

**PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN EN DOS FASES DE PRODUCCIÓN EN LA
EMPRESA EL GRAN DIAMANTE**

**Juan Camilo Acuña Pinzón
Daniel Alejandro Briceño Arias**

**DIRECTOR:
PhD. M.Sc. Esp. Ing. Luis Fredy Sosa Quintero**

**CODIRECTOR:
M.Sc. Ing. Carlos Alberto Cardona Coy**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
TUNJA – BOYACÁ
2024**

EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDADES.

El contenido de esta tesis es responsabilidad exclusiva de los autores. La Universidad Santo Tomás Seccional Tunja no se hace responsable por el uso que pueda hacerse de la información aquí contenida, los conceptos desarrollados, análisis realizados y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Asimismo, los autores declaran que los datos y la información presentados en este proyecto de grado son originales, no han sido falsificados, ni duplicados, y manifiesta que las interpretaciones y conclusiones expresadas son de su autoría. Cualquier error u omisión es de responsabilidad exclusiva de los autores.

ACEPTACIÓN.

Firma Director

Firma Jurado 1

Firma Codirector

Firma Jurado 2

DEDICATORIA.

Este proyecto de grado representa la culminación de años de esfuerzo, dedicación, traspaso y perseverancia. Sin embargo, quien me conoce sabe el porqué de las anteriores palabras, pero no habría sido posible alcanzar esta meta sin el apoyo incondicional y el aliento constante de personas muy especiales en mi vida. Es por ello que deseo dedicar este logro, fruto de tantos sacrificios y desvelos, a aquellos seres queridos que siempre creyeron en mí y me motivaron a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. A mi madre, Luz Mary Pinzón, por ser mi mayor inspiración y brindarme su amor infinito en cada paso del camino. A mi padre, Lubier Acuña, por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia. A mis hermanos, Laura y Juan Sebastián Acuña, por su complicidad y por ser mi motivación para superarme cada día. Y de manera muy especial, a mi tío, amigo, confidente, compañero de aventuras, Giovani Pinzón, por guiarme incansablemente en este recorrido, por compartir sus conocimientos y por creer en mí en todo momento, incluso cuando yo dudaba.

Juan Camilo Acuña Pinzón.

Este proyecto lo dedico con todo mi amor y gratitud a toda mi familia tanto Briceño como Arias, en especial a mis padres Franklin Briceño y Floralba Arias por siempre apoyarme, motivarme y enseñarme a nunca rendirme. A mis hermanos y sobrino por siempre confiar en mí, y por ser los que siempre me impulsan a seguir adelante. A todos mis abuelos por llenarme día a día de consejos y experiencias para nunca rendirme. A mis Tíos y mi Padrino Darío, que de alguna manera fueron importantes y les debo la persona que soy hoy en día. Y por último a Dios que me brindó Salud y Sabiduría para poder concluir esta etapa de mi vida.

Daniel Alejandro Briceño Arias.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más sincera gratitud a la Universidad Santo Tomás, alma mater que me formó como profesional y me inculcó valores humanísticos. A mis estimados directores de proyecto, Luis Fredy Sosa y Carlos Alberto Cardona, por su invaluable guía, consejos correcciones y aportes que enriquecieron este trabajo. Al Decano de la Facultad, William Fabián Chaparro, por brindarme su tiempo y conocimiento. A mi amigo y profesor, William Álvarez (Ing. Willy), por compartir su conocimiento, pero sobre todo por enseñarme que la ingeniería no solo se aprende de los números y las fórmulas, sino también por cuentos raros, tomadera del pelo y ejemplos concurrentes. A mis compañeros y amigos, Daniel Alejandro Briceño y Sebastián Duarte, con quienes he compartido risas y momentos inolvidables a lo largo de esta travesía. Gracias por hacer de esta experiencia algo realmente especial con su compañía y amistad. A todos aquellos que de una u otra forma estuvieron presentes durante esta etapa, brindándome su apoyo y alentándome a cruzar la meta, mi eterno agradecimiento. Este logro se convierte en un motivo de celebración por cada uno de los esfuerzos.

Juan Camilo Acuña Pinzón.

Agradezco a mis padres por su esfuerzo y dedicación para sacarme adelante. A los ingenieros Fredy Sosa y Carlos Cardona por su valioso tiempo, por sus consejos y por guiarme durante este proceso. A los ingenieros que hacen parte de la facultad de ingeniería electrónica por inculcarme el anhelo de aprender y la pasión por mi carrera. A mis compañeros por hacer de esta etapa algo más llevadero lleno de risas y aprendizajes. Y por último a la Universidad Santo Tomas por brindarme la oportunidad de formarme académicamente, por prestarme los recursos y las herramientas necesarias.

Daniel Alejandro Briceño Arias.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	10
2. PROBLEMA	11
2.1. FORMULACIÓN DE PREGUNTAS.....	11
2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	12
4. JUSTIFICACIÓN.....	12
5. OBJETIVOS.....	13
5.1. GENERAL.....	13
5.2. ESPECIFICOS.....	13
6. MARCO TEORICO.....	14
7. ESTADO DEL ARTE.....	17
8. DISEÑO METODOLOGICO.....	18
8.1. ETAPA DE ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO.....	19
8.2. ETAPA DE INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN TECNOLÓGICA.....	19
8.3. ETAPA DE ANÁLISIS DE BENEFICIOS Y VIABILIDAD.....	19
8.4. ETAPA DE DISEÑO Y SIMULACIÓN.....	19
8.5. ETAPA DE DOCUMENTACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	20
9. DESARROLLO DEL PROYECTO	20
9.1. DIAGRAMA DE PROCESOS.....	20
9.2. ETAPA DE ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO.....	21
9.3. ETAPA DE INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN TECNOLÓGICA.....	26
9.4. ETAPA DE ANÁLISIS DE BENEFICIOS Y VIABILIDAD.....	26
9.4.1. ESTUDIO DE MERCADO.....	27
9.4.2. ANALISIS DE COMPETENCIA.....	30
9.4.3. ANALISIS FINANCIERO DETALLADO.....	31
9.5. ETAPA DE DISEÑO Y SIMULACIÓN.....	32

9.5.1 DISEÑO PRELIMINAR EN 3D DE LA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN.	32
9.5.2. SIMULACIÓN VIRTUAL AUTOMATIZADA EN EL SOFTWARE FACTORY Y SU RESPECTIVA PROGRAMACIÓN EN I/O.	36
9.5.3. ELABORACIÓN DE DIAGRAMA GRAFCET DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN.	45
9.5.4. CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES MEDIANTE UNA HERRAMIENTA OFIMÁTICA.	47
9.5.5. PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE LADDER.	49
10. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	54
11. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.	55
12. REFERENCIAS	56

LISTA DE TABLAS.

TABLA 1. DATO HISTÓRICO DE VENTAS AÑO 2021.	27
TABLA 2. DATO HISTÓRICO DE VENTAS AÑO 2022.	28
TABLA 3. DATO HISTÓRICO DE VENTAS AÑO 2023.	28
TABLA 4. PRESUPUESTO FINANCIERO.	31
TABLA 5. COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO DEL HERPO	32

LISTA DE ILUSTRACIONES.

ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA DE ETAPAS	15
ILUSTRACIÓN 2. DIAGRAMA DE PROCESOS.	21
ILUSTRACIÓN 3. MEZCLA.	23
ILUSTRACIÓN 4. ELABORACIÓN CASCO.	23
ILUSTRACIÓN 5. HERPO.	25
ILUSTRACIÓN 6. EMBOLSADO HERPO.	25
ILUSTRACIÓN 7. COMPORTAMIENTO ANUAL DE MERCADO.	29
ILUSTRACIÓN 8. COMPORTAMIENTO FUTURO DEL MERCADO.	30
ILUSTRACIÓN 9. ANÁLISIS DE PARTICIPACIÓN DE LA COMPETENCIA.	30
ILUSTRACIÓN 10. DISEÑO PRELIMINAR ETAPA 1.	33
ILUSTRACIÓN 11. DISEÑO PRELIMINAR AUTOMATIZADO ETAPA 2.	34
ILUSTRACIÓN 12. DOSIFICADO JALEA Y AREQUIPE	35
ILUSTRACIÓN 13. TRANSPORTE CAJAS.	35
ILUSTRACIÓN 14. DISEÑO PRELIMINAR ETAPA 4.	36

ILUSTRACIÓN 15. MONTAJE FINAL PALETIZADORA.....	37
ILUSTRACIÓN 16. GABINETE DE CONTROL.....	38
ILUSTRACIÓN 17. BANDA PRINCIPAL CON CONTEO DE CAJAS.....	39
ILUSTRACIÓN 18. PISTONES PALETIZADORA.....	39
ILUSTRACIÓN 19. TRASLADO FINAL.....	40
ILUSTRACIÓN 20. PROGRAMACIÓN PRIMERA PARTE.....	41
ILUSTRACIÓN 21. PROGRAMACIÓN SEGUNDA PARTE.....	41
ILUSTRACIÓN 22. SIMULACIÓN ETAPA 3.....	42
ILUSTRACIÓN 23. ADICIÓN DEL PRODUCTO.....	43
ILUSTRACIÓN 24. PROGRAMACIÓN TERCERA ETAPA PARTE 1.....	43
ILUSTRACIÓN 25. PROGRAMACIÓN TERCERA ETAPA PARTE 2.....	44
ILUSTRACIÓN 26. GRAFCET ETAPA 3.....	45
ILUSTRACIÓN 27. GRAFCET ETAPA 4 PARTE 1.....	46
ILUSTRACIÓN 28. GRAFCET ETAPA 4 PARTE 2.....	47
ILUSTRACIÓN 29. CARACTERIZACIÓN ETAPA 3.....	48
ILUSTRACIÓN 30. CARACTERIZACIÓN ETAPA 4.....	49
ILUSTRACIÓN 31. PROGRAMACIÓN DE LAS ETAPAS DEL DOSIFICADOR.....	50
ILUSTRACIÓN 32. LECTURA DE SENSORES.....	50
ILUSTRACIÓN 33. ETAPA DE PARADA.....	50
ILUSTRACIÓN 34. ETAPA DE REARME.....	51
ILUSTRACIÓN 35. PROGRAMACIÓN DE LAS ETAPAS DEL PALETIZADOR.....	51
ILUSTRACIÓN 36. LECTURA DE SENSORES.....	52
ILUSTRACIÓN 37. CONTADOR DE 3 CAJAS.....	52
ILUSTRACIÓN 38. CONTADOR 9 CAJAS.....	53
ILUSTRACIÓN 39. ACTUADORES.....	53

RESUMEN

En este proyecto, nos enfocaremos en el diseño de la automatización de dos etapas cruciales en el proceso de producción de herpos en la fábrica "el gran diamante": la dosificación de la jalea y el arequipe, y el empaquetado del producto final.

Para la dosificación de la jalea y el arequipe, se implementará un sistema automatizado que empleará dosificadoras volumétricas o por peso, controladas por PLC (controlador lógico programable). Estas dosificadoras estarán sincronizadas con la línea de producción para inyectar con precisión la cantidad adecuada de relleno en cada casco de herpo. Se utilizarán sensores de proximidad para detectar la posición de los cascos y activar las dosificadoras en el momento preciso.

En la etapa de empaquetado final, los herpos rellenos ingresarán a un túnel termo encogible, donde se envolverán con una película plástica calentada llamada polipropileno para generar un empaque ajustado. Posteriormente, los paquetes pasarán por una selladora automática que cerrará herméticamente el empaque, preservando la frescura y calidad del producto.

En la etapa de empaquetado, se diseñará una línea automatizada que empleará bandas transportadoras para el desplazamiento de las cajas con los herpos. Se utilizarán sensores de proximidad para detectar la posición de los productos y pistones neumáticos o actuadores lineales para acomodarlos en las estibas como producto final.

El diseño de esta propuesta de automatización permitirá a la fábrica optimizar su proceso, incrementando la eficiencia, mejorando la consistencia y la calidad del producto final, adaptándose de manera flexible a las fluctuaciones de la demanda.

1. INTRODUCCIÓN

La fábrica de Herpos y Bocadillos el Gran Diamante, fundada en 1995, por Franklin Briceño en el municipio de Moniquirá, Boyacá, destaca por su compromiso con la excelencia en la producción de bocadillo y arequipe, rescatando recetas ancestrales y manteniendo altos estándares de calidad. Desde sus inicios, se ha distinguido por la cuidadosa selección de materias primas y la meticulosa elaboración de sus productos. Además de su enfoque en la calidad, la fábrica también promueve la responsabilidad social y prácticas sostenibles, contribuyendo al desarrollo local y el bienestar de sus trabajadores. Su dedicación ha llevado su reputación más allá de las fronteras, convirtiéndola en un referente de autenticidad y calidad en la industria gastronómica a nivel local, regional y espera serlo a nivel nacional.

En el transcurso de casi tres décadas en la búsqueda incesante de la excelencia, emerge un nuevo paradigma a explorar: la automatización. Herpos y Bocadillos el Gran Diamante se erige como un testamento vivo del fervor por la gastronomía, una narrativa de triunfo labrada con dedicación y ferviente pasión. La automatización, dotada de un potencial transformador para elevar la eficiencia y la productividad, se vislumbra como la próxima fase en esta travesía hacia la excelencia. Constituye el instrumento propicio que habilitará a la fábrica de Herpos para perpetuar su legado, proyectando lo mejor de Boyacá al escenario mundial con una calidad insuperable y una fidelidad inquebrantable hacia la tradición. Es el medio para, asegurando así la perdurabilidad de su legado para las venideras generaciones.

En el presente documento, se desarrollará un estudio de prefactibilidad técnica y diseño automatizado para la fábrica El Gran Diamante, con el objetivo de evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar procesos automatizados en su línea de producción. Se analizarán diferentes alternativas tecnológicas y se presentarán propuestas de diseño que permitan mejorar la eficiencia, calidad y sostenibilidad de la empresa, preservando su compromiso con la tradición y la excelencia.

2. PROBLEMA

En la actualidad esta empresa soporta su producción en la combinación de métodos manuales y mecánicos, lo que han llevado a tener una limitada eficiencia y eficacia. Además de presentar variabilidad en la calidad de los productos y teniendo que enfrentar diferentes desafíos que se pueden sintetizar en altos costos productivos, dificultades en la mano de obra calificada que presenta una rotación. Así mismo enfrenta dificultades en la posibilidad de incrementar su producción de acuerdo con la creciente demanda de la región y el interés colectivo que genera los productos producidos en la fábrica de Herpos y Bocadillos el Gran Diamante.

2.1. FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

1. ¿Cómo influye la combinación de métodos manuales, artesanales y mecánicos en la eficiencia y productividad de cada etapa del proceso de producción de herpos?
2. ¿Cuáles son los riesgos específicos para la seguridad laboral asociados con los métodos de producción actuales, y cómo podrían mitigarse con la automatización?
3. ¿Cuál sería el impacto potencial de la automatización en la competitividad y posición en el mercado de la fábrica de herpos frente a otros fabricantes de productos similares?
4. ¿Es posible emplear técnicas de retrofitting en la fábrica de Herpos y Bocadillos el Gran Diamante?

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La fábrica de herpos enfrenta actualmente desafíos significativos en su proceso de producción, caracterizado por la combinación de métodos manuales, artesanales y mecánicos. Esta diversidad de métodos ha generado limitaciones en términos de eficiencia y productividad, así como una variabilidad en la calidad del producto final. Los altos costos operativos, especialmente relacionados con la mano de obra, constituyen un problema importante que afecta la rentabilidad de la empresa. Además, la seguridad laboral se ve comprometida debido a los riesgos inherentes al entorno de trabajo, lo que representa una preocupación tanto para los trabajadores como para la gestión de la fábrica. Por último, la falta de flexibilidad para adaptarse a los cambios en la demanda del mercado representa una limitación clave que dificulta la capacidad de la fábrica para mantener su competitividad y satisfacer las necesidades de los clientes de manera oportuna.

El problema central que enfrenta la fábrica de herpos radica en la necesidad de mejorar su proceso de producción mediante la implementación de soluciones de automatización específicas. Estas soluciones deben abordar los desafíos mencionados, incluida la mejora de la eficiencia, la calidad del producto, la seguridad laboral, la reducción de costos operativos y la flexibilidad para adaptarse a cambios en el entorno empresarial. La resolución exitosa de este problema será fundamental para garantizar el futuro éxito y sostenibilidad de la fábrica de herpos en la industria gastronómica.

3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.

En este proyecto, se llevará a cabo un estudio de prefactibilidad técnica en el cual se analizará la automatización de al menos dos de los procesos involucrados en la fábrica a la cual se le realiza el estudio. Este abarcará los siguientes temas:

En primer lugar, se realizará un profundo análisis de los procesos de producción actuales de la empresa, esto implicará comprender detalladamente cada etapa, identificando áreas susceptibles de automatización y los posibles puntos de mejora. Este análisis exhaustivo permitirá tener una visión clara de los procesos existentes y sus limitaciones.

Seguidamente, se evaluarán los costos asociados con los métodos de producción actuales. Esto incluirá cuantificar los gastos en mano de obra, materias primas, mantenimiento de equipos, y cualquier otro costo relacionado. Esta evaluación será fundamental para determinar los ahorros potenciales que podrían obtenerse mediante la automatización.

Otro aspecto crucial será la investigación de las tecnologías de automatización disponibles en el mercado que podrían ser aplicables a los procesos de producción de herpos. Se estudiarán sus características técnicas, costos de adquisición e instalación, así como su compatibilidad con la operación existente. Esta exploración tecnológica permitirá identificar las soluciones más adecuadas para las necesidades de la fábrica.

Además, se identificarán y cuantificarán los beneficios potenciales que la automatización podría aportar a la empresa. Esto incluye el aumento de la eficiencia, reducción de costos operativos, mejora de la calidad del producto, y la capacidad para satisfacer una mayor demanda. La cuantificación de estos beneficios será clave para determinar la viabilidad del proyecto.

Finalmente, se llevará a cabo un estudio de mercado exhaustivo para analizar la demanda actual y futura de herpos, así como la competencia existente y las tendencias del consumidor que podrían afectar la viabilidad de la automatización. Este análisis de mercado aportará información valiosa para la toma de decisiones.

4. JUSTIFICACIÓN.

La automatización de procesos en la fábrica de herpos y bocadillos "El Gran Diamante" se justifica por su potencial para generar un impacto positivo en diversas esferas. En el ámbito social, ya que se busca

mejorar las condiciones laborales y la seguridad de los trabajadores, al minimizar su exposición a riesgos en el entorno de trabajo manual. Asimismo, se crearán nuevas oportunidades de empleo calificado para operar y mantener los sistemas automatizados, lo que contribuirá a fortalecer el legado y la tradición gastronómica de la región de Boyacá, impulsando la productividad y competitividad de esta empresa emblemática.

Desde la perspectiva económica, la automatización de procesos permitirá aumentar la eficiencia y productividad de la fábrica, lo que se traducirá en una mayor rentabilidad y competitividad. Además, se prevé una reducción de costos operativos, especialmente los relacionados con la mano de obra intensiva. La mejora en la calidad y consistencia del producto final, gracias a la automatización, puede generar una mayor demanda y expandir los mercados, representando un atractivo retorno de inversión al implementar estas tecnologías de automatización industrial.

En cuanto al ámbito medioambiental, la optimización de los procesos de producción mediante la automatización puede conducir a un uso más eficiente de los recursos y una reducción del desperdicio. Adicionalmente, se espera una menor huella de carbono al disminuir la dependencia en procesos mecanizados intensivos.

La automatización de al menos dos procesos es clave en la fábrica "El Gran Diamante" ya que se abordará la problemática planteada al mejorar la eficiencia, calidad y sostenibilidad de la empresa, preservando su compromiso con la tradición y la excelencia en la elaboración de sus productos.

5. OBJETIVOS.

5.1. GENERAL.

Realizar un estudio de prefactibilidad técnica y diseño automatizado para al menos dos de los procesos de producción de herpos en la fábrica "El Gran Diamante", abarcando la programación del sistema de control con PLC y simulación con una validación del sistema automatizado, con el fin de mejorar la eficiencia, calidad, seguridad laboral, reducir costos operativos y aumentar la flexibilidad para adaptarse a la demanda del mercado.

5.2. ESPECIFICOS.

- Analizar detalladamente los procesos de producción actuales de la fábrica, identificando áreas susceptibles de automatización y puntos de mejora, a fin de comprender las limitaciones existentes.
- Simular virtualmente los procesos automatizados, caracterizando cada una de sus funciones mediante el software FactoryIO y su lógica de programación por medio del control I/O.
- Diseñar diagramas Grafcet y simular su sistema de control automatizado utilizando el software TIA PORTAL, integrando los componentes seleccionados y programando la lógica en lenguaje Ladder.

- Contemplar los beneficios potenciales que la automatización podría aportar a la empresa, tales como aumento de eficiencia, reducción de costos, mejora de calidad y capacidad de satisfacer mayor demanda.
- Establecer un estudio de mercado para analizar la demanda actual y futura de herpos, la competencia y las tendencias de consumo que puedan afectar la viabilidad de la automatización.

6. MARCO TEORICO.

Se centra en un estudio de prefactibilidad técnica y diseño de automatización para la producción de herpos en la fábrica "El Gran Diamante", aquí se presentan algunos de los componentes electrónicos y sistemas de control que podrían ser implementados:

Su gracioso seudónimo proviene de su dueño, Hernán Poveda, quien combina las tres primeras letras de su nombre con las dos primeras de su apellido. Y tras varios ensayos de ajustar una galleta wafer con bocadillo, inicialmente, dio como resultado uno de los mejores mecatos colombianos, la mezcla con arequipe, la plusvalía necesaria para ser la reina de las “wafer” criollas. El relleno también es conocido como dulce de leche, manjar, manjar blanco o cajeta para los mexicanos (Camila,2015).

HERNAN = HER

POVEDA = PO

A continuación, se representará el diagrama de etapas de producción para la elaboración del herpo:



Ilustración 1. Diagrama de etapas

CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) son dispositivos electrónicos ampliamente utilizados en la automatización de procesos industriales y comerciales. Estos equipos permiten la supervisión y el control de distintas variables, como la temperatura, la presión, la velocidad, el nivel y la calidad, entre otras (Berríos, 2023). Los PLC se han convertido en una herramienta esencial en la optimización de la producción, la eficiencia energética y la seguridad laboral.

Esta solución tecnológica es fácil de implementar y rápida de ejecutar, lo que nos permite automatizar los procesos de nuestro proyecto con un mantenimiento mínimo y una instalación personalizada. Como se mencionó previamente, la función principal de estos sistemas computarizados es el almacenamiento de datos, los cuales son útiles para dos propósitos clave: por un lado, el control y prueba de los componentes que conforman los sistemas utilizados en la industria, y, por otro lado, la automatización de procesos industriales mediante la programación de instrucciones y operaciones específicas para cada máquina (SDI, 2023).

SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)

Los Sistemas de Control Distribuido (DCS, por sus siglas en inglés) son sistemas de control diseñados específicamente para procesos industriales complejos y de gran escala. Estos sistemas están

compuestos por una red de controladores y dispositivos de entrada/salida distribuidos por toda la planta, lo que permite una supervisión y control centralizado de los procesos.

Los DCS ofrecen una alta confiabilidad y redundancia, lo que los hace adecuados para aplicaciones críticas donde la seguridad y la disponibilidad son primordiales. Además, permiten una fácil expansión y escalabilidad, lo que facilita la integración de nuevos equipos o procesos en el futuro.

Cualquier industria necesita un monitoreo y control continuos de las operaciones en cada área. En este sentido, la implementación de un sistema DCS (Sistema de Control Distribuido) permite un seguimiento preciso de cada proceso. Es decir, la adopción de tecnologías como el DCS sirve para optimizar y mejorar todas las actividades que se llevan a cabo en los procesos, gracias a que tiene el control de las diferentes máquinas que se encuentran distribuidas por toda la planta industrial (SDI, 2023).

SENSORES INDUSTRIALES

Los sensores utilizados en la automatización industrial son dispositivos de entrada que generan una señal de salida en relación con una magnitud física específica a la que están expuestos (entrada). En otras palabras, miden y convierten una cantidad física en una señal que puede ser interpretada por un operador o un instrumento de medición. Por lo tanto, un sensor nos permite detectar y comprender fácilmente diferentes fenómenos físicos. (Aula, 2023).

Existen diversos tipos de sensores que pueden ser utilizados en la producción de herpos, como:

- Sensores de temperatura: Utilizados para monitorear y controlar la temperatura en etapas como el horneado o el enfriamiento.
- Sensores de nivel: Permiten medir y controlar los niveles de líquidos o sólidos en tanques o tolvas.
- Sensores de peso y fuerza: Utilizados para controlar y optimizar el llenado de rellenos o el corte de la masa.
- Sensores de proximidad: Detectan la presencia o ausencia de objetos, lo que puede ser útil en el control de la posición de la masa o en el envasado.
- Sensores de visión artificial: Pueden ser utilizados para inspeccionar la calidad del producto final, detectando defectos o irregularidades.

SISTEMAS DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)

Los Sistemas SCADA (Sistemas de Supervisión y Adquisición de Datos) son programas informáticos que posibilitan la supervisión, control y recopilación de datos de procesos industriales de forma instantánea. Estos sistemas recogen información proveniente de sensores y dispositivos instalados en

campo, y la muestran de manera clara y comprensible a los operadores mediante interfaces gráficas amigables (AUTEXOPEN., 2023).

En entornos de producción automatizados, los sistemas SCADA resultan esenciales, puesto que posibilitan el monitoreo remoto de los procesos, la generación de informes y el registro de datos históricos. Adicionalmente, estos sistemas facilitan la identificación temprana de fallas o desviaciones, permitiendo una intervención ágil que minimiza los tiempos de inactividad. (AUTEXOPEN, 2023).

REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Las redes industriales son estructuras de comunicación automatizada que gestionan procesos industriales que involucran actuadores, computadoras, máquinas, sensores, interfaces, radios de comunicación, fibra óptica, redes inalámbricas industriales y robots, estos transmiten y comparten datos entre sí, garantizando un funcionamiento eficiente de los procesos productivos. Cada empresa y fábrica tendrá su configuración de red industrial de acuerdo a sus necesidades (Universal Robots, 2023).

Las principales tecnologías son:

- Ethernet Industrial: Una versión robusta y determinista de Ethernet diseñada para aplicaciones industriales.
- PROFIBUS: Una red de campo ampliamente utilizada para la comunicación entre dispositivos de automatización y control.
- MODBUS: Un protocolo de comunicación serial utilizado para transmitir información entre dispositivos electrónicos industriales.
- EtherCAT: Una red de alto rendimiento y baja latencia diseñada específicamente para aplicaciones de control de movimiento y sincronización precisa.

7. ESTADO DEL ARTE.

En el fascinante mundo de la industria alimentaria, la producción de helados ha emergido como un proceso altamente tecnológico y especializado, donde la maquinaria desempeña un papel crucial en cada etapa. A lo largo de los años, el avance de la tecnología y la innovación han transformado significativamente este proceso, impulsado por empresas líderes que ofrecen soluciones de vanguardia (Etecé, 2021).

La preparación de la mezcla, el primer paso fundamental, ha sido optimizada gracias a las mezcladoras industriales de alta capacidad desarrolladas por Hobart Corporation. Estas máquinas, equipadas con características avanzadas, garantizan una mezcla uniforme y consistente de los ingredientes,

sentando las bases para una masa de calidad excepcional, una vez preparada la masa, entra en juego la tecnología de moldeo y corte proporcionada por el Bühler Group. Sus máquinas de precisión permiten dar forma y cortar la masa con una exactitud milimétrica, asegurando una producción eficiente y consistente de los herpos.

El siguiente paso crítico es la cocción, donde los hornos industriales de GEA Group ofrecen un control preciso de temperatura y tiempo, logrando resultados homogéneos y de alta calidad. Estos hornos están diseñados para optimizar el proceso de cocción, preservando el sabor y la textura característicos del herpo, finalmente, el envasado y empaque son esenciales para mantener la frescura y prolongar la vida útil del producto. MULTIVAC, líder en soluciones de empackado, proporciona sistemas avanzados que ofrecen una variedad de opciones de empaque, desde empaques individuales hasta presentaciones múltiples, adaptándose a las necesidades específicas del mercado.

A medida que la demanda de herpos ha aumentado, estas empresas han impulsado la innovación, desarrollando maquinaria cada vez más eficiente, automatizada y sostenible. La integración de sistemas de control y monitoreo avanzados ha permitido optimizar los procesos, reducir los tiempos de producción y minimizar el desperdicio de recursos.

Además, la creciente preocupación por la seguridad alimentaria y la trazabilidad ha impulsado la adopción de tecnologías de última generación, como sistemas de visión artificial y códigos de barras, para garantizar el cumplimiento de los más altos estándares de calidad y seguridad.

Sin embargo, es importante mencionar que en este estudio no nos limitaremos exclusivamente a las empresas mencionadas, sino que exploraremos diferentes opciones de maquinaria disponibles en el mercado, tanto de estas compañías como de otros proveedores, con el fin de determinar las soluciones más factibles y adecuadas para automatizar de manera continua y eficiente el proceso de producción del herpo.

Nuestro objetivo es encontrar la combinación óptima de tecnologías que permita integrar de manera fluida cada etapa del proceso, desde la preparación de la mezcla hasta el empackado final, maximizando la eficiencia, calidad y sostenibilidad de la producción.

8. DISEÑO METODOLOGICO.

Para el desarrollo del estudio de prefactibilidad técnica y el diseño de la propuesta de automatización en la fábrica "El Gran Diamante", se adoptará una metodología sistemática y rigurosa que permita abordar de manera efectiva cada uno de los objetivos específicos establecidos. El enfoque metodológico se dividirá en las siguientes etapas:

8.1. ETAPA DE ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO.

- Análisis detallado de los procesos de producción actuales mediante visitas a la planta, observación directa y entrevistas con el personal clave.
- Identificación de áreas susceptibles de automatización y puntos críticos de mejora.

8.2. ETAPA DE INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN TECNOLÓGICA.

- Investigación exhaustiva de las tecnologías de automatización disponibles en el mercado aplicables a la producción de herpos.
- Evaluación de características técnicas, costos de adquisición e instalación, y compatibilidad con las operaciones existentes.

8.3. ETAPA DE ANÁLISIS DE BENEFICIOS Y VIABILIDAD.

- Identificación y cuantificación de los beneficios potenciales de la automatización, como aumento de eficiencia, reducción de costos, mejora de calidad y capacidad de satisfacer mayor demanda.
- Estudio de mercado para analizar la demanda actual y futura y el análisis de la competencia.
- Análisis financiero detallado.

8.4. ETAPA DE DISEÑO Y SIMULACIÓN.

- Diseño en 3D preliminar de la propuesta de automatización para al menos dos procesos de producción.
- Simulación virtual automatizada en el software Factory y su respectiva programación en I/O.
- Elaboración de diagrama Grafcet de los procesos de producción.
- Caracterización de variables mediante una herramienta ofimática.
- Programación en lenguaje Ladder.

8.5. ETAPA DE DOCUMENTACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

- Elaboración del informe final con los hallazgos, análisis y la propuesta de automatización detallada.
- Presentación de los resultados y recomendaciones a la dirección de la fábrica "El Gran Diamante".

9. DESARROLLO DEL PROYECTO

En un entorno empresarial altamente competitivo y en constante evolución, la optimización de los procesos de producción es fundamental para mantener una ventaja competitiva y asegurar la rentabilidad a largo plazo. La automatización industrial se ha convertido en una herramienta clave para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la calidad de los productos.

El desarrollo propuesto consta de varias etapas interrelacionadas que abordan diferentes aspectos clave del proyecto, mediante este enfoque sistemático y riguroso, se busca obtener una comprensión profunda de las necesidades y requisitos específicos de la fábrica, así como de las soluciones tecnológicas más adecuadas para abordarlos. Esto permitirá tomar decisiones informadas y desarrollar una propuesta de automatización sólida y viable, que contribuya a mejorar la competitividad y la rentabilidad de la empresa a largo plazo.

9.1. DIAGRAMA DE PROCESOS.

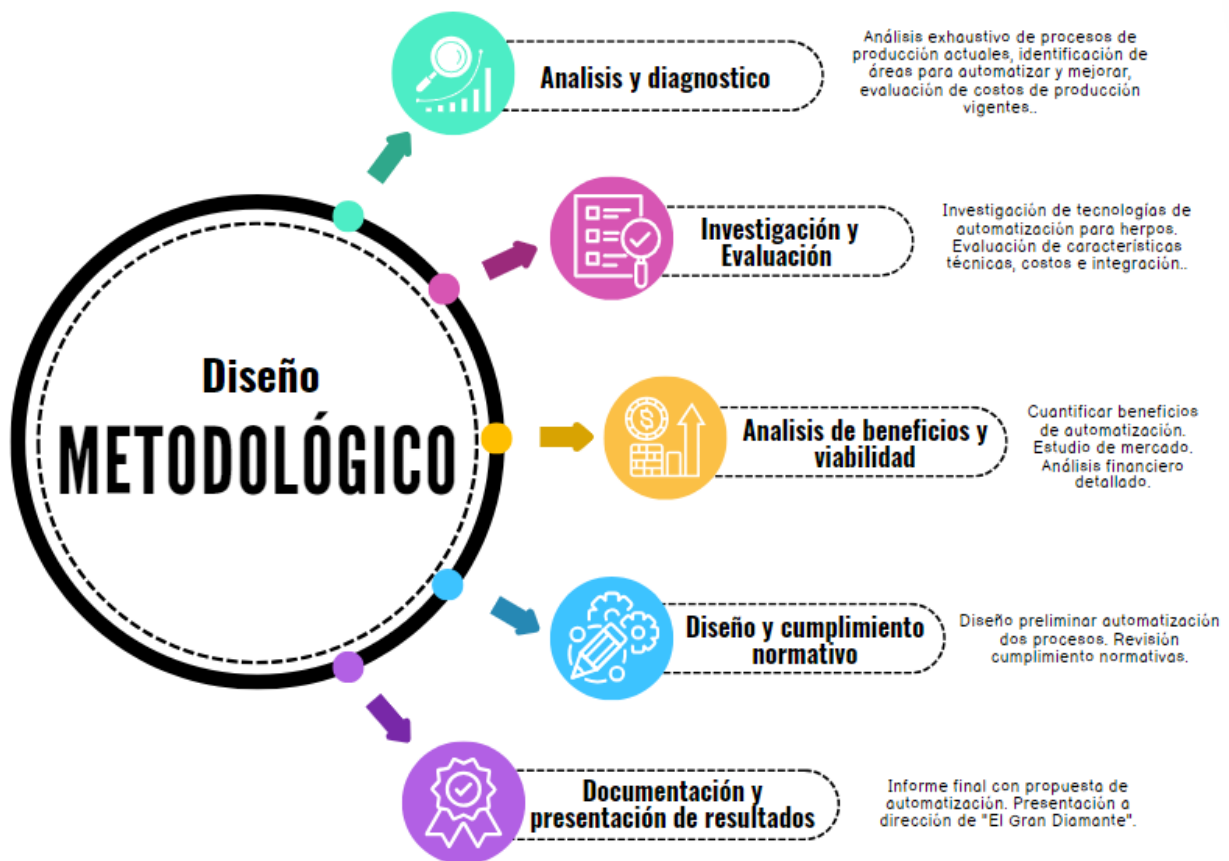


Ilustración 2. Diagrama de procesos

9.2. ETAPA DE ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO.

Se realizaron múltiples visitas a las instalaciones de la fábrica "El Gran Diamante" con el objetivo de obtener una comprensión integral de los procesos de producción actuales. Estas visitas permitieron sumergirse completamente en el entorno de trabajo y observar de primera mano cada una de las etapas y operaciones involucradas. El equipo se familiarizó con el flujo de trabajo, desde la recepción de materias primas hasta el empaque y distribución del producto final, prestando especial atención a la disposición y funcionamiento de la maquinaria y equipos utilizados. Además, se tuvo la oportunidad de presenciar y analizar las operaciones realizadas por el personal, identificando posibles áreas de mejora en cuanto a eficiencia.

Durante las visitas a la planta, se llevaron a cabo una observación minuciosa y detallada de cada uno de los procesos de producción. Dedicando un tiempo considerable a analizar las interacciones entre las distintas etapas. Se examinaron cuidadosamente los movimientos y acciones realizadas por los

operadores, identificando posibles obstáculos, ineficiencias o tareas repetitivas que podrían beneficiarse de la automatización. Además, se prestó especial atención a los detalles más sutiles, como el flujo de materiales, la organización del espacio de trabajo y las condiciones ambientales, lo que brindó una comprensión profunda de la dinámica de trabajo y esto permitió identificar las posibles áreas de mejora.

Complementando la observación directa, el equipo realizó entrevistas con el personal clave involucrado en los procesos de producción, Estas entrevistas fueron fundamentales para obtener perspectivas únicas y valiosas de quienes tienen experiencia directa en las operaciones diarias. El personal compartió abiertamente sus conocimientos y experiencias, lo que permitió identificar desafíos, dificultades y obstáculos que podrían no ser evidentes a simple vista. Además, el personal aportó sus propias ideas y sugerencias sobre las áreas que, según su criterio, podrían beneficiarse de la automatización, brindando al equipo una perspectiva interna considerable, la planificación y desarrollo de este proyecto se tuvo en cuenta respecto área de producción definidas como etapas, siendo las siguientes:

Etapas 1: Creación de la Oblea (Galleta/ Casco):

Preparación del Aditivo:

Se mezclan bórax y bicarbonato de sodio en proporciones específicas, luego se embolsa para ser usada el día en el cual se desee trabajar.

Mezclado:

El proceso comienza colocando la mezcla del aditivo en una mezcladora industrial, seguido de la adición precisa de harina y agua de acuerdo con las cantidades especificadas en la receta. Una vez que todos los ingredientes están en la mezcladora, se inicia el proceso de mezclado, durante el cual se controla cuidadosamente la velocidad y la intensidad para asegurar una distribución uniforme de los ingredientes. Este mezclado continúa durante un tiempo determinado, garantizando que la masa alcance la consistencia adecuada. Se monitorea visualmente el proceso para verificar que no haya grumos ni ingredientes mal mezclados. Finalmente, una vez que se obtiene la masa deseada, se detiene la mezcladora y la masa está lista para proceder a la siguiente etapa del proceso de producción.



Ilustración 3. Mezcla.

Moldeado y Horneado:

Una vez que la masa ha sido preparada y alcanza la consistencia adecuada, se procede a colocarla en una máquina troqueladora, donde se le da forma y tamaño según las especificaciones requeridas. Durante este proceso, la máquina troqueladora aplica una temperatura específica para modificar la masa de manera precisa. Una vez que las piezas de masa han sido formadas, son extraídas de la máquina y colocadas sobre una mesa de trabajo para ser cortadas y preparadas para su empaquetado. En esta etapa, se pueden realizar cortes adicionales o ajustes según sea necesario para asegurar la uniformidad en la presentación del producto final. Una vez cortadas, las piezas de masa son colocadas en cajas o recipientes adecuados para su almacenamiento o transporte posterior. Es crucial seguir los estándares de calidad y seguridad alimentaria durante todo el proceso para garantizar la integridad y frescura del producto final.



Ilustración 4. Elaboración casco.

Etapas 2: Elaboración de Jalea y Arequipe

Jalea:

Para la elaboración de jalea de guayaba, se inicia seleccionando guayabas frescas, las cuales se lavan y, en caso de estar muy verdes, se sancochan para ablandarlas. Posteriormente, se pasan por una cernidora para separar las semillas de la pulpa, la cual se coloca en una olla. Se procede a cocinar la fruta junto con azúcar hasta alcanzar una textura gelatinosa, siendo importante considerar que el tipo de guayaba y la cantidad de azúcar afectarán el sabor y la consistencia final de la jalea. Para obtener la consistencia deseada, se añaden diferentes químicos durante la cocción. Una vez lograda la consistencia adecuada, se deja enfriar la jalea y se conserva en un recipiente hermético para su almacenamiento.

Arequipe:

Para la preparación de arequipe, se comienza cocinando leche con azúcar a fuego lento hasta lograr una textura espesa y cremosa, donde el tiempo de cocción y la cantidad de azúcar influyen en el sabor y la consistencia del producto final. Durante la cocción, se puede agregar vainilla y canela para aportar sabores adicionales al arequipe, intensificando su aroma y sabor característicos. Una vez alcanzada la consistencia deseada, se retira del fuego y se deja enfriar, permitiendo que el arequipe adquiera su textura final. Por último, se conserva en un recipiente hermético para su posterior paso, asegurando su frescura y prolongando su vida útil.

Etapas 3: Proceso de Empacado del Herpo

Para la preparación del herpo, se inicia aplicando una capa de jalea o arequipe sobre una de las obleas, pudiendo ajustar la cantidad de relleno según preferencia personal. Luego, se coloca la otra oblea encima, formando así el sándwich. Para asegurar la unión adecuada entre las obleas y el relleno, se presionan ambas obleas con cuidado. Este proceso garantiza que el relleno quede distribuido de manera uniforme entre las capas de oblea y que estas se adhieran de manera firme. La técnica utilizada en esta etapa es fundamental para lograr un herpo bien estructurado y con el equilibrio perfecto entre el relleno y las obleas.



Ilustración 5. Herpo.

Etapas 4: Embolsado del Herpo

Una vez preparados, los herpos se disponen dentro de cajas de cartón de diversas dimensiones para su almacenamiento o transporte. Para asegurar su integridad durante el traslado, es común agregar papel encerado o plástico que proteja los herpos de posibles daños o contaminaciones externas. La caja se cierra herméticamente, utilizando cinta adhesiva en el caso de cajas grandes. Sin embargo, si se trata de cajas pequeñas, se emplea papel encerado que se calienta en una plancha para sellar la caja de manera efectiva, aprovechando el calor para que el material se encoja y garantice un cierre adecuado. Este proceso de empaquetado es esencial para mantener la frescura y calidad de los herpos durante su transporte y almacenamiento, asegurando que lleguen en óptimas condiciones a su destino final.



Ilustración 6. Embolsado herpo.

Basados en la información recopilada a través de las observaciones minuciosas y las entrevistas con el personal clave, el equipo del proyecto pudo identificar de manera precisa las áreas específicas de los procesos de producción que presentaban un mayor potencial para la implementación de

soluciones de automatización. Estas áreas fueron cuidadosamente analizadas y priorizadas en función de su impacto en la eficiencia general del proceso, la calidad del producto final y la seguridad de los trabajadores. El objetivo del equipo fue identificar aquellas tareas que, al ser automatizadas, podrían generar los mayores beneficios en términos de ahorro de tiempo, reducción de errores, mejora de la calidad y optimización de los recursos.

9.3. ETAPA DE INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN TECNOLÓGICA.

Tras haber completado la Etapa de Análisis y Diagnóstico, que brindó una comprensión profunda de los procesos de producción actuales y las áreas susceptibles de mejora, el equipo del proyecto procedió a abordar la siguiente fase crucial: la Etapa de Investigación y Evaluación Tecnológica. Esta etapa fue abordada con un enfoque meticuloso y exhaustivo, reconociendo la importancia de seleccionar las tecnologías de automatización más adecuadas para optimizar los procesos de producción de herpos en la fábrica "El Gran Diamante".

En primer lugar, se emprendió una investigación de las diversas tecnologías de automatización disponibles en el mercado, con un enfoque específico en aquellas aplicables a la producción de herpos. Esta investigación abarcó una amplia gama de soluciones, desde sistemas de control automático hasta sistemas de manejo de materiales automatizados.

El objetivo principal de esta investigación fue identificar las tecnologías que ofrecieran el mejor ajuste para abordar los desafíos y oportunidades de mejora previamente identificados en la etapa anterior.

Una vez identificadas las tecnologías potencialmente adecuadas, se procedió a evaluar su compatibilidad con las operaciones existentes en la fábrica. Se realizaron análisis detallados para determinar la capacidad de integración de cada mecanismo con la infraestructura actual y los procesos ya establecidos. Este análisis fue fundamental para garantizar un diseño más fluido y minimizar cualquier obstáculo presente en la producción.

La Etapa de Investigación y Evaluación Tecnológica fue abordada con un alto nivel de rigurosidad y profundidad, reconociendo la importancia de seleccionar las soluciones de automatización más adecuadas para optimizar los procesos de producción de herpos en la fábrica "El Gran Diamante". Este enfoque sentó las bases para la posterior toma de decisiones informada y la selección de las tecnologías que mejor se ajustaran a las necesidades específicas de la empresa.

9.4. ETAPA DE ANÁLISIS DE BENEFICIOS Y VIABILIDAD.

Tras haber completado las etapas previas de Análisis y Diagnóstico, así como la Investigación y Evaluación Tecnológica, el equipo del proyecto dio inicio a la crucial Etapa de Análisis de Beneficios y

Viabilidad. En esta fase, se abordaron diversos aspectos fundamentales para determinar la factibilidad y el impacto potencial del diseño de soluciones de automatización en la fábrica "El Gran Diamante".

Para cuantificar estos beneficios de manera precisa, se llevaron a cabo simulaciones y modelaciones detalladas en 3D con cada uno de los procesos productivos, utilizando datos históricos de producción, costos operativos y niveles de calidad. Además, se tuvieron en cuenta factores como la reducción de tiempos de ciclo, la optimización del uso de recursos y la disminución de desperdicios y reprocesos. Estos análisis permitieron al equipo estimar de manera confiable los ahorros potenciales, los incrementos en la productividad y las mejoras en la calidad que podrían lograrse mediante la automatización.

9.4.1. ESTUDIO DE MERCADO.

El año 2021 estuvo marcado por los desafíos y las interrupciones causadas por la pandemia de COVID-19. Como se puede observar en la tabla de ventas de este año, los niveles de producción y ventas fueron significativamente inferiores en comparación con los años posteriores. La incertidumbre económica, las restricciones de movilidad y los cambios en los patrones de consumo impactaron negativamente la demanda de los productos de la empresa. Sin embargo, este período también brindó una oportunidad para reevaluar los procesos y buscar soluciones innovadoras que permitan una mayor eficiencia y adaptabilidad ante circunstancias imprevistas.

	Año 2021		
Año	Mes	Producto Unitario	Total Producido caja x 10 und
2021	Enero	2050	205
	Febrero	1350	135
	Marzo	1480	148
	Abril	1390	139
	Mayo	1020	102
	Junio	1580	158
	Julio	1390	139
	Agosto	1680	168
	Septiembre	4290	429
	Octubre	7590	759
	Noviembre	9850	985
	Diciembre	11500	1150
	Total	45170	4517

Tabla 1. Dato histórico de ventas año 2021.

Con la gradual reapertura económica y el levantamiento de algunas restricciones, el año 2022 marcó un punto de inflexión en la recuperación de la producción y las ventas. La tabla de este año muestra

un aumento significativo en comparación con el año anterior, lo que refleja un retorno a patrones de consumo más estables.

	Año 2022		
Año	Mes	Producto Unitario	Total Producido caja x 10 und
2022	Enero	16150	1615
	Febrero	11250	1125
	Marzo	17250	1725
	Abril	8150	815
	Mayo	7290	729
	Junio	9620	962
	Julio	14250	1425
	Agosto	9850	985
	Septiembre	11580	1158
	Octubre	16250	1625
	Noviembre	18540	1854
	Diciembre	21250	2125
	Total	161430	16143

Tabla 2. Dato histórico de ventas año 2022.

En el año 2023, la producción y las ventas alcanzaron niveles un poco más altos, superando incluso los niveles previos a la pandemia. La tabla de ventas de este año demuestra una sólida recuperación y un crecimiento sostenido de la demanda.

	Año 2023		
Año	Mes	Producto Unitario	Total Producido caja x 10 und
2023	Enero	15000	1500
	Febrero	12500	1250
	Marzo	15950	1595
	Abril	9280	928
	Mayo	8950	895
	Junio	9620	962
	Julio	15290	1529
	Agosto	11240	1124
	Septiembre	10850	1085
	Octubre	17500	1750
	Noviembre	17950	1795
	Diciembre	23820	2382
	Total	167950	16795

Tabla 3. Dato histórico de ventas año 2023.

A continuación, la imagen muestra un estudio anual de mercado que representa el comportamiento de las ventas de cajas de herpos a lo largo de tres años consecutivos: 2021, 2022 y 2023. El gráfico de líneas ilustra la fluctuación de las ventas mes a mes, permitiendo identificar patrones y tendencias en la demanda de este producto.

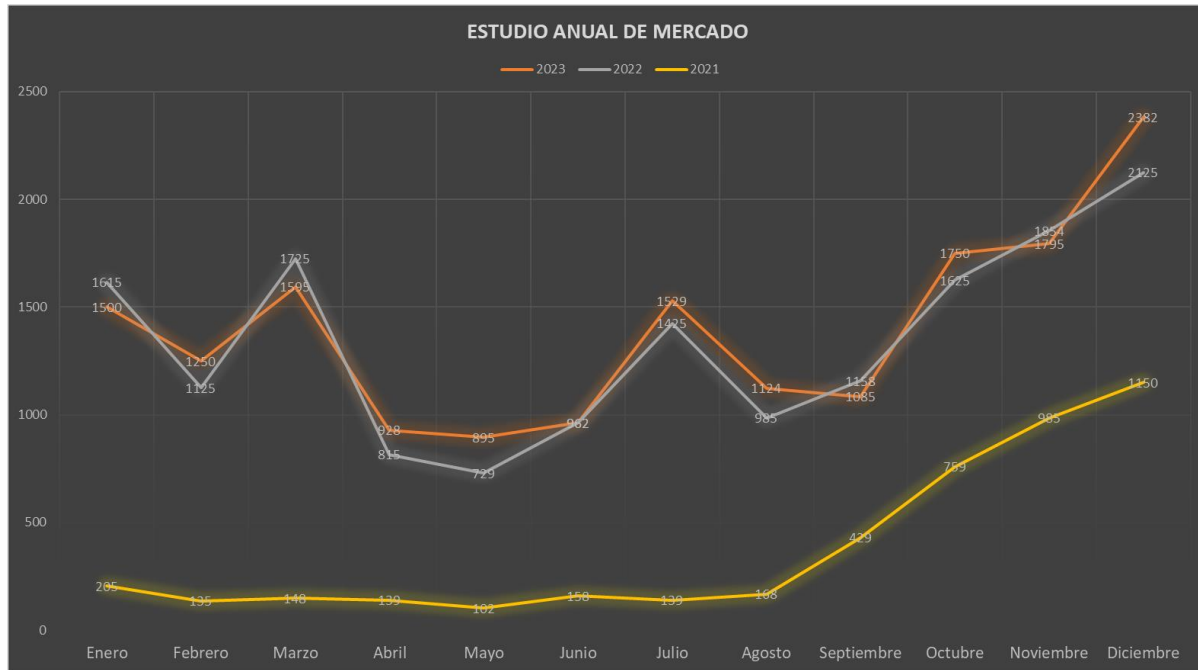


Ilustración 7. Comportamiento anual de mercado.

La predicción futura se realizó mediante el análisis de datos históricos de ventas, y esta se realizó mediante el uso de fórmulas en Excel, gracias a esto podemos conocer el comportamiento ideal de ventas en los próximos años esto teniendo en cuenta que la predicción es sin la implementación del proyecto que se describe en este documento.

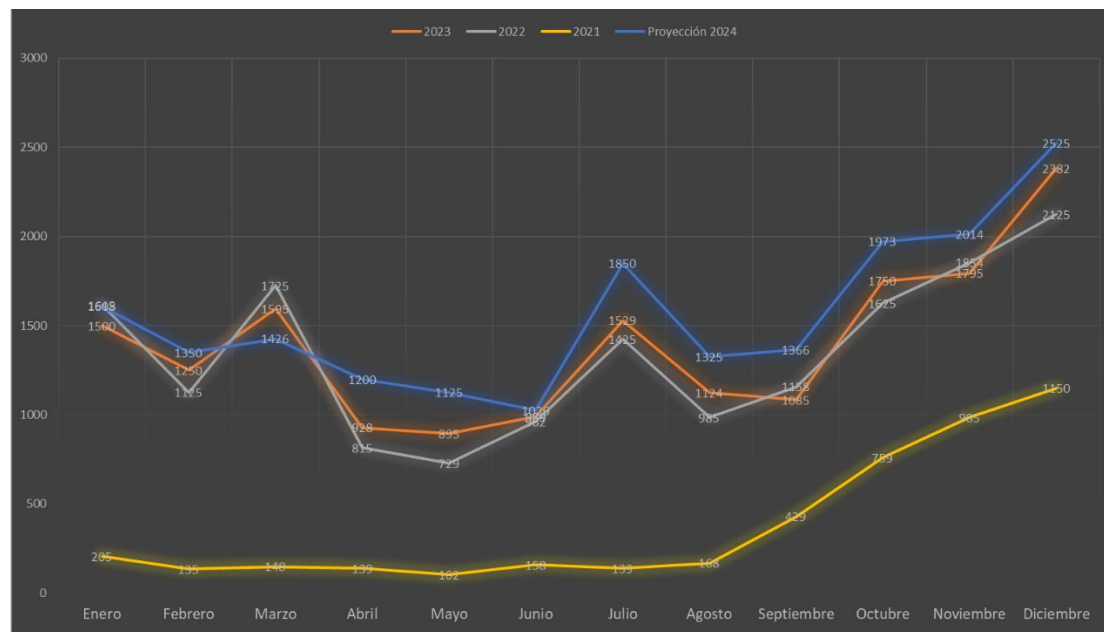


Ilustración 8. Comportamiento futuro del mercado.

9.4.2. ANALISIS DE COMPETENCIA.

Se realizó un estudio de mercado en profundidad para analizar la demanda actual y futura de los productos de la fábrica, así como la competencia y las tendencias de consumo en el sector. Mediante la elaboración y desarrollo de encuestas, se logró evidenciar que dentro del mercado de Monquirá existe una serie de fábricas de herpos que tienen una gran participación y representan la competencia más relevante para la empresa. Entre estas fábricas se encuentran La Ricaurte, Dianita, El Diamante, El Gran Diamante Fábrica JN y El Káiser, cuyos productos son similares a los de la fábrica.

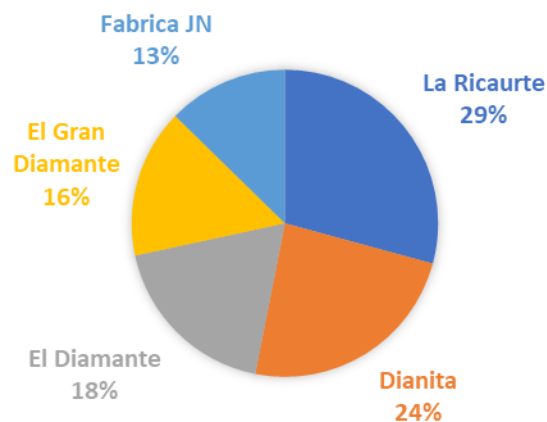


Ilustración 9. Análisis de participación de la competencia.

El análisis de la competencia fue fundamental para comprender el entorno competitivo y las estrategias de mercadeo empleadas por estas empresas. Se evaluaron factores como la participación de mercado y las estrategias de distribución, entre otros aspectos relevantes. Esta información permitió al equipo identificar las fortalezas y debilidades de la competencia

9.4.3. ANALISIS FINANCIERO DETALLADO.

Para realizar el análisis financiero detallado se debe tener en cuenta la implementación del proyecto, en donde se automatizarán las etapas 3 - 4, que corresponden a la dosificación de la jalea y el arequipe a la galleta (casco) y su paletización en cajas para su lugar de almacenamiento, con ello se tendrá en cuenta el presupuesto generalizado con aproximaciones reales.

Cantidad	Instrumento	Precio Unitario	Precio Total
3	Bandas transportadoras de 4 m	\$ 20.000.000	\$ 60.000.000
1	Banda transportadora de 2 m	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
4	Separadores de aluminio por metro	\$ 5.000	\$ 20.000
2	Gabinete de control	\$ 330.000	\$ 660.000
6	Boton pulsador con led indicador	\$ 20.000	\$ 120.000
2	Boton Parada de Emergencia	\$ 26.000	\$ 52.000
3	Sensores de proximidad	\$ 235.000	\$ 705.000
2	Dosificadores electronicos	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
9	Bases de suspensión por metro	\$ 32.000	\$ 288.000
1	Paletizador	\$ 200.000.000	\$ 200.000.000
2	Displays para contador	\$ 33.000	\$ 66.000
2	2 bandejas deslizadoras	\$ 650.000	\$ 1.300.000
1	PLC siemens	\$ 4.200.000	\$ 4.200.000
1	Maquina Termoencogible	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
25	Cable comunicación PLC	\$ 9.000	\$ 225.000
TOTAL			\$ 295.036.000

Tabla 4. Presupuesto Financiero.

Esta inversión de \$295.036.000 millones representa un paso significativo en el aumento de producción de la empresa, posicionándola para aprovechar las oportunidades de mercado y garantizar su capacidad para satisfacer la demanda creciente de manera eficiente y rentable.

Dicho aumento se estimó bajo los costos de producción y el ahorro en tiempo por la implementación de esta tecnología, a continuación, se evidenciará el precio de producción unitario del herpo.

Materia Prima	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Azucar	gr	77	\$ 5	\$ 368
Pulpa de guayaba	gr	115	\$ 9	\$ 1.073
Leche	ml	269	\$ 5	\$ 1.467
Sorbato de potasio	gr	4	\$ 79	\$ 305
Benzoato de sodio	gr	4	\$ 42	\$ 162
Total				\$ 3.375

Tabla 5. Costo de producción unitario del herpo

De acuerdo con el análisis técnico realizado y tomando como referencia la producción calculada para el año 2023, se llevó a cabo una evaluación de la capacidad de producción proyectada tras la implementación de la tecnología de automatización propuesta. Específicamente, se consideraron las características técnicas del dosificador automático, cuya capacidad de arrojar 10 chorros por minuto equivaldría a una producción de 1 caja de herpos por minuto.

Realizando una proyección basada en un escenario de producción de 5 horas diarias durante 20 días al mes, durante un período de 11 meses al año, se estima que la implementación de esta tecnología de automatización permitiría alcanzar una producción anual aproximada de 66.000 cajas de herpos.

Esta cifra representa un aumento significativo en la capacidad de producción en comparación con los niveles actuales, lo que permitiría a la empresa satisfacer de manera eficiente la creciente demanda del mercado y aprovechar las oportunidades de crecimiento identificadas en los estudios previos.

9.5. ETAPA DE DISEÑO Y SIMULACIÓN.

Esta etapa representa uno de los pasos más importantes y críticos en el desarrollo del proyecto de automatización para la fábrica de herpos El Gran Diamante. En ella se llevará a cabo el diseño detallado y la simulación virtual completa de la solución de automatización.

Durante esta fase se emplearán diversas herramientas especializadas de diseño modelado 3D, simulaciones y programación. Se obtendrán modelos virtuales detallados, diagramas de control, caracterización de variables y la programación de la lógica de automatización.

9.5.1 DISEÑO PRELIMINAR EN 3D DE LA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN.

En esta etapa crucial del proyecto, se dio inicio al diseño detallado y la simulación de la propuesta de automatización para los procesos de producción de la fábrica "El Gran Diamante". Aprovechando las capacidades de Google SketchUp, una herramienta de modelado 3D potente y versátil, se llevó a cabo

el diseño preliminar de la solución de automatización para todas las etapas de la cadena de producción.

Mediante un enfoque exhaustivo, se crearon modelos 3D precisos de las instalaciones existentes, incluyendo la disposición actual de la maquinaria, las áreas de trabajo y los flujos de materiales. Estos modelos sirvieron como base para la integración de los nuevos sistemas de automatización, asegurando una transición fluida y una compatibilidad óptima con las operaciones existentes.

El uso de Google SketchUp permitió explorar diferentes configuraciones y distribuciones de los equipos automatizados, evaluando su impacto en el flujo de trabajo y la eficiencia general del proceso. Se realizaron simulaciones detalladas para identificar y optimizar la disposición de los componentes.

ETAPA 1:

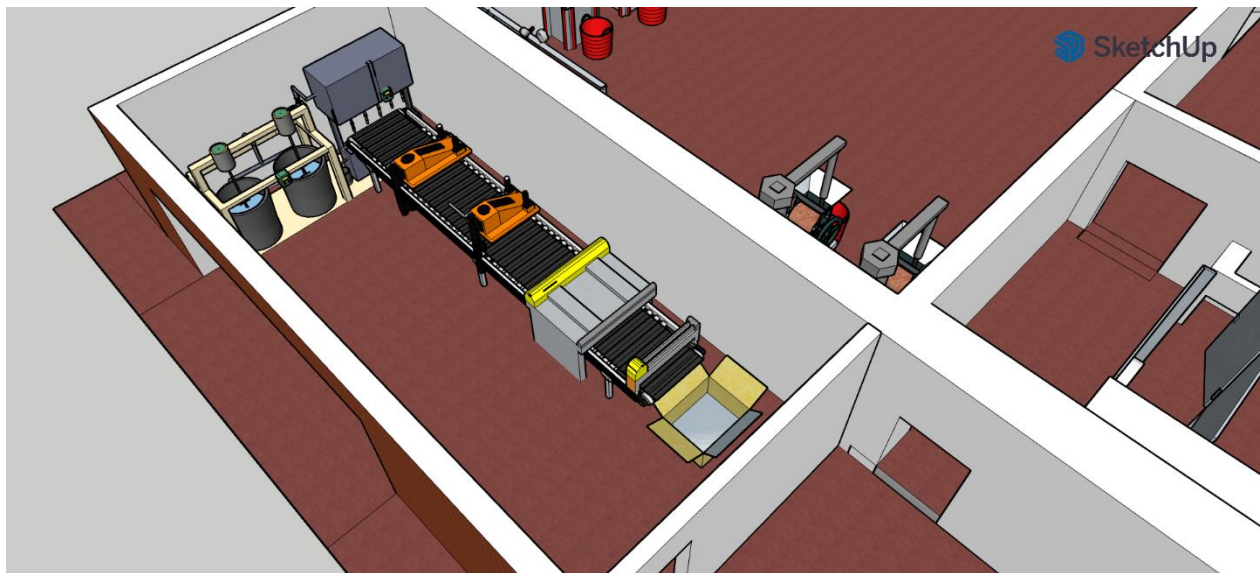


Ilustración 10. Diseño preliminar etapa 1.

En este diseño preliminar de la etapa 2 para la producción de galletas o "cascos", se observa un proceso que inicia con la preparación de la masa base en un mezclador, la cual es posteriormente esparcida de manera uniforme sobre una banda transportadora que contiene un troquel o molde para darle la forma deseada. Una vez conformada la masa en el troquel, se cierra herméticamente y avanza hacia un horno de cocción donde se hornea a la temperatura y tiempo adecuados. Después del horneado, las galletas pasan por un mecanismo que las desprende del troquel, ingresando luego a una máquina cortadora que realiza cortes horizontales y verticales, dividiendo la lámina horneada en piezas individuales que son las famosas galletas o "cascos", las cuales caen en cajas o contenedores para su posterior enfriamiento y empaque.

ETAPA 2:

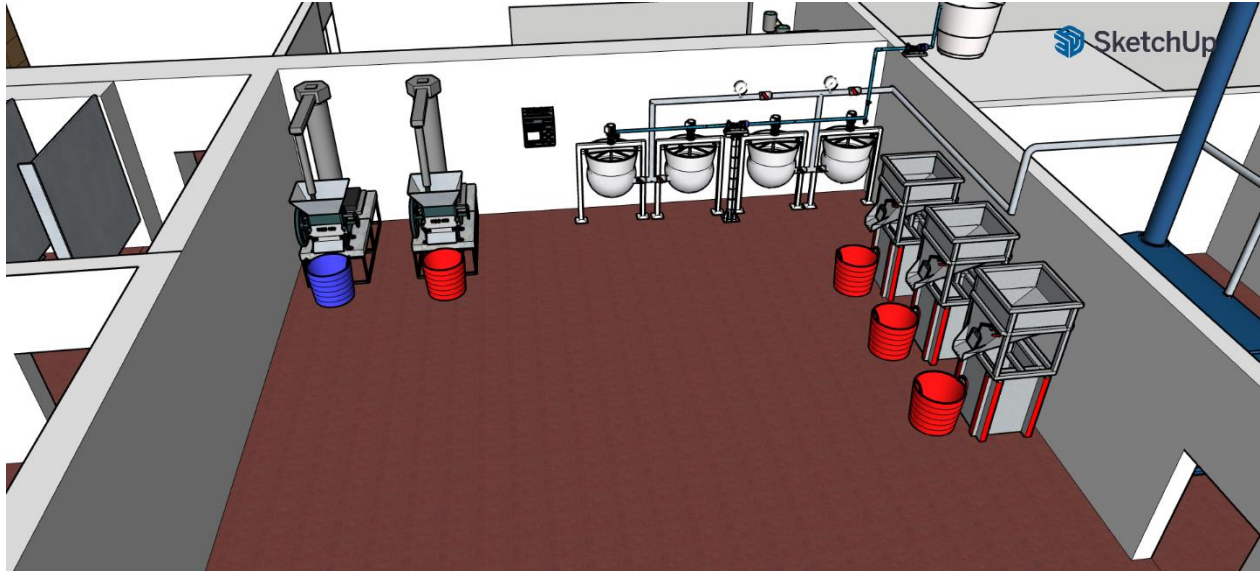


Ilustración 11. Diseño preliminar automatizado etapa 2.

En esta imagen se muestra el diseño preliminar en 3D de la primera etapa del proceso de producción automatizado, donde se observa un área dedicada al procesamiento inicial de los ingredientes principales, con dos despulpadoras automáticas de guayaba encargadas de separar eficientemente la pulpa de la cáscara y semillas, cuya pulpa resultante se almacena en tanques; también se han incorporado tolvas automatizadas que contienen harina, leche y azúcar, diseñadas para dosificar de manera precisa las cantidades requeridas de cada ingrediente, las cuales, junto con la pulpa de guayaba procesada, serán enviadas y mezcladas de manera automática a las ollas o pailas de cocción ubicadas al extremo derecho, calentadas por una caldera eléctrica que garantiza un proceso de cocción uniforme y controlado; todo este proceso de dosificación, mezclado y transferencia estará controlado por un sistema de control lógico programable (PLC) que recibirá señales de sensores y enviará instrucciones precisas para una operación fluida y sincronizada.

ETAPA 3:

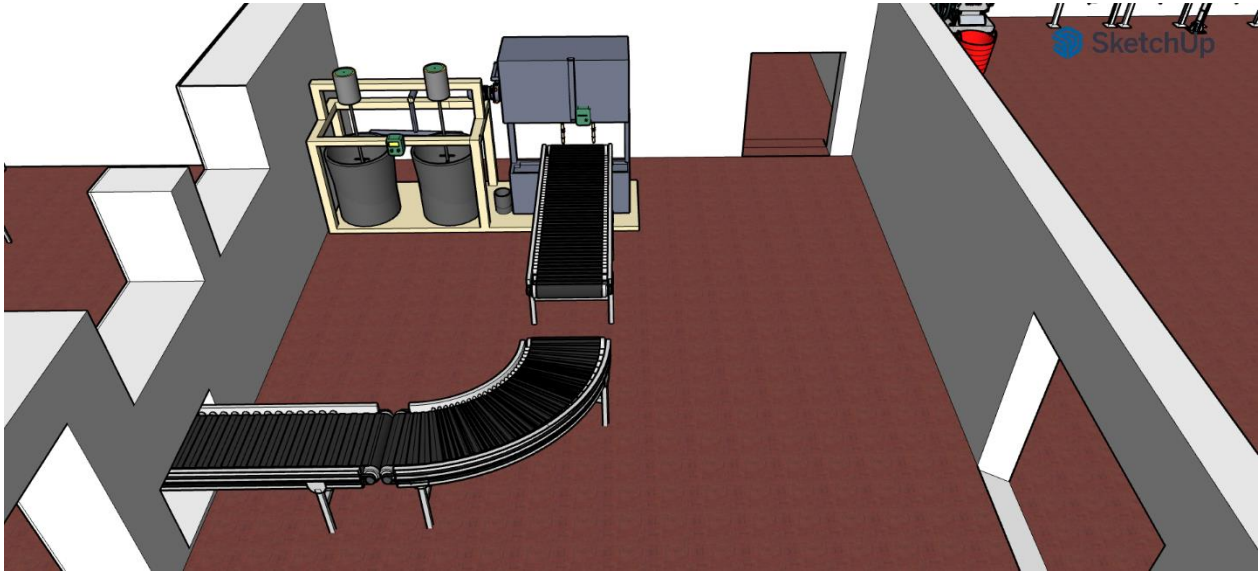


Ilustración 12. Dosificado Jalea y Arequipe

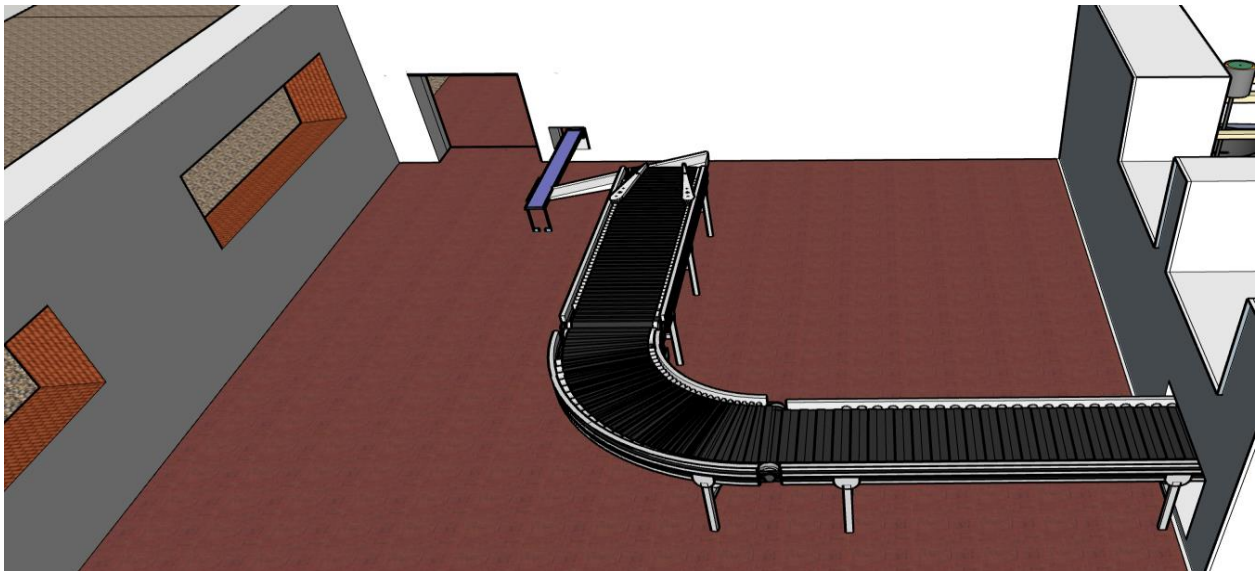


Ilustración 13. Transporte Cajas.

En este diseño preliminar de la etapa 3 automatizada para la fábrica de herpos, se pueden apreciar dos procesos principales en un mismo flujo de producción. En primer lugar, los cascos vacíos llegan por una banda transportadora y se detienen debajo de los dosificadores gracias a sensores, donde se les aplica automáticamente la cantidad precisa de jalea y arequipe (Ilustración 12). Posteriormente, un operario toma un casco con jalea y otro con arequipe, los une formando el herpo completo, y lo

coloca en cajas que son transportadas por otra banda hacia la siguiente etapa de paletizado (Ilustración 13). De esta manera, se logra una combinación de procesos automatizados, como la dosificación y el transporte por bandas, junto con tareas manuales como el empackado.

ETAPA 4:

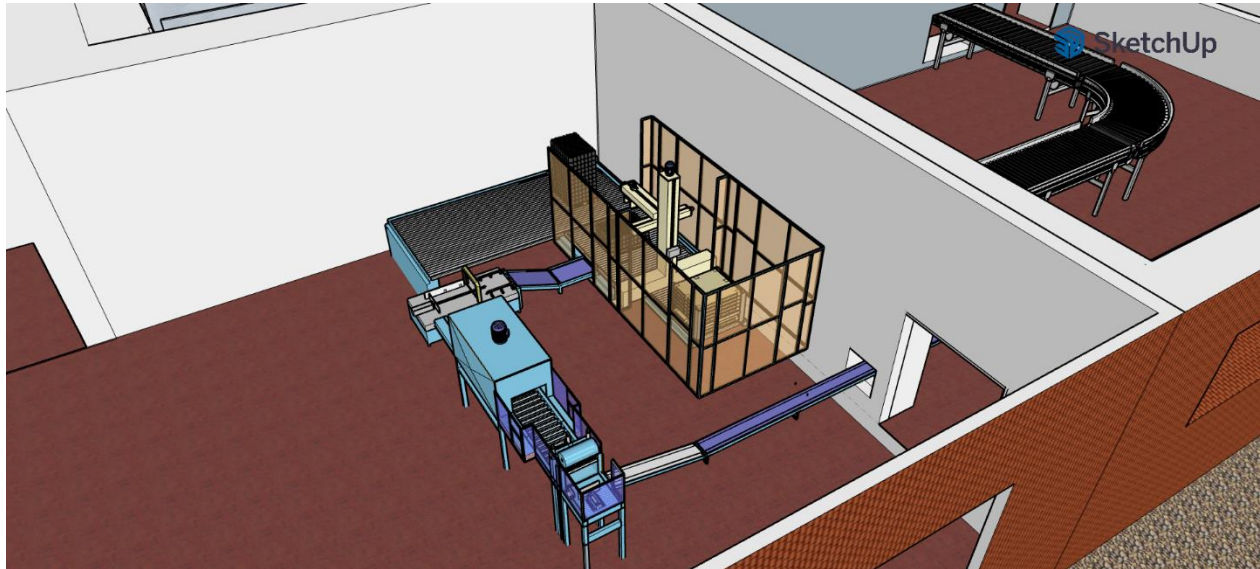


Ilustración 14. Diseño preliminar etapa 4.

En este diseño de la etapa 4, las cajas de herpos culminan su recorrido para ser empaquetadas y preparadas para su envío. Un proceso que comienza con la recepción de las cajas provenientes de la etapa 3 a través de una banda transportadora, las cajas ingresan a una máquina termo encogible donde se aplica calor y presión para envolverlas en una película plástica llamada polipropileno. Este proceso sella las cajas, protegiéndolas de la manipulación y el daño durante el transporte, garantizando la integridad del producto final.

Luego de este paso crucial, un brazo robótico toma las cajas selladas de la banda transportadora. Con movimientos precisos y programados, las coloca cuidadosamente en paletas, siguiendo un patrón específico optimizado para aprovechar al máximo el espacio y garantizar la estabilidad durante el transporte.

9.5.2. SIMULACIÓN VIRTUAL AUTOMATIZADA EN EL SOFTWARE FACTORY Y SU RESPECTIVA PROGRAMACIÓN EN I/O.

En el marco de la optimización de procesos de la fábrica El Gran Diamante, se llevó a cabo una simulación automatizada programada mediante control I/O, enfocada en el desarrollo de dos etapas clave de la línea de producción. Utilizando la herramienta de simulación Factory I/O, se propuso

inicialmente la incorporación de una paletizadora, cuyo propósito es agrupar y apilar eficientemente los productos terminados sobre pallets o tarimas para su posterior almacenamiento en la bodega, situada al final de la última banda transportadora, como se puede observar en la siguiente imagen.



Ilustración 15. Montaje final paletizadora.

El proceso inicia en el momento de programar la cabeza central de esta etapa, que es la caja de control o gabinete de control.



Ilustración 16. Gabinete de control.

El gabinete de control cumple como parte central del sistema, agrupando los botones esenciales para su operación segura y eficiente. Estos incluyen la parada de emergencia global para detener todo el sistema ante riesgos, el botón de inicio para arrancar la operación normal, la parada sectorizada para aislar áreas específicas, y el reinicio de conteo para reestablecer la numeración. Su disposición varía según la complejidad del sistema, pero su función principal es brindar control centralizado para una gestión segura y efectiva.

En continuidad de los procesos controlados por el gabinete, la banda primaria asume un papel de cinta transportadora especializada, guiando las cajas hacia su destino final: el sector de apilamiento en grupos de tres. A lo largo de su recorrido, la banda primaria se encuentra vigilada por un sensor infrarrojo, un ojo electrónico que vela por la precisión del conteo. Este sensor escanea las cajas que pasan por la banda, registrando cada una de ellas y enviando la información al sistema central. De esta manera, se garantiza que la cantidad de cajas apiladas en cada grupo coincida con el número predeterminado o establecido, evitando errores y asegurando la eficiencia del proceso.

La banda primaria, en conjunto con el sensor infrarrojo, son los responsables de que se garantice la sincronización y el control en el movimiento y conteo de las cajas. Su precisión y eficiencia son pilares fundamentales para el correcto funcionamiento del sistema, optimizando la producción y minimizando los errores.

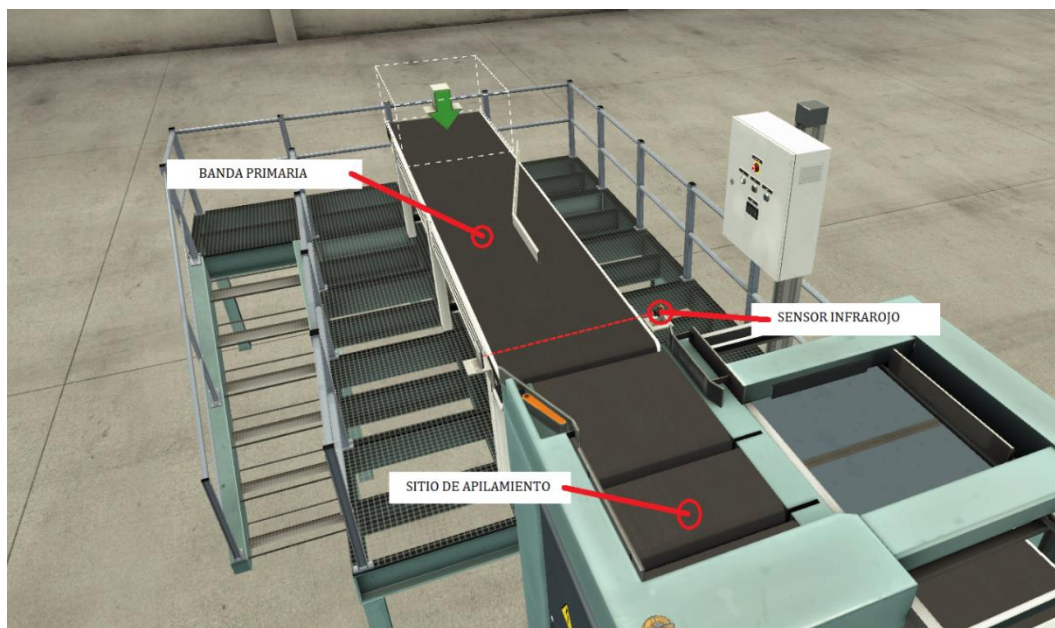


Ilustración 17. Banda principal con conteo de cajas.

En esta etapa crucial, un pistón sale impulsando con fuerza deslizando las cajas apiladas hacia su siguiente etapa. Al llegar a la zona designada, dos pistones laterales entran en escena, colaborando en la precisa colocación de cada caja. Una vez concluido el meticuloso acomodo, las compuertas se abren liberando las cajas organizadas para que fluyan sin contratiempos hacia una segunda banda transportadora. Esta última banda, las conduce hacia su siguiente parada, completando así el ciclo de manera eficiente y segura.

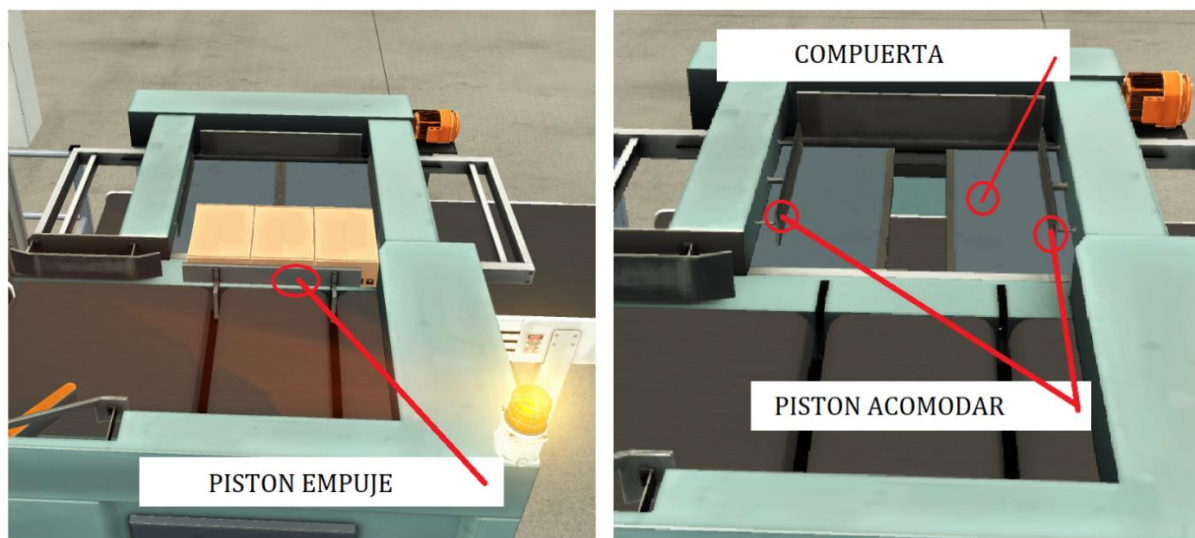


Ilustración 18. Pistones Paletizadora.

Una vez que las cajas han completado su recorrido descrito anteriormente, llegan a la segunda banda, donde se produce su desplazamiento hacia el destino final de apilamiento. En esta etapa, las cajas se deslizan suavemente por la banda transportadora y llegando a la banda deslizante. Aprovechando la inclinación de esta, sin necesidad de intervención manual. A medida que descienden, la velocidad se controla cuidadosamente con el ángulo para garantizar un traslado seguro y evitar daños en los productos. La banda deslizadora está diseñada con materiales resistentes y con una superficie que garantiza que las cajas lleguen a la bodega de manera ordenada y listas para su almacenamiento o posterior distribución.

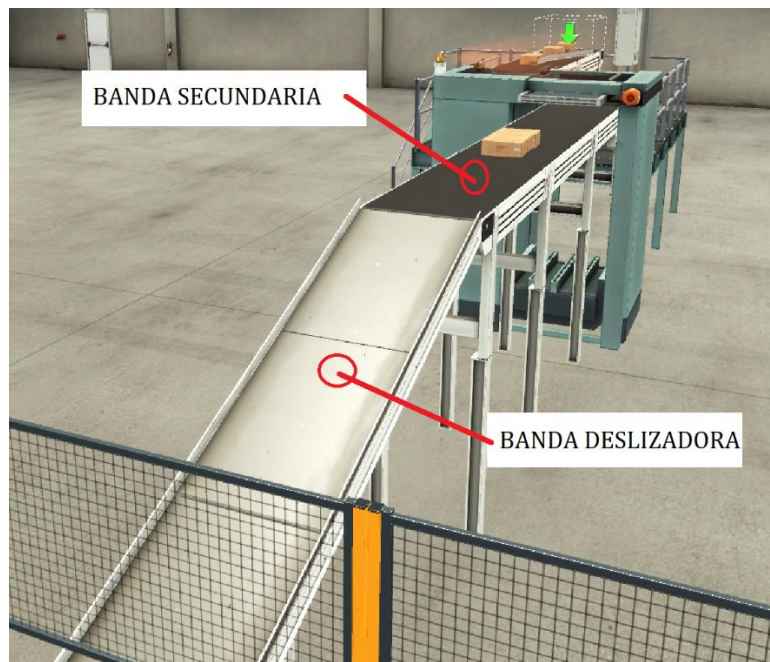


Ilustración 19. Traslado final.

Por parte de la programación, esta se realizó en bloques mediante el CONTROL I/O proporcionando una experiencia muchísimo más sencilla e intuitiva para que cualquier persona entienda y comprenda cada uno de los procesos. Esta lógica se diseñó por funciones secuenciales para así poder desarrollar la secuencia de la misma.

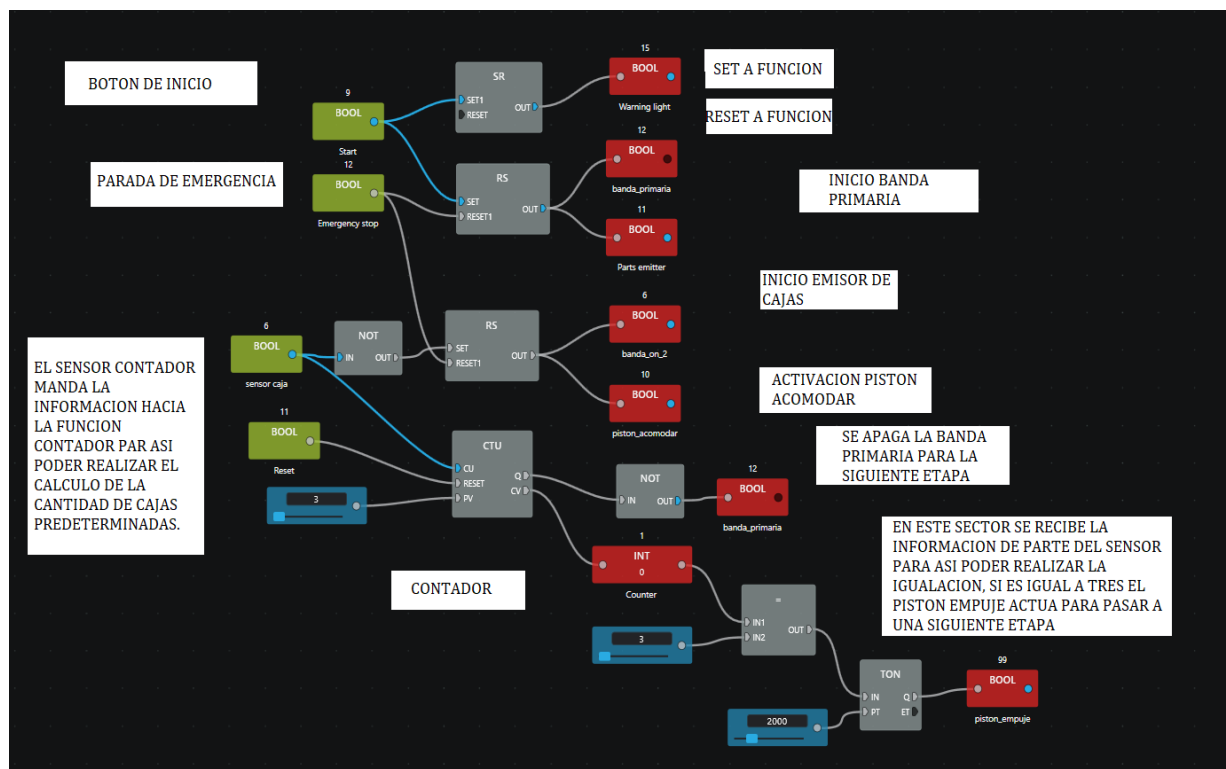


Ilustración 20. Programación Primera parte.

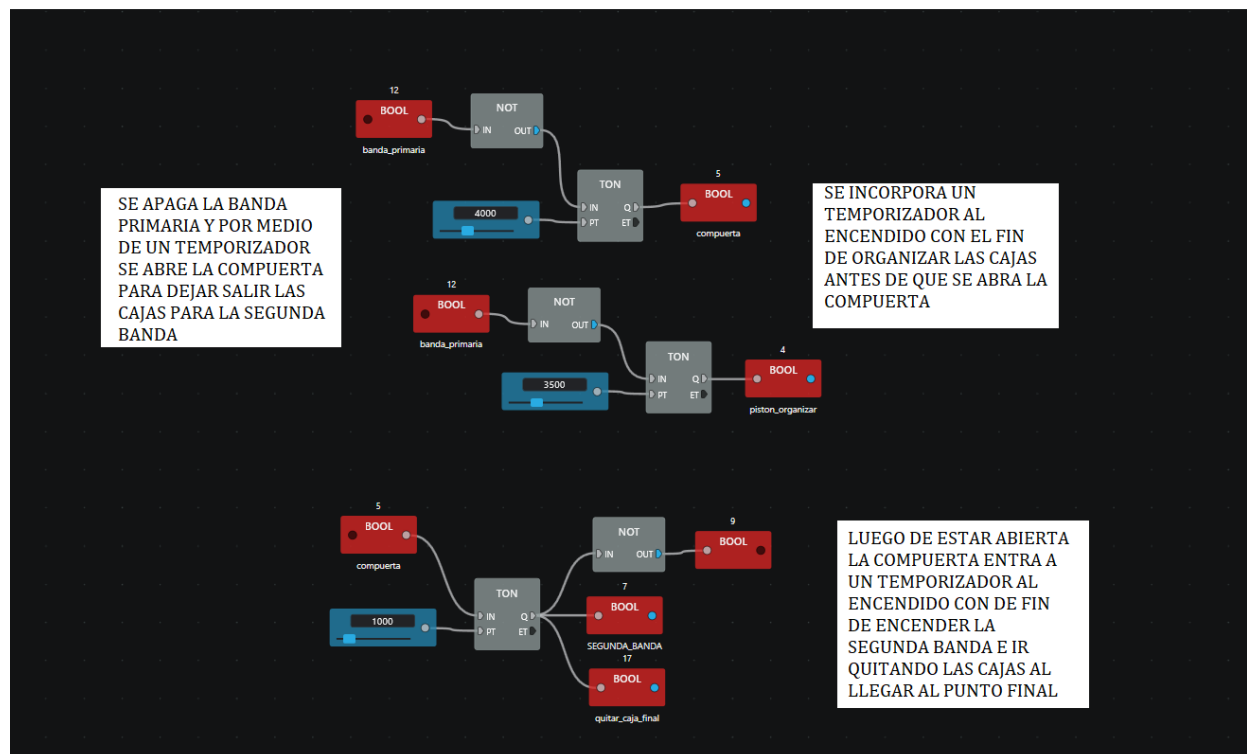


Ilustración 21. Programación segunda parte.

En la tercera etapa de simulación, se aborda la adición del producto deseado al proceso de empaque. En este caso, los productos en cuestión son la jalea de guayaba y el arequipe. Para optimizar la eficiencia, se han implementado dos bandas transportadoras con funcionalidades específicas.

Primero, consideremos las bandas transportadoras. Estas estructuras mecánicas están diseñadas para desplazar los cascos o galletas (que previamente han pasado por la etapa de selección y clasificación) hasta un punto específico en la línea de producción. En este caso, ese punto es un sensor infrarrojo estratégicamente ubicado a cada costado de cada banda. El sensor infrarrojo cumple la función de detectar la llegada de los productos a su posición óptima para la adición del relleno.

Cuando el sensor detecta que los cascos o galletas están en posición, envía una señal de advertencia al sistema de control. Esta señal detiene la banda transportadora y activa los dispensadores correspondientes, que liberan un chorro del producto deseado (jalea de guayaba o arequipe) sobre cada casco o galleta. La cantidad y precisión del chorro están cuidadosamente ajustadas para garantizar una distribución uniforme y consistente del relleno.

Una vez que se ha realizado la adición del producto, las dos bandas transportadoras vuelven a activarse. Su función ahora es continuar con el proceso de empaque. Los cascos o galletas rellenos avanzan hacia la siguiente etapa, donde se empaquetan de acuerdo con las especificaciones establecidas.



Ilustración 22. Simulación etapa 3.

La siguiente imagen representa el sistema automatizado de empackado y adición de ingredientes, diseñado e implementado bajo el software Factory I/O. Consta de dos líneas de producción paralelas, cada una equipada con una banda transportadora. Estas bandas mueven los productos, que en este caso son los cascos o galletas, a través de estaciones de trabajo definidas. En dichas estaciones, hay sensores infrarrojos instalados lateralmente que detectan la presencia del producto y envían una señal para detener momentáneamente la banda. En ese punto, unos dispensadores localizados encima agregan un chorro de sustancia, como jalea o arequipe, sobre el producto.

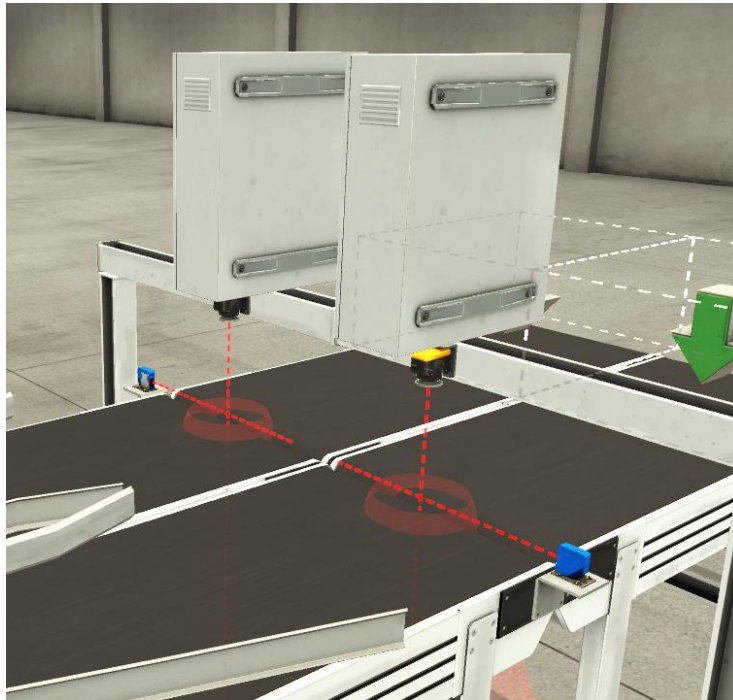


Ilustración 23. Adición del producto.

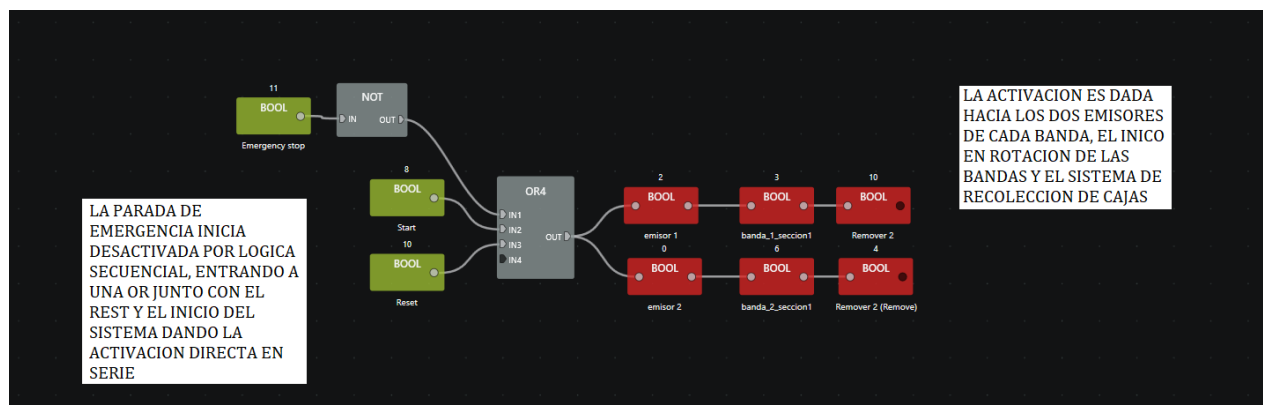


Ilustración 24. Programación tercera etapa parte 1.

En la etapa inicial de programación, se establecieron parámetros y secuencias operativas específicas para cumplir con los requisitos de producción deseados.

Los tiempos de activación y desactivación de los dispensadores fueron calibrados con precisión para regular la cantidad exacta de jalea o arequipe suministrada a cada casco. Esta sincronización temporal se logró mediante la programación del sistema de control I/O, en conjunto con la detección de los sensores infrarrojos ubicados estratégicamente a los costados de las bandas.

Al detectar los cascos, los sensores envían una señal que acciona la secuencia de dispensado preprogramada. Los dispensadores se encienden durante un intervalo de tiempo específico, aplicando una cantidad controlada del ingrediente líquido sobre el casco o galleta en movimiento. Luego, se apagan automáticamente, preparándose para el próximo ciclo.

Esta sincronización temporal optimizada, junto con el control preciso de las cantidades dispensadas, permiten maximizar el aprovechamiento de los materiales, reduciendo significativamente el desperdicio. Además, al estandarizar las porciones, se logra una mayor consistencia en la calidad del producto final.

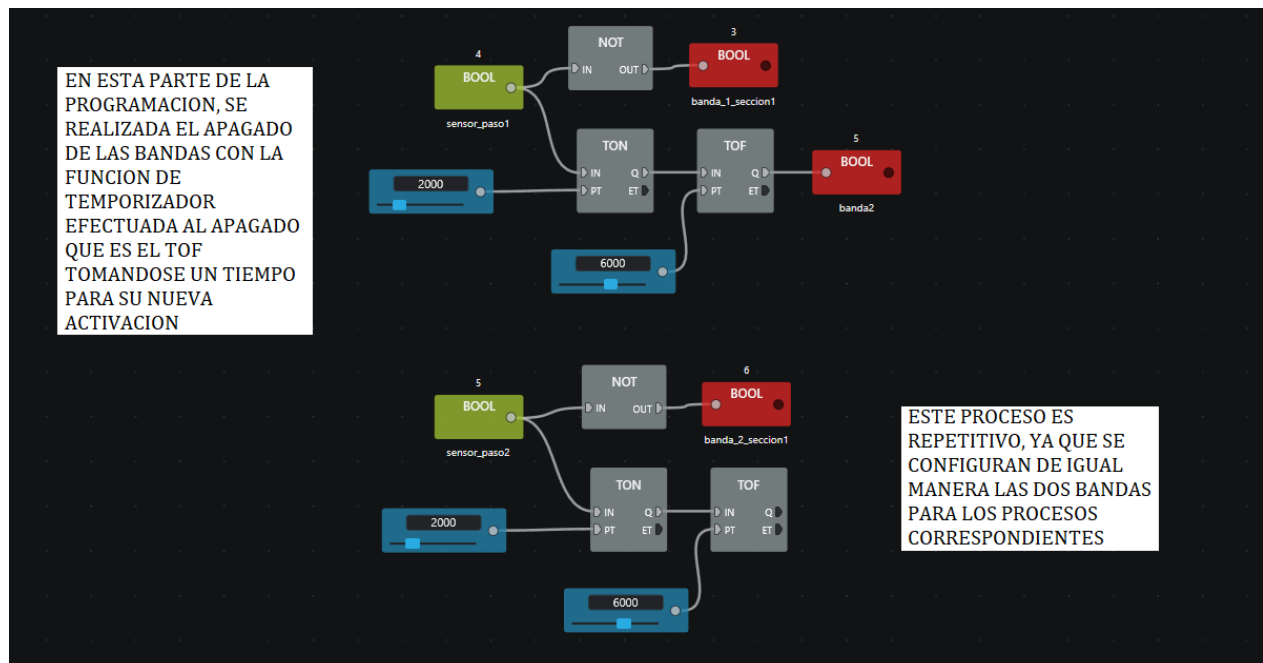


Ilustración 25. Programación tercera etapa parte 2.

Ilustración 26. Grafcet etapa 3.

GRAFSET ETAPA 4:

PARTE 1:

Esta ilustración representa la lógica secuencial de control para un proceso automatizado de paletizado y organizado de cajas sobre estibas. Involucra los siguientes componentes principales: una banda transportadora de cajas (BC), una banda transportadora de estibas (BE), una compuerta (C), dos contadores (C1 y C2), cuatro pistones neumáticos (P1 paleta, P2 empuje, P3 organizador y P4 arriba/abajo), y tres sensores de proximidad (S1, S2, S3), además de temporizadores (T1, T2, T3) y acciones de marcha, paro y rearme.

La secuencia comienza con la inicialización (etapa 0) que requiere la activación de marcha para la activación simultanea de BE y BC (etapas 1 y 2) y cuando cada sensor se active por ejemplo para el S1 se organizará de a 3 cajas (etapa 3) hasta llegar a un total de 9 cajas (etapa 6) activando cada uno de los pistones, como se observa en la ilustración, y para S2, solo dará la desactivación de la banda de estibas.

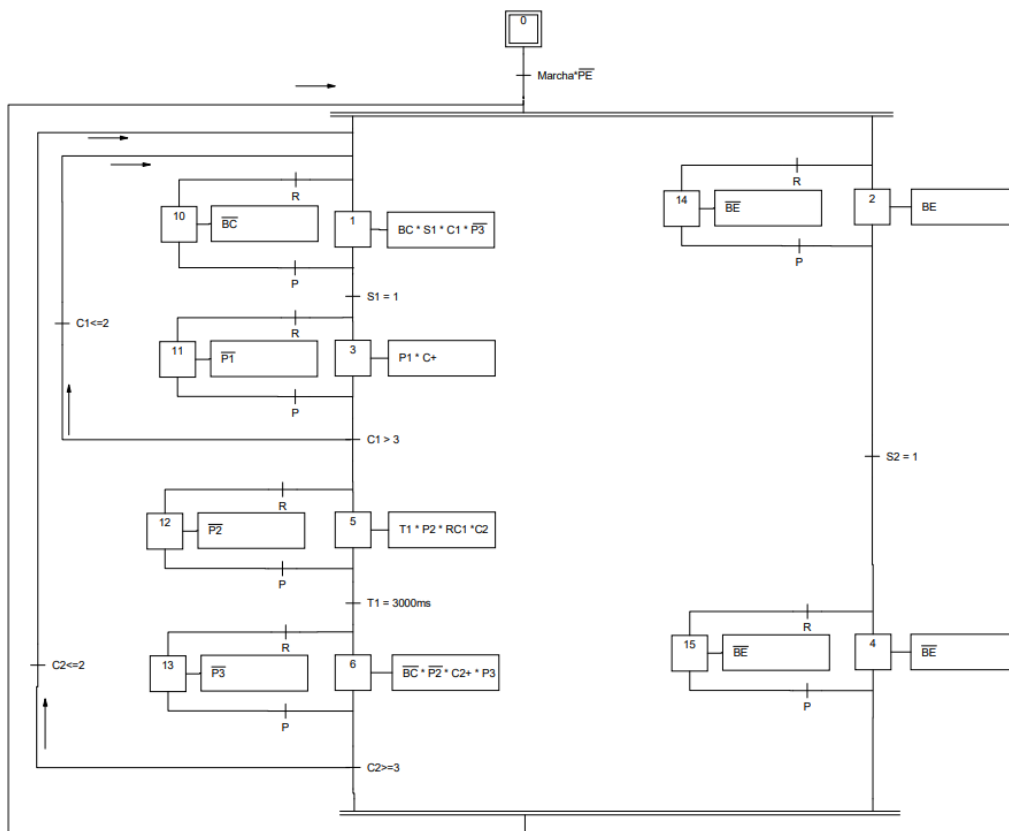


Ilustración 27. Grafset etapa 4 parte 1.

PARTE 2:

Esta ilustración se observa desde la etapa 7, si ya se encuentran las 9 cajas y el S2 está activo, se activan los pistones P4 (arriba/abajo) y se resetea C2 para que se mantenga dentro del bucle. La etapa 8 activa la compuerta C con un temporizador T2. La etapa 9 baja el pistón P4 sobre la estiba con un temporizador T3 para así poder llegar a su estado final, las etapas 10 a 18 representan condiciones de paro, rearme y transiciones condicionadas por los distintos componentes.

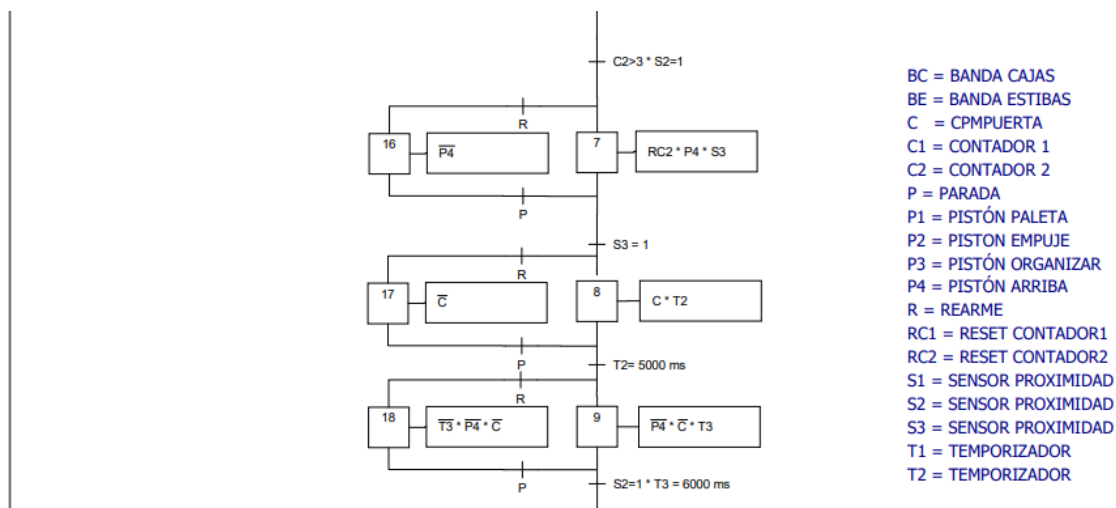


Ilustración 28. Grafcet etapa 4 parte 2.

9.5.4. CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES MEDIANTE UNA HERRAMIENTA OFIMÁTICA.

En esta parte se realizará una identificación y caracterización detallada de todas las variables que intervienen en el sistema de automatización propuesto para la fábrica El Gran Diamante. Esto implica listar de forma organizada en una hoja de cálculo cada uno de los componentes como sensores, actuadores, contadores, temporizadores, bandas transportadoras, entre otros elementos de campo.

Para cada variable listada, se especificarán sus principales parámetros y características, como, por ejemplo:

- Nombre/identificador de la variable
- Tipo de variable (entrada/salida, analógica/digital, etc.)

- Descripción breve dentro del proceso
- Dirección de canal.

ETAPA 3:

A continuación, se observa una tabla que caracteriza las variables involucradas en un sistema de automatización. Las columnas indican el tipo de variable (entradas, salidas, memoria, temporizadores), su sigla identificadora, el elemento asociado y el nombre de la variable asignada. Se listan variables como pulsadores, sensores, bandas transportadoras, dosificadores, etapas de control del proceso y temporizadores configurados. Esta tabla organizada permite tener un registro completo de todas las variables del sistema para facilitar su posterior programación y configuración.

Tipo	Sigla	Elemento	Variable
Entradas	M	Pulsador de encendido	I0.0
Entradas	PE	Paro de emergencia	I0.1
Entradas	S1	Sensor contador cajas	I0.2
Entradas	S2	Sensor detección de estiba	I0.3
Entradas	P	Parada de cada etapa	I0.4
Entradas	R	Rearme de cada etapa	I0.5
Salidas	B1	Banda transportadora casco jalea	Q0.0
Salidas	B2	Banda transportadora casco arequipe	Q0.1
Salidas	B3	Banda transportadora cajas	Q0.2
Salidas	D_IZQ	Dosificador banda jalea	Q0.3
Salidas	D_DER	Dosificador banda arequipe	Q0.4
Memoria	E0	Etapas de Stand by / Inicio	M0,0
Memoria	E1	Etapas de detección cajitas y activación banda	M0,1
Memoria	E2	Etapas de activación banda estibas	M0,2
Memoria	E3	Etapas de activación pistón paleta	M0,3
Memoria	E4	Etapas de apagado banda estibas	M0,4
Memoria	E5	Etapas de activación pistón empuje	M0,5
Memoria	E6	Etapas de parada	M0,6
Memoria	E7	Etapas de parada	M0,7
Memoria	E8	Etapas de parada	M1.0
Memoria	E9	Etapas de parada	M1.1
Memoria	E10	Etapas de parada	M1.2
Temporizador1	T1	TON de 2s	t2s
Temporizador2	T2	TON de 2s	t2s

Ilustración 29. Caracterización etapa 3

ETAPA 4:

A continuación, se observa una tabla que caracteriza las variables involucradas en un sistema de automatización. Las columnas indican el tipo de variable (entradas, salidas, memoria, temporizadores), su sigla identificadora, el elemento asociado y el nombre de la variable asignada. Se listan variables como pulsadores, sensores, bandas transportadoras, pistones, etapas de control del proceso y temporizadores configurados. Esta tabla organizada permite tener un registro completo de todas las variables del sistema para facilitar su posterior programación y configuración.

Entradas	M	Pulsador de encendido	I0.0
Entradas	PE	Paro de emergencia	I0.1
Entradas	S1	Sensor contador cajas	I0.2
Entradas	S2	Sensor detección de estiba	I0.3
Entradas	S3	Sensor apertura de compuerta	I0.4
Salidas	BC	Banda transportadora de cajas	Q0.0
Salidas	BE	Banda transportadora de estibas	Q0.1
Salidas	P1	Pistón paleta para voltear la caja	Q0.2
Salidas	P2	Pistón empuje 3 cajas	Q0.3
Salidas	P3	Pistón organizar	Q0.4
Salidas	P4	Pistón subir estiba	Q0.5
Salidas	C	Compuerta para ubicar las 9 cajas en la estiba	Q0.6
Memoria	E0	Etapas de Stand by / Inicio	M0,0
Memoria	E1	Etapas de detección cajitas y activación banda	M0,1
Memoria	E2	Etapas de activación banda estibas	M0,2
Memoria	E3	Etapas de activación pistón paleta	M0,3
Memoria	E4	Etapas de apagado banda estibas	M0,4
Memoria	E5	Etapas de activación pistón empuje	M0,5
Memoria	E6	Etapas de activación pistón organizar	M0,6
Memoria	E7	Etapas de activación subir estiba	M0,7
Memoria	E8	Etapas de apertura compuerta	M1.0
Memoria	E9	Etapas de desactivado piston 4	M1.1
Memoria	E10	Etapas de parada	M1.2
Memoria	E11	Etapas de parada	M1.3
Memoria	E12	Etapas de parada	M1.4
Memoria	E13	Etapas de parada	M1.5
Memoria	E14	Etapas de parada	M1.6
Memoria	E15	Etapas de parada	M2.0
Memoria	E16	Etapas de parada	M2.1
Memoria	E17	Etapas de parada	M2.2
Memoria	E18	Etapas de parada	M2.3
Temporizador1	T1	TON de 3s	t3s
Temporizador2	T2	TON de 5s	t5s
Temporizador3	T3	TON de 6s	t6s

Ilustración 30. Caracterización etapa 4.

9.5.5. PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE LADDER.

Finalmente, en base a los diagramas Grafcet obtenidos, se programará la lógica de control del proceso automatizado utilizando el lenguaje de programación Ladder, el cual podrá ser cargado posteriormente en el PLC, de esta manera, se cubrirán los aspectos clave del diseño y simulación virtual previa a la implementación física del sistema de automatización propuesto para El Gran Diamante. Pasemos a detallar cada uno de estos puntos.

ETAPA 3:

La siguiente ilustración representa la parte inicial en donde se encuentra la programación en memoria de las diferentes etapas del proceso automatizado encontradas en el GRAFCET 3. Cada etapa secuencial del proceso se ha asignado a una dirección de memoria específica del controlador lógico programable (PLC).

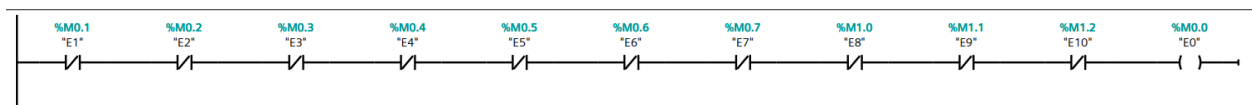


Ilustración 31. Programación de las etapas del dosificador.

La ilustración a continuación, representa la asignación de dirección para la activación de los sensores de proximidad dentro de la secuencia de control del proceso automatizado. Estos sensores enviarán señales digitales (1 o 0) que actuarán como condiciones de transición entre las diferentes etapas del GRAFCET.

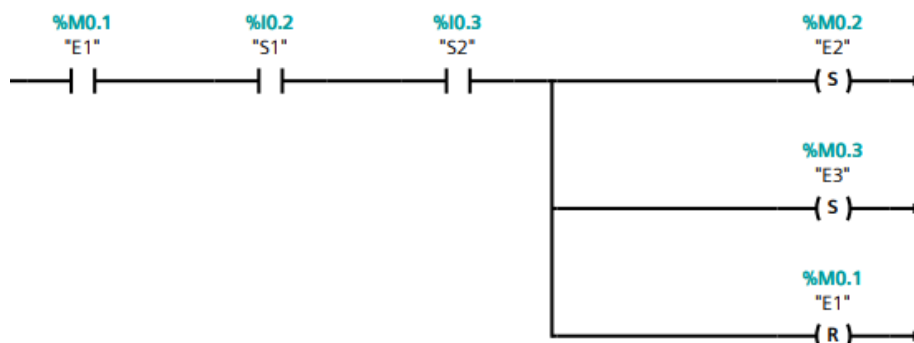


Ilustración 32. Lectura de sensores.

Esta ilustración muestra la asignación para las etapas de parada de emergencia que se encuentran presentes en cada una de las etapas del proceso automatizado. Específicamente, la condición de parada está representada con la letra "P" en el diagrama, esto significa que durante la ejecución de cualquier etapa del GRAFCET, si se activa la entrada de parada (por ejemplo, al presionar un pulsador de parada de emergencia), el bit se pondrá en estado lógico "1", deteniendo inmediatamente todas las acciones y transiciones de la etapa actual y paralizando el proceso de forma segura.

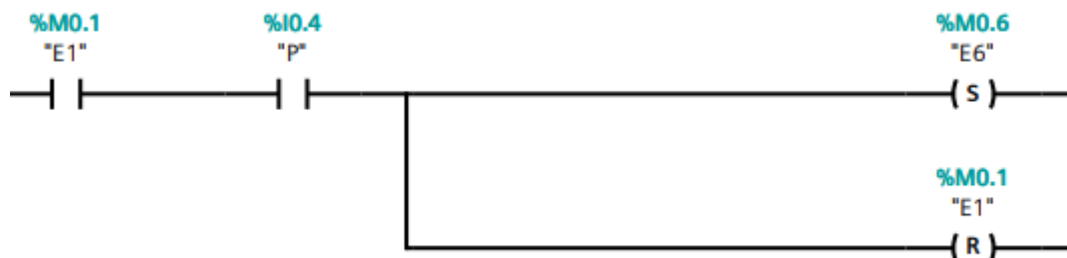


Ilustración 33. Etapa de parada.

Por otro lado, después de una parada de emergencia, es necesario un procedimiento de rearme para reiniciar el proceso de forma controlada. Esta etapa de rearme se representa con la letra "R" y se asigna una dirección para las etapas como se muestra en la ilustración, al activar la entrada de rearme (por ejemplo, mediante un pulsador), se establece el bit en estado lógico "1", lo que permite resetear la condición de parada y restablecer el sistema a un estado inicial o de reposo seguro, listo para ser reiniciado nuevamente.

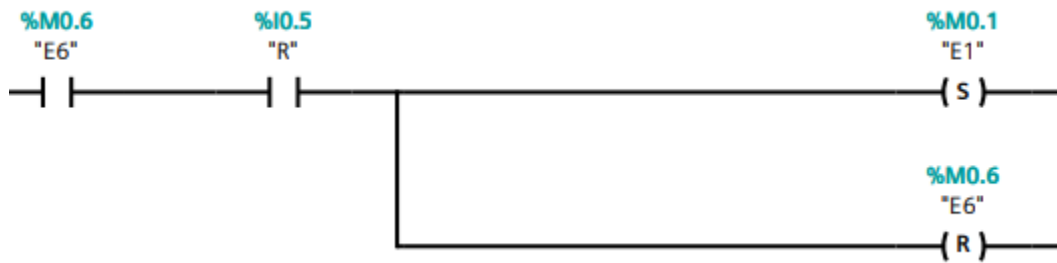


Ilustración 34. Etapa de rearme.

Etapa 4:

Para la etapa 4 donde se encuentra el paletizado de cajas, a continuación, se observa una representación de la parte inicial en donde se encuentra la programación en memoria de las diferentes etapas del proceso automatizado encontradas en el Grafcet. Cada etapa secuencial del proceso se ha asignado a una dirección de memoria específica del controlador lógico programable (PLC), aquí se encuentra desde las etapas principales hasta las etapas de parada y rearme.



Ilustración 35. Programación de las etapas del paletizador.

Al ser un Grafcet que funciona de forma secuencial, es decir, se activan etapas al tiempo donde podemos observar otra parte fundamental de la programación como lo es la lectura de sensores que responden con señales digitales (1 o 0) que dan activación a las etapas posteriores.

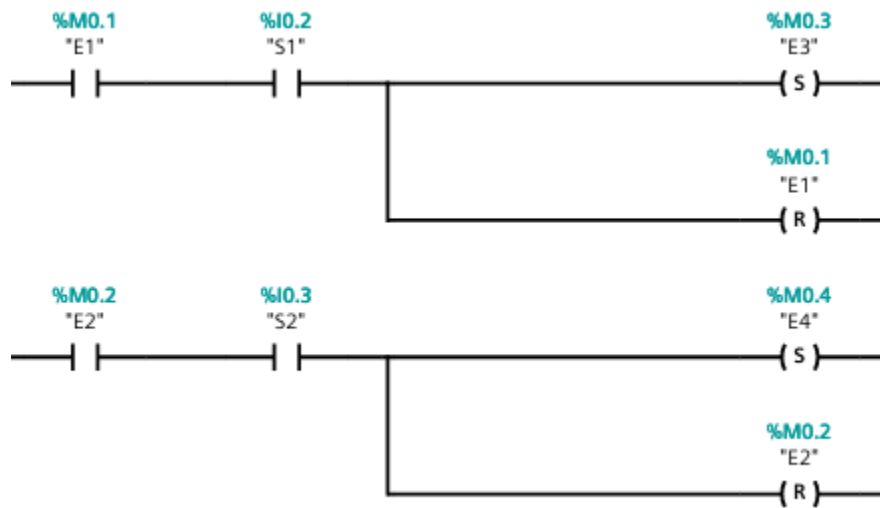


Ilustración 36. Lectura de sensores.

Siguiendo cada etapa del Grafcet, donde se empieza con la lectura del sensor S1 cada vez que detecte se mantiene en bucle hasta que el contador tenga un total de 3 cajas, luego de llegar al número de cajas solicitado se activan las siguientes etapas para darle continuación al proceso.

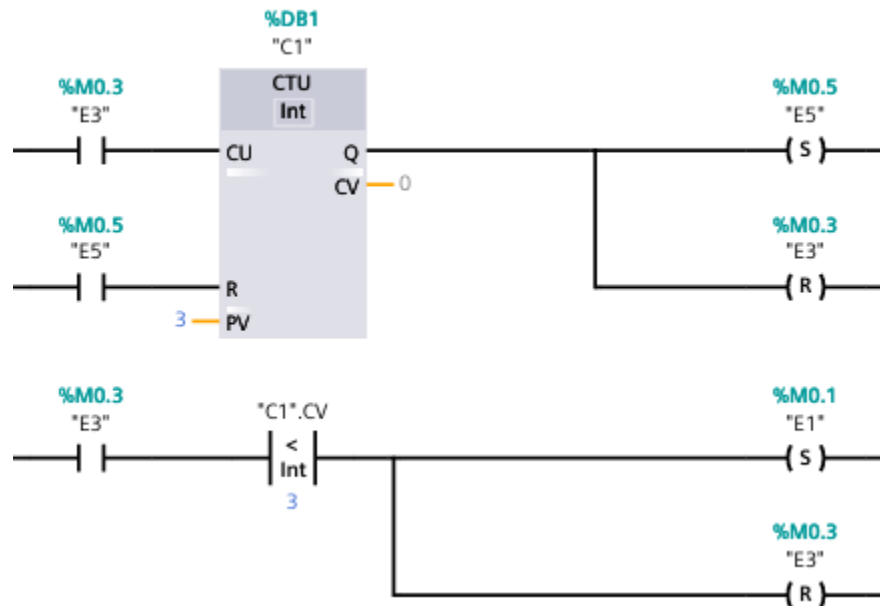


Ilustración 37. Contador de 3 cajas.

Pasa lo mismo en la ilustración a continuación, solamente que repite el bucle 3 veces más hasta llegar a un total de 9 cajas, esto para tener un proceso más optimo en el menor tiempo posible

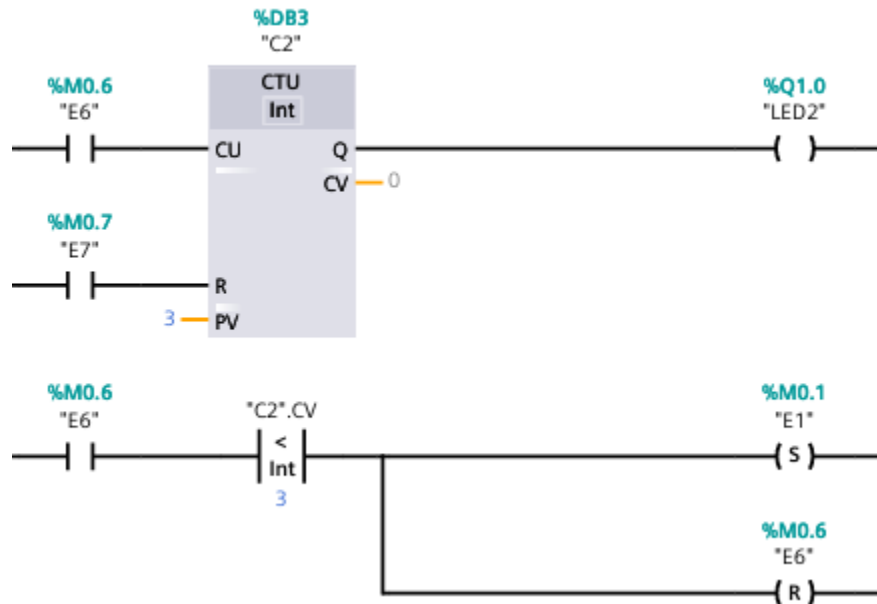


Ilustración 38. Contador 9 cajas.

Un ejemplo de todos los actuadores que se activan teniendo en cuenta cada una de las etapas, a continuación, se observa teniendo en cuenta el Grafcet la activación del pistón 1 y la banda de cajas, asimismo funciona para cada una de las etapas propuestas en este proceso de paletizado.

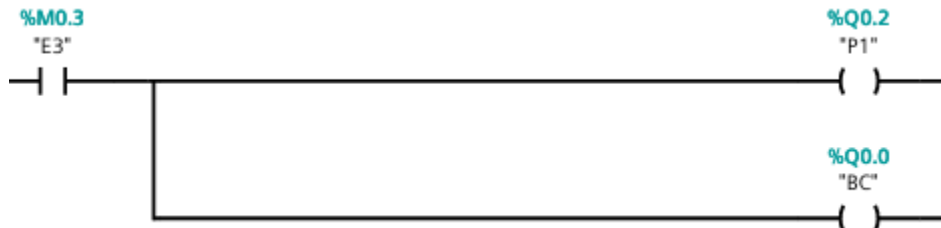


Ilustración 39. Actuadores.

Las etapas de parada de emergencia (Ilustración 31) y de rearme (Ilustración 32) previstas en esta etapa se hicieron de igual manera a la etapa 3 de dosificación.

10.ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El presente proyecto de automatización abarcó un estudio exhaustivo de los procesos de producción actuales en la fábrica de herpos "El Gran Diamante", identificando oportunidades de mejora y áreas susceptibles a la implementación de soluciones automatizadas. Mediante un enfoque metódico y sistemático, se evaluaron diversas tecnologías disponibles en el mercado, seleccionando aquellas que ofrecían el mejor ajuste para optimizar la eficiencia, calidad y productividad de la empresa.

Uno de los principales hallazgos del análisis inicial fue la identificación de los procesos de dosificación de jalea y arequipe, así como el empaquetado final, como etapas críticas que requerían atención prioritaria. Estos procesos, anteriormente realizados de manera manual o semiautomática, presentaban desafíos significativos en términos de consistencia, calidad y eficiencia.

El diseño propuesto contempla la automatización de estas etapas mediante la implementación de sistemas de dosificación controlados por PLC, bandas transportadoras, sensores de proximidad y actuadores neumáticos. La simulación virtual detallada en 3D y la programación en lenguaje Ladder permitieron validar y optimizar el funcionamiento del sistema antes de su implementación física.

Los resultados obtenidos a través de las simulaciones y el análisis financiero detallado sugieren que la implementación de la solución de automatización propuesta tendría un impacto positivo significativo en diversos aspectos clave de la operación de la fábrica.

En primer lugar, se proyecta un aumento sustancial en la eficiencia y productividad general del proceso. La automatización de las etapas de dosificación y empaquetado permitiría reducir los tiempos de ciclo, minimizar los errores humanos y garantizar una mayor consistencia en la calidad del producto final. Según los cálculos realizados, se estima que la capacidad de producción anual podría alcanzar las 66.000 cajas de herpos, lo que representa un incremento significativo en comparación con los niveles actuales.

Además, la implementación de la solución de automatización contribuiría a una reducción notable en los costos operativos, particularmente en lo que respecta a los gastos relacionados con la mano de obra. Al automatizar tareas repetitivas y de alto volumen, se minimizaría la necesidad de personal dedicado exclusivamente a estas etapas, lo que se traduciría en ahorros sustanciales a largo plazo.

Otro beneficio clave sería la mejora en la calidad y consistencia del producto final. Al estandarizar y controlar de manera precisa los procesos de dosificación y empaquetado, se garantizaría una distribución uniforme de los rellenos y una presentación impecable de los productos terminados, cumpliendo con los más altos estándares de calidad y satisfaciendo las expectativas de los consumidores.

Desde una perspectiva ambiental, la optimización de los procesos a través de la automatización podría contribuir a una reducción en el desperdicio de materiales y recursos, promoviendo así prácticas más sostenibles y reduciendo el impacto ambiental de la operación.

Finalmente, el análisis financiero detallado respalda la viabilidad económica del proyecto. Aunque la inversión inicial es considerable, se estima que el retorno de la inversión se alcanzaría en un período razonable, gracias a los ahorros operativos y el aumento en la productividad y ventas proyectadas.

11. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

El presente estudio de prefactibilidad técnica y diseño de automatización para la fábrica de herpos "El Gran Diamante" ha demostrado ser un proyecto viable y prometedor. La implementación de la solución propuesta, enfocada en la automatización de las etapas de dosificación y empaquetado, tendría un impacto positivo significativo en la eficiencia, calidad, productividad y rentabilidad de la empresa.

Los resultados obtenidos a través de las simulaciones y análisis financieros respaldan la factibilidad técnica y económica del proyecto, proyectando un aumento sustancial en la capacidad de producción, una reducción en los costos operativos y una mejora en la calidad y consistencia del producto final.

No obstante, es importante destacar que la implementación exitosa del proyecto requerirá una gestión cuidadosa y una integración adecuada con los procesos y recursos existentes en la fábrica. Será fundamental contar con personal capacitado y comprometido, capaz de operar y mantener los sistemas automatizados de manera eficiente y segura.

En cuanto a los trabajos futuros, se recomienda explorar la posibilidad de extender la automatización a otras etapas del proceso de producción, como la preparación de la masa y el horneado de las obleas. Esto permitiría optimizar aún más la eficiencia global de la operación y aprovechar al máximo los beneficios de la automatización.

Además, sería beneficioso considerar la implementación de sistemas de monitoreo y control en tiempo real, lo que brindaría una visibilidad completa del proceso y permitiría realizar ajustes y optimizaciones de manera continua. Esto podría lograrse mediante la integración de sensores adicionales, sistemas de adquisición de datos y software de análisis avanzado.

12. REFERENCIAS

"Industria alimentaria". Autor: Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: Concepto.de. Disponible en: Fuente: <https://concepto.de/industria-alimentaria/#ixzz8Y5M49kk8>

Berríos, J. C. (2023, 21 septiembre). Controladores lógicos programables (PLC): conceptos básicos, tipos y aplicaciones. Fuente: <https://telcomplus.org/controladores-logicos-programables/>

Prezi, C. V. O. (s. f.). HERPO. prezi.com. Fuente: https://prezi.com/2_oycrdujqku/herpo/

AUTEXOPEN (2022, julio 6). Qué es un sistema SCADA? Fuente: [https://www.autex-open.com/automatizacion-industrial/que-es-un-sistema-scada-informacion-completa/#:~:text=Un%20sistema%20SCADA%20\(Supervisory%20Control,de%20datos%20en%20tiempo%20real.](https://www.autex-open.com/automatizacion-industrial/que-es-un-sistema-scada-informacion-completa/#:~:text=Un%20sistema%20SCADA%20(Supervisory%20Control,de%20datos%20en%20tiempo%20real.)

SDI. (2023, julio 14). DCS. Fuente: <https://sdindustrial.com.mx/blog/dcs/>

Aula. (2023, 17 mayo). Sensores Industriales: ¿Por qué son importantes? aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-son-los-sensores-de-automatizacion-industrial/#:~:text=En%20t%C3%A9rminos%20simples%2C%20los%20sensores,cantidad%20f%C3%ADstica%20espec%C3%ADfica%20.>

SDI. (2023, 8 noviembre). ¿Qué es un PLC, cómo funciona y cuáles son sus ventajas? Fuente: <https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-plc/>

Redes Industriales: que son, principales tipos y su utilidad. (s. f.-b). Fuente: <https://www.universal-robots.com/mx/blog/redes-industriales-que-son-principales-tipos-y-su-utilidad/>

Ritha, M., & Nedumaran, g. (2024). Robotics Revolution: Transforming The Food Industry Through Automation And Innovation. SSRN electronic journal Fuente: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4758029>

WeMaster. (s. f.). Comunidad académica Ingeniería Electrónica. Fuente: <https://santototunja.edu.co/comunidad-electronica#phd-m-sc-esp-ing-luis-fredy-sosa-quintero>

WeMaster. (s.f.-b). Comunidad académica Ingeniería Electrónica. Fuente: <https://santototunja.edu.co/comunidad-electronica#m-sc-ing-carlos-alberto-cardona-coy>

Nedumaran, G., & Ritha, M. (2024). ROBOTICS REVOLUTION: TRANSFORMING THE FOOD INDUSTRY THROUGH AUTOMATION AND INNOVATION. ResearchGate. Fuente:

https://www.researchgate.net/publication/378908096_ROBOTICS_REVOLUTION_TRANSFORMING_THE_FOOD_INDUSTRY_THROUGH_AUTOMATION_AND_INNOVATION

Hwa, L. S., & Chuan, L. T. (2024). A Brief Review of Artificial Intelligence Robotic in Food Industry. *Procedia Computer Science*, 232, 1694-1700. Fuente: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.167>

Παπαδόπουλος, A. I., & Seferlis, P. (2013). Automation for a sustainable food industry: computer aided analysis and control engineering methods. En *Elsevier eBooks* (pp. 441-485). Fuente: <https://doi.org/10.1533/9780857095763.2.441>

Premier Foodservice Equipment | Hobart. (s.f.). Premier Foodservice Equipment | Hobart. Fuente: <https://www.hobartcorp.com/>

Bühler Bogotá | Bühler Colombia. (s.f.). Bühler Group | Innovations for a better world. Fuente: <https://www.buhlergroup.com/global/es/locations/Colombia-Bogota.html>

Mouser Electronics. (s.f.). Fuente: <https://co.mouser.com/>

GEA – engineering for a better world. (s.f.). GEA – engineering for a better world. Fuente: <https://www.gea.com/es/>

Admin. (2022, 14 febrero). ¿Cuánto porcentaje de imprevistos debe incluirse en el presupuesto? TutoManiac. Fuente: <https://tutomaniac.com/cuanto-porcentaje-de-imprevistos-debe-incluirse-en-el-presupuesto/#:~:text=Proyectos%20est%C3%A1ndar%3A%20Para%20proyectos%20est%C3%A1ndar%20o%20de%20baja,y%20un%2015%25%20del%20presupuesto%20total%20para%20imprevistos.>

Hwa, L. S., & Chuan, L. T. (2024). A Brief Review of Artificial Intelligence Robotic in Food Industry. *Procedia Computer Science*, 232, 1694-1700. Fuente: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.167>

SIEMENS AG. (2019). Valves and actuators: Acvatix hydraulics. Everything under control. Suiza. Recuperado de: Fuente: <https://new.siemens.com>

Ecured. 2017. Industria alimentaria. Fuente: https://www.ecured.cu/Industria_Alimentaria

D. Berkowitz. 2014. Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo. Procesos de la industria alimentaria. Disponible en: Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/67.pdf>

Fidel Mariscal. 2014. Automatización industrial integral de maquinaria para la mejora de la productividad. Milenio. 21 de octubre de 2014. Disponible en: Fuente

http://www.milenio.com/firmas/columna_ciencia_y_tecnologia_columna_ciencia_y_tecnologia/Automatizacion-industrial-integral-maquinariaproductividad_18_394940575.html

Habasit. 2017. Catálogo de bandas transportadoras alimentarias. 20 de julio de 2017.

Fuente: <http://www.habasit.com/es/index.htm>

CABALLERO, José Orlando. Automatización industrial. Manual de prácticas de laboratorio. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana: 2008.