



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE PINTADO DE TACONES
CON UNA CAPACIDAD DE 5 U/MIN PARA LA INDUSTRIA DE
CALZADO EN LA CIUDAD DE GUALACEO**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: ANGEL WIDINSON ROMERO ZAMBRANO

TUTOR: ING. ANGEL EUGENIO CARDENAS CADME M.SC.

Cuenca – Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Angel Widinson Romero Zambrano, con documento de identificación N° 0706447224 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 21 de febrero del 2025

Atentamente,



Angel Widinson Romero Zambrano
0706447224

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Angel Widinson Romero Zambrano, con documento de identificación N° 0706447224, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor de la Propuesta Tecnológica: "Diseño de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo", la cual ha sido desarrollada para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 21 de febrero del 2025

Atentamente,



Angel Widinson Romero Zambrano

0706447224

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Angel Eugenio Cárdenas Cadme, con documento de identificación N° 0301631966, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE PINTADO DE TACONES CON UNA CAPACIDAD DE 5 U/MIN PARA LA INDUSTRIA DE CALZADO EN LA CIUDAD DE GUALACEO, realizado por Angel Widinson Romero Zambrano con documento de identificación N° 0706447224, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuestas Tecnológicas que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 21 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Angel Eugenio Cardenas Cadme, M.Sc.
0301631966

Dedicatoria

Angel Romero

Esta tesis va dedicada a Dios ser supremo que me ha permitido concluir esta carrera y a mis padres por apoyarme en todo momento quienes han creído en mí siempre, dándome el mejor de los ejemplos de superación, humildad, perseverancia. A mis hermanos, que son su paciencia y empatía fomentaron en mí el deseo de superación y triunfo en la vida. Y a toda mi familia, quienes sin esperar nada a cambio compartieron mis alegrías y tristezas y me apoyaron en todo momento cristalizando así este anhelado deseo de ser un profesional.

Agradecimientos

Angel Romero

Agradezco a Dios por darme la sabiduría e inteligencia para cristalizar este gran sueño de ser un profesional. A mis padres y hermanos quienes hicieron posible concluir con esta meta, que estuvieron en todo momento brindándome palabras de aliento y fortaleza. Muchas gracias a Ustedes por demostrarme que “el verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere”. Mi gratitud, a la Universidad Politécnica Salesiana y a mi tutor, por sus conocimientos, orientaciones, persistencia y motivación, valores fundamentales para ver cristalizado este ideal. Gracias a cada docente quienes con su apoyo y enseñanzas constituyeron la base para mi vida profesional. Infinitas gracias a todos.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

| | |
|--|------------|
| Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación | I |
| Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana | II |
| Certificado de dirección del trabajo de titulación | III |
| Dedicatoria | IV |
| Agradecimientos | V |
| Resumen | XIV |
| Abstract | XV |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Problema | 2 |
| 2.1. Descripción del problema | 2 |
| 2.2. Antecedentes | 2 |
| 2.3. Importancia y alcances | 3 |
| 2.4. Delimitación | 4 |
| 2.4.1. Espacial o geográfica | 4 |
| 2.4.2. Temporal | 4 |
| 2.4.3. Sectorial o institucional | 5 |
| 3. Objetivos | 5 |
| 3.1. Objetivo general | 5 |
| 3.2. Objetivos Específicos | 5 |
| 4. Hipótesis | 5 |
| 4.1. Hipótesis General | 5 |
| 4.2. Hipótesis Específicas | 6 |
| 5. Marco Teórico | 6 |
| 5.1. Aplicaciones de la Mecatrónica en la industria del calzado | 7 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.1.1. | Robótica en la producción de calzado | 7 |
| 5.1.2. | Sistemas de control y automatización | 7 |
| 5.1.3. | Máquinas de corte y conformado | 7 |
| 5.1.4. | Ensayo y control de calidad automatizado | 7 |
| 5.2. | Componentes para la fabricación de calzado | 8 |
| 5.2.1. | Hormas | 8 |
| 5.2.2. | Tacones | 9 |
| 5.3. | Materiales para hacer las suelas de los zapatos | 11 |
| 5.3.1. | Medidas de calzado | 12 |
| 5.3.2. | Mejor material para fabricar zapatos | 13 |
| 5.4. | Proceso de fabricación de los tacones | 13 |
| 5.5. | Componentes principales para el sistema automatizado de pintado | 14 |
| 5.5.1. | Cabina de pintado | 14 |
| 5.5.2. | Pistolas a presión | 15 |
| 5.5.3. | Banda transportadora | 16 |
| 6. | Marco metodológico | 17 |
| 6.1. | Establecimiento de los parámetros iniciales para el diseño del sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | 17 |
| 6.1.1. | Parámetros iniciales tomados en la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | 17 |
| 6.1.2. | Flujo volumétrico de pintura. | 19 |
| 6.1.3. | Espacio entre bases de tacones de producción. | 21 |
| 6.1.4. | Dimensiones de banda y sistema rotatorio. | 21 |
| 6.1.5. | Tiempo entre tacones. | 22 |
| 6.1.6. | Velocidad de la banda y frecuencia de paso. | 22 |
| 6.1.7. | Espacio total para la construcción del diseño. | 23 |
| 6.2. | Diseñar el componente mecánico de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | 23 |
| 6.2.1. | Banda transportadora. | 24 |
| 6.2.2. | Mecanismo para soportes giratorios. | 30 |
| 6.2.3. | Cabina de pintado. | 33 |
| 6.2.4. | Selección de motores. | 34 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.3. | Diseño de la banda transportadora | 37 |
| 6.4. | Simulación mecánica de la estructura de la banda transportadora | 39 |
| 6.5. | Diseñar la parte eléctrica y electrónica de control de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | 44 |
| 6.5.1. | Sensores para detectar la altura de los tacones. | 44 |
| 6.5.2. | Potencia transmitida por fricción a base y selección del variador de frecuencia. | 47 |
| 6.5.3. | Control electrónico. | 49 |
| 6.5.4. | Diagrama para la activación de la electroválvula. | 51 |
| 6.5.5. | Parte lógica de control. | 54 |
| 6.5.6. | Tipos de PLC. | 56 |
| 6.5.7. | Interfaz de visualización. | 59 |
| 6.5.8. | Selección de módulos. | 60 |
| 6.5.9. | Distribución de las luces indicadoras. | 62 |
| 6.5.10. | Diagrama de conexión de las salidas en el PLC. | 62 |
| 6.5.11. | Distribución de pulsadores. | 63 |
| 6.5.12. | Diseño del control de arranque. | 63 |
| 6.6. | Simulación del sistema mecatrónico en el software NX Siemens | 65 |
| 6.7. | Configuración y programación del PLCsimu y Advanced | 70 |
| 6.8. | Diseño de la pantalla HMI | 74 |
| 6.9. | Diseño del tablero eléctrico | 75 |
| 6.10. | Estimar los costos de implementación de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | 76 |
| 6.10.1. | Identificación de costos | 76 |
| 6.10.2. | Desglose de costos totales de todo el sistema automatizado de pintado | 79 |
| 7. | Resultados | 80 |
| 7.1. | Establecimiento de los parámetros | 80 |
| 7.2. | Diseño y simulación de todo el componente mecánico del sistema | 80 |
| 7.3. | Diseño y simulación de todo el componente eléctrico y electrónico | 81 |
| 7.4. | Resultados de la estimación de costos | 82 |
| 7.5. | Diagrama de flujo de todo el proceso del sistema mecatrónico | 82 |

8. Cronograma **83**

9. Presupuesto **85**

 9.1. Talento humano 85

 9.2. Recursos y materiales 85

 9.3. Recursos totales 86

10. Conclusiones **86**

11. Recomendaciones **87**

Referencias **91**

ANEXOS **92**

Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica **94**

Lista de Tablas

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Tabla de medidas de calzado | 12 |
| 2. | Especificaciones técnicas y componentes de la banda transportadora | 27 |
| 3. | Especificaciones técnicas y componentes de la banda transportadora | 30 |
| 4. | Tabla de motor para el mecanismo de rotación | 36 |
| 5. | Partes de la banda transportadora | 38 |
| 6. | Tipos de sensores de proximidad | 45 |
| 7. | Características específicas del sensor de proximidad modelo LJ12A3-4-Z/BX | 46 |
| 8. | Datos técnicos del variador Siemens Sinamics V20 | 49 |
| 9. | Parámetros de Componentes Electrónicos | 52 |
| 10. | Tabla de consumo energético de los componentes delectronicos | 52 |
| 11. | Tabla de dimensionamiento y protecciones electricas. | 53 |
| 12. | Tabla de tipo de controladores. | 55 |
| 13. | Tabla de tipos de PLC | 56 |
| 14. | <i>Tabla comparativa de PLCs</i> | 57 |
| 15. | Tabla de especificaciones del PLC | 58 |
| 16. | Tabla de especificaciones del HMI | 60 |
| 17. | Especificaciones técnicas de los módulos | 61 |
| 18. | Distribución de las salidas del PLC | 62 |
| 19. | Distribución de las entradas del PLC | 64 |
| 20. | Descripción de los bloques de programación de la parte del sistema de pintado | 74 |
| 21. | Partes de la banda transportadora | 77 |
| 22. | Costos de los Componentes Electrónicos y Eléctricos | 78 |
| 23. | Costos de Materiales y Suministros | 78 |
| 24. | Mano de obra | 78 |
| 25. | Costos Indirectos | 79 |
| 26. | Resumen del Presupuesto Total | 79 |
| 27. | Parámetros iniciales para el diseño del sistema | 80 |
| 28. | Resumen del Presupuesto Total | 82 |
| 29. | Cronograma de actividades. | 84 |
| 30. | Recurso de talento humano | 85 |
| 31. | Resumen del Presupuesto Total | 86 |
| 32. | Resumen del Presupuesto Total | 86 |
| 33. | Matriz de consistencia | 93 |

Lista de Figuras

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Ubicación de la empresa | 4 |
| 2. | Hormas de calzado | 9 |
| 3. | Tipos de tacones | 10 |
| 4. | Partes y materiales para calzado | 13 |
| 5. | Diagrama de proceso | 14 |
| 6. | Cabina de pintado | 15 |
| 7. | Pistola a presión | 15 |
| 8. | Banda transportadora | 16 |
| 9. | Pistola automática de pintado | 18 |
| 10. | Diagrama de conexión de la pistola | 19 |
| 11. | Velocidades de pintado de la boquilla | 21 |
| 12. | Espacio de trabajo | 23 |
| 13. | Cinta de acero inoxidable | 28 |
| 14. | Bases de tacos | 28 |
| 15. | Estructura de la banda | 29 |
| 16. | Material de la banda lateral | 31 |
| 17. | Pistola convencional | 32 |
| 18. | Cabina de pintado | 34 |
| 19. | Especificaciones del motor de la banda transportadora | 35 |
| 20. | Especificaciones del motor de la banda lateral | 36 |
| 21. | Diseño de la estructura de la banda transportadora | 37 |
| 22. | Deformación total | 39 |
| 23. | Deformación equivalente en el eje X | 40 |
| 24. | Estrés equivalente | 41 |
| 25. | Estrés normal en el eje X | 42 |
| 26. | Esfuerzo cortante en el plano XY | 43 |
| 27. | Factor de seguridad | 44 |
| 28. | Sensor de proximidad | 46 |
| 29. | Diagrama de conexión del sensor de proximidad | 47 |
| 30. | Siemens Sinamics V20 | 49 |
| 31. | Diagrama de fuerza | 50 |
| 32. | Diagrama de control. | 51 |
| 33. | PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C | 58 |

| | | |
|-----|--|----|
| 34. | Pantalla HMI KTP900 Basic | 59 |
| 35. | Módulos de expansión de salidas y entradas analógicas | 61 |
| 36. | Diagrama de conexión de las salidas del PLC | 63 |
| 37. | Diseño de los pulsadores | 64 |
| 38. | Diseño de diagrama de conexión de los pulsadores | 65 |
| 39. | Diseño final del sistema en el software NX | 66 |
| 40. | Cuerpos sólidos de la máquina de pintado y secado | 66 |
| 41. | Configuración de cuerpo sólido a dinámico | 67 |
| 42. | Configuración de cuerpo sólido a rígido | 67 |
| 43. | Configuración del tiempo | 68 |
| 44. | Colocación y selección de sensores | 69 |
| 45. | Señal del software Siemens NX | 70 |
| 46. | Configuración del PLCsimu ADVANCED | 71 |
| 47. | Configuración de parámetros de motor | 72 |
| 48. | Cálculo para calcular los m/s de la banda | 72 |
| 49. | Programación de la parte del sistema de pintado | 73 |
| 50. | Diseño de la pantalla HMI | 75 |
| 51. | Diseño del tablero eléctrico | 76 |
| 52. | Diseño final del sistema de pintado | 81 |
| 53. | Diagrama de flujo final de todo el proceso del sistema | 83 |

Resumen

El objetivo de este proyecto es crear un sistema automatico de pintado para tacones, que tenga la capacidad de lograr una produccion de 5 unidades por minuto en la industria de calzado del canton Gualaceo, Ecuador. Dicho proceso incluye una cabina con dos pistolas automaticas accionadas por presion y un mecanismo con soportes giratorios que pretenden aplicar de manera uniforme y precisa la pintura. La activacion de las pistolas se modifica de acuerdo a la altura del tacon, misma que es detectada por sensores, lo que nos resulta en una optimizacion del uso de pintura, adaptandose a tacones de 2 a 8 cm de altura. El diseno integra una estructura robusta y un mecanismo de control electronico para minimizar riesgos laborales. Este proyecto apuesta por el uso de acero inoxidable en los soportes rotacionales y la banda, garantizando durabilidad y soportabilidad. Este sistema propone una solucion eficiente, economica y sostenible, cumpliendo con los estandares de calidad de la industria del calzado.

Palabras clave: Pintado, Industria de calzado, Sensores, Presión, tacones.

Abstract

The objective of this project is to create an automatic painting system for heels, which has the capacity to achieve a production of 5 units per minute in the footwear industry in the canton of Gualaceo, Ecuador. This process includes a cabin with two automatic pressure-driven guns and a mechanism with rotating supports that aim to uniformly and accurately apply the paint. The activation of the guns is modified according to the height of the heel, which is detected by sensors, resulting in an optimization of the use of paint, adapting to heels from 2 to 8 cm in height. The design integrates a robust structure and an electronic control mechanism to minimize occupational hazards. This project relies on the use of stainless steel in the rotational supports and the belt, guaranteeing durability and support. This system proposes an efficient, economical and sustainable solution, complying with the quality standards of the footwear industry.

Keywords: Painting, Footwear industry, Sensors, Pressure, heels.

1. Introducción

El calzado en Gualaceo, Ecuador, es uno de los sectores industriales más relevantes a nivel local y nacional, ya que ha sido protagonista de un rol significativo en la generación de empleo de la región, aportando considerablemente al desarrollo industrial del país. El proceso de elaboración del calzado requiere de distintas etapas como el pintado, un proceso automatizado para tener una mayor producción. El procedimiento de pintado, especialmente en los tacones, se considera el más importante en el producto, debido a la forma tradicional que los caracteriza. Actualmente, esto se logra gracias a la aplicación de pintura de forma manual por parte de operarios. Si bien este método resulta fácil y rápido de realizar, su resultado varía en la calidad debido a que es subjetivo y el operario no es meticuloso al aplicar la pintura. Por otra parte, este es un trabajo que demanda de alta exposición a elementos industriales, puesto que se requiere exhibirse a vapores y partículas químicas entre ocho a doce horas, estos factores pueden perjudicar la productividad y, como consecuencia, la seguridad laboral y la competitividad de las empresas en el mercado. Es por ello que, para mejorar el proceso, se propone un proyecto de diseño de un sistema de pintado automático de tacones con una capacidad de producción de 5 unidades por minuto para la industria de calzado en Gualaceo. Con el propósito de minimizar la intervención de mano de obra humana en tareas habituales, ahorrando recursos y reduciendo los riesgos de exposición a sustancias dañinas. El sistema propuesto incluye una cabina de pintado que acomoda dos pistolas de pintura a presión, una banda transportadora de acero inoxidable de 5 metros de largo y 0,20 metros de ancho, soportes cilíndricos giratorios de acero inoxidable. Para lograr tener mejores tiempos de pintado y asegurar que el diseño se adapte a distintos tamaños de tacones, la segunda pistola de pintura se activa cuando el sensor determine que el tacon supera los 6 cm de altura. La presencia del sensor optimiza la cantidad de pintura utilizada y, por lo tanto, mejora la adaptabilidad del sistema. Las pistolas de pintura operarán con una presión que varía de 2 a 4 bar y boquillas con diámetros de 1,3 mm a 1,5 mm, con lo que se garantiza una aplicación controlada y precisa, con independencia del tamaño y la forma del tacon. Este diseño mecánico y electrónico no solo intenta asegurar la precisión del pintado, sino que se ajusta a los estándares de calidad.

2. Problema

2.1. Descripción del problema

La producción del calzado en la ciudad de Gualaceo se enfrenta a diversos desafíos relacionados con el control de automatización de los procesos de la industria, que en su mayoría se realizan de manera manual. Los puntos más importantes se concentran en el sistema de pintado y acabados para los tacones del calzado. En la actualidad, la técnica de pintar se efectúa por mano de obra y con técnicas tradicionales, lo que consume bastante tiempo y mano de obra, creando variaciones en el acabado del producto. Además, el contacto prolongado de los trabajadores con los vapores del pintor puede ocasionar resultados adversos para la salud y seguridad laboral. El proceso manual crea una variabilidad en la calidad, que puede impactar la reputación de la marca y la satisfacción del cliente, por otro lado, la empresa quiere maximizar sus procesos para incrementar la eficiencia y minimizar los costos operativos. Por la falta de un proceso de descarga automático de los tacones pintados se sufren aplazamientos productivos, siendo imposible continuar al siguiente proceso de manufactura y la manipulación manual por parte del humano.

2.2. Antecedentes

En Ecuador, en la última década, la industria del calzado ha tenido un impacto en la economía y en el desarrollo productivo del país, como lo demuestran los últimos balances económicos y productivos que presenta el Índice de Productividad del Sistema de Producción. (CALZADO, 2012).

Hasta el año 2017, en el país 898 empresas se dedicaban a la elaboración y producción industrial de calzado, siendo el austro ecuatoriano especialmente la provincia del Azuay con una cifra significativa de 175 y de manera concreta 62 empresas presentes en la ciudad de Gualaceo, considerada como la cuarta ciudad más importante en la industria del calzado en el Ecuador; según los datos de la Cámara del Calzado de Tungurahua que es la asociación nacional del calzado. (CALZADO, 2023).

La producción de calzado en Gualaceo se diferencia principalmente en la calidad de los productos, lo que la convierte en un atractivo turístico, al considerarla una actividad artesanal que refleja un flujo económico significativo en el desarrollo de la región y realiza importantes aportes a la producción en la industria nacional del calzado. La zapatería y el arte de producir calzado, existe en el cantón desde hace años, transmitido de generación en generación, donde las técnicas de elaboración se han convertido en un estándar provincial. LITARGMODE es

una empresa familiar fundada en 1972, conocida por su compromiso con la calidad y la mano de obra en la fabricación, con un estilo clásico, gótico y con elegantes diseños de modernidad. (LITARGMODE CALZADO, 2018).

Historicamente, la empresa ha dependido de metodos de pintura tradicionales para establecer estandares de calidad, pero estos han demostrado ser insostenibles a largo plazo debido a las condiciones del entorno laboral, que afectan el medio ambiente y la salud de los empleados. La falta de automatizacion en el proceso de pintura y texturas en los tacones ha generado ineficiencia en el trabajo, obteniendo atrasos en las etapas de manufactura. A medida que la tecnologia avanza y la exigencia de la supervision de fabrica, Litargmode se ve con la necesidad de mejorar el sistema de pintura, favoreciendo la eficiencia, reduciendo los costos y minimizando los riesgos ambientales que resultan perjudiciales para la salud de sus empleados.

2.3. Importancia y alcances

A nivel industrial y en cuanto a mano de obra se refiere, el desarrollo e implementacion de un sistema automatico para pintado de tacones, puede mejorar significativamente procesos de fabricacion en una jurisdiccion y reducir los plazos de entrega, este se configura como un proyecto esencial para la industria del calzado en Gualaceo. Aumenta la eficiencia en la produccion, y tiene un efecto positivo en la salud y el bienestar de los trabajadores. Actualmente, muchos operarios del sector estudiado estan expuestos a productos quimicos peligrosos, como pigmentos y cartuchos, mismos que pueden provocar problemas respiratorios, irritaciones cutaneas y otros efectos negativos a corto y largo plazo. Al disenar un sistema de pintado adecuado, se logran reducir dichos riesgos mediante la instalacion de sistemas de ventilacion que eliminan los vapores nocivos y optimizan la calidad del aire en el lugar de trabajo. Este hecho torga resultados positivos, ya que un ambiente laboral mas limpio y seguro ayuda a disminuir la incidencia de enfermedades y mejorar la salud de los empleados. Por otro lado, al disponer de un espacio cerrado y controlado para el proceso de pintado, se garantiza una aplicacion mas uniforme y precisa de la pintura. Ademas de elevar la calidad del resultado final, tambien minimiza el desperdicio de materiales. En consecuencia, se logra un uso mas eficiente de los recursos, lo que se traduce en una reduccion de los costos operativos para la empresa.

2.4. Delimitación

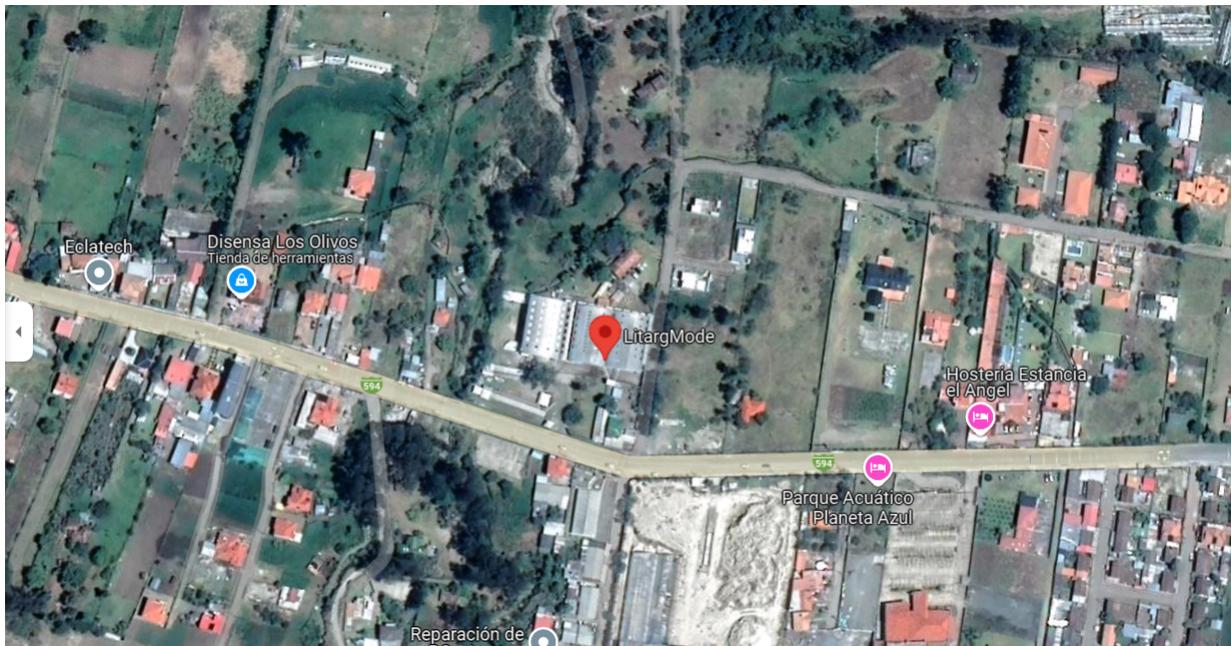
La delimitación de este trabajo de titulación se establece enfocar y definir claramente los límites y alcances del proyecto de diseño de un sistema para pintado automático de tacones.

2.4.1. Espacial o geográfica

El enfoque se limita al espacio físico dentro de las instalaciones de la industria de calzado donde se ubicará el sistema automático de pintado. La delimitación se aplica específicamente a las plantas de producción de la industria de calzado, sin considerar otras ubicaciones geográficas.

Figura 1

Ubicación de la empresa.



Nota: Se puede observar la ubicación satelital de la empresa, de acuerdo a *LitargMode* (2019).

2.4.2. Temporal

El análisis se centrará en el presente y el futuro inmediato, considerando las necesidades actuales y las proyecciones a corto plazo de la empresa, a desarrollarse en la asignatura de integración curricular con duración de 240 horas.

2.4.3. Sectorial o institucional

La delimitación se aplica exclusivamente al contexto como la industria de calzado, no se analizarán otros sectores industriales ni se incluirán instituciones ajenas a esta.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros iniciales para el diseño de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.
- Diseñar el componente mecánico de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.
- Diseñar el componente eléctrico y electrónico de control de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.
- Estimar los costos de implementación de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

4. Hipótesis

4.1. Hipótesis General

- Se realizará el diseño de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

4.2. Hipótesis Específicas

- Se determinarán los parámetros iniciales para el diseño de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.
- Se diseñará el componente mecánico de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.
- Se diseñará el componente eléctrico y electrónico de control de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.
- Se estimarán los costos de implementación de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

5. Marco Teórico

La industria del calzado ha ido experimentando una transformación muy significativa en los últimos años, sobre todo en la última década. Principalmente impulsada por la necesidad de aumentar la eficiencia, mejorar la calidad y reducir los costos de producción. En este contexto, la automatización industrial y la mecatrónica han emergido como materias importantes para alcanzar estos objetivos. Esta industria enfrenta varios desafíos, entre ellos la reducción de costos, la necesidad de incrementar la flexibilidad de producción y la demanda de productos de alta calidad. La globalización y la importación de productos similares a menor costo presentes en el mercado nacional. Este escenario ha llevado a una mayor competencia, reduciendo costos y horas laborales para los operarios, por lo que competir con empresas extranjeras y con un producto ecuatoriano ha sido complejo, evitando la no implementación de nuevas maquinarias industriales que mejoren la línea de producción. (Nof y Nof, 2009).

El impacto de la automatización industrial en la fabricación de calzado mejora en la eficiencia de producción, permitiendo la operación continua de maquinaria, lo que incrementa significativamente la producción y reduce el tiempo de inactividad. Los sistemas mecatrónicos pueden trabajar las 24 horas del día, los 7 días de la semana, aumentando la capacidad de producción sin aumentar los costos laborales.

Aunque la implementación de sistemas automatizados requiere una inversión inicial considerable, los costos operativos a largo plazo son menores. La reducción en la necesidad de

mano de obra y la disminución de errores y desperdicios contribuyen a menores costos de producción. Los sistemas automatizados son capaces de realizar tareas con una precisión que es difícil de alcanzar mediante procesos manuales. Esto asegura una mayor consistencia en la calidad del producto final, lo que es crucial en una industria donde la uniformidad y la precisión son esenciales. Las tecnologías de automatización permiten a los fabricantes de calzado adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda del mercado y a las tendencias de moda. Los sistemas CAD/CAM (diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora) permiten diseñar y producir prototipos y productos personalizados de manera eficiente. (Bolton, 2019).

5.1. Aplicaciones de la Mecatrónica en la industria del calzado

5.1.1. Robótica en la producción de calzado

Los robots industriales se utilizan en varias etapas de la producción de calzado, como el corte de materiales, el ensamblaje y el calzado. Estos robots están equipados con sensores avanzados y sistemas de control que les permiten realizar tareas complejas con alta precisión.

5.1.2. Sistemas de control y automatización

Los sistemas de control distribuidos y los sistemas SCADA se utilizan para supervisar y controlar procesos industriales en tiempo real. Estos sistemas recopilan datos de sensores y dispositivos de control, lo que permite una gestión eficiente de la producción y una respuesta rápida a cualquier anomalía.

5.1.3. Máquinas de corte y conformado

Las máquinas de corte controladas por CNC se utilizan para cortar materiales con precisión según los diseños especificados. Estas máquinas pueden cortar una amplia gama de materiales utilizados en la fabricación de calzado, como cuero, textiles y sintéticos, con alta precisión y repetibilidad.

5.1.4. Ensayo y control de calidad automatizado

Los sistemas automatizados de inspección y control de calidad utilizan tecnologías como la visión artificial y sensores láser para detectar defectos en los productos terminados. Estos

sistemas pueden identificar imperfecciones que podrían pasar desapercibida para los operarios, asegurando un alto nivel de calidad.

5.2. Componentes para la fabricación de calzado

En la siguiente clasificación están los componentes que nos sirven únicamente para la fabricación de calzado, entre los principales se tienen:

5.2.1. Hormas

Las hormas son un molde que simulan la forma del pie y están diseñados para colocarse dentro del zapato. Su función principal es mantener la forma del calzado cuando no lo estás utilizando. Dependiendo el tipo de horma, también pueden tener otros beneficios, como absorber la humedad y evitar malos olores. Los tiempos de hormas de zapatos son los siguientes: (FUTURMODA, 2022).

- Hormas de plástico: Son las más económicas y ligeras aunque no ayudan a combatir los malos olores ni absorben la humedad.
- Hormas de madera de cedro: Estas son ligeras, absorben la humedad y contienen aceites naturales que previenen el crecimiento de hongos y bacterias. (SHOECARESTORE, 2018).
- Hormas de metal: Una opción más moderna que se adapta a la forma de diferentes tipos de zapatos.
- Hormas avanzadas: Estas simulan toda la forma del zapato, pero son muy efectivas.

Figura 2

Hormas de calzado.



Nota: Se puede ara el calzado de los diferentes tipos de hormas que se utilizan para el calzado, de acuerdo con Zapatosdetalla.com (2022).

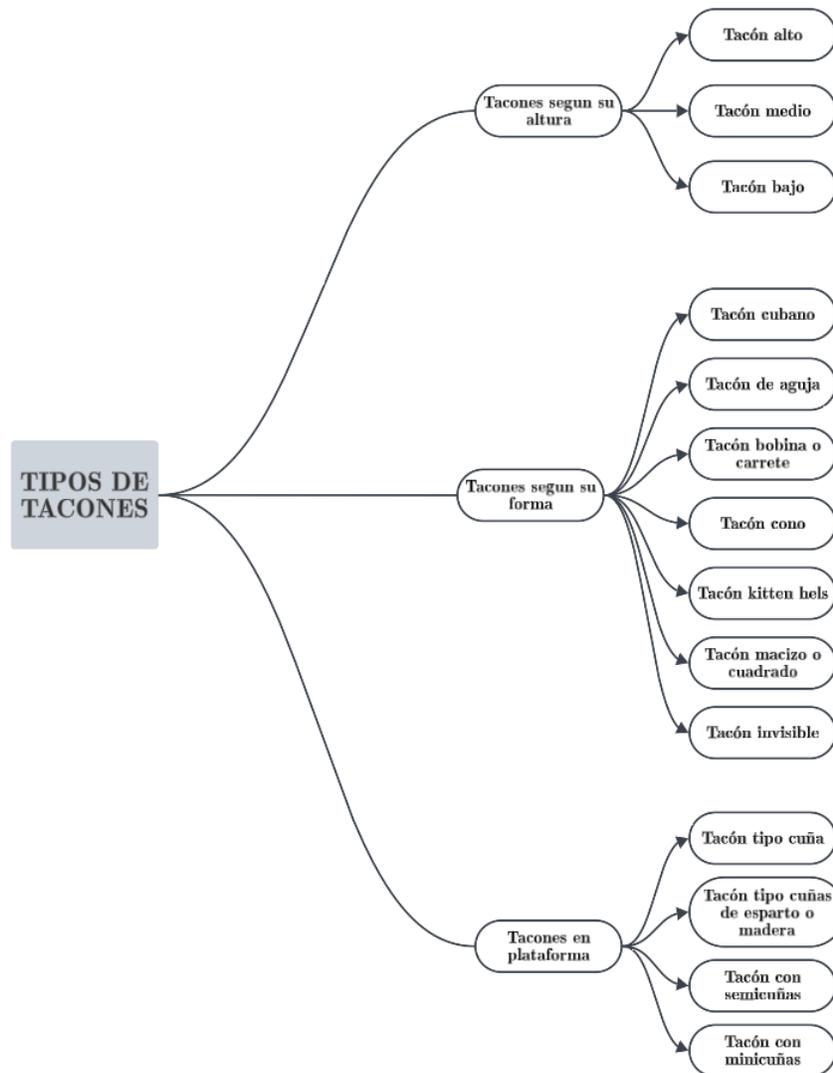
5.2.2. Tacones

Los tacones son un símbolo de elegancia y sofisticación. Estos se pueden diferenciarse según su altura, forma o también se pueden encontrar en plataformas. (FUTURMODA, 2022). Los zapatos planos se han vuelto populares en el mundo de la moda, ofreciendo estilo y comodidad. Al usar zapatos planos, las personas obtienen una serie de beneficios que los convierten en una opción atractiva en el mundo del calzado.

Los tacones altos pueden ayudar a mejorar la postura al distribuir el peso de manera más uniforme que los tacones altos tradicionales. Esto puede reducir la presión en la parte delantera de las piernas y la espalda, lo que a su vez puede promover una postura más erguida y una caminata más cómoda. (PAYMA, 2024)

Figura 3

Tipos de tacones.



Nota: Se pueden ver en el diagrama mental todos los tipos de tacos, de acuerdo con FUTUR-MODA (2022) .

Las plataformas son una tendencia que ha regresado con fuerza por los siguientes factores.

- Comodidad: Las plataformas proporcionan altura sin la incomodidad de un tacón alto.
- Estilos creativos: Aquí encontramos plataformas en diversos materiales y colores. Desde las clásicas hasta las transparentes o con detalles llamativos.

- Versatilidad: Hay como combinarlas con vestidos, faldas o pantalones para un look moderno y atrevido.

5.3. Materiales para hacer las suelas de los zapatos

Existe diferentes materiales para la fabricación de la suela del calzado, las condiciones de diseño y sobre todo el material y la calidad, depende de la condición de uso, la comodidad del usuario y la aplicación que se puede dar al producto. Por ejemplo, si se planea jugar fútbol, las suelas de los zapatos no deben ser resbaladizas. Las zapatillas para correr deben ser muy ligeras y ajustarse bien para no sobrecargar los pies. (Verde, 2023).

El material para fabricar suelas, pueden moldearse por inyección o moldearse en máquinas especiales. Habitualmente la materia prima es granulada, se funde y luego se forma. Este proceso depende del tipo de material utilizado (Verde, 2023).

Las suelas están clasificadas según el material del que estén elaboradas:

PVC: Están fabricados de plástico y cloruro de polivinilo (PVC). Tienen suelas muy pesadas y se utilizan principalmente para calzado industrial. Son resistentes a la abrasión.

Materiales expandidos: Suelen estar fabricados en PVC o TT. Se han utilizado componentes para aligerar la suela. No son tan resistentes al fuego como el PVC.

Poliuretano: Estos incluyen polioles, isocianatos y otros reactivos. El resultado es un material muy ligero. Se utiliza más comúnmente en zapatos planos o de tacón alto para mujer.

Caucho o hule: Son las que tienen más resistencia a la abrasión. Y son pesadas, perfectas para calzado industrial.

Tipo Eva: También están fabricados con diversos materiales, principalmente etileno y acetato de vinilo. El resultado es una suela muy ligera, duradera y de excelente calidad. Se recomiendan como calzado para personas mayores porque no resbalan y aportan estabilidad al zapato.

Cuero: Están fabricadas de piel de vacuno. Se utilizan en calzado de la más alta calidad y producción. Las principales empresas de calzado los utilizan para sus mejores diseños.

TPU: Su producción es producto de la tecnología. Se obtiene por inyección de poliuretano termoplástico. Entre sus principales propiedades destacan la resistencia al fuego y a las altas temperaturas. Duran más que las suelas de goma, Son de alta calidad y la gente suele encontrarlas más cómodas para caminar. La suela de TPU ofrece un acabado brillante y mate.

Porolivianas: Está fabricado con un material poroso y muy ligero, como por ejemplo el aerógrafo. Se utiliza en calzado especial, por ejemplo plantillas ortopédicas (zapatos de fijación

de tobillos).

5.3.1. Medidas de calzado

Todo el mundo usa zapatos, por eso este producto tiene una gran demanda. En todo el mundo, su elección variará según el gusto, el modelo y el propósito, pero los zapatos también se hacen a medida o medidas. Los estándares sociales varían de una región a otra según el género, la edad y la forma. La empresa ecuatoriana Marathon Sports cuenta con una guía de tallas, se venden en todo el mundo como se muestra en la Tabla 1 a continuación. (Bonifaz Galarza y Pullupaxi Pujos, 2022)

Tabla 1

Tabla de medidas de calzado.

| Mide del talon a la punta del dedo | Ecuador | Estados Unidos |
|------------------------------------|---------|----------------|
| 24 cm | 37 | 5.5 |
| 24.5 cm | 38 | 6.5 |
| 25 cm | 39 | 7 |
| 25.5 cm | 40 | 7.5 |
| 26 cm | 40.5 | 8 |
| 26.5 cm | 41 | 8.5 |
| 27 cm | 41.5 | 9 |
| 27.5 cm | 42 | 9.5 |
| 28 cm | 43 | 10 |
| 28.5 cm | 43.5 | 10.5 |
| 29 cm | 44 | 11 |
| 29.5 cm | 44.5 | 11.5 |
| 30 cm | 45 | 12 |
| 30.5 cm | 46 | 12.5 |
| 31 cm | 47 | 13 |

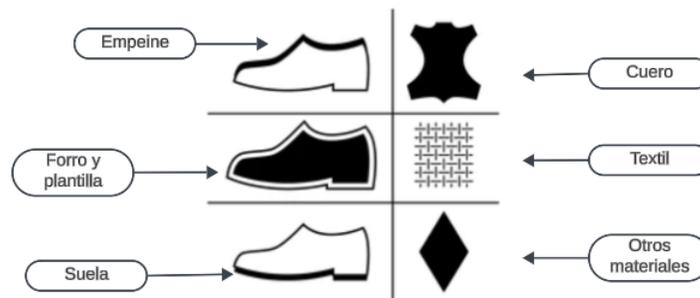
Nota: Se pueden apreciar todas las tallas tanto en medidas de Ecuador como en USA , de acuerdo con Marathon.store (2023).

5.3.2. Mejor material para fabricar zapatos

Sería bueno saber cuál es el mejor material para confeccionar zapatos. Pero la verdad es que es muy difícil decidir qué material, es imposible decir uno es mejor que otro, ya que varios factores influyen en la selección del material. Las zapatillas deportivas se utilizarán de forma diferente a los zapatos de seguridad o los tacones altos. Cada uno de ellos requiere de sus propios materiales, que pueden ser los mejores. El mejor material para fabricar zapatos también debe combinar: funcionalidad, estilo, durabilidad y comodidad. (Verde, 2023).

Figura 4

Partes y materiales para calzado.



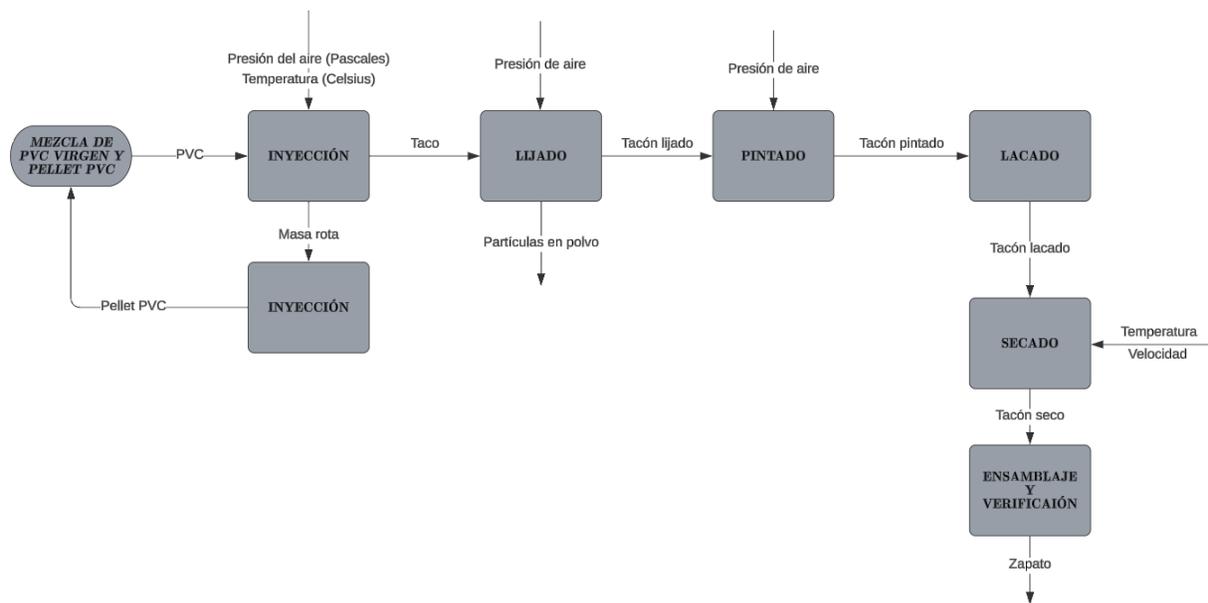
Nota: Se puede observar las diferentes partes y materiales que son utilizados para la producción de calzado, de acuerdo a Verde (2023).

5.4. Proceso de fabricación de los tacones

El proceso de fabricación de los tacos de plástico para zapatos implica varias etapas, desde la selección de materiales hasta el acabado final. A continuación se presenta la descripción detallada del proceso en la Figura 5.

Figura 5

Diagrama de proceso.



Nota: Se puede observar el diagrama de proceso de la fabricación de los tacos, de acuerdo con Verde (2023).

5.5. Componentes principales para el sistema automatizado de pintado

Para desarrollar un sistema automatizado de pintado de tacones, se deben considerar varios componentes clave para que el proceso se lleve a cabo de manera eficiente, precisa y controlada. Aquí están los componentes principales;

5.5.1. Cabina de pintado

Esta estructura deber ser resistente y estar diseñada para contener el proceso de pintado y controlar la ventilación para asegurar la calidad del aire y eliminar partículas de pintura en suspensión. (SAER, 2015).

Figura 6

Cabina de pintado.



Nota: Se puede contemplar un modelo de cabina de pintado, de acuerdo a SAER (2015).

5.5.2. Pistolas a presión

Este tipo de pistolas se conecta a un compresor de aire y se pulveriza el barniz sobre la superficie a pintar. El uso de alta presión atomiza la pintura y crea partículas muy finas, creando una capa fina y suave de pintura. Está especialmente recomendada su uso bajo todo tipo de revestimientos, incluidos barnices, barnices de alta transparencia y otras pinturas. (Blog, 2022)

Figura 7

Pistola a presión.



Nota: Se puede apreciar en la siguiente imagen la pistola a presión, de acuerdo a Blog (2022).

5.5.3. Banda transportadora

Una banda o cinta transportadora es una pieza utilizada principalmente en la industria, su función es mover o trasladar materiales utilizados en la elaboración de productos de un lugar a otro, ayudando a acelerar la velocidad de trabajo de forma rápida. Funciona a través de un cinturón que actúa como soporte físico constante gracias a una rueda motorizada, proporcionando un movimiento constante hacia adelante. Los transportadores se mueven mediante rodillos o tambores y dos o más tambores para transportar materiales. (Yuridia, 2021).

Figura 8

Banda transportadora.



Nota: En la figura se aprecia la banda transportadora con rodillos y cintas, de acuerdo a Yuridia (2021).

6. Marco metodológico

6.1. Establecimiento de los parámetros iniciales para el diseño del sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

Para el siguiente proyecto se ha recopilado información real desde la industria de calzado, la misma que ha sido utilizada para el desarrollo de este proyecto.

- Como primera instancia se recopilaron datos reales de acuerdo a la necesidad que surgía en la parte del pintado de tacones, todos estos datos fueron tomados de acuerdo al espacio que se tiene para trabajar e identificando todas las variables que se necesitan en este proceso de diseño del sistema.
- También se realizaron varias visitas a la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo, tomando datos efectivos para el análisis y el diseño del sistema automático de pintado de tacones, para tener todos estos datos tuvimos un acercamiento con los operadores encargados del pintado de tacones, las mismas que nos proporcionaron toda la información necesaria para saldar todas nuestras dudas y datos requeridos.

6.1.1. Parámetros iniciales tomados en la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

En este apartado se especifica la presión en la cual van a trabajar las pistolas de pintado, los datos que se van a utilizar son las presiones con las que se trabaja actualmente en la parte de pintado de la industria, el valor que se va a tomar en cuenta en el diseño es de 3 bar debido a que la presión es constante de trabajo en la línea de producción.

Compresor \rightarrow 4hp

29,0075psi \rightarrow 1.9999967Bar

43.5113psi \rightarrow 2.9999985Bar

58.0151psi \rightarrow 4.00000033Bar

De acuerdo a los datos obtenidos sobre la presión que se requiere y la boquilla de la pistola es de 1.4 mm. Se va a utilizar una pistola automática de pintado que se activa con electroválvulas como se observa en la Figura 9.

Figura 9

Pistola automática de pintado.

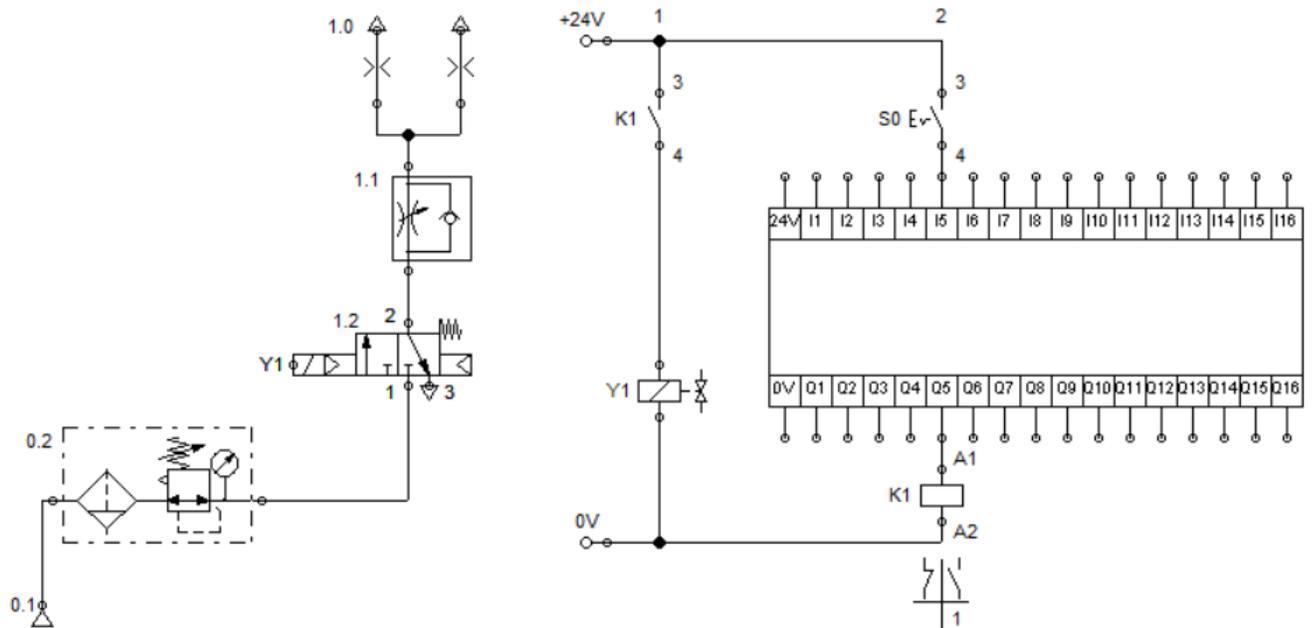


Nota: Se aprecia el modelo de la pistola automática que se va a utilizar, de acuerdo a *WA-200* (2021).

También a continuación se tiene el diagrama de conexión de la pistola automática, como se aprecia en la Figura 10

Figura 10

Diagrama de conexión de la pistola.



Nota: Se observa en la imagen el diagrama de conexión de la pistola, de acuerdo a *WA-200* (2021).

A continuación, se va a describir en el texto el plano que se realizó para el accionamiento de la electroválvula, ya que la marca colocada como 1,0 representan los dos orificios por donde va a salir el aire, la marca 1,2 es la válvula reguladora, la 1,3 va a representar la electroválvula de paso del aire y por último el 0,2 y el 0,1 son la unidad de mantenimiento y la alimentación respectivamente.

6.1.2. Flujo volumétrico de pintura.

A este lo definimos como el volumen de fluido que pasa a través de una sección transversal dada por una unidad de tiempo, en este caso como el flujo volumétrico es de pintura se calcula usando una aproximación hidráulica.

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

Primero calculamos la velocidad de flujo:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \times 10^5}{1000}} = \sqrt{600} \approx 24.49 \text{ m/s} \quad (2)$$

Una vez calculada la velocidad de flujo, se obtiene el área de la boquilla:

$$A = \pi \left(\frac{0.0014}{2} \right)^2 = \pi (0.0007)^2 \approx 1.539 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (3)$$

Ya como se calculó todas las variables, finalmente vamos con el flujo volumétrico:

$$Q = 24.49 \cdot 1.539 \times 10^{-6} \approx 3.77 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \quad (4)$$

Como resultado nos dio que el flujo volumétrico es de 3.77 microlitros/seg.

También en esta sección vamos a obtener el resultado del área de cobertura del chorro de pintura, en este diseño la distancia que hay de la pistola al tacón va a ser de 0.205 metros y el ángulo de las pistolas va a ser de 60 grados y se calcula como el área de un círculo, como primer paso calculamos el radio:

$$r = 0.205 \cdot \tan\left(\frac{\pi}{6}\right) \approx 0.205 \cdot 0.577 \approx 0.118 \text{ m} \quad (5)$$

El área de cobertura va a ser igual a:

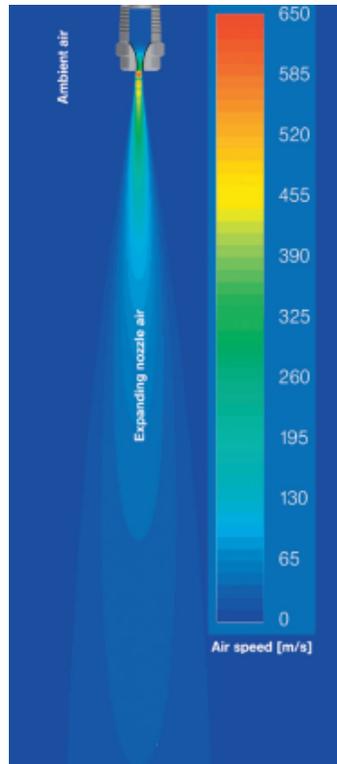
$$A = \pi (0.118)^2 \approx 0.0362 \text{ m}^2 \quad (6)$$

La velocidad de flujo de la pintura que se va a trabajar según los resultados obtenidos es de 24.49 m/s, este dato ha sido tomado de acuerdo al catálogo de la boquilla de LECHLER, esto también ha sido analizado y comprobado para realizar el diseño. (*Air Nozzles and Accessories*, 2015).

En la Figura 11 se puede apreciar las diferentes velocidades que puede soportar la boquilla, en esta imagen se identifica que en el caso del pintado de tacones se encuentra en la parte celeste entre 65 y 0, aunque no es muy alta en comparación con sistemas industriales más avanzados que puedes superar los 100 m/s, es suficiente para atomizar la pintura en partículas finas y cubrir de forma homogénea la superficie.

Figura 11

Velocidades de pintado de la boquilla.



Nota: Se observa en la imagen las velocidades de la boquilla, de acuerdo a *Air Nozzles and Accessories* (2015).

6.1.3. Espacio entre bases de tacones de producción.

Por lo general, el espacio entre las bases es de 300 mm, este espacio se da debido a la velocidad de la banda y por la cantidad de tacones que se producen a diario.

6.1.4. Dimensiones de banda y sistema rotatorio.

El espacio físico que se tiene para trabajar con la banda transportadora de largo es de 5 m y de ancho 0,20 m y la banda del sistema rotatorio es de 1 m de largo. Como se van a pintar en un soporte giratorio, se necesitara calcular la velocidad angular para garantizar una cobertura uniforme durante el tiempo de pintado y se calculara con la fórmula siguiente:

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (7)$$

Con esta fórmula asegura que el tacón complete al menos una vuelta durante su paso por la pistola.

Sustituyendo valores se obtiene como resultado:

$$\omega = \frac{2\pi}{6} \text{rad/seg} \quad (8)$$

La velocidad angular necesaria para completar una vuelta en 60 segundos es de:

$$\omega = 1,047 \text{ rad/s (60}^\circ\text{/s)} \quad (9)$$

6.1.5. Tiempo entre tacones.

En este apartado se va a calcular el tiempo que va a ver entre las bases de los tacones y con la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad} = \frac{d}{v} \quad (10)$$

Donde d es la distancia que hay entre las bases que es decir 0.30 metros, mientras que v es la velocidad lineal de la banda transportadora que son 0.05 m/s y como resultado da lo siguiente:

$$\text{Capacidad} = \frac{0,30}{0,05} = 6 \text{segundos} \quad (11)$$

6.1.6. Velocidad de la banda y frecuencia de paso.

La velocidad a la que trabaja la banda principalmente es de 0.05 m/s, esto debido a que es una velocidad constante la cual va a justificar su cantidad de producción y los espacios entre bases en la banda transportadora es de 0.30 metros. La frecuencia de paso es la que determina la cantidad de unidades que la banda puede procesar en un minuto y para calcular eso se tiene la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad} = \frac{60}{6} = 10 \text{tacones/min} \quad (12)$$

La capacidad de producción es de 10 tacones por minuto, lo cual supera el objetivo de 5 unidades por minuto, pero en este caso la velocidad de la banda se le puede ir regulando para

que esté en el objetivo.

6.1.7. Espacio total para la construcción del diseño.

El espacio disponible que se tiene para diseñar es la de la Figura 12 y sus medidas máximas son de 5,70 x 4,55 metros, que viene a ser el área máxima que se tiene para poder trabajar para la línea de producción.

Figura 12

Espacio de trabajo.



Nota: En la figura se aprecia el espacio de trabajo en la fábrica de calzado en la ciudad de Gualaceo.

6.2. Diseñar el componente mecánico de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

El diseño mecánico de estos sistemas automatizados en la industria de calzado es crucial para garantizar que los procesos sean eficientes, precisos y repetibles. Para esto el sistema debe estar optimizado para manejar los siguientes aspectos:

- El transporte continuo y sincronizado de los tacones a través de las distintas etapas del proceso de pintado.
- La rotación uniforme de cada tacón, asegurando una cobertura total de pintura.
- La integración segura y eficiente de componentes mecánicos, con los sistemas electrónicos y el sistema para controlar todas las operaciones.

6.2.1. Banda transportadora.

La banda transportadora es el foco principal del sistema, ya que esta será la encargada de transportar los tacos entre ambas estaciones, que son la de pintado y luego la de secado. Las dimensiones de la banda transportadora son las siguientes:

- Materia que se usa para la banda es acero inoxidable, porque es un material de resistencia a la corrosión, con gran durabilidad y fácilmente limpio.
- Medida de 5 metros, con la división de estaciones de secado y pintado en cuenta.
- Medida de 0,20 metros, para que en él se adapten los soportes de los tacones.
- La velocidad de trabajo será de 0,05 m/s, ajustable por un variador de frecuencia a la capacidad de producción. Antes de hacer el cálculo del torque de la banda se debe sacar el resultado de la masa de la banda:

$$m_{banda} = Volumen \cdot \rho = (L \cdot A \cdot Espesor) \cdot \rho \quad (13)$$

$$m_{banda} = (5 \cdot 0,2 \cdot 0,003) \cdot 7850 = 23,55 \text{ kg} \quad (14)$$

La masa total de los tacones que vamos a tener es:

$$m_{tacones} = n \cdot m_{tacon} = 25 \cdot 0,5 = 12,5 \text{ kg}$$

Para calcular el torque de la banda transportadora, incluyendo el peso de la banda, la carga de los tacones, dimensiones y teniendo que la densidad del material del acero inoxidable es 7850 kg/m, el coeficiente de fricción dinámico que va a ser de 0,3 y el radio del tambor de 0,1 m, utilizamos las siguientes fórmulas:

$$\text{Fuerza total: } F_{total} = F_{peso} + F_{friccion} \quad (15)$$

$$F_{total} = 353,680 + 106,095 = 459,775 \quad (16)$$

$$F_{friccion} = 353,680 \cdot 0,3 = 106,095N \quad (17)$$

$$(18)$$

Una vez encontrada la fuerza total de la banda sacamos la velocidad angular del motor con una velocidad de 1400 RPM:

$$\omega = \frac{1400 \cdot 2\pi}{60} = 146,60rad/s \quad (19)$$

Para que la banda se mueva a 0,05 m/s se procede a calcular la velocidad angular del tambor en función del radio. En este caso el tambor tiene un radio de 0,1 m:

$$\omega_{tambor} = \frac{v}{r} = \frac{0,05}{0,0508} = 0,984rad/s \quad (20)$$

Como vamos a utilizar un motor con una caja reductora para que el motor no sea tan grande, vamos a realizar una relación de reducción entre la velocidad del motor:

$$R = \frac{\omega_{motor}}{\omega_{tambor}} = \frac{146,60}{0,984} = 148,98 \quad (21)$$

Esto significa que si el motor gira 293.2 veces, el tambor gira solo una vez. Si el motor está a 1400 RPM, el tambor girará a:

$$\frac{1400}{148,98} = 9,39RPM \quad (22)$$

Este valor es la velocidad de salida del reductor, que es muy lento, pero adecuado para la velocidad de la banda.

El torque nominal del motor sin la caja reductora se obtiene con:

$$T_{motor} = \frac{P \cdot 9550}{n} \quad (23)$$

$$1Hp = 746w \quad (24)$$

$$T_{motor} = \frac{0.5 \cdot 746 \cdot 9550}{1400} \quad (25)$$

$$T_{motor} = \frac{373 \cdot 9550}{1400} \quad (26)$$

$$T_{motor} = 2,54 Nm \quad (27)$$

Como ya se tiene el torque nominal del motor, se procede a hacer el cálculo del torque de salida del reductor, que se obtiene multiplicando por la relación de reducción:

$$T_{salida} = 2,54 \cdot 148,98 = 378,4 Nm \quad (28)$$

Ahora verificamos la potencia requerida con la siguiente fórmula:

$$P = T_{salida} \cdot \omega_{salida} \quad (29)$$

$$\omega_{salida} = \frac{2\pi \cdot salida}{60} \quad (30)$$

$$\omega_{salida} = \frac{2\pi \cdot 9,39}{60} = 0,983 rad/s \quad (31)$$

$$P = 378,4 \cdot 0,983 = 371,96 W \quad (32)$$

En este sistema hay que tomar en cuenta factores adicionales como:

- Eficiencia del sistema.
- Inercia inicial.
- Capacidad del motor.
- Velocidad de operación.

Una vez teniendo en cuenta estos factores adicionales vamos a multiplicar por un factor de seguridad de 1.5 para proteger el sistema:

$$T_{seguro} = 371,96 Nm \cdot 1,5 = 557,94 W \quad (33)$$

A continuación, en la siguiente Tabla 33 vamos a tener todos los parámetros del motor de la banda transportadora:

Tabla 2

Especificaciones técnicas y componentes de la banda transportadora

| Parametros | Unidades | Valor Calculado |
|------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Potencia de motor | W | 373 |
| Velocidad del motor | RPM | 1400 |
| Torque del motor | Nm | 2,54 |
| Velocidad angular del motor | rad/s | 146,60 |
| Relación de reducción | - | 293,2 |
| Velocidad angular del tambor | RPM | 4,78 |
| Velocidad lineal de la banda | m/s | 0,05 |
| Radio del tambor | m | 0,1 |
| Torque en la salida del reductor | Nm | 744,2 |
| Velocidad angular del tambor | rad/s | 0,5 |
| Potencia en la salida del reductor | W | 372,1 |
| Velocidad de salida del reductor | RPM | 4,78 |
| Factor de seguridad potencia | W | 558 |

Nota: Observamos en la tabla las especificaciones técnicas y componentes de la banda transportadora.

Como se observa en la Figura 13 se tiene la cinta de acero inoxidable que se va a utilizar para nuestro diseño de la banda transportadora.

Figura 13

Cinta de acero inoxidable.

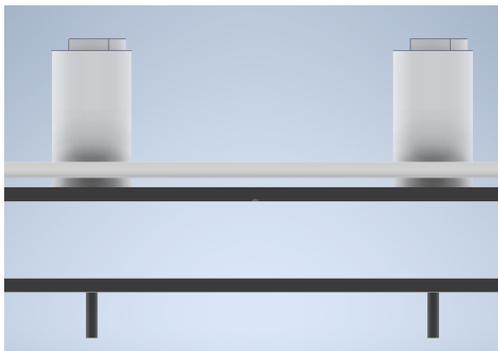


Nota: En la imagen apreciamos el diseño del mallado y el material acero inoxidable de la cinta de la banda transportadora, de acuerdo a *Transportador de cinta de acero inoxidable* (2021).

La banda transportadora tiene tubos fijos de 10 mm de diámetro con una altura de 40 mm y colocado en esos tubos van a ir los soportes de los tacos que la medida de estos son de 70 mm de diámetro y 192 mm de alto como se muestra en la Figura 14, estos no van a estar fijos para que tengan la posibilidad de girar en el momento de pasar por la cabina de pintado.

Figura 14

Bases de tacos.



Nota: En la figura se observa en la parte superior las bases de de 70 mm de diametro y en la parte inferior los tubos de 10 mm de diametro.

La banda transportadora, como se mencionó anteriormente, está fabricada en acero inoxidable, este material se seleccionó, ya que tiene una alta resistencia a la corrosión y durabilidad, lo que asegura un desempeño óptimo en condiciones industriales. El espesor de la banda es de 5 mm, permitiendo un balance óptimo y adecuado entre peso y resistencia estructural, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Estructura de la banda.



Nota: La siguiente imagen nos muestra la estructura final de la banda transportadora.

Para especificar y comprender mejor las diferentes especificaciones técnicas y componentes de la banda se puede observar detalladamente en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3*Especificaciones técnicas y componentes de la banda transportadora*

| Componentes | Cantidad | Especificaciones de componentes |
|-------------------------------|-----------------|--|
| Tambor de Cola | 1 | 50 mm |
| Tambor Motriz | 1 | 50 mm |
| Rodillo Guía | 5 | Diámetro: 101,6 mm (Rodillo plano) |
| Rodillo de Retorno | 4 | Diámetro: 101,6 mm (Rodillo plano) |
| Polea Motriz | 1 | 1*60SDS |
| Polea Impulsada | 1 | 1*70SDS |
| Largo de la banda | 1 | 5000 mm |
| Radio de poleas | - | 200 mm |
| Radio del reductor | - | 200 mm |
| Chumaceras tipo cuadrado | 2 | Chumacera tipo Brida de 4 perforaciones |
| Chumaceras tipo deslizante | 2 | Ajuste con mecanismo deslizante HZ-204-1 |
| Tipo de cinta para banda | - | Malla acero inoxidable |
| Tipo de cinta para recauchado | - | Tipo diamante |

Nota: Observamos en la tabla las especificaciones de los componentes que tiene la banda transportadora .

6.2.2. Mecanismo para soportes giratorios.

La banda para estos soportes giratorios se puede conseguir ya sea con una medida comercial o una medida específica que se necesite y se acople a los estándares requeridos. En Molinero Cia. Ltda. ya que se especializa en atender las necesidades del sector industrial de todo Ecuador, brindando con asesorías técnicas y soluciones de bandas transportadoras, accesorios y suministros que se adaptan a las exigencias del trabajo pesado. (Ltda., 2023)

Importan y distribuyen a nivel nacional productos de marcas reconocidas a nivel mundial que se adaptan a las necesidades de los procesos más exigentes de producción. (Ltda., 2023)

En este caso tienen diferentes tipos de bandas de caucho, que son:

- Bandas de caucho nervadas

- Bandas de caucho lisas
- Bandas de caucho rugosas

La que se va a utilizar es el tipo de banda de caucho lisas ya que esta se fabrica con una gran variedad de capas, espesores y dimensiones ya que transporta o hace fricción con materiales o productos tanto de manera vertical como horizontal, el material y las capas se pueden observar en la siguiente Figura 16

Figura 16

Material de la banda lateral.



Nota: En la figura se observa las diferentes capas que tiene la banda lateral para el mecanismo de rotación, de acuerdo a.Ltda. (2023)

Los soportes giratorios son primordiales para garantizar que cada tacón reciba una aplicación uniforme de pintura en toda su superficie. Estos soportes tienen la función de sostener de manera segura los tacones de diferentes tamaños en este caso de 30 mm a 100 mm, tienen que girar a una velocidad constante, permitiendo la cobertura total del chorro de pintura. Así mismo como la banda transportadora van a hacer hecho de acero inoxidable con revestimientos anticorrosión para prolongar su vida útil. El mecanismo que se va a utilizar se conoce comúnmente como etiquetadora rotativa como se puede apreciar en la Figura 17, esto va a hacer que giren solo las bases de los tacos y así tener un pintado uniforme en el taco.

Figura 17

Mecanismo rotacional.



Nota: En la figura se observa el diseño del mecanismo rotacional de las bases de los tacones.

La base de los tacos gira por fricción entre la banda lateral izquierda y la base fija en la parte derecha. La velocidad angular depende de la velocidad lineal de la banda, para ellos vamos a realizar el calculo en relación entre la velocidad lineal angular:

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (34)$$

Sustituyendo valores de la velocidad lineal de la banda y el radio promedio de la base del tacón daría como resultado lo siguiente:

$$\omega = \frac{0,05}{0,035} = 1,43rad/s \quad (35)$$

La cantidad de ángulo girado en 6 segundos se lo tiene que verificar con la siguiente fórmula:

$$\theta = w \cdot t \quad (36)$$

Reemplazando nos quedaría como resultado de la siguiente forma:

$$\theta = 1,43 \cdot 6 = 8,58rad \quad (37)$$

Como una vuelta completa equivale 6.28 rad, la base girara:

$$\frac{8,58}{6,28} = 1,37vueltas \quad (38)$$

La base completa 1,37 vueltas en 6 segundos, así asegurando un pintado uniforme.

La fuerza de fricción entre la banda lateral y la base del tacón permite su giro y esta fuerza se calcula con:

$$F_f = \mu N \quad (39)$$

Como aún no se tiene la fuerza normal por el peso de la base, se procede a calcular:

$$N = m \cdot g = 0,5kg \cdot 9,81 = 4,905N \quad (40)$$

Una vez teniendo todas las incógnitas ya se puede calcular la fuerza de fricción:

$$F_f = 0,3 \cdot 4,905 = 1,4715N \quad (41)$$

También hay que tener que considerar el torque básico y la velocidad angular que se calcula con las siguientes fórmulas:

$$T = F_f \cdot r \quad (42)$$

$$= 1,4715N \cdot 0,035m \quad (43)$$

$$= 0,515025N \quad (44)$$

Velocidad angular:

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (45)$$

$$= \frac{0,05m/s}{0,035m} \quad (46)$$

$$= 1,4286rad/s \quad (47)$$

Ya teniendo todas las variables, finalmente calculamos el torque ajustado con factor de seguridad necesario para el sistema rotatorio:

$$T_{ajustado} = T \cdot FS = 0,515025 Nm \cdot 1,5 = 0,77Nm \quad (48)$$

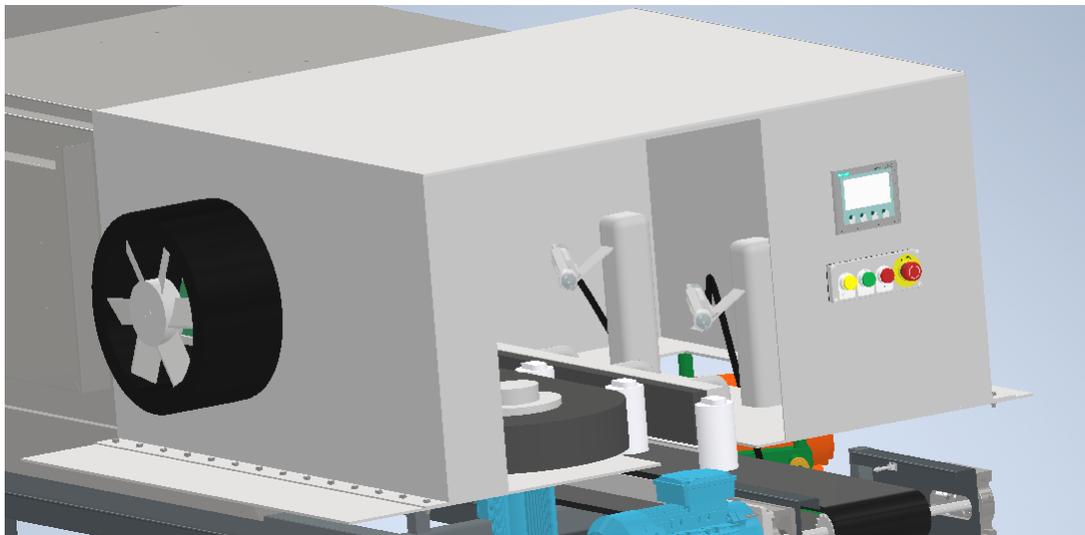
6.2.3. Cabina de pintado.

Esta cabina de pintado proporciona un entorno controlado donde se realiza la aplicación de pintura, el fin de esta cabina es confinar el proceso de pintado para minimizar la dispersión de partículas en el ambiente, también se va a tratar de garantizar la seguridad del operario al

reducir la exposición a vapores y aerosoles. A diferencia de las bases y la banda transportadora, su estructura va a fabricar con acero galvanizado, ya que este material también es resistente a la corrosión. Las dimensiones internas de esta son suficientes para albergar los soportes giratorios y las pistolas de pintura. También va a contar con un sistema de ventilación en un costado de la cabina como se observa en la Figura 18, el objetivo de este sistema es para extraer partículas de pintura suspendidas en la cabina.

Figura 18

Cabina de pintado.



Nota: La imagen nos muestra el diseño final de la cabina de pintado con su extractor.

6.2.4. Selección de motores.

En esta sección vamos a tener la tabla de los datos que necesitamos para cada motor, uno que es para la banda transportadora y otro para el mecanismo giratorio. Para la selección del motor de la banda lateral de acuerdo a los parámetros calculados se puede observar en la Figura 19 que se detalla los tipos de motores trifásicos que se va a utilizar para el motor principal de la banda transportadora.

Figura 19

Especificaciones del motor de la banda transportadora.

| Reductores Serie RS y RT | | | | | |
|---------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Tabla de selección | | | | | |
| 0.06 kW | rpm | i = | Nm | SF | kg |
| MRS-MRT 28 | 200 | 7 | 2.4 | >3 | 3.6 |
| MRS-MRT 28 | 140 | 10 | 3.3 | >3 | 3.6 |
| MRS-MRT 28 | 93 | 15 | 4.7 | >3 | 3.6 |
| MRS-MRT 28 | 70 | 20 | 6.1 | 2.6 | 3.6 |
| MRS-MRT 28 | 50 | 28 | 7.6 | 2.6 | 3.6 |
| MRS-MRT 28 | 35 | 40 | 10 | 1.7 | 3.6 |
| MRA-MTA 63/40 | 32 | 44 | 14 | >3 | 6.5 |
| MRS-MRT 28 | 29 | 49 | 11 | 1.5 | 3.6 |
| MRS-MRT 28 | 25 | 56 | 12 | 1.3 | 3.6 |
| MRA-MTA 63/40 | 22 | 63 | 19 | >3 | 6.5 |
| MRS-MRT 28 | 20 | 70 | 13 | 0.9 | 3.6 |
| MRS-MRT 40 | 18 | 80 | 16 | 2.0 | 5.0 |
| MRA-MTA 63/40 | 15 | 95 | 26 | 2.8 | 6.5 |
| MRS-MRT 40 | 14 | 100 | 19 | 1.5 | 5.0 |
| MRA-MTA 63/40 | 11 | 126 | 31 | 2.0 | 6.5 |
| MRS-MRT 28/28 | 9.3 | 150 | 31 | 1.1 | 5.0 |
| MRA-MTA 63/40 | 8.0 | 176 | 37 | 1.8 | 6.5 |
| MRS-MRT 28/28 | 7.0 | 200 | 30 | 0.8 | 5.0 |
| MRA-MTA 63/40 | 5.5 | 252 | 46 | 1.4 | 6.5 |

Nota: La imagen nos muestra la tabla con las especificaciones del motor de la banda, de acuerdo a *CATÁLOGO RS•RT* (2022).

Para la selección del motor lateral de la banda nos basamos en lo calculado anteriormente para realizar la selección, el motor que vamos a utilizar es él tiene 0.12 W y 0.16 Hp y en la Figura 20 se pueden observar las demás características técnicas del motor y en la Tabla 4 las especificaciones del motor.

Figura 20

Especificaciones del motor de la banda lateral.

| Potencia | | Carcasa | Par nominal (kgfm) | Corriente con rotor trabado Ii/In | Par con rotor trabado TI/Tn | Par máximo Tb/Tn | Momento de inercia J (kgm ²) | Tiempo máximo con rotor trabado (s) | | Peso (kg) | Nivel de ruido dB(A) | 220 V | | | | | | | |
|----------|------|---------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|--|-------------------------------------|------|-----------|----------------------|--------------------------|------|------|--------------------|------|------|--------------------------|-------|
| | | | | | | | | Caliente | Frio | | | % de la potencia nominal | | | Factor de potencia | | | Corriente nominal In (A) | |
| kW | HP | RPM | | | 50 | 75 | 100 | 50 | 75 | 100 | | | | | | | | | |
| N Polos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.09 | 0.12 | 63 | 0.051 | 5.2 | 3.2 | 3.4 | 0.0003 | 22 | 48 | 7.0 | 48 | 1725 | 45.0 | 53.0 | 55.0 | 0.44 | 0.52 | 0.61 | 0.704 |
| 0.12 | 0.16 | 63 | 0.068 | 4.5 | 2.1 | 2.4 | 0.0004 | 25 | 55 | 7.0 | 48 | 1710 | 49.0 | 55.0 | 58.0 | 0.45 | 0.57 | 0.66 | 0.830 |
| 0.18 | 0.25 | 63 | 0.103 | 4.7 | 2.2 | 2.4 | 0.0004 | 16 | 35 | 7.5 | 48 | 1710 | 51.0 | 58.0 | 62.0 | 0.45 | 0.58 | 0.67 | 1.14 |
| 0.25 | 0.33 | 63 | 0.142 | 4.5 | 2.3 | 2.5 | 0.0006 | 20 | 44 | 8.0 | 48 | 1720 | 50.0 | 58.0 | 62.0 | 0.44 | 0.55 | 0.64 | 1.65 |

Nota: Se observa la tabla de las especificaciones del motor de la banda lateral, de acuerdo a CatalogoWEG (s.f.).

Tabla 4

Tabla de motor para el mecanismo de rotación.

| Parametros | Valor calculado |
|---|----------------------|
| Peso del tacón | 0,5 kg |
| Radio de la base | 0,035 m |
| Coefficiente de fricción dinámico | 0,3 |
| Velocidad lineal de la banda rotatoria | 0,05 m/s |
| Gravedad | 9,8 m/s ² |
| Fuerza normal | 4,905 N |
| Factor de seguridad | 1,5 |
| Fuerza de fricción | 1,4715 N |
| Torque básico | 0,5150 N |
| Velocidad angular | 1,4286 rad/seg |
| Torque ajustado con factor de seguridad | 0,77 Nm |

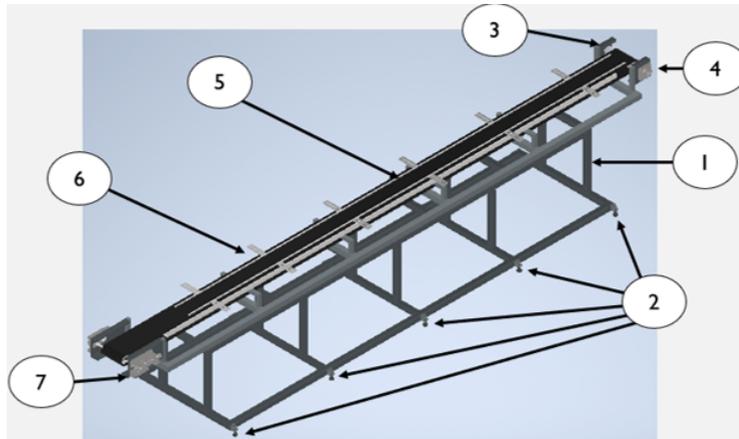
Nota: Se pueden apreciar los calculos mas importantes calculados anteriormente del motor de la banda lateral.

6.3. Diseño de la banda transportadora

Como se observa en la Figura ?? se tiene las diferentes partes de la banda enumeradas.

Figura 21

Diseño de la estructura de la banda transportadora.



Nota: Se puede apreciar el diseño de la estructura mecánica de la banda con sus partes. .

1.Base de la banda: Es el componente principal donde se monta la banda. Su función es proporcionar un soporte estructural sólido y uniforme.

2.Pies de nudillo D60: Estas patas sostienen la base y garantizan que la banda transportadora se mantenga nivelada.

3.Polea con revestimiento: Se ubican debajo de la banda transportadora, es decir, debajo de la malla y tienen la función de soportar y guiar la banda.

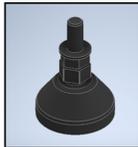
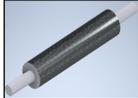
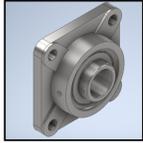
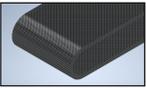
4.Brida de 4 perforaciones: Conectan las poleas con revestimiento. Estos ejes son responsables de transmitir el movimiento de la banda.

5.Banda transportadora tipo malla: Es el componente móvil que transporta los tacos de zapatos.

6.Laterales de guía: Elementos colocados a lo largo de la banda para evitar que los materiales se desplacen.

7.Mecanismo deslizante HZ-204-1: Permite ajustar la tensión de la banda transportadora para evitar el deslizamiento.

Tabla 5*Partes de la banda transportadora*

| Imagen | Parte de la banda | Descripción detallada | Material |
|---|----------------------------------|---|------------------|
|  | Base | Proporciona soporte estructural sólido y uniforme. | Hierro |
|  | Pies de nudillo D60 | Sostienen y nivelan la banda transportadora. | Acero inoxidable |
|  | Polea con revestimiento superior | Soportan y guían la banda, reduciendo la fricción. | Acero inoxidable |
|  | Brida de 4 perforaciones | Transmiten el movimiento desde el motor hacia la banda. | Acero inoxidable |
|  | Banda transportadora tipo malla | Transporta los materiales de un punto a otro. | Acero inoxidable |
|  | Laterales de guía | Evitan que los materiales se desplacen fuera de la banda. | Acero inoxidable |
|  | Mecanismo deslizando HZ-204-1 | Ajusta la tensión de la banda para evitar deslizamientos. | Acero inoxidable |

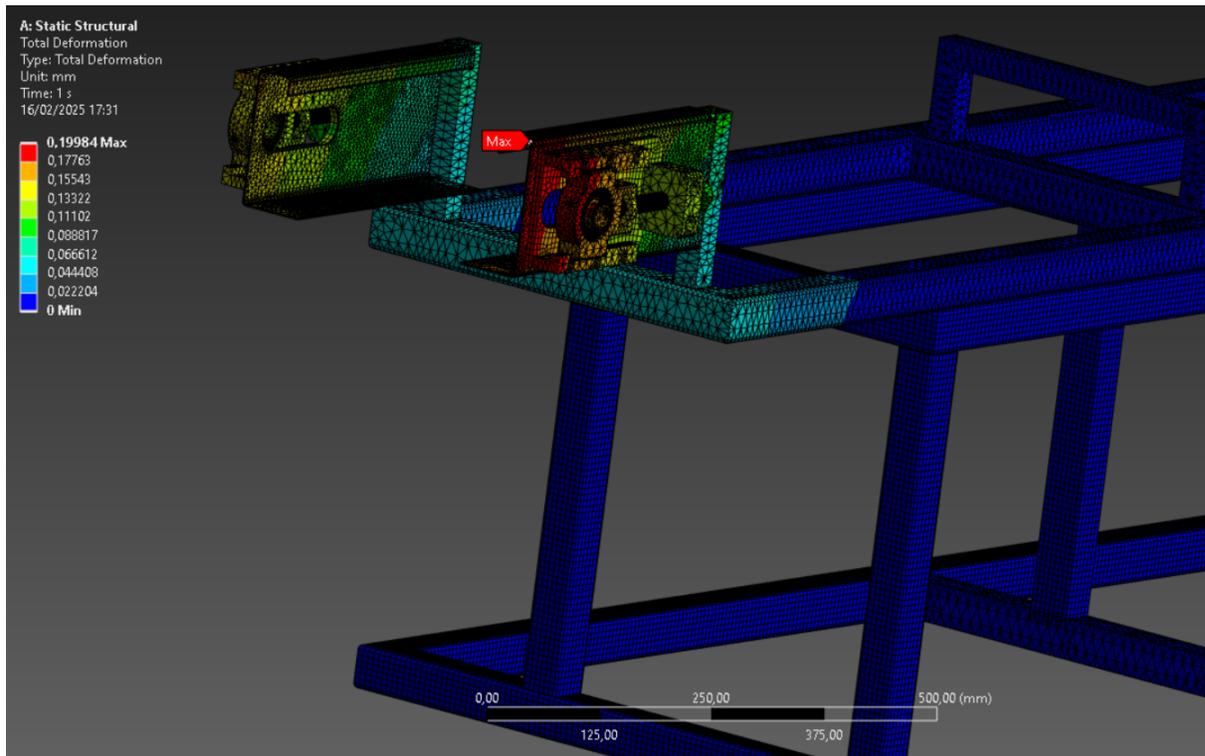
En la Tabla 33 anterior se muestra todas las partes de la banda transportadora con su respectiva descripción y de qué material están hechos.

6.4. Simulación mecánica de la estructura de la banda transportadora

Luego de realizar todos los cálculos involucrados dentro del desarrollo del diseño del sistema de pintado de tacones, se realizó la simulación mecánica de la base de la banda transportadora, como primera simulación se tiene la deformación total de la banda como se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Deformación total.



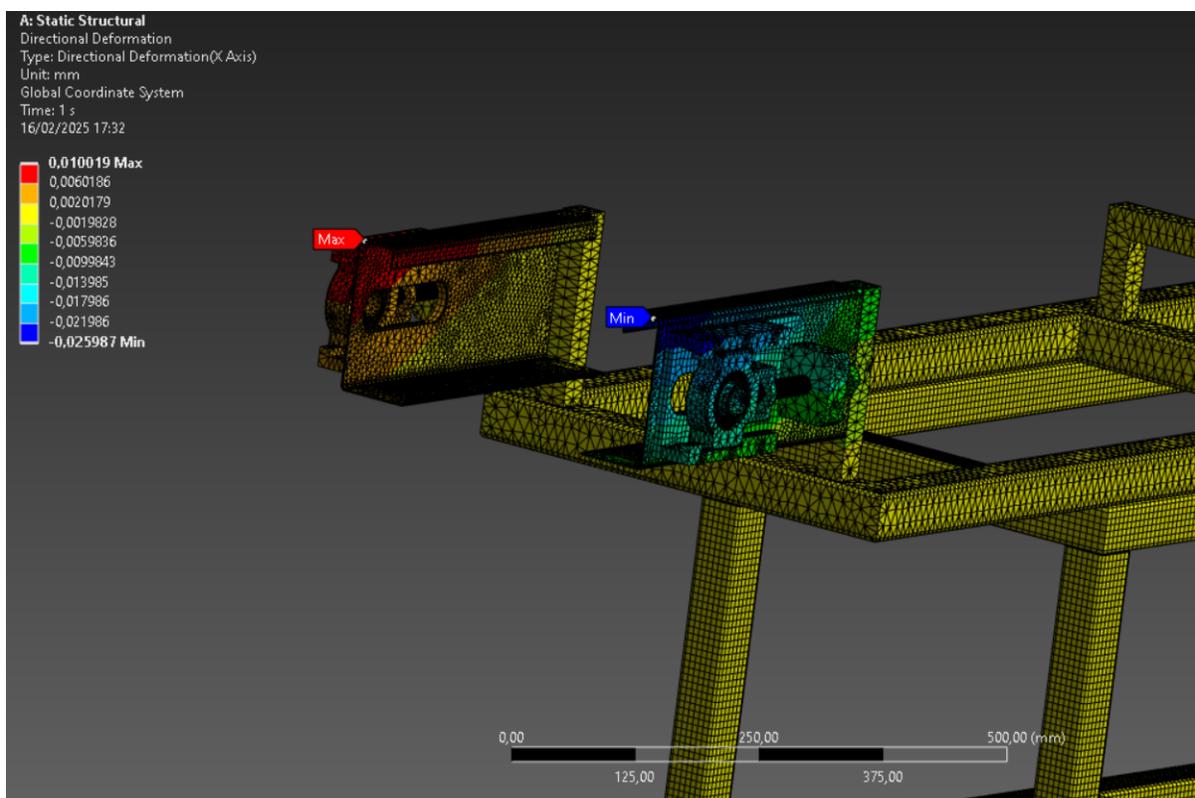
Nota: Se observa en la imagen la deformación total. .

La deformación máxima total es de 0,19984 mm, con una carga distribuida a lo largo de la banda de 20 N y con una carga del motor de 100 N, esta deformación es relativamente pequeña, lo que indica que la banda transportadora no sufre una deformación excesiva bajo

las cargas aplicadas. Dado que el acero inoxidable es un material rígido y resistente, esta deformación está dentro de los límites aceptables para una estructura de este tipo. En la siguiente Figura 23 se puede observar la deformación direccional en el eje X de 0,010019 mm, esta deformación es extremadamente pequeña, lo que sugiere que la banda no se está desplazando significativamente en esta dirección. Esto es positivo, ya que indica que la estructura está bien alineada y no hay movimientos excesivos que puedan afectar su operación.

Figura 23

Deformación equivalente en el eje X.



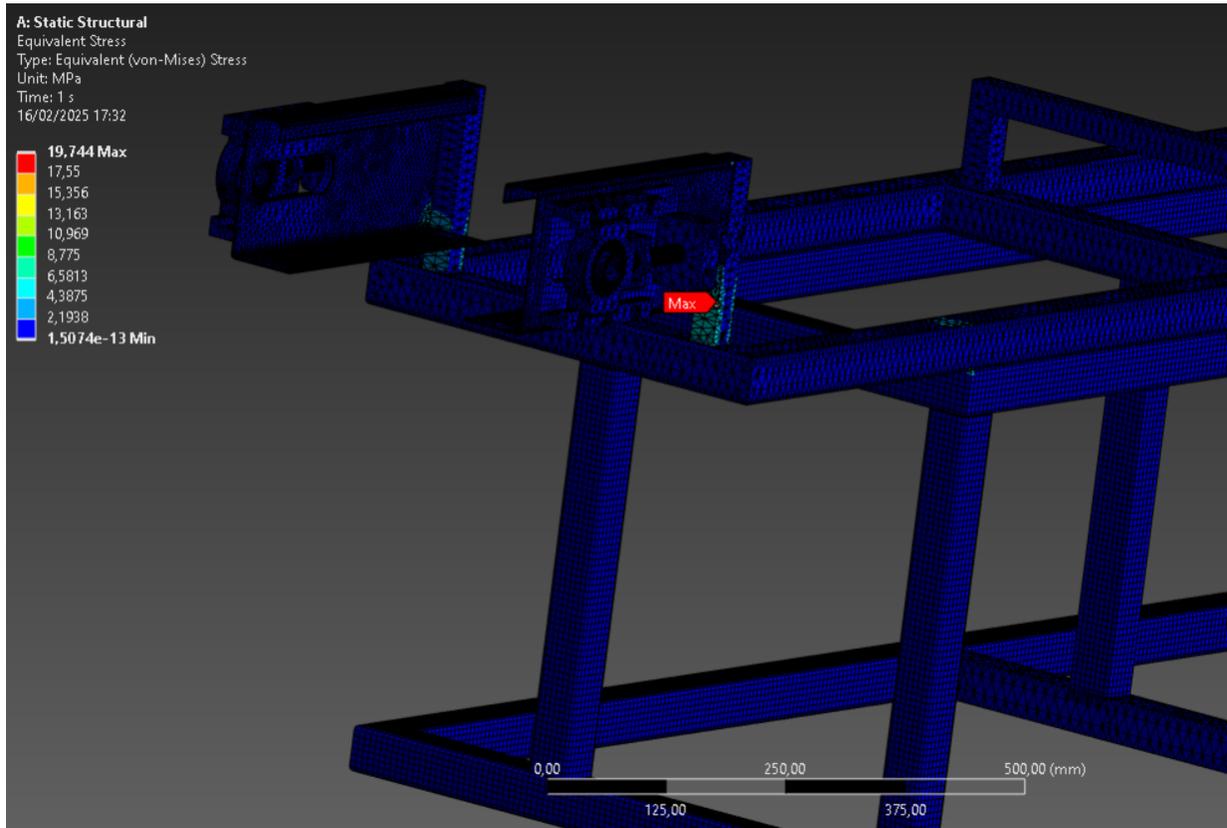
Nota: Se observa en la imagen la simulación de la deformación direccional. .

Ahora la siguiente simulación es el esfuerzo equivalente de Von-Mises como se puede observar en la Figura 24 lo que nos indica que el esfuerzo máximo de Von-Mises es de 19,744 MPa este esfuerzo es una medida de la intensidad de la tensión en el material, el acero inoxidable típicamente tiene un límite elástico que ronda los 200-300 MPa. Este esfuerzo que nos dio como resultado está muy por debajo de este límite, lo que indica que el material no

está cerca de su punto de fallo.

Figura 24

Estrés equivalente.

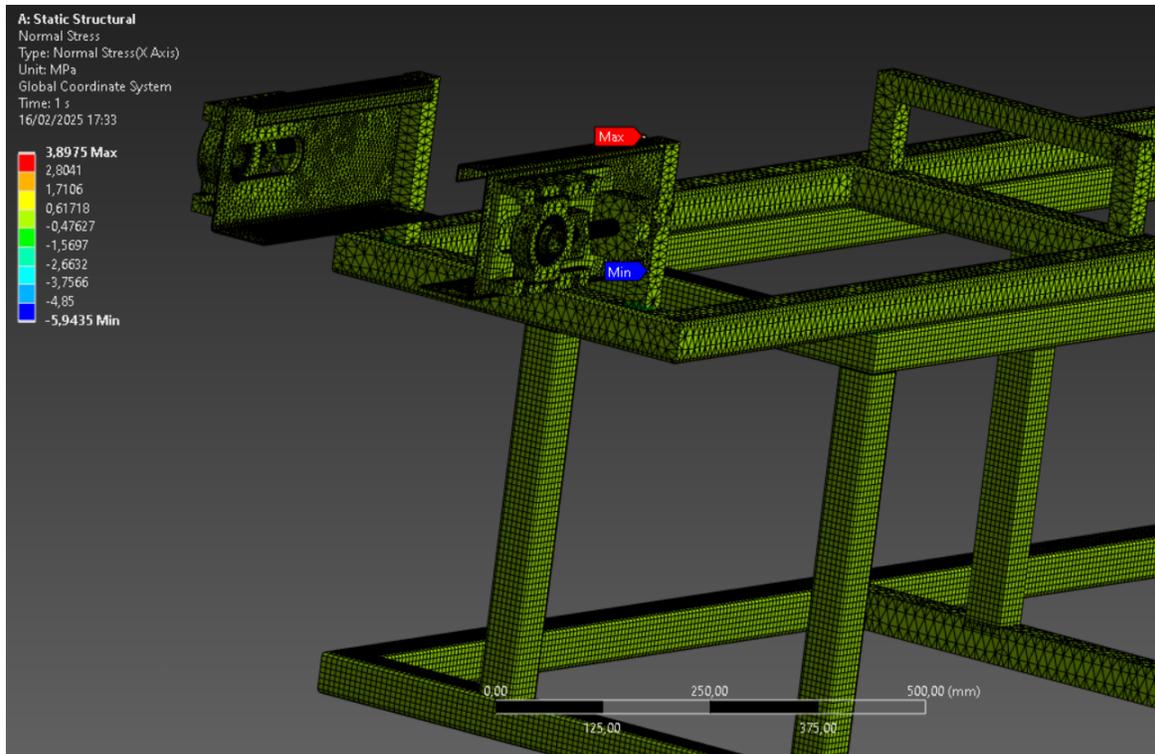


Nota: Se aprecia en la imagen el estrés equivalente de la banda transportadora. .

Como siguiente simulación nos muestra el esfuerzo normal en el eje x que es de 3,8915 MPa como se aprecia en la Figura 32 esto indica que las tensiones de tracción o compresión en esta dirección son mínimas. Estos es positivo, ya que no hay riesgo de fallo por fractura o deformación plástica en esta dirección.

Figura 25

Estrés normal en el eje X.

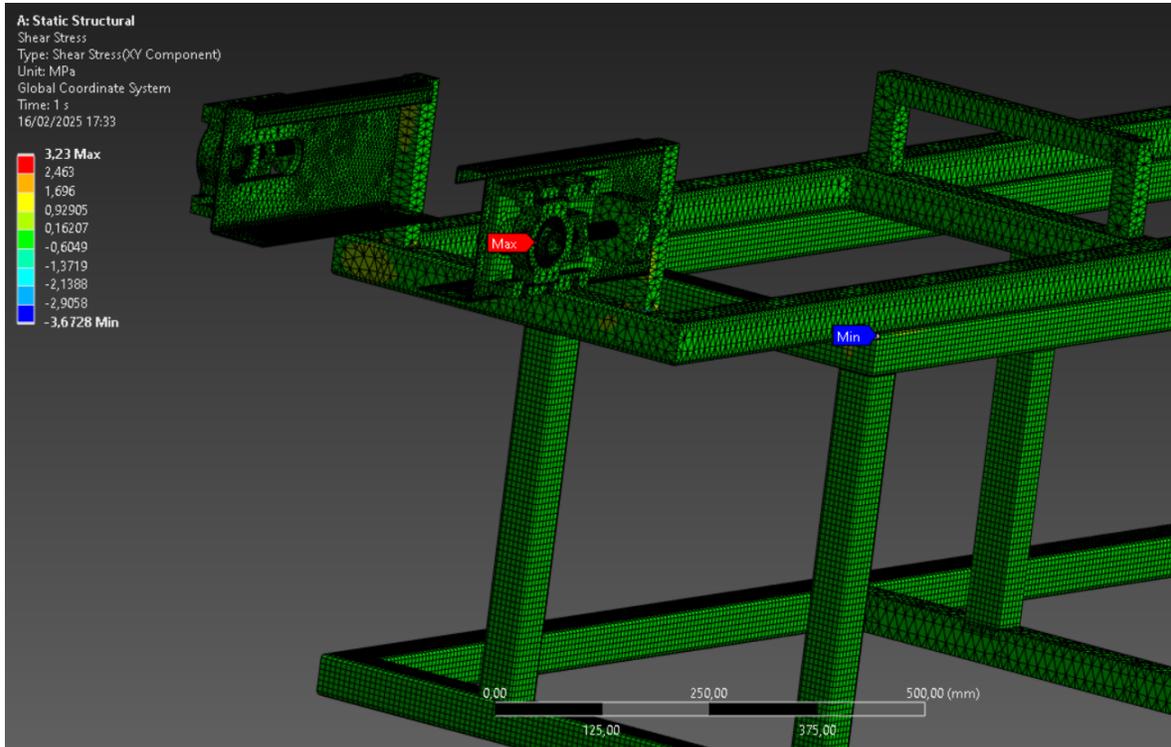


Nota: En la imagen se ve el estrés normal en el eje X .

A continuación, la simulación del esfuerzo cortante en el plano XY como se observa en la Figura 26. Este esfuerzo es relativamente bajo de 3,23 MPa lo que indica que las fuerzas paralelas al plano XY no están generando tensiones críticas en el material. El acero inoxidable tiene una resistencia típicamente alta, por lo que este valor no representa un riesgo, lo que se concluye que no hay riesgo de fallo por esfuerzo cortante.

Figura 26

Esfuerzo cortante en el plano XY.

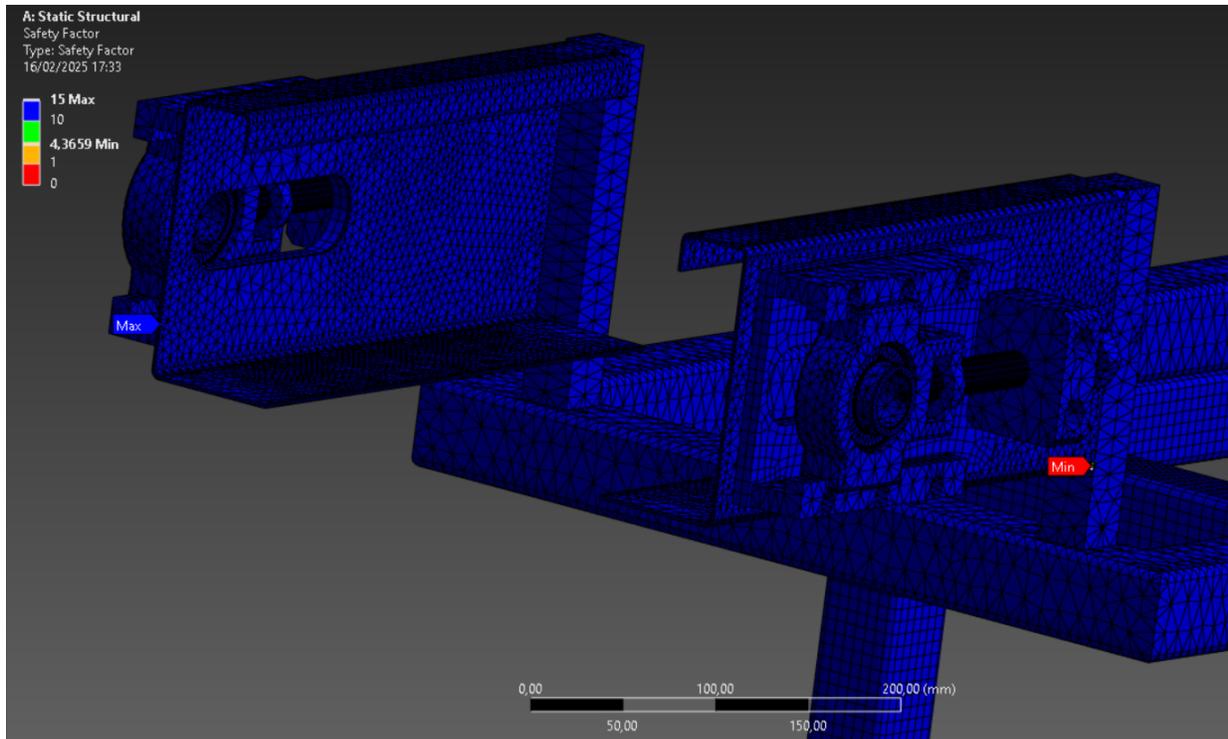


Nota: Se observa en la simulación el esfuerzo cortante en el plano XY.

Por último se encuentra el factor de seguridad como se puede ver en la Figura 33, este indica que si es mayor de 1 el diseño es seguro bajo las cargas aplicadas. Un valor mínimo de 4,3639 es muy bueno, ya que sugiera que el material puede soportar cargas mucho mayores antes de llegar a su límite de fallo. Esto proporciona un margen de seguridad amplio para la banda transportadora.

Figura 27

Factor de seguridad.



Nota: Se aprecia en la imagen la simulacion del factor de seguridad en la banda transportadora.

6.5. Diseñar la parte eléctrica y electrónica de control de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

6.5.1. Sensores para detectar la altura de los tacones.

Dentro de este aspecto se puede mencionar que el sensor seleccionado debe permitirse en el monitoreo de todo el proceso en cuanto a la detección de la presencia de los tacos sin tener la necesidad del contacto físico. Para mejor comprensión de los diferentes tipos de sensores de proximidad se puede observar la siguiente Tabla 6 en donde se detalla específicamente las características de los diferentes tipos de sensores de proximidad.

Tabla 6*Tipos de sensores de proximidad*

| Tipo | Características | Aplicaciones |
|----------------|---|--|
| Inductivos | Detectan objetos metálicos. Alta precisión y velocidad. | Monitoreo de tacos o partes metálicos de la máquina. |
| Capacitivos | Detectan materiales no metálicos (madera, plásticos, etc.). Sensibilidad ajustable. | Detección de tacos de materiales no metálicos. |
| Fotoeléctricos | Detectan objetos mediante un haz de luz. Mayor alcance y versatilidad. | Detección en la entrada y salida del túnel. |
| Ultrasónicos | Usan ondas de sonido para detectar objetos. Mayor alcance y precisión en ambientes polvorientos. | Verificación de la posición de varios tacos simultáneamente. |
| Magnéticos | Requieren un imán para la detección. | Control de presencia en ambientes húmedos o con vibraciones. |

Nota: Tipos de sensores de proximidad, Características y Aplicaciones.

De acuerdo con la especificación de los diferentes tipos de sensores se tomó la decisión de elegir el sensor LJ12A3-4-Z/BX, el cual se identifica como un sensor de tipo inductivo que permite una alta precisión en detección sin la complejidad de aplicación. En la siguiente Figura 28 se muestra como es un sensor inductivo del modelo seleccionado para mejor visualización y comprensión estructural.

Figura 28

Sensor de proximidad.



Nota: Se observa en la imagen el sensor de proximidad que vamos a utilizar, de acuerdo a Perú (2023)

Pero al ser muy común en aplicaciones de este tipo siempre se debe hacer comparativas en cuanto especificaciones más importantes se encuentran detalladas a continuación en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7

Características específicas del sensor de proximidad modelo LJ12A3-4-Z/BX

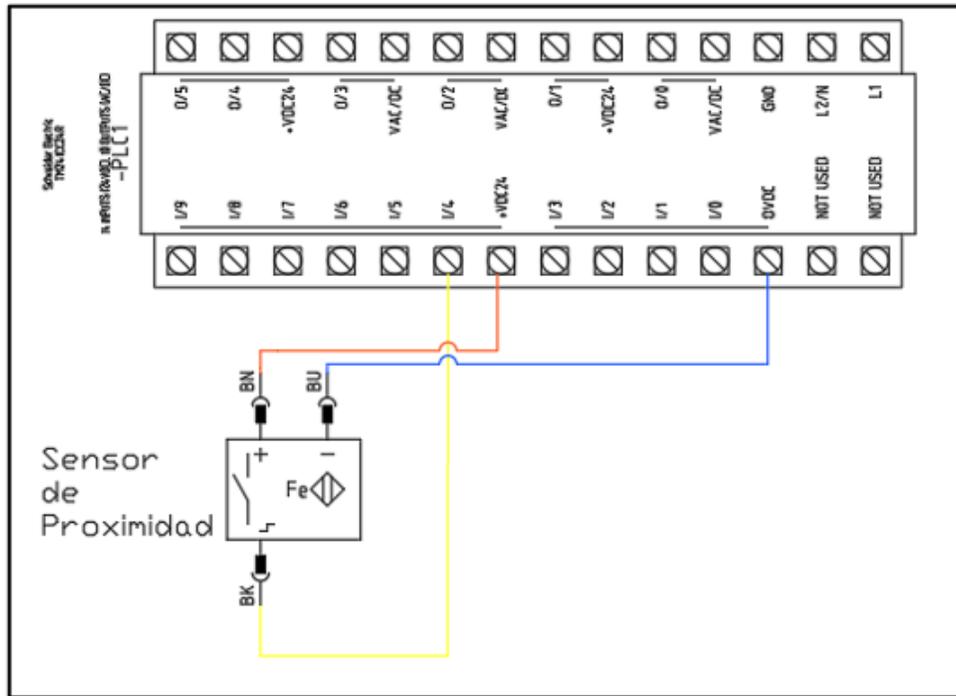
| Característica | Detalle |
|----------------------|--------------------------------------|
| Tipo de Sensor | Inductivo |
| Modelo | LJ12A3-4-Z/BX |
| Salida | NPN, normalmente abierta (NO) |
| Señal de salida | Negativa (-) |
| Rango de Detección | 4 mm |
| Tensión de Operación | 6-36 V DC |
| Corriente Máxima | 300 mA |
| Conexión | 3 hilos (positivo, negativo y señal) |

Nota: Este tipo de sensor es del tipo NPN en donde tendrá su salida negativa.

Como se pudo observar este tipo de sensor es NPN por lo que su salida es negativa, lo que genera que su conexionado se la puede observar en la siguiente Figura 29 volviéndolo una opción factible en la aplicación sin que exista la presencia de fallas de conexionado o de funcionalidad.

Figura 29

Diagrama de conexión del sensor de proximidad.



Nota: Observamos el diagrama de conexión del sensor de proximidad al PLC.

6.5.2. Potencia transmitida por fricción a base y selección del variador de frecuencia.

Esta potencia en este sistema es la energía necesaria para hacer girar las bases de los tacos debido al contacto entre la banda lateral y las bases de los tacos, en los resultados vamos a ver que esa energía es pequeña, ya que el sistema depende únicamente del rozamiento generado por el movimiento de la banda se formula es la siguiente:

$$P = F_f \cdot v \quad (49)$$

La potencia transmitida a una base es:

$$P = 1,4715 \cdot 0,05 = 0,073575W \quad (50)$$

Para este punto de selección del variador de frecuencia se deben conocer los parámetros

eléctricos para el correcto dimensionamiento. Estos parámetros ya están establecidos en la placa del motor como son la corriente, tensión, potencia y el torque establecido en el catálogo. Conociendo los parámetros, es necesario calcular la velocidad RPM necesaria para hacer girar el rodillo de la banda, la cual se obtiene de la siguiente manera:

$$velocidadRPM = \frac{v}{2\pi r} \times 60 \quad (51)$$

$$velocidadRPM = \frac{0,05}{2\pi 0,0508} \times 60 \quad (52)$$

$$velocidadRPM = 93,98RPM \quad (53)$$

En comparación a las RPM del motor seleccionado nos dio muy una velocidad muy reducida, con base a esto se tiene que calcular la velocidad en el que el variador debe ser programado para que cumpla con el valor calculado.

$$velocidadRPM = \frac{f}{f_{nominal}} \times RPM_{nominal} \quad (54)$$

$$velocidadRPM = \frac{93,8}{1750} \times 60Hz \quad (55)$$

$$velocidadRPM = 3,22Hz \quad (56)$$

De acuerdo con los cálculos obtenidos y los parámetros que ya se obtuvieron del motor, el variador de frecuencia seleccionado va a ser el modelo **Siemens Sinamics V20**. En la Figura 30 se puede observar la estructura del variador y en la Tabla 8 se aprecian sus especificaciones de acuerdo a este modelo.

Figura 30

Siemens Sinamics V20.



Nota: La figura nos muestra la estructura del variador de frecuencia, de acuerdo con Siemens (2021).

Tabla 8

Datos técnicos del variador Siemens Sinamics V20

| Tension trifasica | Potencia | Frecuencia de Red | Frecuencia de trabajo |
|-------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| 220 V - 400 V | 0,16 - 20 Hp | 60 Hz | 0-500 Hz |

Nota: En la tabla estan los valores de las especificaciones del variador de frecuencia, de acuerdo a Siemens (2021).

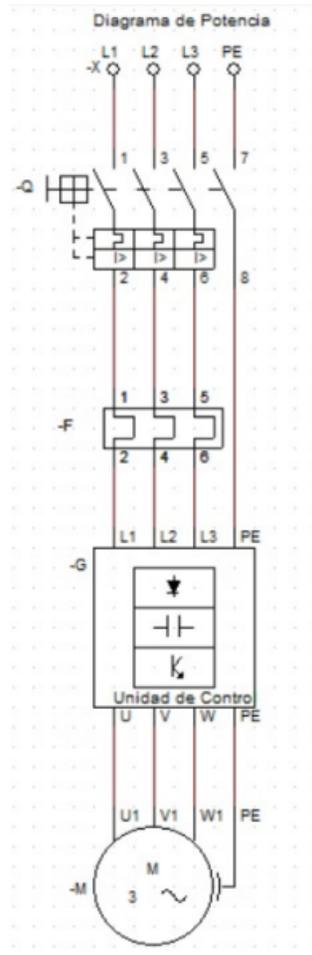
6.5.3. Control electrónico.

En este punto se tiene en consideración los circuitos de control y de potencia. Ya que estos permiten controlar el proceso industrial y por ende el funcionamiento de la máquina de forma automatizada. En la Figura 31 se visualiza el diagrama de potencia con la integración de los diferentes componentes necesarios para su funcionamiento y mientras tanto en la Figura se

puede observar el diagrama de control de la banda transportadora en la Figura ?? se puede apreciar los diagramas eléctricos de fuerza y de control respectivamente.

Figura 31

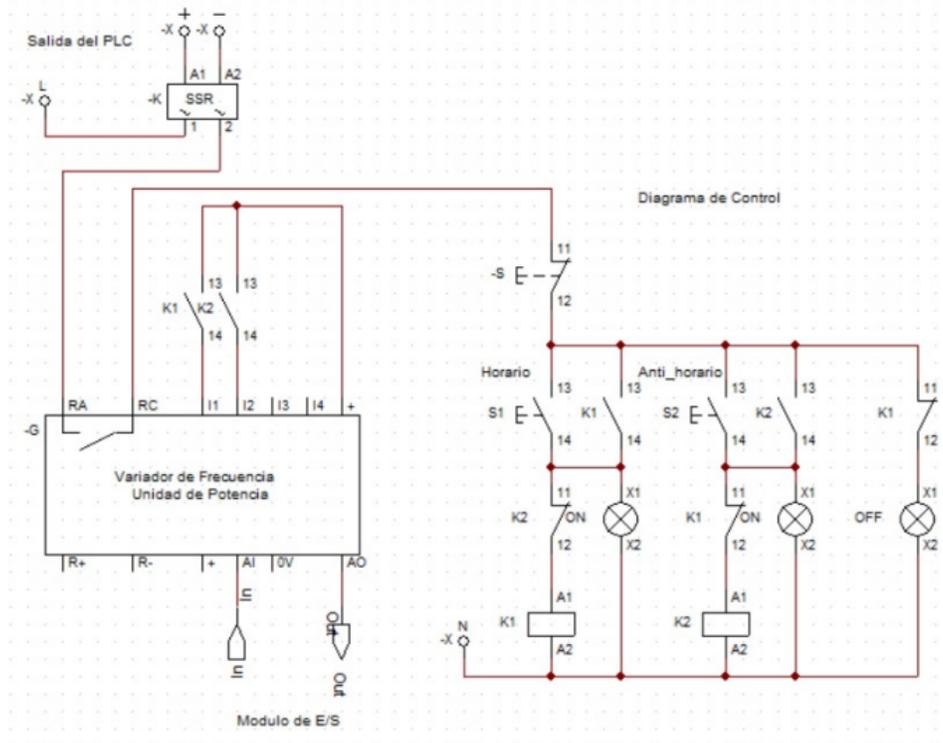
Diagrama de fuerza.



Nota: Se observa en la imagen el diagrama de fuerza para poder arrancar el motor. .

Figura 32

Diagrama de control.



Nota: En la figura se puede ver el diagrama de control del motor. .

6.5.4. Diagrama para la activación de la electroválvula.

Para el cálculo de potencia para la activación de las pistolas, requieren a fuente de aire comprimido, donde hay que tomar en cuenta el flujo volumétrico que ya fue calculado anteriormente y la potencia del compresor que entrega 4 hp convirtiéndolo a watts:

$$4hp = 2984W \quad (57)$$

A continuación, en la siguiente Tabla 9 vamos a observar la lista de los componentes electrónicos que vamos a utilizar en todo el proyecto:

Tabla 9*Parámetros de Componentes Electrónicos*

| Componente | Modelo | Tensión de Operación | Corriente Máxima | Potencia |
|----------------------------|----------------------------|----------------------|------------------|---------------|
| Variador de Frecuencia | Siemens Sinamics V20 | 220V-400V | - | 0,16 - 20 Hp |
| PLC | Siemens S7-1200 CPU 1214C | 24 VDC | - | - |
| Módulo de Expansión | Siemens 6ES7232-4HB32-0XB0 | 24 VDC | 45 mA | - |
| HMI | Siemens KTP900 Basic | 24 VDC | - | - |
| Sensor de Proximidad | LJ12A3-4-Z/BX | 6-36 V DC | 300 mA | - |
| Motor Banda Transportadora | - | 220V | - | 373 W |
| Motor Mecanismo Rotacional | - | 220V | - | 120 W |
| Compresor | - | - | - | 4 HP (2984 W) |
| Pistolas de Pintado | - | - | - | - |

Nota: La tabla muestra los parámetros de los componentes electrónicos utilizados en el sistema.

Tabla 10*Tabla de consumo energético de los componentes electrónicos.*

| Componentes electronicos | Potencia nominal | Consumo energético |
|---------------------------------|------------------|--------------------|
| Variador de frecuencia | 1500 | 7500 |
| PLC | 10 | 50 |
| Módulo de expansión | 1,08 | 5,4 |
| HMI | 15 | 75 |
| Sensor de proximidad | 7,2 | 36 |
| Motor para banda transportadora | 373 | 1865 |
| Motor para mecanismo rotatorio | 120 | 600 |
| Compresor | 2984 | - |
| Pistola de pintura automática | 500 | 2500 |

Nota: Se pueden apreciar la cantidad de consumo energético de cada componente electrónico que se va a utilizar.

Ya una vez que se tiene todos los componentes electrónicos que se va a requerir utilizar, el siguiente paso es obtener el consumo total en vatios del sistema, como se muestra en la Tabla 10. Como ya se calculó el consumo energético total de todo el sistema, en la siguiente Tabla 11 nos muestra el dimensionamiento de las protecciones eléctricas para cada componente:

Tabla 11

Tabla de dimensionamiento y protecciones electricas.

| Componentes electronicos | Potencia nominal | Protección requerida |
|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Variador de frecuencia | 1500 | 8,53 |
| PLC | 10 | 0,53 |
| Módulo de expansión | 1,08 | 0,056 |
| HMI | 15 | 0,79 |
| Sensor de proximidad | 7,2 | 0,38 |
| Motor para banda transportadora | 373 | 213 |
| Motor para mecanismo rotatorio | 120 | 0,69 |
| Compresor | 2984 | 16,95 |
| Pistola de pintura automática | 500 | 2,84 |

Nota: En la tabla estan los valores de los dimensionamientos y protecciones para la parte electrica.

Los valores para el consumo en vatios se calcularon usando las especificaciones técnicas de cada componente (potencia nominal en W o conversión de HP a W para los motores). Para algunos elementos como el PLC, se utilizó un valor estimado basado en modelos estándar.

Así mismo, para el dimensionamiento de las protecciones eléctricas, la corriente nominal(A) se calculó dividiendo el consumo energético (W) entre la tensión de alimentación (220V o 24V según corresponda)

La protección requerida (A) incluyo un factor de seguridad del 25 porciento para asegurar la tolerancia ante sobrecargas.

A continuación se presenta las fórmulas de la corriente nominal, para la protección requerida y el consumo energético:

- Consumo energético: Este es la cantidad de energía que utilizan para realizar sus tareas, se puede calcular multiplicando la potencia por el tiempo que está encendido.
- Protección requerida

$$I_{\text{protección}} = I \times 1,25 \quad (58)$$

- Corriente nominal:

$$I = \frac{P}{V} \quad (59)$$

El 1,25 o que también puede ser 1,50 que se multiplica en la protección requerida es una práctica estándar en el diseño electrónico que se debe incluir un factor de seguridad del 25 por ciento, este factor asegura que:

- Las sobrecargas temporales: Los dispositivos electrónicos pueden experimentar picos de corriente momentáneos, como al arrancar un motor o al activar un relé.
- Tolerancia operativa: Considera ligeras fluctuaciones en el consumo real de los dispositivos y las condiciones de operación.
- Durabilidad: Ayuda a prolongar la vida útil de los fusibles o interruptores automáticos, evitando que trabajen constantemente al límite de su capacidad nominal.

Según estándares electrónicos como el NEC (National Electrical Code) o normativas internacionales, es habitual sobredimensionar las protecciones, como en circuitos de motores, que se recomienda usar 125 por ciento del valor nominal para manejar los picos iniciales de corriente al arranque. Para cargas generales, un margen del 25 por ciento que protege los componentes ante cambios imprevistos en las condiciones de operación.

6.5.5. Parte lógica de control.

El control del sistema es importante garantizar su funcionamiento. Un sistema de control permite gestionar y sincronizar los distintos elementos que componen el sistema de pintado, como la banda transportadora, sensores, ventiladores y las pistolas automáticas de pintado. Existen diferentes enfoques de control, desde sistemas manuales básicos hasta controles automáticos avanzados, cada uno diseñado para adaptarse a las necesidades específicas del proceso. Analizar las opciones disponibles ayuda a determinar el método más adecuado para optimizar el rendimiento, consumo energético y garantizar la calidad del pintado. En la siguiente Tabla 12 se presentan los principales tipos de control que se pueden emplear para gestionar el funcionamiento de toda la máquina.

En la selección del sistema de control, se ha decidido utilizar un sistema de control basado en PLC (controlador lógico programable) para regular el funcionamiento de la máquina de secado de tacos. Esta selección se basa en las numerosas ventajas que ofrece el PLC sobre otros sistemas de control, especialmente en aplicaciones industriales en las que se requiere precisión y fiabilidad. El PLC es ideal para este tipo de maquinaria por su capacidad para

Tabla 12*Tabla de tipo de controladores.*

| Tipos de control | Descripción |
|---------------------------------|--|
| Control Manual | Operación directa por un operador, que ajusta físicamente interruptores, válvulas o reguladores. |
| Control On/Off | Sistema básico de control que enciende o apaga un dispositivo en función de una variable de entrada. |
| Control proporcional | Ajusta la salida proporcionalmente a la desviación entre el valor deseado y el valor real. |
| Control PID | Combina las acciones proporcional, integral y derivativo para un control preciso y estable. |
| Control por temporizador | Basado en intervalos de tiempo preestablecidos para activar o desactivar componentes. |
| Control lógico cableado | Utiliza relés, contactores y circuitos físicos para implementar lógica de control. |
| Control automático con sensores | Utiliza sensores para medir variables como temperatura, humedad o velocidad, ajustando automáticamente los parámetros. |
| Control digital PLC | Control basado en controladores programables, que permite una automatización y monitoreo avanzado y preciso. |

Nota: *Se pueden apreciar los tipos de controles que existen.*

controlar y conectarse a todos los componentes electrónicos. Incluso puede contener sensores que controlan variables importantes, como el caudal de aire o la velocidad de la cinta, y ajustarse en tiempo real. Otra ventaja significativa es la sencillez de programación de una lógica de control complicada, como la temporización de los ciclos de pintura, el encendido secuencial de piezas y las alarmas de fallo. Esto aumenta la capacidad de automatización del proceso y reduce el nivel de intervención manual, aumentando así la productividad y la seguridad de la operación. proceso, lo que convierte al PLC en la selección óptima para el sistema automático de pintura de talones. Por último, el PLC se combina a la perfección con una interfaz HMI (interfaz hombre-máquina) que proporciona al operario un método fácil de usar para comprobar el estado del motor, realizar ajustes y leer datos en tiempo real. Esta combinación ofrece un control eficaz y una supervisión completa del proceso, lo que convierte al PLC en la mejor elección para el sistema de pintado automático de tacones.

6.5.6. Tipos de PLC.

En este apartado se puede mencionar que los PLC se pueden clasificar en diferentes categorías según su tamaño, capacidad, tipo de aplicación, características y complejidad. A continuación, se describen los principales tipos de PLC disponibles en el mercado a través de la siguiente Tabla 15.

Tabla 13

Tabla de tipos de PLC.

| Tipos de PLC | Características |
|-------------------------|--|
| PLC Compacto | Diseño integrado, con CPU, entradas/salidas (E/S) y fuente de alimentación en un solo módulo. |
| PLC Modular | Compuesto por módulos separados (CPU, módulos de E/S, comunicación, etc.) que se ensamblan en un rack. |
| PLC de Montaje en Rack | Permite conectar múltiples módulos en un bastidor para grandes capacidades de E/S y procesamiento. |
| PLC de Seguridad | Diseñado específicamente para cumplir con normas de seguridad industrial. |
| PLC Nano o Micro | Más pequeño y económico, adecuado para aplicaciones limitadas en E/S y programación simple. |
| PLC Distribuido | Control distribuido en varias ubicaciones conectadas a través de redes industriales. |
| PLC de Alto rendimiento | Procesamiento rápido, alta capacidad de E/S, funciones avanzadas como control PID y comunicación Ethernet. |
| PLC Híbrido | Combina funciones de PLC y DCS (Distributed Control System). |

Nota: *Se pueden observar los tipos de PLC más utilizados.*

A continuación en la siguiente Tabla 14 se hace la comparación entre 3 PLC de diferentes marcas:

Tabla 14*Tabla comparativa de PLCs*

| Característica | Siemens S7-1200 | Allen-Bradley Micro850 | Schneider Modicon M221 |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Marca | Siemens | Allen-Bradley | Schneider Electric |
| Modelo | S7-1200 CPU 1214C | Micro850 | Modicon M221 |
| Tensión de alimentación | 24 VDC | 24 VDC | 24 VDC |
| Número de entradas digitales | 14 | 20 | 24 |
| Número de salidas digitales | 10 (6 relé, 4 transistor) | 12 (relé) | 16 (relé) |
| Comunicación | Profinet integrado | Ethernet/IP | Modbus TCP |
| Memoria de programa | 100 KB | 30 KB | 16 KB |
| Expansión de módulos | Sí (SM1231 AI, SM1232 AQ) | Sí (módulos de expansión) | Sí (módulos de expansión) |
| Interfaz HMI integrada | Compatible con HMI Siemens | Compatible con HMI PanelView | Compatible con HMI Magelis |
| Facilidad de programación | TIA Portal (muy intuitivo) | Connected Components Workbench | SoMachine (intermedio) |
| Costo aproximado | \$800 USD | \$700 USD | \$600 USD |
| Aplicaciones | Automatización industrial | Aplicaciones pequeñas y medianas | Aplicaciones pequeñas y medianas |

Nota: Los precios son aproximados y pueden variar según el proveedor y la región.

La mejor opción es el PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C, ya que cuenta con comunicación Profinet, que es un protocolo industrial robusto y ampliamente utilizado en la automatización. Esto facilita la integración con otros dispositivos Siemens, como la HMI KTP900 Basic y los módulos de expansión, lo que garantiza una comunicación rápida y confiable en tu sistema de pintado. El software TIA Portal de Siemens es uno de los más intuitivos y completos del mercado. Ofrece herramientas avanzadas para la programación, simulación y diagnóstico del sistema, lo que facilita la implementación y el mantenimiento del PLC. Siemens es una marca líder en automatización industrial, conocida por la fiabilidad y durabilidad de sus productos. Además, cuenta con un amplio soporte técnico y documentación, lo que facilita la resolución de problemas y el mantenimiento del sistema. También con 100 KB de memoria de programa, el Siemens S7-1200 ofrece un rendimiento superior en comparación con los otros PLCs de la Tabla ???. Esto es especialmente importante en sistemas complejos como el tuyo, donde se requiere manejar múltiples entradas, salidas y procesos en tiempo real.

Figura 33

PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C.



Nota: En la imagen se puede apreciar el diseño mecánico final del sistema, de acuerdo con CPU 1214C (2025).

Dentro de este contexto al haber elegido los PLC compactos se tiene la iniciativa de hacer uso del modelo Siemens S7-1200 CPU 1214C, ya que cumple con las especificaciones necesarias para el funcionamiento del proceso, Este está diseñado para aplicaciones de control industrial con alta confiabilidad y precisión. En la Figura ?? se muestra la estructura del PLC Siemens.

Tabla 15

Tabla de especificaciones del PLC.

| PLC | Especificaciones |
|-------------------------|--------------------|
| Marca | Siemens |
| Modelo | 6ES7214-1AG40-0XB0 |
| Tensión de alimentación | 24 VDC |
| Número de entradas | 14 |
| Número de salidas | 10 |
| Salido tipo relé | 6 |
| Comunicación | Profinet integrado |

Nota: Se muestra en la imagen las especificaciones del PLC

En la Tabla ?? se mostró todas las especificaciones del PLC para una mejor comprensión.

6.5.7. Interfaz de visualización.

Dentro de este aspecto al considerarse que estos suelen ser interfaces hombre-máquina. Por lo que para la selección se tomó en cuenta que este sistema debe supervisar, controlar y gestionar los procesos de la máquina secadora de tacos de zapatos de manera sencilla y visual. Por lo que lograrlo los HMI suelen incluir pantallas táctiles, botones físicos o combinaciones de ambos, facilitando al usuario el monitoreo en tiempo real, la configuración de parámetros y la recepción de alertas o notificaciones del sistema. En este caso, el HMI se usará para las siguientes actividades:

- Supervisar el estado de los componentes de la máquina (banda transportadora, ventiladores, motor, etc.).
- Ajustar parámetros como la velocidad de la banda principal, banda lateral y tiempos de pintado.
- Mostrar alarmas en caso de fallos o condiciones fuera de rango.

El HMI que vamos a utilizar es ideal para aplicaciones industriales avanzadas como todo el sistema de pintado, ya que se desea ofrecer una interfaz amigable, interactiva, grafica y tactil, con opciones de conectividad avanzada. En la siguiente Figura 34 se puede observar el HMI Siemens modelo KTP900 Basic (9", pantalla táctil, 65536 colores).

Figura 34

Pantalla HMI KTP900 Basic.



Nota: En la imagen se aprecia la pantalla HMI, de acuerdo a S.A.C. (2025).

Para una mejor comprensión de las especificaciones del HMI seleccionado se muestra la siguiente Tabla 18.

Tabla 16

Tabla de especificaciones del HMI.

| HMI | Especificaciones |
|-----------------------------------|--------------------|
| Marca | Siemens |
| Modelo | 6AV2123-2JB03-0AX0 |
| Tensión de alimentación | 24 VDC |
| Número de colores | 65536 |
| Resolución de pantalla horizontal | 800 |
| Resolución de pantalla vertical | 450 |
| Comunicación | Profinet integrado |

Nota: Tabla de especificaciones del HMI que se va a utilizar.

6.5.8. Selección de módulos.

El controlador lógico programable no tiene entradas ni salidas analógicas, por lo tanto, se tuvo en cuenta la implementación del módulo de expansión SM1231 AI Y SM 1232 AQ marca Siemens trabaja con entradas y salidas analógicas respectivamente, ya que permite la conexión de los sensores de medición mediante la conversión de la magnitud física a magnitud eléctrica, lo que lo vuelve esencial para el control de velocidad de la banda. En la siguiente Figura 35 se puede observar el módulo de expansión.

Figura 35

Módulos de expansión de salidas y entradas analógicas.



Nota: En la imagen se puede apreciar la estructura de los módulos de expansión tanto como entradas y salidas analógicas, de acuerdo a . *Módulo de salidas y entradas analógicas SM 1232 (2025)*

En la siguiente Tabla 17 se va a observar las especificaciones de los módulos de expansión Siemens.

Tabla 17

Especificaciones técnicas de los módulos.

| Modulos de expansion | Especificaciones |
|-------------------------------|--------------------|
| Marca | Siemens |
| Modelo | 6ES7232-4HB32-0XB0 |
| Tensión de alimentación | 24 VDC |
| Consumo | 45 mA |
| Entradas y salidas analógicas | 4 - 4 |

Nota: Tabla de los valores tecnicos de los modulos tanto de entradas con de salidas analogicas.

6.5.9. Distribución de las luces indicadoras.

Dentro de este aspecto se realizó el establecimiento de la declaración de las entradas necesarias por implementarse para el PLC seleccionado. Como el PLC tiene 10 salidas digitales en donde pertenecen 4 salidas de transistores como 6 de tipo relé. En la siguiente Tabla ?? se puede observar de mejor manera la distribución utilizada de las salidas deseadas.

Tabla 18

Distribución de las salidas del PLC

| Salidas PLC | Tipo Salida | Representación | Modelo | Tensión | Tipo |
|-------------|---------------|--------------------|----------------|---------|-------|
| Q0 | L0 Transistor | Iniciar | Camsco AD1622D | 24 VDC | LED V |
| Q1 | L1 Transistor | Banda | Camsco AD1622D | 24 VDC | LED V |
| Q2 | L2 Transistor | Horno | Camsco AD1622D | 24 VDC | LED V |
| Q3 | L3 Transistor | Pintado | Camsco AD1622D | 24 VDC | LED V |
| Q4 | L4 Transistor | Stop | Camsco AD1622D | 24 VDC | LED R |
| Q5 | L5 Transistor | Emergencia | Camsco AD1622D | 24 VDC | LED R |
| Q6 | L6 Transistor | Lámpara infrarroja | Camsco AD1622D | 24 VDC | |
| Q7 | L7 Transistor | Ventiladores | Camsco AD1622D | 24 VDC | |

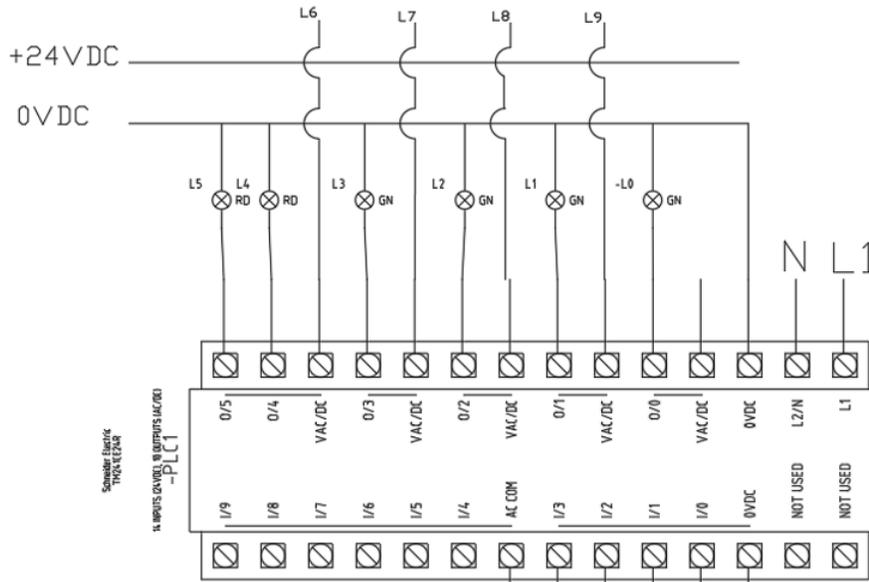
Nota: Distribución de las salidas del PLC de cada componente electrónico

6.5.10. Diagrama de conexión de las salidas en el PLC.

Este diagrama fue realizado dentro de AutoCAD Electrical con la finalidad de denotar el conexionado adecuado para la implementación de las salidas en conjunto con el PLC, ya que cada salida tiene su respectiva conexión que al no llevarse a cabo podría no funcionar adecuadamente o podría dañar evidentemente el sistema completo por daños. En la siguiente Figura 36 se puede observar detalladamente como se realizaron las conexiones.

Figura 36

Diagrama de conexión de las salidas del PLC.



Nota: En la imagen se puede apreciar el diseño del diagrama de conexión de las salidas del PLC que se utilizará.

6.5.11. Distribución de pulsadores.

En cuanto a esta distribución se lo hace de acuerdo con las entradas digitales, esto se lo puede realizar debido a que el PLC Siemens tiene 14 entradas digitales y como se tuvo pensado utilizar 3 entradas digitales utilizables para pulsadores como paro de emergencia, de stop, marcha y por último de retroceso para ocasiones en donde se necesite regrese al inicio del proceso por algún inconveniente. En la siguiente Tabla 27 se detalla cada una de las entradas del PLC.

6.5.12. Diseño del control de arranque.

En este punto se realizó el diseño a partir del control del variador como del motor a través de pulsadores, con la finalidad de dar la opción de que no solamente se use automatizada sino también manualmente. Dentro de estos pulsadores se pueden encontrar la reversa, marcha, stop y paro de emergencia, para mejor visualización se puede ver la Figura 37.

Tabla 19

Distribución de las entradas del PLC

| Entradas PLC | Tensión | Elemento | Marca | Modelo | Color |
|---------------------|----------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|
| I0 | 24 VDC | Pulsador | Camsco | FPB-EA1/G | Rojo |
| I1 | 24 VDC | Pulsador | Camsco | FPB-EA1/G | Verde |
| I2 | 24 VDC | Pulsador | Camsco | FPB-EA1/G | Amarillo |
| I3 | 24 VDC | Pulsador | Camsco | FPB-EA1/G | Rojo |

Nota: Tabla de las entradas del PLC para el control de arranque.

Figura 37

Diseño de los pulsadores.

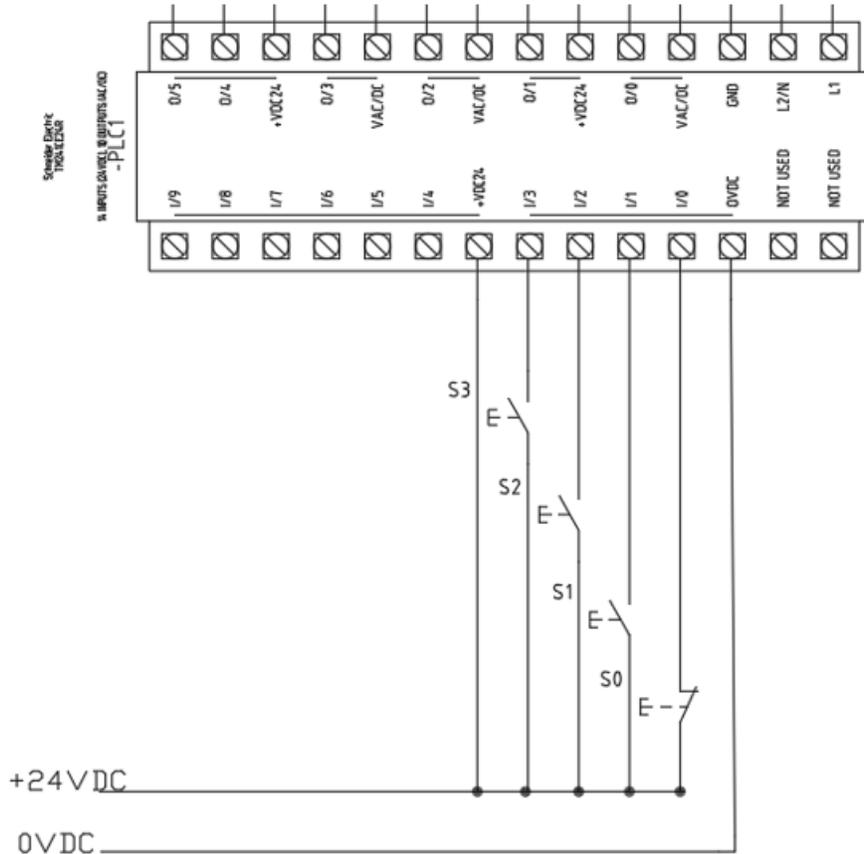


Nota: En la imagen se puede apreciar el diseño de los pulsadores donde esta el de inicio, reversa, paro y emergencia. .

En donde su debida conexión se la puede observar en la siguiente Figura 38 donde se identifica las conexiones de cada uno de los pulsadores con las del PLC.

Figura 38

Diseño de diagrama de conexión de los pulsadores.



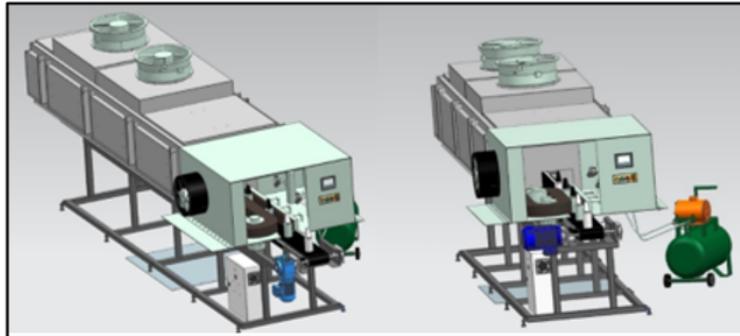
Nota: Se observa en la imagen el diagrama de conexión de los cuatro pulsadores. .

6.6. Simulación del sistema mecatrónico en el software NX Siemens

El diseño en Siemens NX constituye una parte fundamental del desarrollo de sistemas automatizados, ya que permite la creación de modelos tridimensionales detallados que representan los componentes y mecanismos de una instalación industrial. A través de sus potentes herramientas de modelado CAD, Siemens NX facilita la visualización, como se observa en la Figura 39, y análisis, permitiendo identificar posibles mejoras en la fase de diseño antes de su fabricación física.

Figura 39

Diseño final del sistema en el software NX.



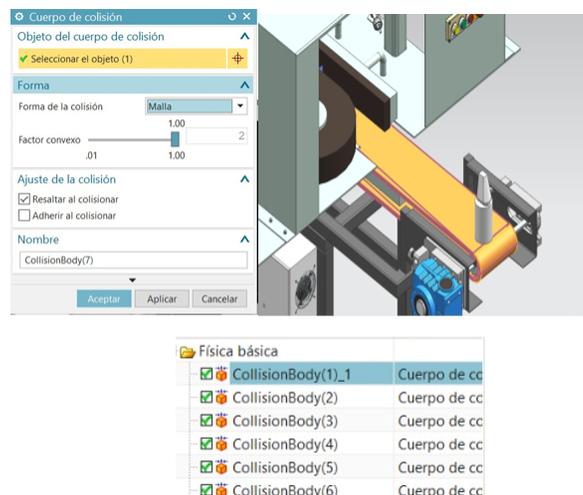
Nota: En la imagen se puede ver la simulación en el software NX. .

En esta sección, se describirá el proceso de configuración de las partes dinámicas.

- Configurar y seleccionar cuerpos sólidos de la máquina de pintado y secado como se puede ver en la Figura 40

Figura 40

Cuerpos sólidos de la máquina de pintado y secado.

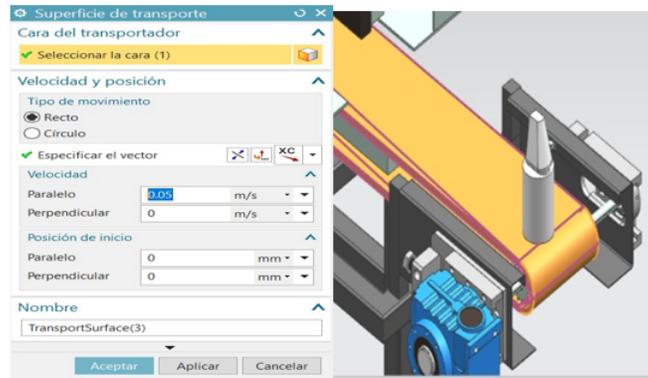


Nota: Se aprecia en los cuerpos solidos de la maquina de pintado y secado de la banda transportadora. .

- Configurar del cuerpo sólido a dinámico en el sentido requerido y la velocidad de la banda transportadora, como se aprecia en la Figura 41

Figura 41

Configuración de cuerpo sólido a dinámico.

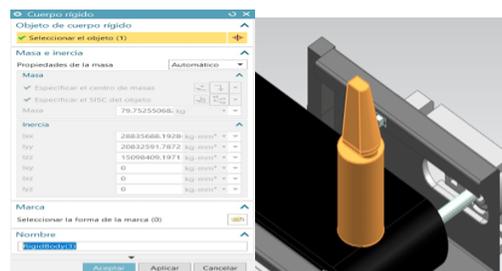


Nota: En la imagen se ve la configuración de cuerpo sólido a dinámico. .

- Se configura el cuerpo sólido a cuerpo rígido como se muestra en la Figura 42

Figura 42

Configuración de cuerpo sólido a rígido.



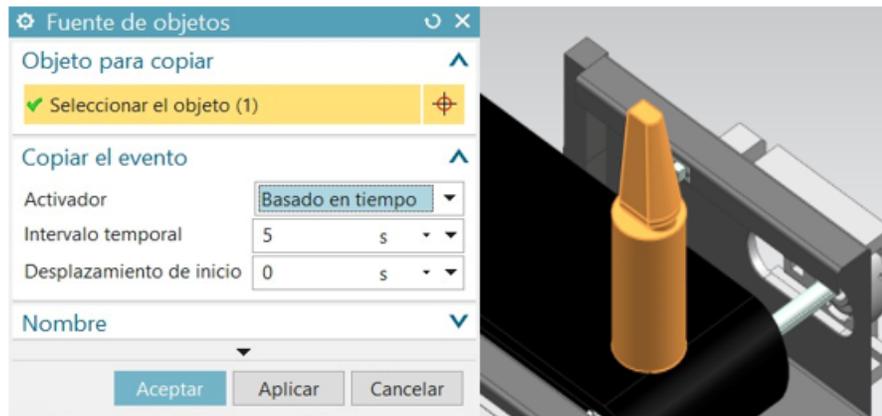
| | |
|--|---------------|
| + <input checked="" type="checkbox"/>  RigidBody(1) | Cuerpo rígido |
| + <input checked="" type="checkbox"/>  RigidBody(2) | Cuerpo rígido |
| + <input checked="" type="checkbox"/>  secado | Cuerpo rígido |

Nota: Se aprecia en la imagen la Configuración de cuerpo sólido a rígido. .

- En la Figura 43 se muestra como configurar el tiempo en el que debe aparecer el cuerpo sólido.

Figura 43

Configuración del tiempo.

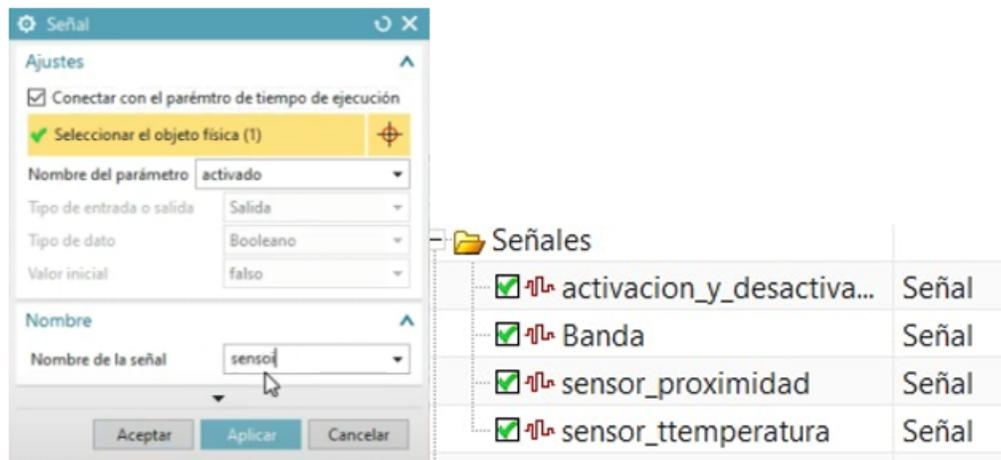
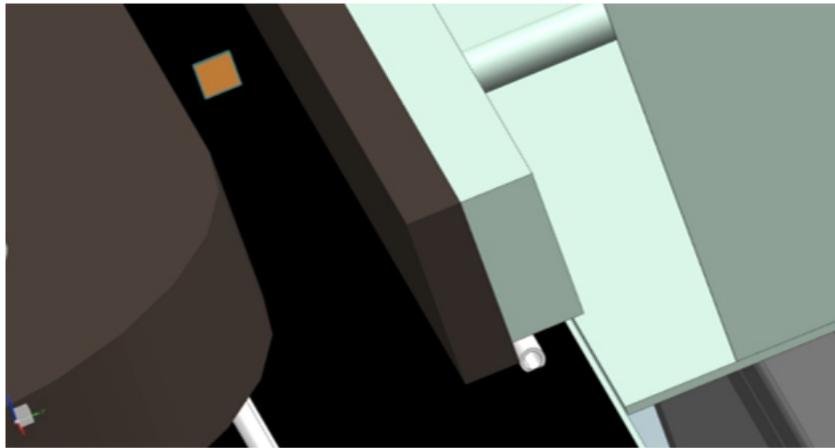


Nota: En la figura se pudo ver la configuración del tiempo en el que el cuerpo debe aparecer .

- Colocar y configurar los sensores para desaparecer y aparecer cuerpos sólidos en movimiento de comienzo a fin y también seleccionar los sensores para una señal de PLCsimu Advance como se ve en la Figura 44.

Figura 44

Colocación y selección de sensores.

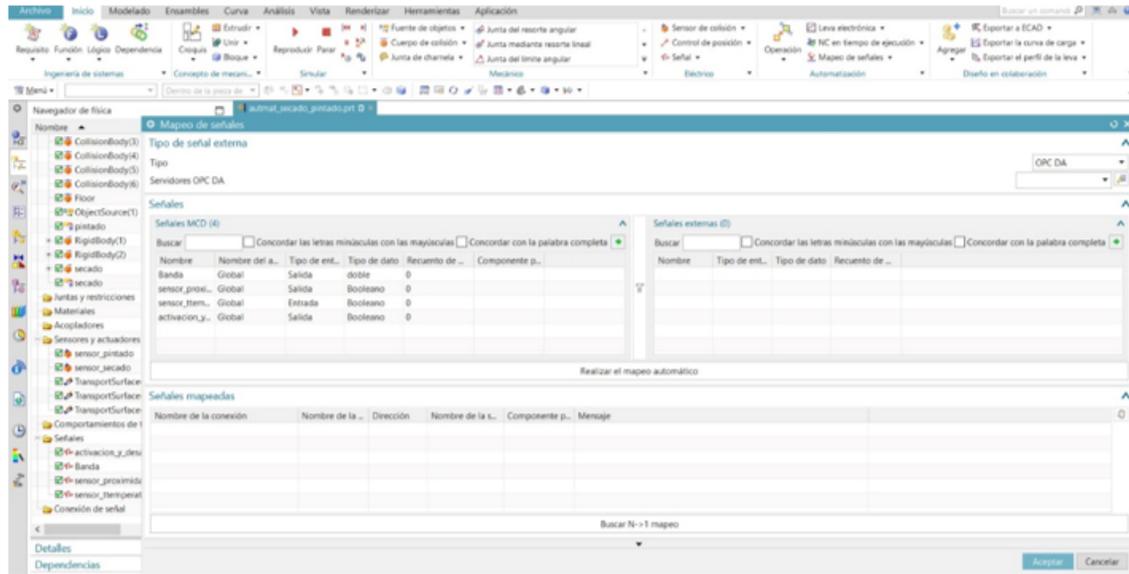


Nota: Se aprecia en la imagen la colocación y selección de sensores. .

- A continuación en la Figura 45 se visualiza la señal de Siemens NX

Figura 45

Señal del software Siemens NX.



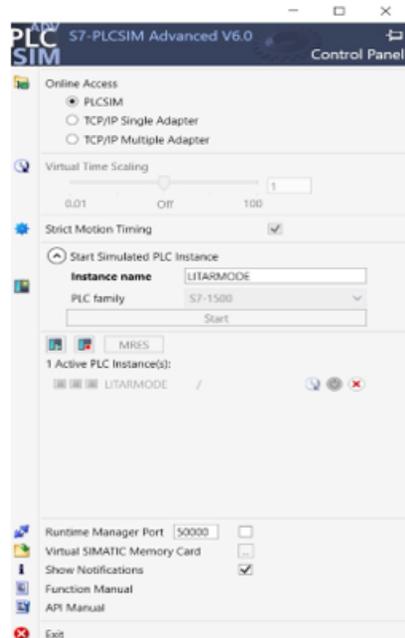
Nota: Se observa la señal del software Siemens NX. .

6.7. Configuración y programación del PLCsimu y Advanced

Como primer punto se tiene en la Figura 46 de como tiene que aparecer para conectarnos y mandar una señal externamente para que lo encuentre el software NX al PLC.

Figura 46

Configuración del PLCsimu ADVANCED.

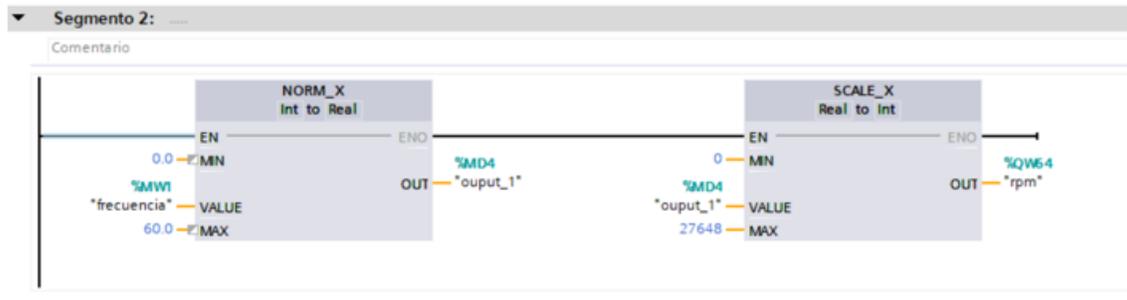


Nota: Se tiene en la imagen la configuración del PLCsimu ADVANCED. .

También en este apartado se aprecia la programación del TIA PORTAL, Se explicará el control de la banda, estación de pintado y estación del túnel de secado para el funcionamiento de la banda. Para controlar un variador de frecuencia desde una interfaz HMI, es fundamental escalar correctamente las señales analógicas que se envían al variador. Al utilizar NORMX y SCALEX, puedes asegurarte de que los valores introducidos en el HMI correspondan adecuadamente a las señales analógicas requeridas por el variador, permitiendo un control preciso de parámetros como la velocidad del motor como se ve en la Figura 47.

Figura 47

Configuración de parámetros de motor.



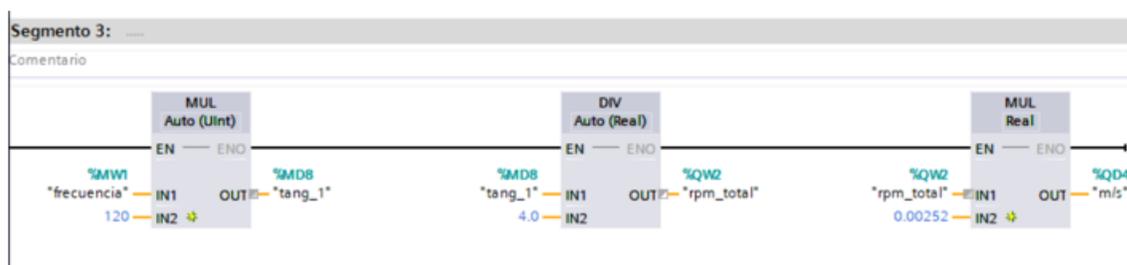
Nota: En la imagen observamos la configuración de parámetros de motor .

La función NORMX normaliza la señal de entrada, convirtiendo el rango de la señal analógica en un valor entre 0 y 1. Posteriormente, la función SCALEX escala este valor normalizado al rango de ingeniería deseado, como una temperatura específica o velocidad. Este proceso facilita la interpretación y el control de las señales analógicas dentro del PLC.

En la siguiente Figura 48 es la formulación del cálculo para calcular los m/s de la banda.

Figura 48

Cálculo para calcular los m/s de la banda.

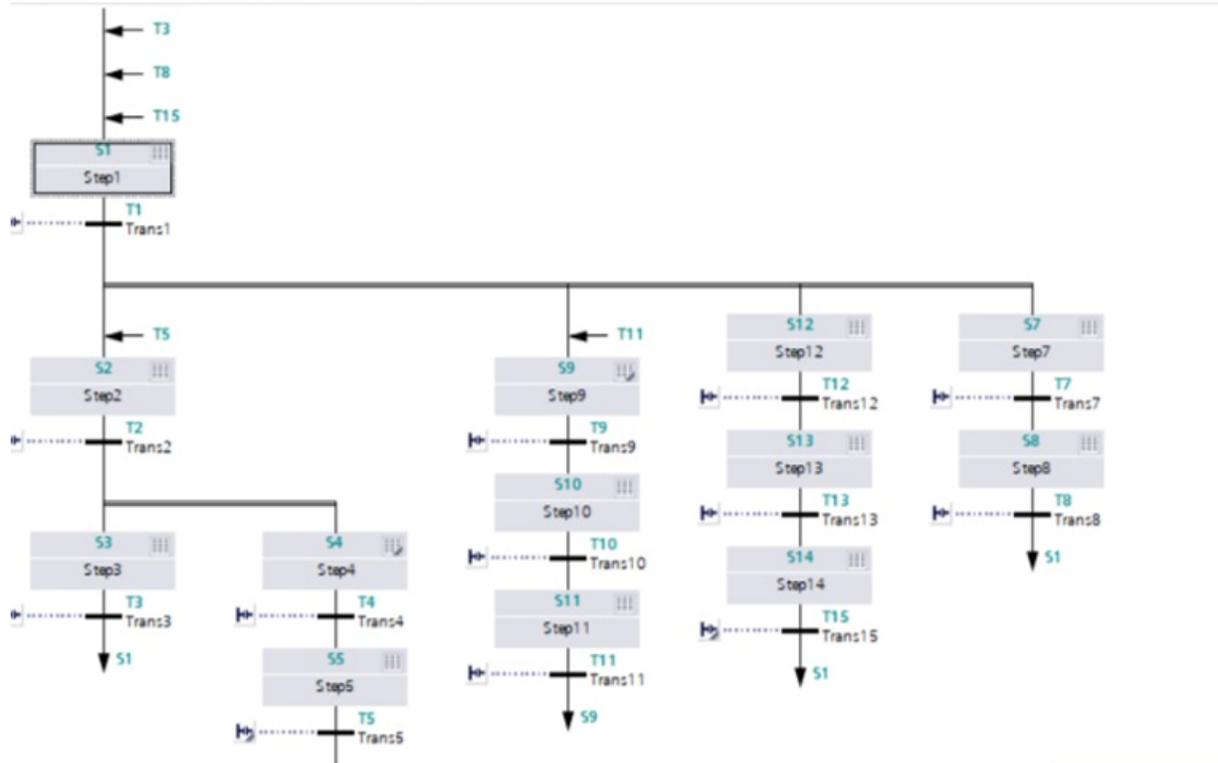


Nota: Se aprecia en la imagen el calculo para calcular los m/s de la banda transportadora. .

Este diagrama que está en la Figura 49 representa una secuencia programada en GRAPH dentro de TIA Portal que es el proceso de pintado, este es un lenguaje de programación basado en diagramas de flujo secuenciales, ideal para sistemas de automatización industrial.

Figura 49

Programación de la parte del sistema de pintado.



Nota: Se puede observar en la imagen la programación de la parte del sistema de pintado.

Para entender mejor cada uno de los bloques en la siguiente Tabla 20 se tiene la descripción de cada bloque y cada constante.

Tabla 20

Descripción de los bloques de programación de la parte del sistema de pintado.

| Bloque | Descripción |
|---------------|---|
| STEP | |
| S1 | Paro emergencia e inicio. Componentes apagados. |
| S2 | Activación banda transportadora. |
| S3 | Activación paro emergencia. Apaga banda. |
| S4 | Información variador de frecuencia. |
| S5 | Mantiene banda y regresa a S2. |
| S7 | Activa infrarrojas, desactiva ventiladores. Verifica temperatura. |
| S8 | Desactiva infrarrojas, activa ventiladores. Regresa a S7. |
| S9 | Sensor detecta objeto. |
| S10 | Activa pistola para pintar. |
| S11 | Desactiva pistola. |
| S12 | Activa sensor proximidad. |
| S13 | Activa banda lateral izquierda. |
| S14 | Paro emergencia en estación de pintado. |

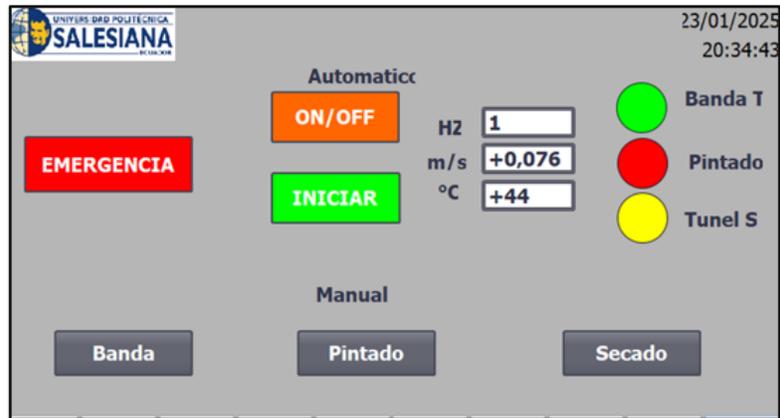
Nota: Se aprecia la descripción de los bloques de programación de la parte del sistema de pintado

6.8. Diseño de la pantalla HMI

En este punto se puede mencionar que se hizo el diseño de la pantalla con base en las funcionalidades requeridas durante el control del proceso detalladamente, por lo que a continuación se irá describiendo cada una de las partes de la pantalla de cada sección creada yendo desde el aspecto general, siguiendo con el control de la banda y para finalizar del túnel de secado. Por tal razón, en la siguiente Figura 50 se puede observar el diseño final de la pantalla general de la propuesta.

Figura 50

Diseño de la pantalla HMI.



Nota: En la imagen se puede apreciar el diseño de la interfaz del HMI. .

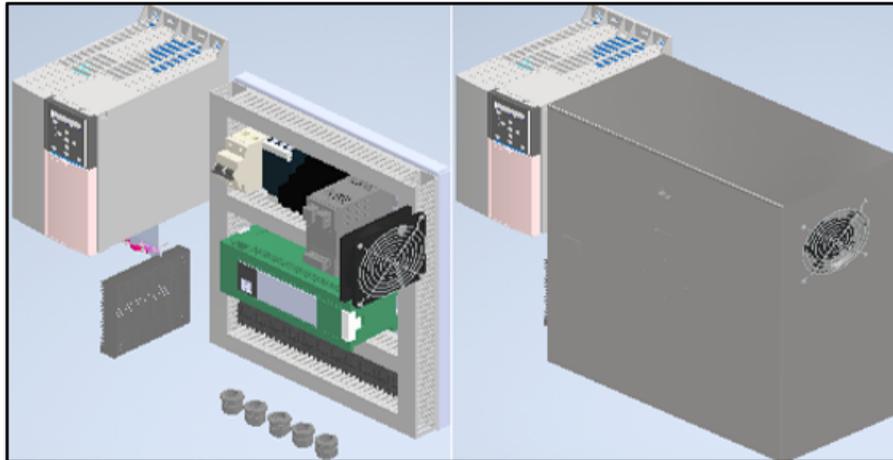
Como se pudo observar en la Figura 50 la pantalla HMI general tiene la opción de seleccionar cada etapa del proceso con la particularidad de establecer parámetros en velocidad y temperatura de forma automática o manual, para llevar a cabo el proceso sin interrupciones, en el caso de que exista problemas durante el proceso existe la posibilidad de interrumpirla y continuarla de forma manual para mejor inspección y realización por etapa.

6.9. Diseño del tablero eléctrico

Dentro de este aspecto se puede describir que una vez ya teniendo las formas de conexión de tanto las protecciones como los componentes que permitan el funcionamiento de todo el sistema de la máquina secadora, es recomendable establecerlos conjuntamente en un tablero para una mayor estructuración y gestión. Por lo que a continuación en la Figura 51 se puede visualizar el montaje final del tablero de conexión.

Figura 51

Diseño del tablero electrico.



Nota: Se observa en la imagen el diseño de como va a ser el tablero de la distribución electrica.

Como se pudo observar existe dos formas dentro de la Figura 51, en donde la vista de la izquierda denota la parte sin ensamblar donde se puede observar claramente la presencia de una carcasa que permite la protección de los componentes eléctricos como variador, PLC, canalización para las conexiones pertinentes para cada componente, un sistema de refrigeración para permitir la disipación del calor y evitar sobrecalentamientos. Todo este tablero siguió con estándares normativas para garantizar la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico como electrónico dentro del proyecto, para así poder tener una adecuada gestión de todo el proceso.

6.10. Estimar los costos de implementación de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo.

6.10.1. Identificación de costos

Esta línea de producción tiene diversos componentes que son, motores, relés, electroválvulas, pulsadores, láminas de acero, tubos, tuercas, PLC, variadores de frecuencia, sensores, pistolas automáticas de pintado, tubos de acero, mangueras para la tubería neumática y tornillos.

Para la implementación del sistema, se necesitaría la ayuda de profesionales para la mano

de obra como, soldador, un ensamblador del sistema y un operario para doblar las placas de acero. También es necesario contar con un espacio que esté acondicionado y equipado con todos los servicios básicos y con sus respectivas máquinas que se va a utilizar para la fabricación.

Hay que tomar en cuenta también que aparte de todos los elementos y componentes mencionados anteriormente, se deben incluir una parte para la investigación, todo el desarrollo que se llevó a cabo.

En las siguientes Tablas 21, 22, se presentan los costos mecánicos, electrónicos y eléctricos.

Tabla 21

Partes de la banda transportadora

| Componente | Descripción | Cantidad | Costo Unitario (USD) | Costo Total (USD) |
|----------------------|--|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Banda transportadora | Acero inoxidable, 5m largo, 0.20m ancho | 1 | 8000 | 8000 |
| Soportes giratorios | Acero inoxidable, mecanismo rotatorio | 30 | 50 | 1500 |
| Cabina de pintado | Acero inoxidable, con ventilación | 1 | 1200 | 1200 |
| Base de la banda | Estructura de acero galvanizado resistente | 1 | 800 | 800 |

Nota: Los costos están sujetos a variaciones según el proveedor y volumen de compra.

Tabla 22*Costos de los Componentes Electrónicos y Eléctricos*

| Componente | Especificación | Cantidad | Costo Unitario (USD) | Costo Total (USD) |
|------------------------|--------------------------------------|----------|----------------------|-------------------|
| Motor de banda | Trifásico, 0.5 HP, 1400 RPM | 1 | 500,00 | 500,00 |
| Motor rotatorio | Trifásico, 0.12 HP | 1 | 300,00 | 300,00 |
| Variador de frecuencia | Siemens Sinamics V20 | 2 | 500,00 | 1 000,00 |
| PLC | Siemens S7-1200 CPU 1214C | 1 | 800,00 | 800,00 |
| HMI | Siemens KTP900 Basic, táctil | 1 | 600,00 | 600,00 |
| Electroválvulas | 24V DC, para control de pintura | 2 | 120,00 | 240,00 |
| Extractor de aire | 1.5 HP, flujo 1000 m ³ /h | 1 | 450,00 | 450,00 |
| Pulsantes | Botón de arranque y paro | 2 | 20,00 | 40,00 |
| Relés | 24V DC, para actuadores | 4 | 15,00 | 60,00 |

Nota: Los precios pueden variar según el proveedor y la cantidad adquirida.

Como siguiente se va a poder observar las Tablas 23, 24 de todos los materiales y suministros que se van a ocupar y la mano de obra para la fabricación del sistema.

Tabla 23*Costos de Materiales y Suministros*

| Material | Descripción | Cantidad | Costo Unitario (USD) | Costo Total (USD) |
|-----------------------|---------------------------|-----------|----------------------|-------------------|
| Pintura | Base agua, varios colores | 10 litros | 20,00 | 200,00 |
| Tuberías y conexiones | Aire comprimido | 1 lote | 150,00 | 150,00 |

Nota: Los costos de materiales y suministros.

Tabla 24*Mano de obra*

| Cargo | Costo por Hora (USD) | Horas Trabajadas | Costo Total (USD) |
|-----------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| Instalación y Montaje | - | - | 600,00 |

Nota: El costo de mano de obra que cuenta con instalacion y mintaje.

Los costes indirectos se pueden observar en la siguiente Tabla 25.

Tabla 25*Costos Indirectos*

| Descripción | Horas | Costo por Hora (USD) | Total (USD) |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------|
| Energía eléctrica | 100,00 | 0,10 | 10,00 |
| Agua | 100,00 | 0,10 | 10,00 |
| Espacio | 100,00 | 0,63 | 63,00 |
| Investigación y desarrollo | 235,00 | 15,00 | 3525,00 |
| Contingencias | 14,00 | 6,00 | 84,00 |

Nota: Los costos indirectos que se van a utilizar en el sistema.

6.10.2. Desglose de costos totales de todo el sistema automatizado de pintado

En la siguiente Tabla 26 se tiene el desglose de los gastos del sistema.

Tabla 26*Resumen del Presupuesto Total*

| Descripción | Total (USD) |
|---------------------------------------|--------------------|
| Componentes mecánicos | 11 500,00 |
| Componentes eléctricos y electrónicos | 3 990,00 |
| Costos indirectos | 3 692,00 |
| Mano de obra | 600,00 |
| Materiales y suministros | 350,00 |
| Total General | 20 132,00 |

Nota: Como se observa se tiene todos los costos desglosados y el total de todo el sistema de pintado.

7. Resultados

7.1. Establecimiento de los parámetros

En esta sección se evidencia los parámetros iniciales a la realización del diseño de un sistema automático de pintado de tacones.

Tabla 27

Parámetros iniciales para el diseño del sistema.

| Parametros | Resultados | Unidades |
|---|------------------|----------|
| Presión de trabajo | 3 | Bar |
| Flujo volumétrico de pintura | 3,77 | uL/s |
| Velocidad de la banda transportadora | 0,05 | m/s |
| Distancia entre bases | 0,30 | m |
| Espesor de la banda | 5 | mm |
| Velocidad angular del mecanismo rotatorio | 1,43 | rad/s |
| Capacidad de producción | 5 | U/min |
| Angulo de aplicación de pintura | 60 | grados |
| Material de la banda transportadora | Acero inoxidable | - |
| Tipo de controlador | PLC | - |

Nota: En la tabla se observa los valores de los parametros iniciales obtenidos para el diseño.

7.2. Diseño y simulación de todo el componente mecánico del sistema

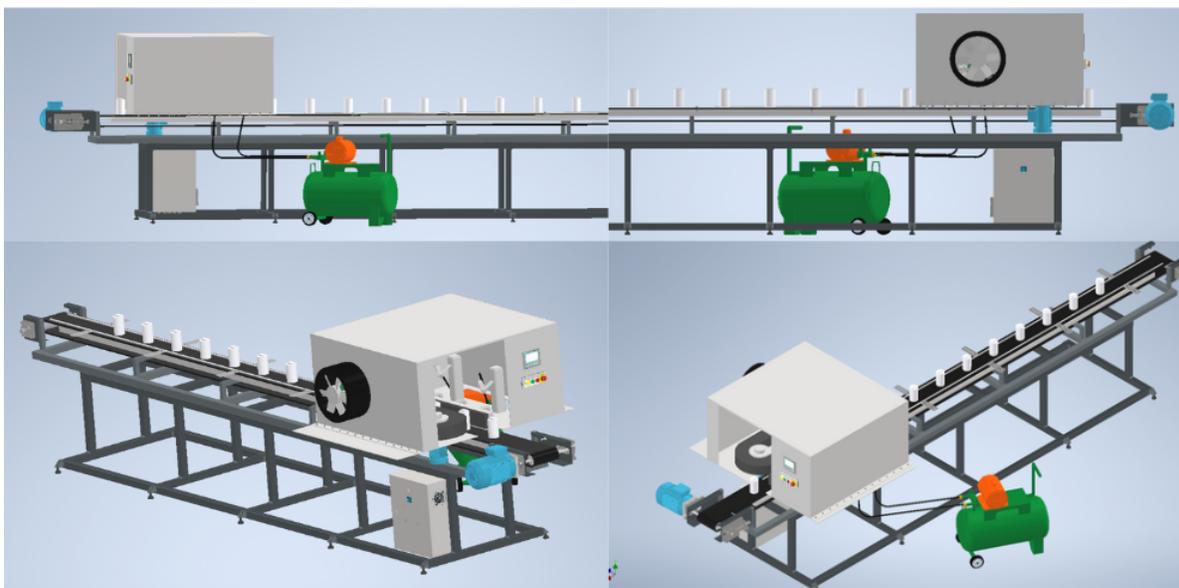
Luego de haber realizado los cálculos involucrados en el diseño del sistema automatizado de pintado de tacones, se procedió a realizar sus respectivas simulaciones de la banda transportadora como la deformación total que está en la Figura 22, también se simuló el factor de seguridad de la misma como se muestra en la Figura 33, el estrés equivalente se observa en la Figura 24, esas fueron las simulaciones más importantes para saber si la estructura de la banda transportadora soportaba el peso total distribuido en toda la banda.

En la Figura 52 se observa todo el diseño la máquina de pintado de tacones, que consta de 10 soportes fijos, dos mangueras de distribución donde van conectadas del compresor a

las pistolas automáticas de pintado, pernos de sujeción para de las pistolas y acoples para la regulación de la salida del aire. Esta propuesta ha sido la más adecuada para realizar el proyecto de la máquina de pintado de tacones, ya que se han realizado cálculos, simulaciones y evaluaciones de todos los elementos conformados en la misma, con este diseño se garantiza el área de pintado uniforme para todos los tacones. Una vez diseñado la banda transportadora, es necesario considerar si se encuentra adecuadamente diseñada.

Figura 52

Diseño final del sistema de pintado.



Nota: En la imagen se puede apreciar el diseño mecánico final del sistema. .

7.3. Diseño y simulación de todo el componente eléctrico y electrónico

Para esta sección de resultados se tuvo que escoger todos los componentes necesarios y más adecuados como, el sensor, el PLC, los variadores de frecuencia para cada uno de los motores, etc. También se hizo los diagramas de fuerza y control de los motores, además los diagramas de conexión de las entradas y salidas del PLC. Para poder activar la pistola automática de pintado se tuvo que realizar el diagrama del sistema de control neumático y eléctrico como se pudo observar en la Figura ???. Todo esto era necesario para hacer funcionar al sistema y verificar que todo esté correcto por medio de simulaciones en TIA PORTAL

como en el software Siemens NX, gracias a ello se pudo verificar que todo el sistema funciona correctamente como se puede observar en la Figura 39

7.4. Resultados de la estimación de costos

La estimación de costos como se aprecia en la Tabla 28 revela la viabilidad económicamente hablando de implementar el sistema de pintado automático de tacones en la ciudad de Gualaceo.

Tabla 28

Resumen del Presupuesto Total

| Descripción | Total (USD) |
|--|--------------------|
| Recurso talento humano | 3 145,00 |
| Recursos y materiales | 4 315,00 |
| Desglose de costos, diseño y componentes | 20 132,00 |
| Total General | 2 7592,00 |

Nota. Incluye todos los gastos del sistema automatizado de pintado de tacones.

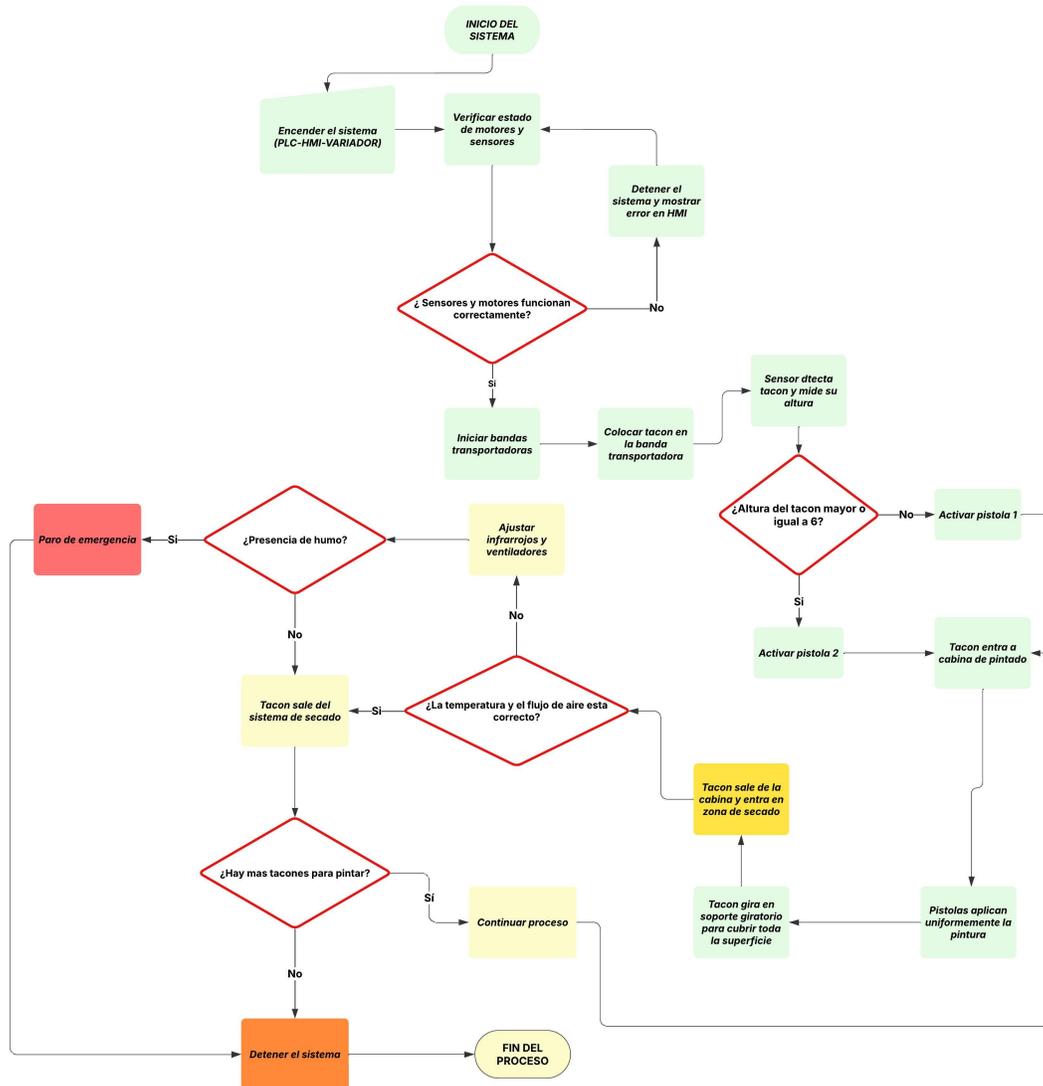
Al analizar y evaluar todos los recursos necesarios para este proyecto, se ha determinado de costos un valor de 27592,00, este valor es sumando, recurso de talento humano, recursos y materiales, y desglose de costos, diseño y componentes. La viabilidad económica de fabricar el sistema propuesto se apoya en varios factores clave, como la cooperación estratégica con el personal interno puede reducir considerablemente los costes de implantación. Además, la estrecha colaboración con los distribuidores permite aprovechar precios preferenciales distintos de los del mercado general. Esta estrategia optimiza el ahorro de costes en la adquisición de materiales y componentes.

7.5. Diagrama de flujo de todo el proceso del sistema mecatronico

En este apartado se aprecia el diagrama de flujo que representa el proceso completo del sistema automático de pintado de tacones, incluyendo la detección de altura, el pintado, secado y la decisión de continuar o detener el proceso, como se puede observar en la siguiente Figura 53.

Figura 53

Diagrama de flujo final de todo el proceso del sistema.



Nota: En esta imagen se aprecia todo el proceso detallado de todo el sistema mecatronico. .

8. Cronograma

Tabla 29

Cronograma de actividades.

| CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|------------|---|-------|
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ACTIVIDADES | MES 1 | | | | MES 2 | | | | MES 3 | | | | MES 4 | | | | MES 5 | | | | MES 6 | | | | HORAS |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Determinar los parámetros iniciales para el diseño de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | Indagacion Bibliografica. | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| | Recopilacion de datos en la empresa. | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| | Analisis de datos. | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| | Establecer los parametros iniciales de diseño de acuerdo a los requerimientos de la empresa. | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| Diseñar la parte mecánica de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | Elaboracion del diseño mecanico. | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | 30 |
| | Revision del diseño elaborado. | | | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | 20 |
| | Evaluacion del diseño mecanico mediante software. | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | 20 |
| Diseñar la parte eléctrica y electrónica de control de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | Elaboracion de diseño del sistema electrico y electronico. | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | 30 |
| | Elaboracion del diseño de control. | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | 20 |
| | Revision de los diseños elaborados. | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | 20 |
| | Evaluacion del diseño electrico y electronico mediante un software. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | 20 |
| | Realizar las simulaciones del diseño de control. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | 10 |
| Estimar los costos de implementación de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | Indagar costos, realizar tablas de los valores de cada uno de los componentes utilizados para el diseño. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| | Redacción de documento | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Total de horas empleadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 240 | | |

Nota: La tabla presenta las actividades para cumplir con los objetivos planteados.

9. Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto detallado para la implementación del sistema automático de pintado de tacones. Este presupuesto incluye los costos de los componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y otros gastos asociados.

9.1. Talento humano

En la Tabla 30 que se encuentra a continuación es el costo del talento humano.

Tabla 30

Recurso de talento humano.

| Cargo | Nombre | Costo hora | horas al mes | Total de horas | Costo total |
|--------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| Tutor | Ing. Eugenio Cárdenas | 12,5\$ | 8 | 98 | 1 225,00 \$ |
| Autor | Angel Romero | 8\$ | 48 | 240 | 1 920,00 \$ |

Nota: En la tabla se observa el costo de las 240 horas establecidas en el cronograma de trabajo y el costo de las horas de revisión por parte del docente revisor que se calendarizarán en el inicio de la asignatura "Integración Curricular".

9.2. Recursos y materiales

Y por último se tiene la siguiente Tabla 9.3 que es el total de todos los gastos que conlleva a realizar este proyecto

Tabla 31*Resumen del Presupuesto Total*

| Descripción | Total (USD) |
|----------------------|--------------------|
| Refrigerios | 5,00 |
| Internet | 35,00 |
| Software: Inventor | 275 |
| Software: Ansys | 2 000,00 |
| Computador | 2 000,00 |
| Total General | 16 509,00 |

Nota. Incluye gastos adicionales que puedan surgir durante el desarrollo del proyecto.

9.3. Recursos totales

Y por último se aprecia en la siguiente Tabla 32 los recursos totales que se van a utilizar.

Tabla 32*Resumen del Presupuesto Total*

| Descripción | Total (USD) |
|--|--------------------|
| Recurso talento humano | 3 145,00 |
| Recursos y materiales | 4 315,00 |
| Desglose de costos, diseño y componentes | 20 132,00 |
| Total General | 27 592,00 |

Nota. Incluye todos los gastos del sistema automatizado de pintado de tacones.

10. Conclusiones

Determinación de los parámetros iniciales: se logró plantear los parámetros iniciales para el diseño del sistema automático de pintado de tacones, los mismos que engloban,

la presión que se va a utilizar, la cual es de 3 bar, asimismo, el flujo volumétrico de pintura de 3,77 $\mu\text{L/s}$, la velocidad de la banda transportadora 0,05 m/s, y por último, la capacidad en que se va a dar la producción, que es de 5 u/min. Estos criterios fueron indispensables para garantizar que el sistema llegue a alcanzar los requerimientos de la industria de calzado en Gualaceo.

Este diseño del componente mecánico se elaboró con éxito el componente mecánico del sistema, que incluye la banda transportadora, hecha de acero inoxidable, los soportes giratorios con su respectiva banda lateral, con el objetivo de que se produzca el movimiento y la cabina de pintado. Todo este diseño mecánico fue validado gracias a simulaciones realizadas por el software ANSYS, mismas que permitieron evidenciar la capacidad de resistencia de la estructura, siendo apto para soportar las cargas operativas sin deformaciones excesivas, asegurando un funcionamiento eficiente y duradero.

Diseño del componente eléctrico y electrónico de control: Se desarrolló un sistema de control basado en un PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C, que logró la automatización del proceso de pintado. Se añadieron sensores de proximidad, un variador de frecuencia y una interfaz HMI para monitorear, vigilar y controlar el sistema. Este diseño certifica una operación precisa y segura, minimizando la intervención humana y optimizando el uso de los distintos recursos.

Estimación de los costos de implementación: Se realizó un presupuesto detallado en donde se incorporaron los costos de los componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y la mano de obra. El costo total estimado para la implementación del sistema fue de 27,592 USD, lo que significa una inversión factible si consideramos los beneficios en eficiencia, calidad y reducción de riesgos laborales que ofrece el sistema automatizado .

11. Recomendaciones

En la optimización de los parámetros iniciales se recomienda realizar pruebas en la industria para evaluar y perfeccionar dichos parámetros, como la presión de trabajo y la velocidad de la banda, con el fin de garantizar una mayor eficiencia en el proceso de pintado y poder lograr que el sistema se adapte a las necesidades específicas y particulares de la empresa.

Por otra parte, se puede implementar mejoras en el diseño mecánico para tener una mayor eficiencia en este complemento; a pesar de que el diseño mecánico fue puesto a prueba y validado mediante simulaciones, se aconseja realizar pruebas físicas utilizando prototipos para identificar posibles áreas de mejora, particularmente en la durabilidad y resistencia de los

soportes giratorios, así como la eficiencia de la cabina de pintado para que exista un mayor rendimiento en una futura implementación.

En tanto a la ampliación del sistema de control se refiere, es recomendable explorar y evaluar la posibilidad de integrar más sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real para mejorar la precisión del mecanismo de pintado y permitir que resulte más fácil el mantenimiento predictivo del sistema. Además, se podría tomar en cuenta la implementación de un sistema de control más sofisticado y completo, como un SCADA, con el fin de elaborar una supervisión más completa.

Y como última recomendación, es la disminución de costos y sostenibilidad para así poder evitar una futura implementación y ahorrar recursos económicos; se sugiere buscar alternativas de materiales y estructuras que perduren la calidad, pero sean más económicos. Asimismo, es recomendable explorar el uso de pinturas ecológicas para hacer el proceso más sostenible y por lo tanto reducir el impacto hacia el medio ambiente.

Referencias

- Air nozzles and accessories*. (2015, dec). MB-Teknik. Descargado de https://mb-teknik.dk/wp-content/uploads/2015/12/lechler_brochure_air-nozzles_GB_0915.pdf
- Blog. (2022). *Blog*. <https://jucarsa.es/consejos/que-tipo-de-pistola-de-pintura-debo-utilizar-en-cada-caso/>: :text=Este
- Bolton, W. (2019). *Mechatronics: Electronic control systems in mechanical and electrical engineering* (7th ed.). Harlow, England: Pearson Education Limited.
- Bonifaz Galarza, C. J., y Pullupaxi Pujos, A. J. (2022). *Diseño, construcción e implementación de un sistema automático de secado y reactivado de suelas y capellada de calzado mediante la integración de una red iot, para la optimización y supervisión del ciclo de producción en la empresa ciara de la ciudad de ambato* (Trabajo de titulación). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga.
- CALZADO. (2012, October 22). *La producción de calzado pisa fuerte en el país*. Descargado de <https://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-calzado-pisa-fuerte-pais.html>
- CALZADO. (2023, February 27). *El calzado nacional y la difícil competencia con los bajos costos de producción extranjeros*. Descargado de <https://www.planv.com.ec/historias/economia/el-calzado-nacional-y-la-dificil-competencia-con-bajos-costos-produccion>
- CatalogoWEG, P. (s.f.). *Motores normalizados de alta eficiencia alto rendimiento con máxima eficiencia de energía*. Descargado de <https://www.totaline.com.ar/wp-content/uploads/Flyer-Motores-Normalizados-WEG.pdf>
- CatÁlogo rs •rt*. (2022, octubre). Descargado de <https://varvel.com/wp-content/uploads/2022/10/D00-RSRT-STD-FRPTES-ED02-REV00-2.pdf>
- Cpu 1214c*. (2025). Siemens. Descargado de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0> (Consultado el 5 de mayo de 2025)
- FUTURMODA. (2022, June 9). *Empresas de componentes para la parte inferior del calzado*. [https://www.futurmoda.es/componentes-del-zapato/#:~:text=Los%20tacones%20pueden%20ser%20de,seg%C3%BAn%20el%20tipo%20de%20fabricaci%C3%B3n](https://www.futurmoda.es/componentes-del-zapato/#:~:text=Los%20tacones%20pueden%20ser%20de,seg%C3%BAn%20el%20tipo%20de%20fabricaci%C3%B3n.). (FUTURMODA)
- Litargmode*. (2019). Google Maps. Descargado de https://www.google.com.ec/maps/place/LitargMode/@-2.8650832,-78.7967011,457m/data=!3m1!1e3!4m14!1m7!3m6!1s0x91cd0f9e59f353e7:0x39d96586ae016158!2sLitargMode!8m2!3d-2.8652161!4d-78.7954553!16s%2Fg%2F11fzff_z7j!3m5!1s0x91cd0f9e59f353e7:

- 0x39d96586ae016158!8m2!3d-2.8652161!4d-78.7954553!16s%2Fg%2F11fzzf_z7j
!5m1!1e4?hl=es&entry=ttu
- LITARGMODE CALZADO. (2018). *Litargmode - fashion footwear*. Descargado de <https://www.litargmode.com/>
- Ltda., M. C. (2023, 5 de julio). *Bandas transportadoras de caucho*. Descargado de <https://molinaro.com.ec/bandas-transportadoras-caucho/>
- Marathon.store. (2023). *Guía de tallas | zapatillas deportivas | camisetas deportivas | marathon sports ecuador*. <https://www.marathon.store/ec/guia-de-tallas>. (Marathon.store)
- Módulo de salidas y entradas analógicas sm 1232*. (2025). Siemens. Descargado de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7232-4HB32-0XB0> (Consultado el 5 de mayo de 2025)
- Nof, S. Y., y Nof, S. Y. (2009). *Springer handbook of automation*. Springer.
- PAYMA, C. (2024, April 10). *Descubre los mejores tacones de plataforma para un look a la moda*. <https://www.calzadospayma.com/blog/tacon-plataforma/>. (Calzados PAYMA)
- Perú, N. M. (2023). *Sensor de proximidad inductivo lj12a3-4-z/bx (npn-no)*. Descargado de <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/136-sensor-de-proximidad-inductivo-lj12a3-4-zbx-npn-no.html> (Consultado el 5 de mayo de 2025)
- S.A.C., G. C. (2025). *Simatic hmi, ktp900 basic, basic panel, mando por teclas/tactil, pantalla tft 9", 65536 colores, interfaz profinet, conf*. Descargado de <https://www.grupocoinp.com/shop/product/6av2123-2jb03-0ax0-simatic-hmi-ktp900-basic-basic-panel-mando-por-teclas-tactil-pantalla-tft-9-65536-colores-interfaz-profinet-conf-1118#attr=> (Consultado el 5 de mayo de 2025)
- SAER. (2015). *Motor dc saer*. DirectIndustry. (Retrieved from <https://www.directindustry.es/prod/saer/product-19914-1958358.html>)
- SHOECARESTORE. (2018). *Guía completa sobre las hormas para zapatos*. <https://shoecarestore.com/es/blog/top-posts/guia-completa-sobre-hormas-para-zapatos-resuelve-todas-tus-dudas->. (SHOECARESTORE)
- Siemens, N. S. D. O. (2021). *Variadores de velocidad siemens*. Facebook post. Descargado de <https://www.facebook.com/nivihe> (Consultado el 5 de mayo de 2025)
- Transportador de cinta de acero inoxidable*. (2021). Spanish.alibaba.com. Descargado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/China-Stainless-Steel-wire>

-mesh-belt-60749992755.html?spm=a2700.7724857.0.0.79a5510ddwFbcK
Verde, C. C. (2023, March 13). *Materiales fabricación zapatos*. <https://www.calzadosclubverde.es/blog/hombre-mujer/materiales-mas-usados-en-la-fabricacion-de-zapatos-infografia#:~:text=Normalmente%20las%20suelas%20se%20hacen,varias%20capas%2C%20con%20distintos%20materiales>.
Wa-200. (2021). Spanish.alibaba.com. Descargado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/WA-200-Pressure-Feed-Automatic-industrial-60514614658.html>.
Yuridia. (2021, October 22). *Bandas transportadoras*. SDI. (Retrieved from <https://sdindustrial.com.mx/blog/bandas-transportadoras/>)
Zapatosdetalla.com. (2022). *Tipos de tacón según su altura y según su forma*. <https://www.zapatosdetalla.com/tipos-de-tacon/>. (Zapatosdetalla.com)

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia Lógica

Tabla 33

Matriz de consistencia.

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | |
|--|---|---|---|--|
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL | VARIABLES | MARCO TEÓRICO |
| <p>¿Cómo diseñar un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo?</p> <p>Procesos de automatización industrial.</p> | Diseñar un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min para la industria de calzado en la ciudad de Gualaceo. | El diseño de un sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min mejorará la eficiencia y calidad del proceso de pintado en la industria de calzado de Gualaceo. | VI: Parámetros iniciales VD: Diseño mecatrónico | Aplicaciones de la mecatrónica en la industria del calzado. Componentes para la fabricación de calzado. |
| PROBLEMAS ESPECÍFICOS | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | VARIABLES | MARCO TEÓRICO |
| ¿Cómo establecer los parámetros iniciales para el diseño del sistema automático de pintado de tacones? | Establecer los parámetros iniciales para el diseño del sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min. | Se establecerán los parámetros iniciales (presión, flujo volumétrico, velocidad de banda, etc.) para el diseño del sistema automático de pintado de tacones. | -VI: Parámetros iniciales -VD: Diseño mecatrónico. | Sistemas de control y automatización. Componentes para la fabricación de calzado. |
| ¿Cómo diseñar el componente mecánico del sistema automático de pintado de tacones? | Diseñar el componente mecánico del sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min. | El diseño del componente mecánico (banda transportadora, soportes giratorios, cabina de pintado) garantizará un proceso de pintado eficiente y uniforme. | -VI: Componentes mecánicos. -VD: Eficiencia del sistema. | Robótica en la producción de calzado. Máquinas de corte y conformado. |
| ¿Cómo diseñar el componente eléctrico y electrónico de control del sistema automático de pintado de tacones? | Diseñar el componente eléctrico y electrónico de control del sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min. | El diseño del componente eléctrico y electrónico (PLC, sensores, variador de frecuencia) permitirá un control preciso y automatizado del proceso de pintado. | -VI: Componentes eléctricos y electrónicos. -VD: Control automatizado. | Sistemas de control distribuidos. Ensayo y control de calidad automatizado. |
| ¿Cómo estimar los costos de implementación del sistema automático de pintado de tacones? | Estimar los costos de implementación del sistema automático de pintado de tacones con una capacidad de 5 u/min. | Se estimarán los costos de implementación del sistema automático de pintado de tacones, considerando los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos. | -VI: Costos de componentes. -VD: Viabilidad económica.. | Costos de automatización industrial. Presupuestos y estimaciones en proyectos de ingeniería |

Nota: La matriz de consistencia presentada facilita identificar la relación que existe entre las variables y los objetivos además de cómo se relaciona con el marco teórico referencial.

ANEXO B: CATÁLOGO DE MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA



L'expérience au service de l'innovation

FR

Depuis 1955, le groupe Varvel conçoit et réalise des systèmes de transmission de puissance employés dans de nombreux secteurs de l'industrie. «Know-how to do it»: Varvel a les compétences pour répondre au mieux aux requêtes de ses clients. Grâce à sa grande expérience, développée durant plus de soixante ans, Varvel offre à sa clientèle une vaste gamme de solutions standard et de produits personnalisés destinés aux exigences spécifiques. L'ensemble de la gamme de produits Varvel est conçue et réalisée en Italie, mais le groupe est présent dans le monde entier grâce à deux filiales (l'une aux États-Unis, l'autre en Inde) et à un réseau global de plus de 100 partenaires commerciaux.

A experiência ao serviço da inovação

PT

Dede 1955 o Grupo Varvel projeta e realiza sistemas de transmissão de potência aplicados em inúmeros setores da indústria. "Know-how to do it": A Varvel tem as competências para satisfazer da melhor forma os pedidos dos clientes. Graças à grande experiência amadurecida em mais de sessenta anos, a Varvel oferece à clientela uma ampla gama de soluções padrão e produtos personalizados para exigências específicas. A inteira gama de produtos Varvel é projetada e realizada em Itália, mas o Grupo está presente em todo o mundo com duas filiais (uma nos EUA e outra na Índia) e uma rede global com mais de 100 parceiros comerciais.

La experiencia al servicio de la innovación

ES

Desde 1955, el Grupo Varvel diseña y produce sistemas de transmisión de potencia utilizados en muchos sectores de la industria. "Know-how to do it": Varvel cuenta con las competencias para satisfacer de la manera más adecuada las peticiones de los clientes. Gracias a la gran experiencia adquirida en más de sesenta años, Varvel brinda a los clientes una amplia gama de soluciones estándar y productos personalizados para necesidades específicas. Toda la gama de productos Varvel se ha diseñado y producido en Italia, pero el Grupo está presente en todo el mundo con dos filiales (una en Estados Unidos y la otra en India) y una red global con más de 100 socios comerciales.

UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
BS OHSAS 180001:2007



EC DIRECTIVE 2014/34/EC (ATEX)





RS-RT

RÉDUCTEURS VIS-SANS-FIN

- un étage
- avec pré-couple
- deux étages

REDUTORES RODA DE COROA SEM-FIM

- simples redução
- com pré redução
- doble redução

REDUCTORES DE VIS-SIN-FIN

- simples tornillo sin fin
- con pre reducción
- doble tornillo sin fin



SOMMAIRE



ÍNDICE



ÍNDICE



| | |
|----------------------------------|-------|
| Modularité | 2 |
| Catalogue électronique | 3 |
| Description | 4-6 |
| Sigles, Symboles..... | 7 |
| Accouplement | 8 |
| IEC - Flasques/accouplement..... | 9 |
| NEMA - Flasques/accouplement . | 10 |
| Désignation réducteur | 11 |
| Graissage..... | 12 |
| Apparentes fuites d'huile | 12 |
| Bouchons reniflard | 12 |
| Positons de montage..... | 13-15 |
| Poids, Lubrifiants..... | 16 |
| Facteurs de service..... | 17-18 |
| Charges extérieures | 19-20 |

Tables di sélection

| | |
|------------------------|-------|
| Versions | 22 |
| Accouplement | 23 |
| Flasques d'entrée..... | 24-25 |
| RS - RT | 26-29 |
| RA - TA | 30-33 |
| RS/RS - RT/RT | 34-35 |
| MRS - MRT | 36-39 |

Dimensions

| | |
|-------------------------------|-------|
| RS, RA, RS/RS | 40-49 |
| RT, TA, RT/RT | 50-57 |
| XA | 58 |
| Moteurs IEC | 59 |
| Spécifications moteurs | 60 |
| Flasques pour servomoteurs .. | 61-63 |

Informations générales

| | |
|------------------------------------|-------|
| Irreversibilité..... | 64 |
| Donnés de taillage..... | 65 |
| Pièces composantes | 66-68 |
| Sens de rotation | 69 |
| ATEX | 70-71 |
| Modes d'Emploi et de Service | 72 |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Sistema Modular | 2 |
| Catalogo eletrônico | 3 |
| Descrição | 4-6 |
| Siglas, Símbolos..... | 7 |
| Acoplamento | 8 |
| IEC - Flanges e acoplamento | 9 |
| NEMA - Flanges e acoplamento.. | 10 |
| Designação redutor | 11 |
| Lubrificação..... | 12 |
| Perda aparente de óleo | 12 |
| Tampas de ventilação | 12 |
| Posições de montagem | 13-15 |
| Pesos, Lubrificantes | 16 |
| Fatores de serviço..... | 17-18 |
| Cargas externas | 19-20 |

Tablas de seleção

| | |
|--------------------------|-------|
| Versões | 22 |
| Acoplamento | 23 |
| Flanges de entrada | 24-25 |
| RS - RT | 26-29 |
| RA - TA | 30-33 |
| RS/RS - RT/RT..... | 34-35 |
| MRS - MRT | 36-39 |

Dimensões

| | |
|--------------------------------|-------|
| RS, RA, RS/RS | 40-49 |
| RT, TA, RT/RT | 50-57 |
| XA | 58 |
| Motores IEC | 59 |
| Especificações motores..... | 60 |
| Flanges para servo motores ... | 61-63 |

Informações gerais

| | |
|--------------------------|-------|
| Irreversibilidade..... | 64 |
| Dados dos dentes | 65 |
| Peças componentes..... | 66-68 |
| Sentido de rotação | 69 |
| ATEX..... | 70-71 |
| Uso e Manutenção | 72 |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Sistema modular | 2 |
| Catalogo electrónico | 3 |
| Descripción | 4-6 |
| Siglas, Símbolos | 7 |
| Acoplamiento | 8 |
| IEC - Bridas y acoplamiento | 9 |
| NEMA - Bridas y acoplamiento.... | 10 |
| Designación reductor | 11 |
| Lubricación..... | 12 |
| Pérdida aparente de aceite | 12 |
| Tapones de aireador | 12 |
| Posiciones de montaje | 13-15 |
| Pesos, Lubrificantes | 16 |
| Factores de servicio | 17-18 |
| Cargas externas..... | 19-20 |

Tablas de selección

| | |
|------------------------|-------|
| Versiones | 22 |
| Acoplamiento | 23 |
| Bridas de entrada..... | 24-25 |
| RS - RT | 26-29 |
| RA - TA | 30-33 |
| RS/RS - RT/RT | 34-35 |
| MRS - MRT | 36-39 |

Dimensiones

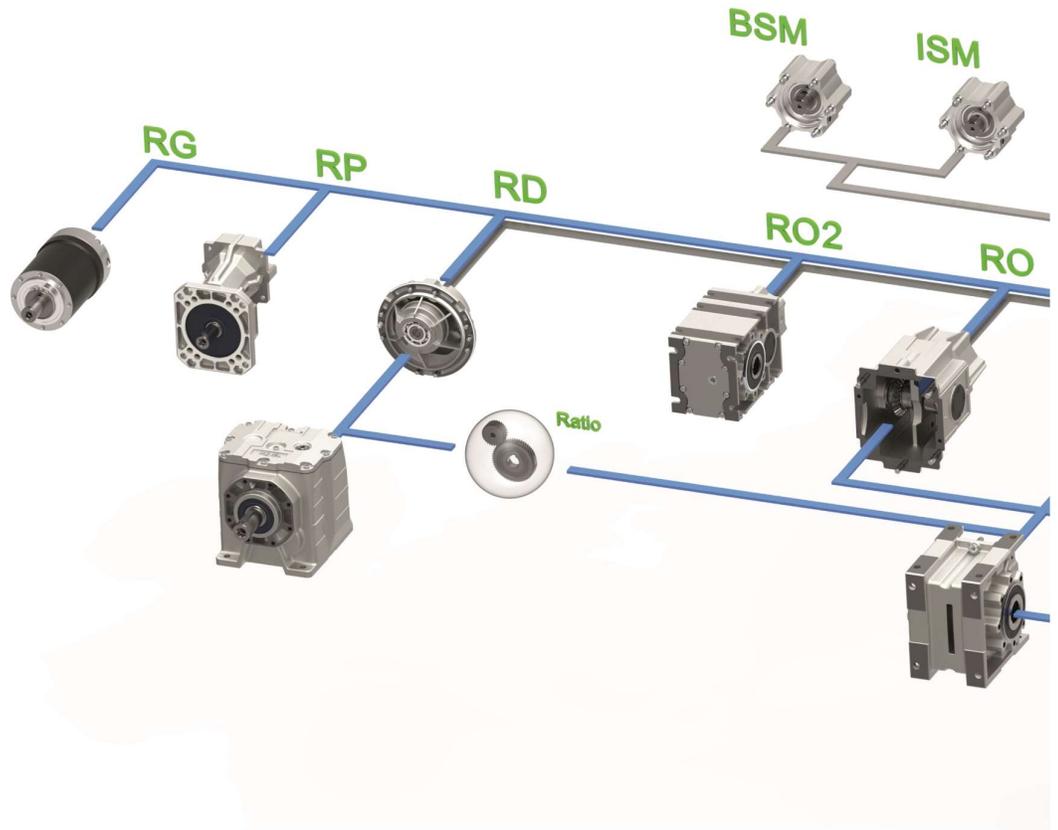
| | |
|--------------------------------|-------|
| RS, RA, RS/RS | 40-49 |
| RT, TA, RT/RT | 50-57 |
| XA | 58 |
| Motores IEC | 59 |
| Especificaciones motores..... | 60 |
| Bridas para servomotores | 61-63 |

Informaciones generales

| | |
|---------------------------|-------|
| Irreversibilidad..... | 64 |
| Datos del dentado | 65 |
| Despiece..... | 66-68 |
| Sentido de rotación | 69 |
| ATEX | 70-71 |
| Uso y Mantenimiento..... | 72 |



Système modulaire - Sistema modular



Modularité - Modularidade - Modularidad

Modularité et flexibilité ont conduit la conception des produits Varvel depuis les années 2000, ainsi, la disponibilité des réducteurs en kit a permis le montage en quelques minutes et avec un outillage réduit.

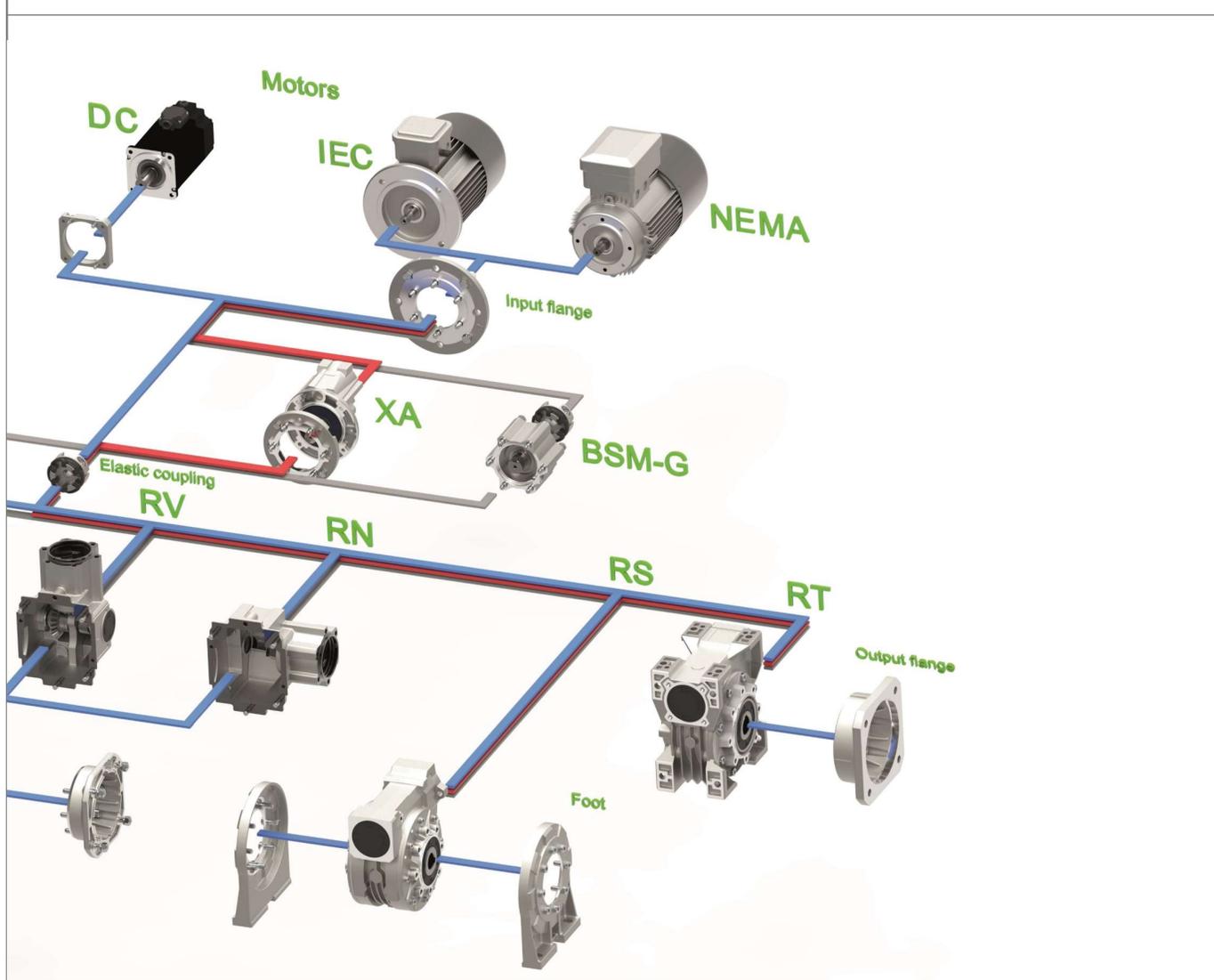
Cela permet le maximum de flexibilité aux distributeurs et revendeurs Varvel qui, grâce à un assortiment limité de kits, peuvent configurer instantanément le produit demandé par les clients.

Modularidade e flexibilidade levaram a Varvel o design de sus produtos desde 2000, reduzindo a disponibilidade de um kit de montagem tem em minutos e utilizando um equipamento normal.

Isso permite a máxima flexibilidade para os distribuidores e revendedores Varvel, que através de um número limitado de kits, pode configurar imediatamente os produtos exigidos pelos clientes.

Modularidad y flexibilidad han dirigido a Varvel en el diseño de sus productos desde la década de 2000: así, la disponibilidad de reductores en kit ha permitido el montaje en cuestión de minutos utilizando un utillaje normal.

Esto permite la máxima flexibilidad a los distribuidores y revendedores Varvel que, gracias a un rango limitado de kit, pueden configurar al instante el producto solicitado por sus clientes.



Sélection guidée - Seleção guiada - Selección guiada

Le programme de sélection **VARsize**[®], disponible sur le site www.varvel.com, permet un dimensionnement facile des produits Varvel.

Modèles 3D et plans 2D

Depuis notre configurateur VARsize on peut télécharger les modèles 3D et plan 2D dans les formats DAO les plus courants.

Configuration assistée

VARsize fournit

- les réducteurs appropriés pour répondre aux paramètres de performance requis (puissance, couple, vitesse, facteur d'application, etc.),
- une fiche avec les données du réducteur sélectionné,
- les dimensions d'encombrement 2D,
- le modèle 3D .

A seleção do programa **VARsize**[®], disponível no site www.varvel.com, permite o fácil dimensionamento dos produtos Varvel.

Modelos 3D e desenhos 2D

Através da configuração ajudada VARsize, são gerados os modelos 3D e os desenhos 2D em mais populares formatos CAD.

Configuração ajudada

VARsize identifica

- os redutores adequados a cumprir os parâmetros de desempenho requeridos (potência, binário, velocidade, fator de aplicação, etc.),
- um documento pelos dados do redutor selecionado,
- as dimensões gerais 2D,
- o modelo 3D.

El programa de selección **VARsize**[®], disponible en la página web www.varvel.com, permite un fácil dimensionado de los productos Varvel.

Modelos 3D y dibujos 2D

A través de la configuración ayudada por VARsize, se generan modelos 3D y dibujos 2D en los formatos CAD más populares.

Configuración ayudada

VARsize identifica

- los reductores adecuados para satisfacer los parámetros de funcionamiento exigidos (potencia, par, rpm, factor de aplicación, etc.),
- un documento por los datos del reductor seleccionado,
- el dibujo dimensional 2D,
- el modelo 3D.

**Réducteurs à un seul étage**

Les réducteurs RS et RT ont les mêmes performances et les mêmes rapports de réduction, mais ils permettent différentes configurations et montages adaptés à la plupart des applications.

Les réducteurs sont réalisés en standard pour le montage des plus variées brides moteur et accouplements, et les deux côtés permettent l'application de pieds, brides de sortie et bras de réaction avec montage rapide.

Réducteurs avec pré-couple

Les réducteurs RA et TA sont formés d'un réducteur indépendant à un étage d'engrenages FXA couplé à un réducteur standard FRS ou FRT permettant des couples de sortie et des rendements plus élevés que les réducteurs à un étage FRS ou FRT avec rapport équivalent.

Réducteurs combinés

Les réducteurs RS/RS et RT/RT sont constitués de deux réducteurs standard RS ou RT et offrent une large sélection de rapports de réduction fort élevés pour des vitesses de sortie très faibles. Les deux réducteurs sont lubrifiés indépendamment avec huile synthétique à longue durée.

Arbres de sortie

Tous les réducteurs sont construits avec arbre de sortie creux en standard. Arbres en acier, simple AS ou double AD, sont disponibles sur demande. Une protection de sécurité ASC de l'extrémité pas utilisée de l'arbre de sortie simple AS est disponible sur demande.

Bras de réaction

Les réducteurs standard sont utilisables comme réducteurs pendulaires. Le bras réaction - BR-BT type de base ou BRV-BTV avec douille antivibratoire en Vulkollan - est construit en tôle à haute épaisseur, galvanisée blanc.

Limites de tours

Le dispositif SL arrête - au moyen d'une fin de course interne - le fonctionnement du motorréducteur après un temps déterminé. L'exécution standard permet environ 40 tours de l'arbre de sortie. L'excursion des fin de course est réglable et le temps de fonctionnement du réducteur varie de 12 à 170 secondes par rapport au rapport utilisé.

Redutores de simples redução

Os redutores RS e RT têm as mesmas desempenhos e relações de redução, mas permitem diferentes configurações e montagens adequadas para a maioria das aplicações.

Os redutores são feitos de série para a montagem de uma variedade de flanges motor e acoplamentos, e ambos os lados permitem a aplicação de pés, flanges de saída e braço de reação com montagem rápida.

Redutores com pré redução

Os redutores RA e TA são constituídos por um redutor de simples redução a engrenagens independente FXA acoplado a um redutor padrão FRS ou FRT, permitindo binários de saída e rendimentos mais elevados dos redutores FRS ou FRT com relação equivalente.

Redutores de dobre redução

Os redutores RS/RS e RT/RT são compostos por dois redutores padrão RS ou RT e oferecem uma ampla seleção de elevadas relações para velocidades de saída muito baixas. Ambos os redutores são lubrificados independentemente com óleo sintético de longa duração.

Eixos de saída

Todos os redutores são construídos com eixo de saída oco como padrão. Os eixos de aço, simples AS ou duplo AD, estão disponíveis a pedido. Um protetor de segurança ASC da extremidade não utilizada do eixo AS está disponível a pedido.

Braços de reação

Os redutores padrão podem ser utilizados como redutores para montagem no eixo. O braço de reação - BR-BT tipo de base ou BRV-BTV com bucha anti vibração de Vulkollan - é feito de chapa de alta espessura, branco galvanizado.

Limitadores de voltas

O dispositivo SL para - por meio de fim de curso internos - o funcionamento do motoreductor após um tempo previamente estabelecido. A execução padrão permite cerca de 40 voltas do eixo de saída. A excursão do fim de curso é ajustável e o tempo de funcionamento do redutor varia de 12 a 170 segundos de funcionamento em relação à relação utilizada.

Redutores de simples tornillo sin fin

Los reductores RS y RT tienen las mismas prestaciones y relaciones de reducción, pero permiten diferentes configuraciones y montajes adecuados para la mayoría de las aplicaciones.

Los reductores están hechos de serie para montar una variedad de bridas motor y acoplamientos, y ambos lados permiten la aplicación de pies, bridas de salida y brazo de reacción con montaje rápido.

Redutores con pre reducción

Los reductores RA y TA consisten en un reductor de un tren de engranajes independiente FXA acoplado a un reductor estándar FRS o FRT que permite mayores pares de salida y rendimientos de los reductores individuales FRS o FRT con relación equivalente.

Redutores de doble tornillo sin fin

Los reductores RS/RS y RT/RT se componen de dos reductores RS o RT estándar y ofrecen una amplia selección de altas relaciones de reducción para bajas velocidades de salida. Ambos reductores son lubricados independientemente con aceite sintético de larga duración.

Ejes de salida

Todos los reductores están construidos con eje de salida hueco como estándar. Los ejes de acero, simples AS o doble AD, están disponibles bajo demanda. Un protector de seguridad ASC del extremo no utilizado del eje AS está disponible bajo demanda.

Brazos de reacción

Los reductores estándar se pueden utilizar como reductores pendulares. El brazo de reacción - BR-BT tipo de base o BRV-BTV con buje antivibración de Vulkollan - está hecho de chapa de alto espesor, galvanizado blanco.

Limitadores de vueltas

El dispositivo SL se detiene - por medio de finales de carrera internos - el funcionamiento del motorreductor después de un tiempo fijo. La ejecución estándar permite alrededor de 40 vueltas del eje de salida. La excursión del final de carrera es ajustable y el tiempo de funcionamiento del reductor varía de 12 a 170 segundos en relación con la relación utilizada.


Limiteurs de couple

Le dispositif limiteur de couple - TLI réglable à l'intérieur du réducteur et TLE extérieure - permet la régulation du couple transmissible, la protection du motoréducteur en cas d'obstacle accidentel, le déblocage simple du système et la manœuvre manuelle en cas de panne de courant. La valeur du couple de glissement, étalonnée en usine, est réglable de la valeur de couple maximal à zéro et la rotation de l'arbre de sortie reprend lorsque le couple redescend en dessous de la valeur préfixée. Les quantités d'huile sont aux pages 48 et 56.

Joints

- NBR - montés sur les arbres d'entrée et de sortie, comme standard
- Viton pour un efficace fonctionnement avec des moteurs c.a. 2 pôles, cc. et servomoteurs, sur demande
- Silicone pour basses températures, sur demande

Lubrifiant

Les réducteurs sont fournis remplis d'huile synthétique à longue durée (ISO VG 320) pour températures -15/+35 °C. Les quantités d'huile sont valables pour les différentes positions de montage. Bouchons de vidange et de ventilation sont fournis sur demande.

Facteur de service

Les données de sélection sont entendues pour un facteur de service SF1.0, c.-à-d.

- 8 heures de fonctionnement par jour
- charge uniforme
- 6 démarrages par heure
- température ambiante entre 15 et 35 °C

Directive ATEX

Les réducteurs VARVEL-ATEX, fournis sur demande, sont construits selon la Directive Européenne 2014/34/UE-ATEX et sont donc qualifiés pour l'installation en atmosphères potentiellement explosives. Des informations détaillées sur les pages 70 à 71.

Dimensions

Les dimensions et les unités de mesure sont rapportées au système métrique ou impérial quand spécifié

Limitadores de binário

O dispositivo limitador de binário - TLI no interior do redutor e TLE no exterior - permite o reajuste do binário transmissível, a proteção do motoredutor em caso de obstrução acidental, a simples liberação do sistema e uma operação manual em caso de falha de corrente. O valor do binário de deslizamento calibrado de fábrica é ajustável do valor máximo do binário até zero e a rotação do eixo de saída reinicia quando o binário desce abaixo do valor predefinido. As quantidades de óleo são indicadas nas páginas 48 e 56.

Retenores

- NBR - montados em eixos de entrada e de saída, de série
- Viton - montados para operação com 2 polos AC, DC e servomotores, a pedido
- Silicone - montados para operação a baixa temperatura, a pedido

Lubrificante

Os redutores são fornecidos com óleo sintético de longa duração (ISO VG 320) para as temperaturas -15/+35 °C. As quantidades de óleo são válidas para as diferentes posições de montagem. Tampas de drenagem e de ventilação estão disponíveis a pedido.

Fator de serviço

Os dados de seleção são entendidos por um fator de serviço SF1.0, ou seja

- 8 horas de funcionamento por dia
- carga uniforme
- 6 paragens por hora
- temperatura ambiente entre 15 e 35 °C

Diretiva ATEX

Os redutores VARVEL-ATEX, fornecidos a pedido, são construídos de acordo com a Diretiva Europeia 2014/34/UE-ATEX e portanto, são qualificados para instalação em atmosferas potencialmente explosivas. Informações detalhadas nas páginas 70-71.

Dimensões

Todas as dimensões e unidades de medida são referidas ao sistema métrico ou imperial quando especificado.

Limitadores de par

El limitador de par - TLI accionado en el interior del reductor y TLE en externo - permite el reajuste del par transmissible, la protección del motorreductor en caso de obstrucción accidental, a liberación sencilla del sistema y el funcionamiento manual en caso de falta de corriente. El valor del par de deslizamiento calibrado de fábrica es ajustable desde el valor de par máximo a cero y la rotación del eje de salida se reanuda cuando el par desciende por debajo del valor preestablecido. Las cantidades de aceite figuran en las páginas 48 y 56.

Retenes

- NBR - montados en los ejes de entrada y salida, como estándar
- Viton - montados para funcionamiento con motores 2-polos AC, DC y servomotor, bajo demanda
- Silicona - montados para funcionamiento a baja temperatura, bajo demanda

Lubricante

Los reductores se suministran con aceite sintético de larga duración (ISO VG 320) para temperaturas -15/+35 °C. Las cantidades de aceite son válidas para las diferentes posiciones de montaje. Las taponeras de drenaje y de ventilación están disponibles bajo demanda.

Factor de servicio

Los datos de selección están entendidos por un factor de servicio SF1.0, es decir

- 8 horas de funcionamiento por día
- carga uniforme
- 6 arranques por hora
- temperatura ambiente entre 15 y 35 °C

Directiva ATEX

Los reductores VARVEL-ATEX, suministrados bajo demanda, se fabrican de acuerdo con la Directiva Europea 2014/34/UE-ATEX y por tanto, están cualificados para instalaciones en atmósferas potencialmente explosivas. Informaciones detalladas en las páginas 70-71.

Dimensiones

Todas las dimensiones y unidades de medida se refieren al sistema métrico cuando se especifica.


Description - Descrição - Descripción

| Spécifications générales | | Especificações gerais | | Especificaciones generales | |
|--|---|---|--|-----------------------------------|--|
| Gamme Gama Gama | 9 tailles RS + 7 tailles RT 55 rapports de réduction 3020 Nm couple maxi de sortie | 9 tamanhos RS + 7 tamanhos RT 55 relações de redução 3020 Nm binário max.de saída | 9 tamaños RS + 7 tamaños RT 55 relaciones de reducción 3020 Nm par máx. de salida | | |
| Dimensionnement Dimensionamento Dimensionado | Selon norme BS721 | Conforme norma BS721 | Según norma BS721 | | |
| Carcasse, Couvercles Corpo, Tampas Carcasa, Tapas | Aluminium coulé sous pression jusqu'à la taille 85 Fonte de la taille 110 | Alumínio pressurizado até o tamanho 85 Ferro fundido desde o tamanho 110 | Aluminio inyectado hasta el tamaño 85 Fundición desde el tamaño 110 | | |
| Accouplement Acoplamento Acoplamiento | Aluminium coulé sous pression Acier, sur demande | Alumínio injetado Aço, sobre demanda | Aluminio inyectado Acero, sobre pedido | | |
| Pièces dentées Peças dentadas Partes dentadas | Vis en acier cémenté /trempé et profil ZI rectifié. Roues en bronze | Sem Fim em aço cmt/tmp e perfil ZI retificado. Rodas em bronze | Vises de acero cmt/tmp con perfil ZI rectificado. Coronas de bronze | | |
| Roulements Rolamentos Rodamientos | Billes ou rouleaux selon tailles et spécifications techniques | Esferas ou rolos segundo dimensões e especificações técnicas | De bolas o rodillos según tamaño y especificaciones técnicas | | |
| Joints Retenores Retenes | NBR - Nitrile-butadiène VI - Viton sur demande SI - Silicone sur demande | NBR - Nitril-butadieno VI - Viton sobre demanda SI - Silicone sobre demanda | NBR - Nitrilo-butadieno VI - Viton sobre pedido SI - Silicona sobre pedido | | |
| Lubrifiant Lubrificante Lubrificante | Huile synthétique longue durée Type ISO VG 320 | Óleo sintético de longa duração ISO VG 320 | Aceite sintético de larga duración tipo ISO VG 320 | | |
| Peinture Pintura | Aluminium naturel de taille 28 à 85 Peinture époxy RAL 7012 de la taille 110; | Alumínio natural do tamanho 28 até 85 Pintura epóxi RAL 7012 do tamanho 110 | Aluminio natural. desde el tamaño 28 hasta 85: Pintura RAL7012 desde el tamaño 110 | | |
| Degré de protection Grau de proteção Grado de protección | IP66 - Corps seul du réducteur IP20 - Corps avec brides et connexions montés Protections augmentées sur demande | IP66 - Corpo só do redutor IP20 - Corpo com flanges e conexões montadas Proteções aumentadas sobre pedido | IP66 - Cuerpo solo del reductor P20 - Cuerpo con bridas y conexiones montadas Protecciones aumentadas sobre demanda. | | |
| ATEX | Sur demande | A pedido | Bajo demanda | | |
| Formules utiles | | Fórmulas úteis | | Fórmulas útiles | |
| $P_1 = \frac{M_2 * n_2}{9550 * \eta}$ | Puissance d'entrée [kW] | Potencia de entrada [kW] | Potencia de entrada [kW] | | |
| $M_2 = \frac{9550 * P_1 * \eta}{n_2}$ | Couple de sortie [Nm] | Binário de saída [Nm] | Par de salida [Nm] | | |
| $FS = \frac{M_2}{M_{(app)}}$ | Facteur de service | Fator de serviço | Factor de servicio | | |

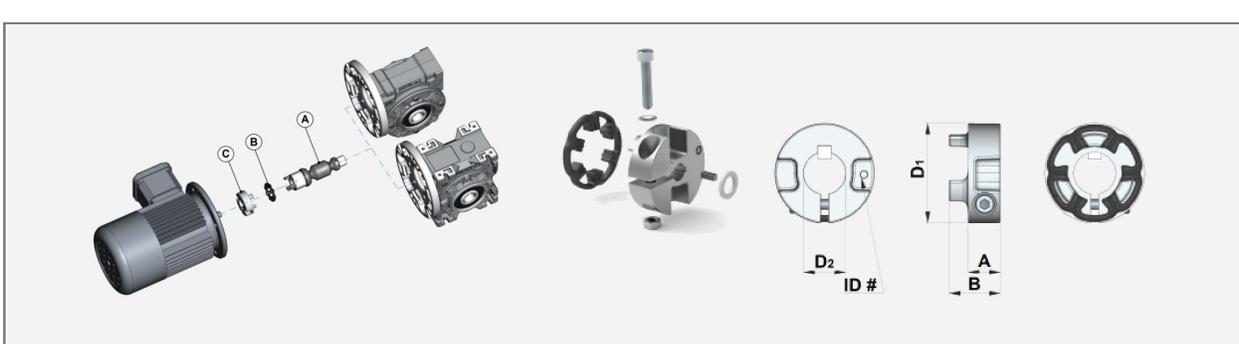
Sigles, Symboles - Siglas, Símbolos
RS-RT

| Sigles | | Siglas | | Siglas | |
|--|---|---|--|-----------------|--|
| AC | Arbre de sortie creux | Eixo de saída oco | Eje de salida hueco | | |
| AD, AS | Arbre de sortie plein (double, simple) | Eixo de saída maciço (duplo, simples) | Eje de salida macizo (doble, simple) | | |
| ASC | Protection arbre AS: côté non saillant | Proteção eixo AS: lado não saliente | Protección eje AS: lado no saliente | | |
| BR, BRV | RS - Bras de réaction (standard, avec douille en Vulkollan) | RS - Braço de reação (padrão, com bucha de Vulkollan) | RS - Brazo de reacción (Standard, con buje de Vulkollan) | | |
| BT, BTV | RT - Bras de réaction (standard, avec douille en Vulkollan) | RT - Braço de reação (padrão, com bucha em Vulkollan) | RT - Brazo de reacción (Standard, con buje de Vulkollan) | | |
| D, DA | RS - Version à pattes, vis verticale | RS - Versão com pés, parafuso vertical | RS - Versión con patas, tornillo vertical | | |
| FL, FA, FB, FO, FR | RS - Version à flasque | RS - Versão com flange | RS - Versión con brida | | |
| F, FL, FV | RT - Version à flasque | RT - Versão com flange | RT - Versión con brida | | |
| I, IA | RS - Version à pattes, vis au bas | RS - Versão com pés, parafuso para baixo | RS - Versión con patas, tornillo abajo | | |
| PC, PA, PB | RS - Version pendulaire | RS - Versão pendular | RS - Versión pendular | | |
| RA | Réducteur avec pré-couple, carcasse ronde | Redutor com pré-redução, carcaça redonda | Reductor con pre reducción, carcasa redonda | | |
| RS | Réducteur base, carcasse ronde | Redutor básico, carcaça redonda | Reductor básico, carcasa redonda | | |
| RS/RS | Réducteur deux-étages, carcasse ronde | Redutor de dois trems, carcaça redonda | Reductor doble reducción, carcasa redonda | | |
| RT | Réducteur base, carcasse carrée | Redutor básico, carcaça quadrada | Reductor básico, carcasa cuadrada | | |
| RT/RT | Réducteur deux-étages, carcasse carrée | Redutor de dois trems, carcaça quadrada | Reductor doble reducción, carcasa cuadrada | | |
| S, SA | RS - Version à pattes, vis en haut | RS - Versão de pés, parafuso para cima | RS - Versión con patas, tornillo arriba | | |
| SL | Limiteur de tours | Limitador de voltas | Limitador de vueltas | | |
| TA | Réducteur avec pré-couple, carcasse carrée | Redutor com pré-redução, carcaça quadrada | Reductor con pre reducción, carcasa cuadrada | | |
| TLE, TLI | Limiteur de couple (externe, interne) | Limitador de binário (externo, interno) | Limitador de par (externo, interno) | | |
| VB | Vis avec 2.ème extrémité d'arbre | Parafuso com 2.a extremidade do eixo | Tornillo con segunda extremidad del eje | | |
| XA | Réducteur pré-couple à engrenages | Redutor pré-redução de engrenagens | Reductor pre reducción de engranajes | | |
| Symboles | | Símbolos | | Símbolos | |
| F_{r1}, F_{r2}, F_r [N] | Charge radiale (entrée, sortie, application) | Carga radial (entrada, saída, aplicação) | Carga radial (entrada, saída, aplicación) | | |
| SF | Facteur de service | Fator de serviço | Factor de servicio | | |
| i, i_r | Rapport de réduction (nominal, réel) | Relação de redução (nominal, real) | Relación de reducción (nominal, real) | | |
| J_1, J_2, J_m [kgm ²] | Moment d'inertie du réducteur (entrée, sortie) et du moteur | Momento de inercia do redutor (entrada, saída) e do motor | Momento de inercia del reductor (entrada, saída) y del motor | | |
| k_a, k_L, k_T, k_{S3} | Facteur (accélération, longueur, type, intermittence) | Fator (aceleração, comprimento, tipo, intermitência) | Factor (aceleración, longitud, tipo, intermitencia) | | |
| Lub H, V | Lubrifiant (litres) Montage (horizontal, vertical) | Lubrificante (litros) Montagem (horizontal, vertical) | Lubricante (Litros) Montaje (horizontal, vertical) | | |
| $M_2, M_{(app)}$ [Nm] | Couple maxi de sortie (réducteur, application) | Binário máximo de saída (redutor, aplicação) | Par máximo de salida (reductor, aplicación) | | |
| η | Rendement | Rendimento | Rendimiento | | |



Accouplement - Acoplamento - Acoplamiento

RS-RT



Avantages

- Accouplement serré sur l'arbre moteur par bague de serrage
- Flasques et accouplements pour moteurs IEC, NEMA, Brushless, CC à monter sur le réducteur fini
- Élimination de l'oxydation par frottement entre clavette et rainure de clavette
- Jeu zéro dans la connexion entre réducteur et moteur
- Désalignement angulaire admis inférieur à 1°
- Rigidité à la torsion

Vantagens

- Acoplamento apertado no eixo do motor por anel de aperto
- Flanges e acoplamentos para motores IEC, NEMA, Brushless, CC montáveis no redutor acabado
- Eliminação da corrosão por roçamento entre chaveta e chavetero
- Jogo zero na conexão entre redutor e motor
- Desalinhamento angular admissível inferior a 1° máx..
- Rigidez torsional

Ventajas

- Acoplamiento apretado en el eje motor mediante anillo de apriete
- Bridas y acoplamientos para motores IEC, NEMA, Brushless, CC montables en el reductor acabado
- Eliminación del óxido por rozamiento entre chaveta y chavetero
- Juego cero en la conexión entre reductor y motor
- Desalineamiento angular admitido inferior a 1° máx.
- Rigidez torsional

| Type Tipo | Kit Code Código Kit | RS - RT | Mt [Nm] | Mt ₁ [Nm] | Mt ₂ [Nm] | A [mm] | B [mm] | D ₁ [mm] | D ₂ [mm] | ID# |
|--------------|------------------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|-----|
| G3 | KG3.009 | 28-40 | 4,5 - 6 | 15 | 8-10 | 11 | 19 | 30 | 9 | 309 |
| | KG3.011 | 28-40 | 4,5 - 6 | 15 | 10-12 | | | 30 | 11 | 311 |
| | KG3.014 | 40 | 6,5 - 7,5 | 28 | 15-20 | | | 36 | 14 | 314 |
| G5 | KG5.009 | 50-60 | 9 - 10 | 15 | 8-10 | 14,5 | 23 | 45 | 9 | 509 |
| | KG5.011 | 50-60 | | 20 | 10-12 | | | 45 | 11 | 511 |
| | KG5.014 | 50-60 | | 25 | 15-20 | | | 45 | 14 | 514 |
| | KG5.019 | 50-60 | | 40 | 25-30 | | | 45 | 19 | 519 |
| | KG5.024 | 60 | | 50 | 30-40 | | | 52 | 24 | 524 |
| G6 | KG6.014 | 70 | 15 - 18 | 60 | 40-50 | 19,5 | 31,5 | 58 | 14 | 614 |
| | KG6.019 | 70-85-110 | | 80 | 60-70 | | | 58 | 19 | 619 |
| | KG6.024 | 70-85-110 | | 120 | 80-100 | | | 58 | 24 | 624 |
| | KG6.028 | 70-85-110 | | 150 | 100-120 | | | 58 | 28 | 628 |



| Tipo | Código Kit | RS - RT | Mt [in-lb] | Mt ₁ [in-lb] | Mt ₂ [in-lb] | A [in] | B [in] | D ₁ [in] | D ₂ [in] | ID# |
|------|------------|-----------|---------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|-------|
| G3 | KG3.N42 | 28-40 | 40 - 53 | 133 | 71-89 | 0.43 | 0.74 | 1.17 | 3/8" | 3N42 |
| | KG3.N48 | 40 | | 177 | 89-106 | | | 1.40 | 1/2" | 3N48 |
| G5 | KG5.N56 | 50-60 | 80 - 89 | 354 | 221-266 | 0.57 | 0.91 | 1.76 | 5/8" | 5N56 |
| | KG5.N140 | 60 | | 443 | 266-354 | | | 2.03 | 7/8" | 5N140 |
| G6 | KG6.N56 | 70-85-110 | 133 - 159 | 885 | 531-620 | 0.76 | 1.23 | 2.268 | 5/8" | 6N56 |
| | KG6.N140 | 70-85-110 | | 1062 | 708-885 | | | 7/8" | 6N140 | |
| | KG6.N180 | 70-85-110 | | 1328 | 885-1062 | | | 1-1/8" | 6N180 | |



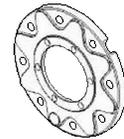
Mt - Couple de serrage vis
 Mt₁ - Couple transmissible avec clavette
 Mt₂ - Couple transmissible sans clavette

Mt - Binário de aperto do parafuso
 Mt₁ - Binário transmissível com chaveta
 Mt₂ - Binário transmissível sem chaveta

Mt - Par de apriete del tornillo
 Mt₁ - Par transmissible con chaveta
 Mt₂ - Par transmissible sin chaveta

Flasques et accouplement - Flanges e acoplamento - Bridas y acoplamiento [mm]
RS-RT

| Type Tipo | Flasque Flange Brida | IEC | Flasque - Flange - Brida | | Accouplement - Acoplamento - Acoplamiento | |
|--------------|----------------------------|-----------------------------------|--|--|---|--|
| | | | Kit B5 | Kit B14 | Type - Tipo | Code - Código |
| RS-RT 28 | FM 28 | IEC56 IEC63 | K530.206.120 K530.206.140 | K530.206.080 K530.206.090 | G3 ø9 G3 ø11 | KG3.009 KG3.011 |
| RS-RT 40 | FM 40 | IEC56 IEC63 IEC71 | K531.206.120 K531.206.140 K531.206.160 | K531.206.080 K531.206.090 K531.206.105 | G3 ø9 G3 ø11 G3 ø14 | KG3.009 KG3.011 KG3.014 |
| RS-RT 50 | FM 50 | IEC63 IEC71 IEC80 | K532.206.140 K532.206.160 K532.206.200 | K532.206.090 K532.206.105 K532.206.120 | G5 ø11 G5 ø14 G5 ø19 | KG5.011 KG5.014 KG5.019 |
| RS-RT 60 | FM 60 | IEC71 IEC80 IEC90 | K539.206.160 K539.206.200 K539.206.200 | K539.206.105 K539.206.120 K539.206.140 | G5 ø14 G5 ø19 G5 ø24 | KG5.014 KG5.019 KG5.024 |
| RS-RT 70 | FM 70 | IEC71 IEC80 IEC90 IEC100 | K533.206.160 K533.206.200 K533.206.200 K533.206.250 | K533.206.105 K533.206.120 K533.206.140 K533.206.160 | G6 ø14 G6 ø19 G6 ø24 G6 ø28 | KG6.014 KG6.019 KG6.024 KG6.028 |
| RS-RT 85 | FM 85 | IEC80 IEC90 IEC100/112 | K534.206.200 K534.206.200 K534.206.250 | K534.206.120 K534.206.140 K534.206.160 | G6 ø19 G6 ø24 G6 ø28 | KG6.019 KG6.024 KG6.028 |
| RS-RT 110 | FM 110 | IEC90 IEC100/112 IEC132 | K535.206.200 K535.206.250 K535.206.300 | NA K535.206.160 K535.206.200 | G6 ø24 G6 ø28 ø38 (#) | KG6.024 KG6.028 NA |
| RS 130 | FM 130 | IEC100/112 IEC 132 | K536.206.250 K537.206.300 | NA K536.206.200 | ø28 (#) ø38 (#) | NA |
| RS 150 | FM 150 | IEC100/112 IEC 132 IEC 160 | K536.206.250 K537.206.300 K537.206.350 | K536.206.200 K536.206.250 NA | ø28 (#) ø38 (#) ø42 (#) | NA |
| XA 63 | FM 40 | IEC56 IEC63 | K531.206.120 K531.206.140 | K531.206.080 K531.206.090 | ø9 (#) ø11 (#) | NA |
| XA 71 | FM 50 | IEC71 | K532.206.160 | K532.206.105 | ø14 (#) | NA |
| XA 80 | FM 70 | IEC80 IEC90 | K533.206.200 K533.206.200 | K533.206.120 K533.206.140 | ø19 (#) ø24 (#) | NA |
| XA 100 | FM 85 | IEC80 IEC90 IEC100/112 | K534.206.200 K534.206.200 K534.206.250 | K534.206.120 K534.206.140 K534.206.160 | G6 ø19 G6 ø24 G6 ø28 | KG6.019 KG6.024 KG6.028 |



- Accouplement moteur avec clavette
NA - Pas disponible

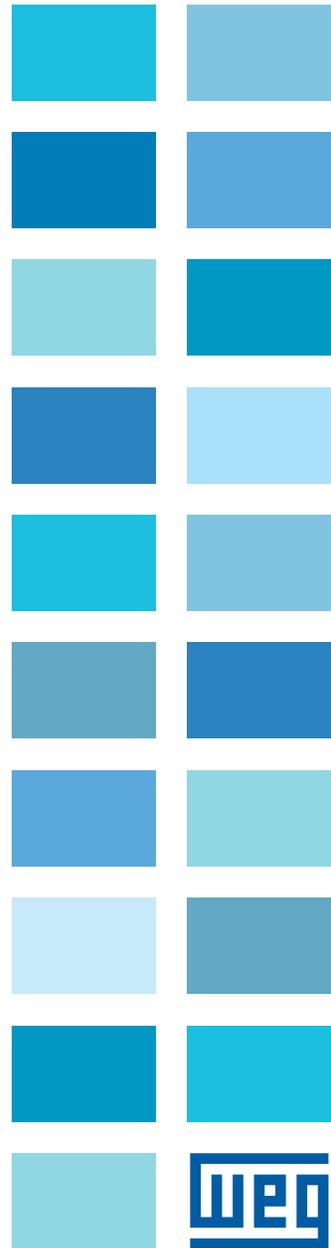
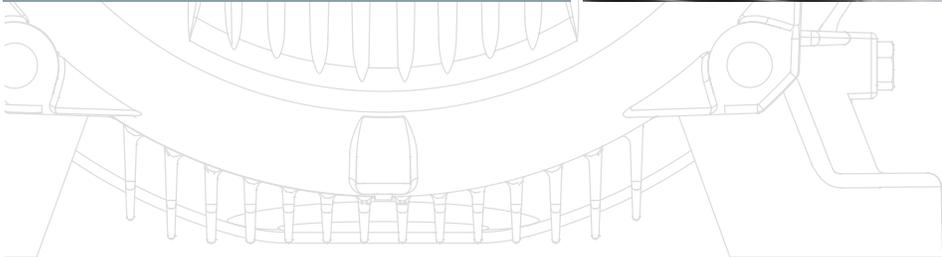
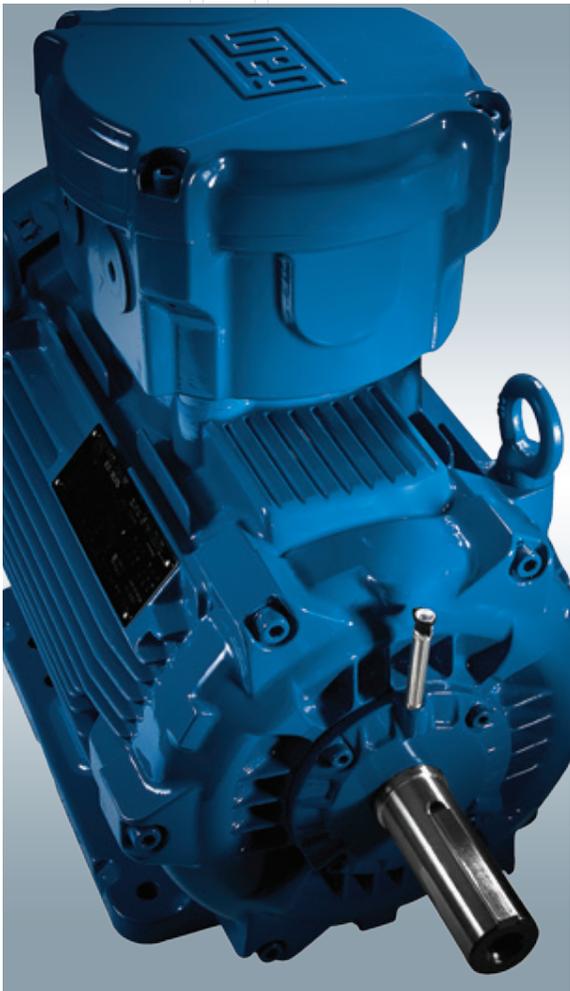
- Acoplamento com chaveta
NA - Não disponível

- Acoplamiento con chaveta
NA - No disponible

ANEXO C: CATÁLOGO DE MOTOR DE BANDA LATERAL

Motores

Líneas de Productos
Mercado Latinoamericano



A row of green WEG industrial electric motors is shown in a factory setting. The motors are arranged in a line, receding into the background. They have a distinctive green finish and large, circular cooling fans. The background shows a warehouse-like environment with wooden crates stacked on pallets and a yellow overhead crane. The lighting is bright and even.

Eficiencia y confiabilidad para la industria

Fundada en 1961, WEG es reconocida como una de las mayores fabricantes de motores eléctricos del mundo, con exportaciones para más de 135 países en los cinco continentes, empleando a más de 30.000 personas y produciendo más de 15 millones de motores por año.

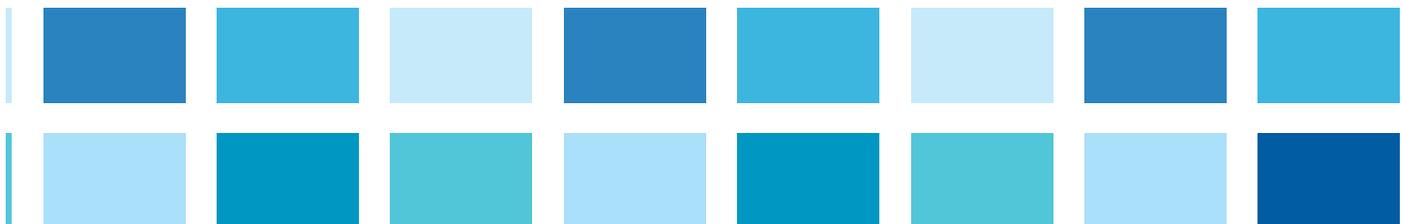
Alto rendimiento con máxima eficiencia de energía, esto es el significado del nuevo motor eléctrico WEG.

Con una amplia gama de motores, la empresa atiende desde aplicaciones comerciales y residenciales hasta aplicaciones industriales, siempre con foco en la necesidad del cliente, ofreciendo soluciones para los más variados tipos de aplicación.

Además de la comercialización de los productos, a través de la red de Representantes, Filiales y Distribuidores, WEG mantiene una constante preocupación con el servicio prestado al cliente, a través de una amplia red de atención post venta, preparada para ofrecer soporte técnico en aplicaciones e instalaciones.

Índice

| | |
|---|----|
| W22 Baja Tensión IEC | 4 |
| W22 Baja Tensión NEMA | 5 |
| W22 Eficiencia Super Premium | 6 |
| W22 JM/JP | 7 |
| W22 Alta Tensión | 8 |
| Motosierra..... | 9 |
| W22 Quattro (IE4) y W22 Magnet (IE4 y IE5)..... | 10 |
| W22 Motofreno | 11 |
| Ventilación y Extracción de Aire | 12 |
| W22 para Extracción de Humo | 13 |
| HGF y W50 Baja y Alta Tensión..... | 14 |
| Roller Table | 15 |
| W40 Baja Tensión | 16 |
| W40 Alta Tensión | 17 |
| W21 a Prueba de Explosión | 18 |
| W21 a Prueba de Explosión con Freno | 19 |
| W22Xd a Prueba de Explosión..... | 20 |
| W22Xe Seguridad Aumentada..... | 21 |
| W22Xtb Protección por Encapsulamiento | 22 |
| W22XnCD No-Encendible..... | 23 |
| W21 Carcasa de Aluminio | 24 |
| Motores Comerciales | 25 |
| Motores para Aplicación con Convertidores de Frecuencia | 26 |
| Convertidor de Frecuencia CFW11..... | 27 |



W22 Baja Tensión IEC

Línea W22 de motores de inducción trifásicos, diseñados para ofrecer no sólo un consumo de energía significativamente menor, sino también menos ruido y vibración, más confiabilidad, mantenimiento más sencillo y menores costos de propiedad. Una línea de motores que satisface los conceptos de eficiencia energética, desempeño y productividad, generando el máximo beneficio para el cliente.



Características del motor

- Potencia: 0,12 hasta 500 kW
- Polaridad: 2, 4, 6, 8, 10 y 12
- Frecuencia: 50 y 60 Hz
- Tensión 50 Hz: 220/380 V (hasta 100L) y 380/660 V (a partir de la carcasa 112M)
- 60 Hz: 230/460 V (hasta 355M/L) y 460 V (355A/B)
- Carcasas: 63 hasta 355A/B
- Color: RAL 5009 - Azul (Eficiencia: IE1 y IE2) / RAL 6002 - Verde (Eficiencia: IE3)



Opcionales

- High Efficiency - IE2
- Premium Efficiency - IE3
- Motores de velocidad variable (Dahlander, Doble devanado, etc.)

Aplicaciones

Bombas, compresores, ventiladores, trituradoras, cintas transportadoras, molinos, máquinas centrífugas, prensas, elevadores, empaquetadoras, molidoras, camaras de secado de madera, etc.

| Características | Beneficios |
|---------------------------------------|---|
| Rendimiento | Excede los niveles de rendimiento de la versión IE2 especificada en la norma IEC 60034-30-1 Excede los niveles de rendimiento de la versión IE3 especificada en la norma IEC 60034-30-1 para generar ahorros significativos de energía, así como un rápido retorno de la inversión |
| Proyecto de la carcasa y de las tapas | Mayor rigidez y excelente disipación de térmica |
| Caja de conexiones | Corte diagonal y mayor volumen interno, facilitando el acceso a los cables de la conexión principal y a los accesorios Permite fácil alteración de la forma constructiva del motor (carcasas 225S/M hasta 355A/B) |
| Temperatura de los cojinetes reducida | Mayor vida útil de los cojinetes y mayores intervalos entre lubricaciones |
| Sistema de sello WSeal® | Previene la entrada de agentes contaminantes al interior del motor (para carcasas 225S/M a 355A/B) |
| Sistema de ventilación | Diseñado para garantizar mayor flujo de aire a través de toda carcasa del motor y bajo nivel de ruido |
| Patas sólidas e integradas | Eleva la rigidez mecánica y facilita la instalación |
| Sistema de aislamiento WISE® | Eleva la rigidez eléctrica del bobinado permitiendo el motor operar con convertidor de frecuencia, sin sufrir daños con los picos de tensión* |

*Para más informaciones sobre operación con convertidor de frecuencia, vea la página 23.

W22 Baja Tensión NEMA

Línea W22 de motores de inducción trifásicos, diseñados para ofrecer no sólo un consumo de energía significativamente menor, sino también menos ruido y vibración, más confiabilidad, mantenimiento más sencillo y menores costos de propiedad. Una línea de motores que satisface los conceptos de eficiencia energética, desempeño y productividad, generando el máximo beneficio para el cliente. Los motores WEG W22, son construidos para superar los requisitos de la especificación NEMA MG-1 y pueden reducir las pérdidas de energía entre 10% y 50% en comparación con otros motores típicos. Es una forma extremadamente eficaz de reducir su huella de carbono, así como sus costos energéticos.



Características del motor

- Potencia: 0,25 hasta 550 kW
- Polaridad: 2, 4, 6 y 8
- Frecuencia: 50 y 60 Hz
- Tensión 50 Hz: 380/660 V (hasta 586/7T) y 380 V (carcasa 588/9T)
- 60 Hz: 208-230/460 V (hasta 586/7T) y 460 V (carcasa 588/9T)
- Carcasas: 143T hasta 588/9T
- Color: RAL 5009 (Eficiencia: Standard, High y Premium)

Opcionales

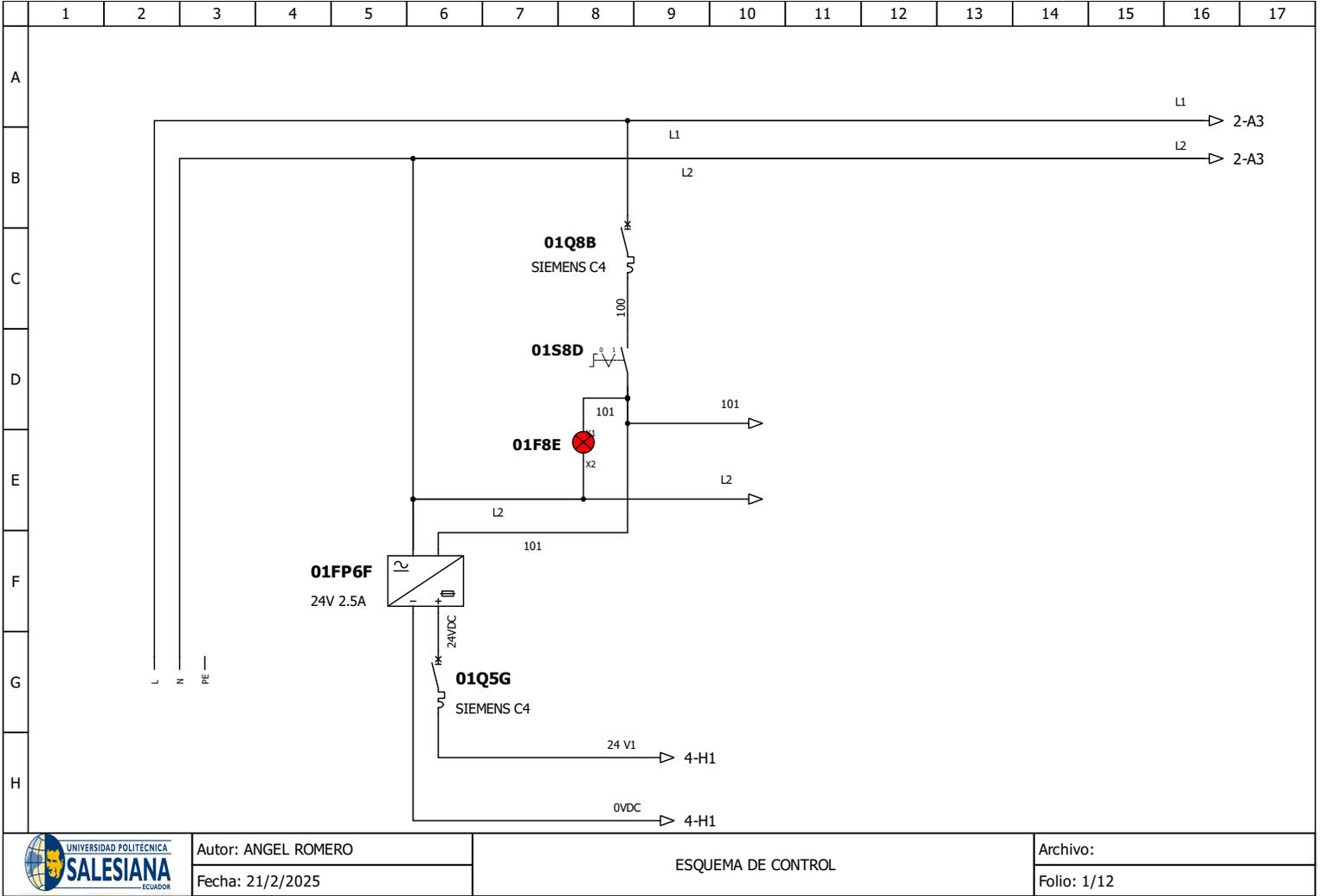
- High Efficiency
- Premium Efficiency
- Motores de velocidad variable (Dahlander, Doble devanado, etc.)
- Categoría D (Alto deslizamiento)

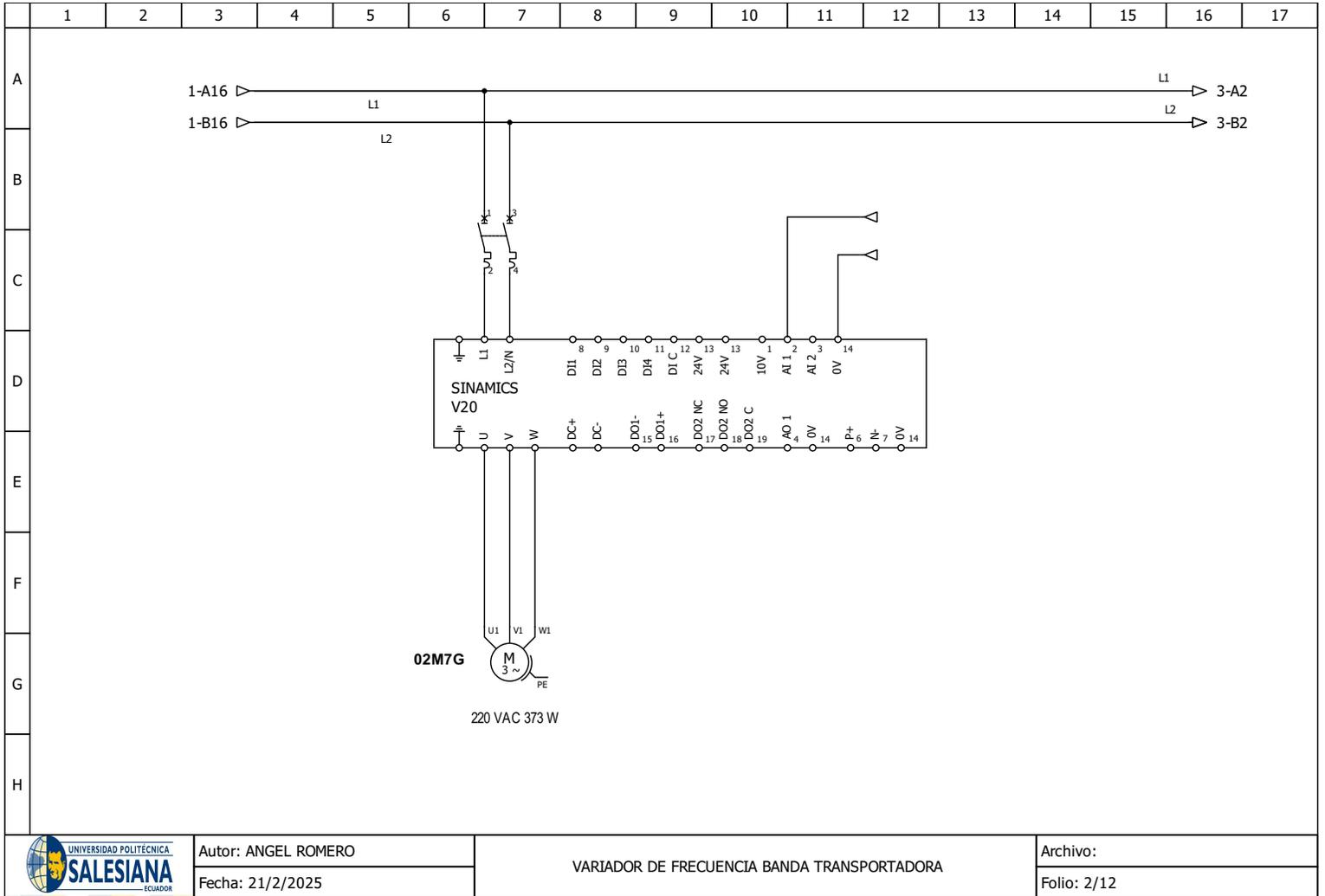
Aplicaciones

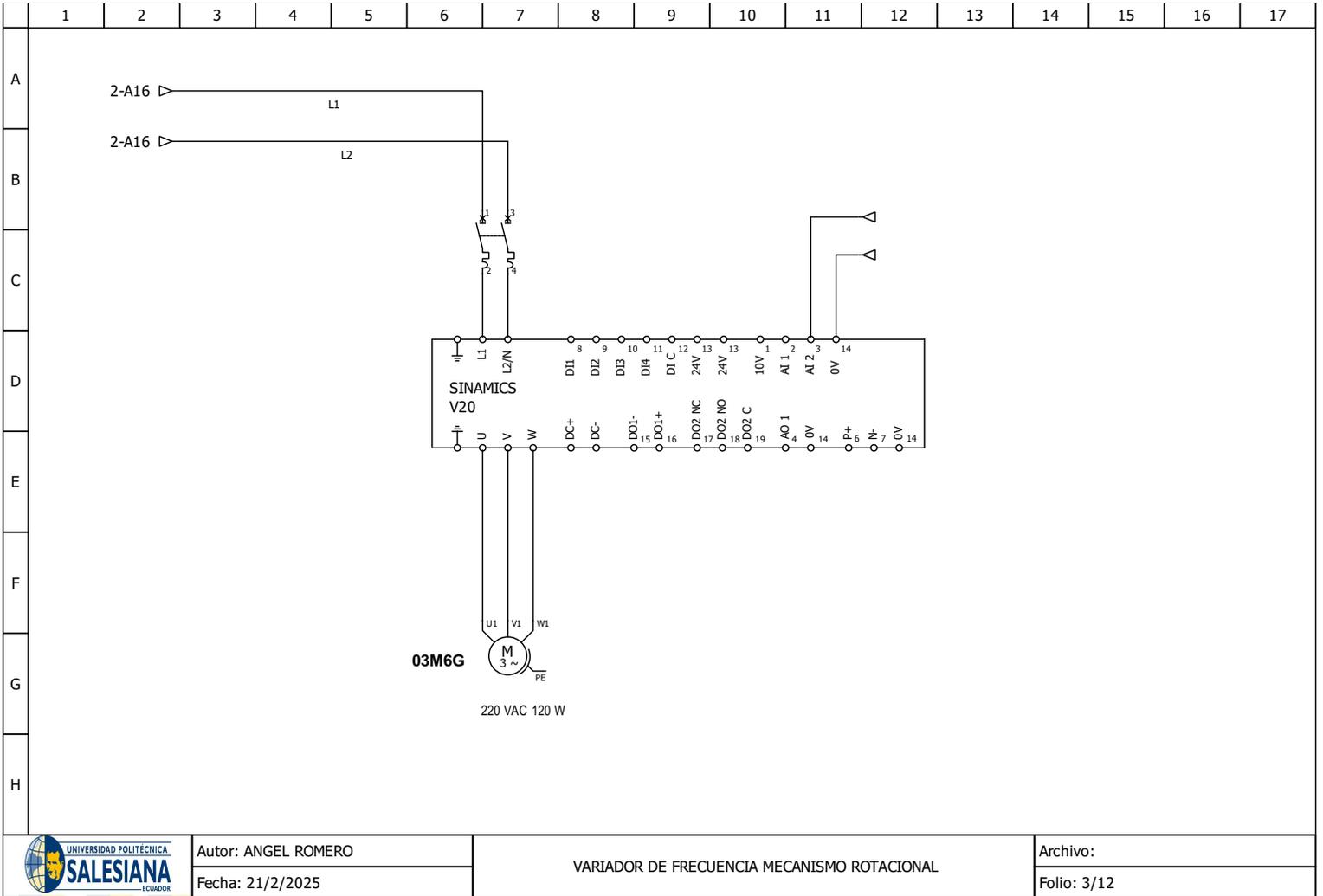
Bombas, compresores, ventiladores, trituradoras, cintas transportadoras, molinos, máquinas centrífugas, prensas, elevadores, empaquetadoras, molidoras, camaras de secado de madera, etc.

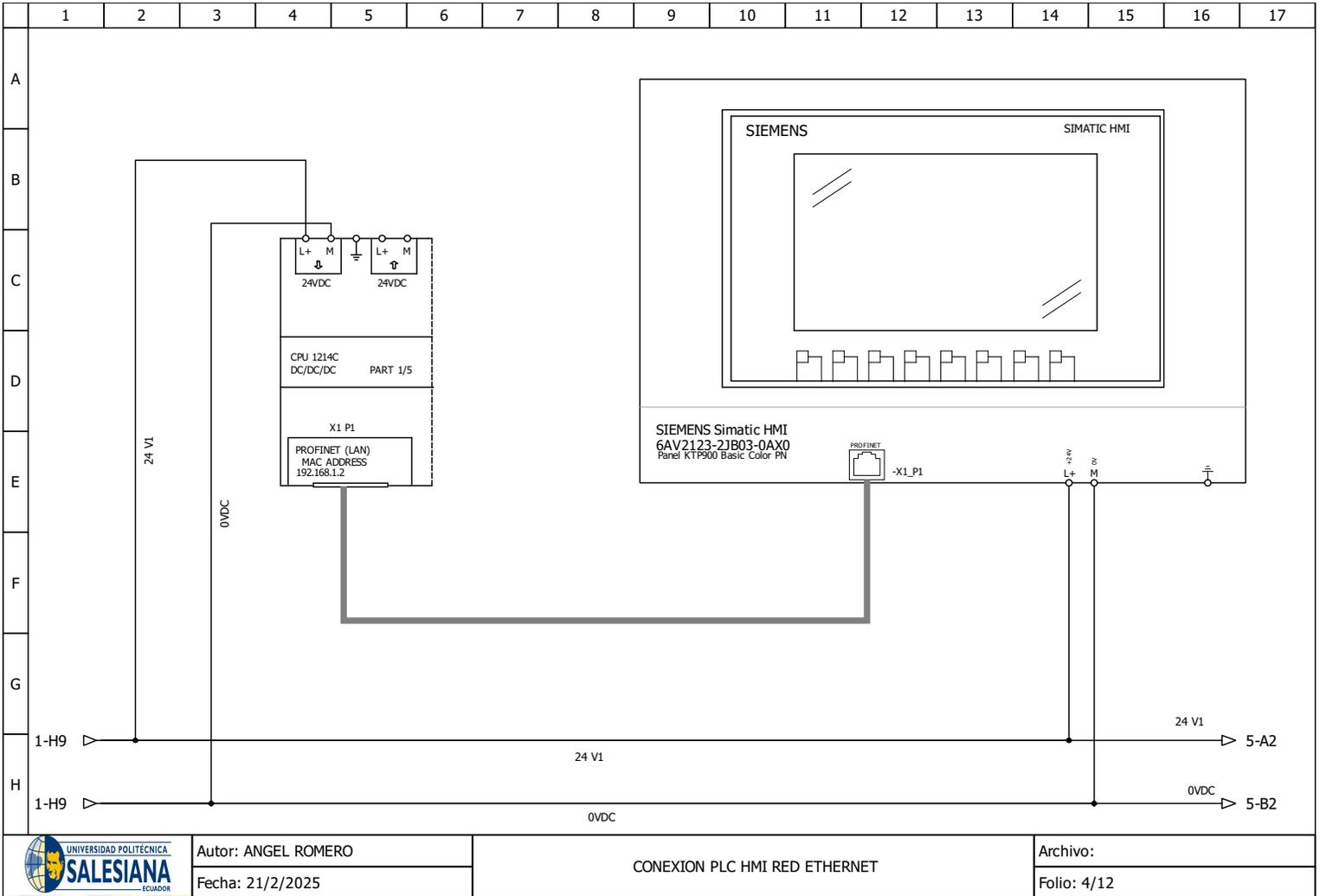
| Características | Beneficios |
|---------------------------------------|--|
| Rendimiento | Los motores WEG W22, son construidos para superar los requisitos de la especificación NEMA MG-1 y pueden reducir las pérdidas de energía entre 10% y 50% en comparación con otros motores típicos. |
| Proyecto de la carcasa y de las tapas | Mayor rigidez y excelente disipación de térmica |
| Caja de conexiones | Corte diagonal y mayor volumen interno, facilitando el acceso a los cables de la conexión principal y a los accesorios Permite fácil alteración de la forma constructiva del motor (carcasas 225S/M hasta 355A/B) |
| Temperatura de los cojinetes reducida | Mayor vida útil de los cojinetes y mayores intervalos entre lubricaciones |
| Sistema de sello WSeal® | Previene la entrada de agentes contaminantes al interior del motor (para carcasas 225S/M a 355A/B) |
| Sistema de ventilación | Diseñado para garantizar mayor flujo de aire a través de toda carcasa del motor y bajo nivel de ruido |
| Patatas sólidas e integradas | Eleva la rigidez mecánica y facilita la instalación |
| Sistema de aislamiento WISE® | Eleva la rigidez eléctrica del bobinado permitiendo el motor operar con convertidor de frecuencia, sin sufrir daños con los picos de tensión* |

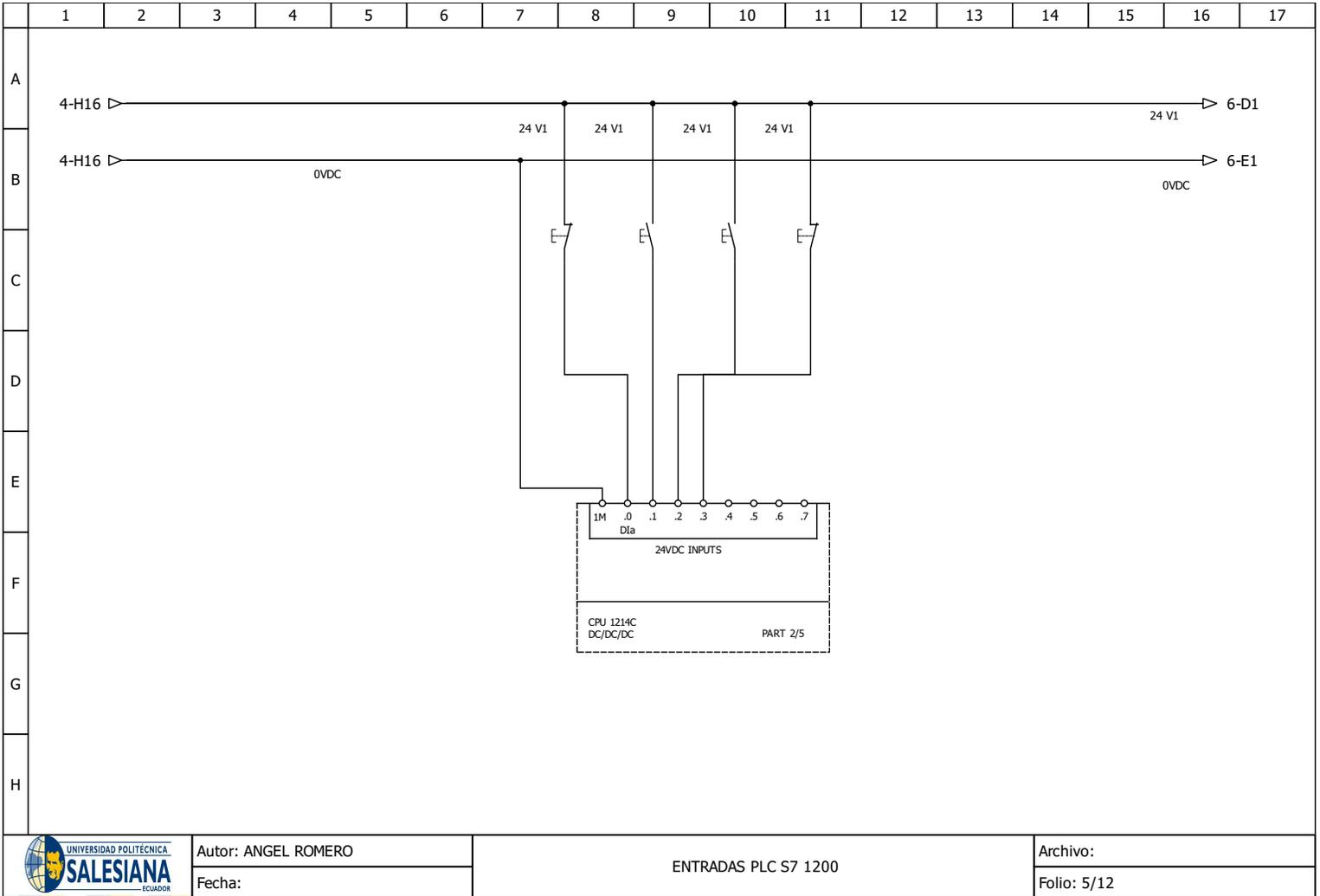
ANEXO D: PLANOS ELÉCTRICOS











ANEXO E: PROGRAMACIÓN TIA PORTAL Y SIEMENS NX

Siemens - C:\Users\Daniel\Documents\tesis\plc borrador\copiado el 12-2-2025\Proyecto1\tesismaquina_secadora_pintado

Projecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Establecer conexión online Deshacer conexión online -Examinar proyecto

Totally Integrated Automation PORTAL

Árbol del proyecto tesismaquina_secadora_pintado PLC_1 [CPU 1513-1 PN] Variables PLC Tabla de variables estándar [75]

Dispositivos

tesismaquina_secadora_pintado

- Agregar dispositivo
- Dispositivos y redes
- PLC_1 [CPU 1513-1 PN]
 - Configuración de dispositivos
 - Online y diagnóstico
 - Bloques de programa
 - Agregar nuevo bloque
 - Main [OB1]
 - Bloque_1 [FB1]
 - Bloque_1_DB [DB1]
 - Bloques de sistema
 - Objetos tecnológicos
 - Fuentes externas
 - Variables PLC
 - Mostrar todas las variables
 - Agregar tabla de variables
 - Tabla de variables estándar [75]
 - Clock [9]
 - Tipos de datos PLC
 - Tablas de observación y forzado...

Vista detallada

| Nombre | Tipo de datos |
|------------------------------|---------------|
| activar ventilador1 | Bool |
| activar ventilador2 | Bool |
| Actualización automática Pip | 0 |
| boton_stop | Bool |

Tabla de variables estándar

| | Nombre | Tipo de datos | Dirección | Rema... | Acces... | Escrib... | Visibl... | Supervis... | Comentario |
|----|-----------------------|---------------|-----------|---------|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------|
| 1 | ON/OFF | Bool | %Q0.0 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 2 | MOTOR | Bool | %Q0.1 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 3 | INICIAR | Bool | %Q0.2 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 4 | EMERGENCIA | Bool | %Q0.3 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 5 | frecuencia | Word | %MW1 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 6 | ouput_1 | Real | %MD4 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 7 | rpm | Word | %QW4 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 8 | rpm_total | UInt | %QW2 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 9 | tang_1 | Real | %MD8 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 10 | mis | Real | %QD4 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 11 | temperatura | Bool | %Q8.0 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 12 | Entrada_analogica | Int | %MW12 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 13 | temperatura_total | Real | %MD14 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 14 | tang | Real | %MD18 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 15 | prueba | Bool | %Q8.1 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 16 | nivel temperatura | Int | %MW22 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 17 | boton_stop | Bool | %M0.0 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 18 | on/off tunel secado | Bool | %Q0.1 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 19 | controlar_temperatura | Bool | %Q0.0 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 20 | temperura del tunel | Bool | %Q0.2 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 21 | temperatura deseada | Int | %MW24 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 22 | activar ventilador1 | Bool | %Q0.3 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 23 | activar ventilador2 | Bool | %Q0.4 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 24 | sensor_pintado | Bool | %Q0.4 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 25 | ledon_pintado | Bool | %Q0.5 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 26 | ledOff_pintado | Bool | %Q0.6 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| 27 | tota_l_pintados | Word | %QW10 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | |

Opciones

Buscar/reemplazar

Buscar:

Reemplazar:

Idioma de edición: Español (España)

Idioma de referencia: Español (España)

General Referencias cruzadas Compilar

Vista del portal Vista general Main (OB1) Bloque_1 (FB... Tabla de vari...

17°C Mayorm. nubl... 10:57 21/2/2025

Siemens - C:\Users\Daniel\Documents\tesis\plc borrador\copiado el 12-2-2025\Proyecto1\tesis\maquina_secadora_pintado

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

Árbol del proyecto: tesismaquina_secadora_pintado > PLC_1 [CPU 1513-1 PN] > Bloques de programa > Bloque_1 [FB1]

Dispositivos: tesismaquina_secadora_pintado > PLC_1 [CPU 1513-1 PN] > Bloque_1 [FB1]

Bloque_1

Nombre Tipo de datos Valor predet. Remanencia Accesible d... Escrib... Visible en ... Valor de a... Supervis... Comentario

Navegación

Instrucciones permanent...

Cadenas (1)

1: -nueva cadena>

General Referencias cruzadas Compilar Sintaxis

Vista del portal Vista general Main (OB1) Bloque_1 (FB...)

17°C Mayorm. nubl... 10:57 21/2/2025

Siemens - C:\Users\Daniel\Documents\tesis\plc borrador\copiado el 12-2-2025\Proyecto 1\tesis\maquina_secadora_pintado

Totally Integrated Automation PORTAL

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Guardar proyecto Establecer conexión online Deshacer conexión online -Examinar proyecto-

Árbol del proyecto: tesismaquina_secadora_pintado - PLC_1 [CPU 1513-1 PN] - Bloques de programa - Main [OB1]

Dispositivos

- tesismaquina_secadora_pintado
 - Agregar dispositivo
 - Dispositivos y redes
 - PLC_1 [CPU 1513-1 PN]
 - Configuración de dispositivos
 - Online y diagnóstico
 - Bloques de programa
 - Agregar nuevo bloque
 - Main [OB1]
 - Bloque_1 [FB1]
 - Bloque_1_DB [DB1]
 - Bloques de sistema
 - Objetos tecnológicos
 - Fuentes externas
 - Variables PLC
 - Tipos de datos PLC
 - Tablas de observación y forzado...
 - Backups online
 - Traces
 - Datos de proxy de dispositivo
 - Información del programa

Vista detallada

| Nombre | Dirección |
|--------|-----------|
| | |

Main

| Nombre | Tipo de datos | Valor predet. | Comentario |
|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|
| 1 Input | | | |
| 2 Inital_Cell | Bool | | Initial call of this OB |
| 3 Remanence | Bool | | →True, if remanent data are available |

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

Comentario

Segmento 1: ---

Comentario

| Variable | Valor |
|----------|-------|
| OFF_SQ | false |
| INIT_SQ | false |
| ACK_EF | false |
| S_PREV | false |
| S_NEXT | false |
| SW_ALUTO | false |
| SW_TAP | false |
| SW_TOP | false |
| SW_MAN | false |
| S_SEL | 0 |
| S_ON | false |
| ENO | 0 |
| S_MORE | false |
| S_ACTIVE | false |
| ERR_FLT | false |
| AUTO_ON | false |
| TAP_ON | false |
| TOP_ON | false |
| MAN_ON | false |

Opciones

- Favoritos
- Instrucciones básicas
 - General
 - Operaciones lógicas con...
 - Temporizadores
 - Contadores
 - Comparación
 - Funciones matemáticas
 - Transferencia
 - Conversión
 - Control del programa
 - Operaciones lógicas con...
 - Desplazamiento y rotación
 - Legacy
- Instrucciones avanzadas
 - Tecnología
 - Comunicación
 - Paquetes opcionales

General Referencias cruzadas Compilar Sintaxis

Vista del portal Vista general Main (OB1)

Proyecto tesismaquina_secadora_pinta...

17°C Mayorm. nubl... 10:57 21/2/2025

NX 12 - Diseñador de conceptos de mecatrónica

Archivo Inicio Modelado Ensamblar Curva Análisis Vista Renderizar Herramientas Aplicación

Requisito Función Lógico Dependencia

Extrudir Unir Croquis Bloque

Reproducir Parar

Simular

Cuerpo rígido

Junta del resorte angular
Junta mediante resorte lineal
Junta de charnela
Junta del límite angular

Sensor de colisión
Control de posición
Señal

Leva electrónica
NC en tiempo de ejecución
Tabla de símbolos

Operación

Automatización

Esportar a ECAD
Esportar la curva de carga
Esportar el perfil de la leva

Diseño en colaboración

Menú No hay ningún filtro Ensamble total

Navegador de física

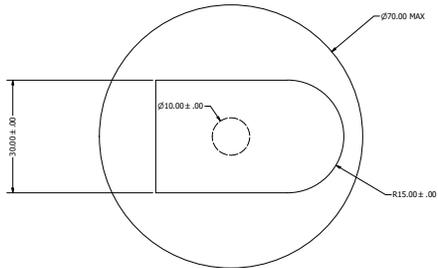
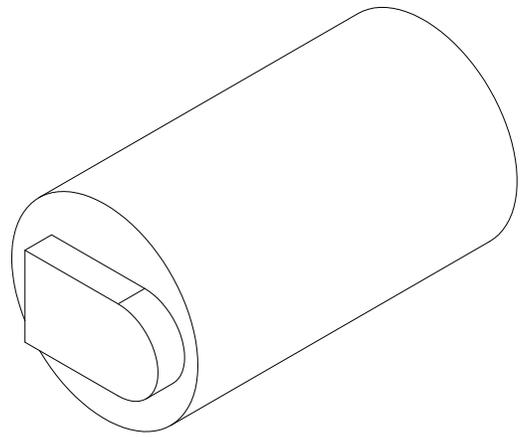
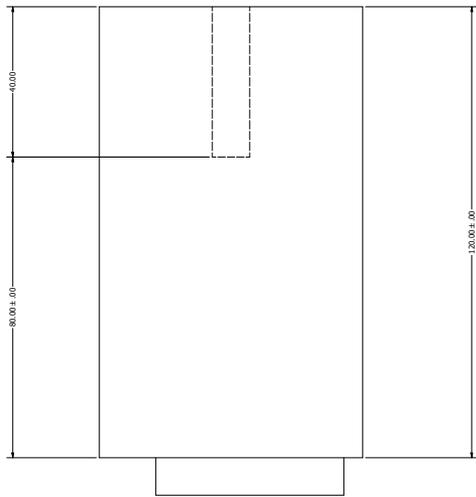
| Nombre | Tipo |
|------------------------------|---------------|
| CollisionBody(3) | Cuerpo de cc |
| CollisionBody(4) | Cuerpo de cc |
| CollisionBody(5) | Cuerpo de cc |
| CollisionBody(6) | Cuerpo de cc |
| Floor | Cuerpo de cc |
| ObjectSource(1) | Fuente de ob |
| pintado | Transformad |
| RigidBody(1) | Cuerpo rígido |
| RigidBody(2) | Cuerpo rígido |
| secado | Transformad |
| secado | Cuerpo rígido |
| Juntas y restricciones | |
| Materiales | |
| Acopladores | |
| Sensores y actuadores | |
| sensor_pintado | Sensor de col |
| sensor_secado | Sensor de col |
| TransportSurface(1) | Superficie de |
| TransportSurface(1)_1 | Superficie de |
| TransportSurface(2) | Superficie de |
| Comportamientos de tiempo... | |
| Señales | |
| act_y_desac | Señal |
| banda | Señal |
| sensor_de_proximidad | Señal |
| sensor_de_temperatura | Señal |
| Conexión de señal | |

Autmat_secado_pintado.prt D

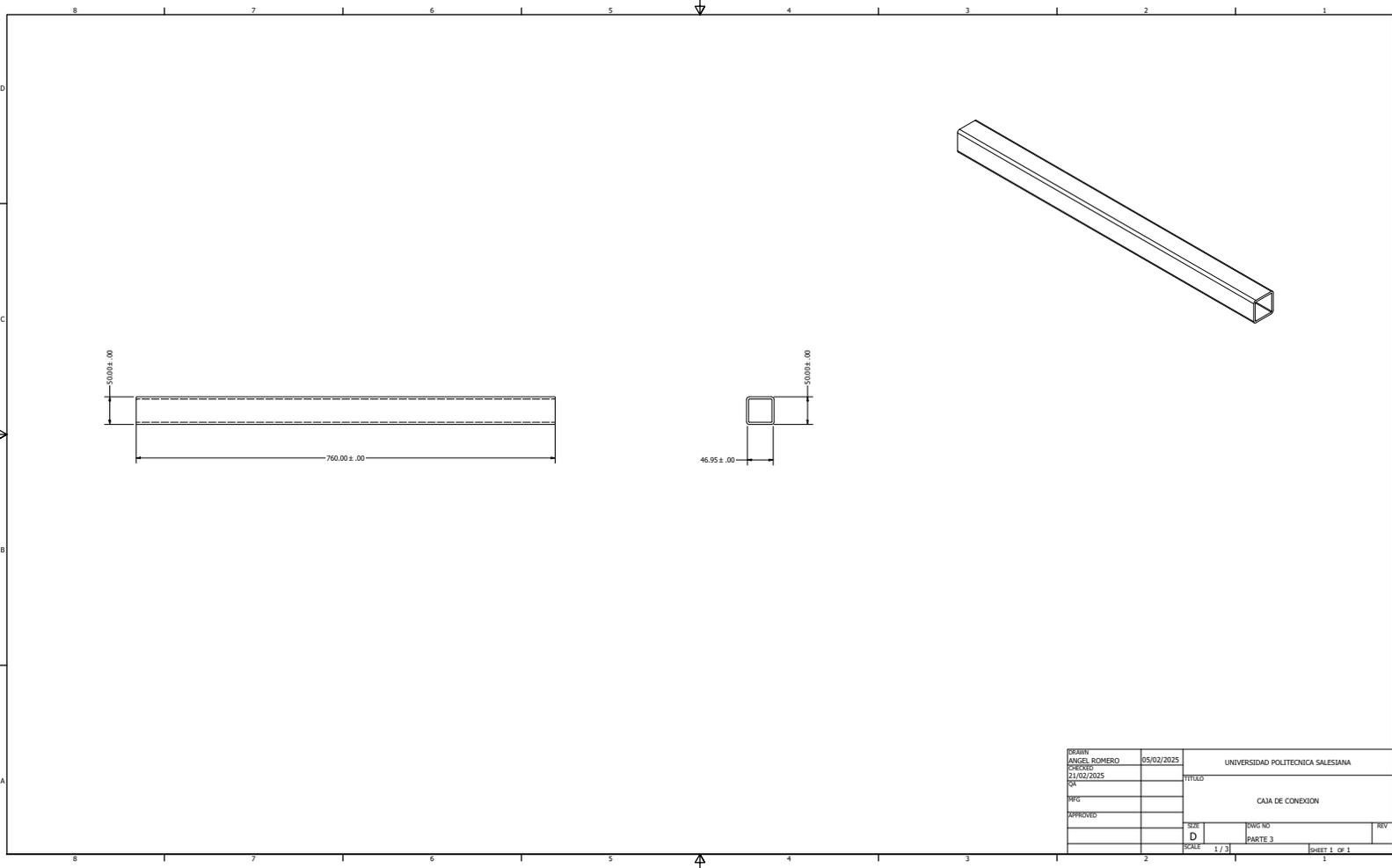
Detalles

Dependencias

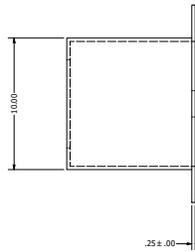
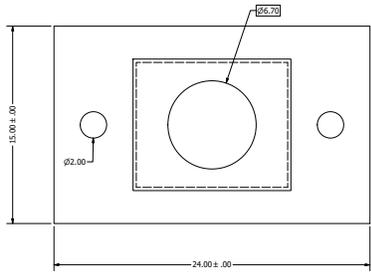
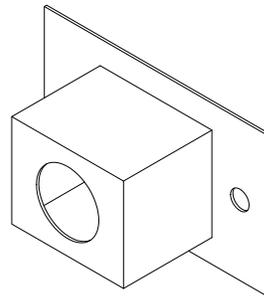
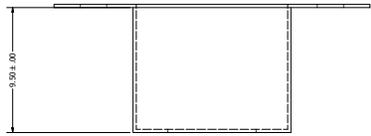
ANEXO F: PLANOS DEL SISTEMA



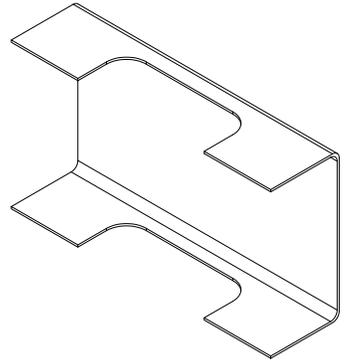
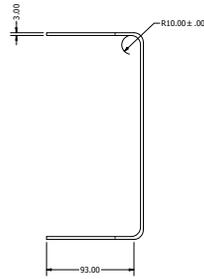
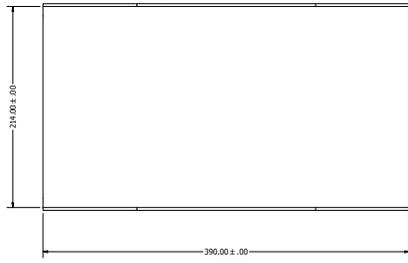
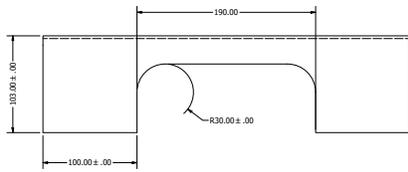
| | | | | |
|----------|--------------|------------|-----------------------------------|--------------|
| DRAWN | ANGEL ROMERO | 05/02/2025 | UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA | |
| CHECKED | | | TITULO | |
| DATE | 21/02/2025 | | BASE DE TACO | |
| BY | | | REV | |
| APPROVED | | | SIZE | DWG NO |
| | | | D | PARTE 3 |
| | | | SCALE | 2:1 |
| | | | | SHEET 1 OF 1 |



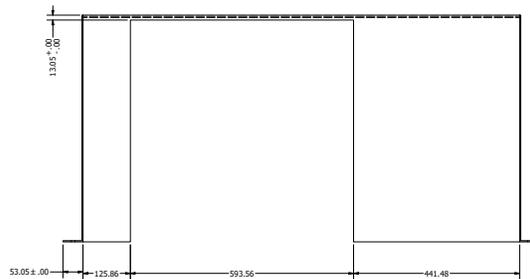
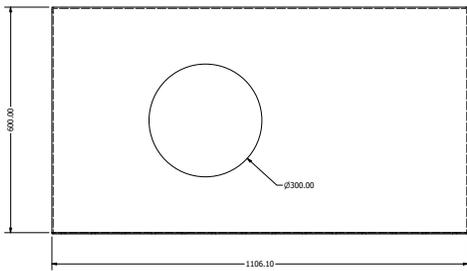
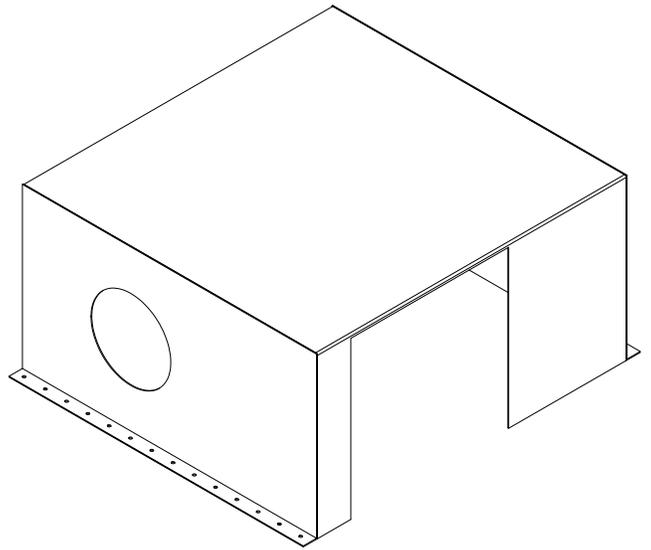
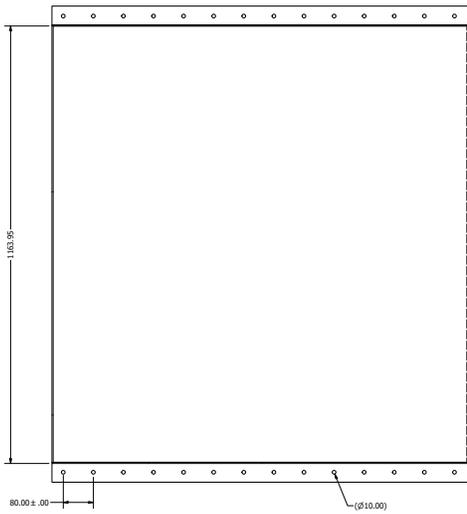
| | | | | | |
|--------------|--|------------|--|-----------------------------------|--|
| DRAWN | | 05/02/2025 | | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | |
| ANGEL ROMERO | | | | TÍTULO | |
| CHECKED | | | | CAJA DE CONEXION | |
| 21/02/2025 | | | | DISEÑO NO | |
| OK | | | | PARTE 3 | |
| APPROVED | | | | SCALE 1/3 | |
| D | | | | SHEET 1 OF 1 | |



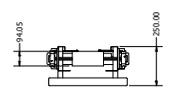
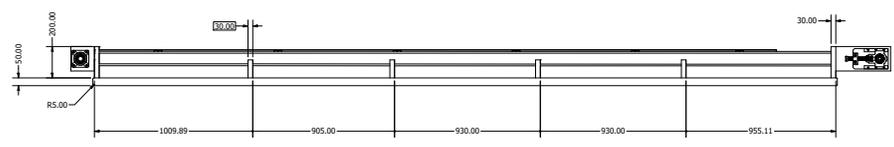
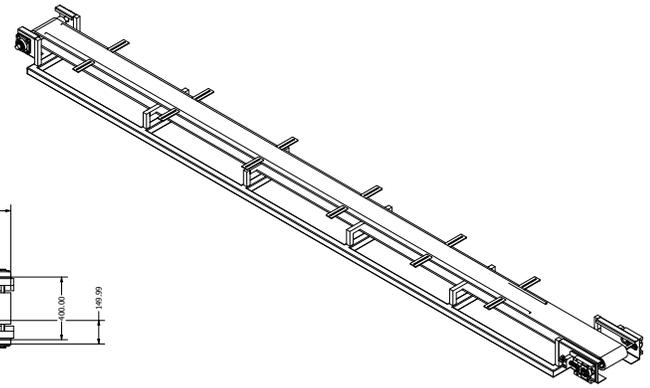
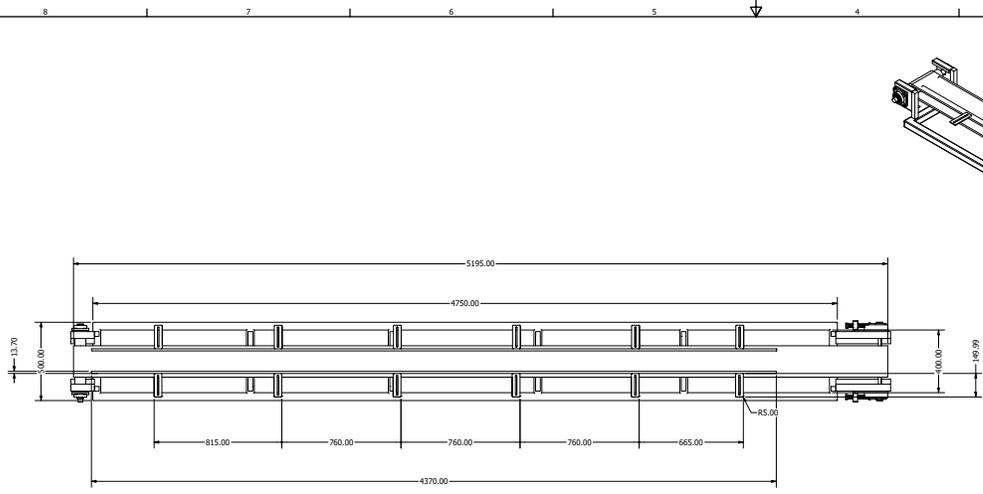
| | | | | |
|----------|--------------|------------|-----------------------------------|--------------|
| DRAWN | ANGEL ROMERO | 05/02/2025 | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | |
| CHECKED | 21/02/2025 | | TÍTULO | |
| QFC | | | CAJA DE CONEXION | |
| APPROVED | | | SIZE | DWG NO |
| | | | D | PARTE 3 |
| | | | SCALE | 2:1 |
| | | | | SHEET 1 OF 1 |



| | | | | |
|----------|--------------|------------|-----------------------------------|--------------|
| DRAWN | ANGEL ROMERO | 05/02/2025 | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | |
| CHECKED | 21/02/2025 | | TITLE | |
| QK | | | TAPA DE MOTOR | |
| APPROVED | | | SIZE | DWG NO |
| | | | D | PARTE 3 |
| | | | SCALE | 1:2 |
| | | | | SHEET 1 OF 1 |



| | | | | |
|----------|--------------|------------|-----------------------------------|--------------|
| DRAWN | ANGEL ROMERO | 05/02/2025 | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | |
| CHECKED | 21/02/2025 | | TITLE | |
| RFQ | | | CABINA DE PINTADO | |
| APPROVED | | | SIZE | DWG NO |
| | | | D | PARTE 2 |
| | | | SCALE | 1 / 5 |
| | | | | SHEET 1 OF 1 |



| | | |
|--|------------|-----------------------------------|
| DRAWN ANGEL ROMERO CHECKED 21/02/2025 QP | 05/02/2025 | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA |
| APPROVED | | TITLE |
| | | BANDA TRANSPORTADORA |
| | | SIZE |
| | | D |
| | | SCALE |
| | | 1 / 12 |
| | | SHEET 1 OF 1 |