



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE SOPLETEADO CON AIRE
COMPRIMIDO PARA CERTIFICACIÓN DE PIEZAS AUTOMOTRICES
APLICACIÓN EN COMPONENTES DEL MÓDULO DE DIRECCIÓN
(SHAFT PINION) EN SISTEMAS DE DIRECCIÓN ASISTIDA
ELECTRÓNICA (EPS).

**TITULACIÓN INTEGRAL, INFORME DE
RESIDENCIA PROFESIONAL.**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA MECATRÓNICA.

PRESENTA:

GONZAGA PARRAGUIRRE JOEL DAVID.

NOMBRE DEL ASESOR:

PALACIOS LÓPEZ JAVIER.



APIZACO, TLAXCALA, A DICIEMBRE DE 2025.



Tzompantepec, Tlaxcala, **27/octubre/2025**

Oficio No. MM-668/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	JOEL DAVID GONZAGA PARRAGUIRRE
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	20370744
Nombre del Proyecto:	"AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE SOPLETEADO CON AIRE COMPRIMIDO PARA CERTIFICACIÓN DE PIEZAS AUTOMOTRICES: APLICACIÓN EN COMPONENTES DEL MÓDULO DE DIRECCIÓN (SHAFT Y PINION) EN SISTEMAS DE DIRECCIÓN ASISTIDA ELECTRÓNICA (EPS)".
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®

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE METAL MECÁNICA

MTRO. JAVIER PALACIOS LÓPEZ
ASESOR

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. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Tzompantepec, Tlaxcala, **27/octubre/2025**

JOEL DAVID GONZAGA PARRAGUIRRE
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 20370744.
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 DEL PROCESO DE SOPLETEADO CON AIRE COMPRIMIDO PARA CERTIFICACIÓN DE PIEZAS AUTOMOTRICES: APLICACIÓN EN COMPONENTES DEL MÓDULO DE DIRECCIÓN (SHAFT Y PINION) EN SISTEMAS DE DIRECCIÓN ASISTIDA ELECTRÓNICA (EPS)"**, 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 empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

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


CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



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

A lo largo de este camino, he contado con el apoyo incondicional de seres maravillosos, cuyo amor, paciencia y guía han sido fundamentales en mi vida. A mis abuelos maternos, por siempre cuidarme, guiarme y quererme como a uno más de sus hijos. Su apoyo inagotable y su infinita paciencia han sido el pilar de nuestra familia, brindándome la fortaleza para seguir adelante, demostrándome que todo lo que me proponga lo puedo lograr a base de esfuerzo, constancia y dedicación. A mi hermano mayor, por tomar la batuta cuando más lo necesité, por confiar en mí y enseñarme, con su ejemplo, que la vida es un proceso de aprendizaje constante. A mi madre, por ser el amor incondicional que me ha acompañado en cada paso, gracias por creer en mí más allá de cualquier obstáculo, por darme las herramientas para enfrentar la vida y por ser mi mayor inspiración.

A mi padre, cuyo recuerdo vive en mi corazón. Su legado como persona, profesionalista y símbolo ha sido mi mayor motivación. Espero, desde el cielo, que estés orgulloso de mí.

A todos ustedes, los amo y agradezco la oportunidad que Dios me dio de haber compartido esta vida con ustedes.

Además, agradezco a mis amigos y profesores por inculcar en mí el deseo de superación y aprendizaje en la resolución de problemas dentro de mi carrera y vida personal, gracias a ustedes por acompañarme y hacer esta parte de mi camino una etapa especial, por creer en mí y motivarme a ser un gran ingeniero, gracias.

- **JOEL DAVID GONZAGA PARRAGUIRRE.**

CONTENIDO

ÍNDICE.

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
INTRODUCCIÓN	III
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	IV
OBJETIVOS	V
JUSTIFICACIÓN	VI
CAPITULO1: GENERALIDADES DE LA EMPRESA	14
CAPITULO2: MARCO TEÓRICO	18
CALIDAD	18
RELACIÓN DE LA CALIDAD CON LA MECATRÓNICA	18
AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA	19
NORMA MEXICANA E INTERNACIONAL APLICADAS AL PROYECTO	22
DIRECCIÓN EPS	24
SHAFT Y PINION	27
FOCALIZACIÓN DEL PROBLEMA, SHAFT Y PINION	29
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	43
CAPITULO3: ACTIVIDADES REALIZADAS	44
1. ANALISIS DEL PROCESO INICIAL	44
2. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES EXISTENTES	50
3. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO OPERATIVO	57
4. INVESTIGACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN	60
5. DEFINICIÓN DE LA NUEVA LINEA DE TRABAJO	60
6. ESTUDIO DE MATERIALES Y COSTOS RECOMENDADOS	62
7. JUSTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS	67
8. JUSTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS	92
9. JUSTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS	106
10. SIMULACIÓN DEL CONTROLADOR	115
CAPITULO4: ANALISIS DE RESULTADOS	128
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA	130
CONCLUSIÓN GENERAL	130
RECOMENDACIONES	132

EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA	133
COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	135
REFERENCIAS.....	137
ANEXOS.....	140

RESUMEN

Los componentes shaft y pinion en una dirección EPS son esenciales para convertir el movimiento rotacional del volante en un movimiento lineal que gire las ruedas del vehículo. Juegan un papel crucial en la precisión, control, seguridad, y eficiencia del sistema de dirección asistida eléctrica, proporcionando una conducción más fácil y cómoda para el conductor. Su diseño y funcionamiento adecuados son fundamentales para el rendimiento y la fiabilidad del sistema EPS en vehículos modernos.

El proyecto titulado “Automatización del proceso de sopleteado con aire comprimido para certificación de piezas automotrices” tiene como objetivo proponer y simular un sistema automatizado para limpiar componentes críticos del sistema de dirección asistida electrónica (EPS), específicamente shaft y pinion.

Actualmente, el proceso es manual, lo que genera problemas como baja eficiencia, variabilidad en calidad, riesgos ergonómicos y elevado consumo de aire comprimido. El sistema propuesto busca eliminar estos inconvenientes mediante automatización neumática, eléctrica y de control con PLC.

El desarrollo se basa en simulaciones usando software como SolidWorks, Festo FluidSIM y TIA Portal, justificando materiales, presiones, circuitos y costos. Se plantea una reingeniería del molde de sujeción y el diseño de una línea de trabajo semiautomatizada, validando la eficiencia y viabilidad del sistema sin realizar una implementación física.

El análisis de tiempo demostró una mejora del 25% en eficiencia respecto al proceso manual, además de beneficios en seguridad, calidad del producto y reducción de consumo energético.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto, titulado “Automatización del Proceso de Sopleteado con Aire Comprimido para Certificación de Piezas Automotrices: Aplicación en Componentes del Módulo de Dirección (Shaft y Pinion) en Sistemas de Dirección Asistida Electrónica (EPS)”, se centra únicamente en la proposición y diseño de un sistema automatizado de limpieza de componentes críticos para la industria automotriz.

El tema fue seleccionado debido a la necesidad de optimizar los procesos de inspección y limpieza de piezas mecánicas en líneas de trabajo, buscando una mejora significativa en la eficiencia y la calidad. La viabilidad del proyecto radica en la creciente adopción de tecnologías de automatización industrial y la disponibilidad de infraestructura para su implementación en plantas de producción automotriz, así como la deficiencia de esta en muchas de ellas, contando únicamente, con estructuras sencillas y básicas para realizar las tareas importantes.

El proyecto se enfocará únicamente en la simulación de un sistema automatizado de sopleteado con aire comprimido, sin realizar una implementación física. Esto limita la posibilidad de validar experimentalmente la propuesta en un entorno real de producción. Sin embargo, la precisión de los resultados dependerá de las capacidades y limitaciones de los softwares utilizados para modelar el proceso. Factores como la presión del aire, la eficiencia de la limpieza y el comportamiento de la estructura se estudiarán con total fidelidad dado que se trata de un trabajo para acreditación académica dentro del Instituto Tecnológico de Apizaco, así como recalcar el acceso nulo a equipos industriales y herramientas especializadas para pruebas prácticas dado que la empresa donde realizo actualmente mi residencia profesional no lo permite, lo que impide la implementación física del sistema propuesto como se había mencionado antes.

El diseño y simulación del sistema se basarán en los conocimientos adquiridos durante la formación en Ingeniería Mecatrónica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Problemas por resolver:

- **Problema 1:** Variabilidad en el proceso de limpieza por intervención humana.

Actualmente, el proceso de sopleteado con aire comprimido como se muestra en la ilustración 1, es realizado de forma manual, lo que genera una alta dependencia de la habilidad y técnica del operador. Esta variabilidad provoca diferencias en la calidad de limpieza, afectando directamente el rendimiento de los módulos de dirección EPS, cuya precisión es crucial para la seguridad del vehículo.



Ilustración 1 Sopleteado manual de un operador.

- **Problema 2:** Baja eficiencia operativa y tiempos prolongados

El tiempo promedio de limpieza por caja (de 30 piezas) oscila entre 2 a 4 minutos, muy por encima del tiempo objetivo de 1.3 minutos. Principalmente debido a los movimientos y destreza del operador como se observa en la ilustración 2. Esto representa una eficiencia de solo el 46.3%, lo que implica retrasos en la línea de producción y una posible falta de piezas limpias para el ensamble.



Ilustración 2 Sopleteado de piezas manual.

- **Problema 3:** Reingeniería de componentes logísticos para facilitar el proceso de sopleteo

Los contenedores y moldes actuales que se muestran en la ilustración 3 utilizados para transportar y limpiar los componentes presentan limitaciones de ergonomía, funcionalidad y adaptabilidad. Se identificaron problemas como la dificultad para sostener las piezas con firmeza, el nulo desalojo de partículas contaminantes, la falta de eficiencia en la organización del sopleteo, y la ausencia de mecanismos para realizar múltiples limpiezas simultáneamente.



Ilustración 3 Caja con diseño original.

- **Problema 4:** Exposición a riesgos laborales por tareas repetitivas y uso de aire comprimido.

El uso prolongado de pistolas de aire comprimido en malas condiciones y la ejecución manual del proceso implican riesgos físicos como fatiga, lesiones por partículas proyectadas, o exposición al ruido y presión de aire a los operadores ya que están en contacto directo con estos riesgos. En la ilustración 4 se observa a los operadores realizando esta tarea.



Ilustración 4 Sopleteado de piezas por operadores.

- **Problema 5:** Consumo elevado de aire comprimido y energía

El proceso manual presenta fugas, uso ineficiente de aire y tiempos prolongados, lo que implica mayores costos operativos por consumo energético y aire comprimido.

- **Problema 6:** Dificultad para estandarizar y documentar el proceso de limpieza

Al depender de distintos operadores y técnicas, el proceso manual carece de estandarización, lo que dificulta el control de calidad y la trazabilidad en el sistema de dirección EPS.

Estos problemas no solo reflejan fallas técnicas sino también la necesidad urgente de mejorar las condiciones humanas, operativas y productivas en el área de retrabajo. El proyecto, aún en simulación, abre camino a una cultura de innovación sustentada en eficiencia, calidad y seguridad, pilares fundamentales para la industria automotriz actual.

OBJETIVOS

Objetivo general del proyecto:

Proponer y diseñar un sistema automatizado de sopleteado con aire comprimido que optimice los tiempos de inspección y garantice la eliminación total de impurezas en componentes del Módulo de Dirección (Shaft y Pinion), eliminando la variabilidad humana en el proceso para asegurar la calidad requerida en la fabricación de direcciones EPS, asegurando su integración en líneas de ensamblaje futuras.

Objetivos específicos del proyecto

- Diseñar una línea de trabajo que se enfoque para un público industrial.
- Simular el funcionamiento de una máquina que sea capaz de realizar la tarea de sopleteado.
- Reducir mano de obra humana.
- Reducir errores humanos durante inspecciones de sopleteo.
- Impactar positivamente en factores de calidad.
- Otorgar el mismo nivel de limpieza a todos los elementos con los que se interactúe.
- Asegurar la calidad continua del producto.
- Aumentar la eficiencia operativa del área "Sorteo/Sorting".

JUSTIFICACIÓN

Desde una perspectiva disciplinar, el proyecto presenta una relevancia directa para el campo de la ingeniería mecatrónica, ya que, al abordar la automatización de procesos industriales críticos, el desarrollo de sistemas de control y la mejora de la eficiencia operativa en la fabricación automotriz, marca un punto de inflexión en el aprovechamiento de conocimientos teóricos y prácticos para la implementación de soluciones a problemas reales.

Para fundamentar su desarrollo, se llevó a cabo una investigación sobre los métodos tradicionales de sopleteado, incluyendo la observación directa en líneas de revisión de calidad, lo que permitió identificar y resaltar las deficiencias del proceso manual, proponiendo así las mejores prácticas en automatización mediante el uso de aire comprimido. Asimismo, se identificó la importancia de garantizar la eliminación de impurezas en componentes específicos del módulo de dirección para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas EPS en vehículos modernos.

La investigación se orienta a responder cómo un sistema automatizado de sopleteado con aire comprimido puede mejorar la eficiencia y asegurar la calidad en los componentes del módulo de dirección en sistemas EPS, eliminando la variabilidad humana en el proceso.

En la actualidad, el proceso manual de sopleteado presenta diversas limitaciones, tales como tiempos prolongados, variabilidad en la inspección y una alta dependencia de la habilidad del operador. Estos factores generan inconsistencias en la calidad de las piezas, afectando su integración en futuras líneas de ensamblaje.

El desarrollo de una simulación detallada del sistema automatizado de sopleteado permitirá validar la funcionalidad del diseño antes de su posible implementación real. A través de estas simulaciones será posible:

- Evaluar el comportamiento del sistema en condiciones controladas y replicables.
- Determinar el nivel de eficiencia en la eliminación de impurezas y la mejora en los tiempos de procesamiento, mediante tablas comparativas con el proceso manual original.
- Eliminar retrasos de material en la línea de ensamblaje.
- Identificar posibles áreas de mejora en el diseño del sistema.
- Generar datos cuantificables que respalden la superioridad del sistema automatizado frente al proceso manual.

El diseño y desarrollo de estas simulaciones proporcionan un entorno seguro y económico para evaluar la funcionalidad del sistema, evitando riesgos asociados con la implementación directa. Los resultados obtenidos permitirán demostrar su viabilidad para la aplicación en entornos industriales, facilitando la transición hacia líneas de producción más eficientes, estandarizadas y confiables.

En conjunto, el proyecto contribuirá directamente al avance en la adopción de tecnologías de automatización dentro de la industria automotriz.

CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Nombre de la empresa: Media Soluciones S.A.

Logotipo:



Ilustración 5 Logotipo de la empresa.

Razón social: Industrial.

Ubicación: Portes Gil 808 Nte, Zona Centro, Tampico, Tamaulipas, CP. 89140.

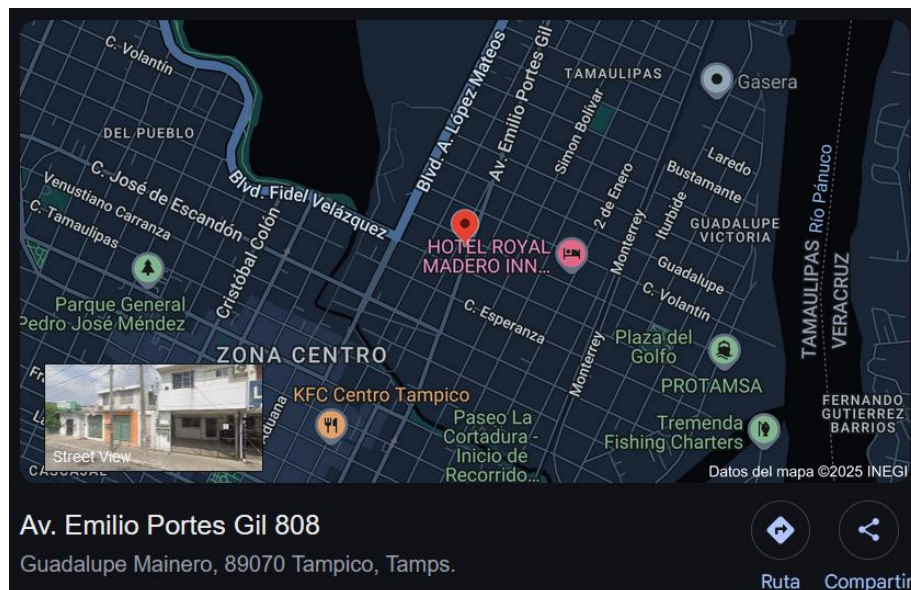


Ilustración 6 Ubicación de la empresa en mapa.

Teléfono: 8334471443

Organigrama:

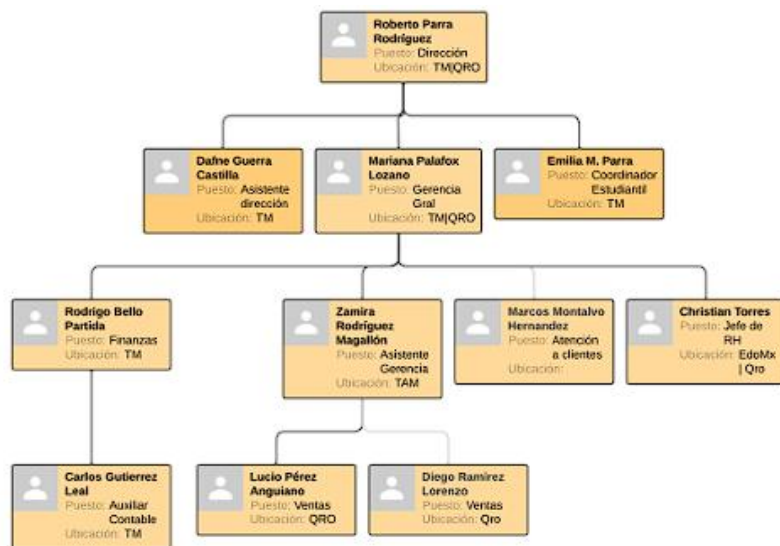


Ilustración 7 Organigrama de la empresa.

Misión: Nuestro primer y más claro objetivo es ser buenos en todo aquello que emprendemos, para ello debemos serlo con las personas que forman parte de nuestro equipo. Creemos que las empresas pueden crecer con conciencia, alcanzar el éxito con ética y con un compromiso comunitario para ayudar al crecimiento de la empresa, de nuestros clientes y por su puesto de todos y cada uno de nuestros colaboradores.

Visión: La visión de MEDIA se puede resumir en los siguientes aspectos:

- Trabajamos para el cliente.
- Trabajamos para ser muy transparentes.
- Favorecemos la autonomía y la responsabilidad.
- Creemos que nuestra mejor ventaja es nuestro equipo de trabajo.
- Nos inclinamos por el impacto a largo plazo y el desarrollo de nuevo talento a través de jóvenes que comienzan su camino en la industria.

Valores: Nuestro modelo H.E.A.R.T. (Humble, Empathetic, Adaptable, Remarkable, Transparent, por sus siglas en inglés), es un sistema que alienta a nuestros colaboradores a tomar decisiones basadas en estos valores para crear lazos valiosos, así como un impacto positivo, tanto con la comunidad interna como con sus clientes ha sido un eje importante para el crecimiento de la compañía.

En el cumplimiento de nuestra misión, Grupo Media Soluciones S.A. busca ser una empresa líder en el mercado de certificaciones de calidad, brindando valor y satisfaciendo las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas en nuestros proyectos, gestiones y desarrollo. Nuestro equipo está altamente comprometido en impulsar una cultura de calidad basada en la mejora continua, priorizando la equidad, respeto, tolerancia, sentido humano y con la firme idea de que las empresas se componen de un todo en el cual cada pieza juega un valor de vital importancia y se interconecta sin importar su rango jerárquico.

Operaciones: San Luis Potosí, Querétaro, Estado de México, Nuevo León, Guanajuato.

Número de colaboradores fijos: 400.

Colaboradores temporales: 120 en promedio.

Representación legal: El representante legal de la empresa es el ing. Roberto Carlos Parra Rodríguez, director general de la empresa.

Delimitación y actividad de la empresa: En el contexto de la industria automotriz, las empresas sorteadoras desempeñan un papel clave como proveedoras de servicios especializados en control de calidad. Su principal función es apoyar a las compañías manufactureras, como Robert Bosch Querétaro, en el aseguramiento de la calidad de sus componentes, especialmente en procesos donde se requiere una inspección rigurosa o retrabajo en piezas críticas.

Una empresa sorteadora actúa como un filtro adicional de control, interviniendo cuando existe sospecha o confirmación de fallas en la producción, desviaciones en los estándares de calidad o cuando se deben realizar inspecciones 100% visuales, dimensionales o funcionales que el equipo interno no puede absorber por carga de trabajo o por la necesidad de un enfoque puntual.

Los inspectores de calidad dentro de una empresa sorteadora tienen como responsabilidad realizar evaluaciones detalladas de componentes conforme a criterios previamente establecidos por el cliente. En este caso, piezas como el shaft y pinion en

sistemas de dirección EPS requieren atención especializada debido a su relevancia para la seguridad vehicular y su complejidad técnica.

Las actividades que desempeñan incluyen:

- Inspección visual o con equipo de medición para validar dimensiones, presencia de defectos superficiales o funcionales.
- Clasificación de piezas buenas, reprocesables o rechazadas.
- Limpieza o retrabajo cuando es requerido, como puede ser el uso de aire comprimido para retirar residuos.
- Registro de datos y generación de reportes que retroalimentan al área de calidad del cliente.

La relevancia de estos servicios radica en su capacidad de reducir riesgos, evitar paros de línea y mantener los estándares de calidad exigidos por clientes. En el caso de Robert Bosch Querétaro, colaboraciones con empresas como Qualtum y Media Soluciones S.A., permiten mantener la trazabilidad, confiabilidad y cumplimiento normativo en sus procesos, sin comprometer los tiempos de entrega ni la eficiencia operativa.

Empresas a las que les brinda sus servicios: Media Soluciones trabaja con diversas empresas asociadas al Cluster Automotriz de Querétaro, como A2MAC1, American Industries, Beckhoff Automation, Autolive, El bajo Collini, Zf Inovacion, Robert Bosch Automotive, entre otras.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

Calidad:

Es el grado en que un conjunto de características inherentes de un producto, servicio o proceso cumple con los requisitos establecidos.

Esta definición, basada en estándares internacionales como la ISO 9001, se centra en tres aspectos clave:

- Características del producto: Funcionalidad, durabilidad, estética, entre otros.
- Requisitos establecidos: Normativas, especificaciones técnicas y necesidades del cliente.
- Cumplimiento: La capacidad de entregar consistentemente resultados satisfactorios.

En el contexto de la industria automotriz, estas generaciones reflejan la transición de prácticas reactivas a enfoques proactivos y estratégicos en la gestión de la calidad. La adopción de estas filosofías ha permitido a las empresas automotrices no solo cumplir con estándares internacionales, sino también superar las expectativas de los clientes en cuanto a seguridad, rendimiento y confiabilidad de los vehículos.

Relación de la calidad con la mecatrónica.

La mecatrónica integra ingeniería mecánica, electrónica, informática y de control para desarrollar sistemas automatizados eficientes y precisos. La calidad es fundamental en este campo, ya que asegura que los productos sean seguros, confiables y cumplan con altos estándares de rendimiento.

Durante el diseño y la fabricación de sistemas mecatrónicos, se emplean técnicas de control de calidad para minimizar defectos y optimizar el proceso. Herramientas como Lean Manufacturing y Six Sigma ayudan a mejorar la eficiencia, reducir desperdicios y garantizar la calidad en cada fase de producción. Así, la calidad en la mecatrónica es

clave para asegurar la fiabilidad y eficiencia de los sistemas automatizados a lo largo de su ciclo de vida.

Automatización en la industria.

La automatización en la industria es una de las tendencias más transformadoras de la época actual, ya que no solo permite incrementar la eficiencia operativa, sino también abrir nuevos horizontes de competitividad y expansión en el mercado.

La automatización industrial se define como el uso de controladores, sistemas y tecnologías (incluyendo hardware y software) que permiten la operación de procesos con mínima intervención humana. Con la integración de tecnologías de la neumática, mecánica, eléctrica y electrónica, los sistemas automatizados están revolucionando la forma en que se producen bienes y se mantienen los estándares de calidad en múltiples sectores.

Al automatizar tareas repetitivas, se logra reducir la variabilidad inherente a la operación manual, lo que incrementa la precisión y disminuye errores. Además, se optimiza el uso de recursos y se acortan los tiempos de producción, generando ahorros significativos en costos operativos y energético.

Beneficios de la Automatización en la Industria:

- **Incremento en la Eficiencia y Productividad:** Uno de los beneficios más evidentes de la automatización es el aumento de la productividad. Procesos como el sopleteado de aire comprimido en shafts y pinions pueden ser semiautomatizados para garantizar que la limpieza se efectúe con precisión y de manera uniforme. Esto se traduce en una mayor eficiencia del proceso, ya que se reducen los tiempos de parada para mantenimiento y se mejora la calidad del producto final.
- **Reducción de errores y variabilidad:** Al eliminar la subjetividad humana, se consiguen procesos estandarizados que permiten reproducir los mejores resultados en cada ciclo de producción.

- **Ahorro en costos energéticos:** La automatización permite un control más preciso del consumo de aire y energía. Estudios indican que la implementación de sistemas automatizados en procesos de aire comprimido puede reducir el consumo en torno a un 25% en comparación con técnicas manuales (Daunis, 2020).
- **Mejora en la Calidad y Consistencia:** La precisión que ofrecen los sistemas automatizados asegura que cada componente –por ejemplo, los shafts y pinions de sistemas de dirección asistida– se limpien a fondo, eliminando impurezas y residuos que podrían afectar su funcionamiento. Esta consistencia en la calidad:
- **Aumenta la vida útil de los componentes:** La eliminación de residuos y contaminantes minimiza el desgaste y la fricción en las piezas críticas.
- **Favorece la seguridad y la confiabilidad:** Una limpieza uniforme ayuda a mantener estándares elevados de seguridad, algo esencial en procesos donde las piezas son críticas para el funcionamiento del vehículo.
- **Expansión de mercado y competitividad:** La automatización no solo mejora la eficiencia interna de las empresas, sino que también es un factor clave para la expansión en un mercado altamente competitivo. Las compañías que invierten en procesos semiautomatizados tienen la capacidad de responder más rápidamente a la demanda, ofreciendo productos de mayor calidad y a menores costos. Esto se traduce en:
 - **Una mayor adaptabilidad a cambios en el mercado:** La automatización permite realizar ajustes rápidos en los procesos productivos, lo que es esencial para satisfacer las demandas de clientes en constante evolución.
 - **Expansión de la capacidad productiva:** Al reducir tiempos de ciclo y optimizar el uso de recursos, las empresas pueden aumentar su producción sin una inversión proporcional en recursos humanos o infraestructura.

Tecnologías de Automatización y su Integración

Tecnologías Neumáticas y Mecánicas La neumática es una de las tecnologías fundamentales en la automatización industrial. Utiliza aire comprimido para generar movimientos precisos en actuadores y cilindros, lo que resulta ideal para tareas como

el sopleteado de piezas. La mecánica, por otro lado, se encarga de la transmisión de movimientos y la estructura física de las máquinas. Juntas, estas tecnologías permiten la realización de procesos complejos con alta velocidad y precisión:

- **Tecnologías Eléctricas y Electrónicas:** La parte eléctrica y electrónica de la automatización comprende sensores, actuadores y dispositivos de control que garantizan el funcionamiento óptimo de los procesos. Los avances en la electrónica han permitido la integración de sistemas de control de alta precisión que recogen datos en tiempo real para ajustar parámetros del proceso, mejorar la calidad del producto y reducir el desperdicio de recursos.
- **Control con PLC y Sistemas Integrados:** El Controlador Lógico Programable (PLC) es el cerebro de la automatización industrial. Estos dispositivos permiten coordinar y supervisar procesos complejos mediante programas preestablecidos que se pueden ajustar según las necesidades del proceso. En la industria automotriz, por ejemplo, un PLC puede controlar el sistema de sopleteado de aire comprimido, garantizando que cada ciclo de limpieza se ejecute de manera precisa y a la presión adecuada. Además, la integración de estos sistemas en plataformas de software permite la recopilación de datos para un análisis exhaustivo, lo que facilita la toma de decisiones y la implementación de mejoras continuas.
- **La adopción de soluciones semiautomatizadas en procesos como el sopleteado de aire comprimido para shafts y pinions tiene un impacto directo en la reducción de costos y en la mejora de la competitividad empresarial. Algunos de los efectos y oportunidades incluyen:**
- **Reducción del consumo energético y de insumos:** La automatización permite ajustar la generación de aire comprimido a la demanda real, evitando desperdicios y disminuyendo los costos de operación.
- **Ahorro en mano de obra y reducción de errores humanos:** Con sistemas automatizados, se minimiza la variabilidad introducida por operadores, asegurando una mayor precisión en cada etapa del proceso.
- **Expansión del mercado industrial:** Las empresas que implementan estos sistemas logran una mayor eficiencia, lo que les permite ofrecer productos de

alta calidad a precios competitivos, abriendo la puerta a nuevos mercados tanto a nivel nacional como internacional.

- La integración de tecnologías de automatización y la implementación de sistemas basados en PLC son factores decisivos para el crecimiento y la competitividad en la industria actual.

La automatización en la industria representa una revolución que mejora significativamente la eficiencia, la calidad y la competitividad de los procesos productivos. La semiautomatización de procesos como el sopleado de aire comprimido para la limpieza de shafts y pinions no solo asegura una mayor precisión y consistencia, sino que también posibilita grandes ahorros energéticos y operativos. La integración de tecnologías neumáticas, mecánicas, eléctricas y electrónicas, coordinadas a través de PLC, es clave para alcanzar estos beneficios y abre un amplio campo de oportunidades en el mercado.

Norma mexicana e internacional de la calidad aplicadas al proyecto.

En México, la industria automotriz adopta diversas normas de calidad para garantizar la excelencia en sus productos y procesos. A continuación, se describen algunas de las principales normas aplicadas:

Normas nacionales:

- NMX-CC-9001-IMNC-2015: Es la adaptación mexicana de la ISO 9001:2015, una norma internacional enfocada en establecer un sistema de gestión de calidad (SGC) para asegurar la capacidad de una organización de proporcionar productos y servicios que cumplan consistentemente con los requisitos del cliente y reglamentarios.
- NOM-236-SE-2021: Esta Norma Oficial Mexicana establece los criterios de inspección técnica para determinar las condiciones físico-mecánicas de vehículos con un peso bruto vehicular que no exceda los 3,857 kg, con el objetivo de garantizar que circulen bajo condiciones de seguridad en el territorio nacional.

Normas internacionales:

- IATF 16949: Desarrollada por la International Automotive Task Force (IATF), esta norma especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad en la industria automotriz, enfocándose en la mejora continua, prevención de defectos y reducción de variaciones y desperdicios en la cadena de suministro.
- ISO 26262: Es una norma internacional que aborda la seguridad funcional de los sistemas eléctricos y electrónicos en vehículos de carretera, cubriendo todo el ciclo de vida del producto, desde el diseño hasta la producción y mantenimiento.
- ISO 8573-1:2010: Establece los requisitos para la calidad del aire comprimido, especificando las clases de pureza para las partículas, el agua y el aceite presentes en el aire comprimido. Se aplica en sistemas que utilizan aire comprimido como parte de sus procesos industriales, garantizando que el aire comprimido sea adecuado para diversas aplicaciones, especialmente en áreas donde la contaminación por partículas, agua u otros contaminantes podría afectar la calidad y seguridad de los productos o equipos.

Normas para la Construcción de Líneas de Trabajo Semiautomatizadas

Aunque no existen normas específicas exclusivamente para la construcción de líneas de trabajo semiautomatizadas en la industria automotriz mexicana, se aplican diversas regulaciones y estándares que aseguran la seguridad y eficiencia en estos entornos:

- NOM-004-STPS-1999: Relativa a los sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria y equipo utilizados en los centros de trabajo.
- NOM-006-STPS-2014: Sobre el manejo y almacenamiento de materiales, condiciones de seguridad y salud en el trabajo.
- NOM-010-STPS-2014: Concierne a agentes químicos contaminantes del ambiente laboral, reconocimiento, evaluación y control.

Estas normas, emitidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), establecen las condiciones mínimas para la prevención de riesgos laborales en la

operación de maquinaria y manejo de materiales en líneas de producción semiautomatizadas.

La aplicación de estas normas es esencial para garantizar la calidad de los productos y la seguridad en los procesos de producción dentro de la industria automotriz en México.

¿Qué es una dirección EPS?

La dirección asistida eléctrica (EPS) como vemos en la ilustración 8, es una tecnología clave para la conducción altamente automatizada. Las variantes de Bosch EPS satisfacen las necesidades de vehículos deportivos pequeños, de gama media y alta, así como de vehículos comerciales ligeros. La EPS cuenta con un motor eléctrico que controla la dirección del vehículo. Con un motor eléctrico, la EPS controla y asiste la dirección del vehículo, proporcionando una sensación de dirección óptima y agradable.



Ilustración 8 Dirección EPS.

Componentes principales de la dirección EPS.

- Sensor de ángulo de dirección: Va situado en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante, y suministra la señal para la determinación del ángulo de dirección.
- Sensor de par de dirección: Va ubicado en la carcasa del mecanismo de la dirección y suministra la señal del par aplicado a la dirección.
- Sensor de régimen del motor eléctrico: Forma parte integrante del motor eléctrico y no es accesible exteriormente.
- Sensores de régimen señal de velocidad: La señal de la velocidad de marcha del vehículo es suministrada por la unidad de control del ABS, a través de sus captadores de ruedas.
- Sensor de régimen del motor: Ubicado en la carcasa de salida de cigüeñal suministra la señal del régimen de revoluciones del motor de combustión, a través de la propia UCE de inyección.
- Motor eléctrico: Se trata de un motor asíncrono con desarrollo de bajo par máximo y de construcción simple, que permite accionamientos cortos y rápidos, por lo que resulta muy adecuado para movimientos de asistencia de la dirección.
- Unidad de control: Va fijada directamente al motor eléctrico, sin cables y calcula en todo momento la intensidad adecuada de accionamiento del motor eléctrico.
- Testigo de averías: Ubicado en el cuadro de instrumentos, avisa al conductor de cualquier posible avería o fallo en el sistema eléctrico. Al conectar el encendido, el testigo se enciende e inicia un auto chequeo del sistema, que tarda unos dos segundos. El testigo se apaga de inmediato en cuanto se arranca el motor.

Todos estos componentes los podemos visualizar en la ilustración 9 donde viene una etiqueta para su identificación.

Shaft y Pinion.

Shaft (Eje): El "shaft" o eje en el sistema de dirección de un vehículo como se muestra en la ilustración 11, es una parte que transmite el movimiento rotacional generado por el conductor al sistema de dirección. En una dirección EPS (Electric Power Steering o Dirección Asistida Eléctrica), el eje transmite el esfuerzo de dirección al mecanismo de dirección asistida eléctrica, en particular, a la caja de dirección.



Ilustración 11 Shaft.

Pinion (Piñón): El "pinion" o piñón que se muestra en la ilustración 12, es una rueda dentada que se acopla con una cremallera (rack) o con un mecanismo similar dentro del sistema de dirección. En el contexto de la dirección EPS, el piñón es parte del engranaje que transforma el movimiento rotacional del eje (shaft) en un movimiento lineal, ayudando a girar las ruedas del vehículo.



Ilustración 12 Pinion.

Importancia de los Componentes Shaft y Pinion en una Dirección EPS

la importancia de estos componentes que se aprecian en la ilustración 13 son de vital importancia por las siguientes razones:

1. **Precisión y Control:** Los componentes shaft y pinion son cruciales para la precisión y control del vehículo. A través de su interacción, permiten una dirección más suave y controlada. El piñón acopla el movimiento rotacional del eje con la cremallera, convirtiendo el movimiento de la dirección del conductor en un movimiento lineal eficiente y preciso de las ruedas.
2. **Asistencia Eléctrica:** En una dirección EPS, estos componentes son fundamentales para la asistencia que provee el motor eléctrico. El piñón y el eje trabajan en conjunto con el motor eléctrico para reducir el esfuerzo físico necesario por parte del conductor al girar el volante, lo que proporciona una mayor comodidad y seguridad, especialmente en situaciones de conducción a baja velocidad.
3. **Durabilidad y Seguridad:** La robustez y fiabilidad de estos componentes son esenciales para la seguridad del vehículo. El buen funcionamiento del eje y piñón asegura que el sistema EPS no presente fallos, lo que podría comprometer la maniobrabilidad del vehículo, especialmente en situaciones de emergencia.



Ilustración 13 Componentes Shaft y Pinion.

Función de los Componentes Shaft y Pinion en una Dirección EPS

Si bien todos los componentes de una dirección EPS son importantes estos tienen relevancia en los siguientes aspectos:

1. **Transmisión de Movimiento:** El eje (shaft) transmite el movimiento del volante al piñón. El piñón, a su vez, convierte el movimiento rotacional del eje en un movimiento lineal que mueve la cremallera (rack), lo que gira las ruedas del vehículo.
2. **Asistencia al Conductor:** En los sistemas EPS, la función principal del piñón y del eje es facilitar la intervención del motor eléctrico en el sistema de dirección. El motor eléctrico genera la asistencia necesaria para hacer más fácil la conducción, especialmente al girar el volante en maniobras de estacionamiento o cuando se circula a bajas velocidades.
3. **Ajuste de la Dirección:** A medida que el conductor gira el volante, el eje transmite ese movimiento al piñón, que ajusta la dirección de las ruedas con precisión. Esto se realiza sin la necesidad de un sistema hidráulico, como en las direcciones asistidas tradicionales, lo que hace que el sistema EPS sea más eficiente en términos de consumo de energía y espacio.

Focalización del problema, zonas de limpieza en el Shaft y Pinion.

El proceso de limpieza de componentes automotrices requiere una identificación precisa de las zonas críticas para garantizar uniformidad en los estándares de calidad y minimizar variaciones operativas mediante la utilización con aire comprimido. Esta metodología mejora la consistencia y la eficiencia del proceso, reduce los tiempos de ciclo y previene defectos que puedan comprometer el ensamblaje y funcionamiento de sensores de torque y sistemas EPS

La inspección manual con aire comprimido, aunque ampliamente utilizada, suele generar flujos de trabajo lentos y poco homogéneos debido a la variabilidad en la ejecución por parte del operario. El objetivo principal de la automatización radica en estandarizar la identificación de posiciones específicas durante la operación (actividad

siete), con el fin de optimizar la calidad y adaptarse dinámicamente a diferentes tipos de componentes

La estrategia de limpieza se divide en tres áreas críticas:

1. Orificios y diámetros interiores

La limpieza profunda de los diámetros interiores que es esencial para eliminar residuos de óxido, grasa y virutas que pueden afectar el ajuste y la calibración del sensor de torque como se muestra en la ilustración 14. La norma ISO 16232 y la guía VDA 19 establecen métodos para la extracción y análisis de partículas, garantizando la validación de la limpieza en estas zonas.



Ilustración 14 Limpiezas de los diámetros internos de los componentes.

2. Barrenados del cabezal

Los barrenados localizados en la parte superior del shaft y pinion como se aprecian en la ilustración 15, son puntos estratégicos de ensamblaje que requieren la remoción del exceso de lubricante y suciedad. La aplicación de aire comprimido en estos orificios contribuye a cumplir los requisitos de integridad dimensional y funcional establecidos en los procesos de línea.



Ilustración 15 Barrenados del cabezal.

Superficie del cuerpo del componente La superficie externa del cuerpo del componente debe estar libre de impurezas que puedan interferir en el montaje posterior. Los sistemas de limpieza en seco combinan chorros de aire y extracción de partículas para lograr una limpieza precisa sin el uso de líquidos.

Importancia del correcto montaje del eje ("shaft") y piñón en una dirección EPS

Un ensamble preciso entre el eje de dirección (shaft) y el piñón en sistemas de Electric Power Steering (EPS) es crucial para garantizar un desempeño óptimo y seguro del sistema. Cualquier desviación en el alineamiento, tolerancias excesivas o falta de sujeción adecuada puede generar una transmisión incorrecta del par motriz, lo que afecta negativamente la respuesta del sistema, la retroalimentación al conductor y aumenta el riesgo de vibraciones o fallas prematuras. De acuerdo con un análisis sistemático de fallos en sistemas de dirección, los errores de fabricación o de ensamblaje en la conexión entre el shaft, el piñón y otros componentes son factores causales que pueden alterar el comportamiento esperado de la EPS, generando respuestas imprevisibles o inconsistentes, esto puede presentarse como rigidez, juego en el volante o incluso como fallos en la asistencia eléctrica.

Además, un blog técnico sobre la mejora de la estabilidad en sistemas de shaft y pinion destaca la necesidad de una mecánica de acoplamiento precisa, materiales de alta calidad y un montaje que asegure la firmeza y el correcto engranaje entre el shaft y el pinion, reduciendo el riesgo de desgaste, vibraciones y pérdida de control en la dirección, Electric Power Steering Report, (2022). Este informe destaca, entre otros aspectos, que los "defectos de fabricación y problemas de ensamblaje" entre la

columna de dirección pueden alterar la transmisión del par, lo que compromete tanto la eficiencia del sistema como la seguridad del vehículo.

Consecuencias de las impurezas en los componentes de una dirección EPS

La prolongación de la vida útil del módulo de dirección EPS depende en gran medida de la prevención de factores que comprometan su funcionamiento a lo largo del tiempo. En primer lugar, evitar el desgaste prematuro es esencial, ya que la acumulación de residuos entre superficies móviles como el shaft y el piñón actúa como un abrasivo que deteriora el contacto y acelera la pérdida de material, lo que impacta directamente en la precisión y seguridad del sistema. En segundo lugar, la reducción de fricción y ruido constituye un aspecto crítico, dado que la presencia de impurezas o desalineaciones puede originar vibraciones y fenómenos como el stick-slip, que además de generar incomodidad en la conducción, incrementan la fatiga mecánica de los componentes, tal como lo señalan estudios especializados en dinámica de dirección (Evolution, SKF, s.f.). Finalmente, la prevención de la corrosión representa otro factor determinante, ya que las partículas contaminantes pueden reaccionar con la humedad, provocando oxidación localizada o generalizada en piezas metálicas. Investigaciones recientes sobre columnas de dirección evidencian que el desgaste y la corrosión son causas recurrentes de falla (Rudzinskis et al., 2025).

Aplicación práctica: limpieza con aire comprimido en sistemas EPS

En los sistemas de dirección asistida eléctrica (EPS), la limpieza adecuada de componentes como el eje (shaft) y el piñón (pinion) es crucial. Estas piezas se encuentran en contacto con sensores de torque de alta precisión y mecanismos de asistencia electrónica. La presencia de residuos, como virutas metálicas o polvo, puede afectar seriamente el rendimiento del sistema.

Por esta razón, los fabricantes emplean aire comprimido filtrado, seco y libre de aceite, conforme a los estándares de calidad del aire comprimido definidos por la norma ISO 8573-1 (ISO, 2010). Este proceso garantiza un entorno limpio durante el ensamblaje y contribuye a prolongar la vida útil del sistema de dirección (Bosch, 2020).

El aseguramiento de la calidad en la industria automotriz no solo se limita a verificar que los productos cumplan con especificaciones, sino que constituye una estrategia integral que abarca desde el diseño hasta la entrega final.

Aumento de la Productividad

Uno de los principales beneficios de la automatización es el aumento significativo de la productividad. Los sistemas automatizados pueden operar de manera continua sin interrupciones, lo que permite reducir tiempos de inactividad y aumentar la producción. Esto conlleva grandes beneficios en la manera en que se lleva a cabo el proceso de sopleado ya que al automatizar la limpieza de las piezas mecánicas para las direcciones EPS mejoraría considerablemente la cantidad de piezas que se retrabajan para que puedan incorporarse a la línea de ensamblaje, esto daría pie a que nunca faltaría material por retrabajar por lo que los tiempos muertos que se presentan en este proceso se reducirían considerablemente aumentando la productividad para el desarrollo de más piezas en la planta.

Por otra parte, la cantidad de inspectores sería menor ya que otro de los objetivos de este proyecto es que las actividades en las que con 5 o más operadores se desenvuelven, ahora solo se cumpliría con una sola, produciendo así los elementos requeridos según la planeación especificada.

Reducción de Costos

La implementación de tecnologías automatizadas en los procesos industriales permite optimizar el uso de los recursos financieros al reducir costos laborales y minimizar errores humanos. A largo plazo, esto puede implicar una disminución en el número de empleados o inspectores necesarios para llevar a cabo ciertas tareas, ya que la operación de la maquinaria automatizada puede ser supervisada por una sola persona capacitada.

Este cambio no solo reduce significativamente los costos operativos al disminuir la necesidad de personal, sino que también agiliza los procesos de producción, permitiendo que otras etapas del trabajo se realicen con mayor rapidez. Asimismo, al

minimizar el retrabajo manual, se reducen las horas laborales invertidas en correcciones, lo que contribuye aún más a la reducción de costos en la producción. Estudios sobre la automatización industrial, como los realizados por el Foro Económico Mundial y la Organización Internacional del Trabajo, destacan que la digitalización y la robótica pueden incrementar la eficiencia y la calidad del trabajo, aunque también plantean el desafío de la reubicación laboral y la capacitación de los trabajadores para adaptarse a las nuevas tecnologías.

Mejora en la Calidad de los Productos

La automatización en los procesos de manufactura permite alcanzar una mayor precisión, lo que se traduce en productos de mejor calidad y mayor uniformidad. Al reducir la incidencia de errores humanos, se minimizan los defectos y desperdicios generados durante la producción. Uno de los factores más relevantes en este contexto es la influencia de la capacitación y experiencia del trabajador en la calidad del sopleteado. Si la ejecución de esta tarea no es adecuada, el resultado puede presentar deficiencias que afecten la calidad del producto final. La implementación de una máquina automatizada busca estandarizar este proceso, eliminando variaciones derivadas del factor humano y asegurando una mayor consistencia en los resultados. De esta manera, se garantiza que el producto final cumpla con los estándares de calidad y las expectativas establecidas por la planta.

De acuerdo con estudios de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Instituto de Manufactura de la Universidad de Cambridge, la automatización no solo mejora la calidad de los productos, sino que también optimiza la eficiencia de los procesos, contribuyendo a la competitividad y sostenibilidad de la industria.

Seguridad en el Trabajo

La automatización de tareas peligrosas o repetitivas contribuye significativamente a la reducción de riesgos laborales, mejorando tanto la seguridad como el bienestar de los trabajadores. En este caso, el uso de aire comprimido representa un potencial peligro si no se implementan las medidas de seguridad adecuadas, como el uso del equipo

de protección personal y la correcta manipulación de las herramientas. Un manejo inadecuado puede derivar en accidentes o incidentes que pongan en riesgo la salud e integridad de los trabajadores.

Este proyecto tiene como objetivo minimizar dichos riesgos mediante la automatización del proceso, lo que permitirá mejorar las condiciones laborales y reducir la probabilidad de accidentes. Además, al tratarse de una tarea repetitiva, la automatización ayuda a disminuir la fatiga y el desgaste físico del personal, contribuyendo a la prevención de lesiones y promoviendo un entorno de trabajo más seguro y eficiente. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), la incorporación de tecnologías automatizadas en actividades de alto riesgo no solo protege la integridad de los empleados, sino que también mejora la productividad y la sostenibilidad operativa en el largo plazo.

Identificación de mejores prácticas en líneas automatizadas de limpieza

El éxito de un proyecto de automatización depende de la integración de disciplinas que nos ayudan a comprender como desarrollar un proyecto para que se tomen en cuenta todas las consideraciones necesarias que conlleva desarrollar un proyecto de esta naturaleza. Cada una aporta soluciones específicas para optimizar procesos, reducir costos y mejorar las condiciones de trabajo con las que se cuentan actualmente. Para ello desglosaremos como es que se utiliza o que es lo que aportara cada una a ellas al desarrollo de este.

- **Neumática** esta se usa principalmente por ser rápida y precisa, los actuadores neumáticos pueden moverse con rapidez y repetitividad, asegurando un control preciso de los procesos que se llevan a cabo, ideal para aplicaciones que requieren movimientos repetitivos en ciclos cortos. El aire comprimido es barato y fácil de adquirir o implementar ya que es uno de los principales servicios que ocupa una planta industrial.

Puede operar en condiciones extremas de temperatura, polvo, humedad y suciedad por lo que su implementación puede ser conveniente en este tipo de entornos industriales. Se puede combinar con sensores, válvulas y sistemas de

control para lograr procesos automatizados más atractivos aparte de que también es compatible con PLC (Controladores Lógicos Programables) para mayor precisión y versatilidad.

En el mundo de la neumática, las normas juegan un papel fundamental. No se trata solo de reglas, sino de un lenguaje común que permite a las empresas comunicarse, producir y comercializar productos con garantías de calidad y seguridad.

La normalización es básicamente un proceso de unificación: establece estándares que permiten que diferentes fabricantes hablen el mismo "idioma" técnico. Cuando hablamos de normas industriales, estamos hablando de una especie de "reglas del juego" que reflejan el estado más avanzado de la tecnología en un momento determinado. Estas normas son mucho más que simples recomendaciones, son requisitos esenciales para poder comercializar productos tanto a nivel nacional como internacional. En el ámbito de la neumática, las normas cubren aspectos críticos como:

- Las dimensiones de los componentes y alimentación necesaria.
- Los protocolos de seguridad.
- Los estándares de calidad.

Su objetivo es crear una base uniforme que permita evaluar con precisión el rendimiento técnico de los productos, garantizando así que cumplan con los más altos estándares de la industria.

En la industria automotriz, los sistemas neumáticos operan comúnmente dentro de un rango de presión de **4 a 7 bar** (aproximadamente **58 a 102 psi**). Este rango es ampliamente adoptado para garantizar la eficiencia y seguridad en el funcionamiento de los componentes neumáticos.

El flujo de aire necesario varía según el tamaño y la velocidad de los actuadores, así como la complejidad del sistema. Por ejemplo, un actuador de tamaño mediano puede requerir un flujo entre **50 y 500 litros por minuto (l/min)**. Es esencial dimensionar adecuadamente el sistema de suministro de aire para satisfacer las demandas específicas de cada aplicación.

Estas especificaciones están respaldadas por normas internacionales como la **ISO 15552**, que establece los requisitos para cilindros neumáticos de vástago con diámetros entre 32 mm y 320 mm. Aunque la norma no define explícitamente un rango de presión, los fabricantes que la siguen suelen diseñar sus productos para operar dentro de los **4 a 7 bar**.

En México, la **NMX-O-193-SCFI-2014** es una norma nacional que establece especificaciones para sistemas neumáticos, incluyendo aspectos relacionados con la presión y el flujo de operación. Esta norma se alinea con estándares internacionales para asegurar la compatibilidad y seguridad en aplicaciones industriales.

Es importante consultar las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes y las normativas aplicables para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de los sistemas neumáticos en la industria automotriz.

En el proyecto se utilizarán pistones neumáticos (Ilustración 16) para realizar movimientos unidireccionales para abrir y cerrar una compuerta que nos ayudara a garantizar la seguridad del personal que la va a operar, de igual manera nos ayudara con los movimientos de subida y bajada del dispositivo por el cual va a salir el aire comprimido que de igual manera realizara la limpieza de las partículas como polvo y suciedad que se requiere para que las piezas se encuentren en óptimas condiciones para su próximo ensamblaje.



Ilustración 16 Referencia de pistón neumático.

- **Mecánica** juega un papel fundamental en los procesos de automatización, ya que proporciona la estructura y los mecanismos físicos necesarios para que las

máquinas y sistemas automatizados funcionen de manera eficiente. La mecánica nos ayudara a diseñar estos sistemas asegurando su resistencia, durabilidad y eficiencia.

Los sistemas mecánicos permiten la transmisión de energía y movimiento en una máquina o proceso automatizado por lo que se debe de considerar y tomar en cuenta para que las partes estáticas o dinámicas del proyecto puedan tener funcionalidad y cumplan con las características mecánicas necesarias para realizar el proceso automatizado de sopleteado de las piezas para las direcciones EPS.

En este caso utilizaremos la mecánica para diseñar toda la estructura que dará soporte a la maquina y todos sus componentes (Ilustración 17), de igual manera los mecanismos que darán movimiento junto con los pistones neumáticos para realizar los procesos necesarios según sea el requerimiento.

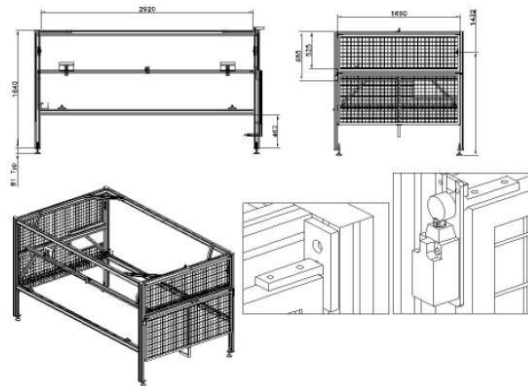


Ilustración 17 Referencia de estructura mecánica.

- **Electrónica** tiene un papel fundamental en los procesos de automatización, ya que proporciona los componentes y sistemas necesarios para controlar, monitorear y optimizar las máquinas y dispositivos sin intervención humana constante, esto gracias a los sensores que se ocupan de traducir lo que pasa en el exterior en lenguaje máquina para realizar los procesos correspondientes a través de un controlador lógico programable PLC, (Ilustración 18) ,que es parte de la electrónica de control para la automatización de los mismos.



Ilustración 18 Referencia de componentes electrónicos de automatización.

- **Eléctrica** es parte fundamental ya que es la que nos ayudara a energizar todos los componentes que ejecutaran los procesos necesarios para el sopleteado aparte de que también ayudan en el control de accesorios fundamentales que se requieren para llevar a cabo su tarea.

Para el proyecto se usarán diferentes elementos para la fuerza y para el control como el de la imagen (Ilustración 19) de cada proceso que se realice por lo que su consideración es importante y necesaria que se debe de tomar en cuenta como contactores, relevadores en la parte de potencia y para el control botones pulsadores, selectores, de emergencia, así como sus debidas protecciones y canalizaciones correspondientes, etc.



Ilustración 19 Referencia te tablero de control.

Innovación y Desarrollo

El uso de tecnologías avanzadas fomenta la innovación en las empresas, permitiendo el desarrollo de nuevos productos y servicios que generan mayor competitividad en el mercado. Al contar con nuevos sistemas de trabajo haciendo más accesible el

proceso, crearía mayores ingresos en la planta por lo que se pretendería inviertan más en este tipo de tecnologías para continuar con el desarrollo e investigación de futuros proyectos, dando la oportunidad a más jóvenes como nosotros de poder desarrollar y explotar el potencial que muchas veces no es bien aprovechado para mejorar el cómo se hacen los procesos con tal de eficientizar y mejorar los procesos y productos de la planta.

Procedimiento y descripción de actividades realizadas.

1. Análisis del Proceso Inicial.

- Investigación del proceso de sopleteado original.
- Inspección del proceso manual de sopleteado en el área de trabajo.
- Identificación de deficiencias en tiempos, calidad y productividad.

2. Identificación de Componentes Existentes.

- Evaluación de los elementos utilizados en el proceso manual, como pistolas de aire, compresores, válvulas y herramientas de soporte.
- Registro de especificaciones técnicas de los componentes actuales.

3. Evaluación de Desempeño Operativo.

- Medición de tiempos de limpieza por operador en cada caja de operación.
- Análisis de la calidad de limpieza realizada manualmente (inspección visual de la limpieza de la pieza).
- Evaluación de la variabilidad en el proceso según la habilidad del operador.

4. Investigación de Automatización.

- Estudio de los beneficios e impactos de la automatización del proceso.
- Identificación de mejores prácticas en líneas automatizadas de limpieza industrial (maquinas automatizadas).

5. Definición de la Nueva Línea de Trabajo

- Diseño conceptual del sistema automatizado con dos pistones neumáticos e inyección de aire comprimido para la operación del proceso de limpieza.
- Desarrollo del flujo de trabajo automatizado (Idea y control del proceso).

6. Estudio de Materiales y Costos recomendados si se desea aplicar.

- Selección de componentes mecánicos, neumáticos y eléctricos que se recomiendan si se desea aplicar el proyecto de manera física.
- Estimación de costos de implementación.

7. Justificación y Simulación de Elementos Mecánicos.

- Simulación del armazón que contendrá la línea de operación a desarrollar (creación de jaula, molde de boquillas simultaneas de inyección para aire comprimido y acrílico de la línea que sean capaces de aguantar cargas por el peso de actuadores neumáticas y temperaturas que se delimiten, todo a través de la herramienta CAD Solidworks).
- Justificación de la selección de elementos estructurales (materiales y sus propiedades físicas a usar en el armazón, fichas técnicas).

8. Justificación y Simulación de Elementos Neumáticos.

- Evaluación de la presión y flujo necesario de aire comprimido requerido para el funcionamiento del proceso (necesario para alimentar pistones a partir de sus fichas técnicas de información).
- Simulación del comportamiento de válvulas y circuitos neumáticos durante el proceso (simulaciones realizadas en el programa neumático FestoFluidSim).

9. Justificación y Simulación de Elementos Eléctricos.

- Diseño del sistema eléctrico para el control de válvulas y sensores (tipo de conexiones).
- Justificación de la selección de componentes eléctricos (Calibre necesario de cableado y canalización, protecciones del circuito especial, información de fichas técnicas).

10. Simulación del Controlador.

- Programación y simulación del PLC para controlar el ciclo de soplado automático (simulación de operación del proceso de sopleteado a cargo de un PLC logo bajo la herramienta “CADESimu”).
- Validación de secuencias de operación (funcionamiento de la simulación).

11. Evaluación del Sistema Automatizado.

- Pruebas del sistema completo en condiciones simuladas (inspección de la correcta simulación de cada parte del proceso neumático, eléctrico y de control PLC).
- Evaluación de eficiencia, calidad y tiempos operativos.

12. Comparación de Procesos.

- Análisis comparativo entre el proceso manual y el automatizado (Tablas de datos de Excel).
- Evaluación de mejoras en tiempo, calidad y productividad (Tablas comparativas y análisis de datos).

13. Cierre del Proyecto y Conclusiones.

- Documentación final del proyecto.
- Presentación de resultados y recomendaciones para la implementación del sistema automatizado.

Cronograma de actividades (Ilustración 20)

ACTIVIDAD	MES	ENERO		FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO		
	SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. Análisis del Proceso Inicial.	P																	
	R																	
2. Identificación de Componentes Existentes	P																	
	R																	
3. Evaluación de Desempeño Operativo	P																	
	R																	
4. Investigación de Automatización	P																	
	R																	
5. Definición de la Nueva Línea de Trabajo	P																	
	R																	
6. Estudio de Materiales y Costos recomendados si se desea aplicar.	P																	
	R																	
7. Justificación y Simulación de Elementos Mecánicos	P																	
	R																	
8. Justificación y Simulación de Elementos Neumáticos	P																	
	R																	
9. Justificación y Simulación de Elementos Eléctricos	P																	
	R																	
10. Simulación del Controlador	P																	
	R																	
11. Evaluación del Sistema Automatizado	P																	
	R																	
12. Comparación de Procesos	P																	
	R																	
13. Cierre del Proyecto y Conclusiones	P																	
	R																	

Ilustración 20 Cronograma de actividades

CAPITULO 3: ACTIVIDADES REALIZADAS

1. Análisis del Proceso Inicial.

Proceso original: Una pistola de sopleteo de aire comprimido funciona al expulsar aire a alta presión a través de una boquilla previamente seleccionada para asegurar la limpieza optima de elementos mecánicos. El aire comprimido proviene de un compresor fuente de la planta que lo comprime (filtra, regula y libera) y lo envía a una pistola por una manguera lista para utilizarse por un operador para realizar el proceso de limpieza de los componentes Shaft y Pinion, cada embarque de limpieza consta de un Dolly de 8 a 10 cajas donde cada caja consta de 30 piezas del material requerido.

Cómo funciona:

1. El compresor absorbe aire a través de una válvula de entrada.
2. El compresor comprime el aire al volumen deseado.
3. El compresor descarga el aire presurizado a un depósito a través de una válvula de salida a presión deseada.
4. El aire comprimido sale del compresor y se dirige por tubería previamente seleccionada y colocada hacia un ducto poliflo (manguera de alta presión) que lo lleva a la base de la pistola.
5. Una vez se abran las válvulas de paso, el aire comprimido ingresa a la manguera y por efecto secundario a la pistola listo para su salida.
6. El aire pasa por una boquilla y sale a alta presión una vez se acciona el gatillo de la pistola por un operador.

Componentes a los que se aplica este tipo de limpieza dentro del proyecto:

Shaft (Ilustración 21):



Ilustración 21 Shaft.

Pinion (Ilustración 22):



Ilustración 22 Pinion.

Consideraciones:

Si el aire comprimido que se utiliza no es filtrado, la vida útil de las herramientas puede acortarse y por consecuencia causar un material ineficiente poniendo en riesgo la calidad del proceso y producto. Es por ello por lo que se deben tomar algunas consideraciones:

- Eliminación de Contaminantes:
 - Polvo, virutas y residuos de mecanizado: Durante el proceso de fabricación/manufactura, pueden quedar partículas metálicas o de otros materiales en las superficies de los componentes (rebaba).
 - Aceites y lubricantes: Algunos procesos dejan residuos de aceites o grasas que pueden afectar la fricción o el acoplamiento de piezas además de que en algunos casos se usa para su siguiente etapa en una línea de ensamblaje.
 - Suciedad ambiental: En áreas de producción, los componentes pueden acumular polvo u otros contaminantes que podrían afectar el desempeño (ya sea por el almacenamiento de fabricante o de la empresa).
- Asegurar un Ensamblaje Preciso:
 - Mejor ajuste: La presencia de partículas puede impedir el ensamblaje correcto que debería ser como se muestra en la ilustración 23 o generar desviaciones en las tolerancias, generando así piezas que no cuenten con la calidad necesaria dentro del proceso.
 - Prevención de deslizamientos o bloqueos: Un Shaft o Pinion sucios pueden afectar la alineación y el acoplamiento de engranajes dentro del módulo de dirección lo que causaría el mal desempeño de una dirección EPS terminada.



Ilustración 23 Posición de ensamblaje de shaft y pinion.

- Prolongación de la Vida Útil del Módulo de Dirección:
 - Evitar desgaste prematuro: Residuos atrapados entre piezas móviles pueden actuar como abrasivos y acelerar el desgaste de las piezas mecánicas en cuestión.

- Reducción de fricción y ruido: La limpieza adecuada ayuda a evitar ruidos anómalos o irregularidades en la operación del sistema lo que disminuiría las quejas de clientes futuros.
- Prevención de corrosión: Algunas impurezas pueden reaccionar con la humedad y generar óxido o corrosión en las piezas por rebaba o anomalías de un proceso anterior.
- Cumplimiento de Estándares de Calidad y Seguridad:
 - Normas de fabricación: Muchos procesos industriales exigen limpieza rigurosa para cumplir con normas de calidad como ISO/TS 16949 (sector automotriz) además de cumplir con la misión y visión de la empresa).
 - Funcionamiento confiable: Un módulo de dirección limpio (Shaft y Pinion) asegura un desempeño óptimo y evita fallas prematuras que podrían comprometer la seguridad del vehículo.
- Buenas Prácticas en la Limpieza con Aire Comprimido dependientes al operador:
 - Usar aire seco y libre de humedad para evitar condensación y corrosión.
 - Regular la presión para evitar dañar piezas delicadas (el promedio usado es de 5 a máximo 13 bar según su uso en la empresa donde se realiza el estudio).
 - Combinar con otros métodos (trapos limpios, solventes adecuados, como en el área sorteo se implementa otra técnica más para asegurar que el producto sea del estándar más alto de calidad usando alcohol isopropílico y toallas especiales de limpieza) si es necesario para remover residuos persistentes.

La limpieza con aire comprimido garantiza un ensamblaje libre de contaminantes, mejora la calidad y el desempeño del módulo de dirección, y previene fallos mecánicos a largo plazo dentro de estos dispositivos de alta gama.

Como parte del análisis del proceso manual de limpieza con aire comprimido en componentes mecánicos, específicamente en Shafts y Pinions, se llevó a cabo una investigación de campo dentro del área de trabajo donde se identificaron diversas deficiencias tanto en materiales (herramientas de trabajo) como en procedimientos operativos (forma y tiempos de limpieza distinta por operador al no existir una estandarizada).

El estudio incluyó la recopilación de información sobre las ventajas y desventajas de este método, así como la medición de los tiempos de trabajo de cada operador en la limpieza individual de cada pieza hasta alcanzar un objetivo de 30 unidades.

Ventajas:

- Bajo costo inicial de implementación comparado con sistemas automatizados de limpieza.
- Flexibilidad para adaptar la limpieza a diferentes geometrías y tamaños de componentes.
- El operador puede inspeccionar visualmente mientras realiza la limpieza.
- Facilidad para acceder a áreas de difícil alcance gracias al control manual.
- No requiere programación ni mantenimiento complejo del sistema.

Desventajas

- Exposición del operador a partículas proyectadas que pueden causar lesiones físicas.
- Riesgo de inyección de aire a alta presión en la piel (puede causar hematomas).
- Fatiga del operador por movimientos repetitivos (disminución de producción).
- La efectividad depende totalmente de la técnica y experiencia del operador (operadores de mayor experiencia limpian mejor y más rápido las piezas mecánicas) **véase la tabla de tiempos (Tabla 1).**
- Variabilidad en el tiempo dedicado a cada componente (no es fijo por no estar estandarizado). **véase la tabla de tiempos (Tabla 1).**
- Dificultad para mantener un patrón consistente de limpieza (algunas zonas de los componentes se pueden omitir). **véase la tabla de tiempos (Tabla 1).**
- Pérdidas de presión en la red de distribución.

- Fugas potenciales en conexiones y mangueras (provocadas por residuos o movimientos del operador).
- Mayor consumo energético por operación manual prolongada.
- Imposibilidad de garantizar parámetros constantes de presión y flujo (en la propuesta de diseño de operación y simulación se desea mostrar la presión a la que se trabaja)
- Dificultad para documentar y estandarizar el proceso.
- No se tiene control preciso del tiempo de limpieza por pieza.
- Mayor consumo de aire comprimido por falta de optimización.
- Generación de ruido constante en el área de trabajo.
- Tiempo perdido por fatiga y rotación de operadores.
- Mayor consumo energético por uso no optimizado.
- Costos potenciales por lesiones laborales.
- Piezas rechazadas por limpieza inadecuada (atención crítica).
- Constante capacitación de operadores por la repetitiva rotación de personal en diversas áreas de la empresa.

El procedimiento actual consta de varios componentes como se muestra en la ilustración 24 en el cual cuenta con una pistola de sopleteado de aire comprimido, la cual requiere que el operador abra dos válvulas de paso para permitir el flujo de aire. Con una mano, el operador sostiene la pieza a limpiar y, con la otra, dirige el aire comprimido sobre la superficie de esta. La limpieza se enfoca en la cavidad interior y las paredes exteriores de cada componente.

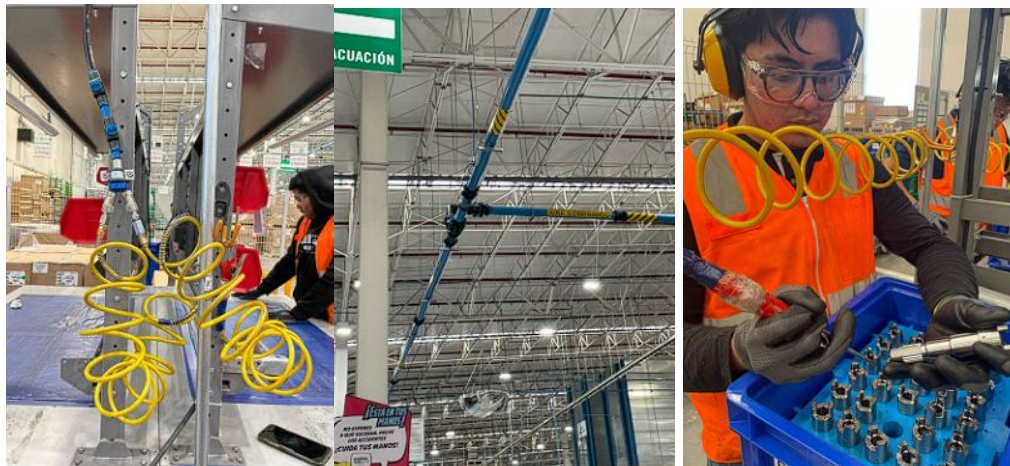


Ilustración 24 Componentes neumáticos utilizados en el sopleteado manual.

Para ejecutar este proceso, es necesario desmontar una caja de un Dolly, limpiar las 30 piezas de manera individual y, posteriormente, reinsertarlas en su lugar dentro de la caja y colocar nuevamente la caja en el Dolly y así hasta completarlo totalmente. Este estudio permitió evaluar la eficiencia del proceso y determinar oportunidades de mejora en términos de materiales, tiempos de operación y seguridad en la ejecución del procedimiento ya que el tiempo y producción promedio de operación documentado por caja fue de 5 min por caja (se recomienda ver la actividad 3 para corroborar datos).

2. Identificación de Componentes Existentes.

Materiales usados dentro del sistema de sopleteado original:

Toma de aire comprimido principal (Ilustración 25).



Ilustración 25 Toma de aire comprimido principal.

Concepto: Punto de acceso a la red de aire comprimido que alimenta el sistema.

Funcionamiento: Distribuye aire a presión a los diferentes componentes/líneas de trabajo a los que estén conectados a esta red.

Uso: Suministra el aire comprimido (ya regulado, filtrado y controlado) necesario para operar herramientas neumáticas como válvulas, pistones, etc.

Propiedades: Debe soportar altas presiones y mantener un flujo estable.

Material: Acero inoxidable o latón con recubrimiento anticorrosivo.

Normas que aplica:

- ISO 8573 (Calidad del aire comprimido).

- NOM-001-SEDE-2018 (Instalaciones eléctricas).
- ISO 45001 (Seguridad laboral).
- NOM-018-STPS-2015 (Identificación de sustancias peligrosas).

Ficha técnica: Anexo 1.1 Toma de aire comprimido.

Tubería poliflo de 0.25mm resistente a altas presiones (Ilustración 26).



Ilustración 26 Tubería poliflo.

Concepto: Conducto flexible o semirrígido diseñado para transportar aire comprimido.

Funcionamiento: Conduce el aire a presión desde la fuente hasta los dispositivos neumáticos (en este caso toma aire desde una red colgante principal hasta la zona de trabajo).

Uso: Se emplea en sistemas neumáticos para evitar pérdidas de presión y correcta distribución de aire a sus diversas líneas de trabajo.

Propiedades: Resistencia a altas presiones, flexibilidad y durabilidad ante desgaste mecánico.

Material: Polietileno de alta densidad (PEAD) o poliuretano.

Normas que aplica:

- ISO 14743 (Sistemas de tuberías neumáticas).
- NOM-002-STPS-2010 (Condiciones de seguridad contra incendios).
- NMX-E-224/2-ANCE-2018 (Tuberías de polietileno para sistemas de aire comprimido).

Ficha técnica: Anexo 1.2 Tubería poliflo de 0.25mm resistente a altas presiones.

Válvulas de paso (de bola) FESTO (Ilustración 27).



Ilustración 27 Válvulas de paso.

Concepto: Dispositivos que regulan el flujo de aire dentro del sistema (permiten el acceso de él o no, dependiendo de la posición de su accionamiento).

Funcionamiento: Permiten abrir o cerrar el paso del aire con un mecanismo de bola (on/off del sistema).

Uso: Controlan el suministro de aire a distintas partes del sistema.

Propiedades: Alta resistencia a presión, materiales anticorrosivos y sellado hermético para evitar fugas o pérdidas e presión.

Normas que aplica:

- ISO 5208 (Pruebas de fugas en válvulas industriales).
- NOM-004-STPS-1999 (Seguridad en maquinaria y equipo).
- ISO 14001 (Gestión ambiental).

Ficha técnica: Anexo 1.3 Válvula de paso (de bola) FESTO.

Conexiones racor de 0.25 mm (Ilustración 28).



Ilustración 28 Conexión racor.

Concepto: Piezas de unión utilizadas para conectar tuberías o mangueras dentro de un sistema neumático normado.

Funcionamiento: Aseguran una conexión hermética entre componentes del sistema (aseguran conexiones de suma importancia de manera rápida y eficiente).

Uso: Facilitan el montaje y desmontaje rápido de las líneas neumáticas (permiten la exploración e implementación de más líneas si se desea modificar el sistema).

Propiedades: Resistencia mecánica, sellado a presión y compatibilidad con diferentes materiales neumáticos de la misma índole.

Material: Latón, acero inoxidable o polímeros de ingeniería.

Normas que aplica:

- ISO 6150 (Conexiones rápidas neumáticas).
- SAE J514 (Conexiones hidráulicas y neumáticas).
- NOM-017-STPS-2008 (Equipos de protección personal).

Ficha técnica: Anexo 1.4 Conexión racor de 0.25 mm.

Manguera neumática para sopleteado Ilustración 29.



Ilustración 29 Manguera neumática de alta presión.

Concepto: Conducto flexible que transporta aire comprimido hasta la pistola neumática.

Funcionamiento: Permite la salida controlada de aire a presión.

Uso: Se utiliza en procesos de limpieza mediante chorro de aire.

Propiedades: Resistente a altas presiones, flexible y de material anti abrasivo.

Material: Poliuretano, caucho sintético o PVC reforzado.

Normas que aplica:

- ISO 2398 (Mangueras para aire comprimido).
- NOM-116-STPS-2009 (Control de exposición a agentes químicos en el aire).
- ISO 14006 (Eco-diseño en materiales industriales).

Ficha técnica: Anexo 1.5 Manguera neumática para aire comprimido.

Base “Y” para 2 tomas de aire comprimido (Ilustración 30).



Ilustración 30 Base “Y”.

Concepto: Accesorio que divide un flujo de aire en dos salidas.

Funcionamiento: Distribuye aire comprimido a dos líneas independientes (para las 2 pistolas de aire que se encuentran en el sistema).

Uso: Permite conectar dos herramientas neumáticas a una misma fuente de trabajo.

Propiedades: Alta resistencia a presión y diseño optimizado para el flujo de aire.

Material: Aluminio anodizado, acero inoxidable o latón.

- Normas que aplica:

- ISO 8573-1 (Calidad del aire comprimido).
- NOM-011-STPS-2001 (Ruido en el ambiente laboral).
- ISO 50001 (Eficiencia energética en sistemas industriales).

Ficha técnica: Anexo 1.6 Base “Y” para 2 tomas de aire comprimido.

2 pistolas neumáticas de alta presión con boquilla intercambiable (Ilustración 31).



Ilustración 31 Pistola neumática de alta presión.

Concepto: Herramientas manuales que expulsan aire a presión para limpiar superficies (piezas mecánicas para inspección como Shaft y Pinion).

Funcionamiento: Reguladas por un gatillo, expulsan aire a alta velocidad para deshacerse de impurezas.

Uso: Remueven polvo, residuos (rebaba) y suciedad en elementos mecánicos.

Propiedades: Construcción resistente, capacidad de ajuste en el flujo de aire y boquillas intercambiables para diferentes aplicaciones.

Material: Cuerpo de aluminio o acero, boquillas de acero inoxidable o latón.

- **Normas que aplica:**

- ISO 4414 (Seguridad en sistemas neumáticos).
- NOM-004-STPS-1999 (Seguridad en maquinaria).
- ISO 18001 (Seguridad y salud ocupacional).

Ficha técnica: Anexo 1.7 Pistolas neumáticas de alta presión con boquilla intercambiable.

1. Base para colocar las pistolas de aire comprimido (Ilustración 32).



Ilustración 32 Base de pistolas neumáticas.

Concepto: Soporte para mantener las pistolas neumáticas organizadas.

Funcionamiento: Permite almacenar las herramientas de forma accesible y segura.

Uso: Evita daños y desorden en el área de trabajo cumpliendo con las 5's.

Propiedades: Material resistente y diseño estable para sujeción segura.

Material: Acero inoxidable o polímero ABS de alta resistencia.

- **Normas que aplica:**

- ISO 9001 (Gestión de calidad en manufactura).
- NOM-026-STPS-2008 (Colores y señales de seguridad).
- ISO 45001 (Seguridad en el trabajo).

Ficha técnica: Anexo1.8 Base para colocar las pistolas neumáticas de aire comprimido.

2. Abrazaderas para sostener conexiones de 25 mm de diámetro (Ilustración 33).



Ilustración 33 Abrazaderas omega y uña para fijación de tubería.

Concepto: Elementos de sujeción para fijar tuberías o mangueras del sistema dentro del área de trabajo.

Funcionamiento: Mantienen las conexiones en su lugar y evitan movimientos no deseados.

Uso: Aseguran la estabilidad del sistema de aire comprimido.

Propiedades: Alta resistencia mecánica, ajuste seguro y durabilidad frente a vibraciones y presión.

Material: Acero galvanizado, acero inoxidable o polímero reforzado.

- **Normas que aplica:**

- ISO 9227 (Resistencia a la corrosión).
- NOM-031-STPS-2011 (Construcción – Condiciones de seguridad).
- ISO 14064 (Reducción de emisiones de carbono).

Ficha técnica: Anexo1.9 Abrazaderas para sostener conexiones de 25 mm de diámetro.

3. Evaluación de Desempeño Operativo.

Generalidad a) Limpieza y tiempos.

Se realizó un análisis del tiempo empleado por los operadores en el proceso de limpieza de componentes utilizando aire comprimido. Para evaluar la eficiencia de producción, se pretende comparar los tiempos promedio reales con los tiempos objetivos establecidos para optimizar la producción.

Donde la eficiencia se marcará como:

$$e = \frac{O}{t}$$

Donde:

e = efectividad.

O =objetivo de producción requerido.

t = tiempo promedio alcanzado.

Por lo que en base a la información obtenida en la tabla 1 de la estadística de tiempos de trabajo de ciertos operados se tiene:

Tabla 1 Estadística de tiempos.

Operador	1	2	3	4	5	Total Promedio (SEG/MIN)	Objetivo Propuesto (SEG/MIN)	Eficiencia de Produccion (%)
Tiempo de limpieza por pieza (SEG)	4.5	5.7	6.3	7.1	4.3	5.58	5	89.61
Tiempo de limpieza por caja (MIN)	2.55	3.35	2.33	2.58	3.23	2.81	1.3	46.30

PRODUCCION DE LIMPIEZA PROMEDIO

Tiempos de limpieza de operadores.

■ Series1 ■ Series2

EFICIENCIA DE PRODUCCION (%)

1 2

Resultados obtenidos:

Tiempo promedio por caja:

- Cada operador tardó entre 2 y 4 minutos en limpiar una caja completa de 30 piezas.
- El tiempo objetivo establecido para limpiar una caja es de 1.3 minutos.
- Esto indica que el proceso manual actual excede significativamente el tiempo esperado.

Tiempo promedio por pieza:

- Se esperaba que cada pieza se limpiara en 5 segundos para cumplir con la producción total.
- Sin embargo, los tiempos registrados superaron este objetivo, lo que refleja una menor eficiencia operativa.

Cálculo de efectividad:

- Se utilizó la siguiente fórmula para medir la eficiencia de producción:

$$efectividad = \left(\frac{Objetivo}{PromedioAlzanzado} \right) (100\%)$$

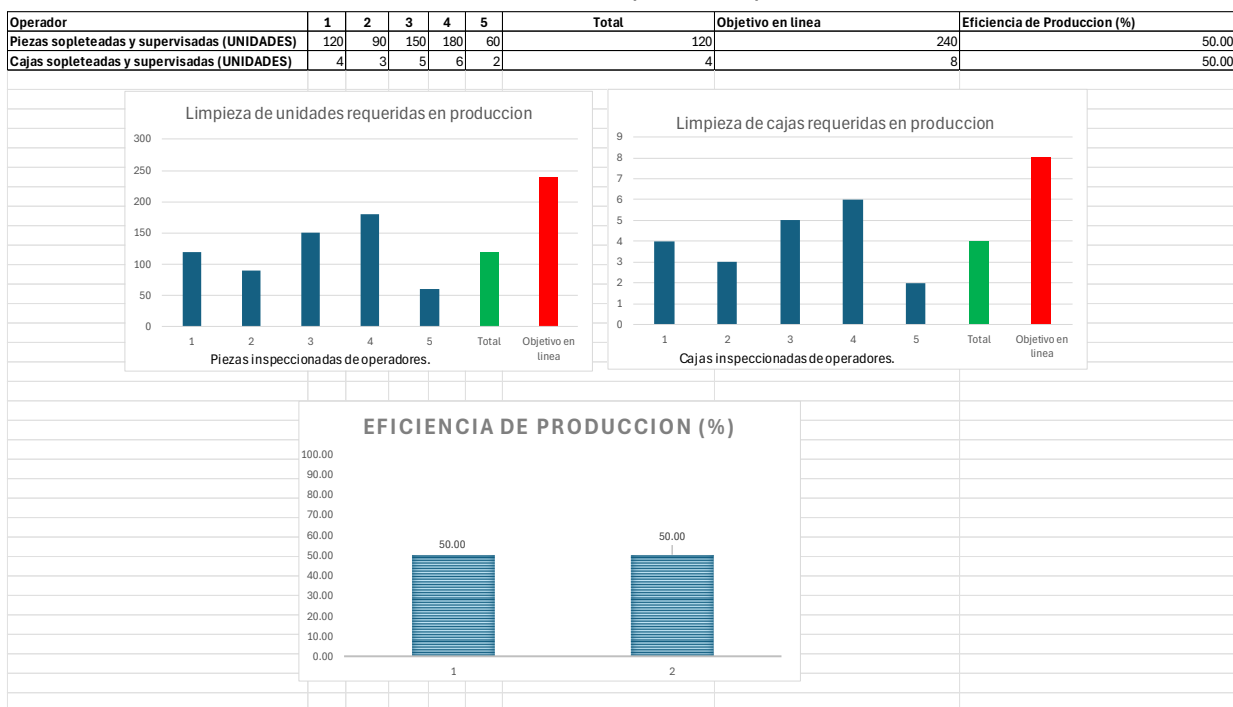
Aplicando esta fórmula, los resultados fueron los siguientes:

- Eficiencia en la limpieza por pieza: 89.61% del objetivo esperado ($\geq 92\%$). Lo que marca un índice bajo de rendimiento por operador.
- Eficiencia en la limpieza por caja: 46.3%, lo que indica que el tiempo requerido es más del doble del esperado.

Generalidad b) Producción necesaria en piezas.

En tanto a datos cuantificables dentro de línea, El objetivo de producción establece que cada cuadrilla de operadores debe limpiar **8 cajas**, equivalentes a **240 piezas** (contenido de un Dolly). Sin embargo, el desempeño real de los operadores muestra discrepancias con este objetivo.

Tabla 2 Estadística de tiempos de limpieza manual.



Resultados obtenidos:

Tiempo promedio para cumplir con el objetivo:

- Se requiere entre 20 y 32 minutos para alcanzar la meta de limpieza de 8 cajas.
- Esto indica que la eficiencia del proceso varía significativamente dependiendo de la cuadrilla.

Desempeño individual por operador:

- Al analizar el desempeño de un solo operador, se observa que no alcanza la meta de producción en línea.
- En términos de eficiencia, cada operador individual sólo cumple con el 50% del objetivo, lo que significa que se necesitarían al menos dos operadores

trabajando simultáneamente para abastecer la línea de producción sin retrasos.

Impacto en la producción:

- La producción depende de la disponibilidad de piezas en el almacén.
- Si el inventario de piezas limpias es insuficiente, se generan retrasos en la línea de producción, lo que afecta el flujo de trabajo y la eficiencia global del sistema en líneas de ensamblaje futuras.

4. Investigación de Automatización.

Estudio de los beneficios e impactos de la automatización del proceso.

La automatización es un proceso clave en la evolución de la tecnología y la industria, y a medida que las organizaciones buscan mejorar su eficiencia y productividad, la automatización juega papel fundamental en la transformación de los procesos operativos para hacerlos más eficientes, sin embargo, este avance también conlleva diversos impactos en la economía, el empleo y la sociedad en general. En este caso la automatización del proceso de sopleteado de las piezas para las direcciones EPS implica grandes beneficios que incentivan al desarrollo e implementación de nuevas tecnologías para hacer más eficiente este proceso.

Algunos de los beneficios de la automatización industrial que se buscan alcanzar con nuestro proyecto son:

5. Definición de la Nueva Línea de Trabajo

Actualmente, el proceso de limpieza de piezas mediante sopleteado con aire comprimido se realiza de manera manual, lo que genera ineficiencias en la producción. Los operadores tardan entre 2 y 4 minutos en limpiar una caja completa de 30 piezas, mientras que el tiempo objetivo ideal es de 1.3 minutos por caja. Como resultado, la eficiencia individual de los operadores apenas alcanza el 50% del objetivo, lo que ocasiona retrasos en la línea de producción cuando no hay suficientes piezas almacenadas.

Para solucionar esta problemática, se propone el diseño e implementación de un sistema automatizado de limpieza que optimice los tiempos de producción,

disminuya el esfuerzo manual y elimine los retrasos operativos. Este sistema mecatrónico, basado en la limpieza con aire comprimido, garantizará un proceso eficiente, estandarizado y continuo, consolidando la automatización como un elemento clave en la evolución industrial y la optimización de herramientas.

Diseño Conceptual del Sistema Automatizado

El sistema propuesto consistirá en una jaula de trabajo (base estructural) que soportará un mecanismo de limpieza compuesto por:

- Pistón neumático superior: Encargado de sostener y dirigir la bandeja de boquillas de inyección de aire comprimido para la limpieza eficiente de las piezas.
- Pistón neumático inferior: Operará una bandeja móvil que posicionará y desplazará las piezas dentro del área de limpieza.
- Sensores y botones de control: Encargados de detectar la presencia de piezas en zonas específicas, activar y desactivar el proceso de limpieza de manera segura, e implementar un sistema Poka-Yoke para prevenir accidentes en caso de interacción humana no prevista.
- Monitoreo en tiempo real: Supervisión continua del proceso en cada etapa, permitiendo un control preciso y una respuesta inmediata ante cualquier anomalía.
- Sistema de control automatizado: Integración de componentes eléctricos, electrónicos y neumáticos para coordinar el funcionamiento de los pistones y la inyección de aire comprimido (PLC).
- Optimización del consumo de aire comprimido: Regulación del flujo para garantizar un uso eficiente del recurso (elementos neumáticos como unidades FRL).

Desarrollo del Flujo de Trabajo Automatizado

El proceso automatizado seguirá una secuencia precisa para garantizar un funcionamiento óptimo (véase en las actividades siguientes):

- **Activación del proceso y de pistón neumático inferior:** Una vez que el operador inicie el proceso mediante un botón de arranque, la bandeja se desplazará hacia la zona de limpieza y se elevará hasta un nivel específico.

Este movimiento solo se ejecutará si no se detecta la presencia humana o si no se acciona un botón de paro de emergencia.

- **Detección de piezas:** Sensores identificarán cuando una caja se coloque en la posición de limpieza establecida, permitiendo la aproximación y detención de otro pistón siguiendo el mismo principio de funcionamiento.
- **Inyección de aire comprimido:** El pistón neumático superior posicionará la boquilla de aire comprimido para eliminar residuos de las piezas, utilizando una bandeja diseñada específicamente para este proceso y una válvula de control de presión para regular el flujo de aire.
- **Finalización del ciclo:** Al completar la limpieza, la caja será liberada siguiendo la secuencia inversa al inicio del proceso (véase en la secuencia descrita de la parte neumática). El sistema se reiniciará automáticamente para la siguiente operación, funcionando como un sistema de lazo abierto sin retroalimentación tras la ejecución del ciclo.
- **Interfaz de control y seguridad:** Los operadores supervisarán el proceso a través de un sistema de botones y retroalimentación visual mediante códigos de iluminación con estrobos: **luz verde** (encendido y listo para operar), **luz naranja** (proceso en ejecución) y **luz roja** (detenido o apagado), garantizando un flujo de trabajo eficiente y seguro.

6. Estudio de Materiales y Costos recomendados si se desea aplicar.

En el marco del presente proyecto, se desarrolla una actividad clave orientada a evaluar los recursos necesarios para su posible implementación en un entorno real. Este estudio contempla, por un lado, la selección de componentes mecánicos, neumáticos, electrónicos y eléctricos que se consideran adecuados y compatibles con los requerimientos técnicos del sistema. Por otro lado, se llevará a cabo una estimación detallada de los costos asociados, con el fin de proporcionar una visión clara y fundamentada sobre la viabilidad económica del proyecto. Esta etapa resulta esencial para garantizar que, de contemplarse su aplicación práctica, se cuente con una base sólida tanto en lo técnico como en lo físico y presupuestario.

Para la construcción de la estructura de la maquina semiautomatizada se recomienda:

Usar perfiles de aluminio para líneas industriales fabricados con aleaciones como la 6061 t6, 6063 t5 y 6. Ya que las características de este tipo de aluminio para perfiles industriales ofrecen Ligereza, Resistencia a la corrosión, Fácil manipulación, Reducción del peso de la estructura y más.

Proceso de fabricación de un perfil de aluminio:

Los perfiles de aluminio se fabrican por extrusión, donde el aluminio se calienta hasta una temperatura determinada antes de su fusión. Luego se hace pasar por una matriz y se enfría a la salida hasta la solidificación

Materiales mecánicos propuestos:

- Tipo de material de la jaula: para la construcción de la nueva línea de trabajo se propone construir el modelo a partir de un perfil de aluminio estructural tipo Bosch de aluminio (aleaciones como el 6061 t6, 6063 t5), Ilustración 34, que se encargara de ser el almacón de la línea (armado con accesorios y tornillos).



Ilustración 16 Perfil Bosch.

Costos: Anexo 2.1 Tipo de material de la jaula.

Tabla 3 Cotización total para estructura.

			TOTAL	5944
--	--	--	--------------	-------------

- Tipo de acrílico de la jaula: se recomienda usar acrílico extruido (plástico acrílico a base de Polimetilmetacrilato PMMA) de uso industrial, Ilustración 35, debido a que es altamente resistente, durable y muy estable, además de que forma parte de las 4 paredes necesarias en el diseño de la línea de trabajo.

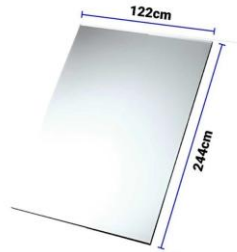


Ilustración 17 Acrílico.

Costos: Anexo 2.2 Tipo de acrílico de la jaula.

Tabla 4 Cotización total para acrílicos.

			TOTAL	4132
--	--	--	--------------	-------------

- Base de sopleteado impresa en 3D a base de filamento resistente a altas presiones (Ilustración 36): Para la fabricación de un componente que soporte altas presiones neumáticas, es esencial seleccionar un filamento que combine resistencia mecánica, durabilidad y facilidad de impresión.

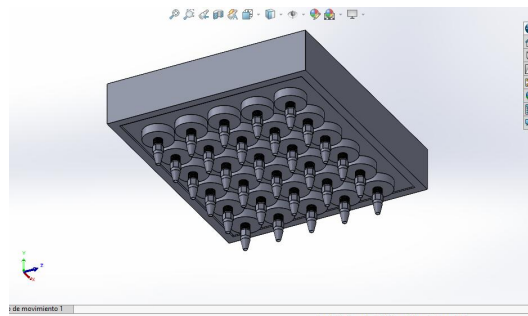


Ilustración 18 Pieza especial para sopletear componentes.

El modelo presentado muestra una base rectangular con múltiples boquillas orientadas hacia abajo, dispuestas de forma uniforme. En la cara superior hay un orificio para entrada de aire (conexión a una línea neumática). Este componente

está pensado para distribuir aire comprimido de manera simultánea a través de múltiples salidas.

Dado que este diseño debe resistir presión neumática interna, vibraciones y posiblemente variaciones térmicas, se recomienda imprimir en **Filamento PETG con fibra de carbono** dado que tiene:

- ✓ Alta resistencia mecánica.
- ✓ Buena resistencia térmica (~80 °C).
- ✓ Excelente adhesión entre capas.
- ✓ Buena resistencia química y al impacto.
- ✓ Viable para impresión FDM convencional.

Estimación de Material y Costo.

Dimensiones generales aproximadas:

- Largo: 220 mm.
- Ancho: 260 mm.
- Altura: 110 mm.

Volumen estimado de impresión con relleno al 25% (vaciado para entrada de aire comprimido).

Volumen total = $220 \times 260 \times 110 \text{ mm} = 6,292,000 \text{ mm}^3$.

Relleno estimado al 25% = $1,573,000 \text{ mm}^3 \approx 1,573 \text{ cm}^3$.

Densidad del PETG-CF: $\sim 1.27 \text{ g/cm}^3$.

Peso estimado = $1,573 \times 1.27 = \sim 2.0 \text{ kg}$ de filamento

Costo por kg (PETG-CF, marcas como SUNLU, Polymaker, eSun):

Precio aproximado: **\$750 a \$850 MXN/kg.**

Tabla 5 Cotización total para pieza especial.

Concepto	Cantidad (kg)	Costo unitario (MXN/kg)	Costo total (MXN)
Filamento PETG con fibra de carbono	2	800	1600

Materiales neumáticos:

- Para el sistema de automatización de la nueva línea de trabajo se propone la implementación de un conjunto de componentes neumáticos industriales

que aseguren un funcionamiento confiable, preciso y eficiente. El sistema estará compuesto por **pistones de doble efecto, canalización neumática de 1/4" de diámetro y conexiones neumáticas tipo codo con regulación de caudal.**

Los **pistones de doble efecto** son ideales para aplicaciones donde se requiere movimiento en ambos sentidos con fuerza constante y controlada. La **canalización neumática**, fabricada en poliuretano flexible de alta resistencia, permite una instalación segura y sin fugas. Las **conexiones neumáticas** facilitan el ensamblaje rápido y hermético del sistema, permitiendo ajustes precisos del flujo de aire y reduciendo tiempos de mantenimiento.

Esta solución neumática es altamente modular y se adapta a diferentes configuraciones de maquinaria, contribuyendo a la mejora en la eficiencia energética, la automatización de procesos repetitivos y la seguridad operativa.

Costos: Anexo 2.4 Materiales neumáticos.

Tabla 6 Cotización total para componentes neumáticos.

			TOTAL	9884.8
--	--	--	--------------	---------------

Materiales eléctricos/ Materiales Electrónicos:

Para el armado del tablero de control eléctrico de la nueva línea de trabajo se propone utilizar elementos eléctricos y electrónicos de uso industrial, los cuales permitirán garantizar la seguridad, confiabilidad y funcionalidad del sistema.

Estos elementos son seleccionados bajo normas IEC y son compatibles con los estándares de la automatización industrial. Se recomienda utilizar marcas reconocidas como **Siemens, Schneider Electric, WEG o ABB**, las cuales ofrecen una alta disponibilidad en el mercado y soporte técnico en México.

Costos: Anexo 2.5 Materiales eléctricos/ Materiales Electrónicos.

Tabla 7 Cotización total para componentes eléctricos/electrónicos.

			TOTAL	19746
--	--	--	--------------	--------------

Materiales para automatización:

- PLC SIEMENS S7-1200 1214 AC/DC/RLY: Para la automatización de la nueva línea de trabajo se propone la implementación del **PLC Siemens S7-**

1200 CPU 1214C AC/DC/RLY (Ilustración 37), el cual cuenta con una arquitectura modular, capacidad de expansión y comunicación PROFINET integrada. Este modelo es adecuado para aplicaciones industriales de pequeña y mediana escala, facilitando tanto el control lógico como la integración con sistemas de monitoreo y supervisión (se incluyo en la cotización anterior de la fig).



Ilustración 19 PLC Siemens S7-1200

7. Justificación y Simulación de Elementos Mecánicos.

Para empezar, mencionaremos la estructura, es el soporte que da firmeza y soporte a los demás componentes por lo que su función es de las primordiales principalmente por soportar todos los esfuerzos mecánicos que se generan con el peso de los demás componentes y así mismo de las piezas que se van a sopletear. Para la parte de la estructura se optó por utilizar el perfil Bosch ya que los perfiles de aluminio ofrecen diversas ventajas para la construcción de estructuras y equipos industriales. Su principal beneficio es la flexibilidad y rapidez en la configuración de estructuras, permitiendo adaptaciones rápidas a necesidades específicas. Además, su sistema modular facilita el montaje y la modificación de estructuras con un mínimo de esfuerzo y tiempo.

Ventajas clave de los perfiles:

- **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Permiten diseñar y modificar estructuras de forma rápida y fácil, sin necesidad de un rediseño completo.
- **Facilidad de Montaje:** Las uniones atornillables permiten un montaje rápido y sencillo, reduciendo los tiempos de planificación y construcción.

- **Amplia Gama de Accesorios:** Una amplia variedad de accesorios permite personalizar las estructuras y adaptarlas a diferentes aplicaciones.
- **Seguridad:** Proporcionan protección a maquinarias y áreas de trabajo, creando barreras de seguridad perimetrales y cabinas de protección.
- **Versatilidad:** Se pueden utilizar para crear una amplia gama de estructuras, desde mesas de trabajo hasta vallas de protección y estanterías.
- **Rendimiento:** Los perfiles son robustos y resistentes a la corrosión, garantizando una larga vida útil.
- **Económicos:** El diseño rápido y la reducción de tiempos de montaje contribuyen a reducir los costos generales.
- **Soporte y Planificación:** El sistema modular, junto con software de planificación, facilita el diseño y la ejecución de proyectos.

Las principales características de su ficha técnica son:

- Área de sección transversal (A): 11.00 cm²
- Momento de inercia (I_x/I_y): aproximadamente 11.00 cm⁴ / 11.00 cm⁴
- Módulo resistente (W_x/W_y): 5.50 cm³ / 5.50 cm³
- Peso: ~2.85 kg/m

Empezamos con el diseño del perfil en SolidWorks, para ellos nos basamos en las medidas estándar que se encuentran dentro del mercado y las que se aprecian en la ilustración 38 y 39, que son las que ofrecen los principales proveedores de este material por lo que nos dio el siguiente resultado:

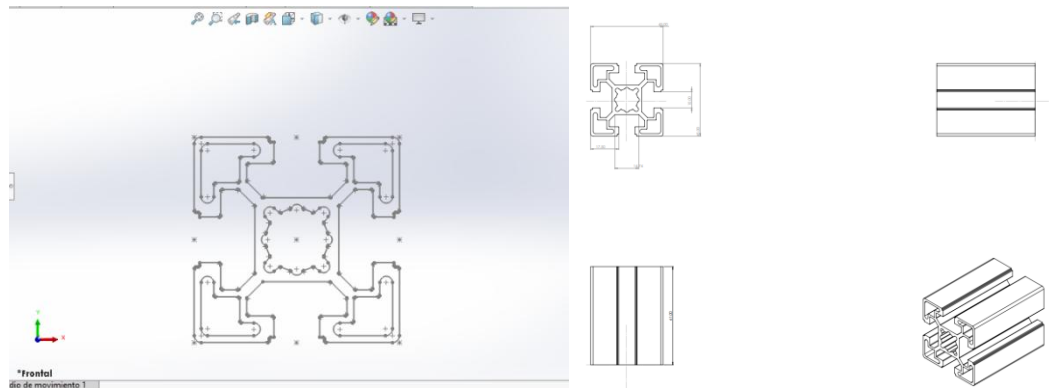


Ilustración 20 Plano del perfil Bosch.

En el modelo 3D se ve de la siguiente manera:

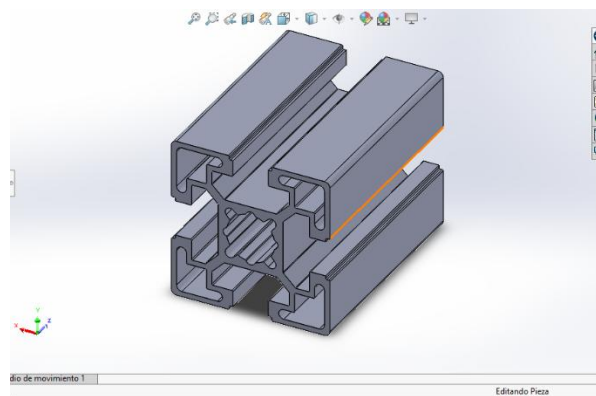


Ilustración 21 Modelo 3D del perfil Bosch.

Una vez teniendo el modelo 3D del perfil se empezó a diseñar la forma de la estructura y el acomodo de los atravesaños, así como las dimensiones de estas, por practicidad y por economía en limitar el uso de material se optó por utilizar las siguientes mediadas con el fin de hacerla más ergonómica para el operador y no tenga problemas a largo plazo por posiciones forzadas haciendo más agradable su uso y aumentando la productividad del proceso, por lo que nos dio el siguiente resultado que se ve en la ilustración 40:

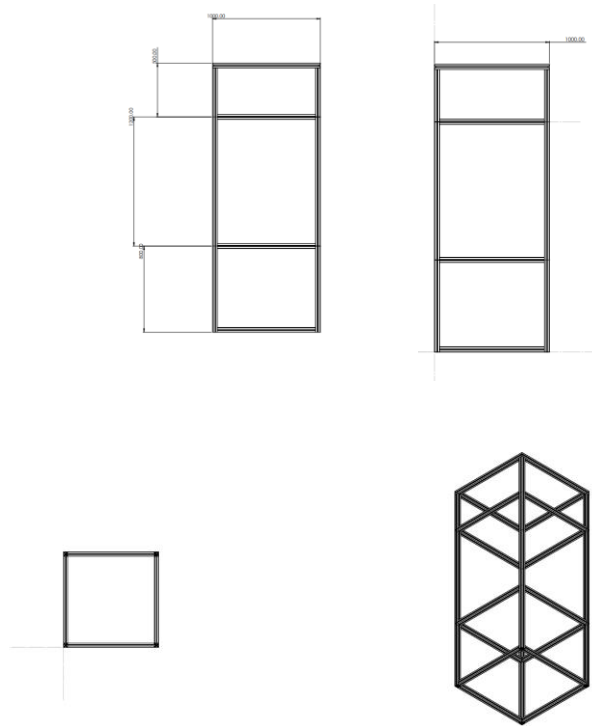


Ilustración 22 Plano de la estructura.

Al ser un modelo sencillo o simple es más fácil y rápido de construir lo que nos puede ahorrar tiempos en el proceso de construcción de la maquina por lo que se reducen de igual manera los costos de fabricación. Con el siguiente dibujo pudimos sacar el modelo 3D como se muestra en la ilustración 41 con el software y queda de la siguiente manera:

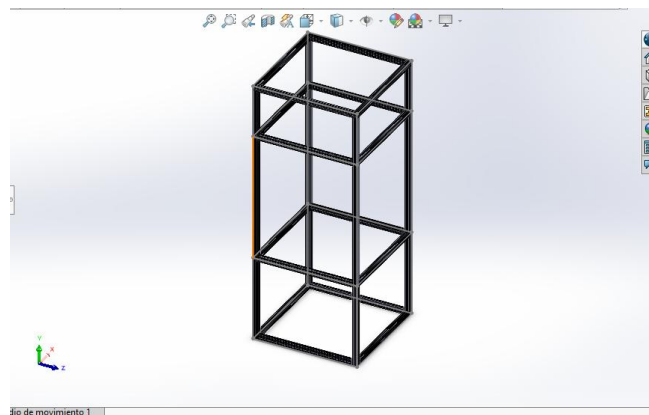


Ilustración 23 Modelo 3D de la estructura.

Continuamos con otra parte fundamental del proyecto que es el acrílico, el uso de acrílico en estructuras tipo Bosch ofrece varias ventajas, especialmente en aplicaciones que requieren transparencia, flexibilidad y seguridad. El acrílico es

más ligero y resistente a impactos que el vidrio, lo que facilita la instalación y mejora la seguridad, especialmente en entornos industriales. Además, su transparencia permite una mayor entrada de luz natural, lo que reduce la necesidad de iluminación artificial. Se puede moldear y termo formar fácilmente, lo que permite diseños personalizados y formas creativas en las estructuras Bosch. Es resistente a la corrosión y a los rayos UV, lo que lo hace adecuado para uso en exteriores y en entornos industriales. En general, el acrílico es más económico que el vidrio, lo que puede ayudar a reducir los costos de la estructura.

Gracias a todas las ventajas que ofrece el acrílico lo decidimos implementar en nuestro proyecto y se colocaron de manera estratégica en las partes superficiales de la estructura para que pudiera proteger a los componentes internos de la máquina de las condiciones externas y de igual manera para garantizar la seguridad del operador para que no exista algún percance mientras se realiza el proceso de sopleteado de las piezas (Ilustración 42 a 47).

Queda de la siguiente manera el diseño de cada uno de los acrílicos que se colocaran en la máquina:

Para los costados

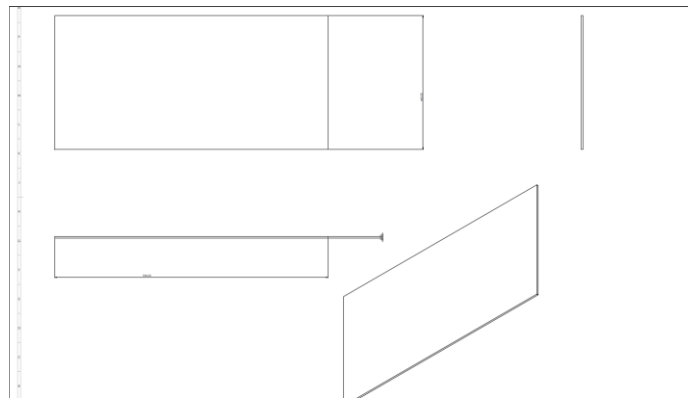


Ilustración 24 Acrílico lateral.

Para la parte inferior

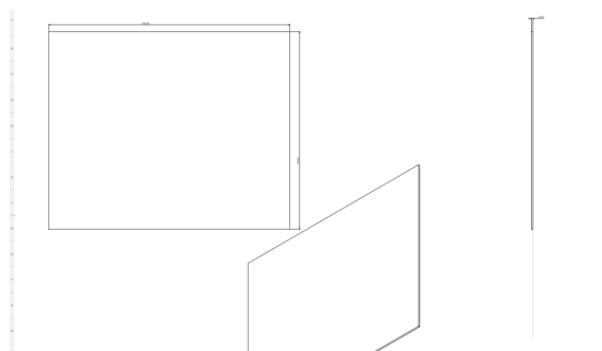


Ilustración 25 Acrílico inferior.

Para la parte posterior

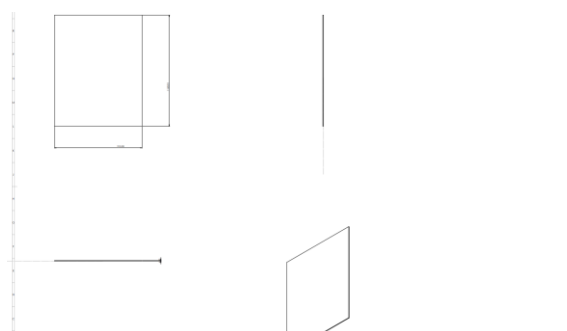


Ilustración 26 Acrílico posterior.

Para la parte superior

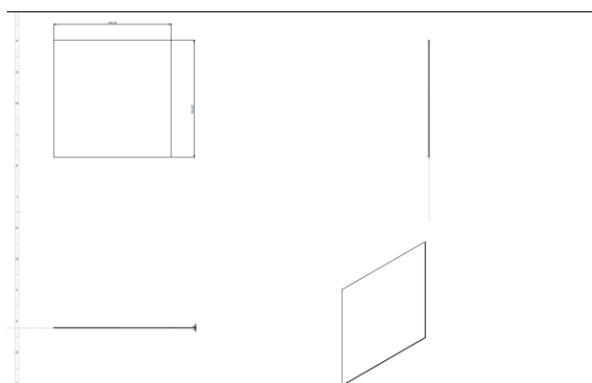


Ilustración 27 Acrílico superior.

Para la parte frontal

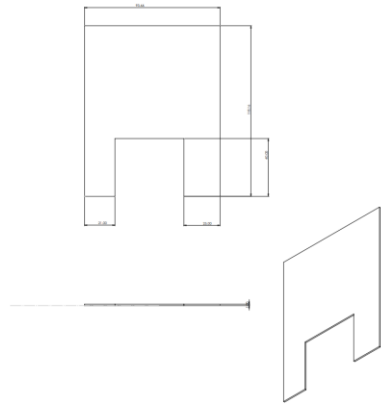


Ilustración 28 Acrílico frontal.

Una vez teniendo las medidas de cada acrílico se hizo el modelo 3D de las piezas y quedarían de la siguiente manera:

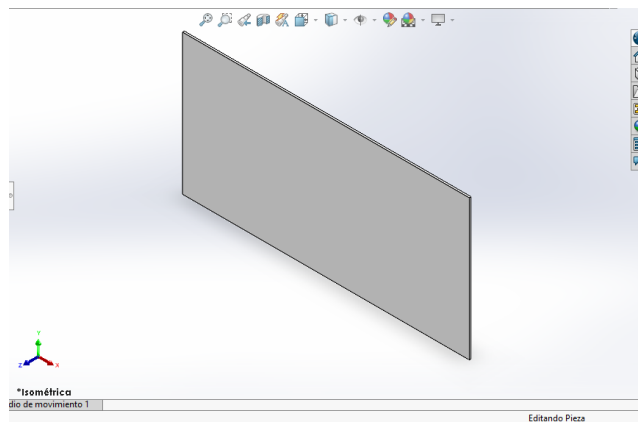


Ilustración 29 Dibujo 3D del acrílico.

Una vez teniendo todas las piezas de los acrílicos se ensamblaron para ir dando forma a la máquina que realizara todo el proceso, una vez hecho el ensamble de las piezas queda como se muestra en la ilustración 48:

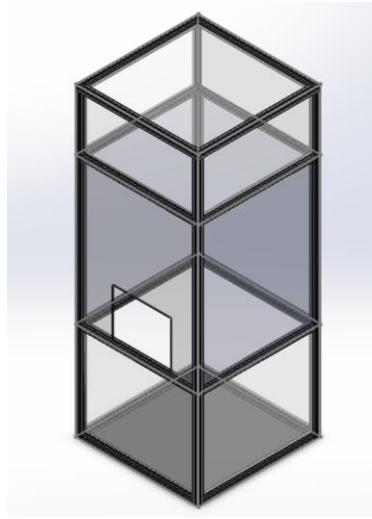


Ilustración 30 Ensamble de estructura y acrílicos.

Cabe mencionar que si no se aprecia mucho el acrílico son por detalles del software o por la transparencia que se le dio al material.

Pasamos a la parte del diseño de los contenedores en los que se almacenan las piezas para su traslado y manejo y en dado caso para el retrabajo correspondiente que se les pueda llegar a hacer. Empezamos con la caja que da soporte y resguarda de golpes externos a las piezas y sirve para su almacenamiento y su traslado a las áreas correspondientes (ilustración 49):

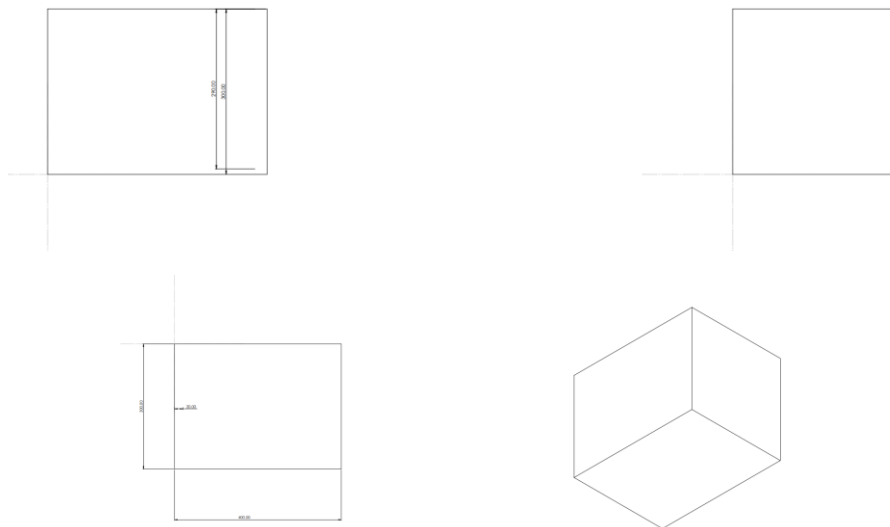


Ilustración 31 Plano de la caja donde se transportan los componentes.

Su diseño es sencillo ya que son figuras simples por lo que su construcción no es de mucha complejidad y en el modelo 3D quedaría de la siguiente manera (Ilustración 50):

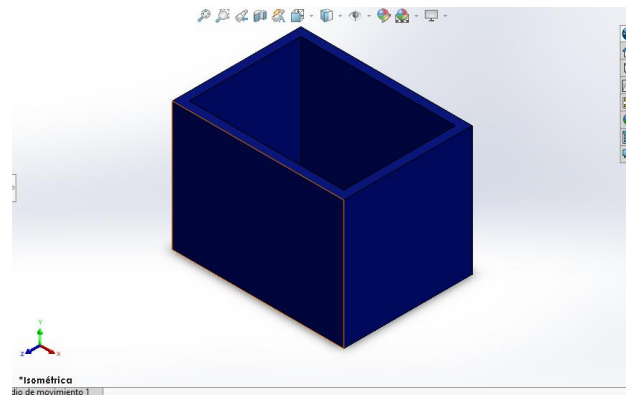


Ilustración 32 Modelado 3D de la caja.

Continuamos con la parte del inserto que es parte fundamental de la caja como se ve en la ilustración 51, ya que sostiene las piezas y las ordena, facilitando su acomodo dentro de las cajas y dando más orden aparte de facilitar su contabilidad, introducción y extracción de las cajas. Sus medidas serían las siguientes:

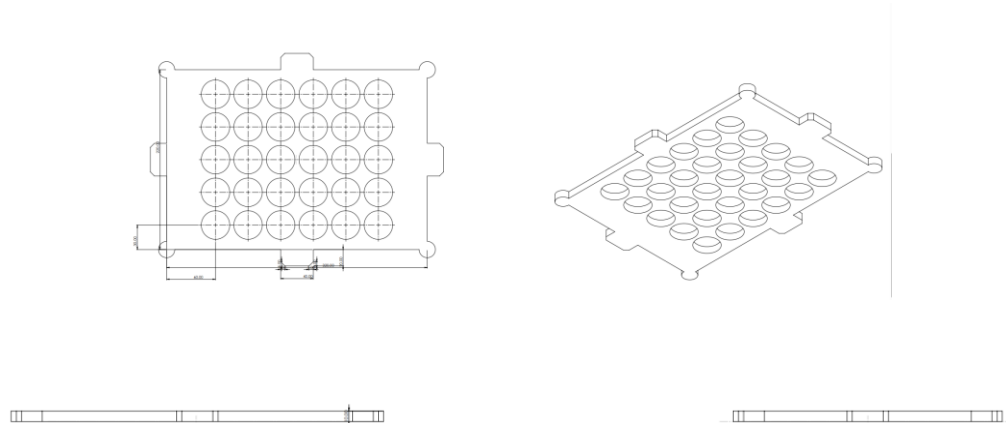


Ilustración 33 Plano del inserto donde se soportan los componentes.

Para el modelado 3D en el software quedaría de la siguiente manera (ilustración 52):

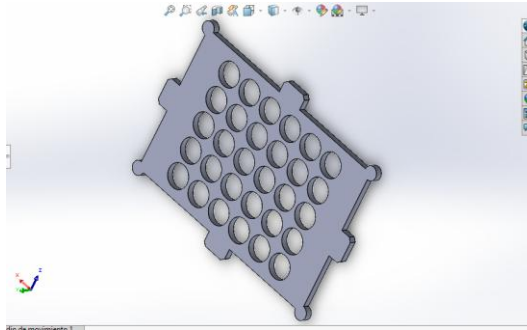


Ilustración 34 Modelado 3D del inserto.

La idea de rediseño de la caja consiste en modificar el inserto para que este pueda ser manipulado de manera que se pueda extraer o insertar dentro de la caja para que se pueda montar en una parte especial dentro de la maquina y posteriormente realizar el sopleteado de las piezas de manera que se pueda sopletear la mayor superficie de los componentes, por lo que se sugirió este tipo de abrazadera para poder adaptar los insertos de las cajas a nuestra máquina para hacer más fácil y rápido su acomodo para el operador (Ilustración 53). Trabajando el diseño queda así:

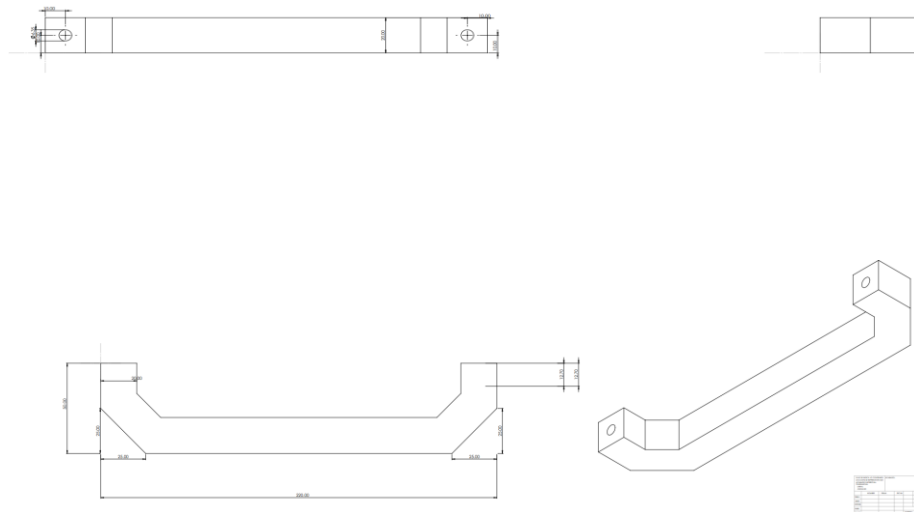


Ilustración 35 Plano de la agarradera del inserto.

Para el modelado 3D nos quedaría (Ilustración 54):

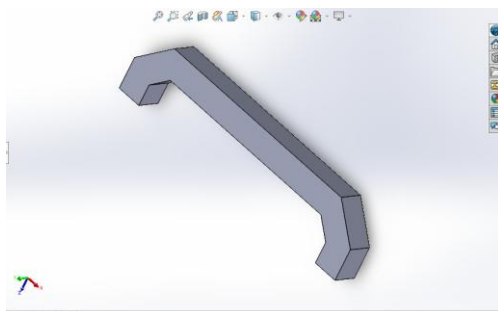


Ilustración 36 Modelado 3D de la agarradera.

Una vez hecha la abrazadera procedemos a hacer el ensamble de las piezas como se aprecia en la ilustración 55 para tener ya el inserto final que nos servirá para acomodar las piezas en la máquina para un sopleteado más eficiente.

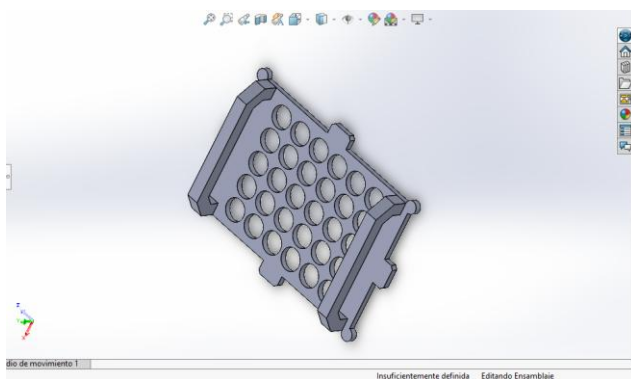


Ilustración 37 Ensamble del inserto y las agarraderas.

Y una vez dentro de la caja queda de la siguiente manera (ilustración 55):

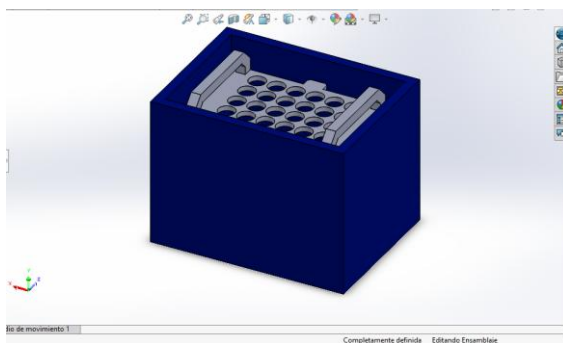


Ilustración 38 Caja con inserto final.

Ya teniendo el modelo del inserto podemos pasar a diseñar uno de los componentes a los cuales se les hará el trabajo de sopleteado por lo que se deberán sacar medidas del componente para pasar a realizar su diseño en

SolidWorks y en base a eso tener una referencia tridimensional de la pieza para continuar con el diseño de la maquina y quedaría de la siguiente manera (ilustración 57):

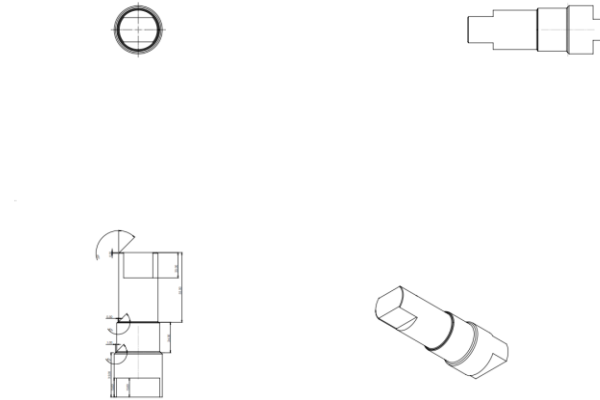


Ilustración 39 Plano de pieza a sopletear(shaft).

Teniendo una interpretación de las medidas pasamos a continuar con el modelado 3d del componente para incorporarlo al proyecto, por lo que ya modelado luce de la siguiente manera (ilustración 58):

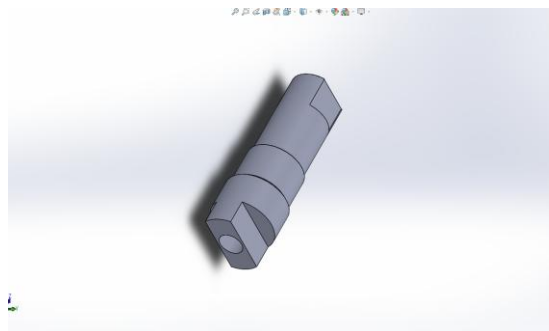


Ilustración 40 Modelado 3D de shaft.

Pasamos a la parte donde se diseñara una pieza especial para el sopleteado y empezamos con la boquilla, en este caso las hay comerciales por lo que solo sacaremos las medidas correspondientes para pasarlas a un plano y posteriormente hacer su diseño en 3d para incorporarla al proyecto, esta tiene la funcionalidad principalmente de suministrar el aire comprimido en los orificios de la pieza shaft donde es crucial su limpieza como en la ilustración 59, cabe mencionar que estas se pretende que solo sean atornilladas para un fácil mantenimiento o en su debido caso reposición.

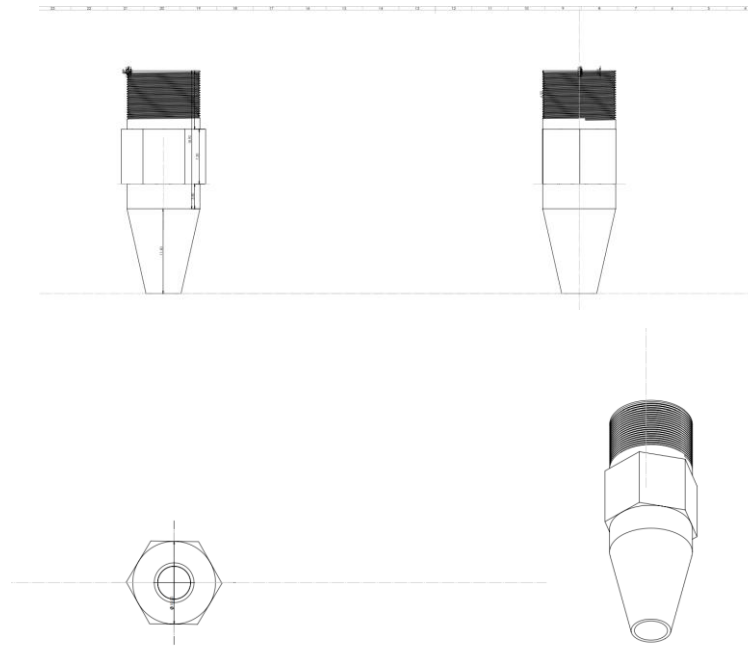


Ilustración 41 Plano de boquilla para sopleteado.

Con las siguientes medidas sacamos su modelo en 3d y quedaría de la siguiente manera (Ilustración 60):

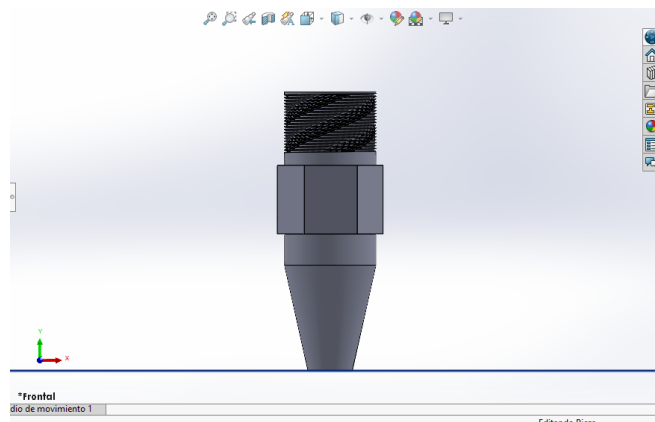


Ilustración 42 Modelado 3D de boquilla.

Para la parte del diseño de la pieza que nos ayudara a sostener cada una de las boquillas se sugiere el siguiente diseño como se muestra en la ilustración 61 para tomarlo de referencia como ubicación de los puntos de donde van acomodadas las piezas para que las boquillas embonen en los orificios de las piezas y se pueda realizar un correcto sopleteado:

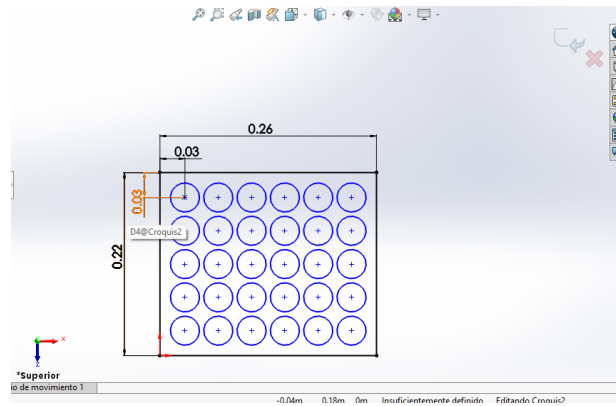


Ilustración 43 Plano de referencia de cómodo de piezas y boquillas.

Una vez teniendo las referencias se sugirió un diseño simple para hacerlo fácil de construir y reducir tiempos de fabricación de la pieza y se optó por el siguiente (Ilustración 62):

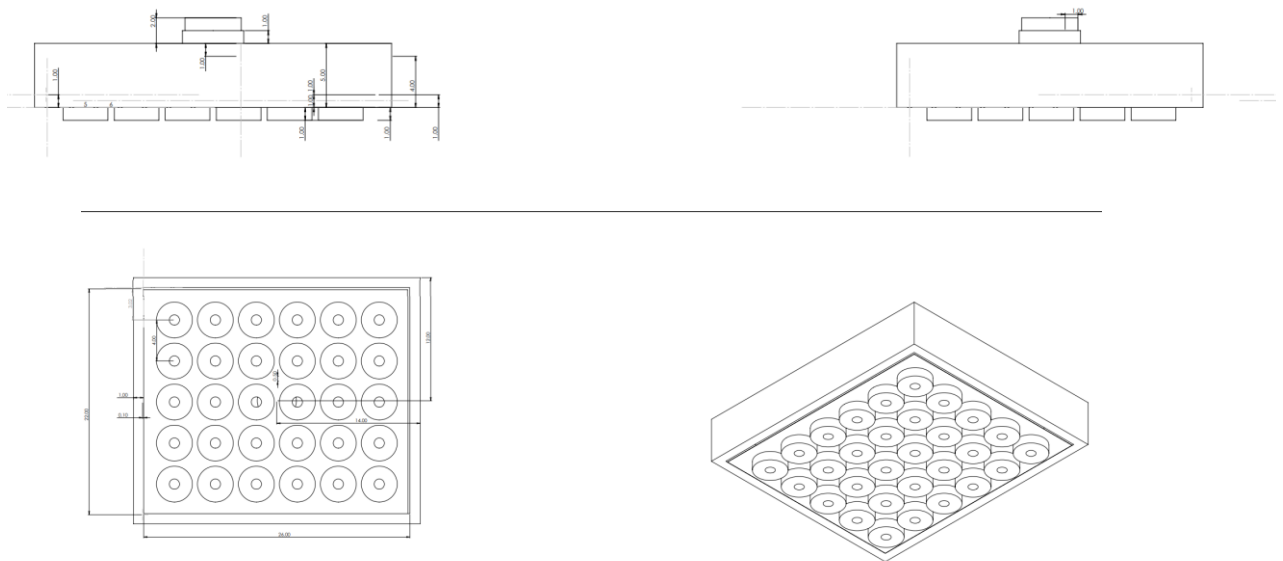


Ilustración 44 Plano de piezas especial.

Una vez teniendo las dos piezas se hizo el ensamble de cómo se vería la pieza donde se suministraría el aire y las boquillas y quedaría de la siguiente manera (Ilustración 63):

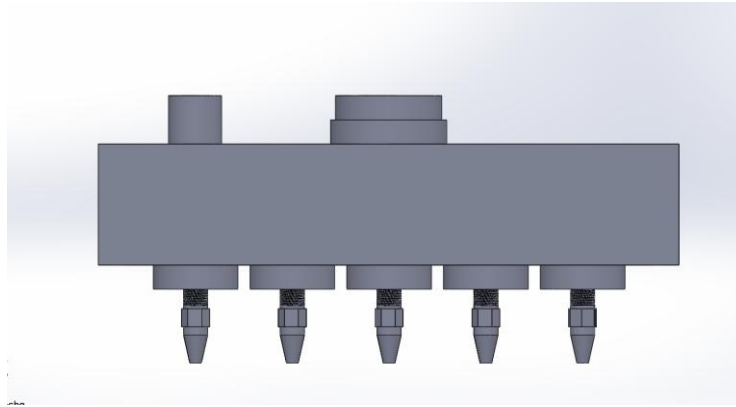


Ilustración 45 Modelado 3D de piezas especial.

Visto desde la parte inferior se vería así (Ilustración 64):

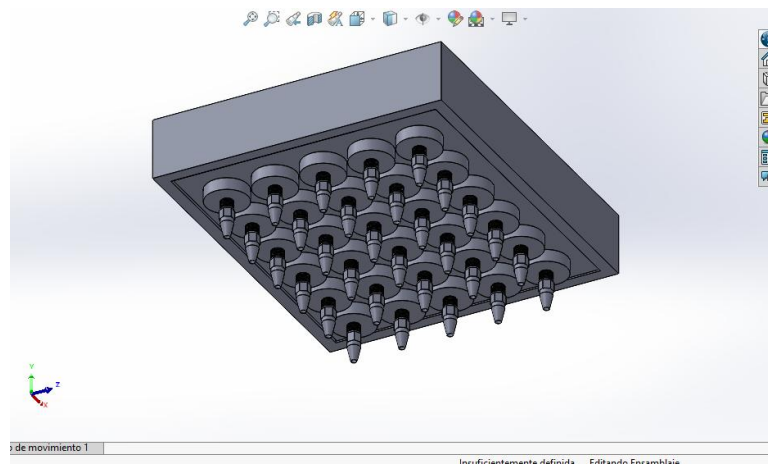


Ilustración 46 Pieza especial vista inferior.

Y de la parte superior (Ilustración 65):

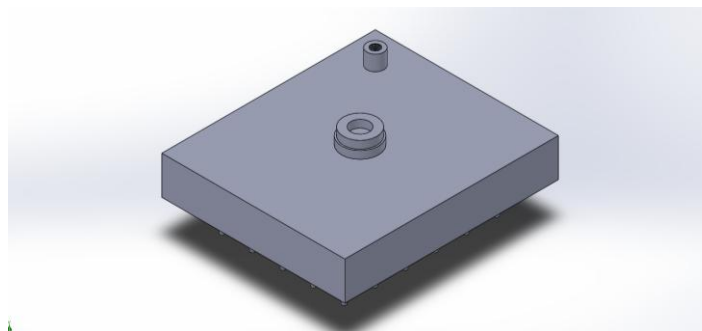


Ilustración 47 Pieza especial vista superior.

Teniendo ya todos estos elementos fundamentales pasamos a la parte de funcionalidad de las partes mecánicas por lo que para sostener el inserto que a su

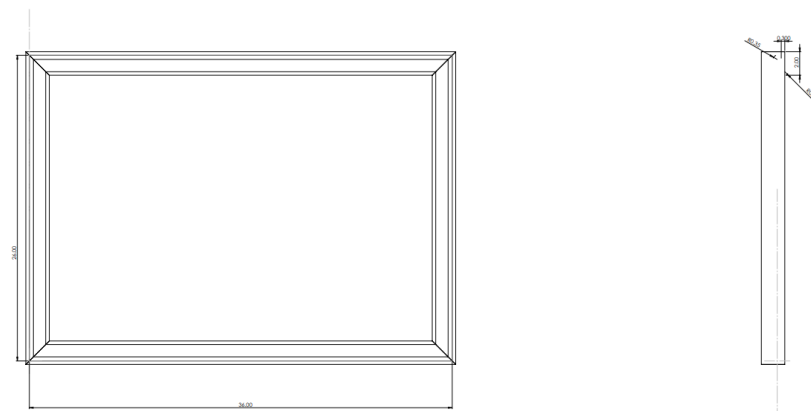
vez tiene las piezas a sopletear se necesita una base o charola como la denominamos en este caso que va a soportar el peso de los componentes y se decidió utilizar un perfil en “L” también conocidos como ángulos de acero, porque ofrecen varias ventajas en la construcción e industria, principalmente su resistencia y versatilidad.

Ficha técnica:

- Materiales comunes: Acero al carbono (ASTM A36, ASTM A529 G50), acero inoxidable (AISI 304), entre otros.
- Procesos de fabricación: Laminado en caliente o en frío.
- Longitudes estándar: Generalmente se suministran en barras de 6.00 metros, aunque pueden encontrarse en otras longitudes según el fabricante.
- Normas aplicables: ASTM A6/A6M, ASTM A36/A36M, ASTM A572/A572M, NTP 350.400, NTP 350.408, UNE EN 10056-1-99.

Su forma en "L" permite una distribución eficiente de cargas, optimiza el uso de material y se adapta a diversas aplicaciones estructurales y decorativas, los perfiles “L” son fáciles de cortar, perforar y soldar, lo que facilita su adaptación a diseños específicos y su montaje en diferentes estructuras es por ello por lo que es ideal para nuestro proyecto.

Como tenemos la medida del inserto se adaptaría para que este pueda entrar sin problemas en el perfil como se ve en la ilustración 66 y quedan sus medidas de la siguiente manera:



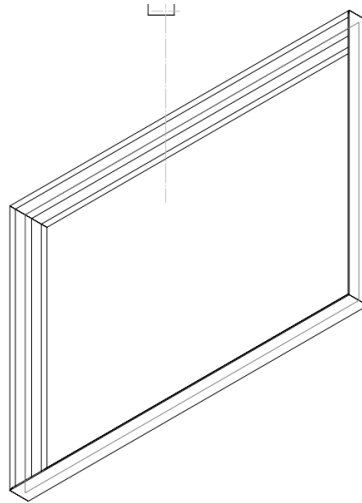


Ilustración 48 Plano charola.

De igual manera una vez teniendo las medidas en el plano se pasó al diseño en 3d para su incorporación en el proyecto y quedaría de la siguiente manera (Ilustración 67):

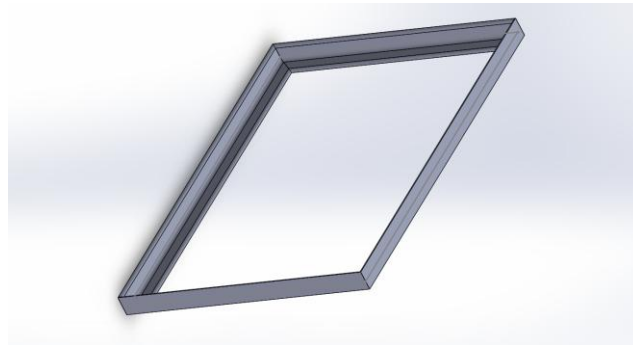


Ilustración 49 Modelado 3D de charola.

Teniendo ya estas piezas las comenzamos a ensamblar en el modelo principal y nos queda de la siguiente manera (Ilustración 68):

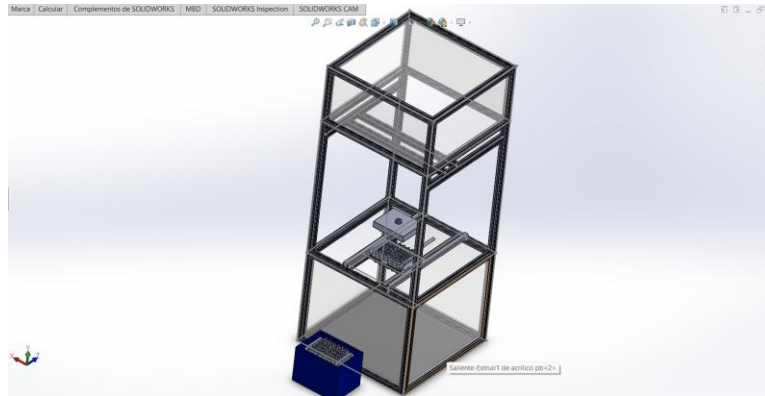


Ilustración 50 Ensamble de estructura, charola, inserto, componentes shaft y pieza especial.

Para realizar las partes de movimiento se diseñaron unos actuadores neumáticos para tenerlos de referencia de como estarían colocados en el modelo y simular los movimientos que se realizarían dentro de la estructura, por lo que se diseñó un actuador con las siguientes medidas (Ilustración 69):

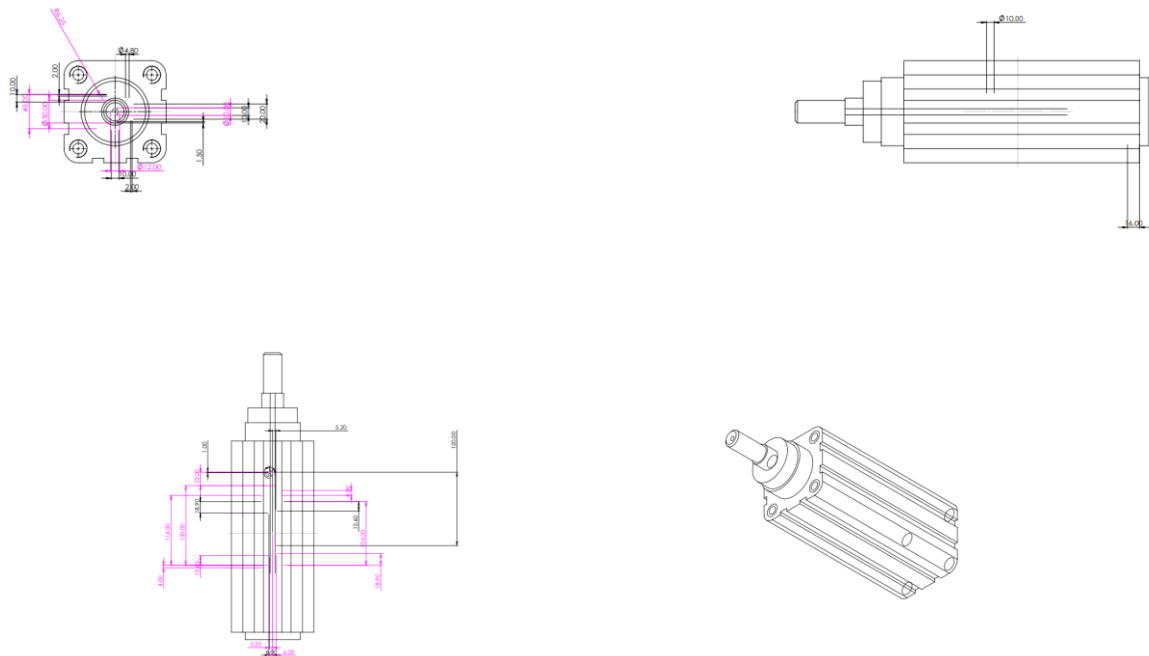


Ilustración 51 Plano de referencia de pistón neumático.

Y para el modelado 3d se diseñó de la siguiente manera para que se pudiera colocar en el modelo principal (Ilustración 70):

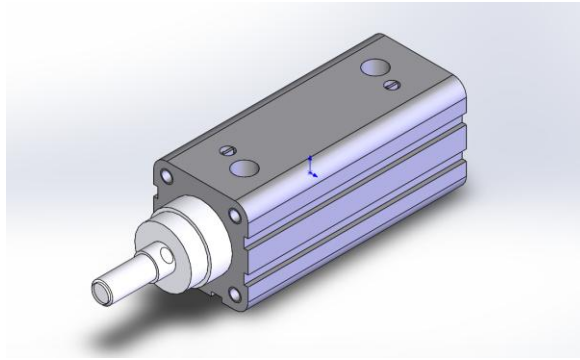


Ilustración 52 Modelado 3D de pistón neumático.

Una vez teniendo estos se incorporaron a la estructura para que lucieran de la siguiente manera y se colocaron de manera estratégica que estos coincidieran para realizar los movimientos lineales correspondientes (Ilustración 71):

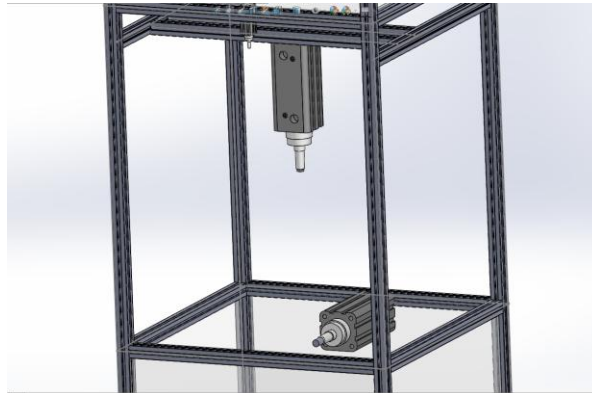


Ilustración 53 Ensamble de estructura y pistones neumáticos.

Y al tener los pistones podemos ensamblar todas las partes consiguientes para terminar en su mayoría de los componentes mecánicos que van a conformar al sistema y así poder tener una visualización más detallada, por lo que quedaría de la siguiente manera (Ilustración 72):

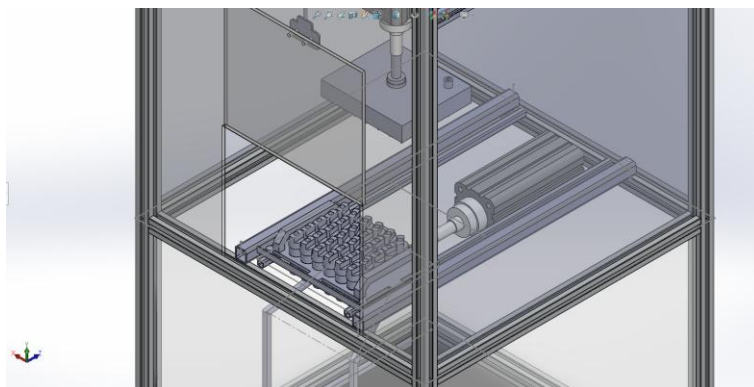


Ilustración 54 Ensamble de pistones con los demás componentes.

Teniendo todos los componentes se hace el ensamble todo para quedar de la siguiente manera (Ilustración 73):

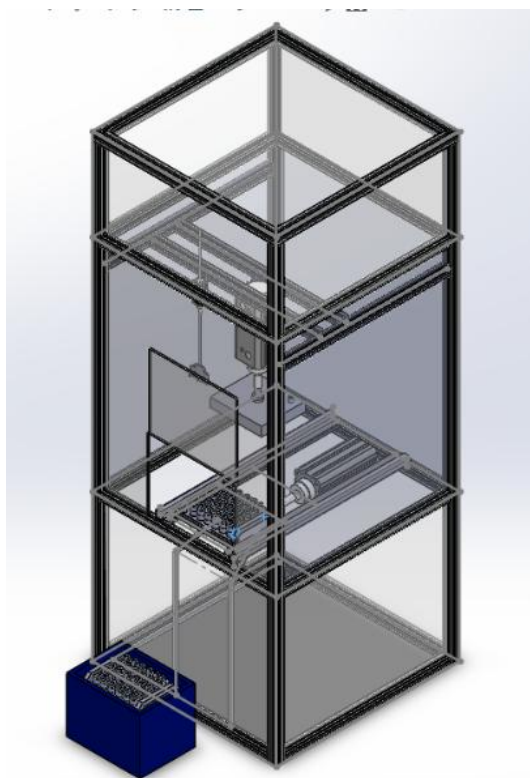


Ilustración 55 Ensamble final.

Para el primer movimiento del pistón A, este al ingresar los componentes a sopletear y dar marcha, se acciona el pistón de la puerta para cerrarla de la siguiente manera (Ilustración 74):

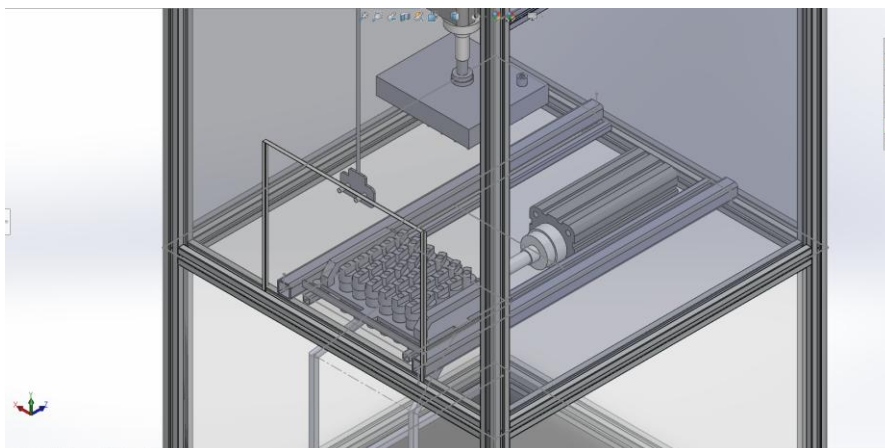


Ilustración 56 Primer movimiento del pistón A.

Realizando el segundo movimiento del pistón que pone en posición el inserto con los componentes se vería así (Ilustración 75):

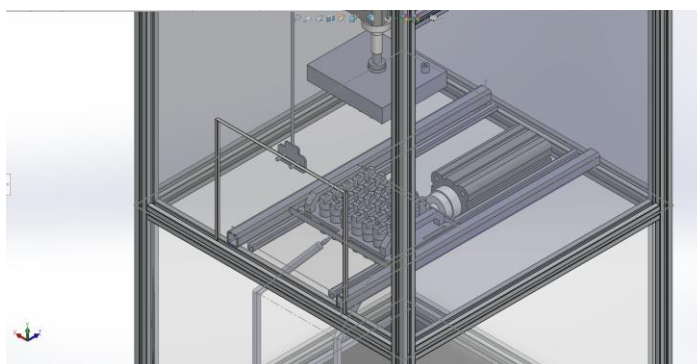


Ilustración 57 Segundo movimiento del pistón B.

Y cuando baja el tercer pistón para acercar la pieza que sopletea con las piezas a sopletear quedaría de la siguiente manera (Ilustración 76):

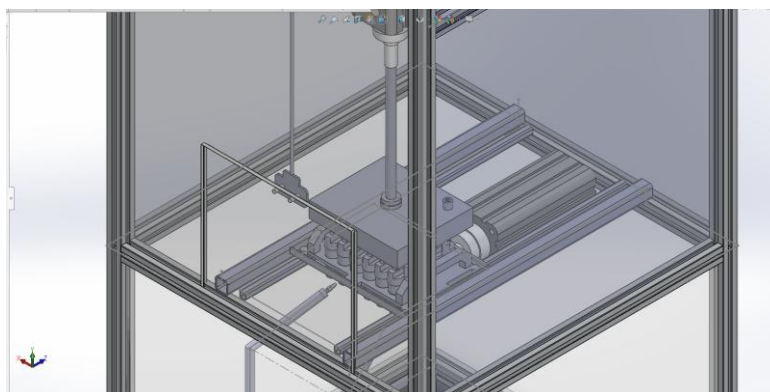


Ilustración 58 Movimiento 3 del pistón C.

Haciendo énfasis en las piezas que se acercan quedaría de la siguiente manera (Ilustración 77):

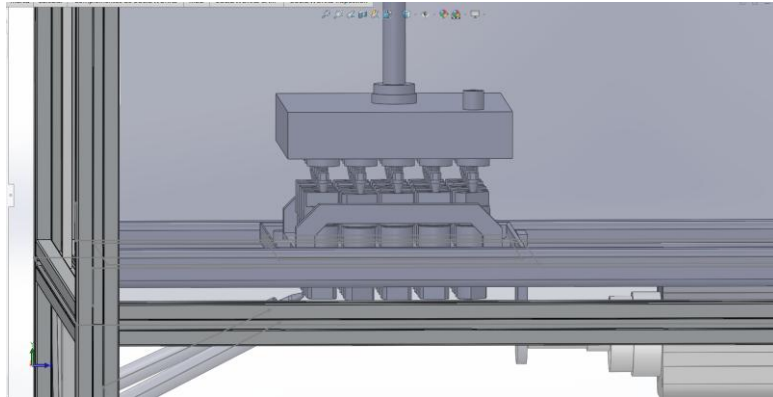


Ilustración 59 Posición de boquillas con los barrenos de los componentes en este caso shaft.

Una vez en posición se accionará la válvula que dará paso al aire comprimido tanto la parte del barreno de la pieza como en la parte externa donde se encuentran de igual manera unas boquillas para darle mayor limpieza al componente y asegurar aún más el ensamble de estas. Visto desde otro ángulo se vería así (Ilustración 78):

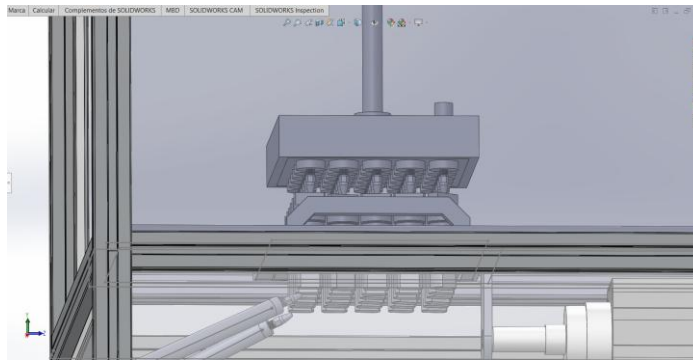


Ilustración 60 Proceso de sopleteado interno y externo.

Una vez transcurrido el tiempo programado continua el proceso en el cual la pieza que sopletea vuelve a su posición de origen, con ayuda del pistón C, como se muestra en la ilustración 79.

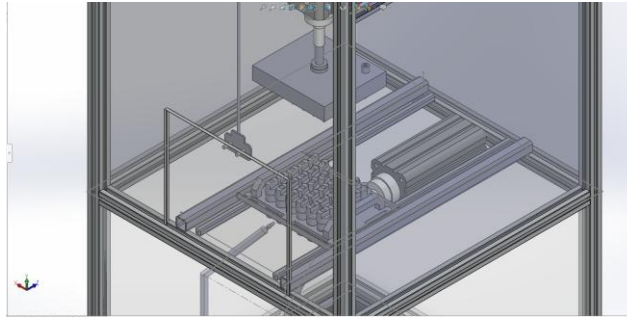


Ilustración 61 Movimiento 4 del pistón C.

Posteriormente el pistón B mueve el inserto para posteriormente realizar el siguiente movimiento, quedando de la siguiente manera (Ilustración 80):

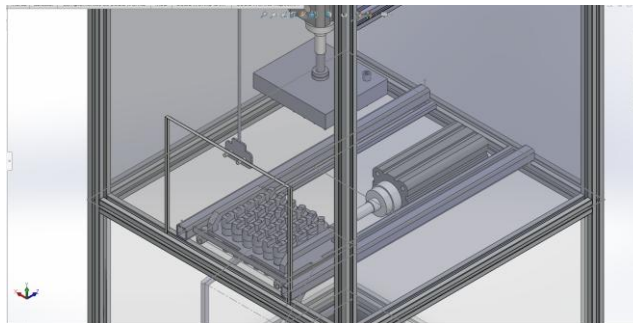


Ilustración 62 Movimiento 5 del pistón B.

Para culminar el proceso se abre la puerta por parte del pistón A para retirar las piezas y proceder a poner unas nuevas a sopletear, quedando de la siguiente manera (Ilustración 81):

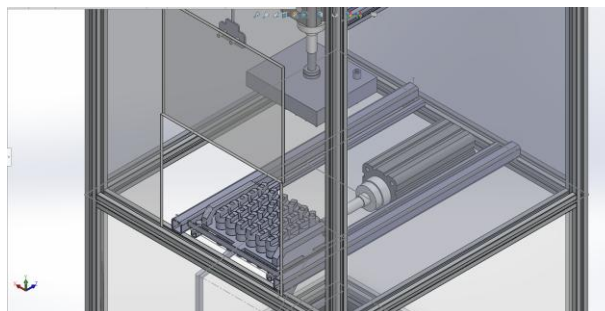


Ilustración 63 Movimiento 6 del pistón A y termino del proceso.

Análisis Estático de la estructura

Un análisis estático de una estructura es un tipo de estudio en ingeniería estructural que permite determinar cómo reacciona una estructura (como un puente, edificio,

o componente mecánico) ante cargas o fuerzas aplicadas que no cambian con el tiempo (es decir, cargas "estáticas"). Sirve principalmente para determinar esfuerzos internos (fuerzas, momentos, tensiones) en los elementos de la estructura, calcular deformaciones o desplazamientos, verificar la estabilidad y seguridad de la estructura bajo condiciones de carga normales, y diseñar componentes estructurales que puedan resistir esas cargas sin fallar.

Es de vital importancia realizar un estudio de cómo es que se va a comportar la estructura del sistema para saber si es que va a soportar los esfuerzos que provocan los pesos de los componentes y las fuerzas que se aplican en él, es por ello por lo que se presenta el siguiente estudio para reforzar la justificar la eficiencia de los componentes principalmente de la estructura.

Tabla 8 Tabla de fuerzas.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	Tensión axial y de flexión en el límite superior	0.000e+00N/m ² Elemento: 317	4.107e+05N/m ² Elemento: 246

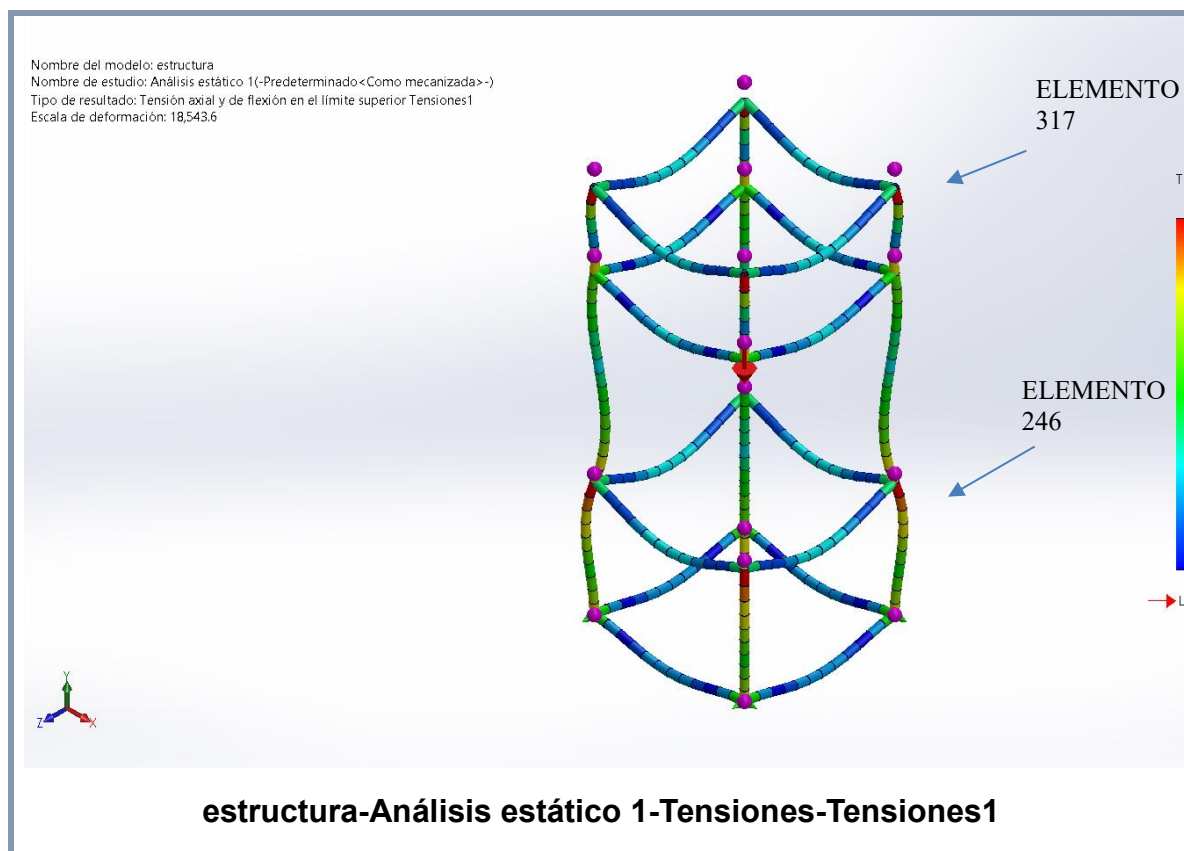
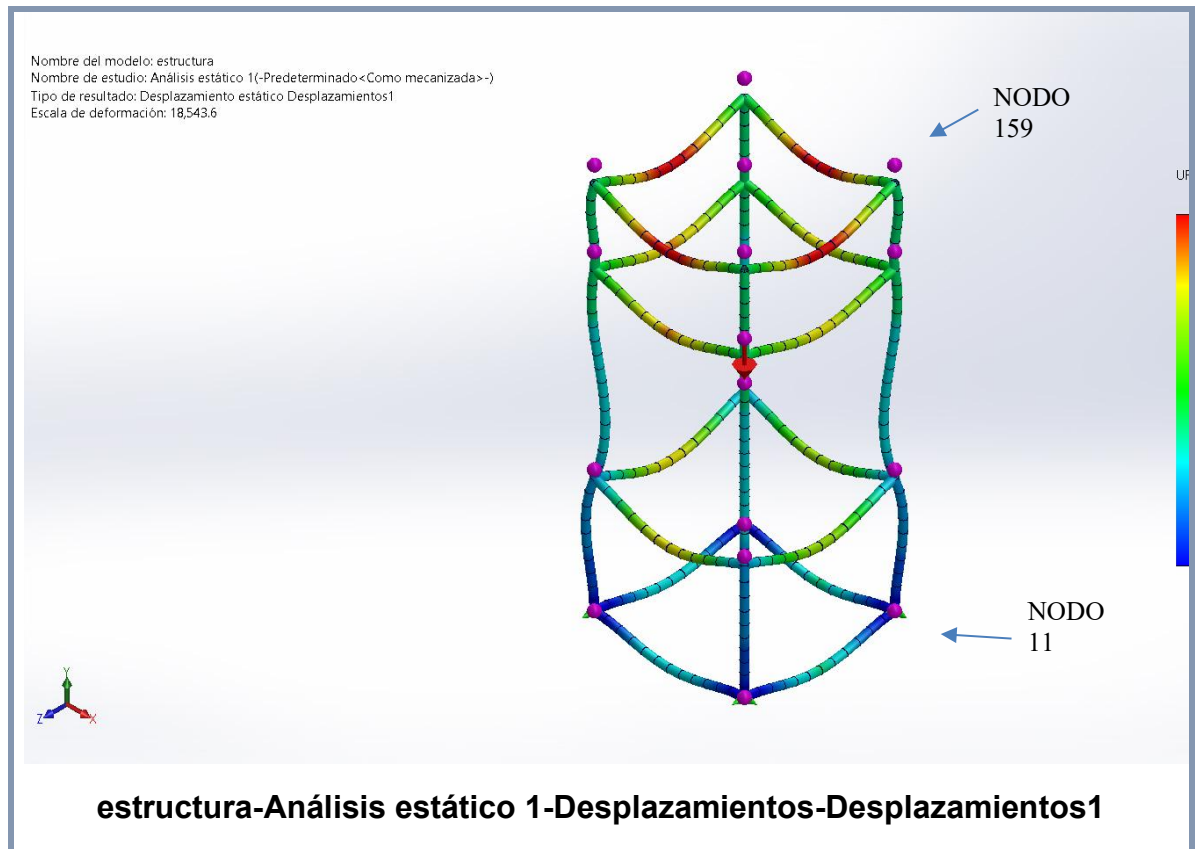


Tabla 9 Tabla de desplazamientos.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 11	1.324e- 02mm Nodo: 159



Para tener más información revisar ANEXO 3.0 Análisis Estático de la estructura.

La estructura soporta eficientemente las cargas previstas, aunque las uniones presentan algo de estrés. Con un factor de seguridad de 2, se recomienda reforzarlas con escuadras 45x45 para mayor rigidez y mejores resultados.

8. Justificación y Simulación de Elementos Neumáticos.

(Simulaciones realizadas en software FluidSim)

El aire comprimido es un recurso fundamental en la automatización industrial, ya que es versátil, eficiente y seguro. Se utiliza en muchos sectores, como la fabricación, automoción, parques de atracciones y limpieza en seco.

En la industria automotriz, la limpieza de piezas mecánicas mediante aire comprimido es una práctica común. La presión utilizada para esta tarea puede variar según la aplicación específica y el equipo empleado, como se demostrará para este proyecto.

La proporción de presión y flujo que se ejercerá dentro del equipo será:

- Presión de operación estándar (regulado por norma): **4 a 7 bar (58 a 102 psi)**.
- Por lo que se generará una fuerza de: entre **784 N y 1372 N**.

Todo esto dado que: $F = (P)(A)$

Donde $F = \text{Fuerza}$.

$P = \text{Presion}$.

$A = \text{Area del piston}$.

Si tomamos un actuador neumático estándar con un diámetro de **50 mm (0.05 m)**, su área se calcula como:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 * (0.05)^2}{4} \therefore A = 0.00196m^2$$

Ahora, aplicamos la fórmula con un rango de presión estándar de **4 a 7 bar**:

- **A 4 bar (400,000 Pa)**

$$F = (400000Pa)(0.00196m^2)$$

$$\therefore F = 784N$$

- **A 7 bar (700,000 Pa)**

$$F = (700000Pa)(0.00196m^2)$$

$$\therefore F = 1372N$$

Ambas fuerzas capaces de soportar cargas de entre los 50 y 500 kg, dependiendo de su tamaño, así como otro tipo de cilindros de mayor área.

- Flujo de aire requerido: Depende del volumen del cilindro y la velocidad deseada, pero un valor típico puede estar en el rango de **50 a 500 litros por minuto (l/min)** para actuadores de tamaño mediano.

El flujo requerido se fundamentó dado que: $Q = V * A$

Donde: $Q = \text{Caudal requerido}$

$V = \text{Velocidad alcanzada por el piston}$

$A = \text{Area del piston}$

Tomando un área promedio del pistón como en el cálculo anterior se tiene:

$$A = 0.00196m^2$$

Y dado que un flujo de aire (caudal) promedio es de 50 a 500 L/min se toma una velocidad de $V = 0.0071 \text{ a } 0.071(m^3/s)$:

$$Q = (0.071s) * (0.00196m^2)$$

$$\therefore Q = 1.39 \times \frac{10^{-5}m^3}{s} = 0.000833 \frac{m^3}{min} = 50 \text{ l/min}$$

O bien:

$$Q = (0.0071s) * (0.00196m^2)$$

$$\therefore Q = 1.39 \times \frac{10^{-4}m^3}{s} = 0.00833 \frac{m^3}{min} = 500 \text{ l/min}$$

➤ Por lo que la velocidad de accionamiento seria de: entre **0.42 m/s y 4.23 m/s**

Dado que: $V = A * Q$, considerando los datos anteriores:

$$A = 0.00196m^2$$

$$Q = 50 \text{ l/min o } Q = 500 \text{ l/min}$$

- **A 50 l/min (0.00083 m³/s)**

$$V = 0.001960.00083 = 0.42 \text{ m/s}$$

- **A 500 l/min (0.0083 m³/s)**

$$V = 0.001960.0083 = 4.23 \text{ m/s}$$

Lo que nos afirma este cálculo, es que el diseño del producto nos hace recorrer distancias calculadas a velocidades optimas de funcionamiento según la implementación que se recurra en específico, tomando un diseño optimo y seguro.

Simulación del funcionamiento neumático del sistema a implementar:

Para el desarrollo de esta simulación es necesario conocer la secuencia ordenada de la actividad a realizar en la nueva línea de trabajo que se desea implementar. Para este caso se tiene una arquitectura sustentada en la actividad anterior en donde una vez accionado un botón de inicio se tendrá el siguiente funcionamiento:

A- La carrera de un pistón 1 se retraerá para introducir el inserto de piezas a la nueva línea de trabajo.

B+ Una vez dentro de la jaula de trabajo se cerrará la puerta de entrada de las piezas, esto como técnica poka yoke/de seguridad, previniendo siniestros de cualquier tipo en la zona de trabajo.

C+ Un segundo pistón desde la parte superior bajara su carrera para aproximar el molde de limpieza a las piezas que se sopletearan en ese momento.

D+ Se activará el acceso de aire comprimido a partir de una válvula 3/2 (on/off) que permitirá realizar la purificación de los componentes de manera adecuada y confiable.

D- Se cierra el acceso de aire comprimido, marcando así el final de la limpieza del Shaft y Pinion dentro de la línea.

C- El vástago del cilindro 2 retrae su carrera para poder así retirar el molde de las piezas ya limpias.

B- Se acciona la liberación de la puerta para que se abra y deje salir los componentes limpios.

A+ El pistón 1 avanza para expulsar la caja de componentes listo para empacar y repartir a línea.

Con estas implementaciones en la maquina garantizamos:

- Optimizar la precisión mecánica de operación.
- Incrementar los niveles de seguridad operativa.
- Reducir la intervención manual en el proceso.
- Mejorar la autonomía y rendimiento de la línea de producción.

Una vez dada esta información se tomará en cuenta la siguiente secuencia neumática para el desarrollo de simulaciones:

(A-, B+, C+, D+, D- C-, B-, A+).

Donde:

A= pistón 1, responsable del ingreso/expulsión de los componentes a la línea de trabajo una vez se colocó en la bandeja donde se apoya.

B= pistón 2, permite accionar la puerta de seguridad para permitir a la línea operar adecuadamente sin permitir el acceso mas que el del inserto de componentes.

C= pistón 3, accionamiento que ajustara el molde de sopleteo a las piezas colocadas en la bandeja del pistón 1 para así proveer cercanía entre boquilla de limpieza y componente.

D= representación modular del acceso y corte de aire comprimido a los componentes de inspección (para fines de estudio dentro de simulación se representará como un cilindro).

Tras el análisis exhaustivo de los requerimientos para el proyecto, se estructuro un enfoque para abordar la problemática de semi automatización del sistema de limpieza por aire comprimido, fundamentado en principios de ingeniería neumática y modelado computacional.

La estrategia de resolución del proyecto contempla tres dimensiones fundamentales para su correcta solución:

1. Secuenciación Neumática:

- La caracterización de ciclos de operación en este proyecto se encuentra sustentado en el desarrollo de funcionamiento que se desea en este, así como la aplicación de teoría neumática para un correcto diseño de solución simulada con la formación de grupos (Ilustración 82).

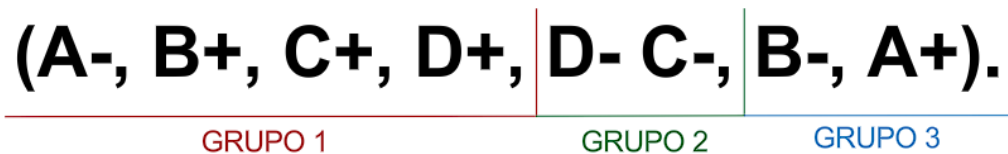


Ilustración 64 Secuencia neumática.

Esta secuencia y separación de grupos de funcionamiento se sustenta en principios fundamentales de neumática, puesto que para formar estos se considera:

- Que en un mismo grupo no puede repetirse la misma letra y que si en el último grupo hay una o más letras que no están en el primer grupo, pasaran a éste, delante de la primera letra de la secuencia.
- Colocar tantas líneas de presión como grupos en la secuencia y tantas válvulas distribuidoras de línea, como grupos menos uno donde:

$$\text{Válvulas de distribución} = \text{Grupos} - 1$$

Por lo que para el desarrollo de este proyecto se tendrán 2 válvulas de distribución que abastezcan el sistema, dado que por los grupos formados se tiene:

$$\text{Válvulas de distribución} = 3 - 1$$

$\therefore$ *Valvulas de distribucion* = 2

La definición de estados y transiciones de los actuadores y válvulas se encuentra en, donde a partir de los grupos, se tienen las activaciones y desactivaciones de estos mismos (Ilustración 83).

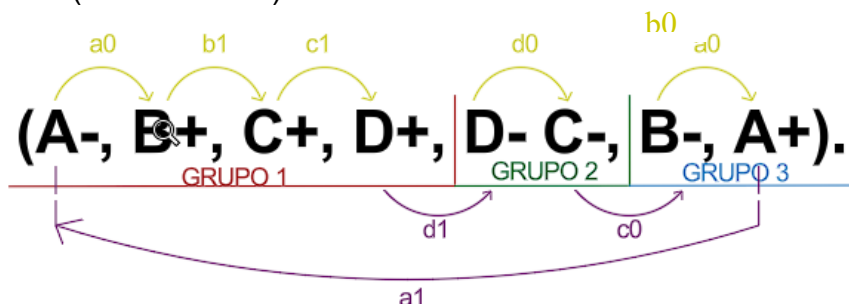


Ilustración 65 Distribución de grupos.

Para el proyecto las activaciones dentro del grupo están marcadas en color amarillo para el funcionamiento de la maquina semiautomatizada, mientras que las de color morado marcan el cambio de acción requerida para el seguimiento de las actividades de la secuencia.

Con ella estableceremos las actividades que resuelven la problemática del proyecto.

2. Diagramas Espacio-Fase:

- Estos contienen el modelado matemático y neumático esperado de las trayectorias del proyecto (Ilustración 84).
- Estos son una representación gráfica de estados dinámicos e Identificación de puntos críticos de operación en el proyecto tal como la activación y desactivación de elementos que determinen las implementaciones de funcionamiento requerido con el proyecto.

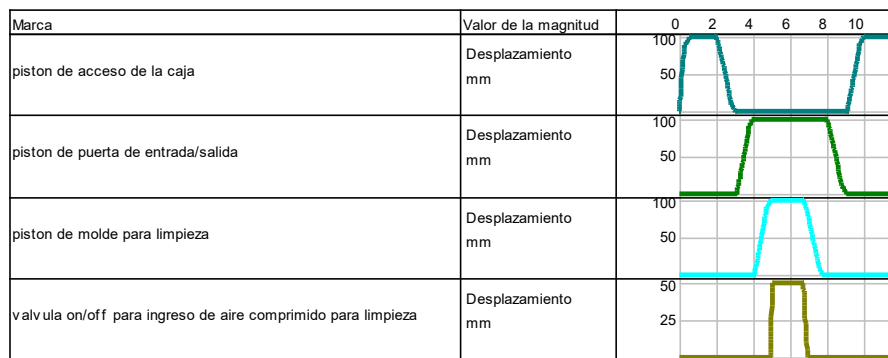


Ilustración 66 Diagrama espacio-fase de cada pistón.

Este diagrama menciona las herramientas de modelado clave dentro del proyecto. Estos nos permiten representar el comportamiento dinámico de sistemas neumáticos a lo largo del tiempo o la fase, identificando de forma visual las trayectorias y estados de operación del sistema a implementar.

El uso de estos diagramas sugiere la intención de analizar y predecir el desempeño del sistema en condiciones específicas, como en este proyecto, para la limpieza de componentes mecánicos, destacando puntos críticos como la activación y desactivación de componentes en el orden correspondiente. Esto es fundamental para asegurar una implementación eficiente, segura y funcional, ya que permite anticipar comportamientos no deseados, validar configuraciones de trabajo y optimizar la lógica de operación del proyecto simulado con electroneumática.

Además, el modelado matemático que se menciona aporta una base cuantitativa al análisis, lo cual fortalece la viabilidad técnica y controlada del diseño neumático planteado.

3. Simulación neumática:

- A partir de este punto se tiene la recreación computacional de escenarios operativos mediante el software FluidSim, donde en escenarios ideales estudiamos e implementamos lo que se espera en una experiencia real en cuanto a la realización del proceso.

Para el desarrollo de esta actividad fue necesario implementar los elementos requeridos en la elaboración del circuito simulado que dará pauta a la funcionalidad de este, en donde como componentes básicos tenemos:

- Unidad FRL, para asegurar la calidad y cantidad optima de aire comprimida requerida en el sistema.
- Pistones de doble efecto con amortiguación variable para la integración de movimiento requerido en sistema
- Reguladores de caudal en pistones para definir sus velocidades de operación
- Válvulas de control electropneumáticas (control por relé/solenoide) para distribución de aire comprimido en el sistema.
- Temporizadores para control del sistema.

Dentro del desarrollo del proyecto se tomó como solución viable el siguiente circuito, que representa el funcionamiento necesario de solución (Ilustración 85).

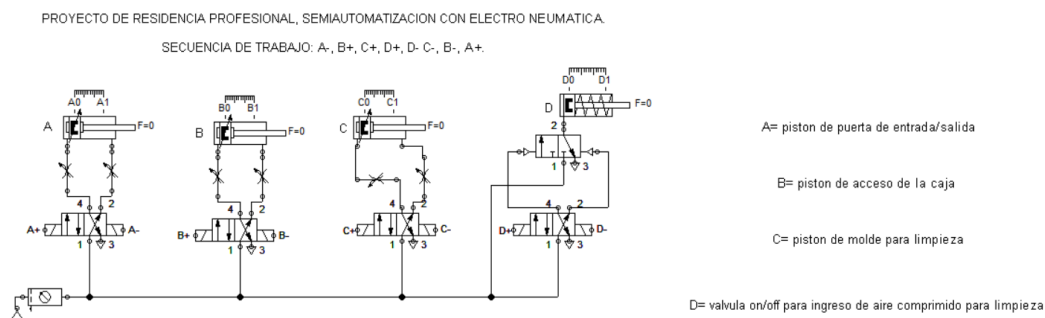


Ilustración 67 Diagrama neumático de funcionamiento.

El circuito neumático presentado en la imagen se basa en norma americana para una interpretación normalizada y entendible, esta muestra un sistema de control complejo para una maquina semiautomatizada de limpieza a base de aire comprimido.

1. Un cilindro principal (A) que realiza el movimiento horizontal de la máquina para ajustar un inserto a una zona de limpieza.
2. Un cilindro (B) que maneja la puerta de acceso al interior de la maquina a base de técnica poka yoke para evitar accidentes dentro del área de trabajo, así como su salida.

3. Un cilindro (C) y una válvula de accionamiento (D) representada como un cilindro de S.E. (a base demostrativa dentro del control eléctrico desarrollado) para la inyección y limpieza con aire comprimido. El funcionamiento del sistema se basa en una secuencia neumática coordinada que permite realizar las acciones necesarias para satisfacer el sistema.

Como se puede observar en la imagen este proceso se implementa con control electroneumático con el afán de semi automatizar el proceso con técnicas de control eléctrico en el sistema, por lo cual se tendrán las implementaciones bajo norma.

Para la realización de esta implementación en el desarrollo de solución a este trabajo se optó por separar la implementación neumática en 3 partes, una igual de importante que la otra, en donde se tiene:

- Parte de accionamiento.
- Parte de control eléctrico (Ilustración 86).

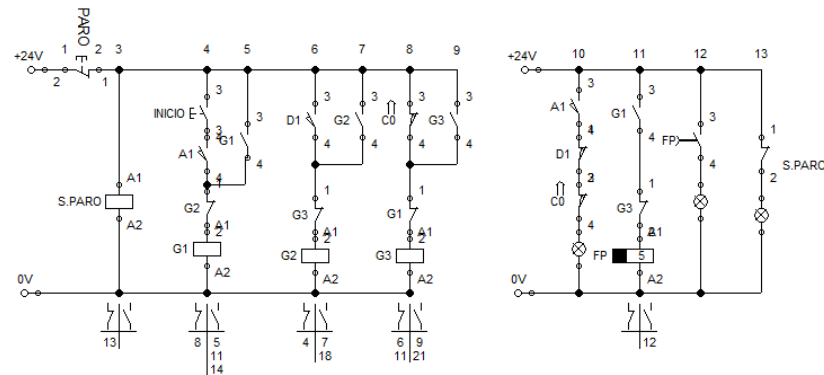


Ilustración 68 Diagrama eléctrico de control.

- Parte de distribución (Ilustración 87).

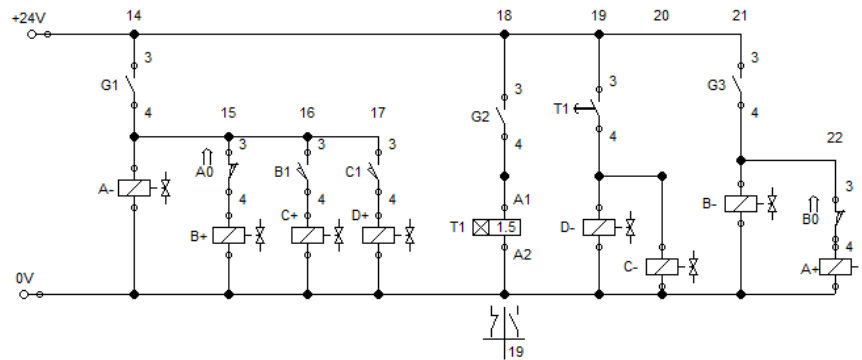


Ilustración 69 Diagrama eléctrico de distribución.

A partir de esas 3 partes se obtuvo el funcionamiento esperado de trabajo para el cual se realizó esta simulación, causando un efecto positivo en el proyecto.

La activación de los movimientos se realizados en la siguiente documentación se basa mediante una serie de válvulas distribuidoras, sensores fin de carrera y unidades de control que permiten un control secuencial y sincronizado del proceso. Adicionalmente, el circuito incluye componentes como válvulas de vías configurables, temporizadoras, estranguladores y unidades de preparación de aire comprimido para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema.

Trabajo y funcionamiento bajo norma NEMA (AMERICANA)

Consideraciones:

*Se tomo un cilindro de S.E. para representar el funcionamiento del sopleteo a base de aire comprimido

*Los tiempos considerados para lograr una eficiencia mayor a la de una operación manual se propusieron como:

- Operación de pistones: **3 segundos** por carrera completa (inicio y fin).
- Temporizador para el sopleteo: **1 min 30 seg** para satisfacer la cantidad de piezas requeridas por línea.
- La solución del proyecto se basa en el método cascada, con formación de grupos.

Descripción de funcionamiento:

Como en todo sistema, la simulación del proyecto se muestra en estado y repetición inicial a lo largo de cada etapa START (Ilustración 88 a 89) cambios parte grupo 1 color rojo de la Ilustración 83.

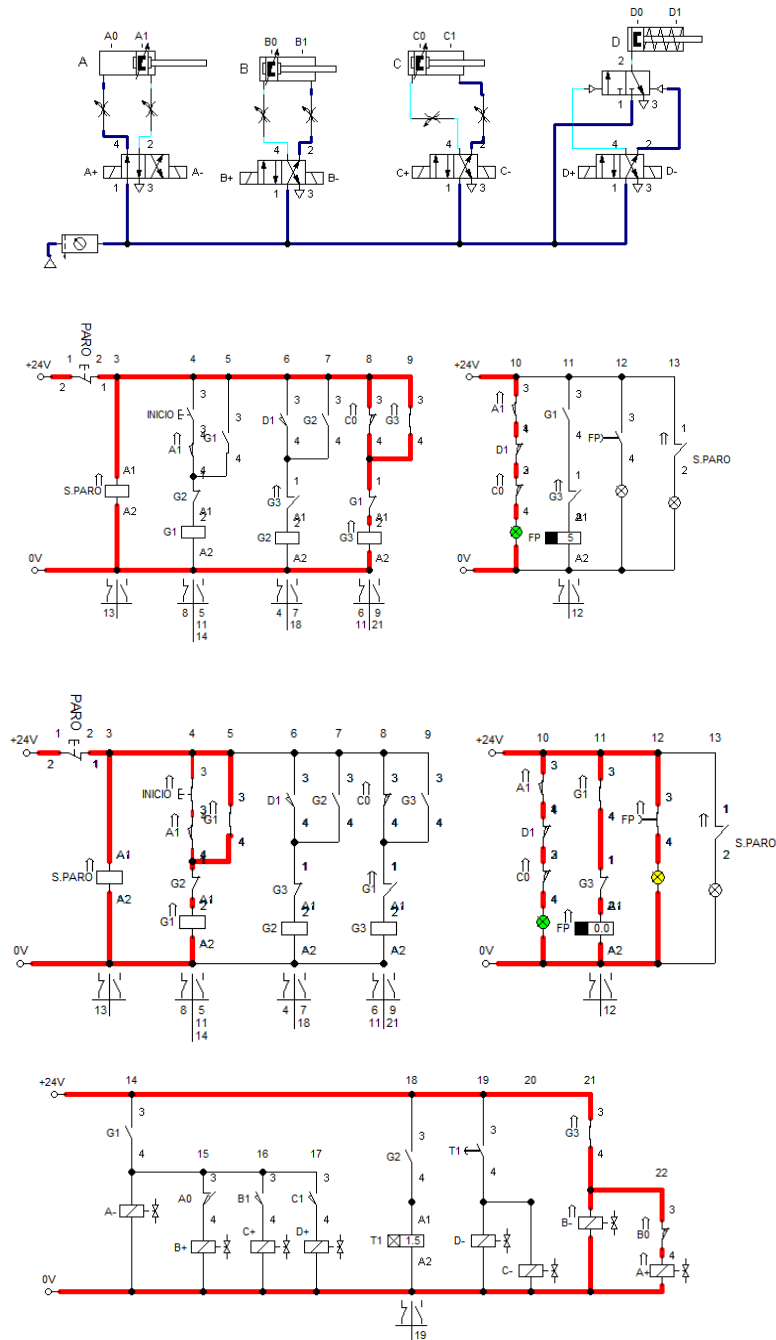


Ilustración 70 Funcionamiento de la simulación parte 1.1.

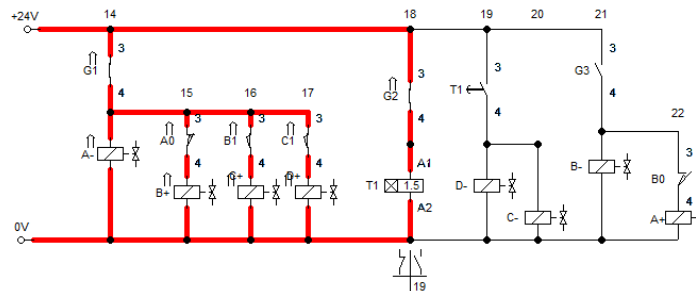


Ilustración 71 Funcionamiento de la simulación parte 1.2.

Una vez conseguido un estatus de operación inicial se pueden tomar consideraciones importantes para activación del proceso ya que este modo es que se consigue iniciar el proceso por completo.

A partir de este modo se comienza con el inicio de proceso, en donde al comienzo del método de solución se alimenta el grupo 1, encargado de lograr las primeras 4 fases del proceso y cumpliendo la condición necesaria para activar el grupo siguiente (Ilustración 90 a 91), este caso el grupo 2 color verde de la Ilustración 83.

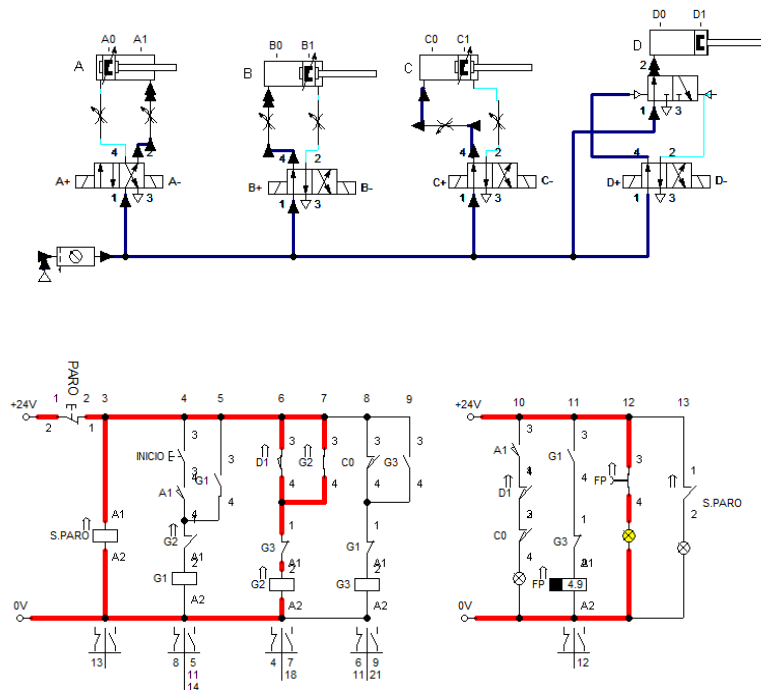


Ilustración 72 Funcionamiento de la simulación parte 2.1.

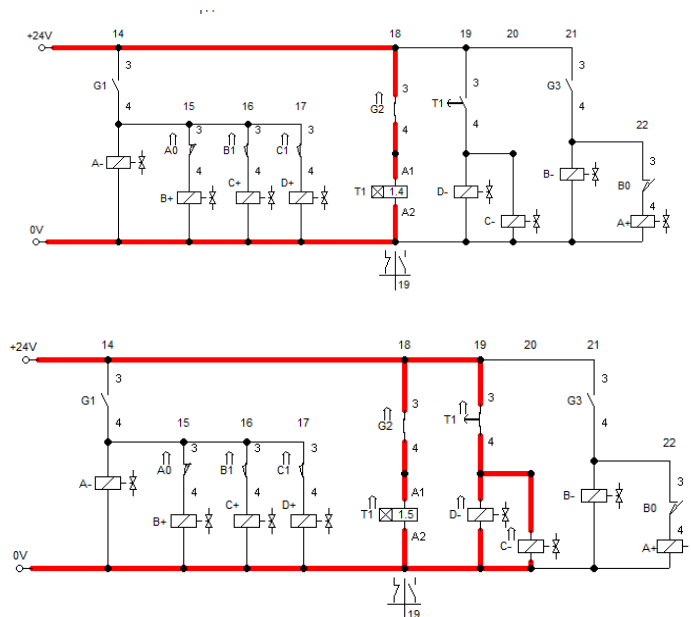


Ilustración 73 Funcionamiento de la simulación parte 2.2.

Ya con esta requisición cumplida se observa la posición inicial del funcionamiento del grupo 2 de la simulación, que cumplirá las condiciones necesarias de funcionamiento del proyecto, accionamientos de avance y retroceso de carrera que marcan el funcionamiento real de cierre y apertura.

Después de esto se logra obtener los cambios de estado funcionamiento en el proceso, lo que se representa en la imagen inferior para avanzar al grupo 3 color azul de la Ilustración 83 y de mismo modo finalizar el proceso y regresar al orden descrito desde la imagen, listo para el siguiente START y reinicio de proceso (Ilustración 92 a 93).

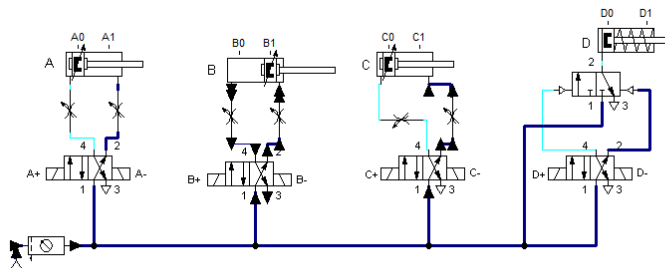


Ilustración 74 Funcionamiento de la simulación parte 3.1.

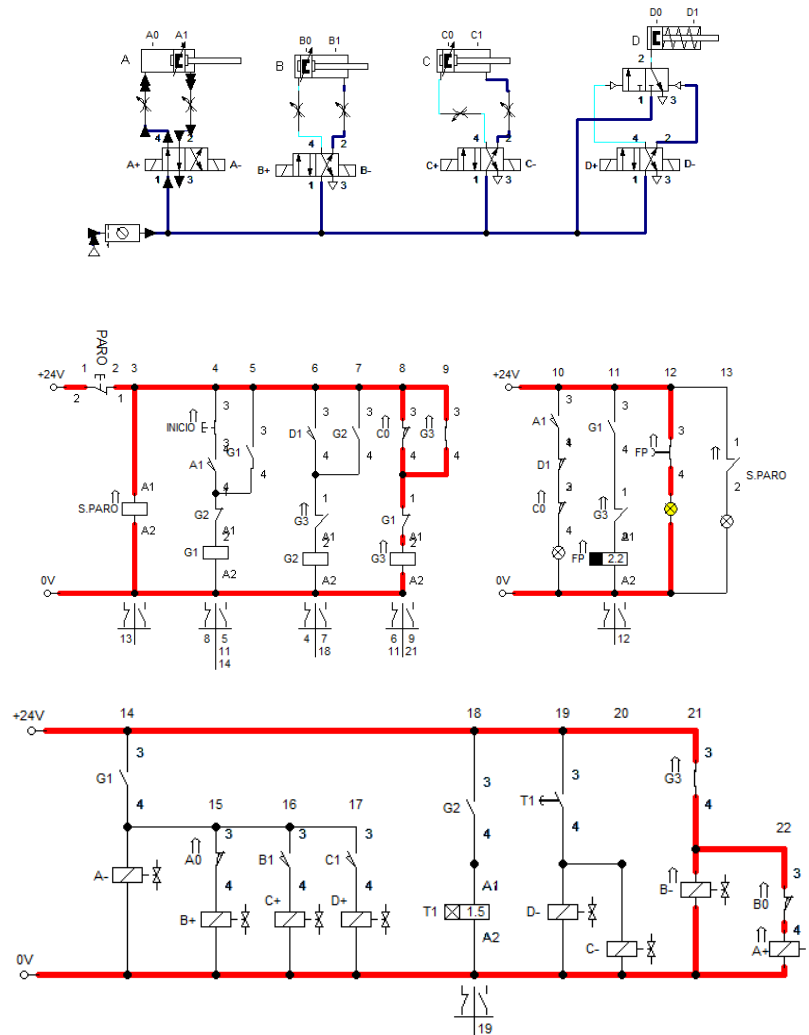


Ilustración 75 Funcionamiento de la simulación parte 3.2.

Así se concluye que el funcionamiento esperado cumple con los requisitos, condiciones y acciones simuladas que se requieren para un funcionamiento y aplicación real dado que en la imagen del diagrama de espacio/tiempo de los estados del proyecto se cumple con las consideraciones que marcan la tasa de éxito y eficiencia deseados en el proyecto (Ilustración 94).

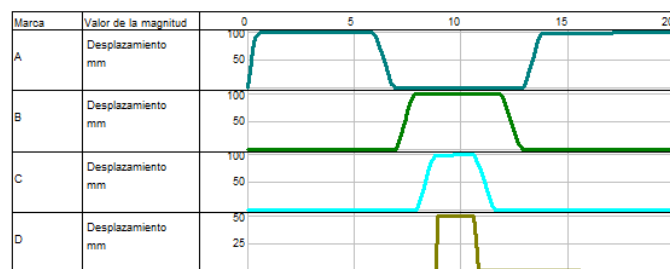


Ilustración 76 Simulación diagrama espacio-fase.

Esta simulación consta de varios componentes clave (vea el Anexo 4.1 Componentes neumáticos).

Dado que todo proyecto, diseño, implementación o instalación se debe regir bajo estándares de calidad y seguridad se toma en cuenta la información recopilada de FESTO en el Anexo 4.2 Simbología neumática.

9. Justificación y Simulación de Elementos Eléctricos.

Los componentes eléctricos son esenciales para la automatización, control, precisión y seguridad de la máquina (Ilustración 95), empleando dispositivos como PLC, electroválvulas, sensores y botones para gestionar movimientos, secuencias y protección del sistema.



Ilustración 77 Referencia componentes eléctricos.

Un diagrama unifilar es una representación gráfica simplificada de un sistema eléctrico que muestra, mediante una sola línea y símbolos estándar, la conexión de sus componentes principales, rutas de conductores, clasificación de equipos, capacidad y dispositivos de protección. Es fundamental para el diseño, construcción, mantenimiento y solución de fallas, y debe mantenerse actualizado para garantizar seguridad y cumplimiento normativo.

A continuación, se muestra el diagrama unifilar de nuestro proyecto y posteriormente el desglose de cada uno de los elementos (Ilustración 96):

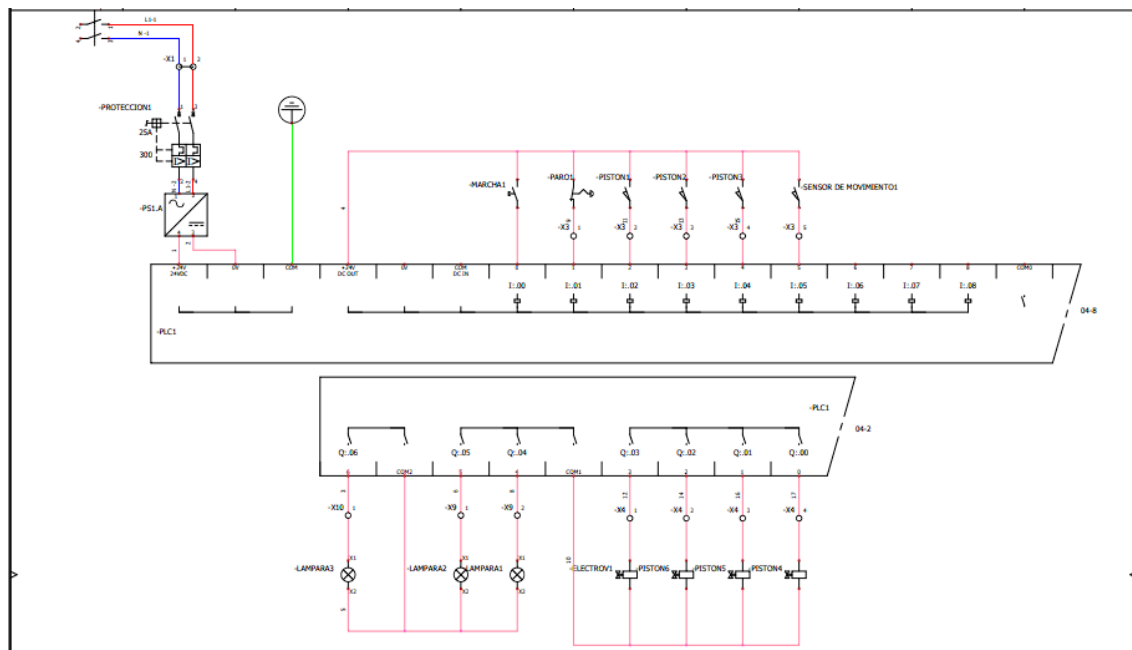


Ilustración 78 Diagrama unifilar.

Empezamos con la parte de alimentación la cual cuenta con un interruptor principal el cual nos ayudara a conectar o desconectar la energía a todos los componentes del tablero eléctrico en el exterior del gabinete, esto por medidas de seguridad en dado caso de que se requiera hacer una revisión o en su debido caso mantenimientos a los componentes eléctricos y no estar expuesto a la energía eléctrica (Ilustración 97).

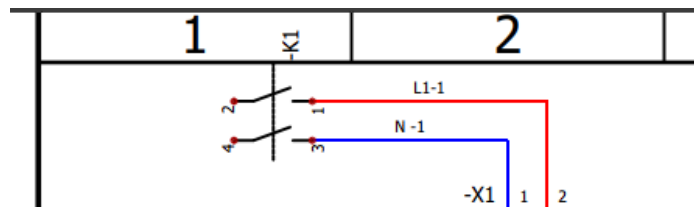


Ilustración 79 Interruptor principal.

Después nos encontramos con los bornes de conexión los cuales nos facilitaran la conexión de energía entre la parte exterior y la parte interior del tablero eléctrico, esto para facilitar el armado de componentes del tablero y la instalación de ducteria y cableado para la alimentación general del sistema (Ilustración 98).

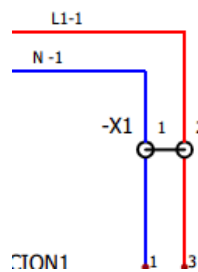


Ilustración 80 Bornera de alimentación.

Pasamos a la primera protección que consta de un interruptor termomagnético y si se desea se puede utilizar también uno diferencial, este se utilizara para evitar fallas y la destrucción de una instalación eléctrica cuando su funcionamiento ha sido alterado o presente errores de conexión (Ilustración 99).

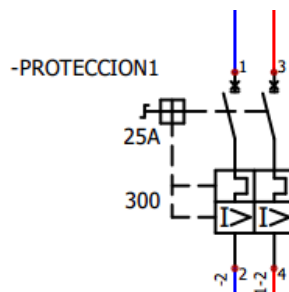


Ilustración 81 Protección principal.

Una protección más es la tierra física que nos permitirá desviar las corrientes eléctricas ocasionadas por una alteración o cortocircuito a la tierra natural por medio de una varilla copperweld para seguridad de los conductores, componentes y el propio personal. Cabe mencionar que este no solo debe de ir conectado a los

componentes eléctricos sino a toda la estructura y al gabinete para una mayor seguridad (Ilustración 100).

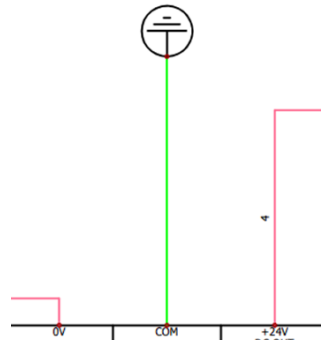


Ilustración 82 Tierra física.

Pasamos a la fuente de poder que convertirá los 127 o 220V de corriente alterna a 24V de corriente directa que es a cómo trabajan los equipos electrónicos con los que realizaremos la parte de control (Ilustración 101).

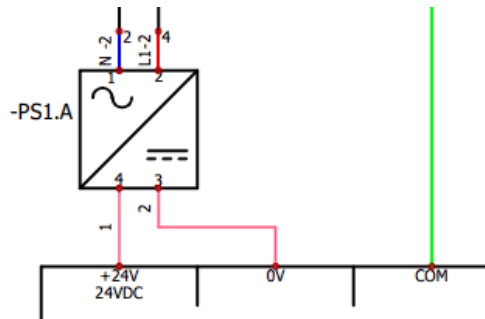


Ilustración 83 Fuente de alimentación 127VAC a 24VDC.

El PLC (Controlador Lógico Programable) automatiza procesos industriales controlando máquinas y sistemas mediante programas predefinidos. Recibe señales de sensores, las procesa y activa actuadores como motores o válvulas, optimizando tareas repetitivas y complejas, reduciendo costos y aumentando la productividad. Funciona con entradas (I0N) y salidas (Q0N), alimentadas a 24V CD, lo que requiere precauciones para evitar cortocircuitos (Ilustración 102).

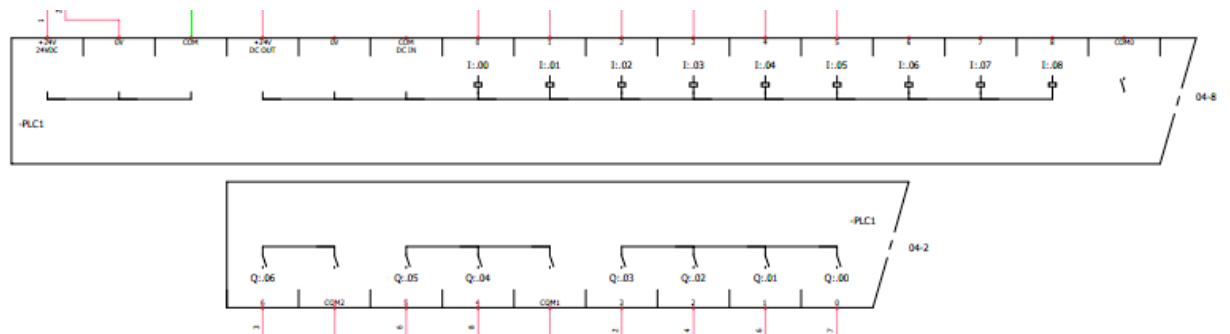


Ilustración 84 PLC.

En el control se incluyen: un botón de marcha para iniciar el sistema, un paro de emergencia para detenerlo en caso necesario, tres interruptores de posición que indican el estado de los pistones de la puerta, el soporte de piezas y el mecanismo de boquillas, y un sensor de movimiento (no representado en el diagrama) que detiene el proceso si detecta objetos durante el sopleteado. Todos se conectan a las entradas del PLC y operan a 24V CD, alimentados desde el PLC o una fuente externa (Ilustración 103).

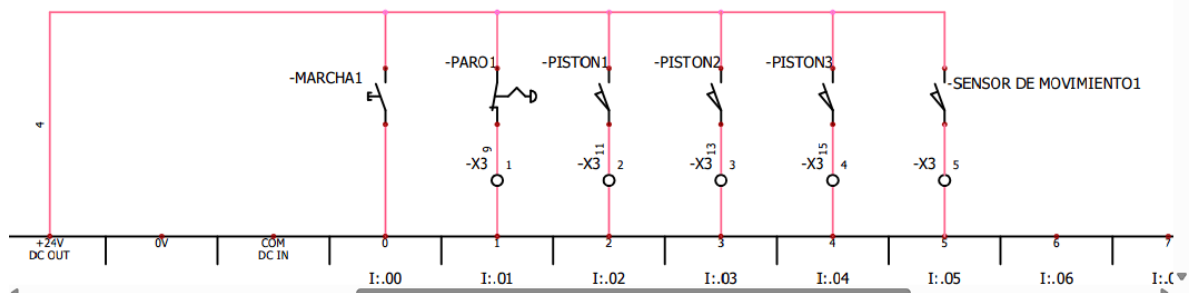


Ilustración 85 Entradas al PLC.

Las salidas se conectan a los actuadores e indicadores del sistema: pistón de la puerta, pistón para insertar y retirar piezas, pistón que mueve las boquillas de sopleteo, electroválvula para el paso de aire comprimido y lámparas de estado (verde: lista, amarilla: en proceso, roja: error). Según el consumo y tipo de energía, podrán añadirse relevadores o contactores adicionales (Ilustración 104).

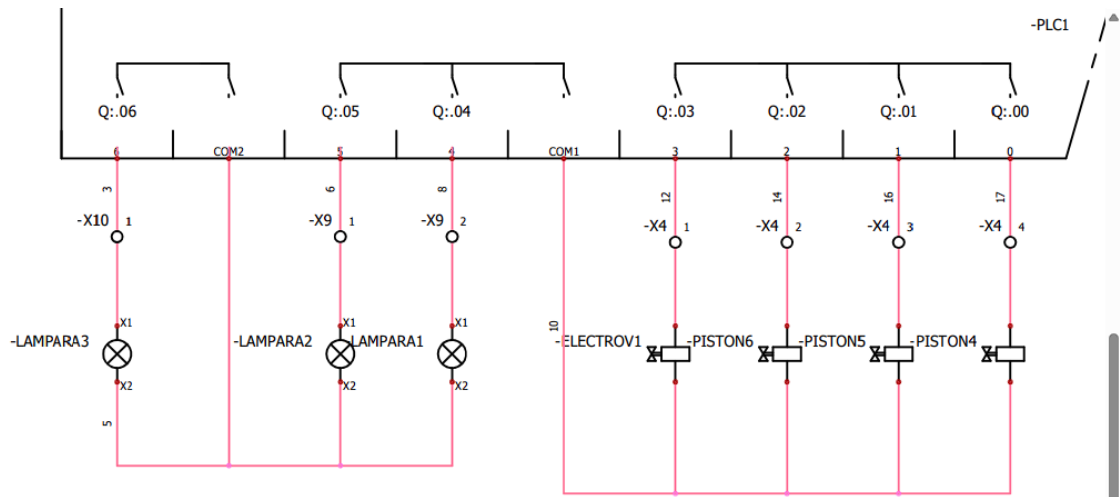


Ilustración 86 Salidas del PLC.

El tablero eléctrico protege y controla los circuitos de una instalación, evitando sobrecargas y garantizando seguridad. Es un armazón metálico que resguarda componentes de mando y control, indispensable en cualquier sistema eléctrico, desde hogares hasta plantas industriales. Su diseño es esencial para el correcto funcionamiento de la máquina (Ilustración 105).

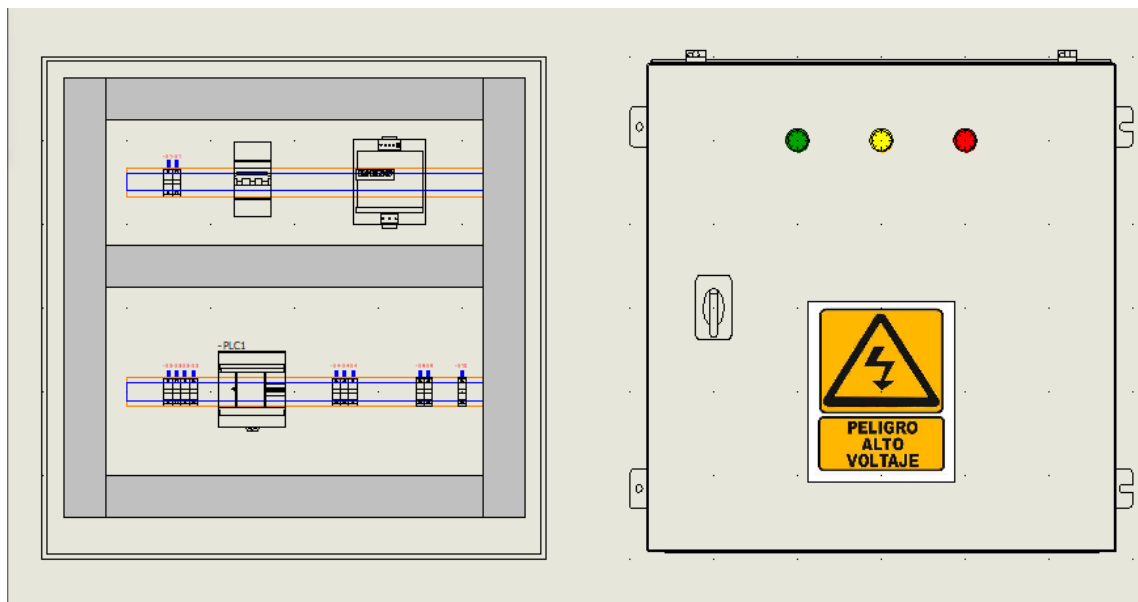


Ilustración 87 Tablero eléctrico principal.

Empezamos con la parte externa en la que se encuentra el interruptor principal el cual se acciona y se des acciona para el manejo de energía que en determinadas circunstancias nos será de utilidad, también se encuentran los indicadores del

estado de maquina y debe de llevar información de la maquina como voltaje, amperaje, frecuencia, potencia, etc. Así como si cumple con las normas mexicanas y etiquetas de seguridad que indiquen precaución (Ilustración 106).

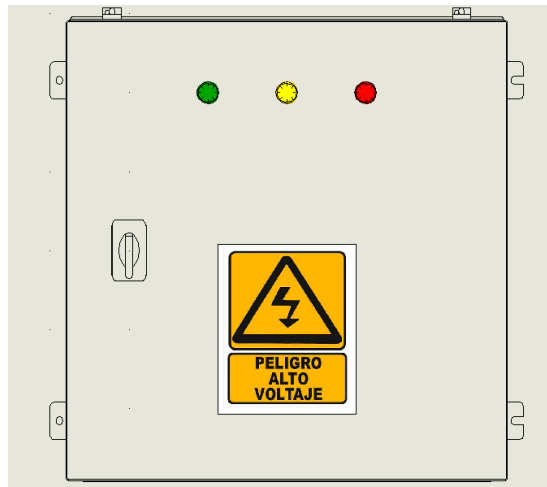


Ilustración 88 Frente del gabinete eléctrico.

En la parte superior interna del tablero están los bornes de alimentación, la protección contra cortocircuitos y la fuente que convierte 127/220 V CA a 24 V CD, montados sobre riel DIN para soporte y orden (Ilustración 107).

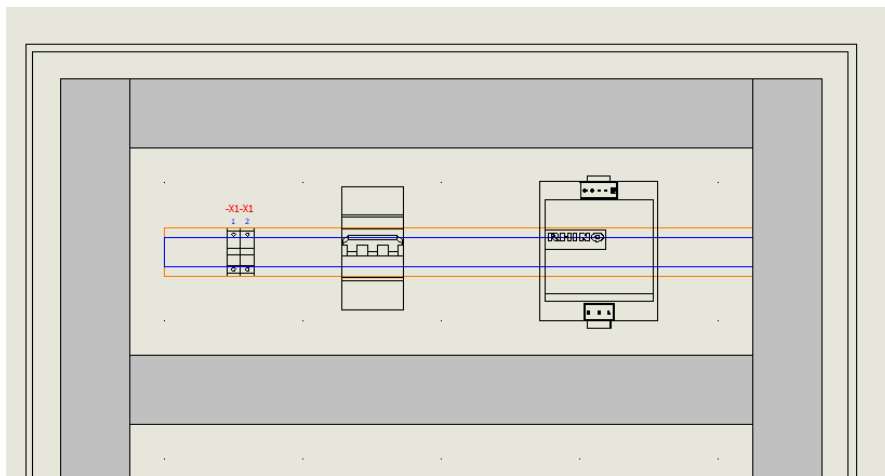


Ilustración 89 Parte interior superior del gabinete.

En la parte inferior están los bornes de entrada conectados al PLC, que procesa señales de sensores y actuadores. A la derecha están las borneras de salida hacia

electroválvulas, lámparas indicadoras y válvula de aire. Los cables se organizan y protegen dentro de canaletas ranuradas (Ilustración 108).

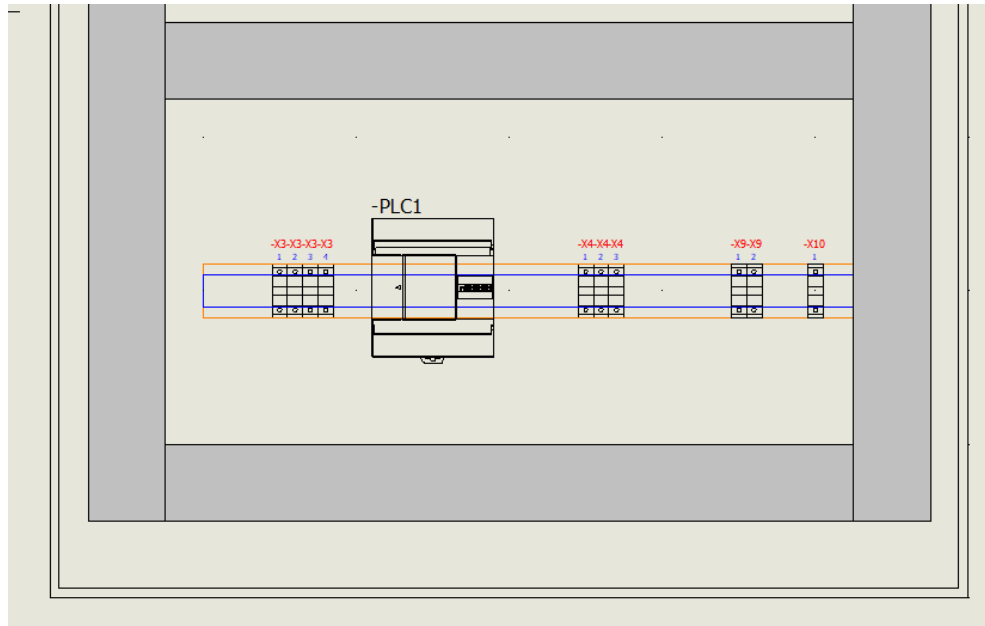


Ilustración 90 Parte interior inferior del gabinete.

Continuamos con el cuadro de cargas o también llamado cuadro de distribución de cargas, este es un resumen de la potencia de los dispositivos o elementos eléctricos en una instalación eléctrica, desde otro punto de vista, se pudiera entender, como una interpretación en forma de tabla, de algunos elementos del diagrama unifilar, en este es importante incluir:

- Lámparas
- Contactos
- Dispositivos eléctricos
- Fases a las que va conectado el circuito
- Carga en Watts o Volt-Amperes,
- Corriente en Amperes
- Tamaño de los conductores
- Características de las protecciones contra sobre corriente.

Una vez teniendo las características principales del cuadro de carga pasamos al desglosé de los elementos y consumo para tener las relaciones correspondientes, consulté el Anexo 5.1 Cuadro de cargas para más información.

Para el cálculo de la protección principal se utiliza la ley de ohm y en base a esa se tiene una derivada que es la siguiente formula:

$$A = \frac{P}{(V * fp)}$$

Donde

- A=amperaje.
- P=potencia total del sistema.
- V=voltaje de alimentación.
- fp=factor de potencia.

Por lo que quedaría con un 15% de tolerancia:

$$A = \frac{94.9W}{(127VCA*0.9)} = 0.83027*1.15=.95481A$$

Y el termomagnético comercial más cercano es el de 6A por lo que esa sería la protección para todo el sistema eléctrico.

Para el cálculo de conductores se hizo referencia a el consumo de cada componente y en base a la tabla 310.16 del Código Eléctrico Nacional (NEC), o la tabla 310.15(B)(16) en versiones anteriores donde la corriente máxima basada en NEC Tabla 310.15(B)(16) (anteriormente Tabla 310.16), véase Anexo5.2 Tabla 310.15(B)(16) (anteriormente Tabla 310.16) donde permite corrientes máximas admisibles de conductores aislados clasificados hasta 2000 voltios inclusive, de 60° a 90°C (de 140° a 194°F), no más de tres conductores que transportan corriente en canalización, cable o tierra (enterrados directamente), con base en una temperatura ambiente de 30°C (86°F).

Para más información consulte la sección 310.15(B)(2) para conocer los factores de corrección de la capacidad de corriente cuando la temperatura ambiente sea distinta de 30 °C (86 °F) y consulte la sección 310.15(B)(3)(a) para más de tres conductores.

10. Simulación del controlador.

La simulación de código KOP para automatizar el sopleteado y limpieza de piezas automotrices mejora eficiencia y precisión, usando TIA Portal para programar el PLC. SolidWorks y Festo FluidSIM simulan el comportamiento mecánico y neumático, mientras TIA Portal integra control y comunicación en un solo entorno, facilitando la programación, reducción de errores y actualización del sistema.

Simulación de funcionamiento.

La simulación incluye el sistema neumático que controla el aire comprimido para limpiar las piezas sin dañarlas. El proceso semiautomatizado se ejecuta mediante un PLC que gestiona secuencias de accionamiento, ajustándose al diseño mostrado en las imágenes para su construcción (Ilustración 109).

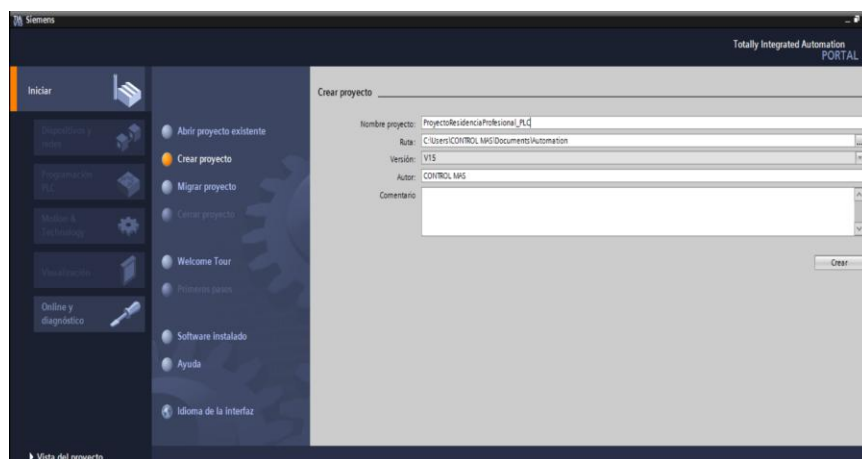


Ilustración 91 Inicio de Tia Portal.

De mismo modo para iniciar el proyecto es necesario delimitar los componentes que tendrá esta simulación como:

- Configurar un dispositivo: que selecciona el PLC a usar como se ve en la ilustración 110 (en este caso específico se tomara uno compacto por su implementación específica como el S7-1200 1214 AC/DC/RLY de SIEMENS).

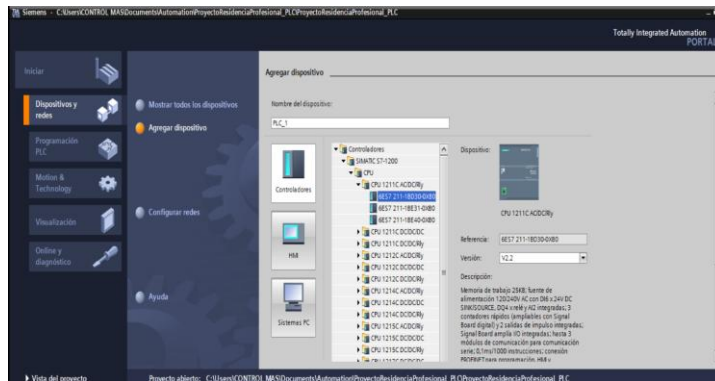


Ilustración 92 Configuración del PLC.

- Programación PLC: el modo de escritura que se usará para el PLC, en este caso específico programación de KOP (Ilustración 111 a 112).
- Motion and Tecnology: para simular virtualmente la implementación de accionamientos.
- Visualizacion: para el uso de una imagen para un HMI.

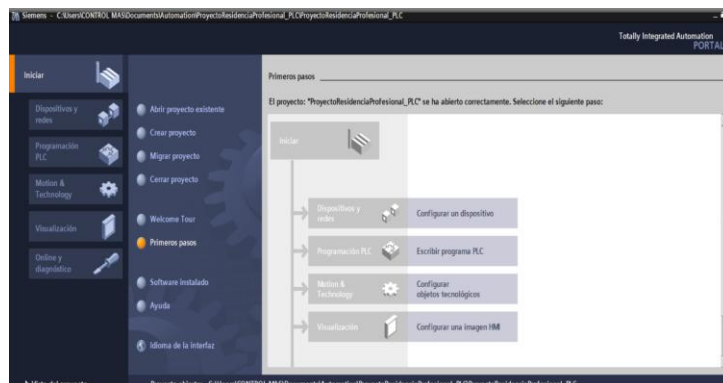


Ilustración 93 Configuración del dispositivo.

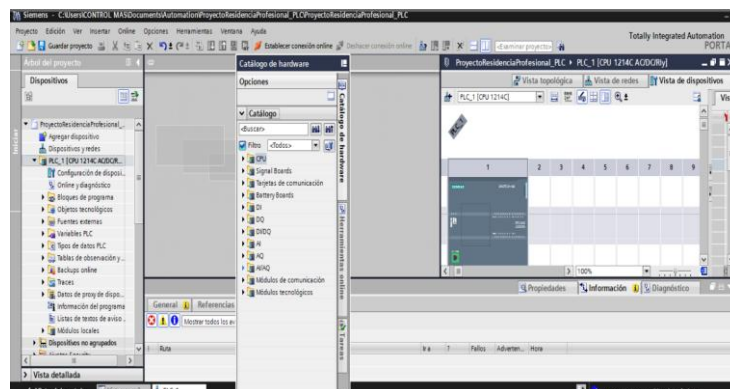


Ilustración 94 Configuración de PLC.

Para este proyecto solo se usará la simulación virtual por fines de estudio e implementación. La construcción de la programación del proceso se presenta por

segmentos de operación, en el apartado “Bloque de programa; Main [OB1]” donde a partir de cada segmento de imagen se explica lo desarrollado en cada programación de línea (Ilustración 113 a 118).

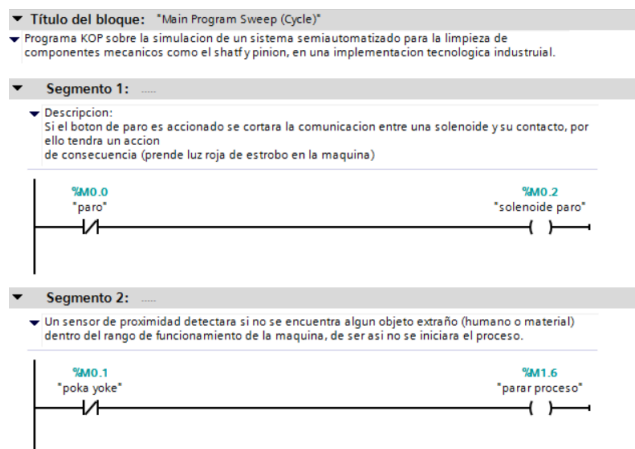


Ilustración 95 Inicio de programa.

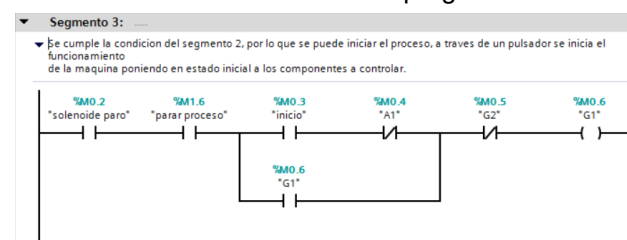


Ilustración 96 Configuración de entradas y salidas 1.

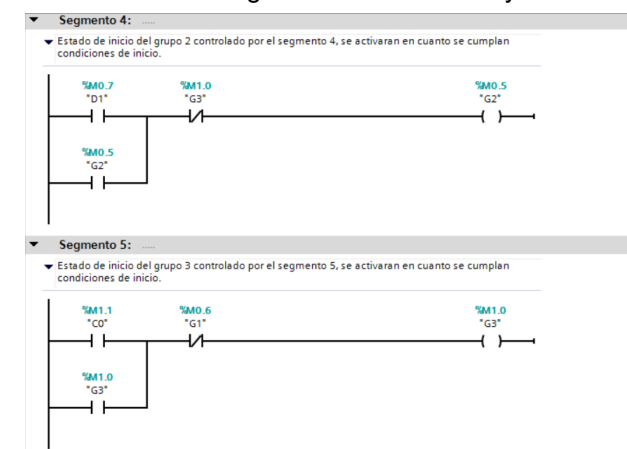


Ilustración 97 Configuración de entradas y salidas 2.

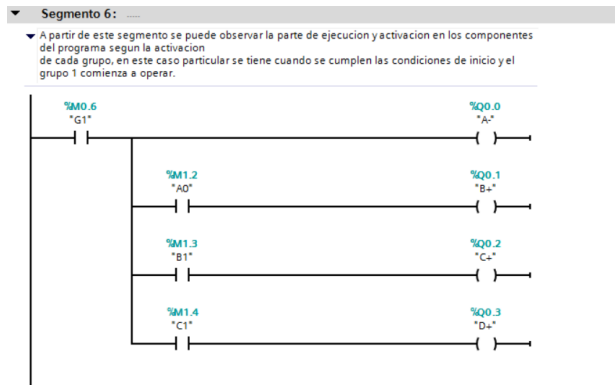


Ilustración 98 Secuencia de los accionamientos de los pistones.

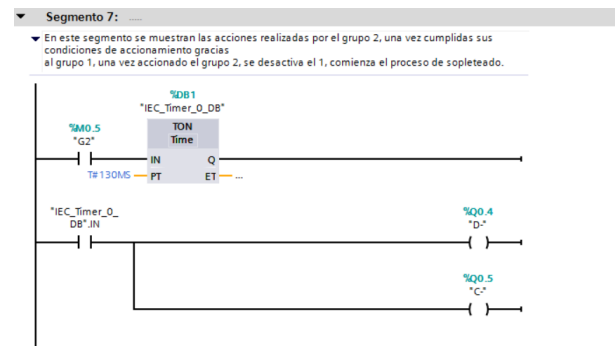


Ilustración 99 Timmer para tiempo de cada paso.

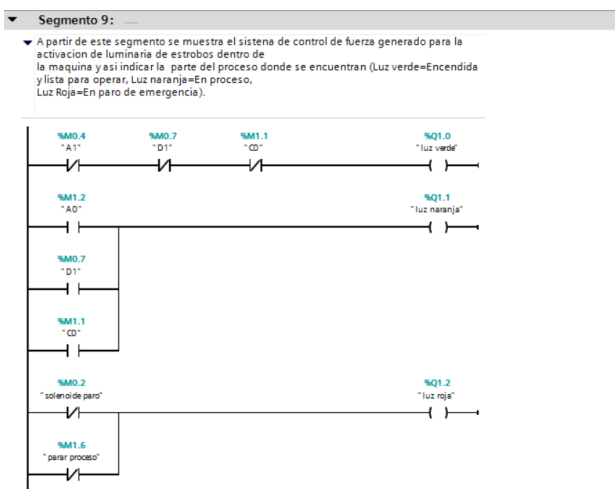
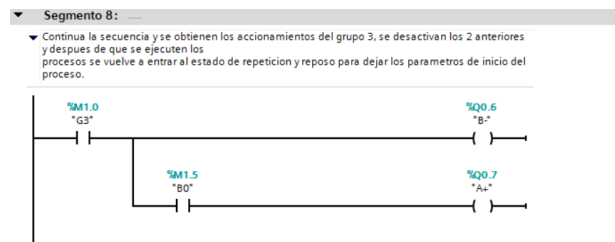


Ilustración 100 Configuración de entradas y salidas 3.

Una vez listo el código, se carga al PLC estableciendo la conexión entre una PC y el CPU a usar. Después de ello se comienza con la simulación del proceso (Ilustración 119 a 122).

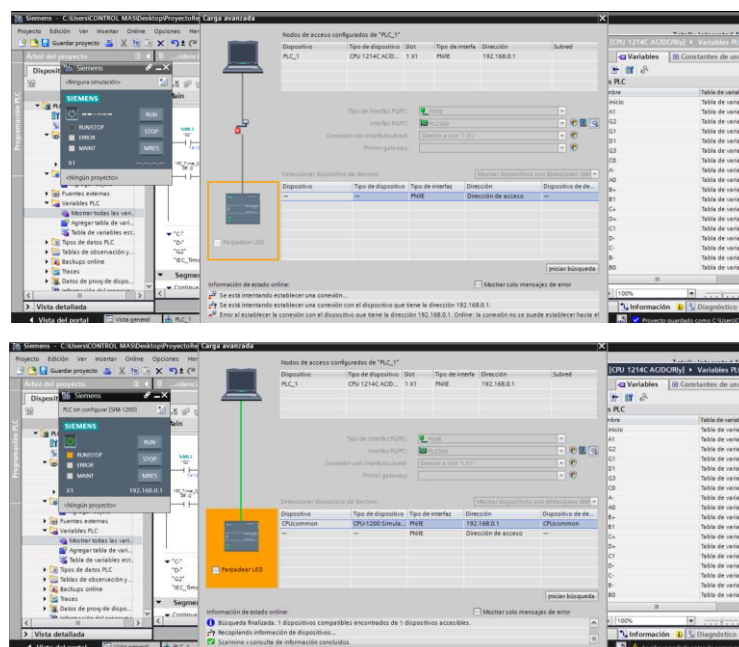


Ilustración 101 Enlace de PC con PLC.

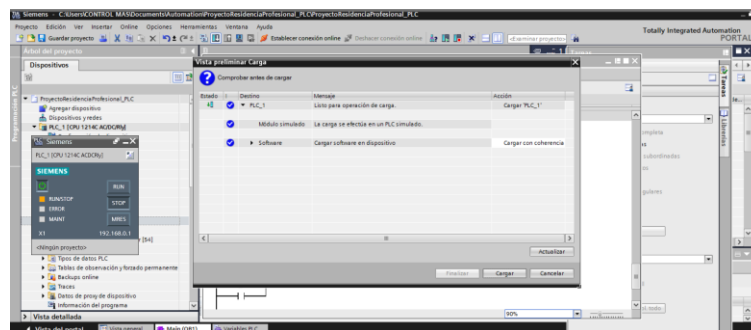


Ilustración 102 Carga de programa en el PLC.

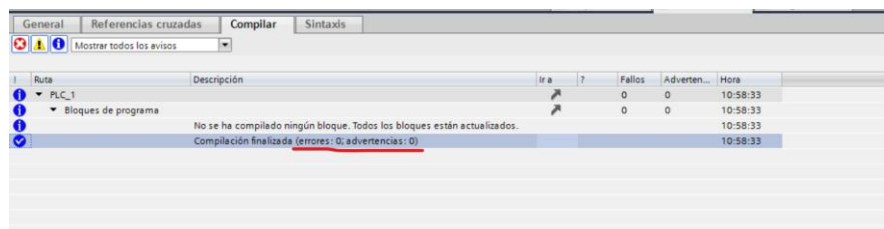


Ilustración 103 Compilación del programa.

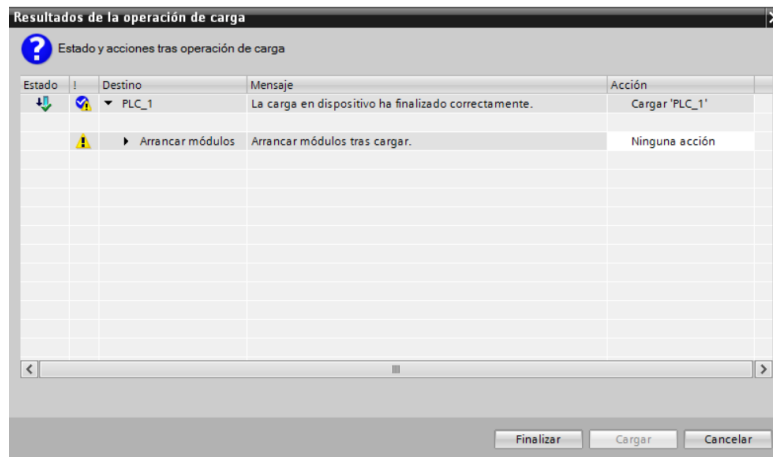


Ilustración 104 Finalización de carga del programa.

Este código de programación es correcto puesto que para establecer la conexión del PLC y la CPU se compila el programa y se detectan los errores de este, en este caso carecía de alguno, lo que confirmaba la correcta lógica de implementación KOP, continuando con el proceso y listo el sistema se procede a iniciar nuestro PLC SIEMENS 1200 1214 AC/DC/RLY, así modificando de modo stop a run para correr el programa y así mirar su funcionamiento final (Ilustración 123).

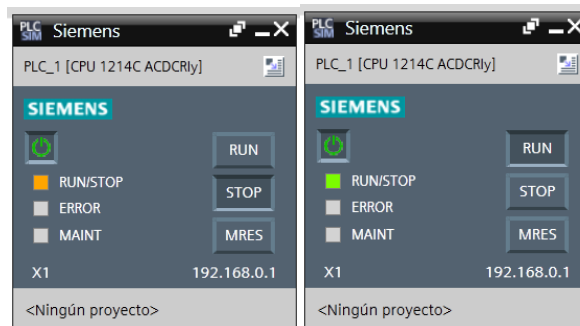


Ilustración 105 Cambio de STOP a RUN en el PLC.

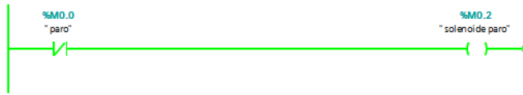
Para ello se obtiene la parte demostrativa y final de nuestro proyecto obteniendo así el funcionamiento deseado y semiautomatizado que se podría implementar en el sistema. Antes de presionar el botón de inicio se tiene (Ilustración 124 a 130).

▼ **Título del bloque:** "Main Program Sweep (Cycle)"

▼ Programa KOP sobre la simulación de un sistema semiautomatizado para la limpieza de componentes mecánicos como el shafy y pinion, en una implementación tecnologica industrial.

▼ **Segmento 1:** ----

▼ Descripción:
Si el boton de paro es accionado se cortara la comunicacion entre una solenoide y su contacto, por ello tendra un accion de consecuencia (prende luz roja de estrobo en la maquina)



▼ **Segmento 2:** ----

▼ Un sensor de proximidad detectara si no se encuentra algun objeto extraño (humano o material) dentro del rango de funcionamiento de la maquina, de ser así no se iniciara el...

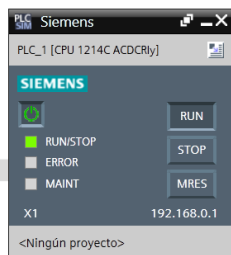



Ilustración 106 Inicio de funcionamiento del programa.

▼ **Segmento 3:** ----

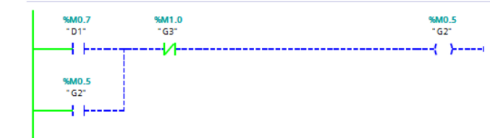
▼ Se cumple la condicion del segmento 2, por lo que se puede iniciar el proceso, a traves de un pulsador se inicia el funcionamiento de la maquina poniendo en estado inicial a los componentes a controlar.




Ilustración 107 Programa sin dar marcha 1.

▼ **Segmento 4:** ----

▼ Estado de inicio del grupo 2 controlado por el segmento 4, se activaran en cuanto se cumplan condiciones de inicio.



▼ **Segmento 5:** ----

▼ Estado de inicio del grupo 3 controlado por el segmento 5, se activaran en cuanto se cumplan condiciones de inicio.

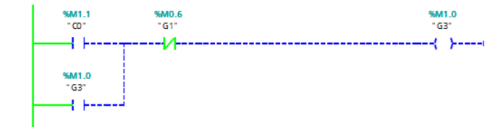
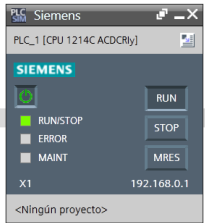



Ilustración 108 Programa sin dar marcha 2.

▼ **Segmento 6:** ----

▼ A partir de este segmento se puede observar la parte de ejecucion y activacion en los componentes del programa segun la activacion de cada grupo, en este caso particular se tiene cuando se cumplen las condiciones de inicio y el grupo 1 comienza a operar.

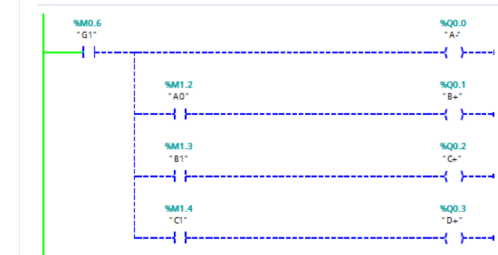
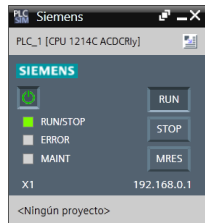



Ilustración 109 Programa sin dar marcha 3.

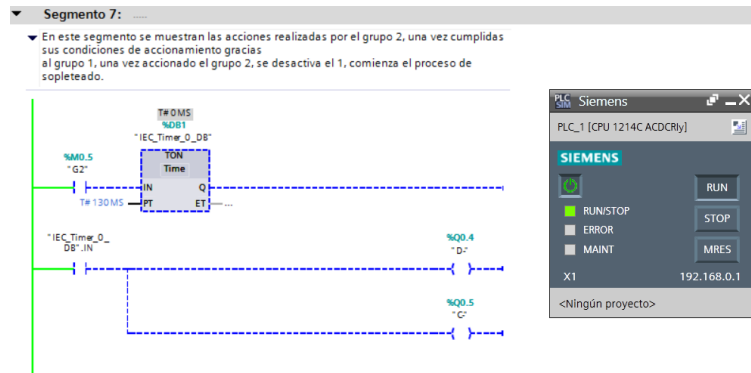


Ilustración 110 Programa sin dar marcha 4.

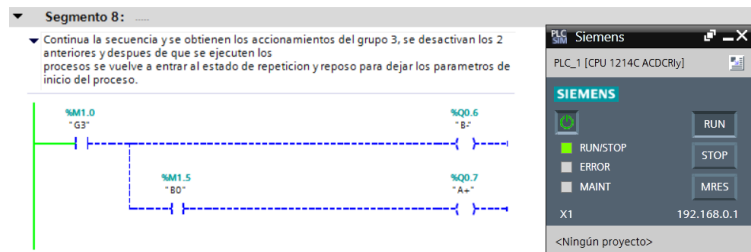


Ilustración 111 Programa sin dar marcha 5.

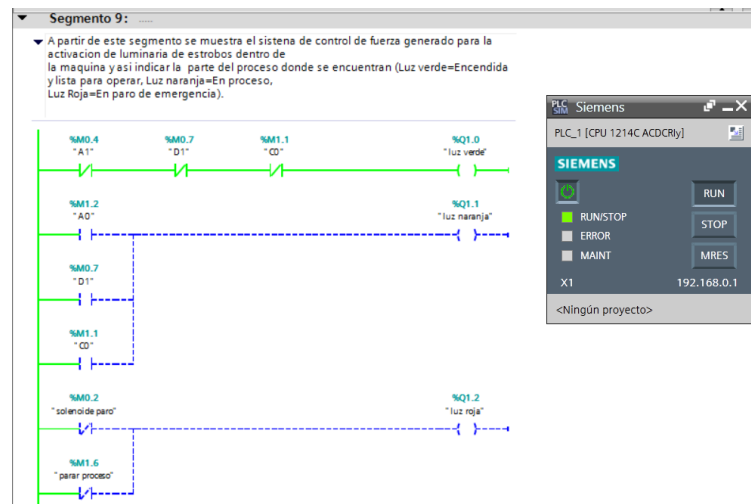


Ilustración 112 Programa sin dar marcha Final.

Una vez presionado el botón de inicio del proceso se observa la fase 1 del programa que consta en la activación de mandos y accionamientos necesarios del grupo 2 (Ilustración 131 y 132):

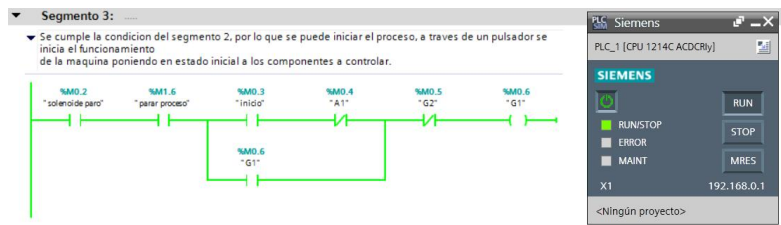


Ilustración 113 Puesta en marcha del proceso.

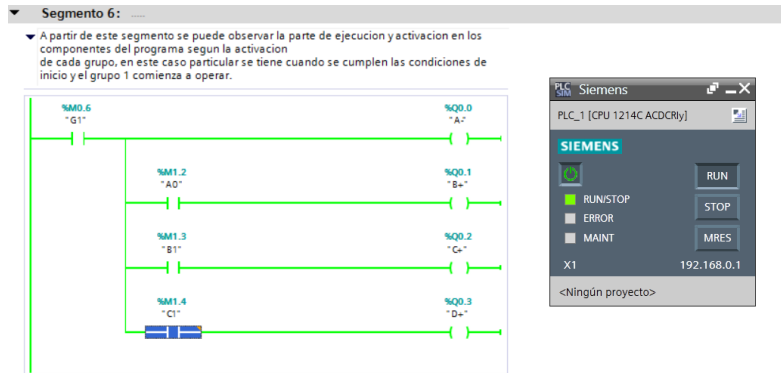


Ilustración 114 Accionamiento del primer pistón(puerta).

Baja pistón y sale aire (Ilustración 133).

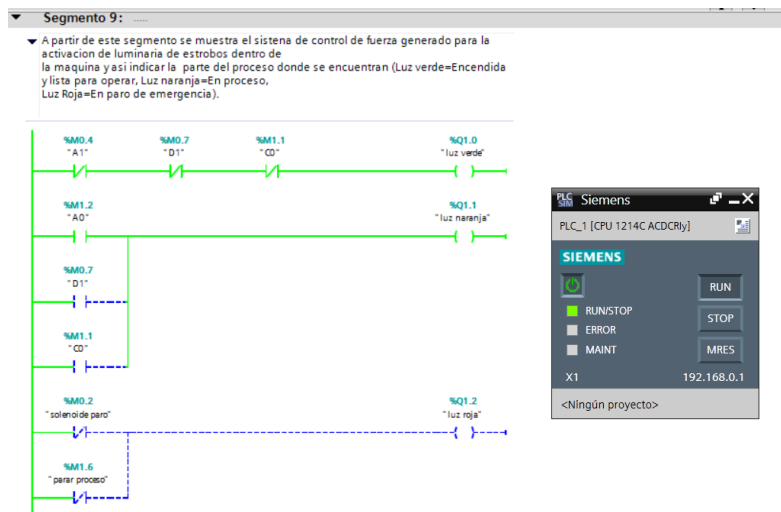


Ilustración 115 Fase 1 del proceso.

Activación de accionamientos en la fase 2 del programa dentro del grupo 2 y preparación de requerimientos de la parte final del grupo 3 (Ilustración 134).

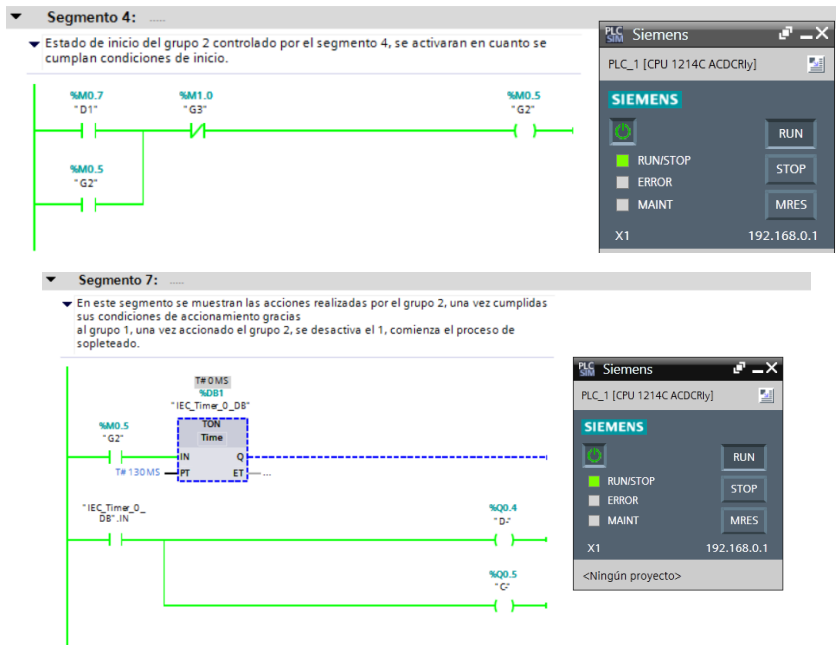


Ilustración 116 Fase 2 del proceso.

Proceso de tiempo de sopleteado (Ilustración 135):

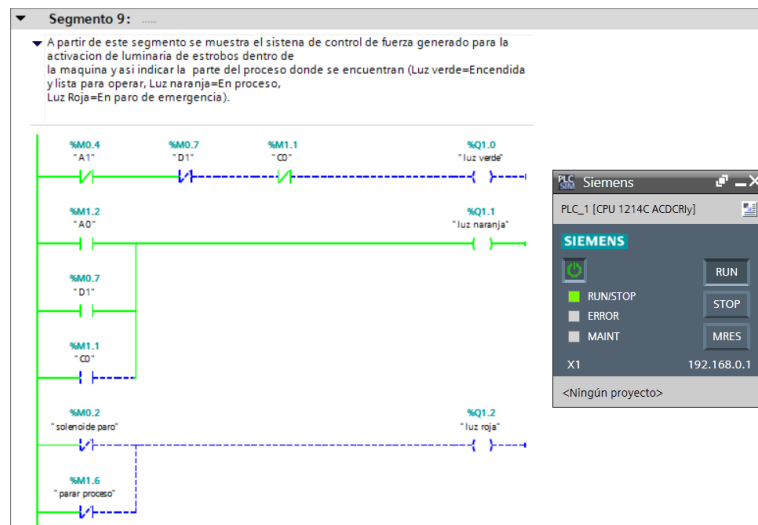


Ilustración 117 Proceso de tiempo de sopleteado.

Comienzo de funcionamiento del grupo 3, listo para establecer la parte final e inicial del proceso (Ilustración 136):

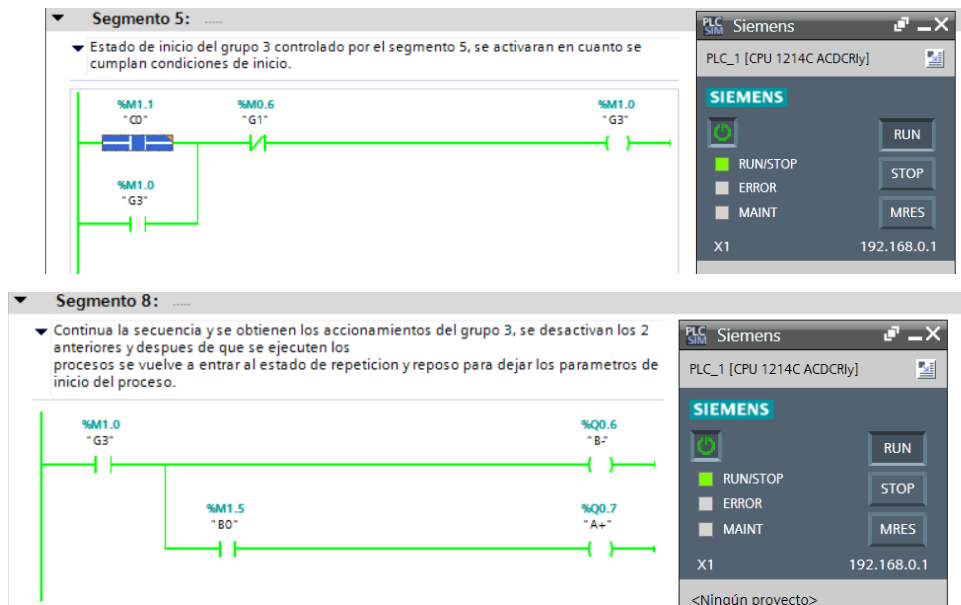


Ilustración 118 Proceso del grupo 3.

Si se llega a activar el paro de emergencia se tendrá (Ilustración 137 a 139):

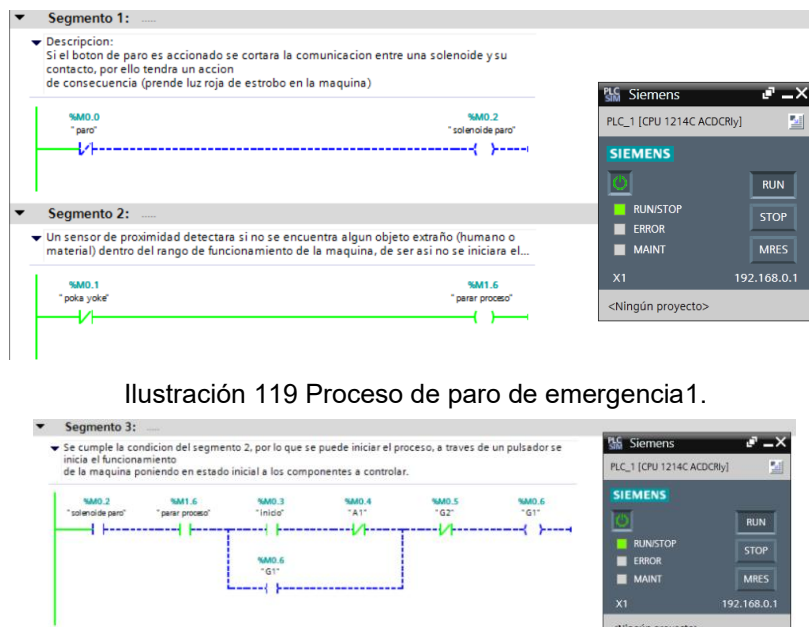


Ilustración 119 Proceso de paro de emergencia 1.

Ilustración 120 Proceso de paro de emergencia 2.

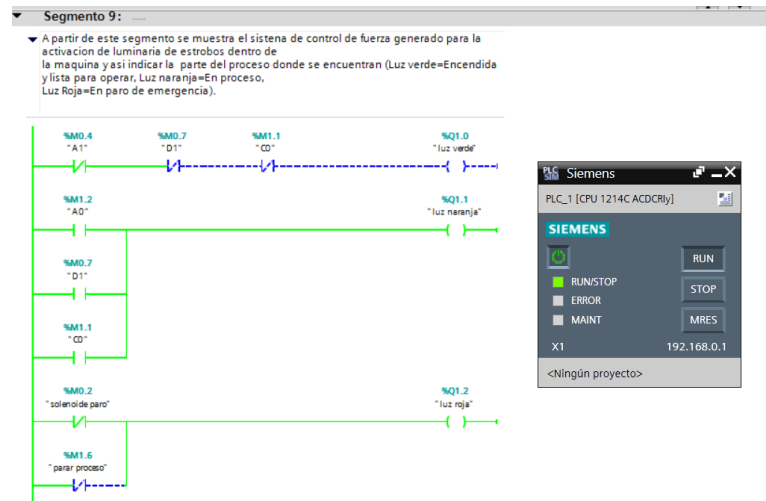


Ilustración 121 Proceso de paro de emergencia 3.

O en su caso la técnica poka yoke (Ilustración 140 a 142).

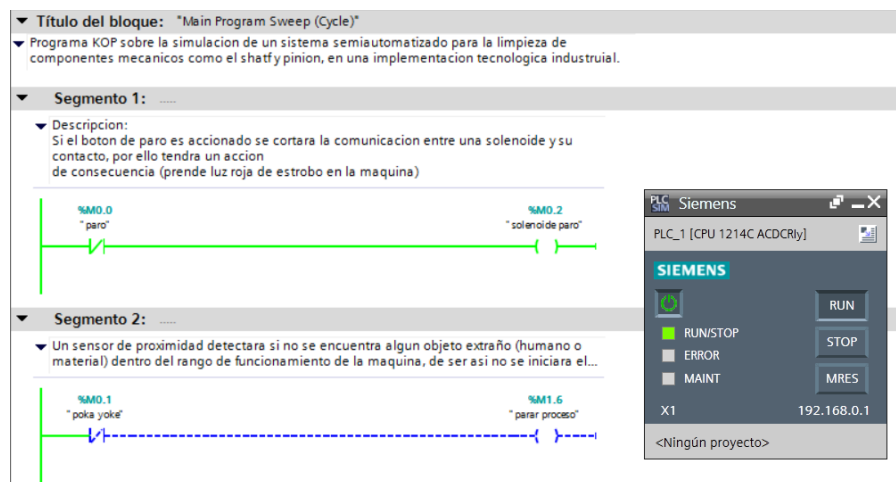


Ilustración 122 Proceso paro por poka yoke 1.

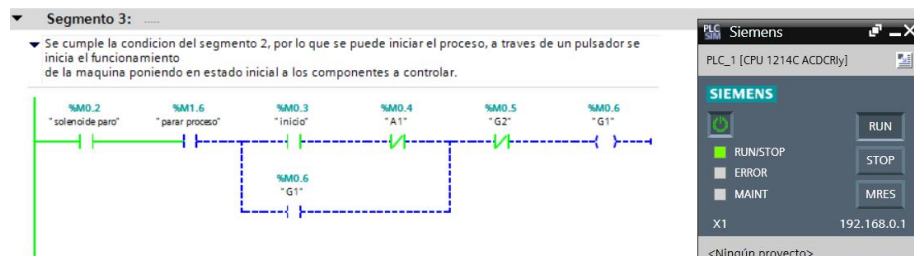


Ilustración 123 Proceso paro por poka yoke 2.

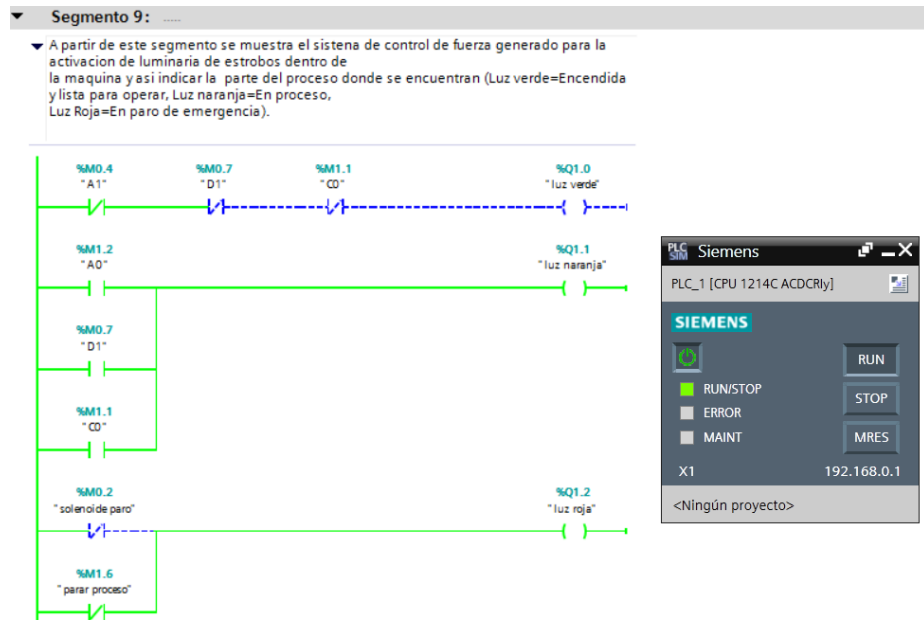


Ilustración 124 Proceso paro por poka yoke 3.

CAPITULO 4: ANALISIS DE RESULTADOS

Beneficios de la Implementación

Reducción del tiempo de limpieza: Se optimiza el proceso para cumplir con el objetivo de 1.3 minutos o menos por caja.

- Mayor eficiencia en la producción: Se eliminarán los retrasos en la línea al garantizar un flujo constante de piezas limpias.
- Disminución del esfuerzo manual: Los operadores se enfocarán en supervisión en lugar de tareas repetitivas.
- Estandarización del proceso: Se asegura una calidad uniforme en la limpieza de cada pieza.

La implementación de este sistema mecatrónico permitirá automatizar el proceso de limpieza con aire comprimido, asegurando una producción más eficiente, rápida y sin interrupciones. La combinación de mecánica, neumática, electrónica y automatización garantizará una mejora significativa en los tiempos de operación y en la productividad de la línea de producción.

La implementación del sistema automatizado de sopleteado con aire comprimido para la limpieza de componentes Shaft y Pinion representa una solución integral y eficiente que responde a los retos actuales del proceso manual en la industria automotriz. De acuerdo con la literatura en automatización industrial (Groover, 2016; Bolton, 2015), la incorporación de sistemas mecatrónicos que integran control lógico programable, neumática y diseño estructural modular, optimiza tanto la calidad como la productividad en líneas de producción.

Los análisis realizados confirman que el diseño estructural basado en perfiles de aluminio Bosch garantiza resistencia, modularidad y compatibilidad con equipos existentes, mientras que la simulación tridimensional en SolidWorks valida la ergonomía y funcionalidad del sistema (Shigley, 2017). La protección con acrílicos y

los rediseños en transporte de piezas aumentan la seguridad y eficiencia operativa, alineándose con las mejores prácticas de seguridad industrial (OSHA, 2020).

El análisis neumático cumple con estándares internacionales (ISO 15552, NMX-O-193-SCFI-2014), asegurando un flujo y presión adecuados para el proceso sin dañar las piezas ni comprometer la integridad del sistema, aspecto crucial para procesos repetitivos y precisos en la industria automotriz (Smith & Patel, 2019). La lógica de control implementada mediante PLC, con simulación en TIA Portal, garantiza secuencias seguras y eficientes, minimizando errores humanos y aumentando la confiabilidad operativa (Siemens AG, 2021).

Desde una perspectiva económica, la automatización ofrece una reducción significativa en tiempos de limpieza (de hasta más del doble en proceso manual a 1.3 minutos por caja), disminución de mano de obra y reducción de retrabajos, factores que sustentan un retorno de inversión favorable en mediano plazo (Harrington, 2018). Además, mejora las condiciones laborales al reducir la fatiga y riesgos asociados al manejo manual de aire comprimido, promoviendo un ambiente de trabajo seguro y ergonómico (NIOSH, 2019).

Finalmente, la estandarización y repetibilidad del proceso aseguran una calidad continua en los componentes, elemento clave para la integración futura en líneas de ensamblaje EPS y la competitividad de la empresa en el contexto de la Industria 4.0 (Kagermann et al., 2013). Por tanto, se recomienda avanzar con la implementación física del sistema automatizado, ya que sus beneficios técnicos, económicos y de seguridad superan ampliamente las limitaciones del método manual actual.

Generalidades:

La relación entre el análisis de tiempo y el estudio de materiales y costos demuestra que:

- El sistema actual cumple con los estándares de eficiencia.
- El sistema automatizado sí es viable técnica y económicamente.

- La implementación de esta solución permitirá reducir tiempos, costos y riesgos, aumentando productividad y calidad.

Recomendación: Proceder con la implementación del sistema automatizado de limpieza con base en el diseño propuesto, ya que los beneficios superan ampliamente a los costos y limitaciones actuales del proceso manual.

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA.

Conclusión General

El proceso de limpieza manual presentaba una eficiencia limitada, particularmente en la limpieza de cajas completas en operación. Aunque el tiempo de limpieza por pieza se acerca al objetivo, el acumulado por caja demuestra una brecha significativa.

Para mejorar la productividad, es recomendable optimizar el método de trabajo, capacitar a los operadores o considerar alternativas automatizadas como la que se propone para que reduzcan el tiempo de procesamiento.

El análisis muestra que el proceso de limpieza actual no es completamente eficiente cuando se mide a nivel individual. Para evitar retrasos en la línea de producción, se recomienda:

- Optimizar los tiempos de limpieza mediante la mejora de técnicas o herramientas.
- Redistribuir tareas para asegurar que más operadores trabajen en paralelo y se alcance la meta de producción.
- Implementar un sistema de control automatizado para garantizar que siempre haya piezas disponibles en el almacén y evitar interrupciones en la línea de producción.

El desarrollo de este proyecto representa una propuesta sólida de innovación técnica aplicada a un proceso industrial clave dentro del sector automotriz. El proyecto se centra en la mejora integral del proceso de limpieza de piezas, tradicionalmente realizado de forma manual, mediante la implementación de un sistema automatizado que reduce la intervención humana, mejora la calidad y eleva la eficiencia operativa.

A lo largo del estudio se identificaron diversas problemáticas que afectan directamente la productividad y la calidad del proceso actual: tiempos de limpieza excesivos, dependencia de la habilidad del operador, variabilidad en los resultados, riesgos ergonómicos, consumo excesivo de aire comprimido, y falta de estandarización y trazabilidad del procedimiento. Estos factores se traducen en costos elevados, inconsistencias en la producción, riesgos para la seguridad laboral y un bajo rendimiento global del sistema de inspección.

En respuesta a lo anterior, se diseñó y simuló una solución integral que incorpora tecnología neumática, eléctrica, electrónica y de control lógico programable (PLC), coordinada mediante software especializado (SolidWorks, Festo FluidSIM, TIA Portal). La propuesta incluye un molde optimizado para sujeción múltiple, una estructura mecánica basada en perfiles Bosch, un sistema neumático de doble efecto, y un control centralizado mediante PLC Siemens S7-1200, lo cual permite realizar el proceso de sopleteado con precisión, rapidez y repetibilidad.

La evaluación comparativa entre el proceso manual y el automatizado, sustentada en análisis estadístico de tiempos reales y simulados, confirmó una mejora significativa en los indicadores clave de desempeño. Se logró reducir el tiempo por caja de limpieza de 3.2 minutos (promedio real observado) a 1.2 minutos simulados, incrementando la eficiencia operativa de 46.3% a valores superiores al 90%. Además, se proyecta una reducción del 25% en el consumo de aire comprimido, gracias a la gestión eficiente mediante válvulas y reguladores de caudal.

Más allá de los beneficios operativos, el sistema automatizado también responde a necesidades de seguridad industrial, al eliminar el contacto directo del operador con herramientas neumáticas a alta presión, y a criterios de calidad normada, al favorecer la trazabilidad, documentación y control del proceso conforme a estándares como ISO 9001, IATF 16949 e ISO 8573-1.

Si bien la propuesta se desarrolló en un entorno de simulación debido a las limitaciones de acceso a infraestructura física, su diseño se encuentra plenamente fundamentado en principios de ingeniería industrial aplicable, normas técnicas vigentes y buenas prácticas en manufactura avanzada. Esta condición de simulación no limita la aplicabilidad del sistema, sino que permite establecer una base robusta para su implementación futura en entornos industriales reales.

La contribución del proyecto no solo radica en resolver una problemática técnica específica, sino en introducir una cultura de mejora continua, estandarización e innovación tecnológica dentro del contexto de manufactura automatizada. Asimismo, abre la posibilidad de extender este tipo de automatizaciones a otras etapas del proceso productivo, fomentando la transformación digital y la adopción de modelos de industria 4.0 en las empresas mexicanas.

Recomendaciones

1. Implementación física del sistema automatizado

Se recomienda encarecidamente materializar la propuesta en un entorno industrial real, tomando como base el diseño simulado validado en este proyecto. Para ello, se sugiere iniciar con una línea piloto o célula de trabajo semiautomatizada utilizando los materiales, planos y configuraciones ya establecidos. Esto permitirá realizar ajustes menores en campo y validar el comportamiento del sistema bajo condiciones reales de operación.

2. Integración de sistemas de verificación y control de calidad

Para maximizar la trazabilidad y robustez del proceso, se aconseja integrar sensores de proximidad, sensores ópticos o visión artificial que permitan verificar la posición y limpieza efectiva de cada pieza en tiempo real. Estos datos pueden ser almacenados para fines de auditoría y mejora continua.

3. Capacitación técnica continua del personal

Con la incorporación de automatización, es fundamental capacitar al personal técnico en programación de PLC, mantenimiento de sistemas neumáticos y protocolos de seguridad industrial. Esto garantizará una operación autónoma del sistema y reducirá la dependencia de especialistas externos.

4. Aplicación del modelo a otros procesos de limpieza

Debido a la modularidad del diseño, se recomienda evaluar su adaptabilidad a otros procesos de retrabajo o inspección donde se usen métodos manuales similares. Esto facilitaría la estandarización interdepartamental y consolidaría una línea de producción más uniforme.

5. Análisis de retorno de inversión (ROI)

Como siguiente fase, se propone elaborar un análisis financiero detallado del retorno de inversión que considere los ahorros en mano de obra, reducción de desperdicios, mejora en la eficiencia operativa y disminución de accidentes. Esto permitirá tomar decisiones estratégicas sobre su escalabilidad en otras plantas.

6. Optimización energética

En vista del alto consumo de aire comprimido y energía, se sugiere implementar sistemas de recuperación de energía o válvulas inteligentes que regulen el uso del aire únicamente cuando sea necesario. Esto potenciará aún más el ahorro proyectado del 25% en consumo neumático.

Experiencia Profesional Adquirida

Durante la ejecución de este proyecto se adquirieron y reforzaron competencias profesionales clave que representan una evolución significativa en el perfil del ingeniero en mecatrónica, tanto a nivel técnico como metodológico y humano.

1. Aplicación de conocimientos interdisciplinarios

Se integraron eficazmente las áreas de mecánica, neumática, electrónica, control e ingeniería de sistemas, utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), simuladores industriales y entornos de programación lógica (TIA Portal, FluidSIM, CADESimu). Esta combinación permitió consolidar un enfoque holístico en la resolución de problemas reales del entorno industrial.

2. Capacidad de análisis técnico y diagnóstico

Se logró desarrollar una mirada crítica hacia procesos operativos cotidianos en la industria automotriz. Al evaluar la eficiencia de métodos manuales, identificar riesgos y proponer soluciones concretas, se fortaleció la capacidad de observar, medir y modelar sistemas para su optimización.

3. Gestión de proyectos de ingeniería

Desde la definición del problema hasta la entrega de documentación técnica final, se gestionaron actividades, tiempos, entregables y revisiones técnicas de manera estructurada, empleando cronogramas, tablas de seguimiento y presentaciones formales. Esto refuerza la capacidad de liderar proyectos en entornos colaborativos bajo presión y con objetivos definidos.

4. Adaptación a limitaciones reales

La imposibilidad de ejecutar físicamente el sistema obligó a maximizar los recursos disponibles mediante simulación avanzada y documentación técnica detallada. Esto evidenció una mentalidad resiliente, ingeniosa y orientada a resultados, habilidades altamente valoradas en el campo laboral.

5. Compromiso con la mejora continua y la calidad

Al alinear el proyecto con normas internacionales como ISO 9001, ISO 8573-1 e IATF 16949, se desarrolló una cultura de calidad y estandarización, base indispensable para cualquier profesional que aspire a desempeñarse en la industria automotriz de alto nivel.

6. Ética y responsabilidad profesional

Durante la etapa de residencia, se mantuvo un compromiso firme con la integridad, la colaboración y la responsabilidad técnica, representando con profesionalismo tanto al Instituto Tecnológico de Apizaco como a la empresa colaboradora.

En conjunto, este proyecto permitió no solo resolver una problemática técnica específica, sino formar integralmente al residente como un profesional preparado para enfrentar los retos de la industria moderna, con una visión técnica sólida, capacidad analítica, sentido crítico y orientación hacia la innovación, productividad y seguridad industrial.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.

Análisis de Competencias Desarrolladas en el Proyecto.

A partir de nuestro perfil de egreso como ingeniero mecatrónico, identifique las siguientes competencias que se desarrollan y aplican en el proyecto universitario que desarrolle:

1. Cumplimiento de Normas Nacionales e Internacionales:

El proyecto se desarrolla con base en normativas técnicas y de seguridad, demostrando la responsabilidad profesional del egresado al cumplir con los estándares requeridos.

2. Diseño, Simulación, Construcción e Innovación:

Se evidencia el diseño y análisis de un sistema mecatrónico.

Se incorporan procesos de simulación para verificar su funcionamiento.

Se construye un prototipo y se busca mejorar productos o procesos existentes.

3. Integración de Tecnologías Mecánicas, Eléctricas, Electrónicas y Computacionales:

Se emplean sensores, actuadores y sistemas de control que combinan estos conocimientos.

Se aplican herramientas computacionales para la programación y monitoreo del sistema.

4. Planificación, Evaluación y Administración de Proyectos:

Se presenta una estructura de planificación para la implementación del sistema.

Se analizan costos, tiempos y recursos necesarios para su realización.

5. Trabajo en Equipos Multidisciplinarios:

Se observa la colaboración con otros profesionales o estudiantes de distintas especialidades.

Se demuestra la capacidad de coordinación en equipo para asegurar la calidad y eficiencia del proyecto.

6. Habilidades de Comunicación y Liderazgo:

Se presenta un informe estructurado con descripciones técnicas claras.

Se evidencia la comunicación efectiva de ideas y soluciones.

Se aplican capacidades de liderazgo en la ejecución y dirección del proyecto.

7. Innovación y Desarrollo Tecnológico:

Se identifican mejoras y soluciones tecnológicas innovadoras para resolver problemas existentes.

Se exploran nuevas formas de optimizar procesos industriales.

8. Transferencia y Adaptación de Tecnologías:

Se implementan tecnologías de vanguardia en la solución propuesta.

Se demuestra la capacidad de adaptar e integrar herramientas tecnológicas en un entorno específico.

En conclusión, el proyecto de graduación elaborado abarca diversas competencias clave en mi perfil de egreso como ingeniero mecatrónico, destacándose en diseño, innovación, integración tecnológica y administración de proyectos, con un enfoque en la mejora de procesos industriales y la aplicación de normativas vigentes.

REFERENCIAS

- Tameson. (s.f.). ISO 15552 Cilindros neumáticos. Recuperado el 24 de marzo de 2025, de <https://tameson.es/pages/iso-15552-cilindros-neumaticos>
- Pneumatig. (s.f.). ISO 6432 Cilindros neumáticos de acero inoxidable. Recuperado el 24 de marzo de 2025, de <https://pneumatig.eu/es/actuadores-neumaticos/iso6432-stal-nierdzewna.html>
- Norgren. (s.f.). What are pneumatic cylinders and actuators? Recuperado el 24 de marzo de 2025, de <https://www.norgren.com/es/soporte/blog/what-are-pneumatic-cylinders-and-actuators>
- Elvatron. (s.f.). Importancia de la preparación del aire comprimido. Blog Elvatron. Recuperado el 24 de marzo de 2025, de <https://blog.elvatron.com/movilidadindustrial/importancia-de-la-preparaci%C3%B3n-del-aire-comprimido>
- Hoffmann Group México. (s.f.). Pistola de soplado Air Air 2. Hoffmann Group. Recuperado el 24 de marzo de 2025, de <https://hoffmanngroup.mx/tienda/herramienta-electrica-y-neumatica/neumatica-e-hidraulica/pistolas-de-aire-y-liquidos/pistola-de-soplado-air-air-2>
- Truper. (s.f.). Soplete de aire tipo M para compresor 909. Truper. Recuperado el 24 de marzo de 2025, de https://www.truper.com/ficha_tecnica/Soplete-de-aire-tipo-M-para-compresor-909.html
- Silvent. (s.f.). Grandes posibilidades de ahorro al soplar con aire comprimido. Silvent Knowledge Center. Recuperado el 24 de marzo de 2025, de <https://knowledge.silvent.com/es/grandes-posibilidades-de-ahorro-al-soplar-con-aire-comprimido>
- Sotomayor Moreno, J. I. (2001). La evolución de las Generaciones de la Calidad. Investigación Administrativa, 30(88), 41-51. Recuperado de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782001000100041&lng=es&nrm=iso

- AIAG. (2008). Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan. Automotive Industry Action Group. Recuperado de <https://www.aiag.org/quality/quality-core-tools/apqp>
- Bosch. (2020). Electric Power Steering Systems (EPS). Bosch Mobility Solutions. Recuperado de <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/steering/electric-power-steering-systems/>
- International Organization for Standardization. (2010). ISO 8573-1:2010 Compressed air—Contaminants and purity classes. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/40469.html>
- International Automotive Task Force. (2016). IATF 16949:2016—Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations. Recuperado de <https://www.iatfglobaloversight.org/wp/wp-content/uploads/2016/12/IATF-16949-2016-EN.pdf>
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press. Recuperado de <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780429273018/toyota-production-system-taiichi-ohno>
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance. McGraw-Hill. Recuperado de <https://archive.org/details/sixsigmawayhowge00pand>
- Taguchi, G. (1986). Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes. Asian Productivity Organization. Recuperado de <https://archive.org/details/introductiontoqu0000tagu>
- marketing NC Tech. (2024, diciembre 17). ¿Qué es la calidad y por qué es clave? NC Tech. Recuperado de <https://nctech.mx/nc-tech-insights/que-es-calidad-y-por-que-es-clave-para-tu-empresa/>

- Daunis. (2020). Sistemas de aire comprimido: eficacia vs eficiencia energética. Daunis. Recuperado de: <https://www.daunis.es/eficacia-vs-eficiencia/>
 - Pérez, A. (2019). Técnicas avanzadas en la limpieza de piezas automotrices con aire comprimido. *Journal of Automotive Engineering*, 28(4), 215–223.
 - Eficiencia energética. (2025). Wikipedia. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica
 - Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (2011). *Product design for manufacture and assembly* (3rd ed.). CRC Press. <https://www.routledge.com/Product-Design-for-Manufacture-and-Assembly/Boothroyd-Dewhurst-Knight/p/book/9781420089271>
 - Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press. https://www.lean.org/WhoWeAre/NewsArticleDocuments/Lean_Thinking_by_Womack_and_Jones.pdf
 - International Organization for Standardization. (2010). ISO 8573-1:2010: Compressed air — Contaminants and purity classes. <https://www.iso.org/standard/45365.html>
 - Daunis, F. (2020). Optimización del consumo energético en sistemas neumáticos industriales. *Revista Técnica de Mantenimiento Industrial*. <https://www.revistademaquinaria.com/aire-comprimido-industria-eficiencia>
- Pérez, J. (2019). Técnicas de limpieza con aire comprimido en la industria automotriz: aplicación y ventajas operativas. *Revista Ingeniería Mecánica Aplicada*. <https://www.imarevista.org/limpieza-con-aire-comprimido-industria-automotriz>

ANEXO 1.0 Identificación de Componentes Existentes.

Anexo1.1 Toma de aire comprimido.

AIRnet Aluminio

Diámetros	Aplicaciones	Material	Ficha Técnica
Presión de trabajo: Máximo 232 psig de acuerdo a ASME B31.1 Temperatura de trabajo: -20°C a 80°C Nivel de vacío: 0.189 psia (29.5 HgV) Punto de rocío: El punto de rocío a la presión más baja permitida es -70°C Tratamiento interno: Tratamiento de conversión libre de Cromo Recubrimiento externo: Pintura polvo de polyester (Certificado QUALICOAT) Color: Azul RAL 5012			

AIRnet Acero Inoxidable

Diámetros	Aplicaciones	Material	Ficha Técnica
Presión de trabajo: Máximo 232 psig Temperatura de trabajo: -20°C a 120°C Nivel de vacío: 0.29 PSI Punto de rocío: El punto de rocío a la presión más baja permitida es -70°C Tratamiento interno: Recocido			

Anexo1.2 Tubería poliflo de 0.25mm resistente a altas presiones.

CLAVE	D.E. Inch (mm)	D.I. Inch (mm)	PARED Inch (mm)	PSI (BAR)	TEMPERATURA DE TRABAJO				
P1/8	1/8" (3.17)	(2.00)	1/32" (0.79)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
P5/32	5/32" (3.96)	(2.50)	(0.73)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
P3/16	3/16" (4.76)	1/8" (3.17)	1/32" (0.79)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
P1/4	1/4" (6.35)	(4.35)	(1.00)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
P5/16	5/16" (7.93)	(4.80)	(1.56)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
P3/8	3/8" (9.52)	1/4" (6.35)	1/16" (1.58)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
P1/2	1/2" (12.70)	3/8" (9.52)	1/16" (1.58)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
P5/8	5/8" (15.87)	(11.00)	(2.43)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
P3/4	3/4" (19.05)	(15.05)	(2.00)	125 (8.618)	-10°C a 50°C				
CLAVE	LONGITUD ROLLO m	PESO ROLLO Kg	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	ESTATUS DEL PRODUCTO			
P1/8	300	1.50	24	24	12	DE LÍNEA			
P5/32	200	2.50	29	29	11	DE LÍNEA			
P3/16	200	2.10	30	30	11	DE LÍNEA			
P1/4	100	1.80	27	27	11	DE LÍNEA			
P5/16	100	3.00	32	32	12	DE LÍNEA			
P3/8	100	3.80	33	33	15	DE LÍNEA			
P1/2	100	5.50	41	41	12	DE LÍNEA			
P5/8	100	11.00	55	55	15	DE LÍNEA			
P3/4	100	10.00	60	60	16	DE LÍNEA			
COLORES DE LÍNEA									
CLAVE	NATURAL	NEGRO	ROJO	AZUL	AMARILLO	VERDE	BLANCO	NARANJA	GRIS
P1/8	☒	☒	F	F	F	F	F	F	F
P5/32	☒	☒	F	F	F	F	F	F	F
P3/16	☒	☒	F	F	F	F	F	F	F
P1/4	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
P5/16	☒	☒	☒	☒	☒	F	F	F	F
P3/8	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	F	F
P1/2	☒	☒	☒	☒	F	F	F	F	F
P5/8	☒	☒	F	F	F	F	F	F	F
P3/4	☒	☒	F	F	F	F	F	F	F

Anexo1.3 Válvula de paso (de bola) FESTO.

Características

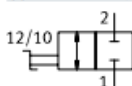
Información resumida

Válvula de accionamiento **manual** en ejecución de plástico robusta.

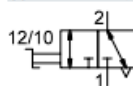
- Válvula de cierre, accionamiento **manual**
- Conexión: rosca en ambos lados, racor de conexión en ambos lados, rosca/racor de conexión
- Diversas variantes de fijación

Función de la válvula

[2] Válvula de 2/2 vías



[3] Válvula de 3/2 vías



Conexión neumática 1

Conexión neumática mediante rosca exterior o racor de conexión.

Conexión neumática, 2



Posibles variantes de conexión:

- Racores de conexión en ambos lados
- Combinación de rosca exterior/racor de conexión
- Rosca exterior en ambos lados

Especificaciones técnicas – HE-2								
Conexión neumática 1	R1/8	R1/4	R3/8	R1/2	QS-6	QS-8	QS-10	QS-12
Conexión neumática 2	QS-6	QS-8	QS-10	QS-12	QS-6	QS-8	QS-10	QS-12
Forma constructiva	Corredera del émbolo							
Tipo de fijación	A elegir: Montaje directo mediante taladro pasante Fijación directa mediante rosca				A elegir: Montaje directo mediante taladro pasante Instalación en la tubería			
Posición de montaje	Cualquiera							
Función de la válvula	Biestable de 2/2 vías							
Tipo de accionamiento	Manual							
Tipo de control	Directo							
Sentido de flujo	Reversible							
Principio de sellado	Blando							
Presión de funcionamiento	-0,095 ... 1 MPa							
Presión de funcionamiento	-0,95 ... 10 bar							
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:--:-]							
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)							
Temperatura ambiente	0 ... 60°C							
Temperatura del medio	0 ... 60°C							
Clase de resistencia a la corrosión CRC ¹⁾	2 - riesgo de corrosión moderado							
Material del cuerpo	PBT, reforzado							
Material del pivote atornillado	Latón niquelado				–			
Material de las juntas	NBR							
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS							
Conformidad PWIS	VDMA24364-B1/B2-L							

Anexo1.4 Conexión racor de 0.25 mm.

Especificaciones

Rosca	1/4 pulgada
Conexión Push-In ⓘ	8 mm
Tipo de conexión	Rosca exterior cónica BSPT-R, Push-in
Material ⓘ	Latón
Sellado del material ⓘ	NBR (caucho nitrilo)
Presión mínima	-0.95 bar
Presión máxima a 20 °C ⓘ	20 bar
Temperatura mínima ⓘ	-20 °C
Temperatura máxima ⓘ	80 °C
Características de montaje	Vacio, Hexágono exterior
Tipo de sellado	Recubierto de PTFE
Conexión material 1	PA 66
Conexión material 2	Latón
Conexión de protección de la superficie 2	Niquelado ⓘ
Forma	Recto
Con desagüe	No

Anexo1.5 Manguera neumática para aire comprimido.

Especificaciones

Largo	15.2 m
Presión máxima de trabajo	200 psi / 1,378 kPa
Color	Naranja
Temperatura de operación	-20° C a 60 °C
Empaque individual	Etiqueta
Inner	2
Master	24
Pallet	288

Anexo1.6 Base “Y” para 2 tomas de aire comprimido.

Datos técnicos

Material del cuerpo	Acero inoxidable 316
Presión máxima de operación	6000 psig a 70° F (414 bar a 21° C)
Rango de temperatura de funcionamiento	-40° F a +600° F (-40° C a +316° C)
Conexiones	GYROLOK® ¼", ⅜" y ½"
Par medio de accionamiento con la máxima presión de operación	40 lb.pulg.

Instrucciones de uso

- La válvula se acciona girando la tuerca del orificio de purga con una llave. Utilice una llave de respaldo apropiada para sostener el cuerpo mientras gira la tuerca de purga.
- A medida que gira la tuerca de purga, la presión fuerza la bola fuera del asiento. La presión se libera a través de un orificio perforado en la tuerca, en ángulo hacia el cuerpo de la válvula. Asegúrese de que el flujo de la purga no se dirija hacia el operario.
- Las personas que utilizan este tipo de válvulas deben usar ropa protectora, gafas especialmente.
- No intente reparar ni desmontar la válvula.

Anexo1.7 Pistolas neumáticas de alta presión con boquilla intercambiable.

Especificaciones	
Tipo de cuerda	1/4" NPT
Empaque individual	Blíster
Inner	6
Master	48
Pallet	1920

Anexo1.8 Base para colocar las pistolas neumáticas de aire comprimido.

Ficha técnica	
Especificaciones	
Marca	Redline
Material	85% Acero, 15% PVC
Color	Varios
Estilo deco	Industrial
Medidas	1 cm
Alto producto empacado	23.3 cm
Garantía	3 Meses
Características	fácil de instalar: 10 Piezas., Hechos de acero solido, Revestimiento antideslizante
Número de piezas	10
Superficie de aplicación	Acero, Multiuso, Textil
Capacidad de carga	5 kg
ID Cat Sodimac	10003171
Tipo producto fijaciones	Gancho Metálico

Anexo1.9 Abrazaderas para sostener conexiones de 25 mm de diámetro.

Abrazaderas para tubería conduit pared delgada EMT

Tipo Omega reforzada para tubería EMT*

Aplicación: Uso ligero



Catálogo	Código	Medida	Empaque
497 1	11762600	1/2"	250
497 2	11762601	3/4"	150
497 3	11762602	1"	100
497 4	11762603	1 1/4"	50
497 5	11762604	1 1/2"	50
497 6	12143075	2'	25

* No incluye tornillos de fijación.

Tipo Uña reforzada para tubería EMT*

Aplicación: Uso ligero



Catálogo	Código	Medida	Empaque
200	11762584	1/2"	100
201	11762585	3/4"	100
202	11762586	1"	100
203	11762587	1 1/4"	50
204	11762598	1 1/2"	25
205	11762599	2'	25

ANEXO 2.0 Estudio de Materiales y Costos recomendados si se desea aplicar.

Anexo 2.1 Tipo de material de la jaula.

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (MXN)	Subtotal (MXN)
Perfil de aluminio tipo Bosch 20x20	30	metros	140	4200
Escuadras de fijación (aluminio/zinc)	24	piezas	18	432
Placas de unión (con tornillos)	12	piezas	35	420
Tornillos M6 ranurados (acero)	48	piezas	4.5	216
Tuercas tipo T ranura 6 mm	48	piezas	4	192
Tapones plásticos para perfil 20x20	24	piezas	6	144
Pies niveladores (opcionales)	4	piezas	85	340
			TOTAL	5944

Para mayor información consulte:

<https://perfilesbosch.com.mx/app/cotizar/>

Anexo 2.2 Tipo de acrílico de la jaula.

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (MXN)	Subtotal (MXN)
Lámina acrílica antiestática Plasticryl (PMMA, 3 mm espesor, 1.22 x 2.44 m)	4	láminas	950	3800
Tornillos de sujeción (acero inoxidable, M5 x 20 mm)	40	piezas	2.5	100
Tuercas y rondanas (acero inoxidable, M5)	40	juegos	1.8	72
Separadores plásticos (5 mm, para montaje flotado)	20	piezas	3.5	70
Cinta selladora o burlete (PVC, 5 m)	2	rollos	45	90
			TOTAL	4132

Para mayor información consulte:

<https://avanceytec.com.mx/descripcion/17248/0230-5652-0420/laminas-de-acrilico-antiestatico>

Anexo 2.3 Base de sopleteado impresa en 3D a base de filamento resistente a altas presiones.

Concepto	Cantidad (kg)	Costo unitario (MXN/kg)	Costo total (MXN)
Filamento PETG con fibra de carbono	2	800	1600

Para más información visite:

<https://www.3dnatives.com/es/directorio-impresion-3d/tridi-mx/#>

Anexo 2.4 Materiales neumáticos.

Producto	Descripción / Modelo	Cantidad	Precio Unitario (MXN)	Subtotal (MXN)
Pistón neumático doble efecto	Festo DNC-32-50-PPV-A	3 piezas	2900	8700
Canalización neumática (tubería)	Tubo 1/4" OD, 30 metros	30 m	659.8	659.8
Conexiones neumáticas	Regulador de caudal tipo codo	3 piezas	175	525
			TOTAL	9884.8

Para más información visite:

<https://urrea.mx/>

<https://smc.com.mx/>

<https://www.festo.com/mx/es/>

Anexo 2.5 Materiales eléctricos/ Materiales Electrónicos.

Componente	Modelo	Precio Unitario (MXN)	Cantidad	Subtotal (MXN)
INTERRUPTOR PRINCIPAL	Schneider Electric Interruptor	550	1	550
BORNERA DE ALIMENTACION	Conector Clema De Tierra Riel Din 24-10awg	15	1	15
TERMOMAGNETICO	Schneider Electric A9F74206 IC60N	620	1	620
FUENTE DE PODER	SIMATIC S7-1200	4500	1	4500
BORNERA DE ENTRADAS AL PLC	Conector Clema De Tierra Riel Din 24-10awg	15	1	15
BOTON DE ACCIONAMIENTO	Siemens 3SU11000AB401FA0	230	1	230
BOTON DE EMERGENCIA	Siemens 3su1801-0nb00-2aa2	290	1	290
SENSOR DE POSICION	AGUAC-CS1-MN	320	1	320
SENSOR DE POSICION	AGUAC-CS1-MN	320	1	320
SENSOR DE POSICION	AGUAC-CS1-MN	320	1	320
SENSOR DE POSICION	GTB6-P4231	410	1	410
PLC	Siemens S7 1200	7900	1	7900
BORNERA DE SALIDAS DE PLC	Conector Clema De Tierra Riel Din 24-10awg	15	1	15
ELECTROVALVULA	Air TAC 4V120-06	380	1	380
ELECTROVALVULA	Air TAC 4V120-06	380	1	380
ELECTROVALVULA	Air TAC 4V120-06	380	1	380
ELECTROVALVULA AIRE COMPRIMIDO	ASCO 8210G002	1450	1	1450
LAMPARA INDICADORA VERDE	AD16-22D/S31	22	1	22
LAMPARA INDICADORA AMARILLA	AD16-22D/S31	22	1	22
LAMPARA INDICADORA ROJA	AD16-22D/S31	22	1	22
PUESTA A TIERRA	Varilla Copperweld	135	1	135
GABINETE ELECTRICO	Volteck GAME-5040	1250	1	1250
RIEL DIN	ICI T&G - RIEL DIN	110	1	110
CANAleta RANURADA	TEKNO POWERS	90	1	90
			TOTAL	19746

Para mayor información consulte:

<http://se.com/mx/es/work/products/product-launch/tesys/>

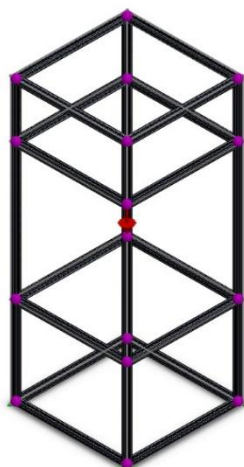
https://www.siemens.com/mx/es.html?acz=1&gad_source=1&gad_campaignid=9569247777&qbraid=0AAAAAEuPPOc542w1Gpl1sp0vBY3wV7cM&qclid=CjwKCAjwulbBBhBvEiwAsNypvSeCWniLebvUY3lYsV_Q5qfr1xGAmd0PZNTfU-86-5-k3NOWWp7WAxoCIC8QAvD_BwE

Anexo 2.7 Materiales para automatización.

Para más información visite:

<https://www.gastelum.com.mx/00070811-plc-cpu-1214c-acdcrl-14di-24vdc10dq-rly2ai-010-v-alim-120220vac?srsItd=AfmBOopFTAul-VEVripYGprsdzt0bfEvUCUSBSMf7WlpeNcoCaNL3hls>

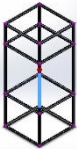
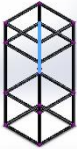
ANEXO 3.0 Análisis Estático de la estructura

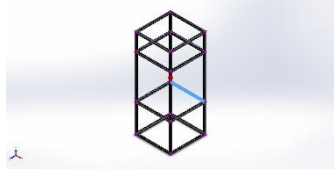
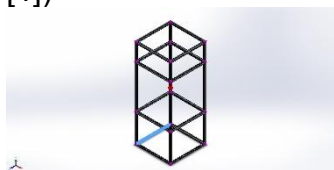
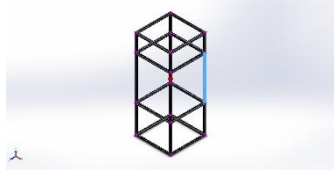
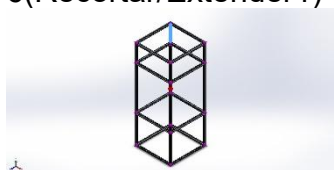


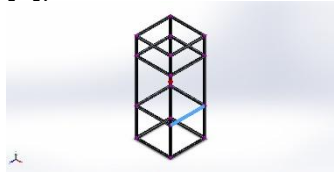
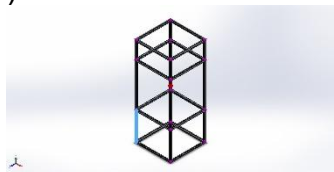
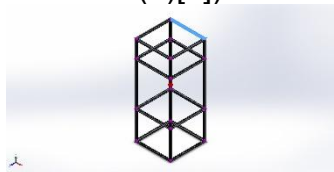
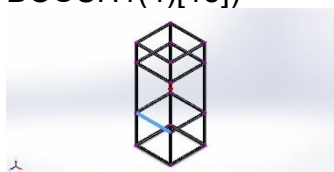
Nombre del modelo: estructura

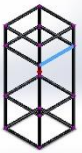
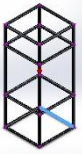
Configuración actual: Predeterminado<Como mecanizada>

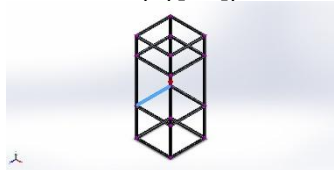
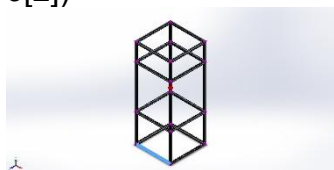
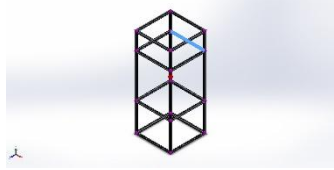
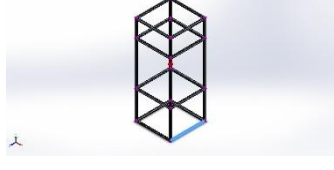
Sólidos de viga:

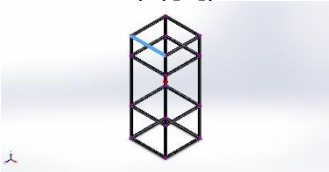
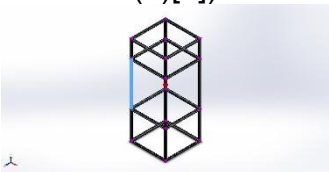
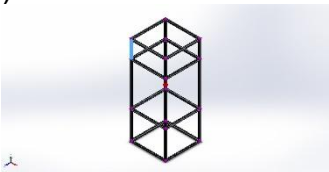
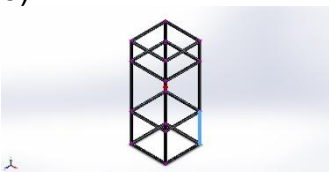
Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
Sólido 1(45 PERFIL BOSCH1(4)[5]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:800mm Volumen:0.000486323m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.31307kg Peso:12.8681N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 2(Recortar/Extender3) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:1,222.5mm Volumen:0.000743163m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:2.00654kg Peso:19.6641N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025

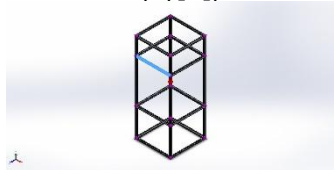
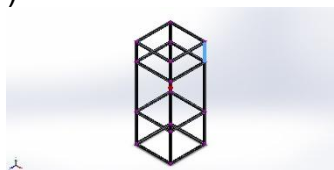
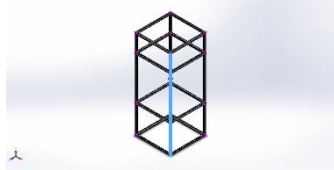
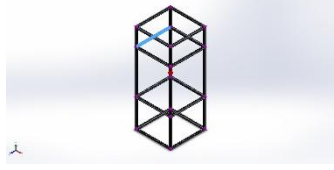
Sólido 3(Recortar/Extender11 [2]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 4(Recortar/Extender19 [1]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 5(45 PERFIL BOSCH1(3)[2]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:1,200mm Volumen:0.000729485m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.96961kg Peso:19.3022N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 6(Recortar/Extender1) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:432.5mm Volumen:0.000262918m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:0.70988kg Peso:6.95682N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025

Sólido 7(Recortar/Extender11 [1]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 8(Recortar/Extender18) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:800mm Volumen:0.000486323m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.31307kg Peso:12.8681N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 9(45 PERFIL BOSCH1(2)[1]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:955mm Volumen:0.000580544m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.56747kg Peso:15.3612N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 10(45 PERFIL BOSCH1(4)[13]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025

Sólido 11(Recortar/Extender10[2]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 12(45 PERFIL BOSCH1(2)[4]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:955mm Volumen:0.000580544m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.56747kg Peso:15.3612N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 13(Recortar/Extender17[2]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 14(45 PERFIL BOSCH1(2)[2]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:955mm Volumen:0.000580544m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.56747kg Peso:15.3612N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025

Sólido 15(45 PERFIL BOSCH1(4)[14]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 16(Recortar/Extender19[2]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 17(Recortar/Extender10[1]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 18(Recortar/Extender16[2]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025

Sólido 19(45 PERFIL BOSCH1(2)[3]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:955mm Volumen:0.000580544m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.56747kg Peso:15.3612N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 20(45 PERFIL BOSCH1(4)[3]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:1,200mm Volumen:0.000729485m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.96961kg Peso:19.3022N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 21(Recortar/Extender5) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:455mm Volumen:0.000276596m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:0.74681kg Peso:7.31874N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 22(Recortar/Extender1 5) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:800mm Volumen:0.000486323m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.31307kg Peso:12.8681N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025

Sólido 23(45 PERFIL BOSCH1(4)[8]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 24(Recortar/Extender4) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:455mm Volumen:0.000276596m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:0.74681kg Peso:7.31874N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 25(Recortar/Extender14) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:2,455mm Volumen:0.0014924m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:4.02949kg Peso:39.489N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025
Sólido 26(45 PERFIL BOSCH1(4)[9]) 	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- aluminio/45/perfil bosch1 Área de sección: 0.000607904m² Longitud:910mm Volumen:0.000553193m³ Densidad:2,700kg/m³ Masa:1.49362kg Peso:14.6375N	D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias\estructura. SLDPRT Apr 25 17:39:45 2025

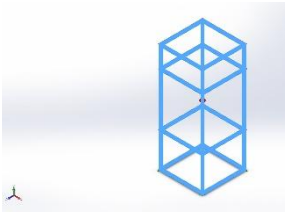
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla de viga
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (D:\proyecto residencias mecanico\proyecto de residencias\Proyecto residencias)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

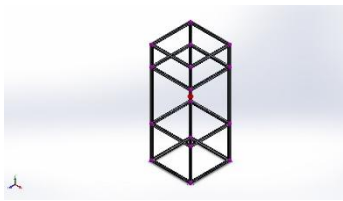
Propiedades de material

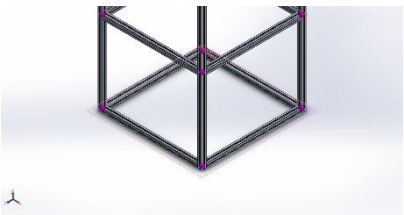
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: 6063-O Tipo de modelo: Isotrópico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de Sólido Límite elástico: 5e+07 N/m² Límite de tracción: 9e+07 N/m² Módulo elástico: 6.9e+10 N/m² Coefficiente de Poisson: 0.33 Densidad: 2,700 kg/m³ Módulo cortante: 2.58e+10 N/m²	Sólido 1(45 PERFIL hexagonal1(4)[5])(estructura) Sólido 2(Recortar/Extender3)(estructura), Sólido 3(Recortar/Extender11[2])(estructura), Sólido 4(Recortar/Extender19[1])(estructura), Sólido 5(Recortar/Extender19[1])(estructura),

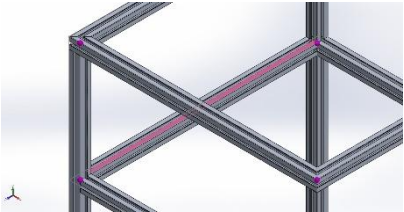
	Coeficiente de dilatación térmica:	2.34e-05 / K	Sólido 5(45 PERFIL BOSCH1(3)[2])(estructura), Sólido 6(Recortar/Extender1)(estructura), Sólido 7(Recortar/Extender11[1])(estructura), Sólido 8(Recortar/Extender18)(estructura), Sólido 9(45 PERFIL BOSCH1(2)[1])(estructura), Sólido 10(45 PERFIL BOSCH1(4)[13])(estructura), Sólido 11(Recortar/Extender10[2])(estructura), Sólido 12(45 PERFIL BOSCH1(2)[4])(estructura), Sólido 13(Recortar/Extender17[2])(estructura), Sólido 14(45 PERFIL BOSCH1(2)[2])(estructura), Sólido 15(45 PERFIL BOSCH1(4)[14])(estructura), Sólido 16(Recortar/Extender19[2])(estructura), Sólido 17(Recortar/Extender10[1])(estructura), Sólido 18(Recortar/Extender16[2])(estructura), Sólido 19(45 PERFIL BOSCH1(2)[3])(estructura),
--	------------------------------------	--------------	---

		Sólido 20(45 PERFIL BOSCH1(4)[3])(estructura) , Sólido 21(Recortar/Extender5)(estructura), Sólido 22(Recortar/Extender15)(estructura), Sólido 23(45 PERFIL BOSCH1(4)[8])(estructura) , Sólido 24(Recortar/Extender4)(estructura), Sólido 25(Recortar/Extender14)(estructura), Sólido 26(45 PERFIL BOSCH1(4)[9])(estructura)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 4 Juntas Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s^2

Fuerza-2		Entidades: 4 Juntas Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 49 N Momentos: ---, ---, --- N.m
----------	---	--

Información de malla

Tipo de malla	Malla de viga
---------------	---------------

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	332
Número total de elementos	318
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:28
Nombre de computadora:	ROY

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0	600.149	0	600.149

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-1.78814e-05	-4.8092e-05	2.6226e-06	5.13757e-05

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0	0	0	0

Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Vigas y fuerzas de viga

Nombre de viga	Jun tas	Axial(N)	Corte1 (N)	Corte 2(N)	Momento 1(N.m)	Momento 2(N.m)	Torsión (N.m)
Viga-1(45 PERFIL BOSCH1(4)[5])	1	122.155	1.07134	1.0711	-0.556227	0.556282	-1.05464e-05
	2	-134.674	-1.07134	-1.0711	-0.276557	0.276684	-1.05531e-05
Viga-2(Recortar/Extender3)	1	-106.782	-0.649477	-0.649556	-0.439151	0.439261	-7.87829e-06
	2	87.4605	0.649481	0.64956	-0.340319	0.340114	-7.87828e-06
Viga-3(Recortar/Extender11[2])	1	-0.42731	-0.00552639	7.68666	0.99553	0.00260737	0.000100833
	2	0.427304	0.00546876	7.69032	-0.997277	0.00262276	-0.000100835
Viga-4(Recortar/Extender19[1])	1	-2.67436e-07	-1.80149e-06	7.68849	1.22375	2.86737e-07	-7.16047e-09
	2	2.67436e-07	-1.80149e-06	7.68849	-1.22375	-2.86737e-07	-7.16047e-09
Viga-5(45 PERFIL BOSCH1(3)[2])	1	-106.746	0.648876	-0.660378	-0.443389	-0.437919	6.75362e-06
	2	87.4244	-0.648731	0.660382	-0.349067	-0.340638	-6.82616e-06
Viga-6(Recortar/Extender1)	1	-23.075	-3.75235	-3.75304	-0.783087	0.782524	8.11691e-05

	2	15.38 65	3.7523 5	3.753 04	-1.00899	1.00922	- 8.1173 5e-05
Viga- 7(Recortar/Extender11[1])	1	- 0.396 801	0.0055 0408	7.690 98	0.996595	- 0.002636 99	0.0005 64505
	2	0.396 807	- 0.0055 6171	7.686	- 0.994215	- 0.002626 86	- 0.0005 64965
Viga- 8(Recortar/Extender18)	1	- 134.6 46	- 1.0624 1	1.081 43	0.28102	0.272984	1.3874 2e-05
	2	122.1 28	1.0624 1	- 1.081 23	0.559712	0.55304	- 1.4095 5e-05
Viga-9(45 PERFIL BOSCH1(2)[1])	1	- 3.742 26	0.0100 027	7.693 52	1.0089	- 0.004875 08	0.0003 17621
	2	3.742 26	- 0.0104 529	7.683 45	-1.00409	- 0.004892 48	- 0.0003 17616
Viga-10(45 PERFIL BOSCH1(4)[13])	1	0.396 52	0.0054 0373	7.686 69	- 0.994602	0.002617 52	5.8875 4e-05
	2	- 0.396 52	- 0.0055 1962	7.690 29	0.996319	0.002598 38	- 5.9755 5e-05
Viga- 11(Recortar/Extender10[2])	1	3.030 87	0.0098 2832	7.685 4	1.11336	- 0.004723 36	0.0012 1414
	2	- 3.030 87	- 0.0098 2832	7.691 59	-1.11631	- 0.004662 68	- 0.0012 146
Viga-12(45 PERFIL BOSCH1(2)[4])	1	- 3.742 84	- 0.0103 387	7.692 97	1.00867	0.004852 86	- 0.0003 21562
	2	3.742 84	0.0098 8851	7.683 99	-1.00439	0.004805 63	0.0003 21557
Viga- 13(Recortar/Extender17[2])	1	- 4.987 8e-07	- 1.8014 9e-06	7.688 49	1.22375	2.86737e -07	- 2.7430 9e-22
	2	4.987 8e-07	- 1.8014 9e-06	7.688 49	-1.22375	- 2.86737e -07	- 2.8002 8e-22

Viga-14(45 PERFIL BOSCH1(2)[2])	1	- 3.691 59	- 0.0103 631	7.684 01	0.996089	0.004881 58	0.0002 10366
	2	3.691 59	0.0099 1296	7.692 96	-1.00036	0.004800 25	- 0.0002 10824
Viga-15(45 PERFIL BOSCH1(4)[14])	1	- 0.427 021	0.0053 862	7.686 02	0.995277	- 0.002595 12	- 1.2125 6e-05
	2	0.427 021	- 0.0055 0149	7.690 96	-0.99764	- 0.002603 75	1.2111 3e-05
Viga- 16(Recortar/Ext ender19[2])	1	- 2.674 31e- 07	- 1.8015 e-06	7.688 49	1.22375	2.86739e -07	- 6.1102 6e-07
	2	2.674 31e- 07	- 1.8015 1e-06	7.688 49	-1.22375	-2.8674e- 07	- 6.1102 7e-07
Viga- 17(Recortar/Ext ender10[1])	1	3.093 13	- 0.0099 104	7.693 96	1.12242	0.004737 49	0.0022 2009
	2	- 3.093 13	0.0099 104	7.683 02	-1.1172	0.004726 95	- 0.0022 2009
Viga- 18(Recortar/Ext ender16[2])	1	- 4.989 19e- 07	- 1.8014 9e-06	7.688 49	1.22375	2.86737e -07	- 2.2913 5e-07
	2	4.989 19e- 07	- 1.8014 9e-06	7.688 49	-1.22375	- 2.86737e -07	- 2.2913 5e-07
Viga-19(45 PERFIL BOSCH1(2)[3])	1	- 3.692 17	0.0099 0607	7.683 42	0.995841	- 0.004811 66	- 0.0002 18369
	2	3.692 17	- 0.0103 563	7.693 54	-1.00067	- 0.004863 6	0.0002 18828
Viga-20(45 PERFIL BOSCH1(4)[3])	1	- 106.7 46	- 0.6604 52	0.648 928	0.437994	0.44326	8.6419 5e-06
	2	87.42 44	0.6604 57	- 0.648 783	0.340625	0.349286	- 8.5696 7e-06

Viga-21(Recortar/Extender5)	1	15.3674	3.68201	-3.73269	1.00461	0.995513	-6.71656e-06
	2	-23.0559	-3.68202	3.73271	0.777757	0.762647	6.31737e-06
Viga-22(Recortar/Extender15)	1	122.128	-1.08151	1.06265	-0.553105	-0.559923	-2.08957e-05
	2	-134.647	1.08171	-1.06265	-0.273105	-0.281025	2.11104e-05
Viga-23(45 PERFIL BOSCH1(4)[8])	1	-3.03131	0.00973515	7.6939	-1.11733	0.00465955	0.000123258
	2	3.03131	-0.00973061	7.68308	1.11216	0.00463535	-0.000124316
Viga-24(Recortar/Extender4)	1	-23.056	3.73211	-3.68134	-0.762068	-0.777772	1.00937e-05
	2	15.3675	-3.73208	3.68134	-0.995772	-1.0043	-9.91604e-06
Viga-25(Recortar/Extender14)	1	-123.407	1.05206	1.05234	-0.467786	0.467606	2.55451e-06
	2	0	0	0	0	0	0
	3	15.3865	-3.70234	-3.70161	1.00012	-1.00048	-4.98431e-06
	4	-134.674	1.05226	1.05253	0.26866	-0.268649	2.55436e-06
Viga-26(45 PERFIL BOSCH1(4)[9])	1	3.09357	0.00974051	7.69156	1.12119	-0.00466427	-0.000221949
	2	-3.09357	-0.00974051	7.68542	-1.11825	-0.00463792	0.000221935

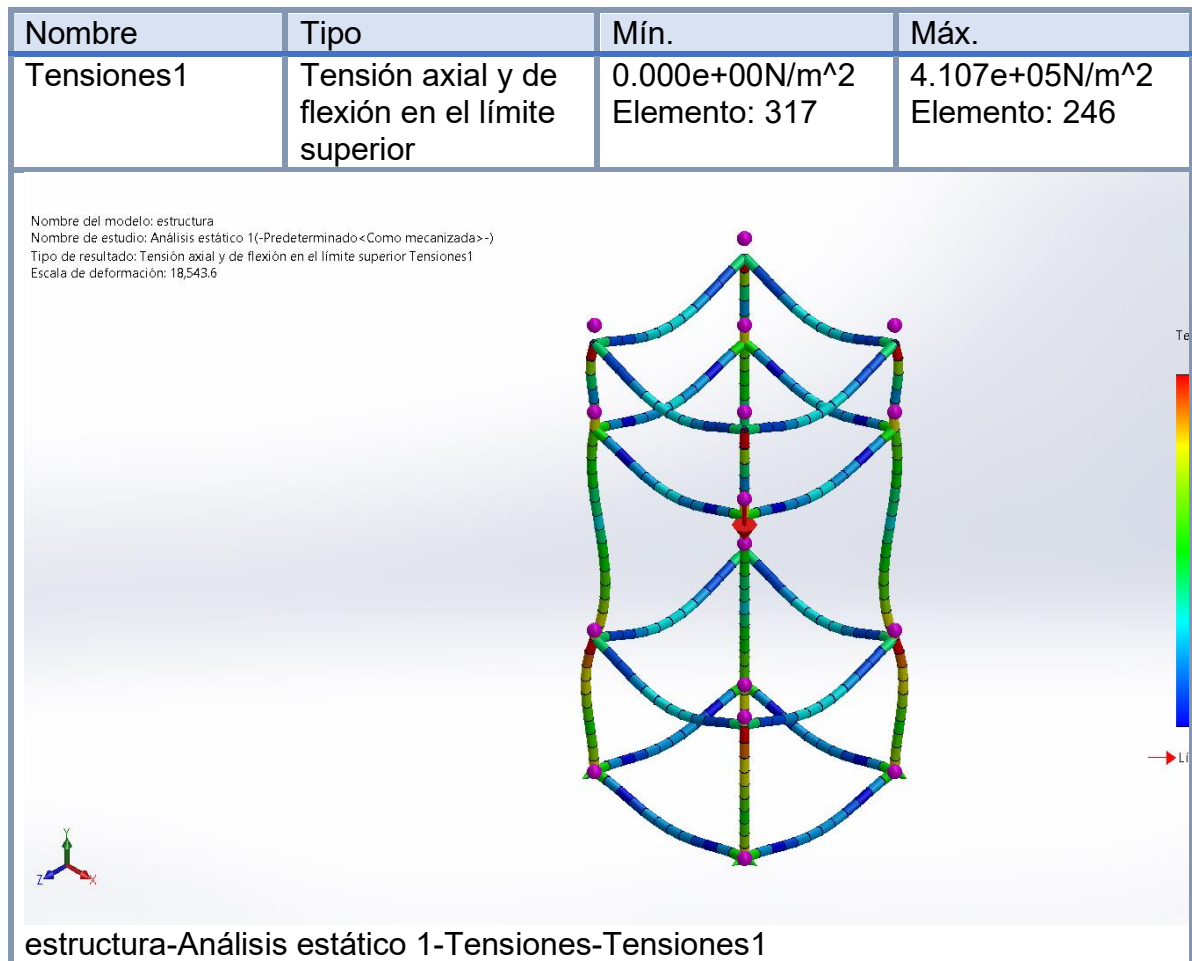
Tensiones de viga

Nombre de viga	Jun tas	Axial(N/ m^2)	Dir. de pliegue1(N/m^2)	Dir. de pliegue2(N/m^2)	Torsion al (N/m^2)	Tensión axial y de flexión en el límite superior(N/m^2)
Viga-1(45 PERFIL BOSCH1(4)[5])	1	- 200,945	104,840	104,851	1.37816	410,636
	2	- 221,538	-52,126.8	-52,150.8	1.37904	325,816
Viga- 2(Recortar/Exten der3)	1	- 175,657	-82,773.4	-82,794	11.9228	341,224
	2	- 143,872	64,144.9	64,106.4	11.9228	272,124
Viga- 3(Recortar/Exten der11[2])	1	- 702.923	187,643	-491.658	13.1764	188,837
	2	- 702.913	187,972	494.142	13.1767	189,169
Viga- 4(Recortar/Exten der19[1])	1	- 0.00043 9931	230,659	-0.310119	- 0.00093 5701	230,659
	2	- 0.00043 9931	230,659	-0.310119	0.00093 5702	230,659
Viga-5(45 PERFIL BOSCH1(3)[2])	1	- 175,597	-83,572.4	82,541.3	10.2208	341,711
	2	- 143,813	65,794.1	-64,205.2	10.3306	273,812
Viga- 6(Recortar/Exten der1)	1	- 37,958. 3	-147,600	-147,494	10.6069	333,052
	2	- 25,310. 8	190,180	190,223	10.6074	405,714
Viga- 7(Recortar/Exten der11[1])	1	- 652.736	187,843	496.824	73.7673	188,993
	2	- 652.745	187,395	-495.333	73.8274	188,543
Viga- 8(Recortar/Exten der18)	1	- 221,493	52,968.1	-51,453.6	1.81302	325,915
	2	- 200,899	-105,498	104,240	1.84195	410,637
Viga-9(45 PERFIL BOSCH1(2)[1])	1	-6,156	190,163	918.669	480.681	197,238
	2	-6,156	189,257	-922.369	480.674	196,335

Viga-10(45 PERFIL BOSCH1(4)[13])	1	- 652.275	187,468	493.155	- 89.0998	188,613
	2	- 652.275	187,792	-489.965	- 90.4316	188,934
Viga- 11(Recortar/Exte nder10[2])	1	4,985.7 7	209,851	890.05	158.659	215,727
	2	4,985.7 7	210,408	-879.08	158.719	216,273
Viga-12(45 PERFIL BOSCH1(2)[4])	1	- 6,156.9 6	190,120	-914.902	-486.65	197,192
	2	- 6,156.9 6	189,312	905.58	- 486.642	196,374
Viga- 13(Recortar/Exte nder17[2])	1	- 0.00082 0491	230,659	-0.310118	- 4.15136 e-16	230,659
	2	- 0.00082 0492	230,659	-0.310119	4.2379e -16	230,659
Viga-14(45 PERFIL BOSCH1(2)[2])	1	- 6,072.6 5	187,748	-920.314	318.364	194,741
	2	- 6,072.6 5	188,553	904.567	319.057	195,531
Viga-15(45 PERFIL BOSCH1(4)[14])	1	- 702.448	187,595	488.934	- 18.3504	188,787
	2	- 702.448	188,040	-490.977	- 18.3288	189,234
Viga- 16(Recortar/Exte nder19[2])	1	- 0.00043 9923	230,659	-0.310119	- 0.07984 65	230,659
	2	- 0.00043 9923	230,659	-0.310119	0.07984 66	230,659
Viga- 17(Recortar/Exte nder10[1])	1	5,088.1 9	211,559	-893.18	290.113	217,540
	2	5,088.1 9	210,575	890.726	290.113	216,554
Viga- 18(Recortar/Exte nder16[2])	1	- 0.00082 072	230,659	-0.310118	- 0.34677	230,659

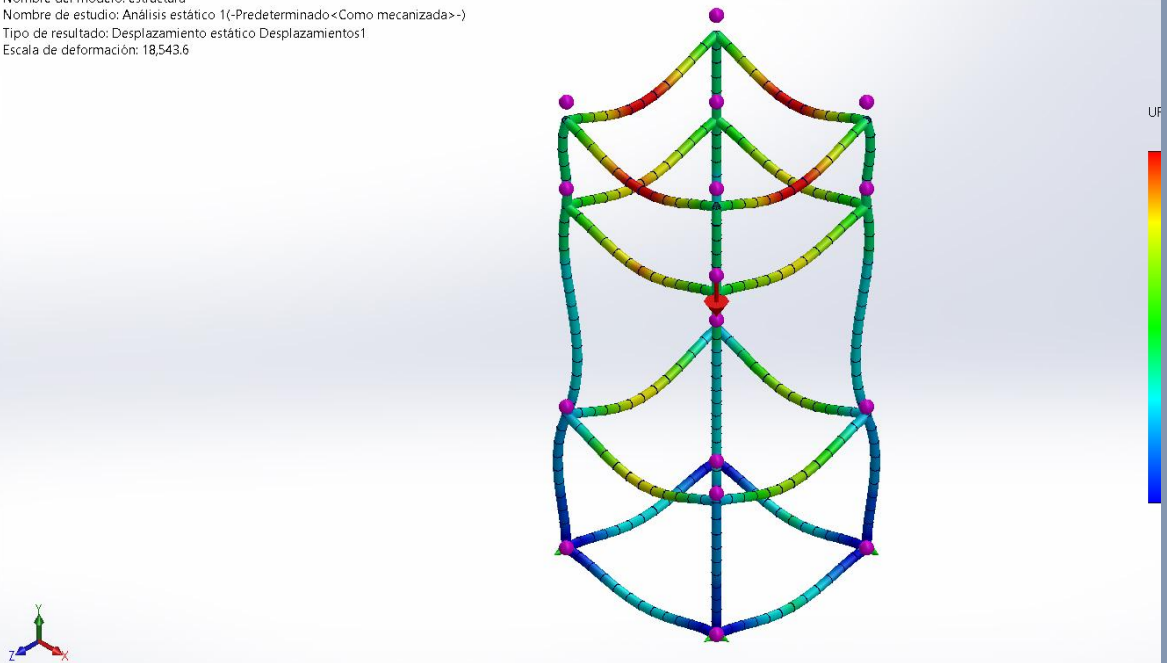
	2	- 0.00082 072	230,659	-0.310119	0.34677	230,659
Viga-19(45 PERFIL BOSCH1(2)[3])	1	-6,073.6	187,701	906.718	- 330.479	194,682
	2	-6,073.6	188,612	-916.926	- 331.173	195,602
Viga-20(45 PERFIL BOSCH1(4)[3])	1	- 175,597	82,555.5	-83,547.9	13.0786	341,701
	2	- 143,813	-64,202.8	65,835.3	12.9692	273,851
Viga- 21(Recortar/Exte nder5)	1	- 25,279. 4	-189,354	187,640	10.1647	402,273
	2	- 37,926. 9	146,596	-143,748	9.56058	328,271
Viga- 22(Recortar/Exte nder15)	1	- 200,899	104,252	-105,537	2.73057	410,689
	2	- 221,493	-51,476.2	52,969	2.75862	325,938
Viga-23(45 PERFIL BOSCH1(4)[8])	1	4,986.4 9	210,600	878.022	- 186.533	216,465
	2	4,986.4 9	209,626	-873.926	- 188.136	215,486
Viga- 24(Recortar/Exte nder4)	1	-37,927	-143,639	146,599	15.2756	328,164
	2	- 25,279. 5	187,688	-189,297	15.0067	402,264
Viga- 25(Recortar/Exte nder14)	1	- 203,004	-88,170.7	-88,136.6	3.86594	379,311
	2	0	0	0	0	0
	3	- 25,310. 8	-188,508	-188,576	7.54315	402,394
	4	- 221,538	50,638.3	50,636.3	3.86571	322,813
Viga-26(45 PERFIL BOSCH1(4)[9])	1	5,088.9 2	211,327	878.911	-335.89	217,295
	2	5,088.9 2	210,774	-874.413	- 335.868	216,737

Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 11	1.324e- 02mm Nodo: 159

Nombre del modelo: estructura
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado<Como mecanizada>-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 18,543.6



estructura-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

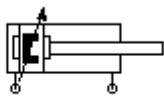
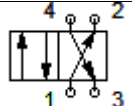
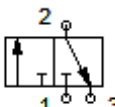
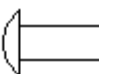
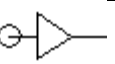
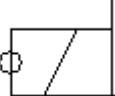
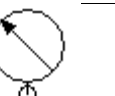
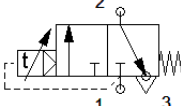
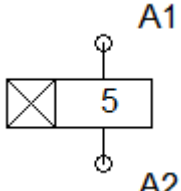
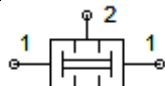
ANEXO 4.0 Justificación y Simulación de Elementos Neumáticos.

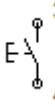
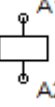
Anexo 4.1 Componentes neumáticos

Marca	Denominación de componentes
	Fuente de aire comprimido
	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
A	Cilindro doble efecto
	Válvula estranguladora
	Válvula estranguladora
	Válvula de 4/n vías
	Válvula estranguladora
	Regla de distancia
	Regla de distancia
	Válvula de 4/n vías
	Válvula estranguladora
C	Cilindro doble efecto
	Válvula de 4/n vías
	Válvula de 3/n vías
	Fuente de tensión (24V)
	Fuente de tensión (0V)
PARO	Pulsador (Franqueador)
INICIO	Pulsador (Obturador)
A1	Obturador
G2	Franqueador
G1	Relé
G2	Relé
G1	Obturador
D1	Obturador
G1	Obturador
A-	Solenoides de válvula
B+	Solenoides de válvula
A0	Obturador
B1	Obturador
C+	Solenoides de válvula
A+	Solenoides de válvula
T1	Relé con deceleración de arranque
T1	Obturador
B0	Obturador
	Fuente de tensión (24V)
	Fuente de tensión (0V)
B	Cilindro doble efecto
	Válvula estranguladora
	Válvula estranguladora
	Válvula de 4/n vías
	Regla de distancia
G2	Obturador
G3	Franqueador
G3	Relé
C0	Obturador
G3	Obturador
G1	Franqueador
D-	Solenoides de válvula
C1	Obturador
D+	Solenoides de válvula
C-	Solenoides de válvula
B-	Solenoides de válvula
G2	Obturador
G3	Obturador
D	Cilindro de simple efecto
	Regla de distancia
	Fuente de tensión (24V)
	Fuente de tensión (0V)
	Indicador luminoso
	Indicador luminoso
S.PARO	Relé
S.PARO	Franqueador
A1	Obturador
D1	Franqueador
C0	Obturador
G1	Obturador
G3	Franqueador
	Indicador luminoso
FP	Relé con deceleración de caída
FP	Obturador
	Funktionsdiagramm

Anexo 4.2 Simbología neumática.

Simbología de los circuitos.

NO.	DESCRIPCIÓN.	SIMBOLO NEUMATICO	SIMBOLO NORMA EUR.	SIMBOLO NORMA AME.
1	Cilindro de doble efecto.			
2	Válvula estranguladora.			
3	Válvula 4/2.			
4	Válvula 3/2.			
5	Accionamiento final de carrera.			
6	Accionamiento pulsador.			
7	Accionamiento neumático.			
8	Accionamiento eléctrico (solenóide).			
9	Medidor de presión.			
10	Temporizador.			
11	Válvula de simultaneidad.			
12	Contacto NC.			

13	Contacto NA.			
14	Botón pulsador.			
15	Relevador.			
16	Solenoide.			

Normas para actuadores neumáticos:

- Cilindros normalizados según ISO 6432.
- Cilindros normalizados según ISO 21287.
- Cilindros normalizados según ISO 15552 (ISO 6431, DIN ISO 6431, VDMA 24562), NFE 49003.1 y UNI 10290.
- Horquillas según ISO 8140 o DIN 71752.
- Cabezas de rótula según ISO 12240-4, serie de dimensiones K.

ANEXO 5.0 Justificación y Simulación de Elementos Eléctricos.

Anexo 5.1 Cuadro de cargas.

CUADRO DE CARGAS						
COMPONENTE	MODELO	IMAGEN	ALIMENTACION O VOLTAJE	AMPERAJE	CONSUMO EN WATTS	CALIBRE DE CABLE RECOMENDADO
INTERRUPTOR PRINCIPAL	Schneider Electric Interruptor		80-690VCA	25A		0 10 Awg
BORNERA DE ALIMENTACION	Conector Clema De Tierra Riel Din 24-10awg		0-800VCA	40A		0 10Awg
TERMOMAGNETICO	Schneider Electric A9F74206 IC60N		80-220VCA	6A		0 12 Awg
FUENTE DE PODER	SIMATIC S7-1200		120VCA	2.5A		60 12 Awg
BORNERA DE ENTRADAS AL PLC	Conector Clema De Tierra Riel Din 24-10awg		0-800VCA	40A		0 18Awg
BOTON DE ACCIONAMIENTO	Siemens 3SU11000AB401FA0		0-200VCA-VCD	10A		0 18Awg
BOTON DE EMERGENCIA	Siemens 3su1801-0nb00-2aa2		0-200VCA-VCD	10A		0 18Awg
SENSOR DE POSICION DEL PISTON A	AGUAC-CS1-MN		24VCD	20mA		1 18Awg
SENSOR DE POSICION DEL PISTON B	AGUAC-CS1-MN		24VCD	20mA		1 18Awg
SENSOR DE POSICION DEL PISTON C	AGUAC-CS1-MN		24VCD	20mA		1 18Awg
SENSOR DE POSICION DE LA PUERTA	GTB6-P4231		24VDC	32mA		1 18Awg
PLC	Siemens S7 1200		24VCD	1A		12 14 Awg
BORNERA DE SALIDAS DEL PLC	Conector Clema De Tierra Riel Din 24-10awg		0-800VCA	40A		0 18Awg
ELECTROVALVULA PISTON A	Air TAC 4V120-06		24VDC	0.5A		2.8 18Awg
ELECTROVALVULA PISTON B	Air TAC 4V120-06		24VDC	0.5A		2.8 18Awg
ELECTROVALVULA PISTON C	Air TAC 4V120-06		24VDC	0.5A		2.8 18Awg
ELECTROVALVULA AIRE COMPRIMIDO	ASCO 8210G002		24VDC	0.5-1 A		7.5 18Awg
LAMPARA INDICADORA VERDE	AD16-22D/S31		24VCD	20mA		1 18Awg
LAMPARA INDICADORA AMARILLA	AD16-22D/S31		24VCD	20mA		1 18Awg
LAMPARA INDICADORA ROJA	AD16-22D/S31		24VCD	20mA		1 18Awg
PUESTA A TIERRA	Varilla Copperweld		-----		0	0 10 Awg
GABINETE ELECTRICO	Volteck GAME-5040		400VCA		0	0 -----
RIEL DIN	ICI T&G - RIEL DIN		-----		0	0 -----
CANALETA RANURADA	TEKNO POWERS		-----		0	0 -----
				total		94.9

Anexo5.2 Tabla 310.15(B)(16) (anteriormente Tabla 310.16).

Tamaño	Clasificación de temperatura del conductor. (Véase la Tabla 310.104(A).)						Tamaño		
AWG o kcmil	60°C (140°F)	75 °C (167 °F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75 °C (167 °F)	90°C (194°F)	AWG o kcmil		
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2			
		Cobre			Aluminio o aluminio revestido de cobre				
18 [*]	—	—	14	—	—	—	—		
16 [*]	—	—	18	—	—	—	—		
14 [*]	15	20	25	—	—	—	—		
12 [*]	20	25	30	15	20	25	12 [*]		
10 [*]	30	35	40	25	30	35	10 [*]		
8	40	50	55	35	40	45	8		
6	55	65	75	40	50	55	6		
4	70	85	95	55	65	75	4		