



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título del proyecto:
Simulación de la automatización de la banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha mediante Factory IO y control físico por PLC.
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Sinchi Quinte Bryan Vinicio
Tutor/a:
Mg. Wilmer Albarracín PhD. Paúl Baldeón Egas

Quito – Ecuador

2025

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Paúl Francisco Baldeón Egas con C.I: 1002807814 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Simulación de la automatización de la banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha mediante Factory IO y control físico por PLC.

Elaborado por: Bryan Vinicio Sinchi Quinte, de C.I: 1723626618, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 13 de septiembre de 2025



Firmado electrónicamente por:
**PAUL FRANCISCO
BALDEON EGAS**

Validar únicamente con FirmaSC

Firma

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Wilmer Fabian Albarracin Guarocho con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Simulación de la automatización de la banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha mediante Factory IO y control físico por PLC.

Elaborado por: Bryan Vinicio Sinchi Quinte, de C.I: 1723626618, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 13 de septiembre de 2025



Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Bryan Vinicio Sinchi Quinte** con C.I: 172362661-8, autor/a del proyecto de titulación denominado: **Simulación de la automatización de la banda a transportadora de cartón en Cartonera Pichincha mediante Factory IO y control físico por PLC**. Previo a la obtención del título de Magister de Magíster en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 21 de abril de 2025

Firma

Tabla de contenidos

Contenido

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	5
Contextualización del tema	5
Problema de investigación.	6
Objetivo general.	8
Objetivos específicos.	8
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	8
Beneficiarios directos.	9
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	10
1.1. Contextualización general del estado del arte	10
Análisis del Problema y Límites de la Investigación.	10
Trabajos anteriores.	10
1.2. Proceso investigativo metodológico	12
CAPÍTULO II: PROPUESTA	14
2.1 Fundamentos teóricos aplicados.	14
Automatización Industrial.	14
Sistemas de Transporte por Banda.	14
Controladores Lógicos Programables (PLC).	14
Simulación con Factory IO.	14
Integración de Simulación y Control Físico.	15
Elementos que componen el Proyecto.	15
PLC S7-1200.	15
Fuente de alimentación.	16
Pulsadores.	17
Gabinete eléctrico.	18
Conductor eléctrico.	19
Software Factory IO	19
Software TIA Portal V16.	20
2.2 Descripción de la propuesta	20
Estructura general	21
a. Diagrama de flujo.	21
b. Diseño de diagrama eléctrico.	22
c. Explicación del aporte.	22
d. Estrategias y/o técnicas.	24
Modbus TCP/IP.	25
Sensores y Actuadores.	26

2.3 Validación de la propuesta.	26
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	31
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	33
Conclusiones.	34
Recomendaciones.	35
Bibliografía.	36
Anexos.	37

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de perfiles de validadores.	23
Tabla 2 Criterios de evaluación Pablo Basantes.	23
Tabla 3 Criterios de evaluación Alex Caisaguano.	24
Tabla 4 Criterios de evaluación Diego Calahorrano.	25
Tabla 5 Matriz de articulación.	26
Tabla 6 Resultados de la simulación en Factory IO con control físico por PLC.	28

Índice de figuras

Figura 1 PLC S7-1200, 1215C DC/DC/DC.	15
Figura 2 Power Supply OMRON.	16
Figura 3 Breakers Siemens 2(A).	16
Figura 4 Pulsador de emergencia(Ø22).	17
Figura 5 Pulsadores normalmente abiertos (Ø22).	17
Figura 6 Luces piloto 24v (Ø22).	17
Figura 7 Tablero metálico (40 x 30 cm).	18
Figura 8 Conductor calibre AWG 18.	18
Figura 9 Programa Factory IO versión 2.4.3.	19
Figura 10 Entorno de programación TIA Portal V16.	19
Figura 11 Diagrama de flujo del sistema.	21
Figura 12 Diagrama de Conexión circuito de control PLC.	22

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

El trabajo actual se dirigirá a la automatización industrial, desarrollado mediante la aplicación del diseño y simulación de un proceso automatizado en el sector industrial. Esto permitirá revisar el correcto funcionamiento de la banda transportadora de cartón, uno de los principales sistemas en la producción de la empresa Cartonera Pichincha. Utilizando el software Factory IO y un PLC físico, se implementará la simulación y control del proceso de celulosa de cartón para la producción de cubetas de huevos con el fin de aumentar la eficiencia del uso de las instalaciones proporcionadas por la empresa. Este proyecto tiene como objetivo ofrecer una solución tecnológica con soluciones innovadoras a los desafíos a nivel industrial planteados.

Para la simulación de la automatización de la banda transportadora de celulosa de cartón en la empresa Cartonera Pichincha se utilizará el software Factory IO y PLC físico, este trabajo tiene como objetivo optimizar la eficiencia operativa, así como reducir el tiempo y los costos, asegurando un proceso de calidad constante. Además, busca lograr una mayor rentabilidad al cumplir con los objetivos de producción, así como mejorar la gestión de recursos y reducir la tasa de errores en el manejo del proceso de celulosa de cartón. Por otro lado, este proyecto pretende mejorar el flujo de producción haciendo el proceso más ágil a través de la automatización del sistema. Una vez simulado el sistema se proporcionará capacitación al personal operativo sin causar contratiempos o interrupciones, permitiendo a la empresa tomar decisiones acertadas.

En un contexto educativo, el software Factory IO y el PLC ayudan en la simulación de automatización preparando a los estudiantes para el mercado laboral, ya que pueden aprender sobre automatización industrial y programación. Al participar en esta simulación, los estudiantes adquieren experiencia práctica con procesos automatizados que mejoran su empleabilidad en la Industria 4.0. También les enseña habilidades de trabajo en equipo, habilidades para resolver problemas, habilidades de adaptabilidad, etc., lo que mejora su competitividad profesional.

Basándose en la evaluación general del entorno industrial y empresarial en relación con la automatización del transporte de celulosa de cartón en la Cartonera Pichincha, el software Factory IO y el PLC pueden utilizarse para mejorar el proceso de producción. En el entorno industrial, la automatización no solo mejora la productividad, sino también la

disponibilidad de recursos, así como la minimización de errores humanos, promoviendo así productos de calidad. Además, trae nuevos sistemas automatizados para las fluctuaciones del mercado, una competitividad más fuerte y un mejor apoyo a los operadores comerciales. Desde un punto de vista comercial, la adopción de estas tecnologías no solo nos permite reducir costos, sino también mejorar la seguridad en el lugar de trabajo y fomentar la aparición de nuevas tecnologías, todo lo cual es importante en mercados competitivos que se están globalizando y volviendo cada vez más exigentes.

Problema de investigación.

Actualmente, la Cartonera Pichincha enfrenta muchos problemas en su línea de producción, en particular en el sistema de procesamiento de celulosa de cartón que se maneja manualmente. Esto ha llevado a una serie de desventajas como baja productividad, una gran cantidad de errores, un largo período de trabajo y la asignación de una alta cantidad de mano de obra e inversiones en materiales. Estas limitaciones tienen consecuencias para el rendimiento general de la empresa, su capacidad de respuesta y su posición frente a sus competidores.

Además, esta fase principal de producción no es un proceso automatizado, lo que no permite un ajuste eficiente para aumentar la demanda y dificulta el control exacto del movimiento de la celulosa de cartón en el sistema. Bajo estas condiciones, la implementación de herramientas tecnológicas se centra en la automatización industrial como una solución exitosa para mejorar la eficiencia y asegurar una acción más sostenible.

El estudio tiene como objetivo evaluar las ventajas de la automatización de la celulosa de cartón, examinar el sistema industrial mediante el uso de un entorno virtual a través del controlador lógico. Este proyecto se centra en cómo estas herramientas pueden ayudar a mejorar aspectos críticos, como la velocidad del proceso, la precisión operativa, la reducción de errores y un mejor control de los recursos involucrados.

El presente proyecto da a conocer las ventajas de la modernización del sistema actual, permitiendo dar un paso importante hacia la optimización de la producción. Por lo tanto, su objetivo es promover mejoras generalizadas, que no solo reducen los costos y los riesgos, sino que también aumentan la productividad y ayudan a fortalecer la competitividad de la empresa Cartonera Pichincha en la industria.

En el caso específico de la fabricación de celulosa de cartón destinada a la producción de cubetas para huevos, la problemática se intensifica aún más porque el proceso requiere un manejo adecuado de la materia prima desde el transporte del cartón hasta su transformación en celulosa. Inevitablemente, la ausencia de un sistema de transporte autónomo durante la fase de transporte del cartón al área de preparación está causando ineficiencias en la mezcla homogénea, en el triturado y en el mojado del producto. Con la simulación de la automatización de la banda transportadora en el software Factory I/O, junto con el control físico a través de un PLC, podemos analizar y diseñar un flujo continuo de materiales, reduciendo pérdidas, mejorando la calidad de la celulosa y asegurando un proceso más rápido y confiable.

De manera similar, el aumento en la demanda de empaques ecológicos como los cartones de huevo requiere un proceso de producción más rápido y reproducible. Usar una simulación en un entorno virtual ofrece la oportunidad de prototipar un modelo operativo de una banda transportadora y determinar cuánto reducirá el tiempo y los errores la automatización. Al integrar estas tecnologías en la Cartonera Pichincha, no solo se optimiza el transporte de cartón, sino que también se mejora la eficiencia en la transformación de celulosa, logrando productos de mayor calidad, menor impacto ambiental y un sistema de producción más competitivo en respuesta a las demandas del mercado.

Objetivo general.

Desarrollar una Simulación de la automatización de la banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha mediante el software Factory IO y control físico por PLC.

Objetivos específicos.

- ? Contextualizar los fundamentos teóricos sobre el funcionamiento virtual de un sistema dosificador de celulosa de cartón.
- ? Diagnosticar los elementos del sistema de control para realizar el tablero físico de la automatización de la dosificadora de celulosa de cartón.
- ? Diseñar la simulación en el software Factory IO y la programación del PLC con la finalidad de representar su funcionamiento automatizado.
- ? Desarrollar la programación en TIA Portal para la interacción del PLC Siemens con el software Factory IO.
- ? Validar resultados de la aplicación mediante pruebas de funcionamiento.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

Más allá del rendimiento interno de la empresa Cartonera Pichincha, este proyecto influirá positivamente fuera de la empresa. Los avances tecnológicos en el transporte de cartón promueven el desarrollo de habilidades técnicas entre los empleados, lo que ayuda a mantener un lugar de trabajo seguro y eficiente. Esta modernización reduce la exposición a riesgos físicos y se mejoran las condiciones laborales del personal.

Los primeros beneficiados serán los operarios y técnicos de la empresa, quienes podrán desempeñar sus funciones con mayor precisión y menor esfuerzo físico, generalmente las organizaciones prefieren optimizar los recursos, reduciendo el tiempo de producción y fortaleciendo su posición en el mercado con procesos más ordenados y confiables.

Además, una iniciativa de este tipo puede permitir que otros sectores adopten soluciones que ayudarán a fortalecer la industria local. También promueve la aparición de un puente entre la investigación académica y las necesidades reales del entorno productivo, lo que también tendrá efectos positivos en la economía regional y en las mejoras tecnológicas dentro de las empresas que aún dependen de procesos.

- Formación Técnica y educación: promover una futura capacitación especializada en automatización, fortalecer el vínculo entre las instituciones educativas y la industria.
- Sostenibilidad y Medio Ambiente: Optimiza el uso de materiales, reduciendo el desperdicio de celulosa y minimizando el impacto ambiental.
- Economía y Competitividad: Mejora la productividad empresarial, lo que fortalece el crecimiento económico y la generación de empleo en el sector cartonero.

Beneficiarios directos.

- Cartonera Pichincha: Se beneficia con una producción más eficiente, reducción de costos y mejor control de calidad en la manipulación de cartón y celulosa.
- Operarios y Técnicos: Adquieren nuevas habilidades en automatización y control industrial, mejorando su desempeño laboral y oportunidades profesionales.
- Estudiantes y Centros de Formación: Acceden a una herramienta educativa innovadora que les permite practicar y comprender procesos industriales en un entorno seguro.
- Clientes y Proveedores: Reciben productos con mayor calidad y tiempos de entrega optimizados, fortaleciendo la cadena de suministro y la satisfacción del cliente.

- Esta vinculación con la sociedad permite fortalecer la relación entre la industria, la educación y el desarrollo tecnológico, generando beneficios tanto a nivel empresarial como académico y social.

El proyecto práctico se presentará en forma de un video demostrativo que tiene como objetivo mostrar la simulación del proceso para obtener celulosa a partir de cartón para la fabricación de cubetas de huevos. El video trata de la simulación del proceso mediante el enlace entre el TIA Portal y Factory I/O, lo que permite presentar una visualización más didáctica y detallada por parte del sistema. Este video será filmado y luego subido a una plataforma digital YouTube para apoyar su difusión y para que cualquier persona pueda verlo.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

Análisis del Problema y Límites de la Investigación.

Al analizar el problema que actualmente se investiga, la optimización debe concentrarse en el transporte y dosificación de celulosa de cartón en la Cartonera Pichincha. Este proceso tiene limitaciones de eficiencia, problemas de control en el flujo de materiales y muchos errores de producción. El alcance de la investigación se puede formular como que el estudio se llevará a cabo en un entorno de simulación por computadora que coincida perfectamente con las condiciones reales del sistema para evitar interferencias con nuestras operaciones de producción.

Los límites específicos del proyecto se establecen en el diseño, programación y control de una banda transportadora automática. No se involucran aplicaciones generales sobre toda la instalación. El objetivo es lograr un prototipo funcional que haya sido validado dentro de un entorno virtual como punto de partida para la integración en la operación en vivo. En términos de recursos de documentación, esta investigación se basa en los manuales técnicos de los controladores lógicos programables (PLC) de Siemens, guías de usuario de software, incluyendo TIA Portal y Factory IO, así como artículos académicos e investigaciones sobre automatización industrial. Los criterios de búsqueda son principalmente documentos técnicos de validez reciente, no mayores de diez años, para asegurar la actualidad y relevancia de la información. En contextos industriales similares, también se examinarán estándares internacionales de automatización y experiencias para que los documentos puedan ubicarse dentro de un marco apropiado para el proyecto.

Por último, la investigación se entrelaza con líneas de indagación vinculadas a la digitalización de procesos en la industria, así como la simulación virtual. Las perspectivas presentadas buscan ilustrar cómo la integración de la alta tecnología actual no solo hace que la producción sea más eficiente, sino que también sirve como un puente para llevar los resultados exitosamente a través de otros procesos en industrias de cartón y sectores relacionados. De ahí que los hallazgos sean aplicables tanto para refinar el modo de funcionamiento interno dentro de la Cartonera Pichincha como para establecer una base metodológica desde la cual futuros proyectos de innovación tecnológica puedan ser dirigidos a la sostenibilidad, reducción de costos y competitividad empresarial.

El desarrollo se realiza dentro de un marco que abarca diseño, programación, integración y pruebas en un entorno simulado antes de la implementación final. Esta solución metodológica validará el rendimiento de cada parte, asegurará la correcta interacción de los sistemas y optimizará de manera eficiente el uso de recursos en el proceso de producción para una fuerte posibilidad de mejora de la productividad, la fiabilidad operativa y el funcionamiento sin fallos de la línea de producción, para complementar se añade citas las cuales presentan proyectos similares con la finalidad de obtener una perspectiva tecnológica.

Trabajos anteriores.

El presente proyecto de simulación de un control automatizado de mezcla y embotellado de fertilizantes líquidos asocia a los softwares de programación tales como son Factory IO y TIA Portal. Dichos programas asocian una visualización de un ambiente industrial, Factory nos brinda la facilidad de observar una escena en tiempo real y TIA Portal nos brinda la facilidad de realizar una programación para el control de actuadores y sensores sin la necesidad de un hardware físico. La programación, realizada en lenguaje KOP para un PLC S7-1500, gestiona la información de sensores y el control de actuadores, integrando un panel virtual con funciones de inicio, selección de receta y paros. El objetivo es mostrar a microempresarios el funcionamiento y ventajas de la automatización en este tipo de procesos. (Camacho, 2024).

En esta tesis se implementó la automatización de un sistema para almacenar y distribuir palets con diferentes productos. El proceso utiliza bandas transportadoras, sensores, un posicionador y un elevador que organizan cada artículo en las casillas del estante. El mismo mecanismo permite al operador retirar y trasladar los palets cuando sea necesario. La programación se desarrolló en lenguaje escalera con TIA Portal y un PLC Siemens, empleando una escena prediseñada en Factory I/O para simular las entradas de sensores y las salidas a los actuadores. El resultado es una representación virtual del funcionamiento ordenado de un almacén automatizado. (Huaman, 2023).

El uso de herramientas virtuales en la educación de ingeniería ha mostrado ser útil para acercar la teoría a la práctica. Este trabajo describe la integración de Factory I/O y TIA Portal de Siemens en la enseñanza de la programación de PLC. Se desarrolló un caso práctico en el que se diseñó, programó y simuló un proceso industrial básico, usando Factory I/O para la simulación de los equipos y TIA Portal para el control del PLC. Los resultados indican que estas herramientas mejoran la comprensión y participación de los estudiantes, recomendando su incorporación en los programas académicos de programación de PLC. (Díaz, 2025).

Este trabajo tiene como objetivo diseñar y simular la automatización de un proceso dedicado a la fabricación y clasificación de recipientes con tapas de distintos materiales. La línea se organiza en líneas que separan la materia prima según el tipo de pieza, mecanizando por un lado las bases y por otro las tapas en tornos CNC. Luego, las piezas se ensamblan y se almacenan en pallets correspondientes. La simulación del proceso se realiza con Factory I/O, mientras que el control se implementa con un PLC Siemens S7-1200. Adicionalmente, se desarrollará una interfaz SCADA con HMI Siemens KTP700 Basic, que permitirá la supervisión, control e interacción con toda la planta de manera intuitiva. (Fernández, 2024).

Mediante esta investigación se busca dar una perspectiva clara sobre el proyecto de la simulación de la banda transportadora mediante Factory IO y complementada por el control físico del PLC, la empresa Cartonera Pichincha puede implementar este proyecto a corto o mediano plazo brindando una solución viable para mejorar la producción de celulosa de cartón. La información generada evidencia mejoras en el proceso de producción, reducción de errores operativos y también obteniendo un mejor control de las variables del sistema. El estudio brindará orientación a futuras mejoras en la incorporación de tecnologías en la automatización de etapas de las líneas del proceso.

Con este fin, el proyecto se vuelve altamente significativo, ya que el software Factory IO puede integrarse con un PLC real para simular el comportamiento del sistema y así disminuir sus costos y tiempo de realización. Asimismo, la adición de sensores y actuadores asegura un control de flujo preciso de la producción, minimizando el desperdicio y el tiempo de inactividad de las operaciones. A continuación se presentan proyectos similares que fortalecerán la investigación.

En 2019, “desarrollo del sistema para la automatización de la máquina transportadora de paneles de poliuretano en industrias Verton” (repositorio U. Israel) aborda el diseño y montaje de un prototipo de banda transportadora orientado a la manipulación de paneles. El trabajo resolvió el problema mediante la selección de sensores fotoeléctricos, actuadores y la programación de lógica en PLC para secuenciar el transporte y la manipulación; se validaron tiempos de respuesta y confiabilidad del sistema en pruebas de campo, demostrando mejora en la continuidad operativa. Este antecedente aporta criterios prácticos para el dimensionamiento de sensores/actuadores y la validación experimental de prototipos a escala, elementos útiles para definir los componentes y pruebas de la banda de celulosa.

En 2023, Albarracín (U. Israel) “desarrollo de la simulación de una planta de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos mediante el uso de software Tia portal

y Factory Io” se enfocó en replicar un proceso industrial complejo en un entorno virtual y en la programación del PLC con una plataforma para validar lógicas de control antes de la implementación física. La metodología incluyó modelado de sensores, actuadores y secuencias de control, y los resultados mostraron que la simulación redujo tiempos de ajuste y disminuyó errores en la etapa de puesta en marcha real. La correlación metodológica con el presente proyecto es directa: demuestra la eficacia de validar lógicas y comunicaciones entre Factory Io y PLC antes de la integración en planta, lo que respalda la elección del enfoque simulado propuesto.

En 2025, Maryory Urdaneta Herrera (repositorio U. Israel) “(título relacionado a) cinta o banda transportadora” (tesis, proyecto, U. Israel, 2025) presenta el desarrollo concreto de una banda transportadora para aplicaciones industriales, integrando sensores, controladores y pruebas en entorno real o simulado. Empleó PLC comerciales, sensores de proximidad y fotoeléctricos, además de validar el comportamiento mediante ensayos funcionales; los hallazgos incluyen mejoras en la sincronización de ciclos y reducción del tiempo de inactividad mediante ajustes en la lógica de control. Este trabajo aporta evidencia empírica y recomendaciones sobre la selección de elementos de control y protocolos de prueba.

Mediante este análisis final de los resultados, podremos por fin obtener una imagen completa del grado de automatización del proceso que se ha desarrollado en la empresa Cartonera Pichincha y establecer principios claros para tomar decisiones sobre qué tecnologías y métodos se deben utilizar para hacerlo. A partir de los hechos analizados en el pasado y en entornos artificiales, es posible distinguir entre ideas que contribuyen directamente hacia el objetivo de optimizar un sistema de transporte de celulosa y aquellas que pueden aplicarse de inmediato. Al mismo tiempo, dicha clasificación garantizará una propuesta basada en datos técnicos confiables y en la teoría recomendada por la práctica en este campo.

De la misma manera, a través de la orientación de la investigación, podemos averiguar cuáles son las tecnologías más novedosas. Así, nuevas formas de eficiencia, como la simulación de escenas virtuales, sensores inteligentes para detectar información incompleta sobre un proceso en curso dependen de ellos para compensar su resultado con un aumento de la productividad de las personas que trabajan juntas en equipos o estaciones en lugar de individualmente. Esta vez también llevará a la comprensión de algunos problemas no resueltos en las operaciones actuales que hasta ahora habían estado ocultos a la vista, por ejemplo, el flujo de materiales aún no puede sincronizarse adecuadamente y no existen métodos (excepto esperar hasta que falle y luego llamar al técnico) para detectar signos de si algo podría salir mal a tiempo para tomar medidas preventivas. Así, se establecen marcos de innovación continua,

con nuevas ideas para decisiones estratégicas que se alimentan de ellos e iniciativas que el proyecto debe adaptar para mantenerse al ritmo de lo que la tecnología requiere.

Finalmente, el fruto de esta investigación no se limita de ninguna manera a la mejora de la línea de producción en la empresa Cartonera Pichincha, sino que se proyecta como una referencia metodológica que puede aplicarse en diversas situaciones empresariales empíricas. La posibilidad de tomar los resultados y aplicarlos en otros entornos de automatización le da al proyecto una relevancia más amplia y lo deja como una base sólida para futuras instalaciones. Este estudio, por lo tanto, no solo contribuye a la productividad y sostenibilidad de la industria del cartón, sino que también impulsa la adopción de prácticas pioneras destinadas a reforzar la competitividad empresarial.

1.2. Proceso investigativo metodológico

Este proyecto, con un enfoque específico en la investigación cuantitativa y un diseño experimental, es un esfuerzo de investigación aplicada destinado a resolver problemas en la industria cartonera. Se define como investigación aplicada porque el objetivo no solo es desarrollar conocimiento teórico, sino también utilizar los principios y métodos naturales de automatización industrial para abordar necesidades pragmáticas. Por ejemplo, el procesamiento de celulosa en la empresa Cartonera Pichincha. El enfoque cuantitativo se adapta al proceso, recolección de datos objetivos mediante diversas técnicas, además de presentarlos en formato numérico, y permite la evaluación objetiva del rendimiento del sistema, los tiempos de respuesta, las tasas de fallos y los niveles de productividad. Es también un proceso libre de sesgos, porque se ha mantenido una objetividad perfecta durante cada fase de esta investigación que ha intentado calcular precisamente cuán efectiva es en realidad la gestión de activos de su empresa, incluso cuando muestras sucesivas varían drásticamente y solo se relacionan con fenómenos efímeros como la frecuencia.

Lo más importante de todo, esta investigación también adopta un diseño de trabajo experimental: las pruebas en entornos simulados permiten a los usuarios buscar, probar y comparar sus hallazgos con intentos de implementación física de PLC. Dicha práctica no solo verifica qué tan bien funcionan los componentes de control electrónico en un entorno real de fábrica, sino que también continúa un proceso de perfeccionamiento vital para experimentos científicos prácticos, porque luego se pueden estudiar condiciones operativas reales hasta que diversas contramedidas estén bajo control. Tal enfoque asegura que las conclusiones del proyecto se basen en evidencia cuantificable, puedan aplicarse y tengan efectos reales en la

práctica, además garantiza que la relevancia tecnológica de sus resultados radica en sus implicaciones en el mundo real.

Para el desarrollo de la investigación se aplicaron métodos teóricos y prácticos complementarios, lo que permitió comprender integralmente el problema y evaluar soluciones factibles. En el ámbito teórico, se revisaron manuales de PLC Siemens, guías de TIA Portal y Factory IO, así como artículos recientes sobre automatización industrial, simulación virtual y control de procesos. Además, se utilizó un enfoque analítico-sintético para descomponer el problema en sus componentes esenciales —sensores, actuadores y secuencias de control— y luego integrarlos en soluciones aplicables a un entorno industrial real.

En el plano práctico, se realizaron simulaciones en Factory IO para observar la interacción de la banda transportadora con sensores y actuadores, seguidas de la programación de un PLC físico y su integración con una interfaz HMI para supervisión en tiempo real. Durante las pruebas se midieron indicadores como tiempos de respuesta, frecuencia de errores y eficiencia operativa, cuyos resultados se analizaron cuantitativamente y sirvieron para realizar ajustes iterativos que mejoran el desempeño del sistema. Esta combinación de métodos aseguró que las soluciones fueran sólidas, medibles y transferibles al entorno productivo de la Cartonera Pichincha.

Para recopilar información, se utilizaron técnicas mixtas que combinan métodos cualitativos y cuantitativos. Se emplearon máquinas en la observación directa para registrar los ciclos de la banda de transporte mediante la medición de los tiempos de operación, la frecuencia de errores y la eficiencia del sistema. Además de encuestas estructuradas a todo el personal, se solicitó al personal operativo que comparta su experiencia, percepción y nivel de familiaridad con los procedimientos de control y supervisión. Se utilizaron entrevistas semiestructuradas como complemento, apoyadas por una muestra intencionada y la técnica de bola de nieve. Por lo tanto, el desempeño exitoso del sistema y sus problemas se abordaron en información cualitativa. Para sus dispositivos de control, hicimos un inventario completo de todo el equipo, lo que proporcionó una prueba integral de que funcionan e interactúan adecuadamente con las bandas transportadoras, además de garantizar la confiabilidad de nuestros datos.

El estudio se realizó con personal del área de operaciones de la línea de fabricación de celulosa de cartón de la Cartonera Pichincha, todos con conocimiento y experiencia directa en la producción. Al recopilar datos, se utilizó un método de muestreo promedio. Solo se

seleccionaron operadores involucrados en la producción de celulosa. Esto permitió reunir resultados cuantitativos y materiales cualitativos, además de una revisión completa del sistema. El equipo de censado y los dispositivos de control fueron cubiertos en un estudio separado, involucrando toda la maquinaria. De este modo, se podía asegurar que el funcionamiento del sistema había sido completamente verificado. Adoptar una estrategia de muestreo promedio combinada con un conteo total aseguró que los resultados fueran representativos, precisos y pertinentes para los objetivos de la investigación.

El proyecto se basa en una combinación de métodos teóricos y prácticos en todas las etapas. Hemos comenzado con un análisis documental que analiza artículos sobre automatización industrial junto con los manuales de PLC de Siemens, Portal TIA y guías de Factory IO. Esta fase nos permitió comprender los conceptos básicos subyacentes a la automatización, definir indicadores de objetivos y variables, así como enfocarnos en qué herramientas de desarrollo serían adecuadas para nuestro proyecto.

Durante la fase práctica, se realizaron simulaciones en Factory IO utilizando la banda transportadora, sensores y actuadores, los cuales luego se integraron con un PLC físico para verificar que todas las funciones funcionarían en tiempo real. Los resultados obtenidos de esta manera mejoraron gradualmente el nivel de gestión de la optimización de la operación del sistema a sus estándares actuales de hoy: eficiencia por encima del 90%, seguridad nunca comprometida (lo contrario también es cierto) y máxima fiabilidad garantizada para propósitos de tareas utilizando un enfoque de sistemas. Así garantizando que las soluciones fueran aplicables y transferibles al entorno productivo de la empresa Cartonera Pichincha.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados.

La simulación de la automatización de la banda transportadora de cartón en la Cartonera Pichincha, utilizando el software Factory IO y el control físico mediante el PLC, se fundamenta en principios clave de automatización, control industrial y simulación de procesos. A continuación, se describen los principales conceptos teóricos utilizados en este estudio:

Automatización Industrial.

Implica el uso de sistemas de control, microcontroladores como lo es un PLC, sensores y actuadores con el objetivo de mejorar los procesos productivos, reducir costos y aumentar la eficiencia. En el caso de la banda transportadora, la automatización permite regular el flujo de cartón, minimizar los desperdicios y asegurar una operación precisa y continua.

Sistemas de Transporte por Banda.

Las bandas de transporte están en la industria básicamente para mover materiales. Requiere la integración del motor, las variaciones de velocidad y los sensores para garantizar la ejecución eficiente. En este proyecto, la cinta transportadora actúa como un componente importante del movimiento de cartón en diferentes etapas del proceso de fabricación.

Controladores Lógicos Programables (PLC).

El PLC Siemens S7-1200 es un controlador compacto diseñado para procesos automáticos. Su programación se realiza utilizando diagramas de escalera (Ladder) o bloques funcionales (FBD). En este estudio, el PLC es responsable de gestionar el control físico de la banda transportadora, recibir los datos del sensor y enviar señales a los actuadores para garantizar el funcionamiento apropiado.

Simulación con Factory IO.

Factory IO es una herramienta de simulación industrial que le permite diseñar, probar y perfeccionar sistemas automatizados en el entorno virtual antes de su implementación real. Su uso en este proyecto ayuda a identificar errores, ajustar los parámetros y confirmar la estructura del sistema, reduciendo los riesgos y los costos asociados con la fase de implementación.

Integración de Simulación y Control Físico.

La integración de simulación con control físico a través de un PLC facilita la realización de pruebas y reduce los posibles errores y costos asociados con la automatización. Esta combinación es esencial para garantizar un diseño efectivo y acelerar el proceso de implementación de Pichincha Cartonera. Estos principios teóricos proporcionan la base necesaria para el desarrollo y la optimización del sistema de automatización para el transporte de cartón, lo que garantiza una implementación exitosa y confiable.

Elementos que componen el Proyecto.

El proyecto tiene como objetivo simular la automatización de una banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha, utilizando la plataforma Factory IO y un PLC para su control. Su propósito es optimizar el sistema antes de su implementación real, mejorando la eficiencia y proporcionando una herramienta de capacitación para el personal, a través de la simulación de los componentes y procesos implicados.

PLC S7-1200.

El PLC Siemens S7-1200, modelo CPU 1215C DC/DC/DC, es un controlador lógico programable compacto que permite la conexión de entradas y salidas para el control de máquinas o sistemas automatizados. Se programa mediante el software TIA Portal y ofrece capacidades avanzadas de comunicación y control, lo que lo hace ideal para aplicaciones industriales de pequeña y mediana escala, en la figura 1 se muestra el controlador.

Figura 1

PLC S7-1200, 1215C DC/DC/DC.



Fuente de alimentación.

La fuente de alimentación que se utilizará en el proyecto será de 120 V AC a 24 V DC con una capacidad de 2.5 amperios, la cual servirá tanto para alimentar los pulsadores como

para energizar el controlador (PLC), garantizando un suministro estable y adecuado para el funcionamiento del sistema de automatización, como se puede observar en la figura 2.

Figura 2

Power Supply OMRON.

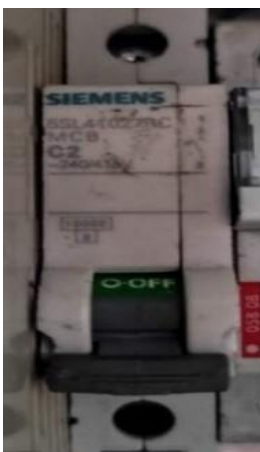


Breaker.

Es un interruptor termomagnético el cual nos ayudará a proteger nuestros dispositivos tanto de control como nuestro controlador de posibles sobrecargas o cortocircuitos, en este caso se utilizará dos breakers de 2(A), con la finalidad de evitar posibles daños a los equipos y riesgos de incendios, como se puede observar en la figura 3.

Figura 3

Breakers Siemens 2(A).



Pulsador paro de emergencia.

El pulsador de paro de emergencia es un componente fundamental en los procesos de automatización, ya que permite detener el sistema de forma inmediata ante cualquier

anomalía o situación peligrosa. Su función es garantizar la seguridad del operador y del equipo. En esta ocasión, se emplea un pulsador de tipo hongo con un diámetro de 22 mm, ideal para una rápida identificación y fácil accionamiento en caso de emergencia, como se puede observar en la figura 4.

Figura 4

Pulsador de emergencia(Ø22).



Pulsadores.

Se utilizarán pulsadores como elementos de mando para ejecutar las funciones de inicio, paro y simulación de sensor dentro del sistema. Estos dispositivos cuentan con contactos normalmente abiertos y tienen un diámetro de 22 mm, lo que permite su fácil montaje en superficies estándar y garantiza una adecuada integración en el panel de control, como se puede observar en la figura 5.

Figura 5

Pulsadores normalmente abiertos (Ø22).



Luz piloto.

Las luces piloto que se emplearán en el proyecto son de 24 voltios y tienen un diámetro de 22mm. Estas luces cumplen la función de indicar visualmente el estado del proceso de automatización, permitiendo identificar en qué etapa se encuentra el sistema o si existe alguna condición específica durante su operación, como se puede observar en la figura 6.

Figura 6

Luces piloto 24v (Ø22).



Gabinete eléctrico.

Un gabinete eléctrico es un componente que nos permite fijar y proteger los equipos eléctricos, además de facilitar la organización del cableado. También sirve para montar los diferentes dispositivos de control y accionamiento. En este caso, utilizaremos un tablero metálico de 40 x 30 cm donde se instalarán los equipos junto con su cableado correspondiente, asegurando un orden adecuado y fácil acceso para mantenimiento, como se puede observar en la figura en la figura 7.

Figura 7

Tablero metálico (40 x 30 cm).

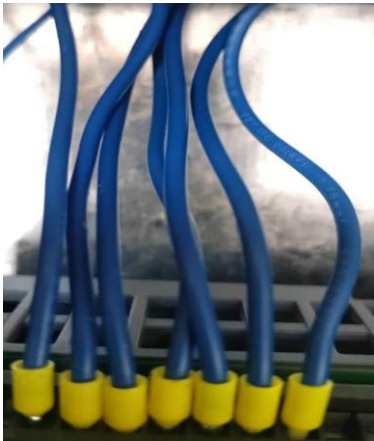


Conductor eléctrico.

Para el cableado de los elementos eléctricos del sistema, como los pulsadores y el controlador lógico programable, se utilizará cable calibre AWG 18. Este tipo de conductor es adecuado para señales de control y ofrece la flexibilidad y resistencia necesarias para una correcta instalación dentro del gabinete eléctrico, como se puede observar en la figura 8.

Figura 8

Conductor calibre AWG 18.

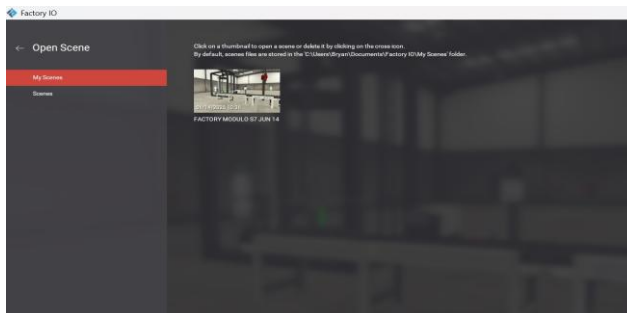


Software Factory IO

Factory IO versión 2.4.3 es una herramienta de simulación en 3D que permite recrear entornos virtuales relacionados con la automatización industrial. En este proyecto, se utilizará para representar de forma visual el funcionamiento de uno de los procesos de celulosa de cartón, así como de otros componentes del sistema, facilitando la verificación del comportamiento antes de su implementación real, como se puede observar en la figura 9.

Figura 9

Programa Factory IO versión 2.4.3.

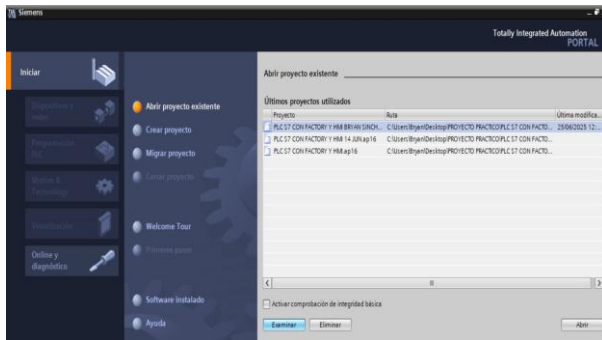


Software TIA Portal V16.

Es un software utilizado para la programación de controladores lógicos programables (PLC S7-1200), mediante este software permitirá desarrollar la programación mediante el lenguaje Ladder que será cargado a un controlador PLC, el cual tiene como finalidad manejar todo el funcionamiento automatizado de la banda dosificadora de celulosa de cartón, como se puede observar en la figura 10.

Figura 10

Entorno de programación TIA Portal V16.



2.2 Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en la simulación de una banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha, utilizando Factory IO para la visualización y simulación de procesos, y controlada mediante un PLC físico. El objetivo es crear un entorno de aprendizaje interactivo para que operarios, técnicos y estudiantes adquieran habilidades prácticas en automatización industrial, control de procesos y programación de PLC Siemens.

La simulación se realizará en Factory IO, representando la operación de la banda transportadora y sus componentes, como motores y sensores. El control se implementará con un PLC real que interactúa con la simulación permitiendo a los participantes programar y controlar la banda, ajustando parámetros y resolviendo problemas.

En resumen, esta propuesta busca ofrecer una experiencia integral que combine simulaciones, control de procesos y resolución de problemas en el campo de la automatización industrial.

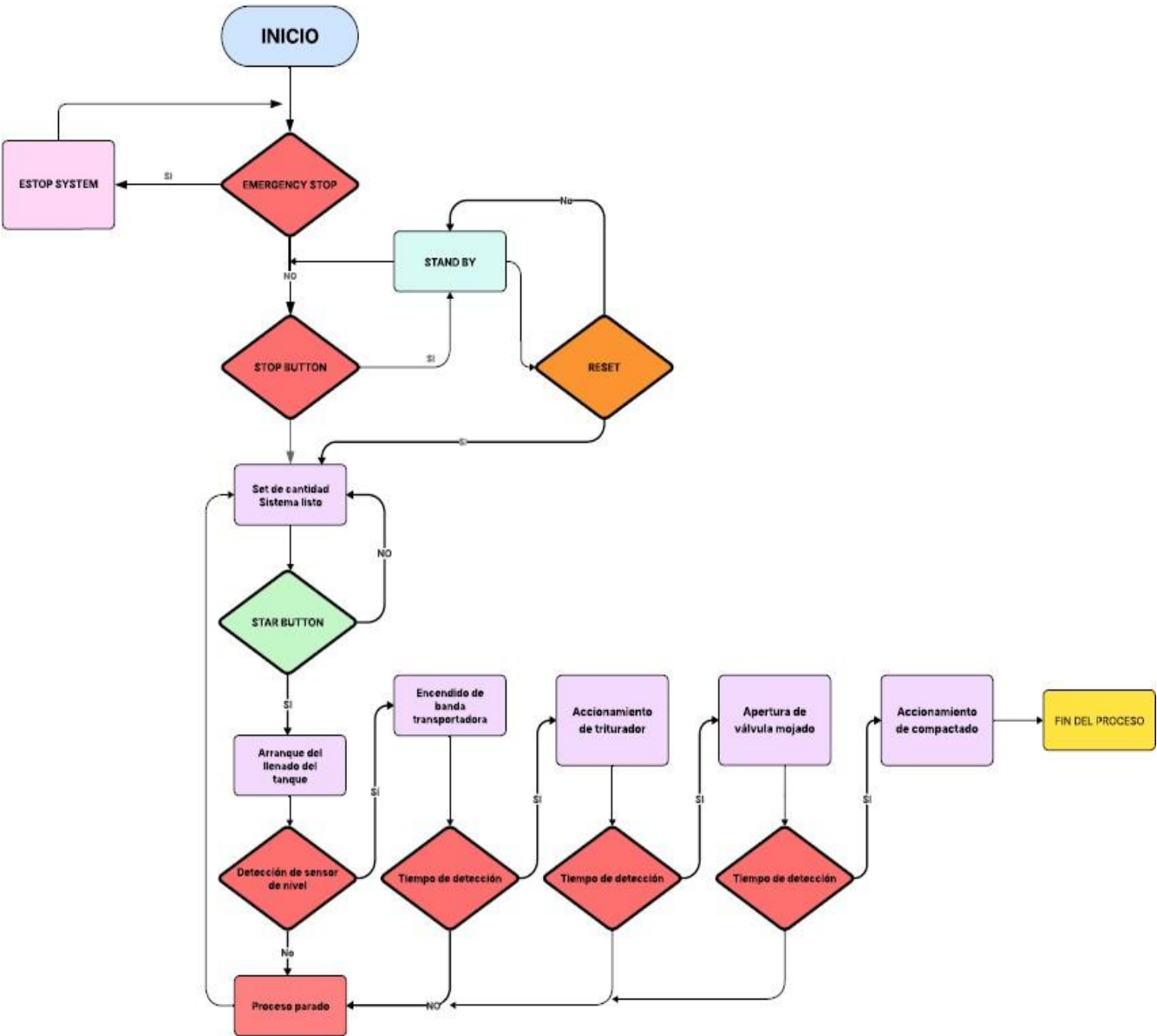
Estructura general

a. Diagrama de flujo.

Se representa en la figura 11 el diagrama de flujo del proceso de la simulación de la banda transportadora de cartón.

Figura 11

Diagrama de flujo del sistema.

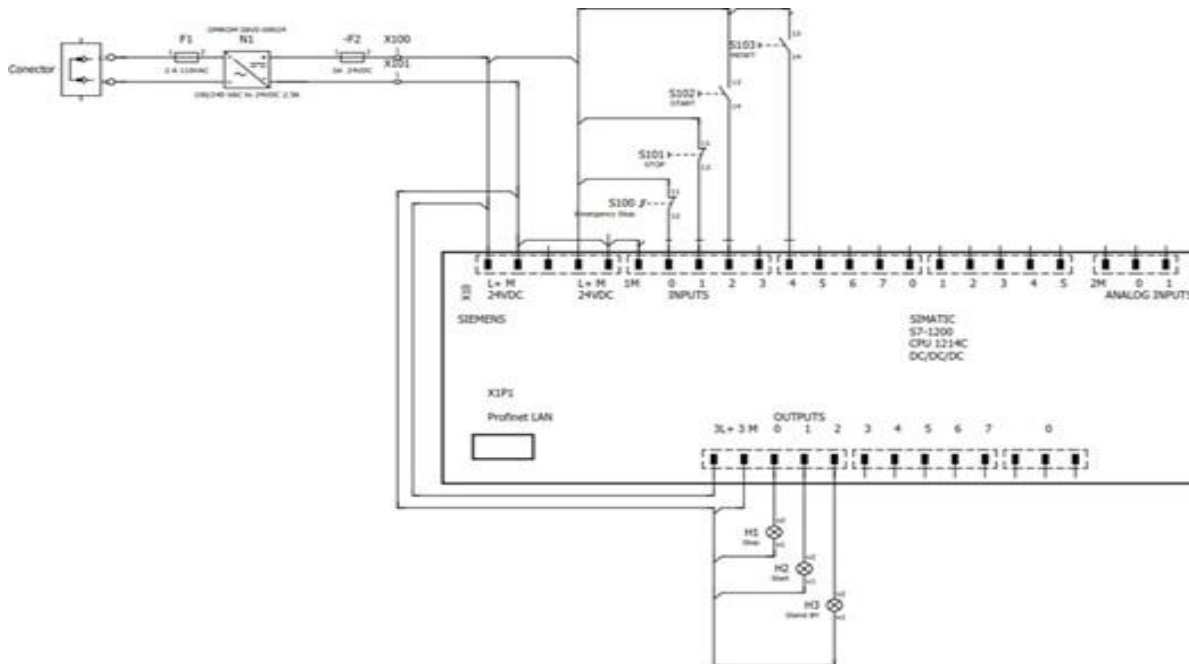


b. Diseño de diagrama eléctrico.

El diagrama eléctrico se obtuvo mediante la manipulación del software EPLAN ELECTRIC, como se representa en la figura 12.

Figura 12

Diagrama de Conexión circuito de control PLC.



c. Explicación del aporte.

La simulación de la banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha, que está desarrollada con el software Factory IO y controlada con un PLC físico, incluirá varias actividades que maximizan la interacción del usuario con el sistema. Los operadores y técnicos podrán manipular la simulación y el PLC en tiempo real, ajustando parámetros como la velocidad de la cinta y la detección de fallos. La interacción en este contexto sigue siendo el componente más crítico, porque permite un aprendizaje práctico y dinámico, ofreciendo una experiencia realista en un entorno controlado. Los participantes podrán observar de primera mano lo que significan sus decisiones, fortaleciendo su comprensión de los procesos industriales y la automatización.

Se utilizarán numerosos recursos para ayudar en la capacitación de los operadores que manejan este sistema. Para simular el funcionamiento de la banda transportadora y su equipo, Factory IO actuará como la plataforma principal. El PLC, como el modelo de Siemens, permitirá a los participantes programar secuencias y gestionar maquinaria utilizando el lenguaje Ladder,

ayudándoles a solidificar su comprensión de la programación y el control industrial. Además, se integrará una HMI (Interfaz Hombre-Máquina) para ayudar a monitorear el proceso y realizar ajustes en tiempo real. Esto fomenta el aprendizaje en la gestión de sistemas automatizados. Más importante aún, se incorporarán actuadores reales en la simulación, para que los usuarios tengan experiencia de primera mano en la configuración e integración de estos dispositivos en un entorno de automatización.

En las actividades de evaluación de este proyecto, el énfasis estará en ver cuán relevantes son esas técnicas para su aplicación en condiciones reales de trabajo. Se propondrán evaluaciones basadas en la capacidad de los participantes para programar el PLC, configurar el HMI y ajustar los parámetros de la simulación de la banda transportadora. Serán calificados en la aplicación para resolver problemas, por ejemplo, arreglando fallos del sistema u optimizando la velocidad de la cinta para mejorar la eficiencia del proceso de producción. El examen también incluirá prácticas para diagnosticar fallos del sistema y proponer soluciones correctas para que esto suceda, y pruebas de simulación para configurar y controlar el sistema de manera independiente por parte de los estudiantes. Así, no solo permitirá evaluar el conocimiento técnico, sino también la capacidad de aplicar ese conocimiento de manera práctica.

Para el desarrollo del conocimiento entre estudiantes y operadores, se diseñaron y desarrollaron actividades prácticas y teóricas de manera complementaria. Primero, desarrollamos simulaciones en el software Factory IO, donde los participantes pudieron presenciar y analizar el comportamiento de la banda transportadora y sus componentes en tiempo real, lo que les permitió comprender cómo opera el sistema en su totalidad. En segundo lugar, se programaron secuencias de control en un PLC físico a través del lenguaje Ladder, lo que permitió la aplicación de conceptos de automatización y el refuerzo de habilidades relacionadas con el control industrial. La HMI (Interfaz Hombre Máquina) se empleó como actividad número tres, para el monitoreo del proceso, la actualización de parámetros y asegurando que se incorporara la interacción interactiva en el proceso, así como la verificación de la interactividad necesaria para tener el concepto de gestión del sistema de automatización. Finalmente, se aplicaron sensores y actuadores reales para la simulación, lo que presentó experiencias reales de instalación, configuración y operación de dispositivos en un entorno automatizado, lo que tiene el beneficio adicional de consolidar el aprendizaje teórico y práctico juntos.

d. Estrategias y/o técnicas.

La construcción del producto Simulado de la Banda Transportadora de Cartón en Cartonera Pichincha con Factory IO, controlado por PLC Logo físico para el proceso de celulosa, involucra varias estrategias y técnicas en su desarrollo, que incluyen aspectos tanto de simulación como de control de procesos. A continuación, se detallan las principales estrategias y técnicas empleadas en la construcción de este sistema:

1. Modelado de la banda transportadora en Factory IO, con sensores y estaciones de procesamiento, para simular el movimiento del cartón y las dinámicas de la producción.
2. Integración con el PLC físico, utilizando comunicación Modbus TCP/IP para controlar entradas y salidas, como motores y sensores, y gestionar el flujo del cartón en tiempo real.
3. Programación en lenguaje Ladder para diseñar secuencias de control que regulen la velocidad de la banda, la detección de presencia de cartón y la respuesta ante fallos.
4. Implementación de una HMI para monitorear y ajustar parámetros como la velocidad de la banda, detectar fallos y optimizar el proceso.
5. Simulación de procesos de celulosa, incluyendo el apilado, corte y prensado del cartón, ajustando las operaciones a las necesidades del proceso productivo.
6. Medidas de seguridad, como paros de emergencia y diagnósticos de fallos, para asegurar la fiabilidad y el mantenimiento predictivo del sistema.

Las herramientas tecnológicas empleadas en la simulación y control del proceso de la banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha son fundamentales para garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y preciso del sistema. A continuación, se describen las herramientas clave y las razones de su elección:

Factory IO.

- **¿Qué es?** Factory IO es una plataforma de simulación industrial que permite crear modelos virtuales de sistemas automatizados, utilizando componentes físicos simulados como bandas transportadoras, sensores, y actuadores.
- **¿Por qué se emplea?** Se utiliza debido a su capacidad para representar de manera realista los sistemas industriales en un entorno seguro y controlado, donde se pueden probar diversas condiciones operativas sin riesgo para el equipo físico. Con Factory IO,

se puede simular el comportamiento de la banda transportadora, las estaciones de procesamiento (corte, prensado, apilado), y ajustar dinámicamente el sistema según las condiciones del proceso. Además, permite integrar las señales de sensores y actuadores que interactúan con el PLC, facilitando la verificación de todo el sistema antes de la implementación real.

PLC Físico (Controlador Lógico Programable).

- **¿Qué es?** Un **PLC físico** es un dispositivo de control industrial que automatiza procesos mediante programación. Se utiliza para gestionar entradas (sensores) y salidas (actuadores) de una máquina o sistema.
- **¿Por qué se emplea?** El PLC es la base del control del sistema de automatización. Se elige porque proporciona un control preciso y confiable sobre el proceso de la banda transportadora, permitiendo realizar tareas como el encendido y apagado de motores, la detección de presencia de cartón en la banda, y el control de la velocidad de la banda. Los PLC son robustos, adecuados para entornos industriales, y se integran fácilmente con otros dispositivos, como sensores y actuadores.

Modbus TCP/IP.

- **¿Qué es?** **Modbus TCP/IP** es un protocolo de comunicación estándar que permite la transferencia de datos entre dispositivos industriales (como PLCs, sensores y actuadores) a través de redes Ethernet.
- **¿Por qué se emplea?** Este protocolo se emplea porque es ampliamente utilizado y reconocido en la automatización industrial por su fiabilidad, simplicidad y facilidad de implementación. Permite que el PLC físico y el software de simulación (Factory IO) se comuniquen en tiempo real, transmitiendo señales de control y monitoreo entre ambos sistemas. Usar Modbus TCP/IP también facilita la interoperabilidad entre diferentes dispositivos de fabricantes distintos.

Lenguaje Ladder (LAD).

- **¿Qué es?** **Ladder** es un lenguaje gráfico utilizado para programar PLC. Está basado en diagramas similares a circuitos eléctricos, con contactos (entradas) y bobinas (salidas).
- **¿Por qué se emplea?** Se utiliza porque es el estándar más común en la programación de PLC. Ladder es fácil de comprender, incluso para los operarios y técnicos de mantenimiento, ya que su estructura visual simula circuitos eléctricos tradicionales.

Con este lenguaje, se pueden programar las secuencias de control de manera eficiente, como la detección de cartón, el control de velocidad de la banda y la gestión de fallos o paros de emergencia.

Sensores y Actuadores.

- **¿Qué son?** Los **sensores** detectan la presencia, posición o estado de los objetos en el proceso (como el cartón en la banda), mientras que los **actuadores** son los dispositivos que ejecutan acciones físicas, como mover la banda transportadora o activar un cilindro neumático.
- **¿Por qué se emplean?** Los sensores permiten al PLC obtener información precisa sobre el estado de la producción (por ejemplo, si hay cartón en la banda), mientras que los actuadores realizan las acciones necesarias, como mover la banda o empujar el cartón a una estación de proceso. Estos dispositivos son cruciales para la automatización y el control preciso del proceso de producción.

2.3 Validación de la propuesta.

Tabla 1

Descripción de perfiles de validadores.

Nombre y Apellido	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Pablo Basantes	17	Ing. Electrónica	Supervisor de operaciones de mantenimiento.
Alex Caisaguano	12	Ing. Eléctrico	Coordinador de Proyectos ingeniería (Empresa Privada)
Diego Calahorrano	10	Ing. Electrónica y Automatización	Técnico con Especialización en Control Industrial (Cartonera Pichincha).

Tabla 2

Criterios de evaluación Pablo Basantes.

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y RESPONSABILIDAD					
CRITERIOS	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					x
Pertinencia					X

El primer especialista consideró que la utilización de las herramientas para realizar un simulado de un proceso como lo es la producción de celulosa de cartón aporta de un modo positivo ya que los programas tanto como Factory IO y TIA Portal son de fácil interacción, logrando de esta forma un impacto positivo que tiene el simular un proceso antes de su implementación, asegurando que la automatización de este proceso ayudará significativamente en la producción, también destacó la calidad del proyecto por su presentación.

Tabla 3

Criterios de evaluación Alex Caisaguano.

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y RESPONSABILIDAD					
CRITERIOS	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

El segundo especialista dio a conocer que la propuesta del proyecto presentado tiene beneficios positivos. Manifestando que el proyecto de la automatización del proceso de celulosa de cartón es completamente efectivo, ya que con ello podrán mejorar demanda y tiempos de producción, también señaló la calidad técnica para solventar este tipo de problemáticas de automatización mediante una simulación previa.

Tabla 4

Criterios de evaluación Diego Calahorrano.

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y RESPONSABILIDAD					
CRITERIOS	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

El tercer especialista destacó el impacto que dará el proyecto a implementar en la empresa Cartonera Pichincha mediante la automatización del proceso de celulosa de cartón, la aplicabilidad del proyecto de simulación tiene grandes ventajas las cuales ayudan significativamente en la búsqueda de una mejora en la productividad, también mencionó que la pertinencia se justifica en la necesidad de optimizar el proceso interno de materia prima, de esta manera mencionó que el proyecto se ajusta a la necesidad directa de la empresa y se alinea a los parámetros de modernización y competitividad industrial.

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente tabla 5 matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla 5

Matriz de articulación.

Ejes o partes principales del proyecto		Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Contextualizar los fundamentos teóricos sobre el funcionamiento virtual de un sistema dosificador de celulosa de cartón.	- Tomas de decisiones en base a funcionalidades y beneficios	- Automatización industrial - Control de procesos - Programación de PLC - Simulación virtual en Factory IO - Implementación física de equipos eléctricos.	Se aplicaron metodologías de investigación, simulación y pruebas experimentales, utilizando PLC Siemens, sensores, actuadores y tablero de control, junto con TIA Portal, Factory IO y HMI para programar, simular y supervisar el sistema en tiempo real.
2	Diagnosticar los elementos del sistema de control para realizar el tablero físico de la automatización de la dosificadora de celulosa de cartón.	- Revisión de licencia de los softwares a utilizar para validar su correcto funcionamiento. - Identificar los elementos de control a implementar.	- Principios de automatización automática - Principios de Controladores Lógicos Programables - Componentes eléctricos y de protección - Metodología de diseño y construcción de tableros de control	- Revisión de normativas - Análisis de manuales - Diagnóstico técnico - Clasificación de elementos - Metodologías de diseño de tableros eléctricos - Pruebas de simulación y verificación

3	Diseñar la simulación en Factory IO y la programación del PLC del sistema con la finalidad de representar su funcionamiento automatizado.	- Realización del diagrama esquemático del circuito de control eléctrico. - Instalación del software de simulación Factory IO. - Instalación del software de programación de microcontrolador Tía Portal. - Dimensionamiento de pulsadores en el tablero de control físico.	- Programación de microcontrolador PLC S7-1200 - Aplicación de diseño del circuito eléctrico en (EPLAN Electric).	- Metodología de diseño y simulación de procesos. - Metodologías de programación - Metodología de diseño eléctrico - Factory IO - TIA Portal - EPLAN Electric - Pulsadores y elementos físicos del tablero - Integración software-hardware
4	Desarrollar la programación en TIA Portal para la interacción del PLC Siemens con el software Factory IO.	- Instalación de elementos de control y PLC en el tablero físico. - Creación de ambiente en el software Factory IO. - Programación de microcontrolador PLC s7-1200 en el software Tía Portal.	- Cableado de control - Instalaciones eléctricas industriales - Protocolo de comunicación	- Programación - Instalación eléctrica - integración software-hardware
5	Validar resultados de la aplicación mediante pruebas de funcionamiento.	- Probar la conexión del software Tía portal con PLC S7-1200 - Ratificar la compatibilidad entre los softwares Tía Portal y Factory IO para una correcta simulación. - Comprobar funcionalidad de HMI - Comprobar funcionalidad de pulsadores	- Automatización industrial y control de procesos - Control lógico programable (PLC) - Simulación virtual (Factory IO) - Interfaz hombre-máquina (HMI) y elementos de control - Pruebas de funcionamiento	- Metodología de pruebas y validación - Automatización industrial - Simulación virtual 3D - Interfaces hombre-máquina (HMI) y pulsadores - Equipos de prueba y medición eléctrica

2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Los resultados obtenidos tras la investigación se presentan y parte desde el análisis de la simulación de la banda transportadora de cartón en la empresa Cartonera Pichincha, realidad mediante la utilización del software Factory IO y complementada con el control físico a través del PLC S7-1200. Para justificar los resultados se adjunta una tabla que cuenta con los registros de datos representativos, como son los tiempos de operación, eficiencia del sistema, secuencia de funcionamiento y recursos visuales. Los componentes facilitaron constatar el manejo y el comportamiento del sistema automatizado frente a los criterios de diseño establecidos, dando a conocer la viabilidad técnica y confiabilidad del proceso. Cómo se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6

Resultados de la simulación en Factory IO con control físico por PLC.

Parámetro evaluado	Mínimo	Máximo	Observaciones
Tiempo de operación	118	122	El tiempo de ciclo se mantuvo estable, con variaciones mínimas entre prueba
Eficiencia del sistema (%)	92,8	94,2	El sistema superó el valor de referencia ($\geq 90\%$), garantizando confiabilidad
Secuencia de funcionamiento	100%	100%	La programación en TIA Portal permite verificar la lógica de operación sin interrupciones.
Recurso visual	-	Validación en Factory IO y TIA Portal	La visualización en tiempo real facilitó el análisis del proceso simulado.

Los resultados obtenidos tienen relación directa con la problemática de investigación, ya que la automatización de la banda transportadora en Cartonera Pichincha tiene como finalidad optimizar la manipulación de celulosa de cartón mediante una automatización eficiente y segura. La simulación ejecutada por Factory IO, acompañada de una programación en el controlador (PLC), permitió dar a conocer una mejora importante el alcance de los objetivos. Esta solución se solventa a través de modelos teóricos de los sistemas de control automatizado, que establece la conexión entre sensores, actuadores, controladores con el fin de garantizar un óptimo funcionamiento estable y confiable, también se confirma la aplicación de principios de la teoría de la automatización industrial, en donde la realimentación y la lógica programada permiten alcanzar los objetivos de eficiencia, continuidad y seguridad del proceso.

Los resultados obtenidos de la simulación dan a conocer que el sistema automatizado de la banda transportadora de celulosa de cartón controlado por PLC cumple con los objetivos planteados dando una mejor precisión y eficiencia al transporte de celulosa de cartón. Estos hallazgos comparados con los antecedentes revisados permiten conocer la coherencia de la investigación previa, entre ellas destacan la simulación en Factory IO y la realización de la programación en TIA Portal como herramientas efectivas para modelar procesos industriales.

Conclusiones.

- El análisis teórico del sistema dosificador de celulosa de cartón permitió comprender los principios de automatización y simulación, mostrando que la virtualización facilita optimizar el proceso y brinda una base segura y eficiente para su futura aplicación en la industria.
- El diagnóstico de los elementos que conforman el sistema de control permitió identificar de manera precisa los componentes necesarios y sus funciones dentro del proceso, lo que aseguró una selección adecuada de dispositivos y una integración correcta en el tablero físico. Con ello se garantizó que la automatización de la dosificadora de celulosa de cartón sea viable, segura y alineada a los requerimientos operativos de la industria.
- El diseño de la simulación en Factory IO, junto con la programación del PLC, permitió representar de manera clara y funcional el proceso automatizado del sistema dosificador de celulosa de cartón. Esta integración evidenció la coherencia entre el modelo virtual y la lógica de control, asegurando un funcionamiento eficiente y brindando una herramienta útil para validar y optimizar el proceso antes de su implementación física.
- El desarrollo de la programación en TIA Portal permitió establecer una correcta interacción entre el PLC Siemens y el software Factory IO, logrando una comunicación efectiva que garantiza la sincronización del proceso simulado con el control lógico programado. Este resultado demostró la solidez de la propuesta de automatización y confirmó la funcionalidad del sistema dosificador en un entorno virtual antes de su implementación física.
- La validación de resultados a través de pruebas de funcionamiento permitió comprobar la eficiencia y confiabilidad del sistema, evidenciando que la automatización cumple con los parámetros establecidos y responde adecuadamente a las condiciones del proceso. Con ello se confirmó la correcta aplicación del diseño y su factibilidad para ser implementado en la dosificadora de celulosa de cartón.

Recomendaciones.

- Profundizar en el estudio de nuevas tecnologías de simulación y control aplicadas a procesos industriales, con el fin de mantener actualizado el sistema y mejorar su eficiencia en futuros desarrollos.
- Estandarizar la selección de componentes y mantener una documentación técnica detallada del tablero físico, lo que facilitará su mantenimiento, escalabilidad y posibles mejoras en la automatización.
- Continuar implementando simulaciones en diferentes escenarios operativos, lo que permitirá prever fallas, optimizar recursos y adaptar la programación a nuevas condiciones de producción.
- Ampliar la programación incorporando rutinas de seguridad y funciones avanzadas de diagnóstico, asegurando una comunicación más robusta y una respuesta confiable en situaciones reales.
- Realizar pruebas periódicas en condiciones variables de operación, con el objetivo de garantizar la estabilidad del sistema y generar datos que respalden futuras mejoras o ajustes en la automatización.

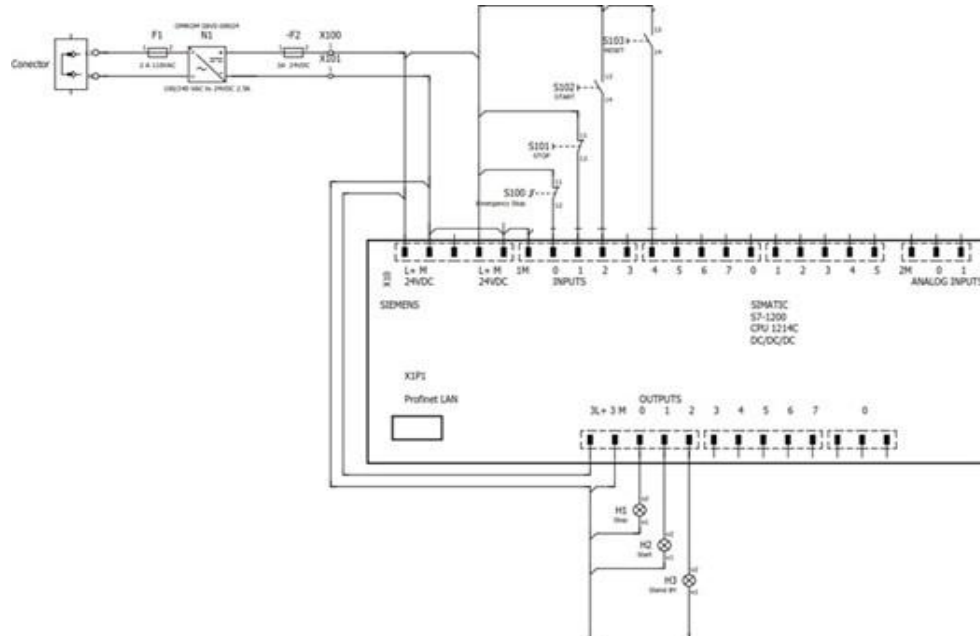
Bibliografía.

- Camacho, R. W. (Enero de 2024). *Univercidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de Univercidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27721/1/UPS-GT005217.pdf>
- Díaz, H. (Julio de 2025). Automatización de un proceso industrial virtual de banda transportadora utilizando factory i/o y tia portal. *Automatización de un proceso industrial virtual de banda transportadora utilizando factory i/o y tia portal*, pág. 141.
- Fernández, O. (Julio de 2024). *Univesidad Politécnica de València*. Obtenido de Univesidad Politécnica de València:
<https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/7ef1e738-6338-4977-9c97-7aee8f021da2/content>
- Huaman, H. L. (Octubre de 2023). *Universidad Nacional del centro de Perú*. Obtenido de Universidad Nacional del centro de Perú:
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/11314/T010_73264427_T.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Anexos.

Anexo 1.

Diagrama eléctrico de conexión de plc.



Anexo 2.

Tablero físico control.



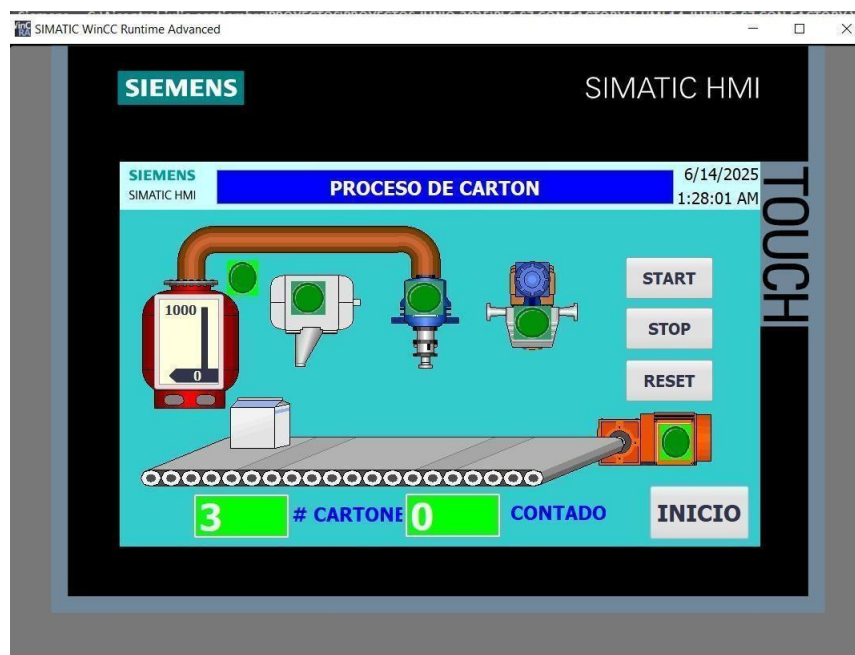
Anexo 3.

Conexionado de PLC.



Anexo 4.

Visualización del proceso en el hmi.



Anexo 5.

Certificado de aceptación de proyecto a implementar.



CARTONERA PICHINCHA

Supervisor de Operaciones de Mantenimiento

Quito, 29 de agosto de 2025

CARTA DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO

Por medio de la presente, yo, **Ing. Pablo Fernando Basantes Quintana**, en calidad de Supervisor de Operaciones de Mantenimiento de Cartonera Pichincha, hago constar que la empresa Cartonera Pichincha acepta la propuesta del proyecto presentado por el **Ing. Bryan Vincio Sinchi Quinte**, portador de la cédula de ciudadanía **N.º 172362661-8**, titulado:

"Simulación de la automatización de la banda transportadora de cartón en Cartonera Pichincha mediante Factory IO y control físico por PLC".

El proyecto será implementado en nuestras instalaciones, con el propósito de contribuir a la mejora continua de los procesos de automatización industrial y fortalecer el área de mantenimiento y operaciones.

Con esta aceptación, la empresa se compromete a brindar las facilidades necesarias para el desarrollo del proyecto en el marco de las normas internas y bajo la supervisión correspondiente.

Atentamente,

Ing. Pablo Basantes

Supervisor de Operaciones de Mantenimiento

Cartonera Pichincha

Anexo 6.

Link de video demostrativo.

<https://www.youtube.com/watch?v=6uWWOp7BWAo&t=16s>