producción continua.

III. DESARROLLO

En el desarrollo del proyecto se empleará el método de investigación en campo, dado que la recopilación de información se llevará a cabo directamente en el área donde se concentra el tema de estudio, en este caso, en el nivel 13.5. El análisis e interpretación de los resultados se basará exclusivamente en ese entorno. El propósito principal se centra en mejoras en el espacio de trabajo, la automatización del proceso de distribución y dispensación de parafina, utilizando un enfoque que integra mejoras en el diseño mecánico y la implementación de un sistema de control basado en PLC.

8. Análisis de la situación actual

El proceso actual de fundición de parafina presenta deficiencias debido a su operación manual, lo que ocasiona desperdicio de material, tiempos prolongados y riesgos para los operarios. Adicionalmente, el espacio del tanque donde se almacena y funde la parafina no está optimizado, y algunas de sus piezas muestran un diseño que dificulta su operación y mantenimiento.



Imagen 2, 3 y 4. La transferencia de parafina ocasiona pérdidas de material.

El manejo directo de la parafina, especialmente en su estado fundido, representa un riesgo ergonómico considerable para los trabajadores, incluyendo quemaduras, exposición a temperaturas elevadas y posibles derrames. (Imagen 5 y 6).



Imagen 5. Manipulación de parafina por operador.



Imagen 6. Manipulación de parafina después del proceso.

Adicionalmente, el diseño y disposición del tanque donde se almacena y funde la parafina no están optimizados para el proceso. El área destinada para el tanque carece de una distribución eficiente, lo que dificulta la integración de nuevos elementos o la mejora del sistema existente. Esto también complica las maniobras de vertido, mantenimiento y limpieza. (Imagen 7 y 8).



Imagen 7 y 8. Distribución del área donde ocurre el proceso.

Por otro lado, algunas piezas del tanque, como válvulas, conexiones y elementos de transferencia presentan un diseño poco eficiente, lo que provoca acumulaciones de parafina, obstrucciones y desgaste prematuro de componentes críticos.



Imagen 9. Tanque de parafina.

El proceso actual no solo limita la productividad, sino que también representa un desafío en términos de seguridad y sostenibilidad. Esto subraya la necesidad de implementar un sistema automatizado que permita optimizar la operación, reducir desperdicios, mejorar las condiciones de trabajo y garantizar la confiabilidad del proceso.

9. Rediseño del Espacio

El rediseño del espacio donde se encuentra el tanque de fundición de parafina se llevó a cabo utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), lo que permitió realizar ajustes para optimizar su funcionalidad. Este proceso incluyó una evaluación detallada de las necesidades operativas actuales y futuras, así como de las limitaciones físicas del área.



Imagen 10. Área de tambos vacíos.



Imagen 11. Área involucrada en el rediseño de espacios del nivel 13.5.

Posteriormente, se llevó a cabo el levantamiento medidas de toda el área para encontrar una buena distribución de sus componentes y contemplar las dimensiones aproximadas del equipo que necesitaríamos. Todo esto con ayuda de un medidor laser GLM 40 y un flexómetro.



Imagen 12 y 13. Herramienta y dispositivo de medición utilizados.

Con base en estos datos, se elaboró un plan para asegurar que cada componente tuviera el espacio adecuado para su funcionamiento y, al mismo tiempo, garantizar una circulación eficiente en toda la superficie. La revisión de las dimensiones también permitió ajustar ciertos aspectos, adaptando las áreas según las necesidades específicas que habían surgido durante el análisis preliminar. Con este enfoque, se garantizó que todas las modificaciones fueran prácticas, sustentadas en la información recolectada y alineadas con los objetivos iniciales del proyecto.



Imagen 14. Espacio de tanques y hornos (Parafina).

De esta manera, se redistribuyeron los componentes para mejorar el acceso durante el mantenimiento y la operación diaria asegurando su correcta ubicación y funcionalidad. Se contempló espacio adicional para futuros componentes, como sistemas de monitoreo remoto o actuadores más avanzados, permitiendo una expansión escalable del sistema. Como se detalla en el Anexo 1.

9.1 Herramientas utilizadas

Para llevar a cabo este rediseño, se utilizó **AutoCAD** como herramienta CAD principal, lo que permitió desarrollar modelos precisos del tanque y su entorno inmediato. Gracias a su capacidad para generar planos y modelos tridimensionales, fue posible visualizar detalladamente el espacio disponible, identificar áreas desaprovechadas y simular el flujo de parafina dentro del sistema con medidas obtenidas en la misma área. Además, se realizó un análisis de posibles interferencias entre los componentes, lo que ayudó a optimizar la disposición y garantizar una integración efectiva de nuevos elementos.



Figura 4.4. Software utilizado para la modificación y reubicación del espacio.

El rediseño resultante logró transformar el espacio en un entorno más eficiente y funcional, alineándose completamente con los requerimientos del sistema automatizado. Esto asegura no solo una mejora en el rendimiento operativo, sino también una mayor adaptabilidad para futuras expansiones o mejoras tecnológicas. Como se detalla en el Anexo 1.

10. Rediseño mecánico.

El rediseño mecánico fue una etapa crucial para optimizar el proceso de fundición y dispensación de parafina, considerando tanto la eficiencia operativa como la facilidad de mantenimiento. Este rediseño fue realizado utilizando herramientas CAD, lo que permitió modelar con precisión las piezas clave del tanque y su entorno.

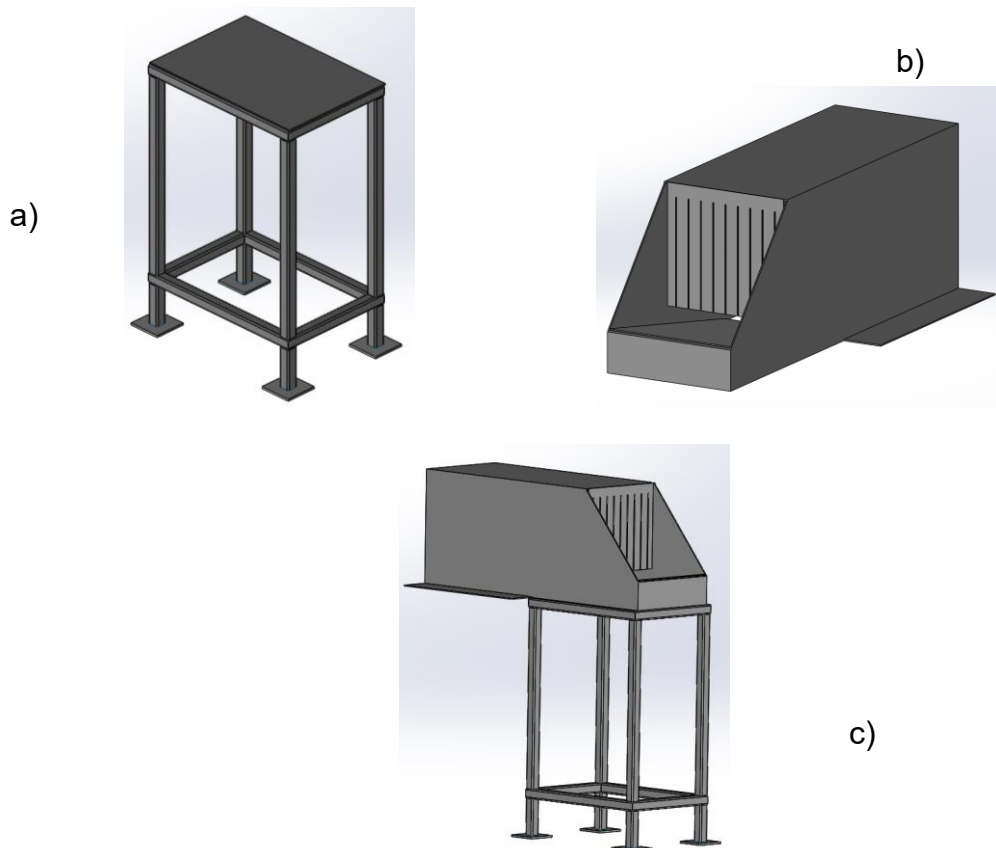


Figura 4.5. Tina recibidora de placas de parafina. (Ver dimensiones detalladas en el Anexo 2).

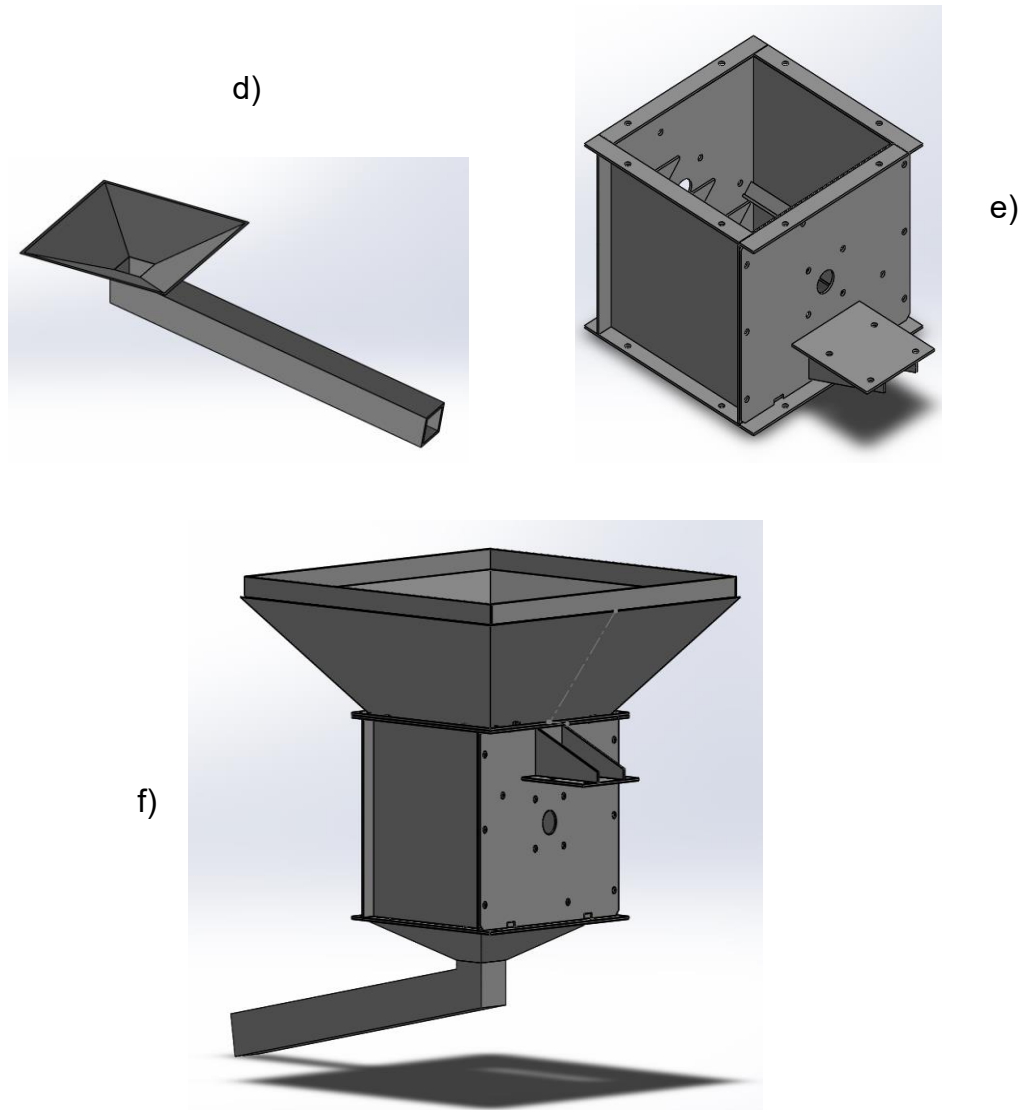


Figura 4.6. Tolva superior e Inferior ajustado al molino de cuchillas. (Ver dimensiones detalladas en el Anexo 3).

Las piezas diseñadas son fundamentales para garantizar la eficiencia, seguridad y fiabilidad del sistema en su totalidad. SolidWorks permite modelar con precisión componentes complejos, como las piezas del triturador, dispensador o las de montaje, asegurando que cada una cumpla con las especificaciones técnicas necesarias para su funcionamiento. Como se detalla en el Anexo 2. Por ejemplo, las piezas del triturador deben ser diseñadas con tolerancias estrictas para soportar la agresividad del material y

garantizar un rendimiento constante. En el caso del dispensador, es crucial que las piezas sean precisas para controlar el flujo de parafina de manera eficiente y sin fugas. Además, las piezas de montaje deben ser resistentes y fáciles de ensamblar, para asegurar la integridad estructural del tanque durante su operación.

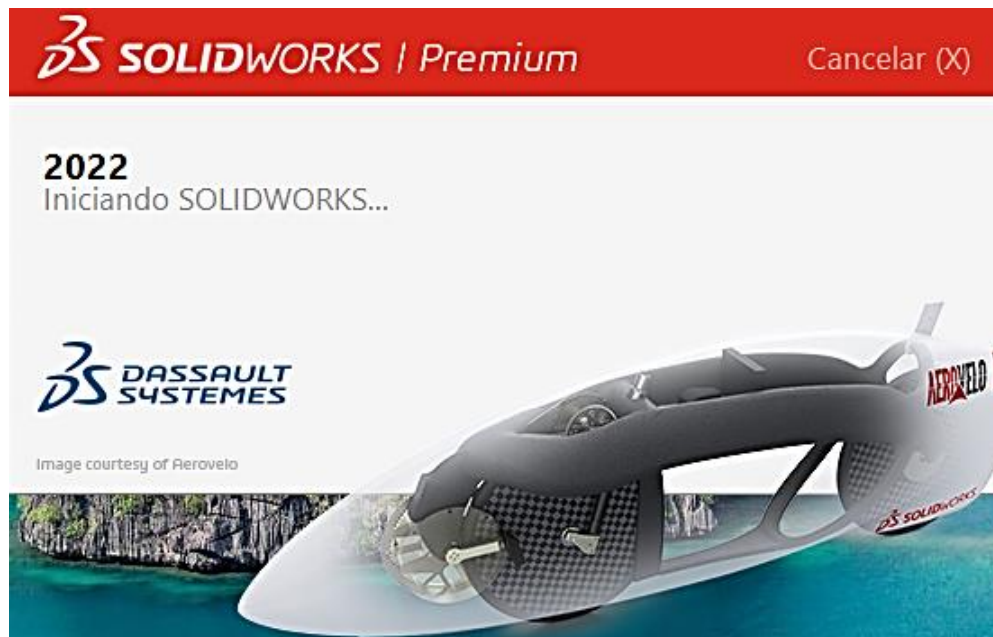


Figura 4.7. Software que se utilizó para diseño de piezas del tanque y complementos.

El uso de SolidWorks no solo optimiza el diseño y la fabricación de estas piezas, sino que también permite realizar simulaciones que previenen fallos antes de la producción, reduciendo costos y tiempo en la fabricación.

Por otro lado, se tomó en cuenta la facilidad de acceso para su mantenimiento o reemplazo, evitando interrupciones prolongadas en el proceso. Se diseñaron puntos de montaje específicos para sensores de nivel, temperatura y presión, asegurando su correcta ubicación y operación. Se añadió espacio suficiente para instalar actuadores los cuales permitirán una operación automatizada de válvulas y otros elementos mecánicos. Este diseño tiene contemplada cuatro etapas de nuestro proceso:

1. Molienda de parafina
2. Transporte de parafina molida.
3. Fundición de parafina.
4. Dosificación y distribución de parafina.

10.1 Explicación del Proceso

- I. Iniciamos en la primera parte, la cual es la de trituración, la altura es de 1.25 m, el operador podrá ingresar hasta 220 Kg de material. No habrá partículas fuera del triturador ya que este cuenta con tolva cerrada. Por seguridad el triturador no encenderá hasta que la puerta de ingreso de material este cerrada. Una vez cargado el material deseado en el triturador, el operador confirmará en la pantalla de control el cierre de la puerta y ahora si podrá encender el Triturador.

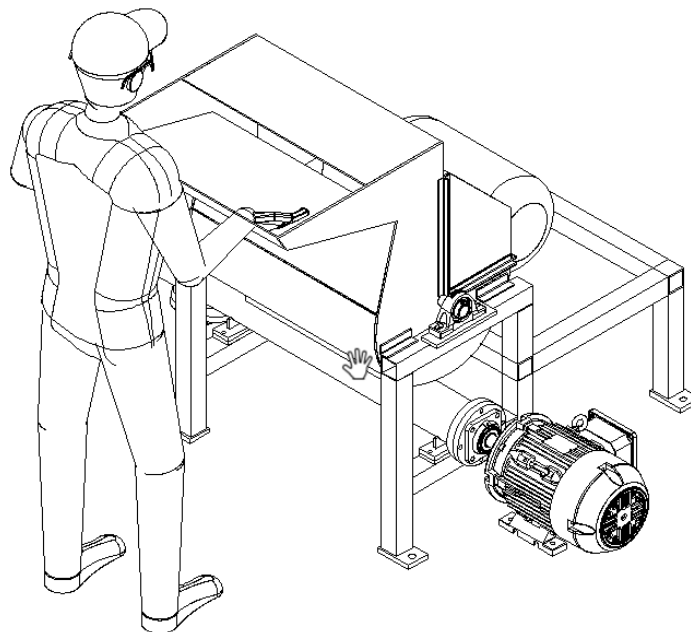


Figura 4.8. Visualización de la primera actividad del operador (Ayuda visual).

- II. El transportador encenderá automáticamente para mover el material ya triturado hasta la tolva superior. En la tolva superior se calculará el peso del material que será ingresado al tanque de parafina líquida. Este peso se mostrará en la pantalla de control.
- III. La tolva superior no permitirá la salida de material ya que esta también es una tolva cerrada. Esta calculada para recibir hasta 250 Kg de parafina triturada. Las celdas de carga soportan hasta 500Kg incluyendo el peso de la tolva. La salida del material de la tolva superior y el ingreso al horno, serán controlados automáticamente por electroválvulas.

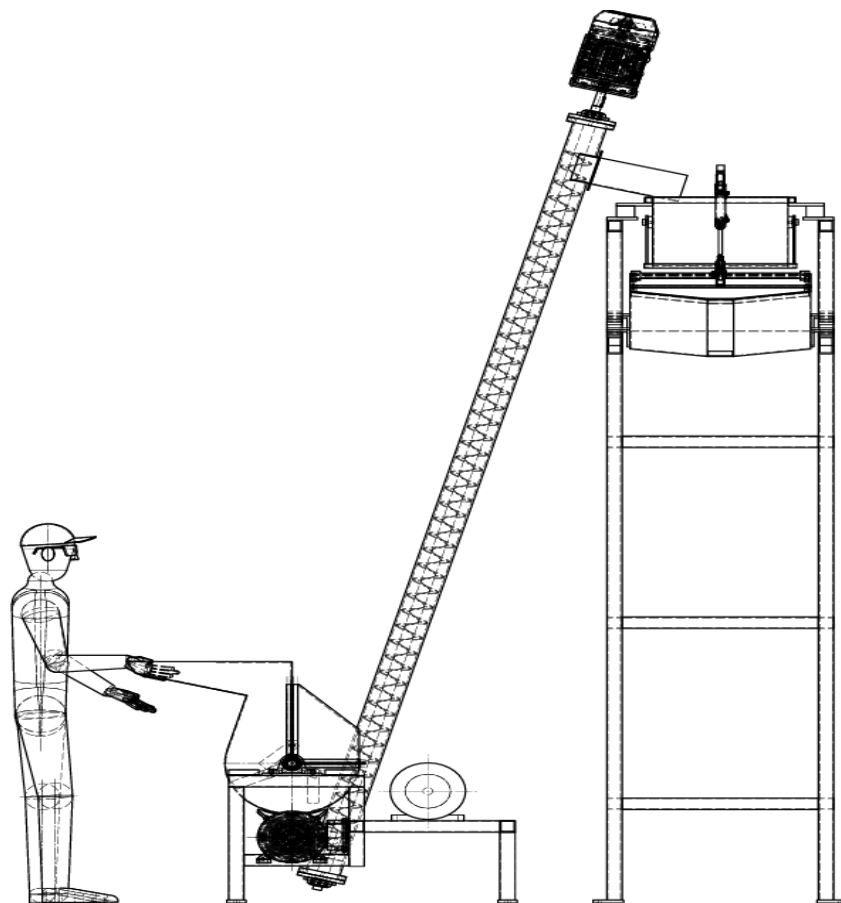


Figura 4.9. Visualización de como la parafina llegaría a la tolva superior con ayuda del tornillo sin fin (Ayuda visual).

IV. El horno será de forma cilíndrica y estará cubierto con resistencia de tipo banda que calentaran todo el cuerpo a un Setpoint ajustado desde pantalla. La transferencia de calor será mediante conducción, es decir el contacto directo de la parafina con el cuerpo del horno. De esta manera reducimos el tiempo de fusión de la parafina. El horno tendrá material aislante para evitar calentar hacia la parte superior donde se encuentra la tolva y hacia la parte inferior donde se encuentra el tanque.

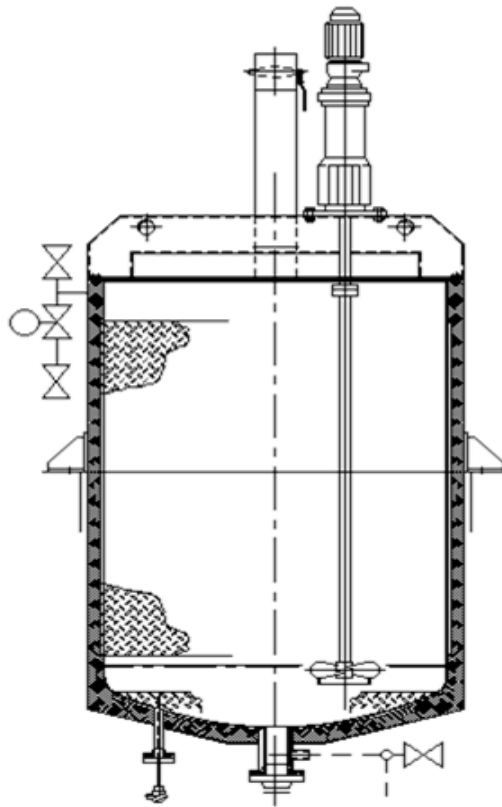


Figura 5. Visualización del tanque de parafina (Ayuda visual).

Con este proceso el operador no sufrirá afectaciones térmicas ya que la zona estará protegida con guardas de seguridad, una de ellas tendrá un sensor de seguridad, en el caso de que la guarda no esté presente el horno no podrá calentar y las válvulas de ingreso de material no se podrán accionar automáticamente.

De acuerdo con la NOM-011-STPS-2001 los límites permitidos de exposición al ruido son los siguientes:

NER	TMPE
90 dB(A)	8 horas
93 dB(A)	4 horas
96 dB(A)	2 horas
99 dB(A)	1 horas
102 dB(A)	30 minutos
105 dB(A)	15 minutos

Cuando el Nivel de exposición al ruido (NER) esté entre 90 y 105 dB(A), el tiempo máximo de exposición se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$TMPE = \frac{8}{2^{\frac{NER - 90}{3}}}$$

Figura 5.1. límites permitidos de exposición al ruido según la NOM-011-STPS-2001.

El triturador no superara los 90dB permitidos para un trabajador en un turno de 8 hr. También se debe considerar que no se requerirá un operador fijo para operar el triturador. En caso de ser necesario se tendrá que encapsular el triturador con paredes aislantes. No se generará vibración que afecte al operador o a las estructuras cercanas ya que por las características del material a triturar no se generará impactos de alto nivel.

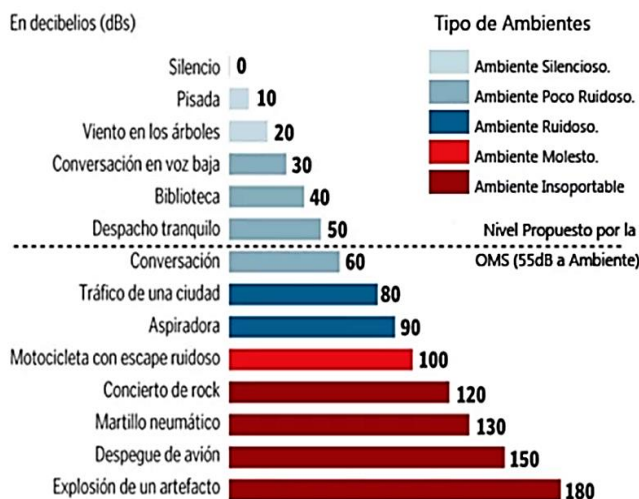


Figura 5.1. Condiciones en diferentes tipos de ambientes.

10.2 Herramientas Utilizadas

El rediseño se desarrolló principalmente con SolidWorks y otras herramientas CAD complementarias, como AutoCAD, para generar modelos 3D y realizar simulaciones del comportamiento del flujo de parafina. Estas herramientas permitieron visualizar y validar las modificaciones antes de su implementación.

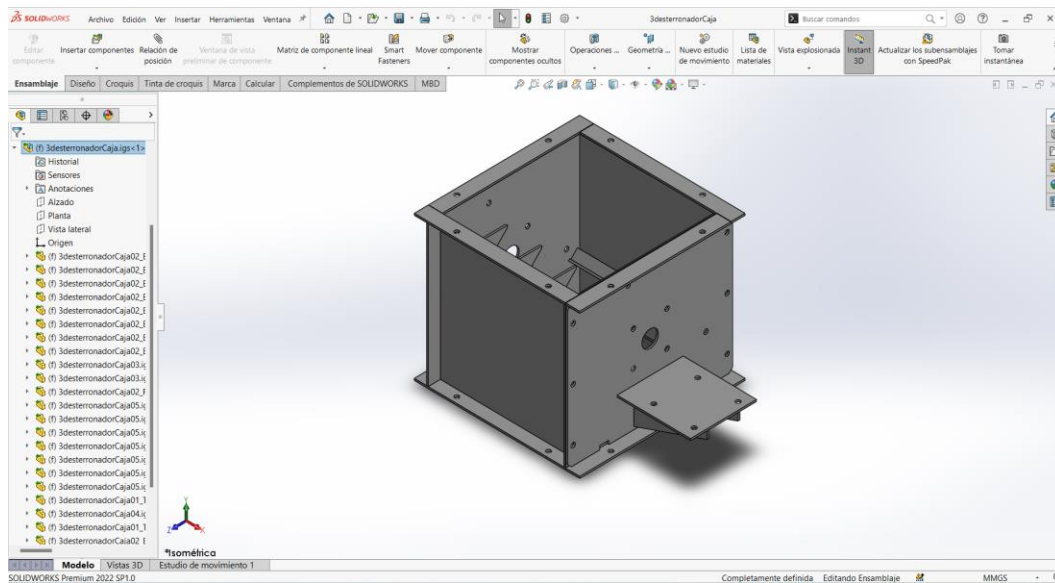


Figura 5.2. Para el modelado 3d nos apoyamos de SolidWorks.

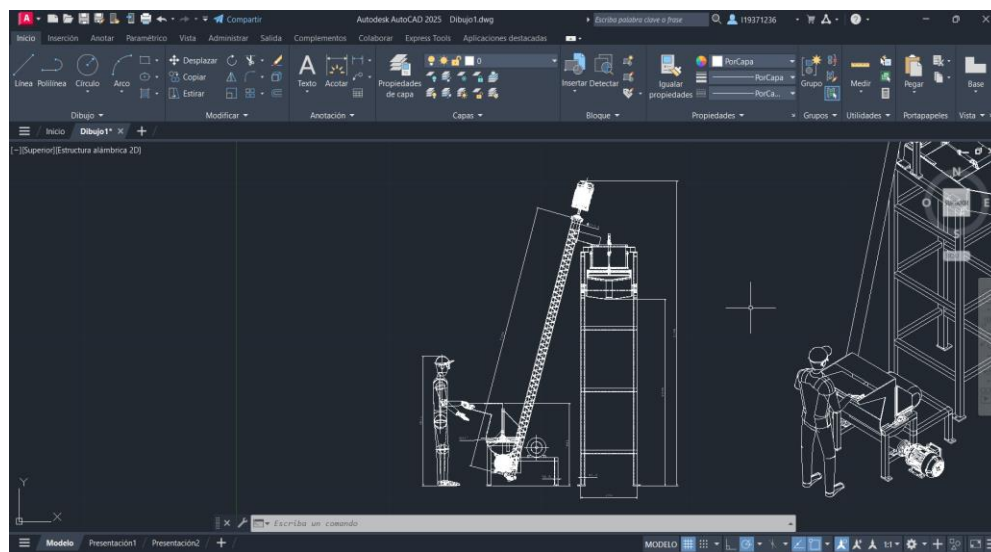


Figura 5.3. Para las vistas de corte nos apoyamos de AutoCAD.

11. Sistema de control automatizado

El sistema de control automatizado se diseñó para supervisar y regular de manera precisa cada etapa del proceso, garantizando un flujo continuo y eficiente. Este sistema integra hardware y software que trabajan conjuntamente para ejecutar tareas específicas. Parte del proceso automatizado incluye la detección de niveles bajos de parafina en el tanque, la activación de bombas para transferir material, el control de temperatura para fundirla y el accionamiento de válvulas para su dispensación precisa.

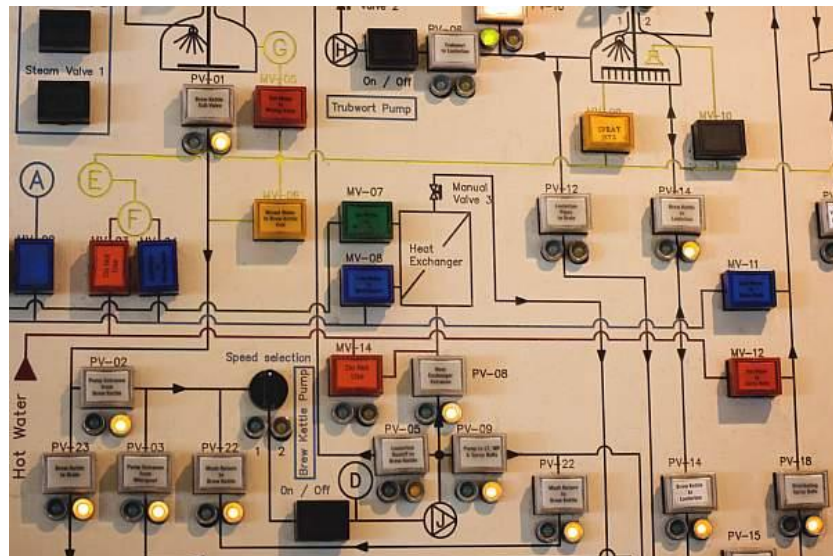
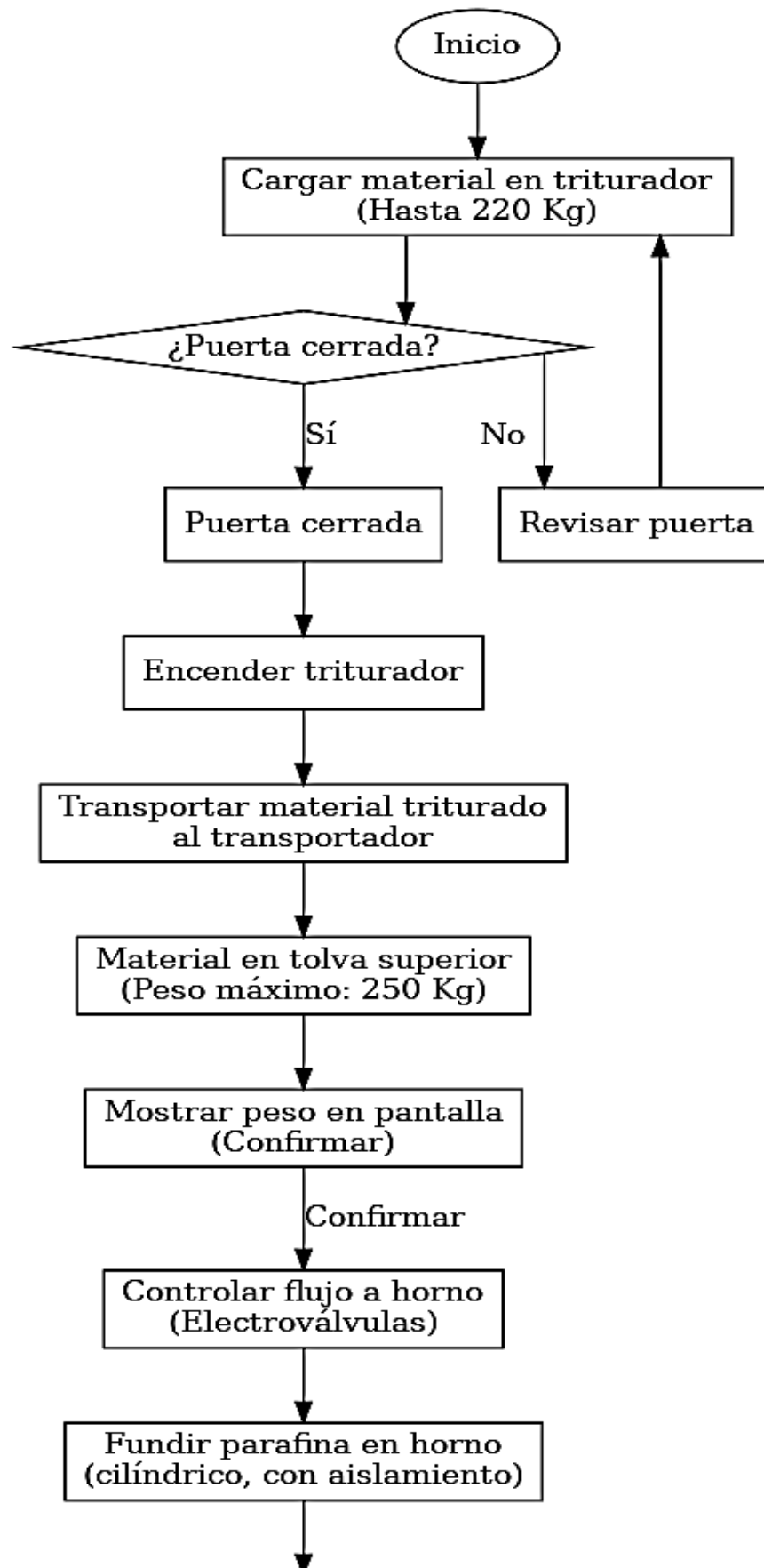


Figura 5.4. Sistemas automáticos de Control.

Teniendo esto en cuenta se generó un diagrama de flujo del proceso. Este diagrama de flujo es más bien una herramienta visual la cual ayudara a transmitir la información técnica de forma comprensible, facilitando la comunicación entre operadores, técnicos y gerentes. Además, es útil ya que ofrece una referencia visual estructurada y simplificada de todo el proceso que se quiere instalar. Destaca los pasos clave del sistema de trituración, transporte y fusión de parafina, enfatizando aspectos técnicos y de seguridad. Permitiendo identificar puntos críticos y analizando posibles mejoras de este.



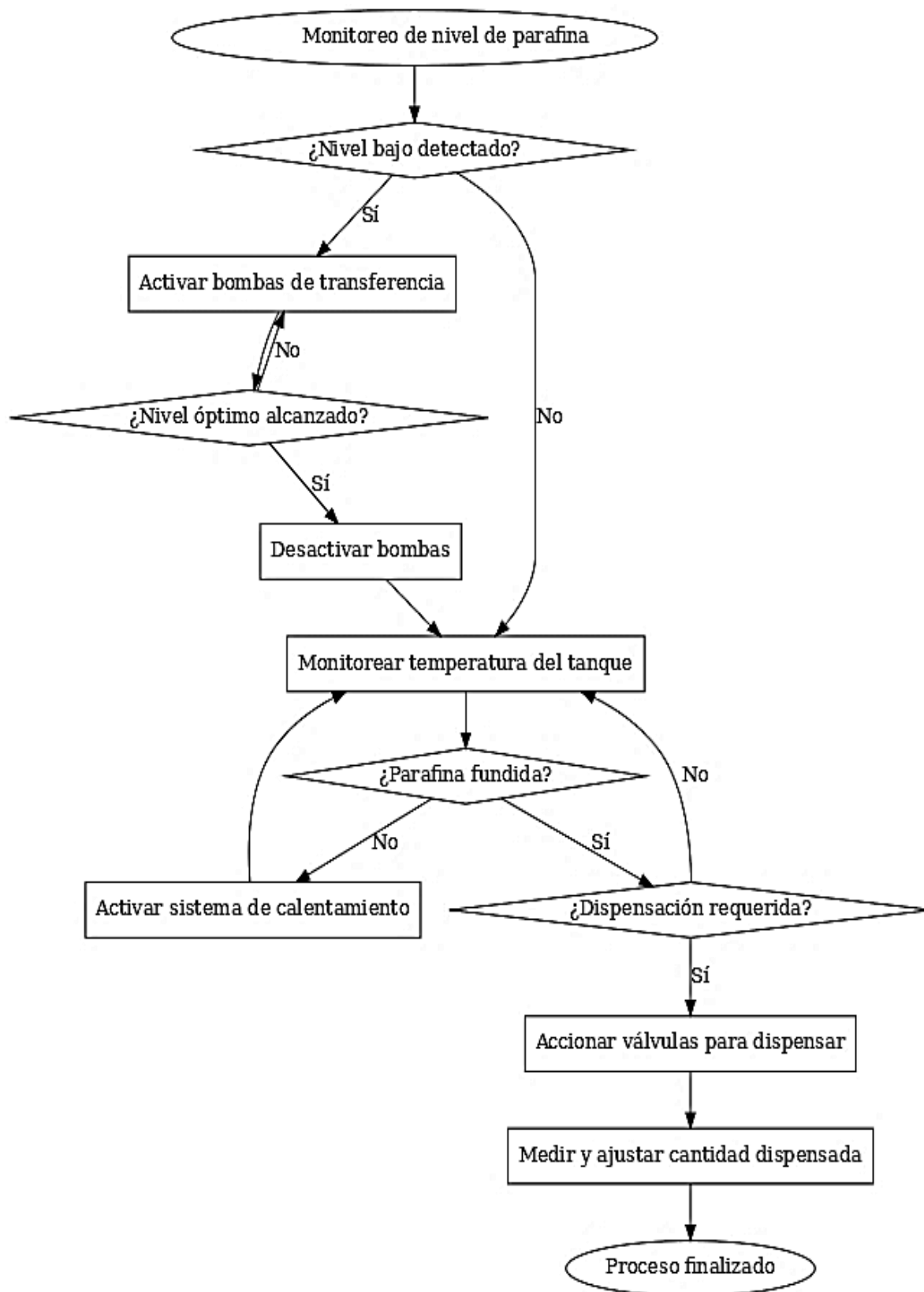


Figura 5.5. Diagrama de flujo del proceso completo.

11.1. Secuencia del Proceso.

Se diseñó un circuito que conecta los sensores de nivel y temperatura, las bombas de transferencia y las válvulas dispensadoras al PLC. Como se detalla en el Anexo. La secuencia del proceso es la siguiente:

1. Se cierra la puerta de carga del triturador. La señal de seguridad habilita el encendido del triturador.
2. El operador ahora puede encender el triturador y ajustar cuanta carga desea fundir en el tanque.
3. Una vez encendido el triturador, el control de temperatura se enciende. En pantalla se muestra el Setpoint de temperatura deseado (ejemplo. 80°C).
4. También se enciende el transportador vertical.
5. En pantalla se muestra el peso actual de la tolva superior.
6. La tolva superior vigila el peso actual.
7. Cuando se alcanza el peso deseado por el operador, se detiene el triturador, el transportador vertical se mantiene encendido cierto tiempo.
8. Se muestra un mensaje de peso alcanzado.
9. Se inicia el proceso de fundición.
10. Se abre la válvula de ingreso de material a horno.
11. Se abre la válvula de descarga de tolva por 5 segundos.
12. Se cierra la válvula de descarga de tolva después de los 5 segundos.
13. Se cierra la válvula de ingreso de material a horno.
14. Se espera cierto tiempo para fundir material.
15. Se abre la válvula de descarga a tanque por 3 segundos.

16. Se abre la válvula de ingreso de material por 3 segundos.
17. Se cierra la válvula de ingreso de material.
18. Se cierra la válvula de descarga a tanque.
19. Se regresa al punto 5.1 hasta vaciar el material de la tolva.
20. Se debe registrar la cantidad de material ya ingresado a tanque por turno de 8 horas por 7 días de la semana. (Los datos deben almacenarse en una USB).
21. Se deben registrar las alarmas que ocurran.

La secuencia del proceso se sigue para garantizar la trituración, transporte, fusión y transferencia controlada de parafina de manera segura y eficiente. Cada paso asegura que el equipo funcione según los parámetros establecidos, como el peso, la temperatura y los tiempos de operación, para evitar errores y optimizar los resultados.

Además, el registro de datos y alarmas asegura trazabilidad y monitoreo del proceso. Esto permite realizar análisis posteriores, evaluar el rendimiento, cumplir con normativas de calidad y responder ante posibles fallos o desviaciones, asegurando un control total del sistema durante el turno operativo.

11.2. Simulación del sistema

Usando TIA Portal V17, se simuló el comportamiento del sistema para validar las secuencias de operación antes de implementarlas físicamente. El programa fue desarrollado con ayuda de personal de mantenimiento e IT. Para la simulación, se utilizaron herramientas integradas en TIA Portal, lo que permitió verificar el funcionamiento de las entradas y salidas sin necesidad de un hardware físico. Se probaron distintos escenarios operativos, incluyendo modos de operación automático,

semi-automático y manual, asegurando que las transiciones entre ellos fueran correctas y seguras. Además, se realizaron pruebas de seguridad y respuesta ante fallas para garantizar que el sistema pudiera manejar interrupciones en el suministro de energía o fallos en los sensores sin comprometer la integridad del proceso.

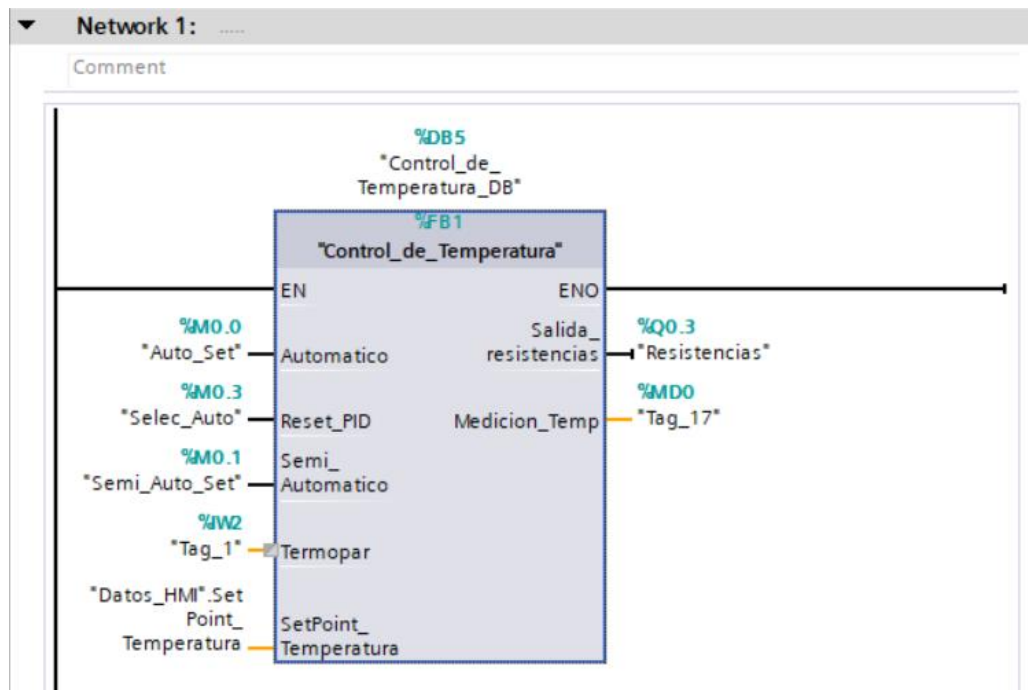


Figura 5.6. Sistema de control de temperatura mostrando bloques de datos, variables de control como modos automático y semi-automático, y direcciones de memoria asociadas a entradas y salidas específicas.

El esquema muestra una lógica de control de temperatura en un PLC Siemens, donde, se recibe la lectura de temperatura mediante un termopar (%IW2). Se compara con un setpoint definido desde una HMI. Según el modo de operación (automático o semi-automático), se ajusta la activación de las resistencias (%Q0.3) mediante un control PID. Se almacena y procesa la información en un bloque de datos para optimizar la regulación térmica. Este sistema es clave ya que se requiere un control preciso de temperatura.

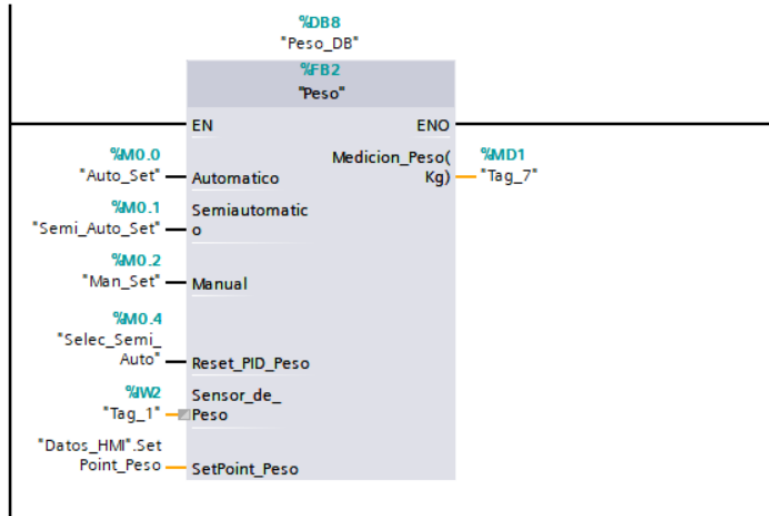


Figura 5.7. Bloque de función "Peso" (%FB2) mostrando entradas para selección de modos de operación, así como la medición del peso en kilogramos y su interacción con la HMI.

Este bloque de función gestiona la medición de peso con diferentes modos de operación (Automático, Semiautomático y Manual). También está conectado a una HMI, lo que permite la visualización y ajuste de parámetros desde una interfaz gráfica.

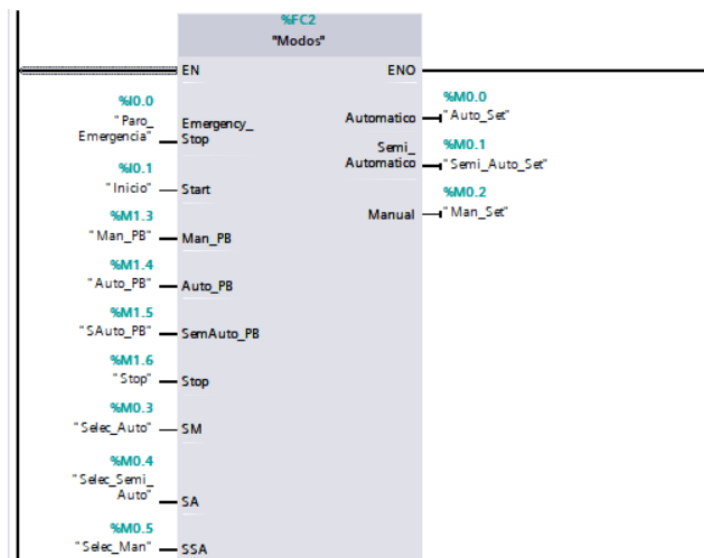


Figura 5.8. Bloque de función "Modos" encargado de gestionar la selección de modos de operación (Automático, Semiautomático y Manual) a partir de diversas entradas, como paro de emergencia, inicio y pulsadores de control.

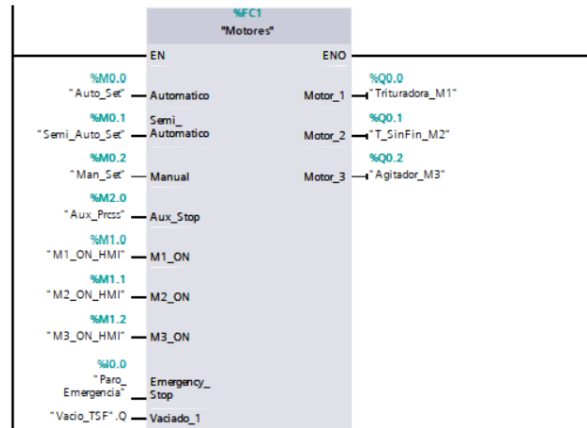


Figura 5.9. Bloque de función "Motores" (%FC1) encargado de gestionar la activación de los motores según el modo de operación seleccionado, además de integrar señales de seguridad y control desde la HMI.

Este bloque de función se encarga de controlar la operación de tres motores en función del modo de trabajo seleccionado y de señales auxiliares provenientes de la HMI y sensores. También toma en cuenta medidas de seguridad, como el paro de emergencia y el paro auxiliar, para garantizar una operación segura.

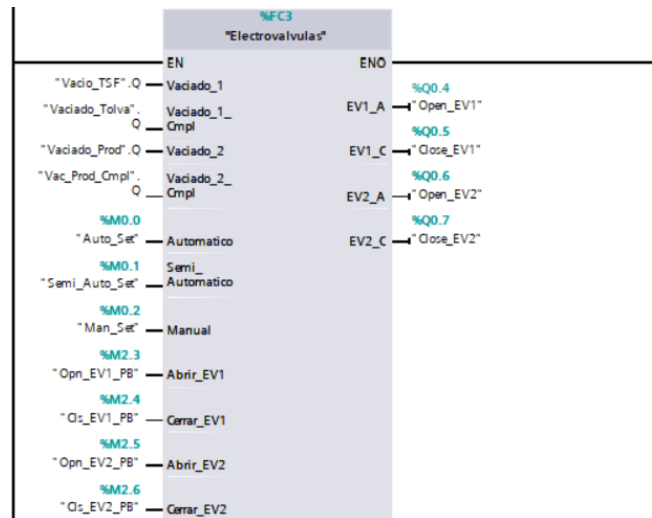


Figura 6. Bloque de función "Electroválvulas" (%FC3) encargado de gestionar la apertura y cierre de dos electroválvulas en función del estado del sistema y el modo de operación seleccionado.

Este bloque de función controla dos electroválvulas (EV1 y EV2) según señales del sistema y entradas del operador. Dependiendo del modo de operación (Automático, Semiautomático o Manual), las electroválvulas se abren o cierran para gestionar procesos de vaciado. También permite control manual mediante pulsadores.

Estos bloques conforman un sistema de automatización industrial interconectado, donde cada bloque cumple una función específica para el control del proceso. El bloque "Modos" (%FC2) permite seleccionar el modo de operación del sistema (Automático, Semiautomático o Manual), determinando cómo interactúan los demás componentes. Según este modo, el bloque "Motores" (%FC1) gestiona la activación de los motores (Trituradora, Transportador de Sinfín y Agitador), mientras que el bloque "Electroválvulas" (%FC3) controla la apertura y cierre de válvulas para el vaciado de materiales. Adicionalmente, el bloque "Peso" (%FB2) supervisa la medición del peso del material procesado y puede influir en la activación de otros elementos. En conjunto, estos bloques aseguran un control eficiente, seguro y adaptable.

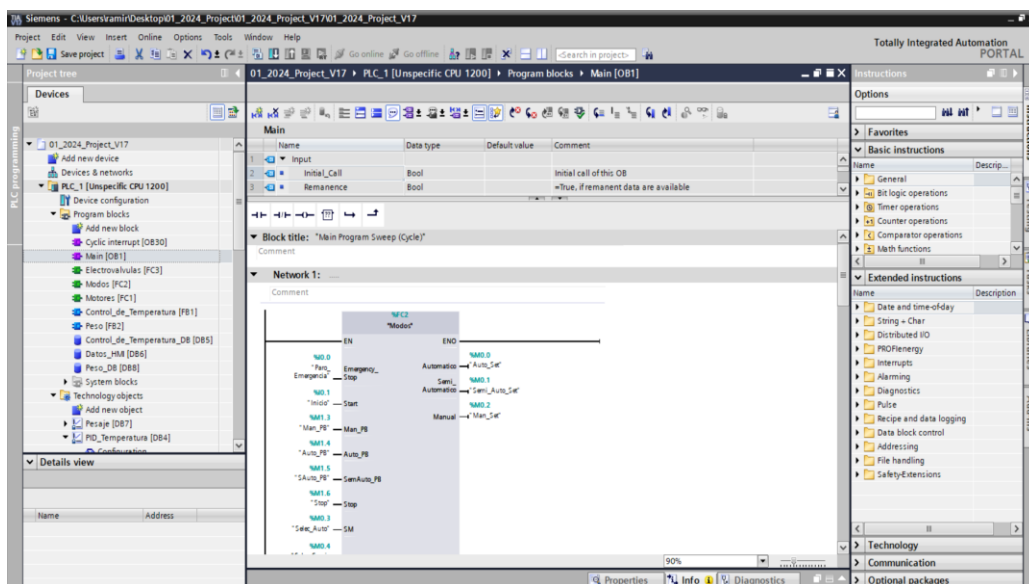


Figura 6.1. Programación PLC con software de Siemens.

IV. RESULTADOS

El rediseño resultante logró transformar el espacio en un entorno más eficiente y funcional, alineándose completamente con los requerimientos del sistema automatizado, esto asegura no solo una mejora en el rendimiento operativo, sino también una mayor adaptabilidad para futuras expansiones o mejoras tecnológicas.

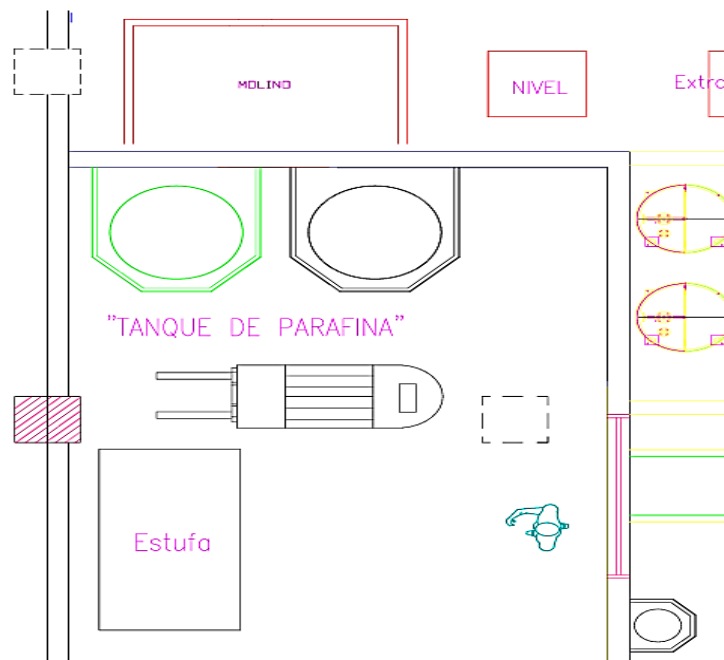


Figura 6.2. Rediseño de Layout del nivel 13.5. (Se detalla en el Anexo 1).

Algunos beneficios involucrados en esta primera etapa nos ayudarán a establecer una base sólida para el éxito de las fases posteriores del proyecto. Entre estos beneficios se encuentran:

- **Mayor eficiencia operativa:** Al reducir puntos de restricción y optimizar la geometría, el flujo de parafina hacia el dispensador será más rápido y uniforme. El nuevo diseño permite un acceso más fácil lo que reduce los tiempos y mejora la continuidad del proceso.

- **Preparación para la automatización:** El espacio rediseñado está listo para integrar nuevas tecnologías y sistemas automatizados, garantizando que el sistema sea adaptable a necesidades futuras.

Por otro lado, la propuesta del rediseño mecánico no solo mejorara significativamente la eficiencia del proceso, sino que también asentara las bases para la automatización completa del sistema. Esto garantiza un funcionamiento más confiable, seguro y adaptable a futuros requerimientos.

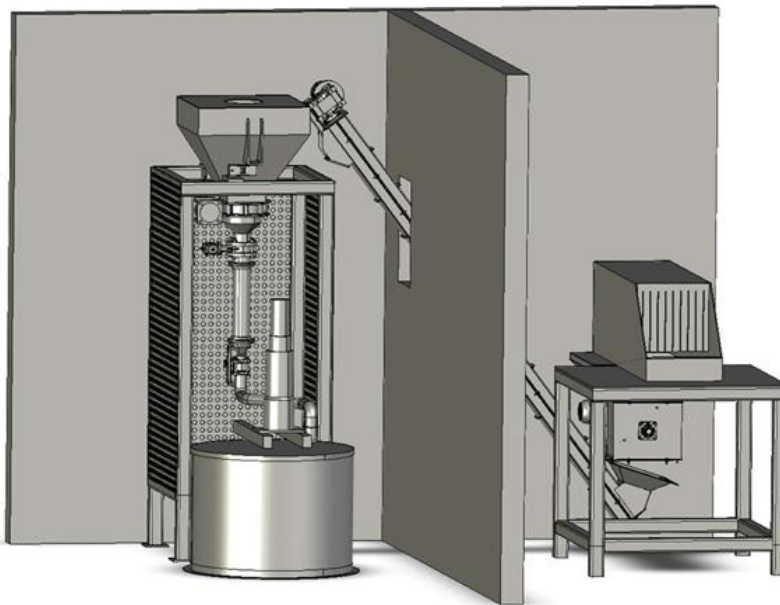


Figura 6.3. Simulación de los componentes del nuevo sistema de fundición de parafina.

El diseño y la simulación del sistema de trituración, transporte, fundición y dosificación de parafina pudieron generar una serie de resultados esperados que mejoran significativamente la eficiencia y la fiabilidad del proceso. Estos resultados incluyen:

1. Identificar cuellos de botella en el proceso de transporte y fundición de la parafina.

Las piezas diseñadas y simuladas en SolidWorks garantizan que cada componente esté alineado para operar de manera eficiente.

2. Al simular el comportamiento del sistema, es posible prever problemas que podrían poner en riesgo la seguridad del proceso. Esto permite ajustar las especificaciones de diseño para prevenir accidentes o daños.
3. La simulación permite validar virtualmente los diseños de las piezas antes de la fabricación, lo que reduce el riesgo de errores en el proceso de producción. Esto también acelera el tiempo de desarrollo y facilita la iteración de nuevos diseños.

Los resultados esperados incluyen la creación de un sistema más eficiente y seguro para los operadores, con un control preciso en cada etapa del proceso, desde la trituración hasta la dosificación de la parafina.

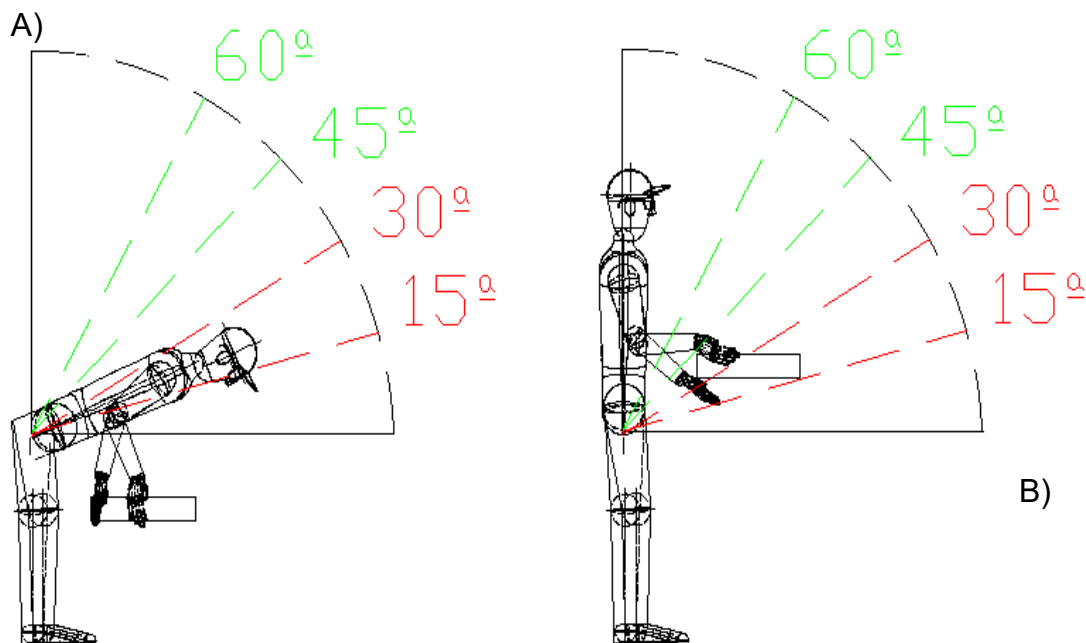


Figura 6.4. A) Rango de movimiento del operador durante el proceso actual y B) Rango de movimiento esperado con las mejoras en el proceso.

La implementación de mejoras ergonómicas en el entorno industrial genera beneficios significativos tanto para los operadores como para la productividad general de la

empresa, destacándose la reducción de la fatiga y el estrés físico mediante la optimización de las estaciones de trabajo, ajustando alturas, posturas y distancias para minimizar esfuerzos innecesarios y mejorar la comodidad de los empleados. Asimismo, la incorporación de superficies y soportes ergonómicos reducen la carga en las articulaciones, disminuyendo la incidencia de trastornos musculoesqueléticos y reduciendo el ausentismo laboral causado por lesiones relacionadas con posturas inadecuadas y esfuerzos repetitivos.

V. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto representó una experiencia muy enriquecedora que me permitió consolidar y aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación como Ingeniero. El poder optimizar un proceso con ayuda de herramientas como lo son el diseño y la automatización, es algo impresionante a nivel industrial y esto es solo una parte de todo lo que se puede llegar a hacer aplicando la tecnología actual y los conocimientos previos.

En estos meses colaborando en proyectos pude fortalecer varias competencias y así mismo generar experiencia que no solo reforzó mi perfil profesional, sino que también me brindó una visión más amplia de la industria, sus exigencias y los desafíos que enfrenta. Estoy convencido de que los aprendizajes obtenidos serán un pilar fundamental para mi crecimiento profesional, permitiéndome enfrentar futuros retos con confianza y una perspectiva integral. Agradezco la oportunidad de haber formado parte de este proyecto y estoy comprometido a seguir aplicando y ampliando estos conocimientos como Ingeniero en Sistemas Automotrices contribuyendo al avance de la industria y al desarrollo de soluciones innovadoras que impacten positivamente en la sociedad.

VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante mi residencia profesional, desarrollé competencias clave, destacando el control de calidad en la fabricación de piezas mecánicas, donde me aseguré de que cada componente cumpliera con los estándares establecidos. Esto incluyó la verificación del cumplimiento de especificaciones técnicas mediante revisiones exhaustivas y la creación de planos y especificaciones técnicas precisos para guiar los procesos de producción. Adquirí un sólido dominio de herramientas CAD como AutoCAD, SolidWorks e Inventor, lo que me permitió diseñar y modelar piezas con alta precisión. Además, desarrollé habilidades en mediciones y metrología, utilizando instrumentos como calibres y micrómetros para garantizar la exactitud de las piezas.

Por otro lado, fortalecí competencias transversales esenciales para el ámbito laboral, destacué en la comunicación efectiva, coordinando de manera clara y precisa entre equipos internos y proveedores, lo que facilitó el flujo de información y la alineación de objetivos. Trabajé de manera colaborativa en equipos multidisciplinarios, integrando esfuerzos con departamentos como Producción, RH, Calidad e IT, resolviendo conflictos y tomando decisiones conjuntas para optimizar procesos. Demostré habilidades sólidas en la gestión del tiempo, cumpliendo con plazos de entrega de proyectos y priorizando tareas y recursos para maximizar la eficiencia. Además, mi adaptabilidad me permitió aprender rápidamente nuevas herramientas y procesos, ajustándome a los cambios y necesidades del entorno laboral. Estas competencias me permitieron contribuir de manera significativa al éxito de los proyectos en los que participé, consolidando mi perfil como profesional capacitado y versátil.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alfaomega. (2021). *El gran libro de SolidWorks® (3.ª ed.)*. Alfaomega.
2. Aksu, S., & Aksu, M. (2009). *Automation and control systems*. Springer Science & Business Media.
3. Amador, M. C., & Reyna, S. B. (2019). *Manual de prácticas de emplazamiento y distribución de planta*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
4. Bartelt, T. (2011). *Industrial automated systems: Instrumentation and motion control*. Cengage Learning.
5. Bautista Valhondo, J. (2010). *Diseño de sistemas productivos y logísticos: Distribución en planta, métodos y tiempos, asignación de máquinas*. Universitat Politècnica de Catalunya.
6. Bedoya, J. D. (2018). *Automatización industrial y control automático*. Ecoe Ediciones.
7. Benton, B. C. (2016). *AutoCAD for engineering design*. Delmar Cengage Learning.
8. Cañas Delgado, J. J. (2000). *Ergonomía en los sistemas de trabajo*. Universidad de Granada.
9. Chow, J., & Ashworth, C. (2013). *AutoCAD 2014 for the interior designer (2nd ed.)*. Wiley.
10. Delgado, J. M., & Rodríguez, M. D. (s.f.). *Ergonomía: Diseño y evaluación de productos y puestos de trabajo*. McGraw-Hill.
11. Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2011). *Modern control systems (12ª ed.)*. Prentice Hall.
12. García Moreno, E. (2001). *Automatización de procesos industriales*. Alfaomega Grupo Editor.
13. Escaño González, J. M., Nuevo García, A., & García Caballero, J. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial*. Ediciones Paraninfo, S.A.

14. García García, A. J. (2022). *Automatización industrial con Siemens TIA Portal y PLC S7-1200/1500*.
15. Hughes, E. (2010). *Electrical and electronic technology* (8th ed.). Pearson Education.
16. Liniado, B. (2020). *El gran libro de SOLIDWORKS* (3ª ed.). Easyworks.
17. López Torres, M. Á. (2013). *Control industrial y sistemas automatizados*. Alfaomega.
18. López, J. L. (2017). *AutoCAD para ingenieros y arquitectos* (5ª ed.). McGraw-Hill Education.
19. Llorca, J. L. (2015). *Manual de ergonomía aplicada a la prevención de riesgos laborales*. Ediciones Pirámide.
20. Martínez, R., & Cárdenas, R. (2006). Las ventajas e inconvenientes del CAD/CAM. *Culcyt/Sistemas Computacionales*, 3, 43-48.
21. Mercado-Bautista, J. (2020). Evolución de los softwares de simulación para el diseño y construcción en la industria. *Polo del Conocimiento*, 5(48), 1333-1343.
22. Méguas, M. (n.d.). *Técnicas: Parafina*. Universidad de Vigo. Recuperado de <https://mmegias.webs.uvigo.es/6-tecnicas/3-parafina.php>
23. Melo, J. L. (2009). *Ergonomía práctica: guía para la evaluación ergonómica de un puesto de trabajo*. Fundación Mapfre. ISBN: 9789879796061.
24. Nise, N. S. (2011). *Control systems engineering* (6th ed.). John Wiley & Sons.
25. Ogata, K. (2010). *Modern control engineering* (5th ed.). Prentice-Hall.
26. Pérez Gosende, P. A. (2016). *Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un índice de desempeño*. Redalyc.
27. Planchard, D., & Planchard, M. (2019). *Engineering design with SolidWorks 2019*. SDC Publications.

28. Rodríguez Marthell, M. G. (2017). *Distribución de planta: Definiciones, tipos y características*. Universidad Tecnológica de Torreón.
29. Samyn, P., & Vonck, L. (2018). Parafina en aplicaciones industriales y análisis térmico. *Journal of Material Science Applications*. Recuperado de <https://www.materialscience.org>
30. Siemens. (n.d.). *SIMATIC Step 7 (TIA Portal) V17*. Manuales oficiales y recursos de Siemens para la programación y configuración en TIA Portal. Recuperado de <https://support.industry.siemens.com>.
31. Smaili, A. (2018). *Fundamentals of industrial automation and control*. McGraw-Hill.
32. Tickoo, S. (2018). *AutoCAD 2019 for the interior designer*. SDC Publications.
33. UGT Madrid. (s.f.). *Manual informativo de PRL: Ergonomía. Riesgos ergonómicos*.
34. Vásquez, J. C., et al. (2017). *Automatización industrial: Fundamentos y aplicaciones*. Universidad Nacional de Colombia.
35. Zapata Rodríguez, M., Topón-Visarrea, L., & Tipán Condolo, E. (2021). *Fundamentos de automatización y redes industriales*. Quito, Ecuador: Editorial Universidad Tecnológica Indoamérica. ISBN: 9789942821218.

ANEXO 2. Componentes de la tina del producto.

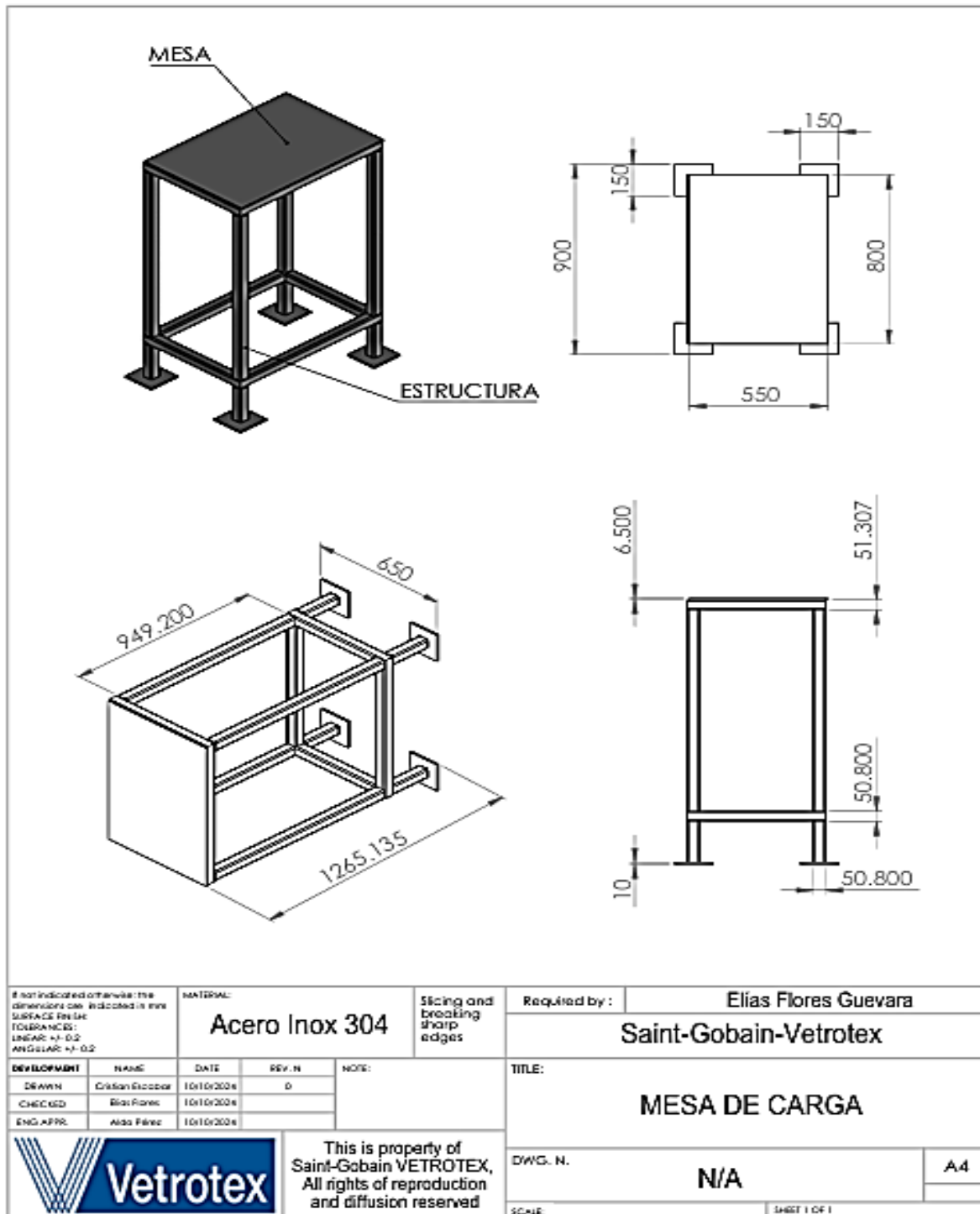


Figura 6.6. Dimensiones de mesa y estructura de carga.

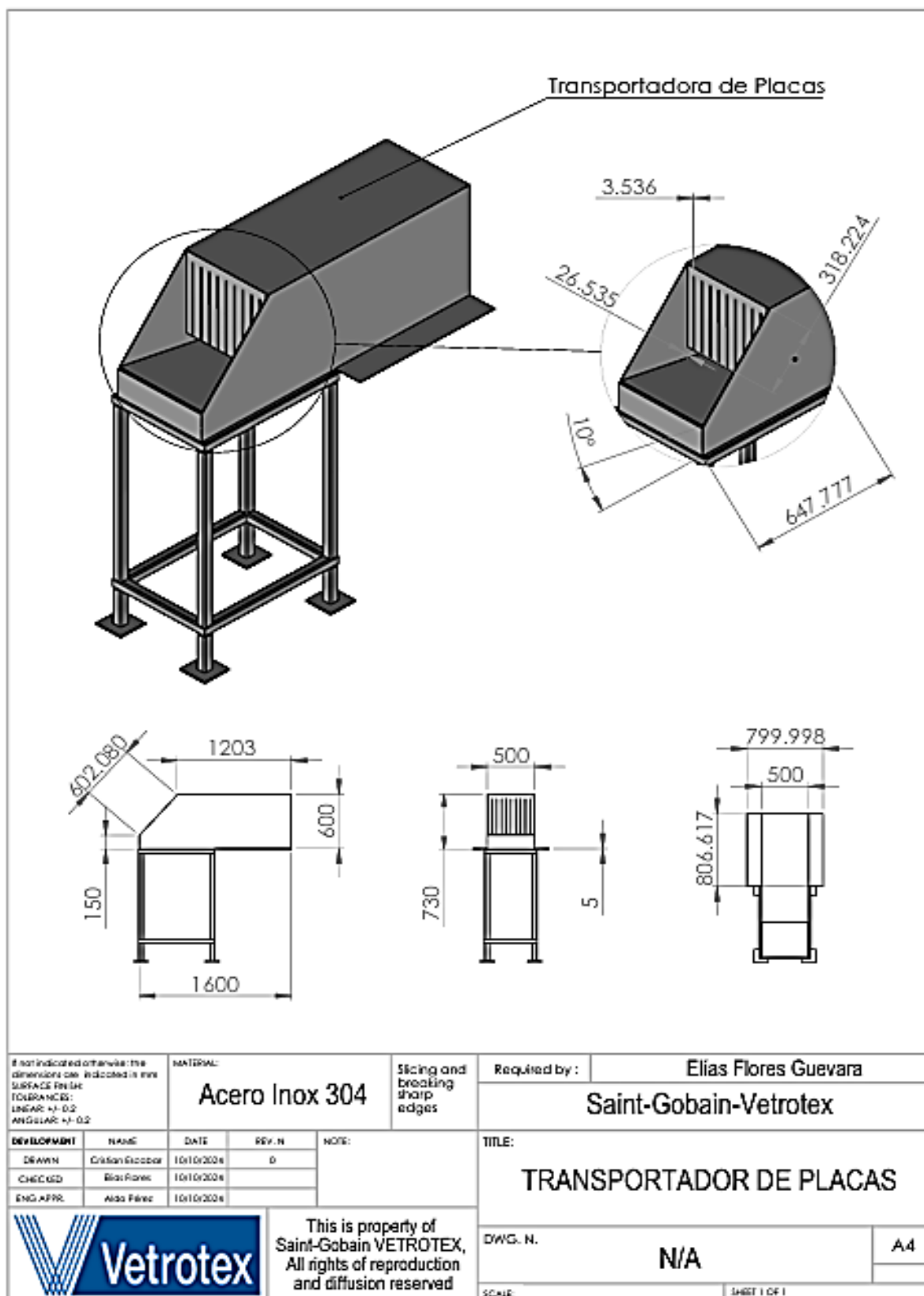


Figura 6.7. Dimensiones del transportador de placas.

ANEXO 3. Plataforma de trabajo.

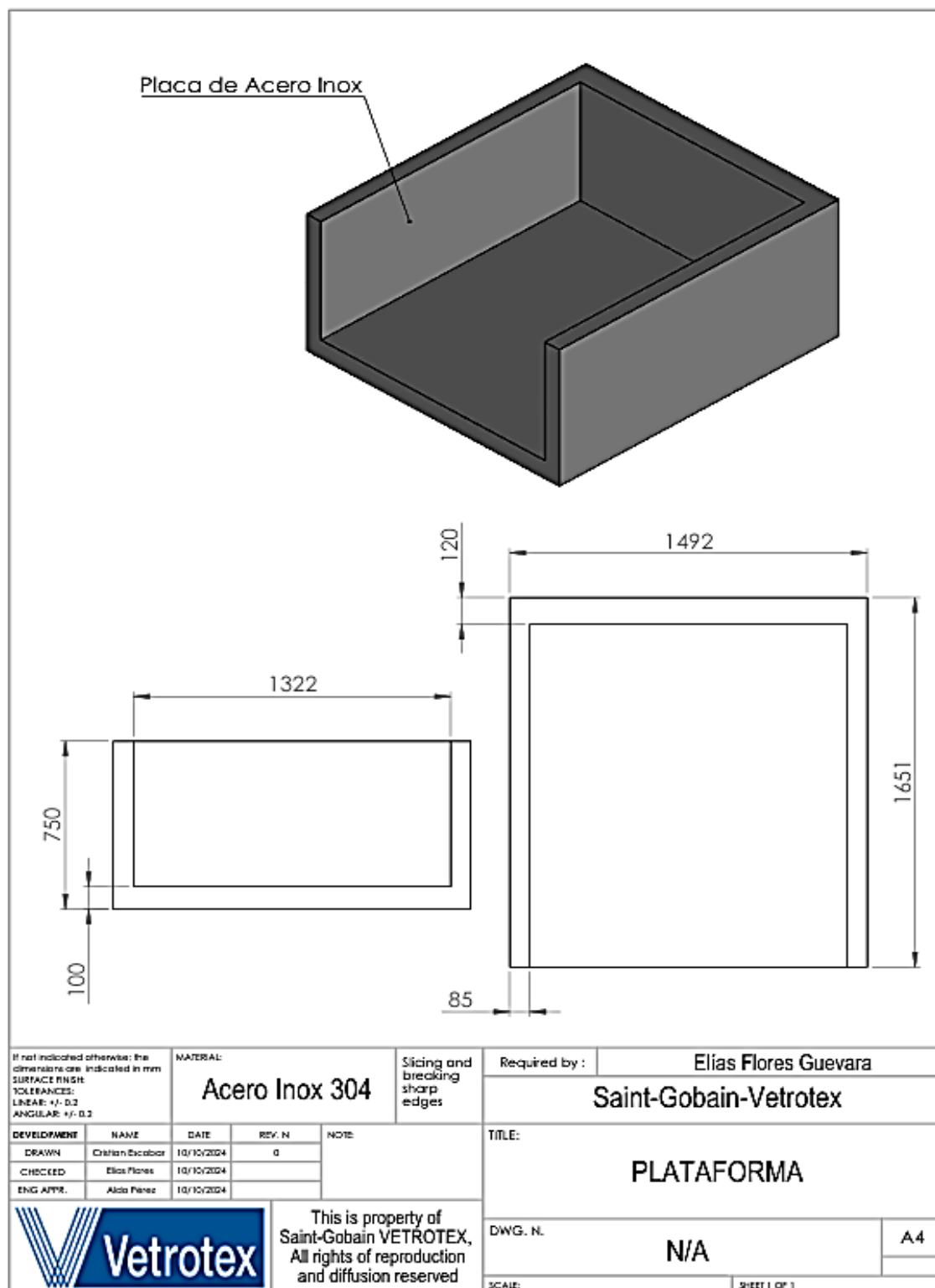


Figura 6.8. Dimensiones de la plataforma móvil.

ANEXO 4. Tolva superior.

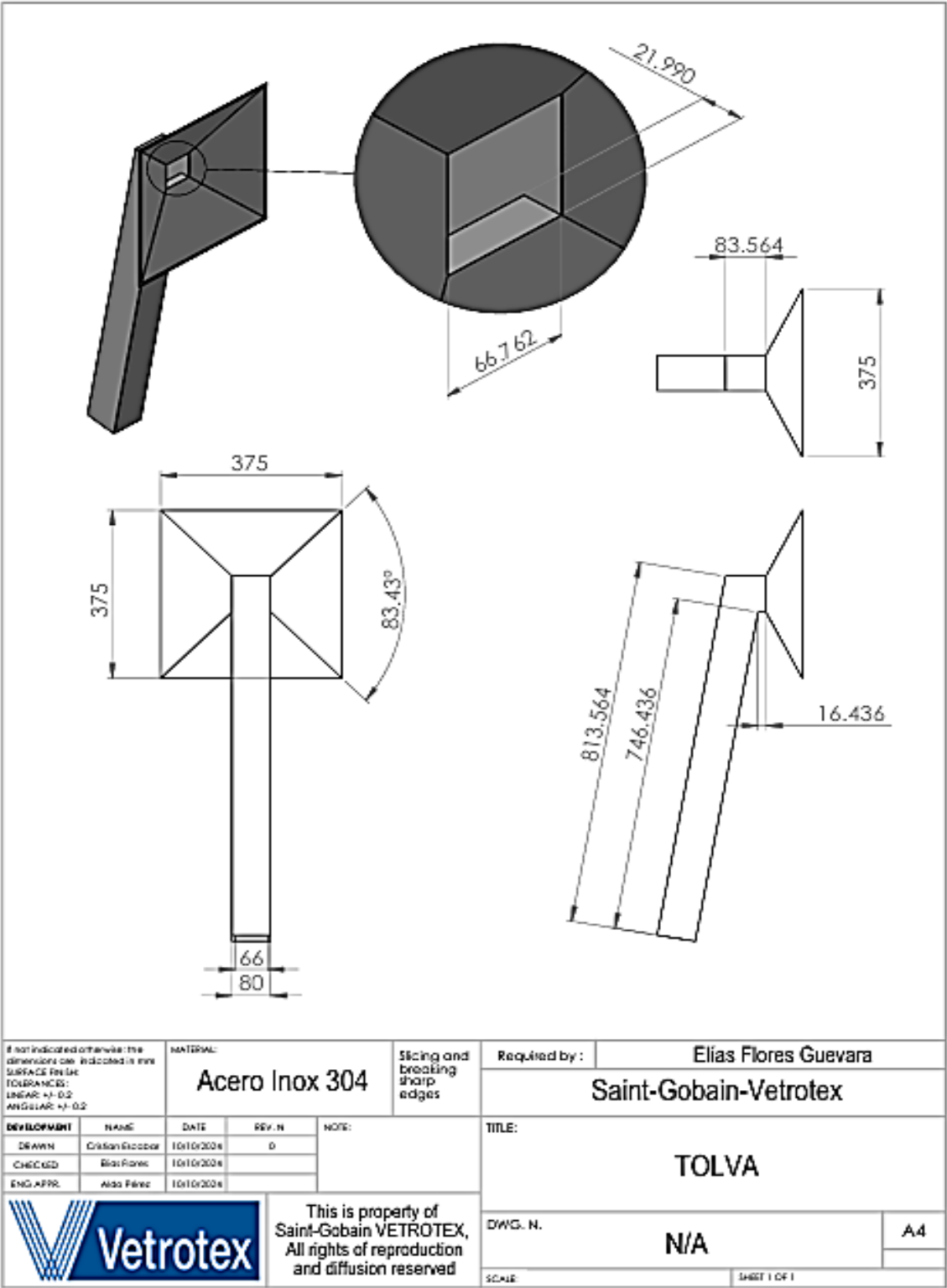


Figura 6.9. Dimensiones de la tolva superior.

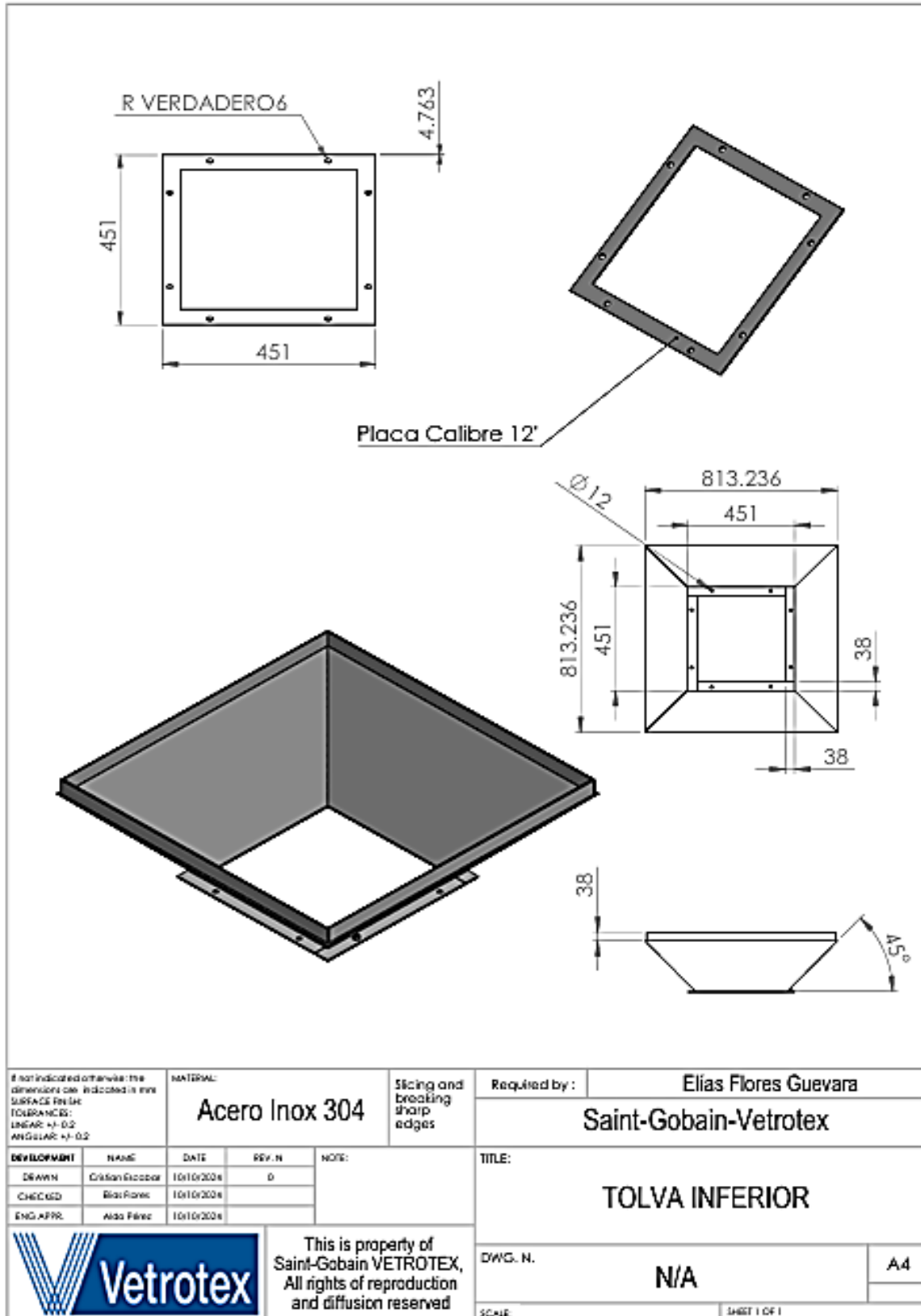


Figura 7. Dimensiones de tolva inferior.

ANEXO 5. Molino

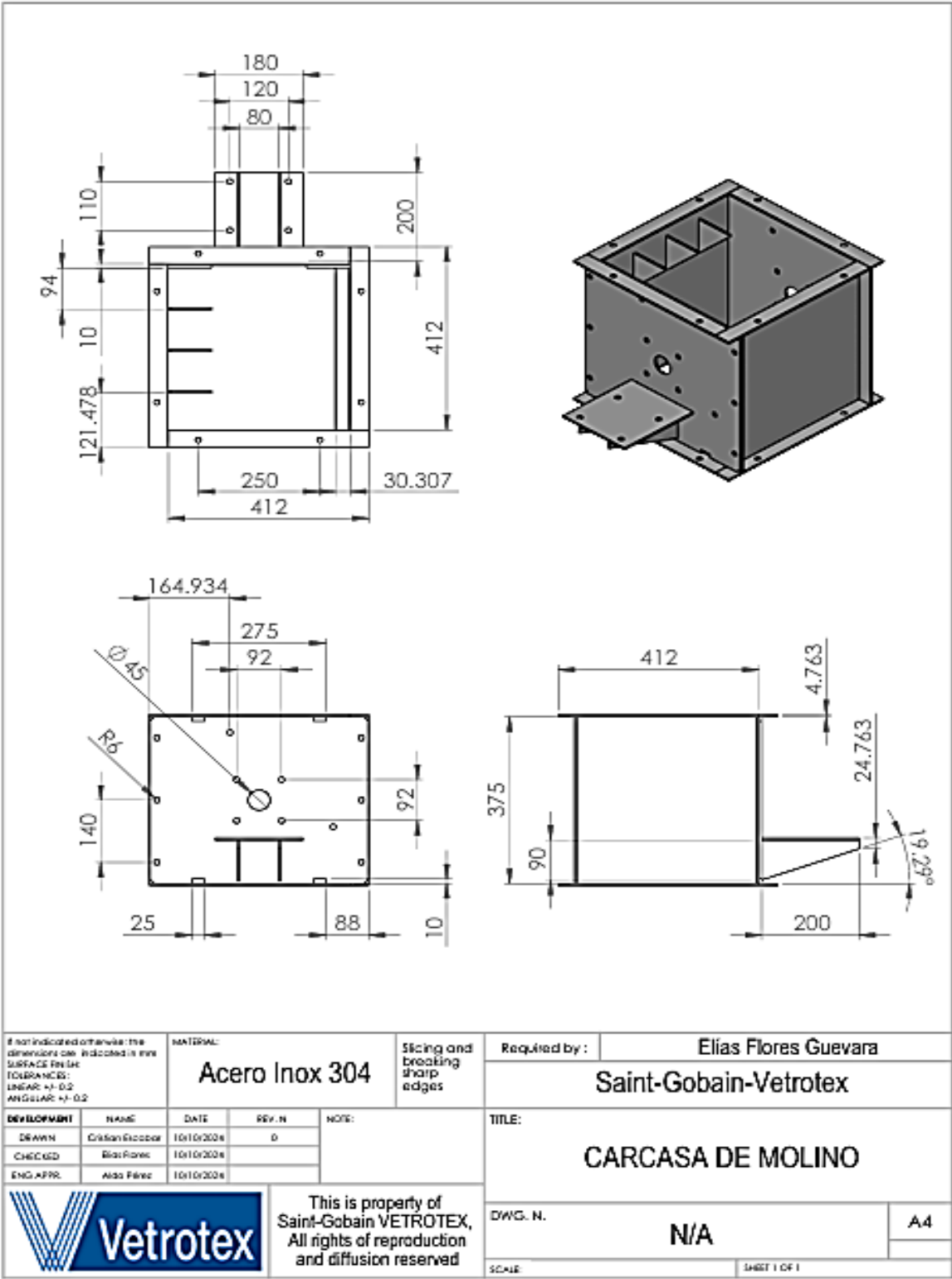


Figura 7.1. Dimensiones de carcasa de molino.

Anexo 6. Tanque.

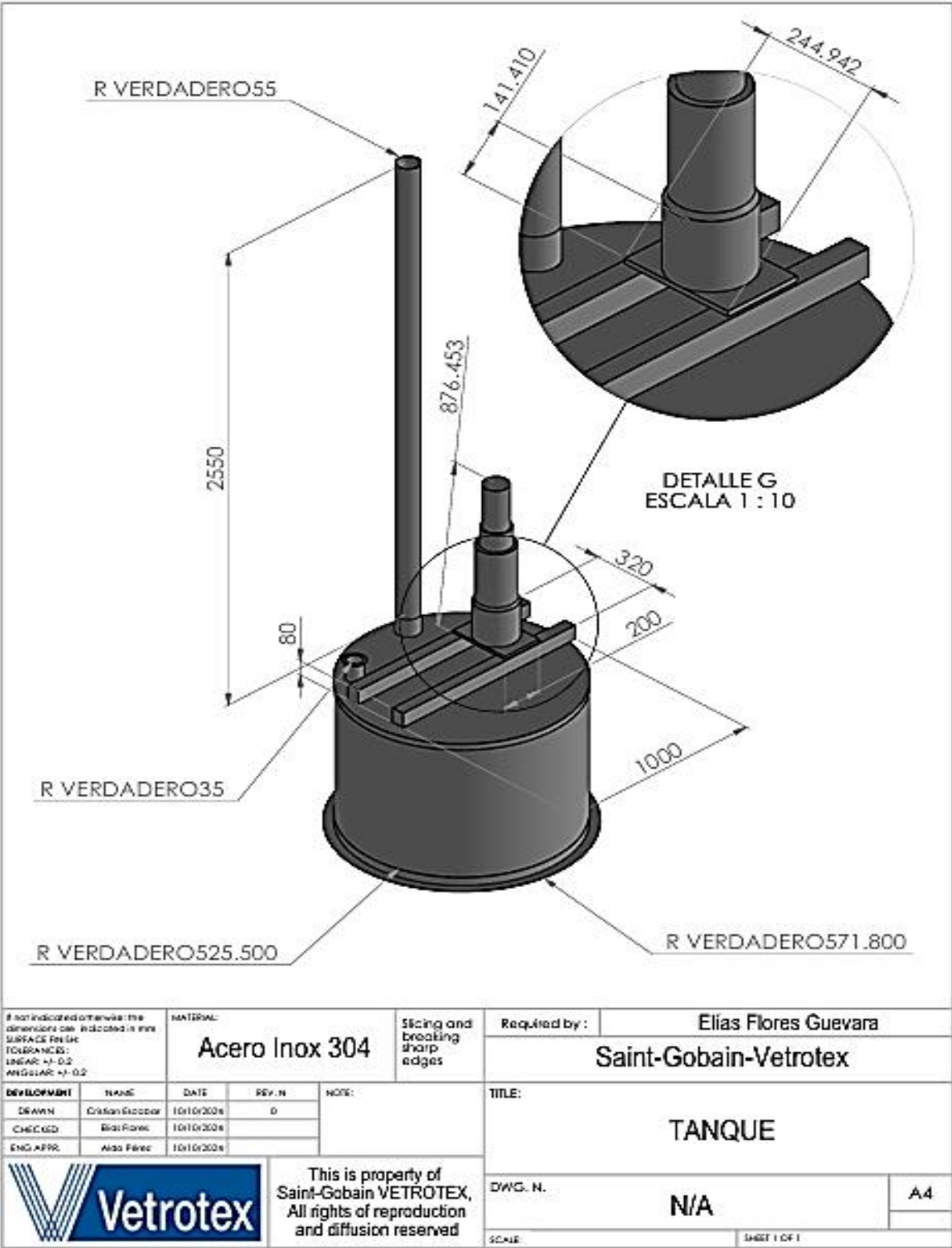


Figura 7.2. Propuesta de tanque para el almacenamiento.

Anexo 6. Componentes

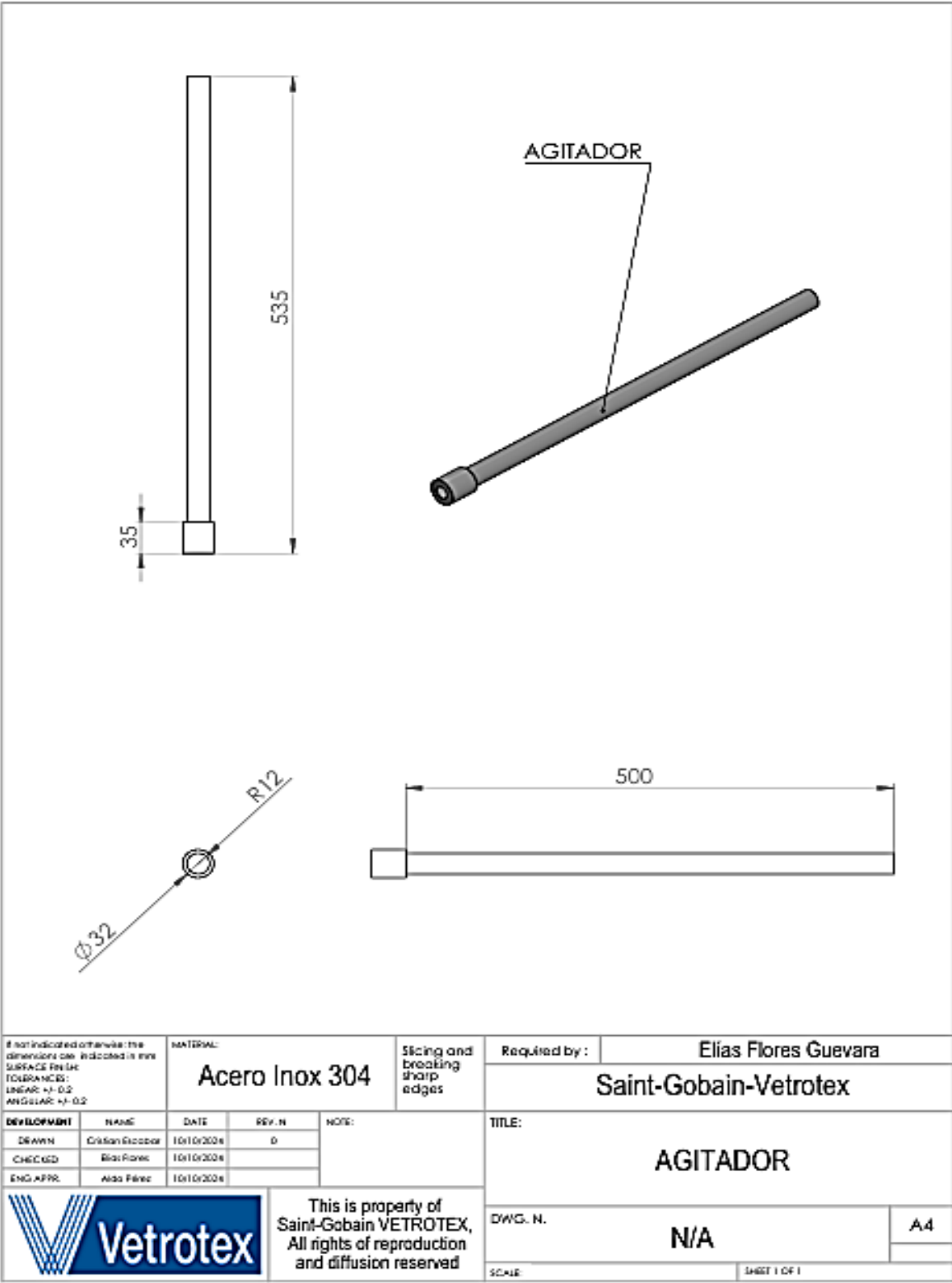


Figura 7.3. Dimensiones de agitador.

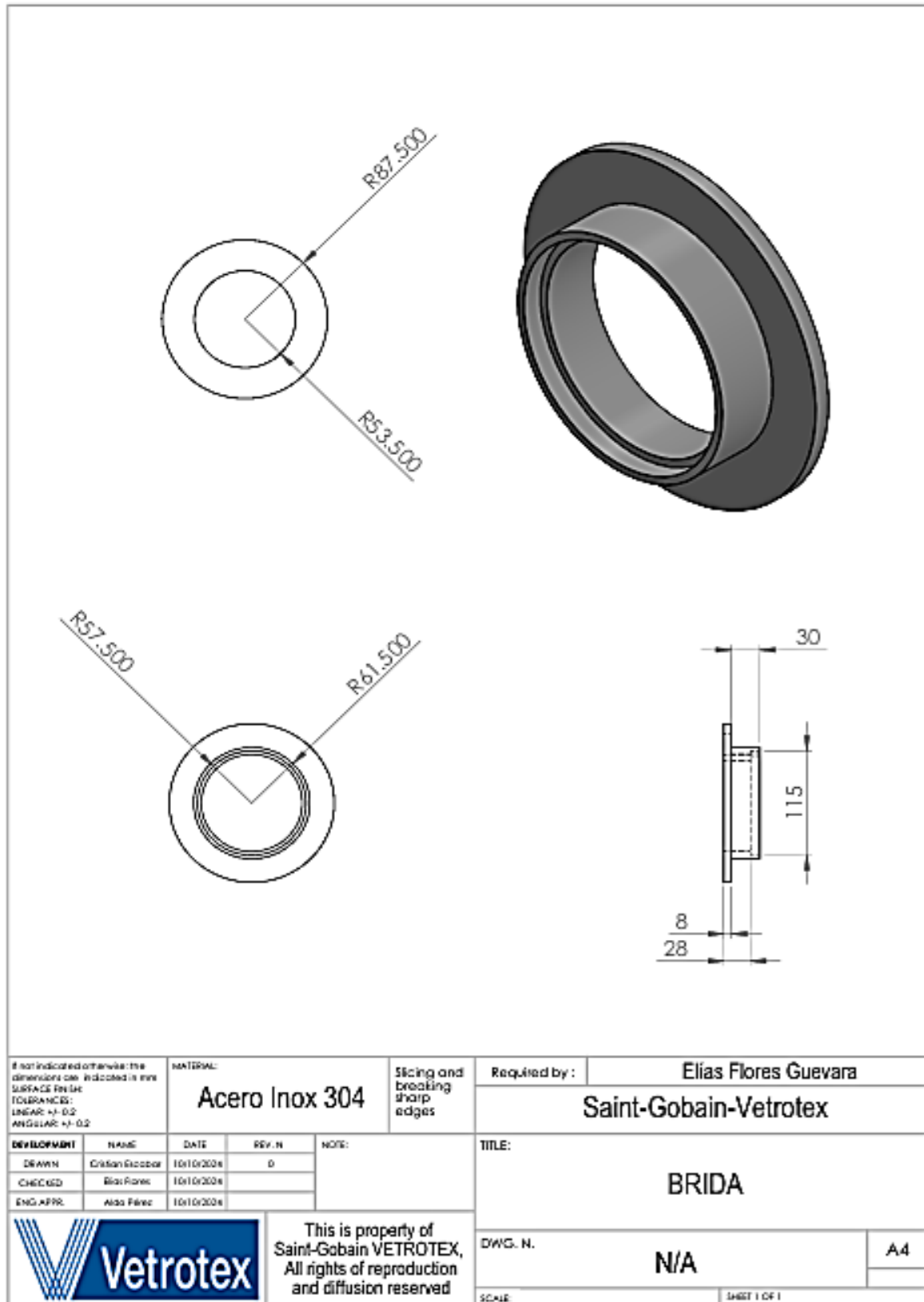


Figura 7.4. Dimensiones de brida.

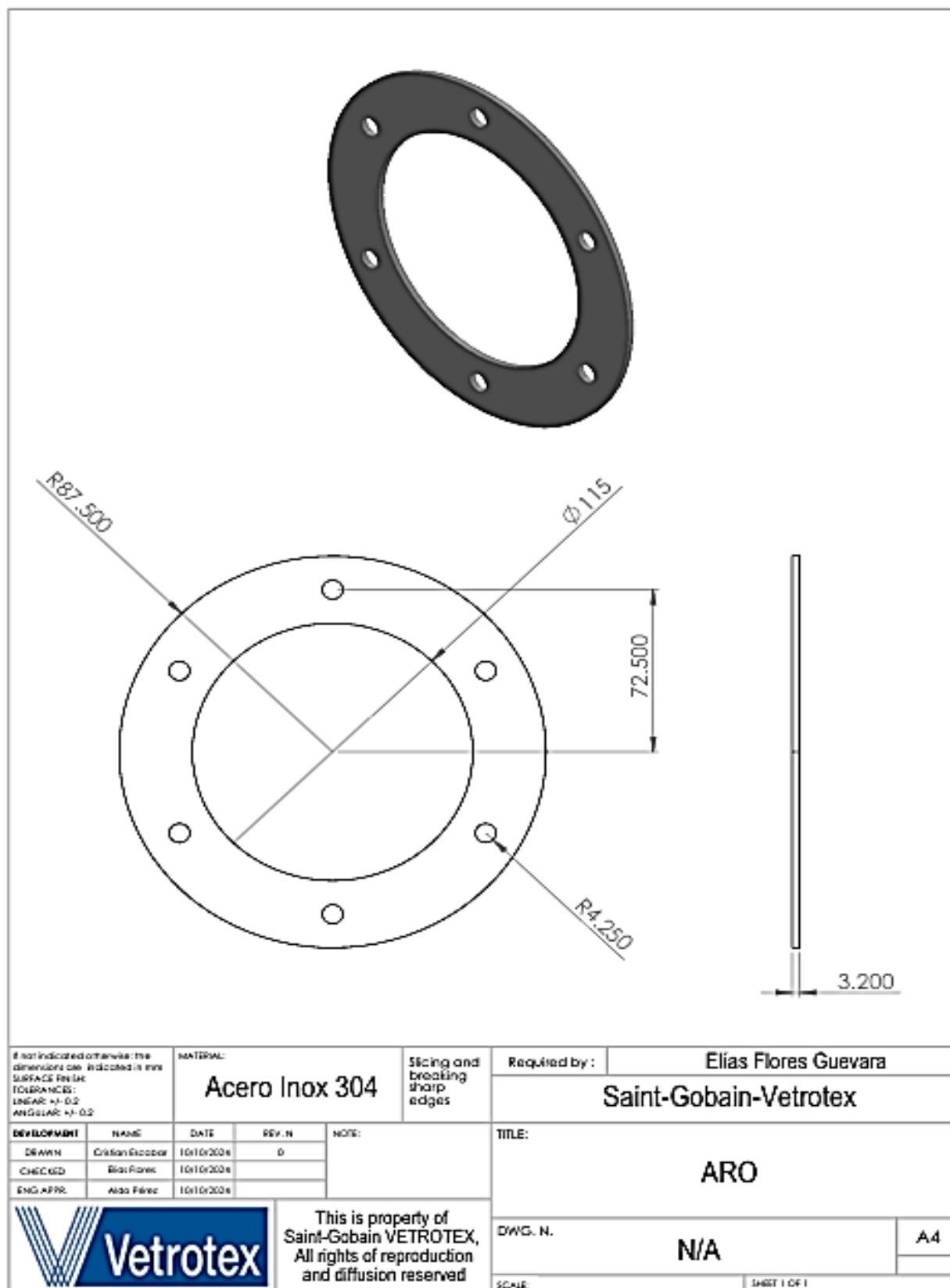


Figura 7.5. Dimensiones del Aro.

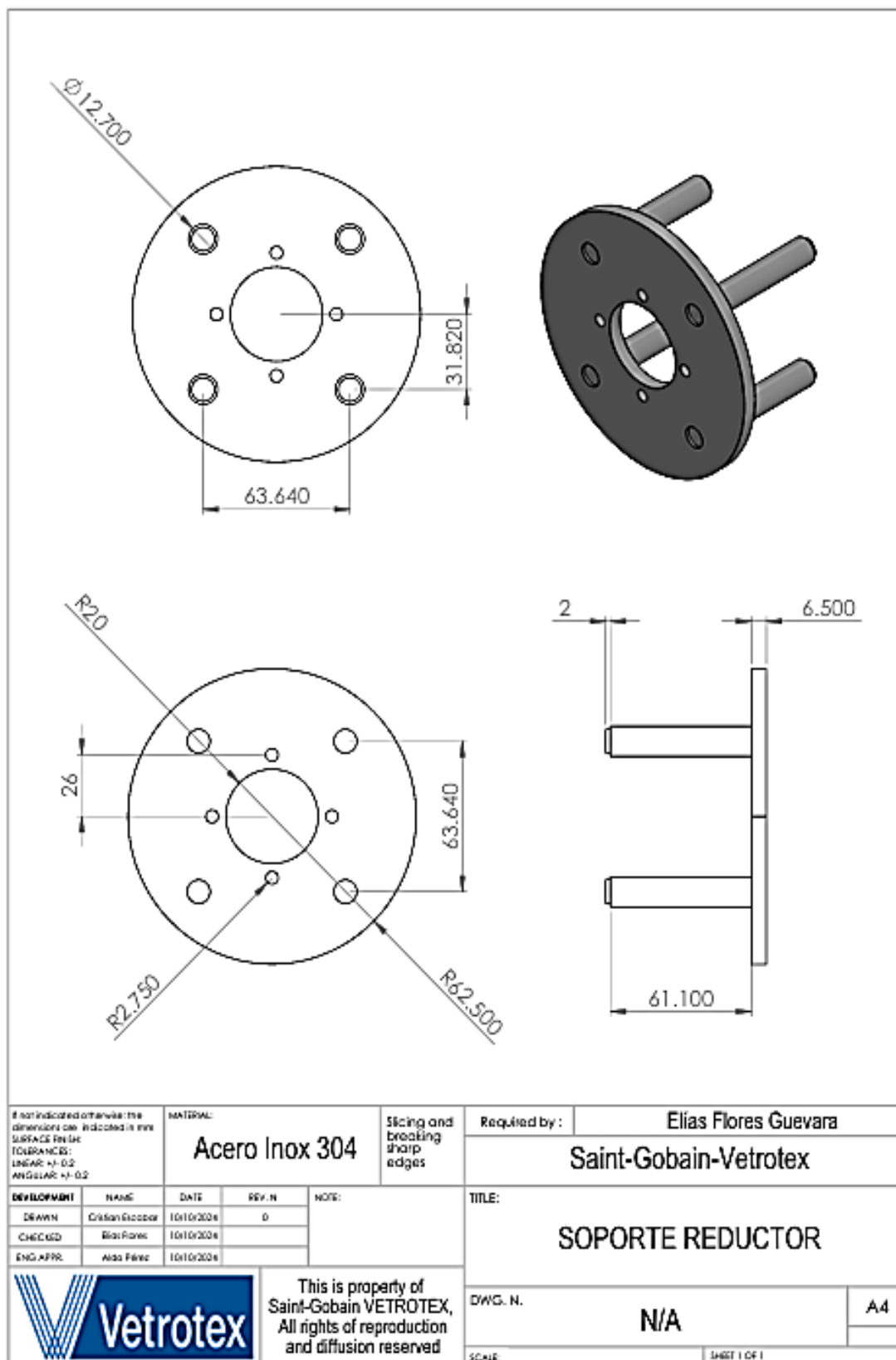


Figura 7.6. Dimensiones de la placa del soporte.

Anexo 7. Diagrama de control de temperatura implementado en un PLC Siemens utilizando Function Block Diagram (FBD) dentro del entorno TIA Portal.

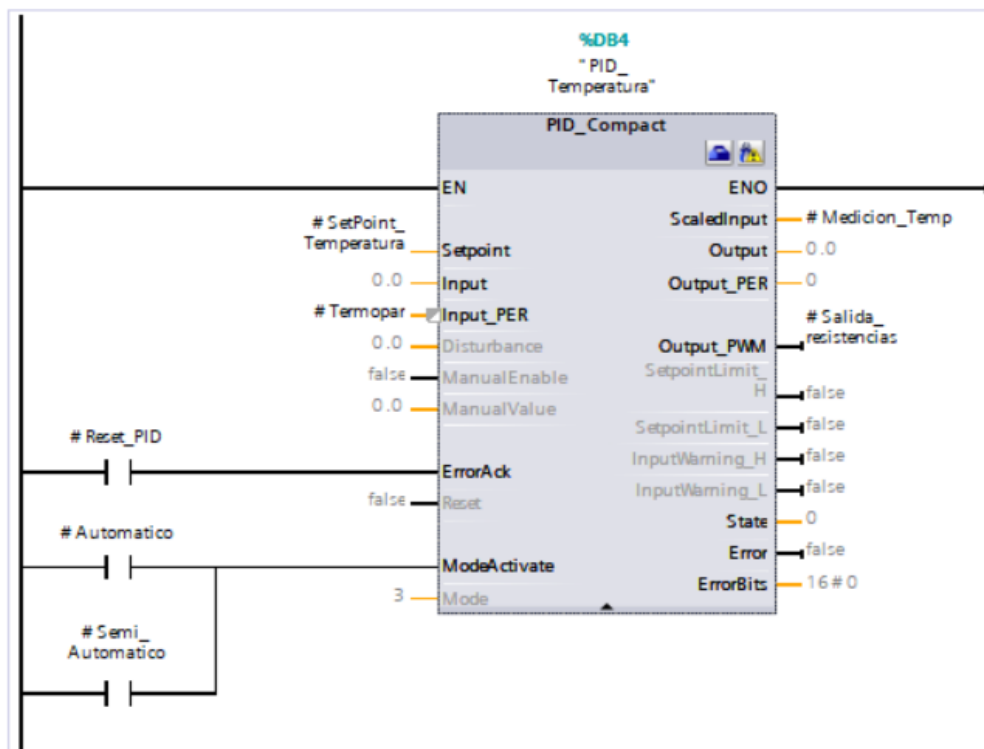
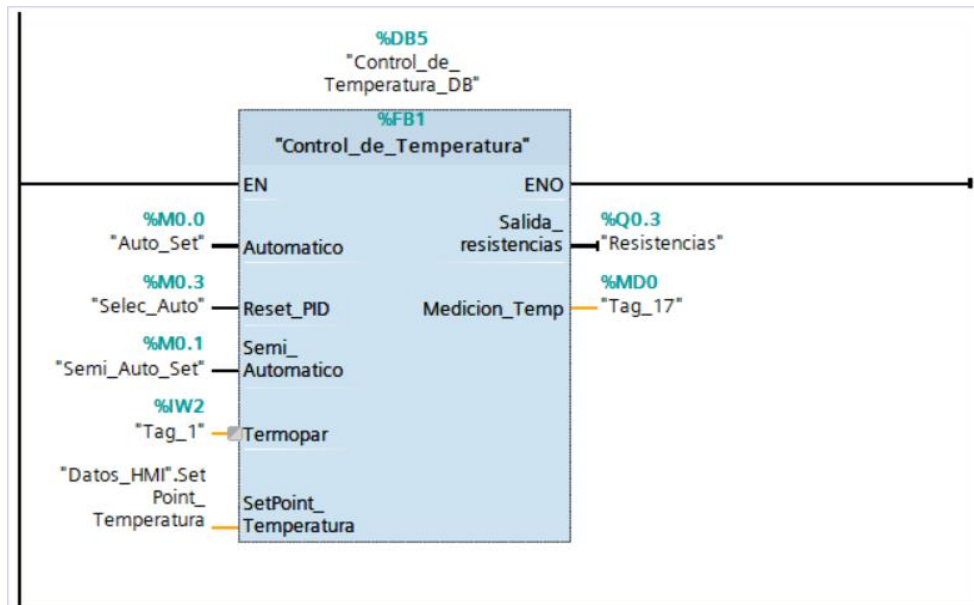


Figura 7.7. Configuración del bloque PID_Compact, encargado de regular la temperatura mediante un control PID .

Anexo 8. Bloque de control de peso, utilizado para la medición y regulación en el sistema.

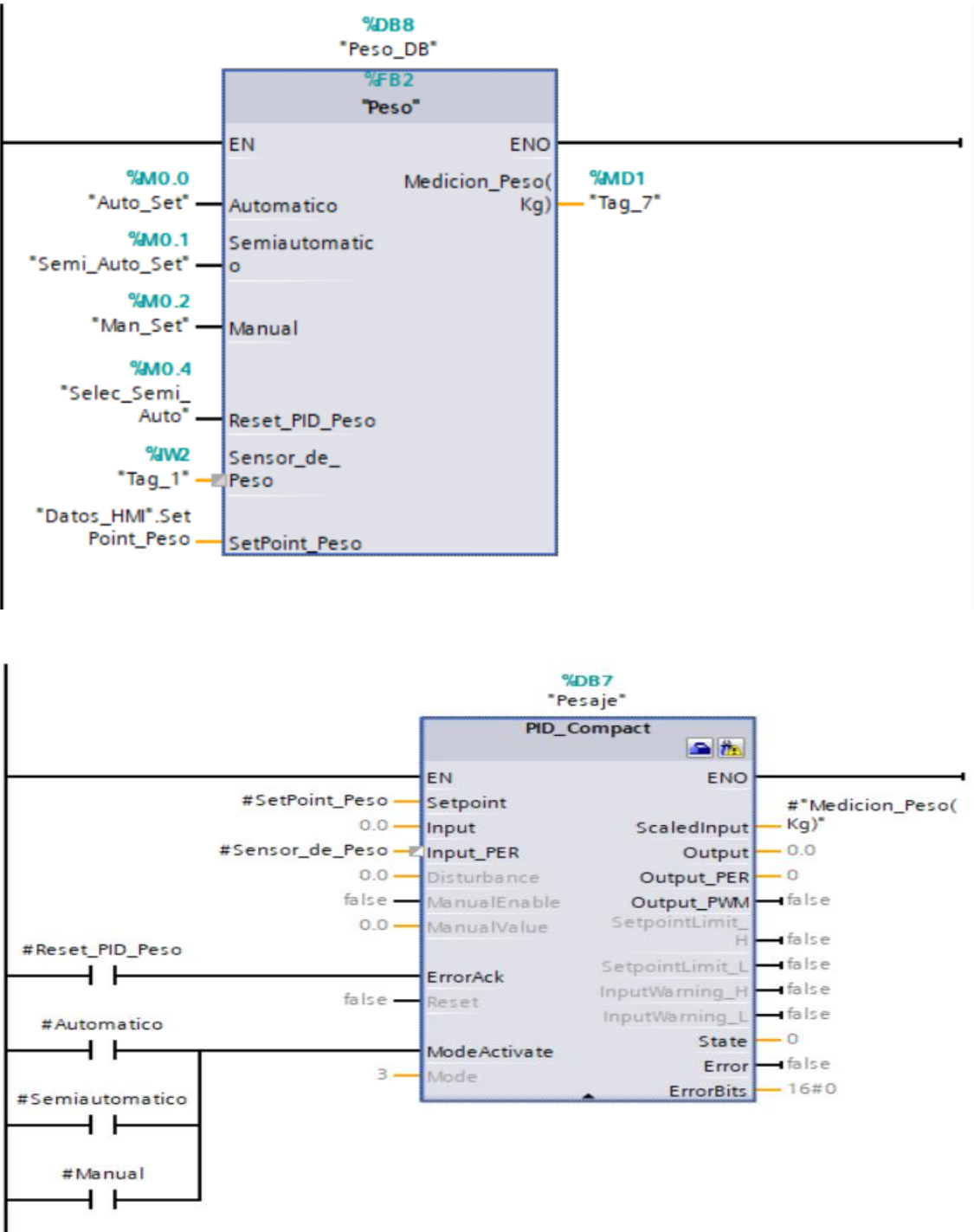


Figura 7.8. Configuración del bloque PID_Compact, encargado de regular el peso mediante un control PID.

Anexo 9. Bloque de función (FC2) denominado **"Modos"**, encargado de gestionar la selección de los modos de operación: Automático, Semi-Automático y Manual.

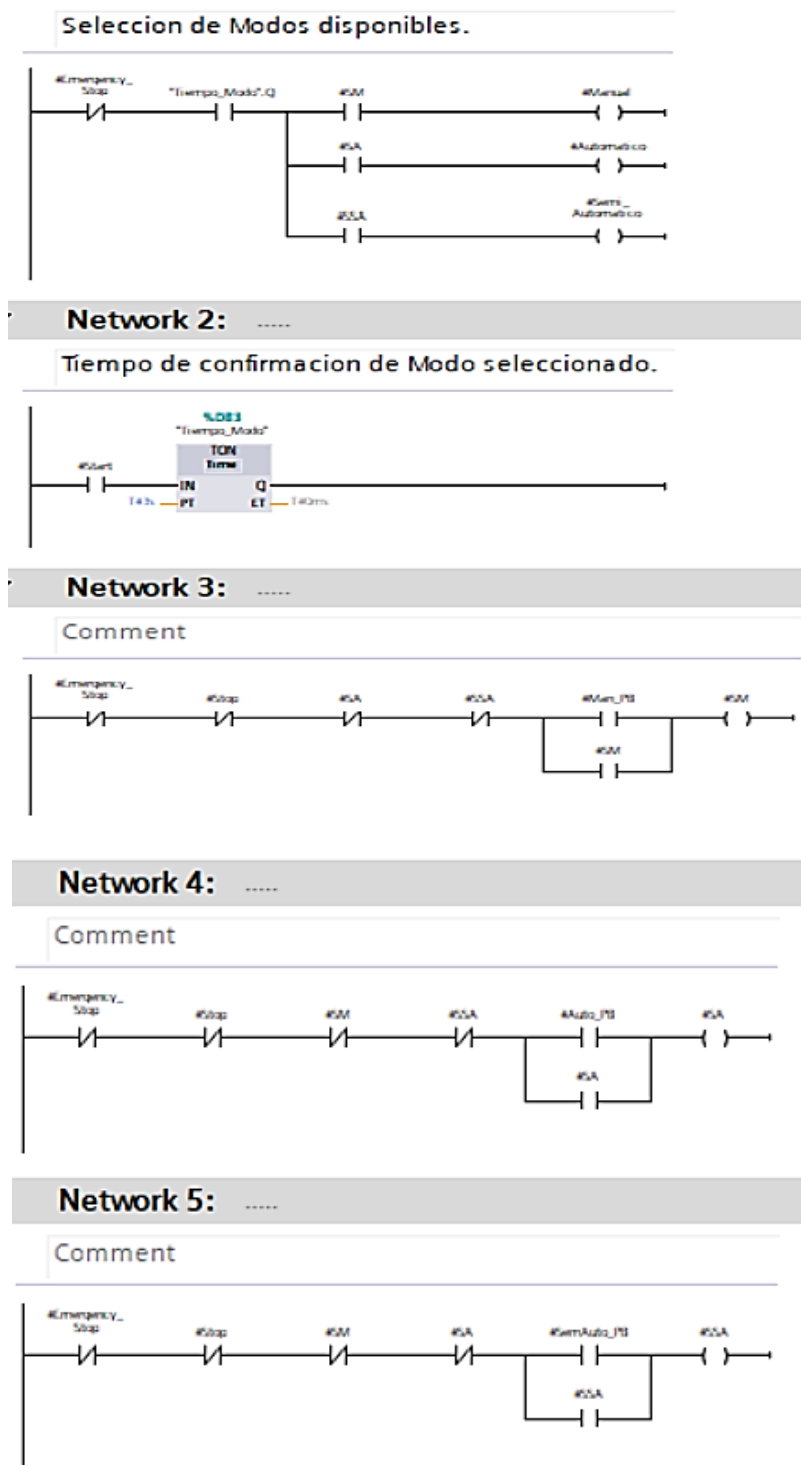


Figura 7.9. Selección y activación de modos de operación en un PLC Siemens.

Anexo 10. Este bloque gestiona la activación y protección de los motores según el estado del sistema.

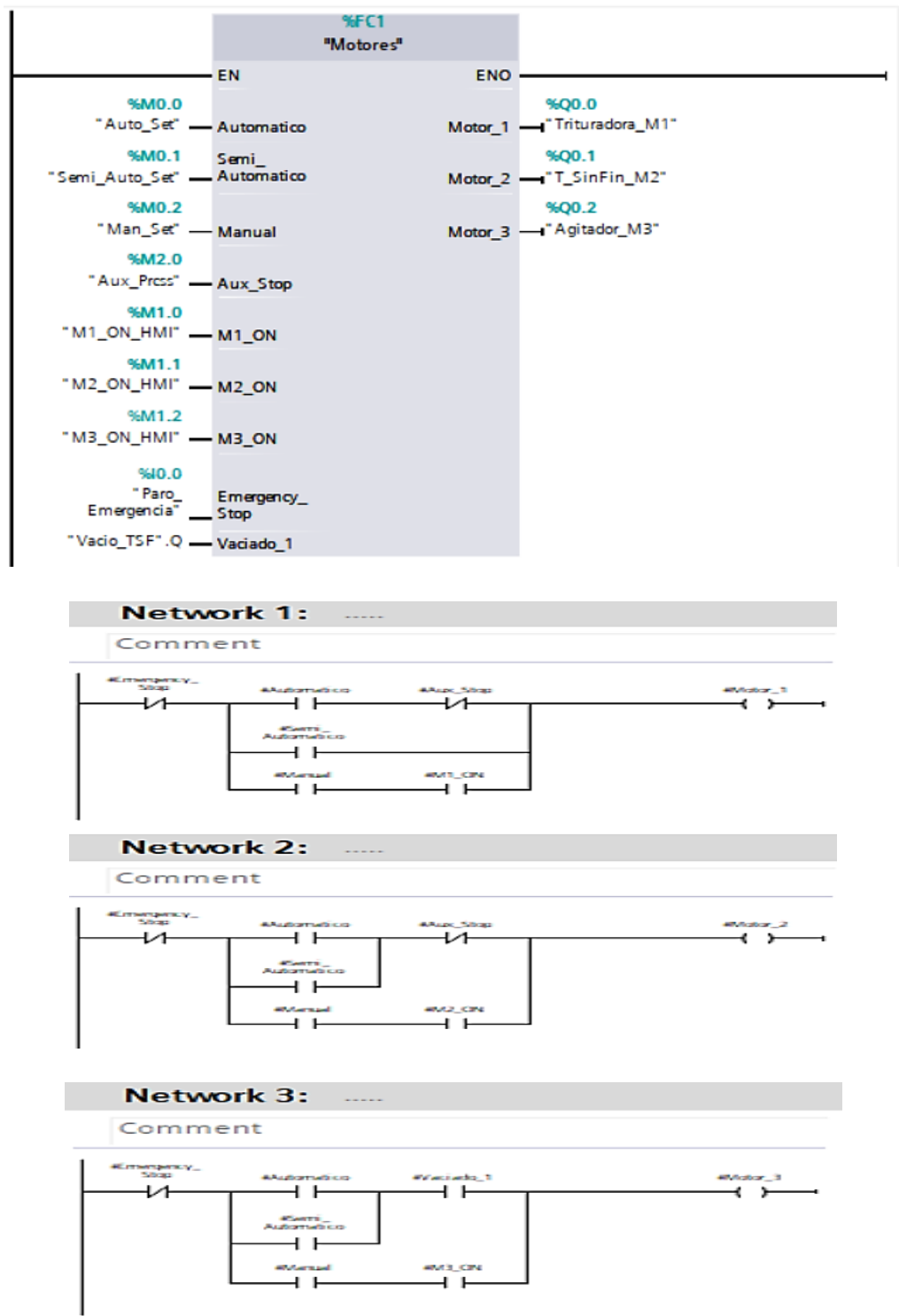


Figura 8. Lógica de control de motores en el bloque %FC1.

Anexo 11. Este es el bloque es encargado de controlar la apertura y cierre de dos electroválvulas en función de diferentes condiciones del sistema.

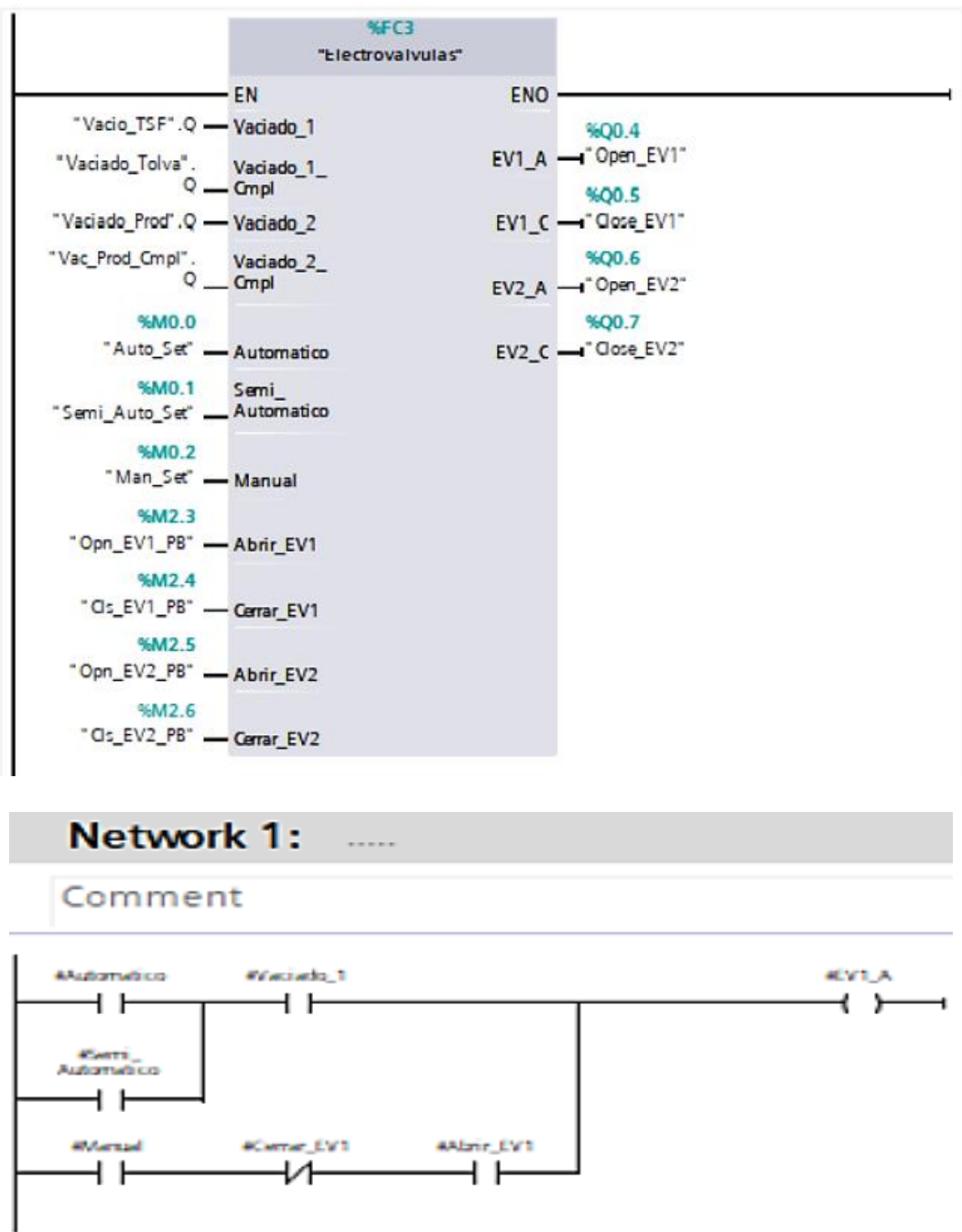


Figura 8.1. Lógica de control de electroválvulas en el bloque FC3. Control de apertura de EV1 cuando el sistema está en automático y se activa Vaciado_1.

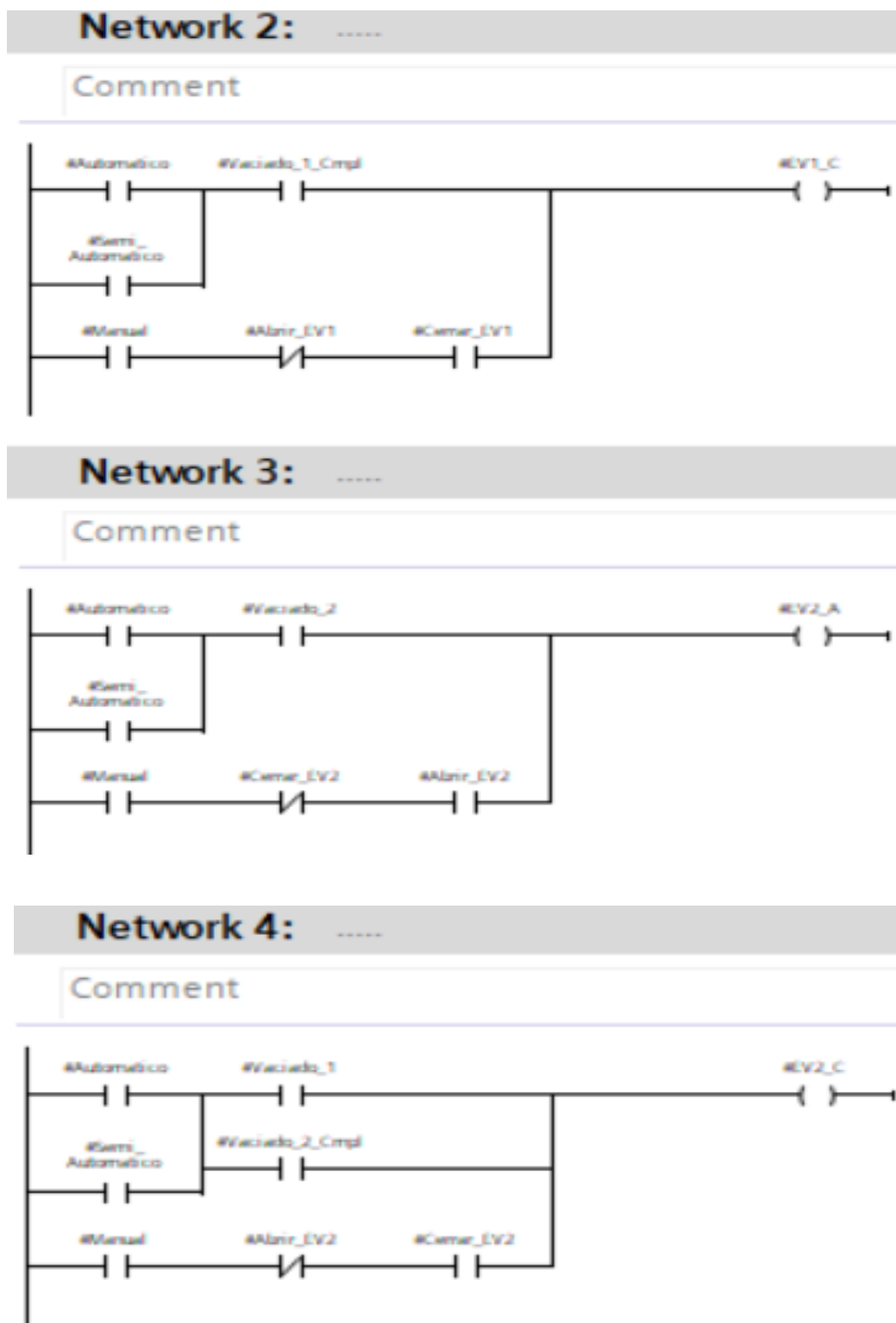
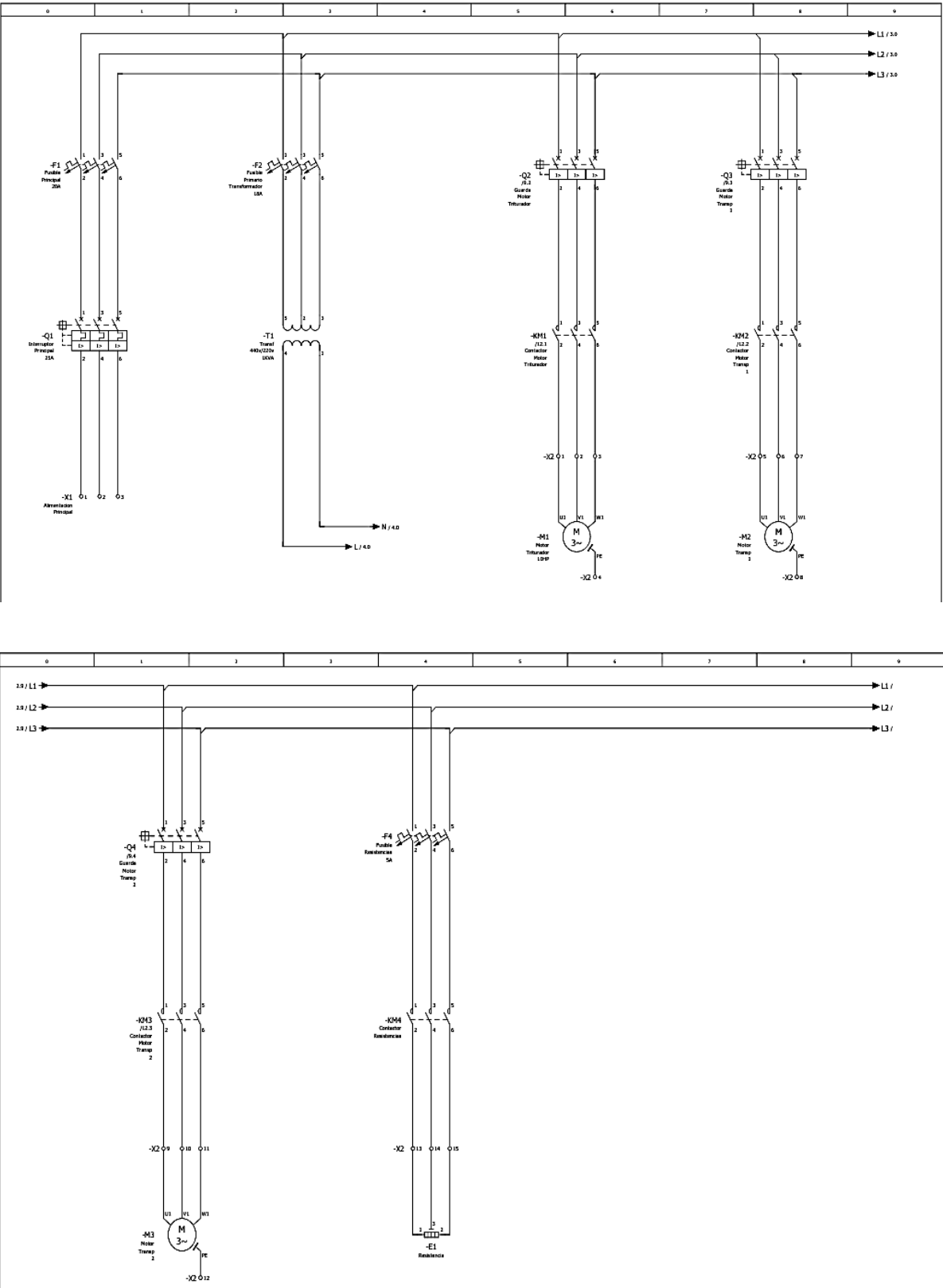
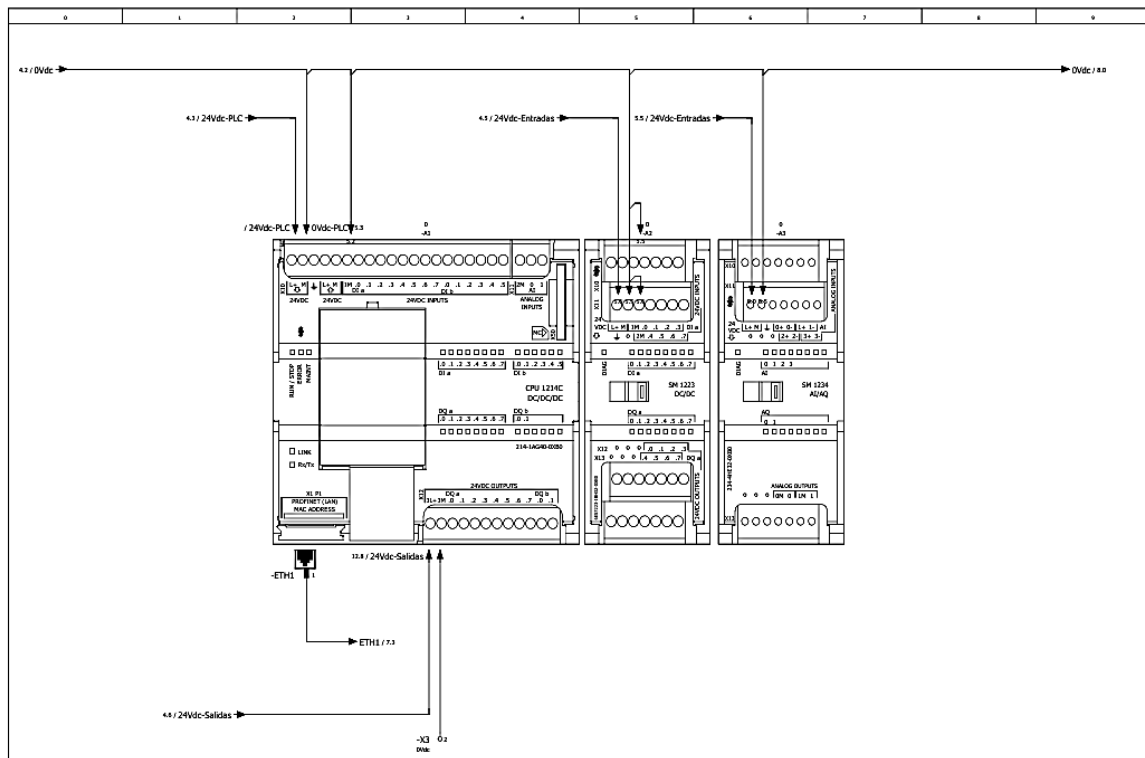
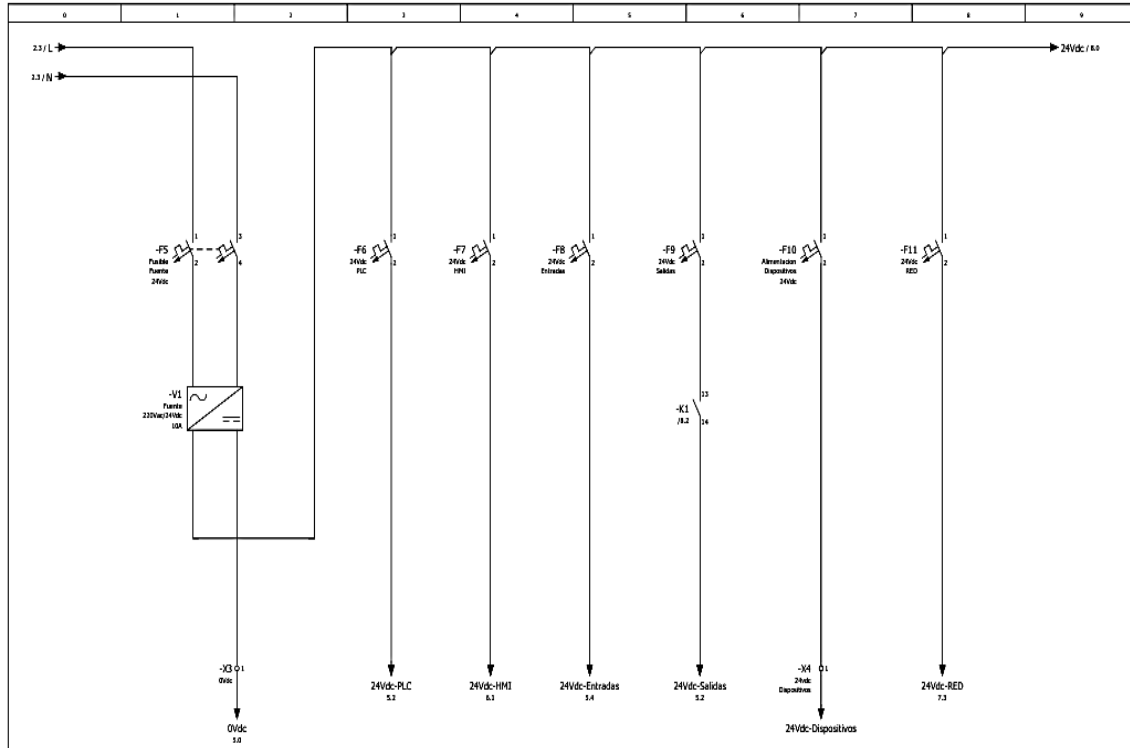
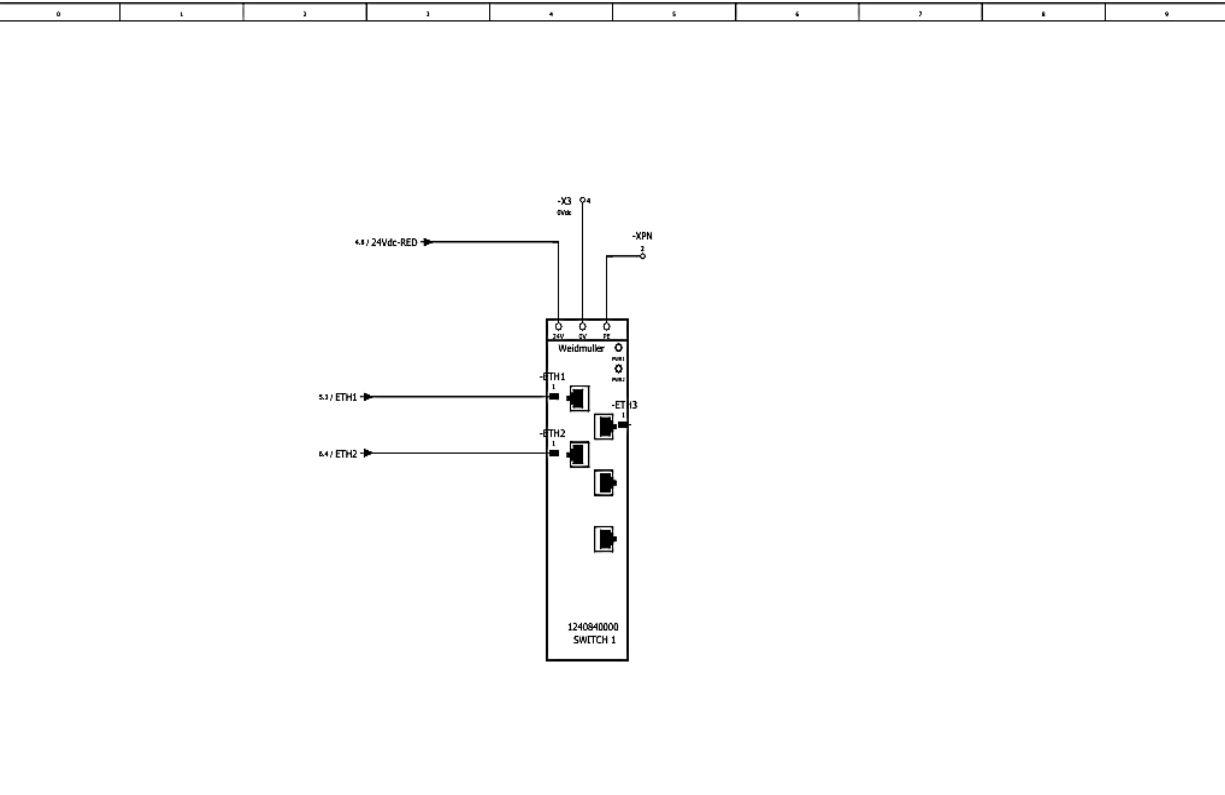
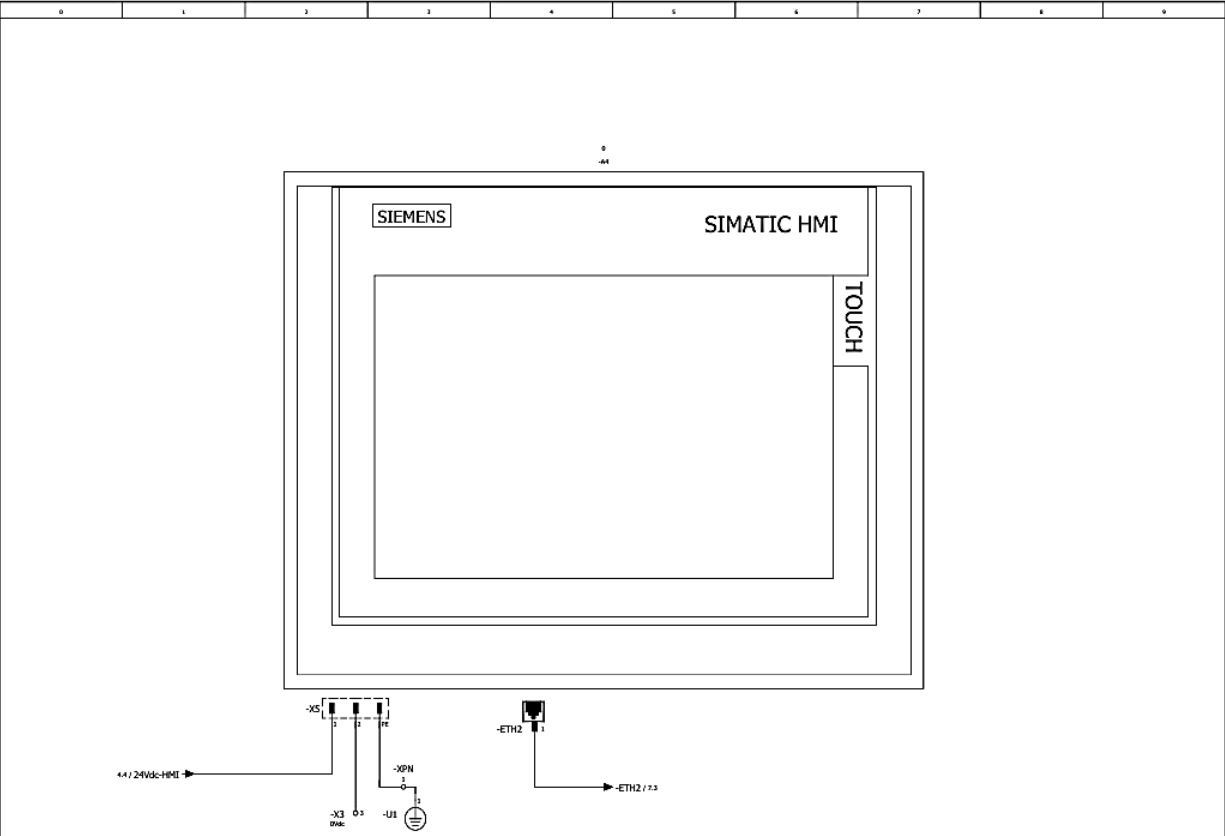


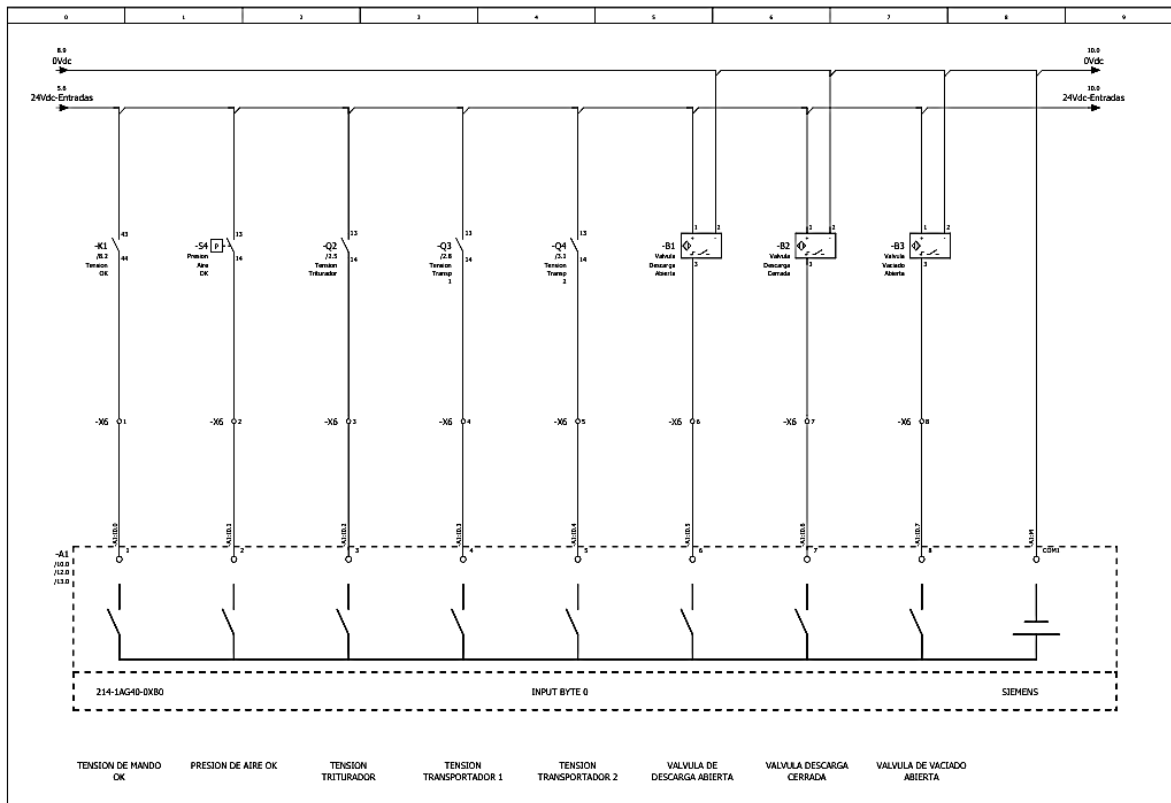
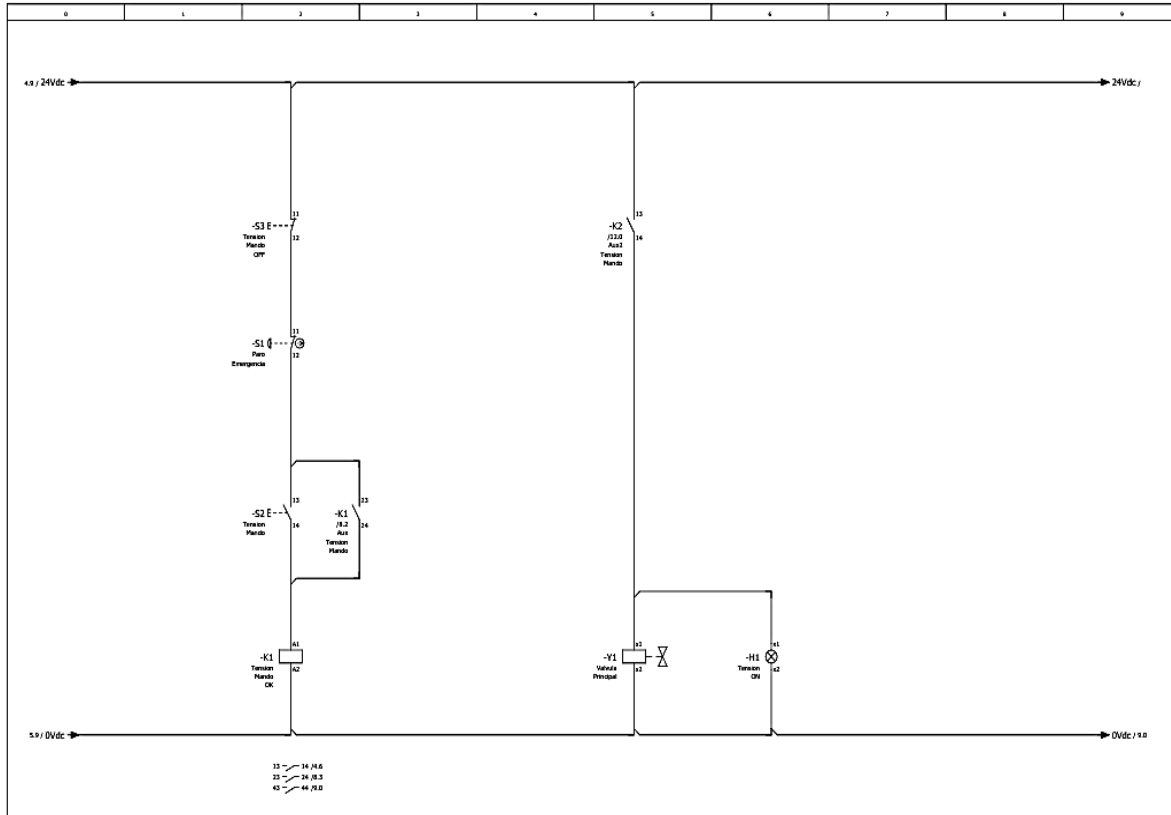
Figura 8.2. Las redes muestran la activación de las electroválvulas en función del modo de operación (Automático o Manual) y el estado del vaciado.

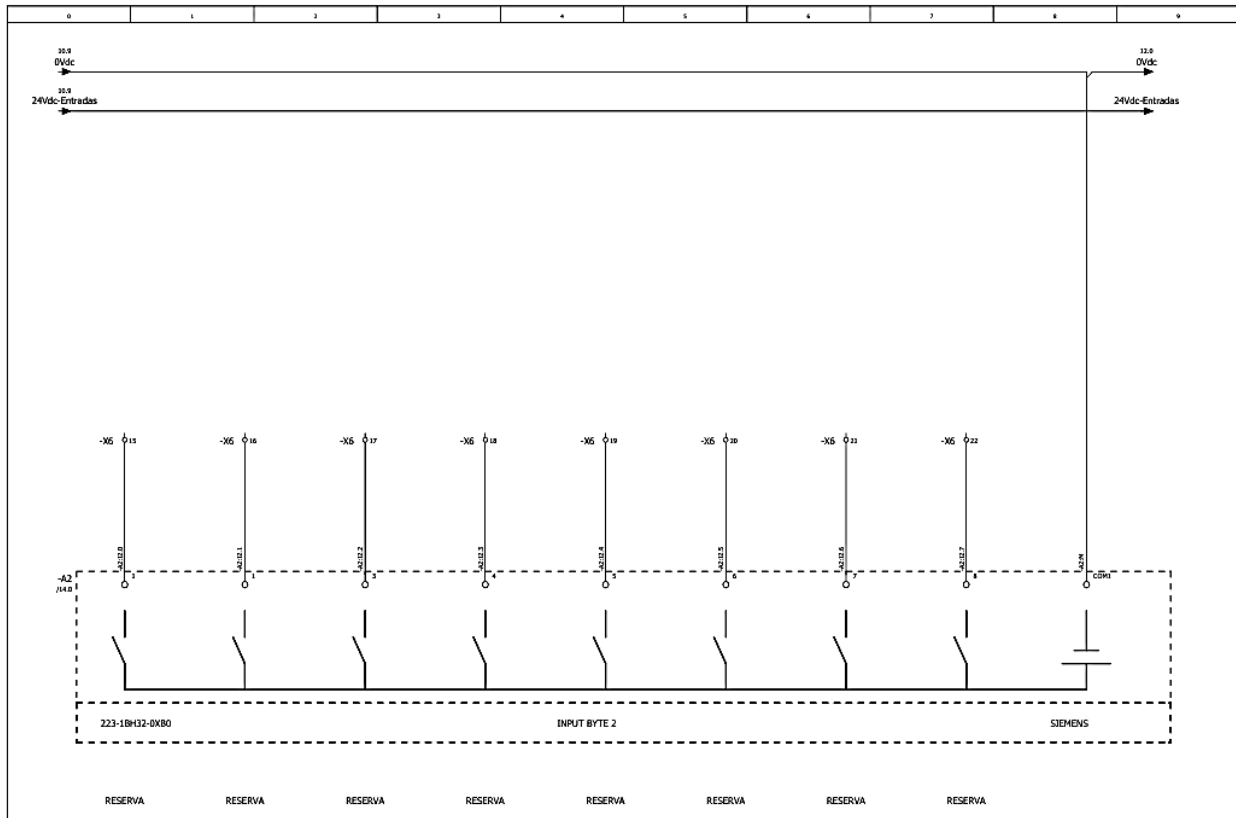
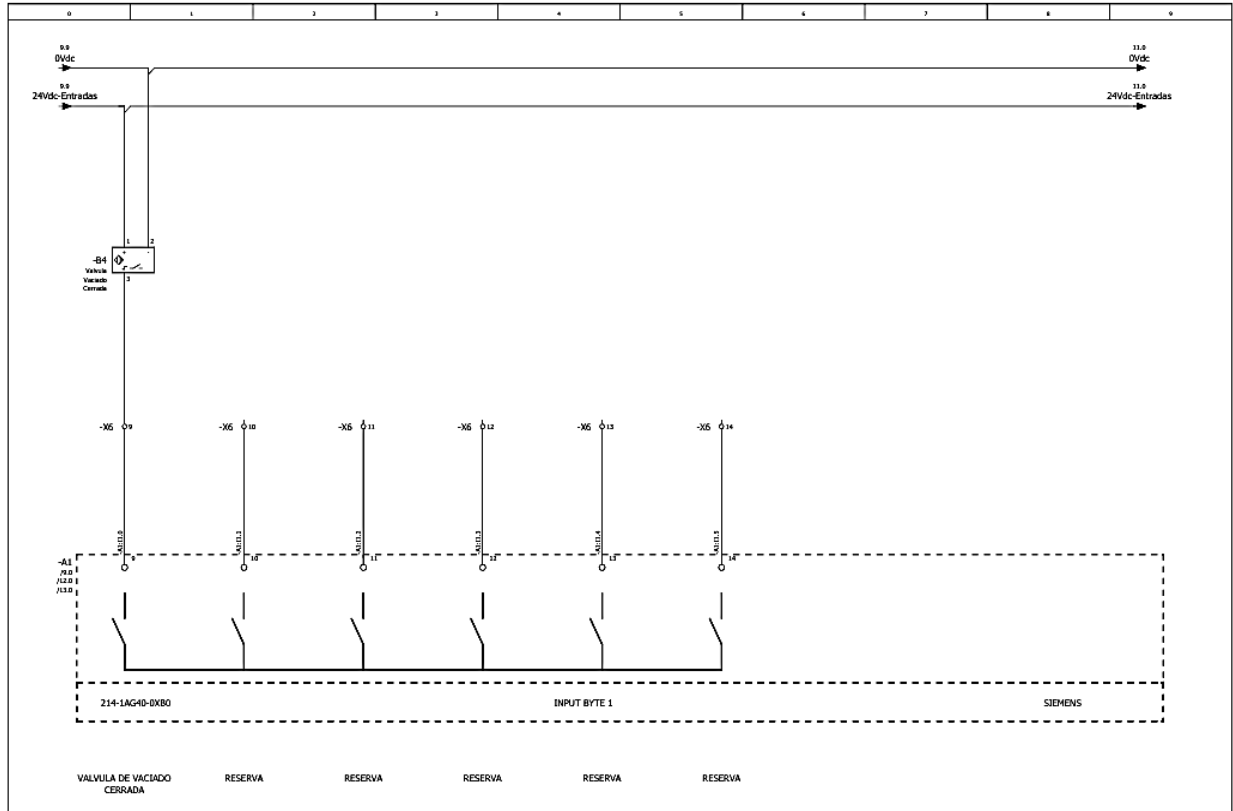
Anexo 12. Diagrama Eléctrico diseñado con la secuencia de pasos.

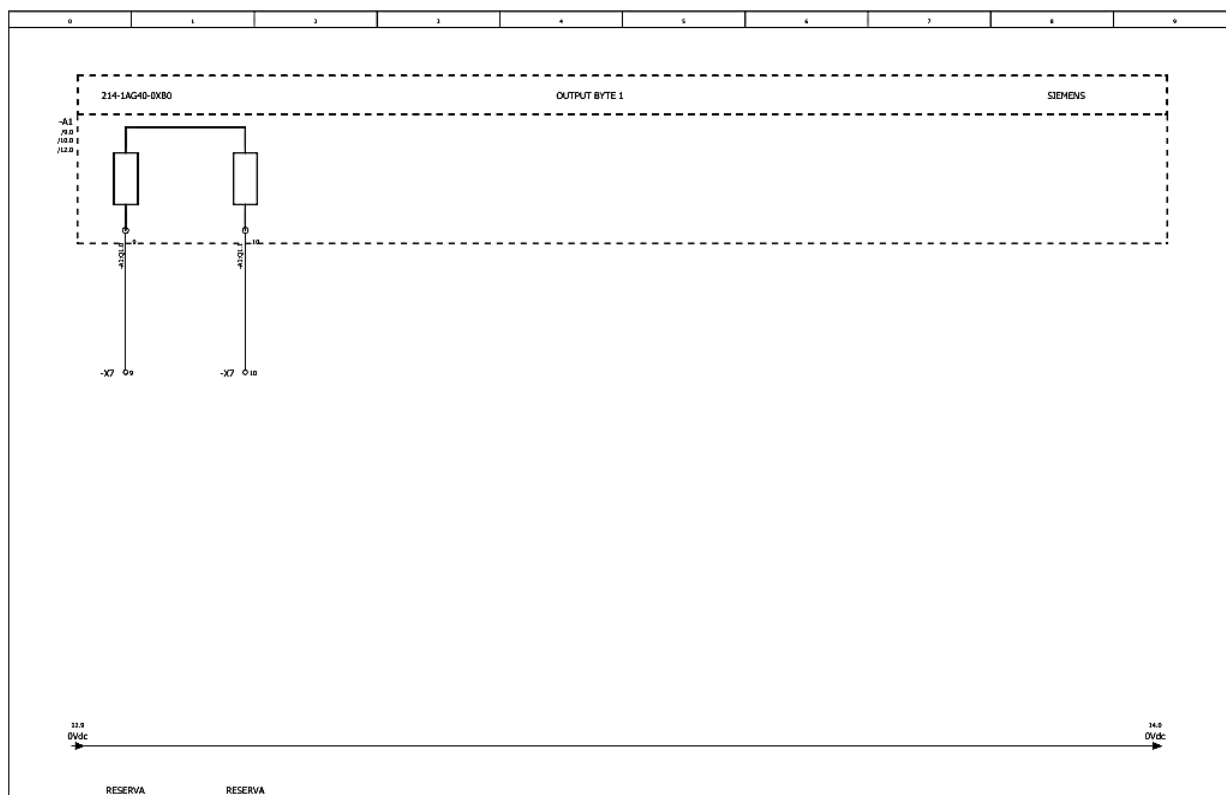
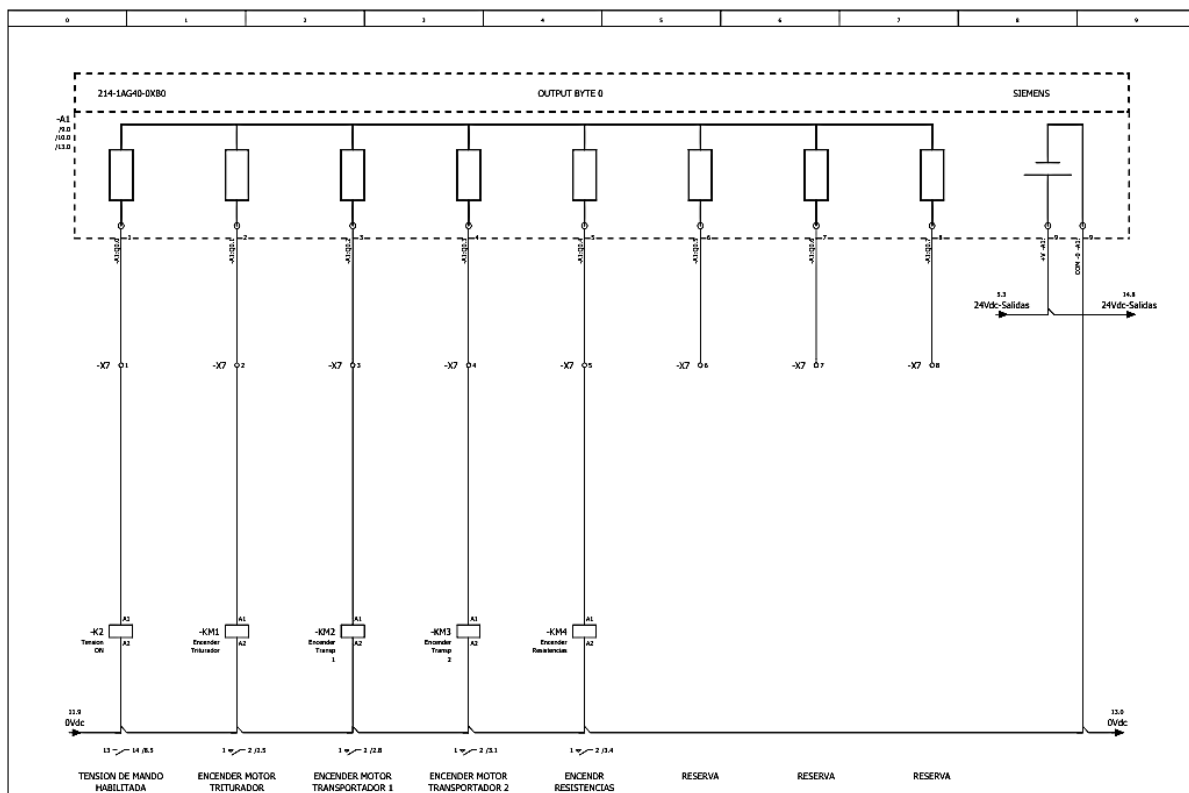












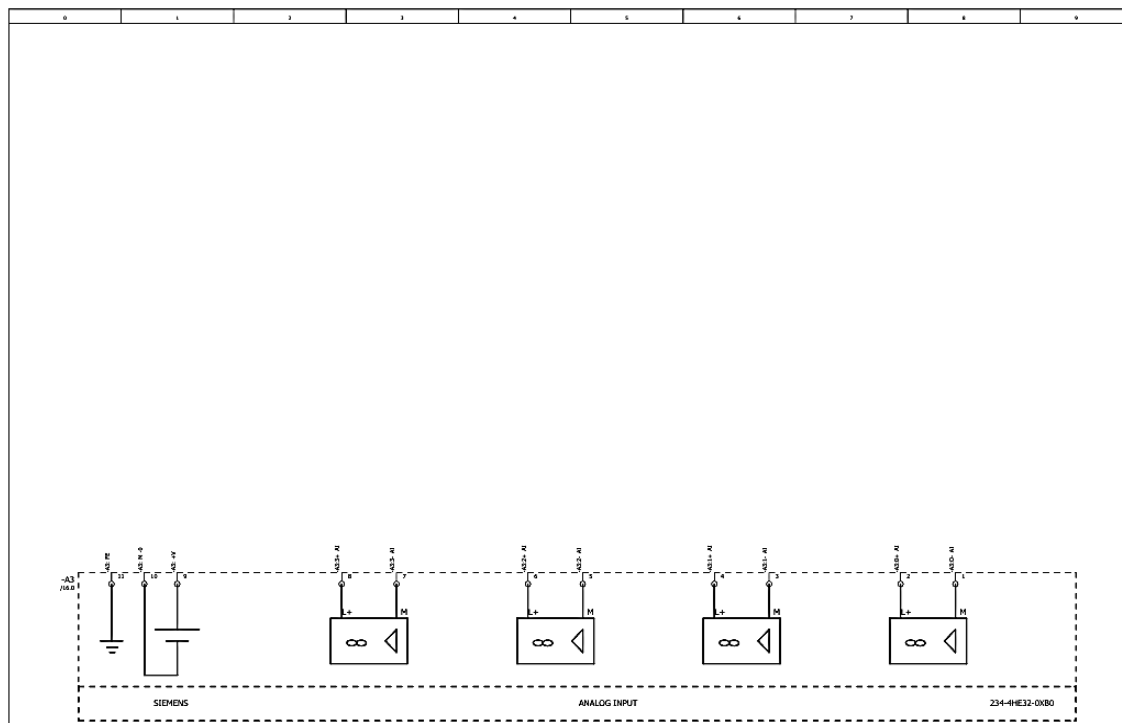
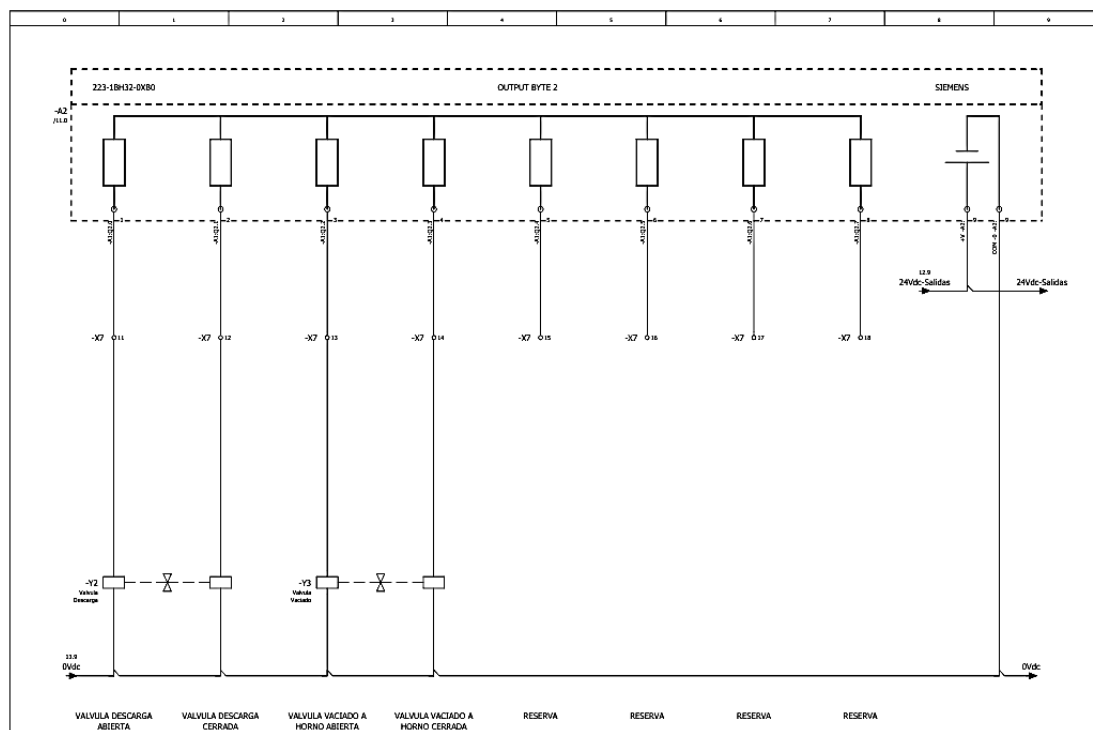


Figura 8.3. Diagrama eléctrico, que representa gráficamente el sistema de control y potencia necesario para automatizar y operar el proceso de trituración, transporte y fundición de parafina en el nivel 13.5.

Anexo 13. CARTA DE NO INCONVENIENCIA.



CD. IND. Xicoténcatl, Tetla, Tlaxcala a 13 de diciembre del 2024
ASUNTO: CARTA DE NO INCONVENIENCIA

DRA. YESICA IMELDA SAAVEDRA BENÍTEZ
DIRECTORA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

P R E S E N T E:

Por medio de la presente se hace constar que con fecha 13 de diciembre 2024, el alumno **C. Cristian Escobar Ramírez** con número de control 19371236 alumno de la carrera de **Ingeniería en Sistemas Automotrices** del Instituto Tecnológico de Apizaco, realizó satisfactoriamente su proyecto denominado **"Automatización y rediseño para la optimización operativa en el proceso de fundición de parafina y eliminación de riesgos ergonómicos"**. Bajo supervisión de **Elias Flores Guevara**, en el periodo comprendido del 01 de agosto 2024 – 13 de diciembre 2024.

Asimismo, Saint-Gobain América, S.A. de C.V. no tiene ningún inconveniente en que se utilice la información incluida en dicho proyecto para los fines académicos que le convengan al interesado y concede las facilidades para el uso de este ante el Instituto Tecnológico de Apizaco.

Sin más por el momento, reciba un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE

Salvador Sahagún Aragón

Gerente-Recursos Humanos SGA

SAINT-GOBAIN
AMERICA, S.A. DE C.V

SAINT GOBAIN AMERICA S.A. DE C.V.
Prol. Zacatepec, Mza. 42, Lote 3 - Ciudad Industrial Xicoténcatl
Tetla de la Solidaridad, Tlaxcala - MEXICO 90434 - Tel: + 52 241 418 8200