

# **TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO**

**VIDA NUEVA**

**SEDE MATRIZ**



**TECNOLOGÍA SUPERIOR UNIVERSITARIA EN AUTOMATIZACIÓN E**

**INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA APLICADA A**

**LA AUTOMATIZACIÓN DE UN TOMBLER**

**PRESENTADO POR**

**DE LA CRUZ PAUCAR CRISTIAN SAUL**

**ALBAN FLORES CRISTHIAN JOEL**

**TUTOR**

**ING. RUIZ GUANGAJE CARLOS RODRIGO MG.**

**FECHA**

**MARZO 2024**

**QUITO – ECUADOR**

### **Certificación del Tutor**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Diseño y construcción de un interfaz hombre maquina aplicada a la automatización de un tombler”, presentado por los ciudadanos De la Cruz Paucar Cristian Saul y Alban Flores Cristhian Joel, para optar por el título de Tecnólogo Superior Universitario en Automatización e Instrumentación, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de marzo de 2024.

---

Tutor: Mg. Ruiz Guangaje Carlos Rodrigo

C.I.: 0604030635

### **Aprobación del Tribunal**

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Diseño y construcción de un interfaz hombre maquina aplicada a la automatización de un tompler”, presentado por los ciudadanos De la cruz Paucar Cristian Saul y Alban Flores Cristhian Joel, facultado en la carrera Tecnología Superior Universitaria en Automatización e Instrumentación.

Para constancia firman:

---

C.I.:  
**DOCENTE TUVN**

---

C.I.:  
**DOCENTE TUVN**

---

C.I.:  
**DOCENTE TUVN**

### **Cesión de Derechos de Autor**

Yo, De la Cruz Paucar Cristian Saul portador de la cédula de ciudadanía 1721859625 y Alban Flores Cristhian Joel portador de la cedula de identidad 1725394587, facultados en la carrera de Tecnología Superior Universitaria en Automatización e Instrumentación autores de esta obra, certificamos y proveemos al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Diseño y construcción de un interfaz hombre maquina aplicada a la automatización de un tompler”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de nuestro proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-Sin Derivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de marzo de 2024.

---

Cristian Saul De la Cruz Paucar  
C.I.: 1721859625

---

Cristhian Joel Alban Flores  
C.I.: 1725394587

### **Dedicatoria**

Dedico este proyecto de aplicación práctica a mis padres, cuya dedicación y sacrificio han sido la luz que ha guiado cada paso de mi camino en este viaje académico. También a mi querido hijo, quien ha sido mi motivación constante, y a mi pareja, por su inquebrantable apoyo y comprensión. Sin ustedes, este logro no sería posible.

Cristian Saul De la Cruz Paucar

En esta meta de estudiar Automatización e Instrumentación, la dedico a mis padres por su apoyo incondicional en la parte moral para llegar a ser un profesional, mi gratitud será eterna. Dedico también esta meta a mi esposa por el apoyo, las desveladas que con toda la paciencia y ganas estuvo ahí apoyándome en todo momento y trayecto de esta carrera curricular a todos los compañeros y amigos que me brindaron sus conocimientos y apoyo cuando más se necesitó a lo largo de esta carrera.

Cristhian Joel Alban Flores

### **Agradecimiento**

Agradezco a mi familia por su amor incondicional y apoyo emocional durante este viaje. Su aliento ha sido fundamental agradezco a mis amigos y compañeros de estudio por su amistad, ánimo y ayuda práctica en momentos clave. Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que participaron en este estudio, cuyas contribuciones han enriquecido significativamente mi trabajo. ¡Gracias a todos los que hicieron posible este logro!"

Agradezco al Ing. Carlos Ruiz Mg. y los docentes de la carrera de Electromecánica del Instituto Tecnológico Universitario Vida Nueva por enseñar todo lo que sé y más que eso, por guiarme para ser una mejor persona y profesional. También doy gracias a mis amigos y compañeros por los agradables momentos que hemos vivido.

Cristian Saul De la Cruz Paucar

Gracias Dios por brindarme salud, vida, conocimientos para poder culminar esta gran y anhelada carrera, agradezco infinitamente a mis padres, hermanos, que siempre estuvieron ahí apoyándome, a mi querida esposa que siempre estuvo ahí incondicionalmente siendo mi mayor fuente de inspiración.

Agradezco a los docentes del Instituto Tecnológico Superior Universitario "Vida Nueva" por brindarme los conocimientos obtenidos por haberme formado de una manera profesional para poder brindar mis conocimientos a las empresas. Agradezco a la empresa EMBUTSER por permitirnos realizar el proyecto, gracias a ellos se pudo realizar con mayor éxito nuestro proyecto.

Cristhian Joel Alban Flores

**Tabla de contenido**

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Antecedentes	13
Justificación	14
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Marco Teórico	16
Mecánica	16
Electrónica	17
Automatización	17
Motor AC	18
Fuente DC	19
Sistema de Control	20
Tomblor	20
Contactor	21
Guarda motor	22
Programación	23
Interfaz	23
PLC	24
Metodología y Desarrollo del Proyecto	26

	8
Análisis Dimensional de la Ubicación del Tombler	27
Programación del PLC en Siemens	28
Programación del HMI	30
Armado del Tablero del Tombler	33
Propuesta	38
Pruebas de Conexiones	38
Prueba del PLC	39
Pruebas del HMI	39
Conclusiones	41
Recomendaciones	42
Referencias	43
Anexos	45



## Resumen

La modernización del proceso de tomblar mediante la automatización representa una estrategia esencial para incrementar la eficiencia y la calidad en la producción industrial. Este análisis explora las ventajas de aplicar sistemas automatizados en el proceso de tombleado, enfocándose en la mejora de la operatividad y la disminución de los tiempos de producción. Se evalúan diversas estrategias de automatización, incluido el empleo de sensores, actuadores, sistemas de control avanzados, junto con métodos de programación y algoritmos para optimizar la operación. Los hallazgos revelan un incremento significativo en la productividad y uniformidad del proceso, subrayando el papel fundamental de la automatización en el sector manufacturero. Este análisis ofrece orientaciones concretas para la adopción eficaz de tecnologías automatizadas mediante el uso de PLC y HMI en el proceso de tombleado, resaltando tanto sus ventajas como los posibles desafíos. La mejora en la eficiencia de este proceso se facilita a través de un manejo automatizado e intuitivo, empleando un enfoque de investigación cuantitativa para confirmar mejoras sustanciales en los tiempos de producción. Los datos se recopilan mediante un método experimental, lo que permite una evaluación precisa de los avances en eficiencia en esta parte del proceso de producción. Así, la actualización de los sistemas productivos mediante la integración de tecnologías avanzadas evidencia la capacidad de mejora continua que ofrecen los nuevos avances tecnológicos en estos procesos.

**Palabras Clave:** AUTOMATIZACIÓN, PROCEDIMIENTOS, TOMBLEADO, CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

## **Abstract**

The modernization of the tumbling process through automation represents an essential strategy to increase efficiency and quality in industrial production. This analysis explores the advantages of applying automated systems in the tumbling process, focusing on improving operability and reducing production times. Various automation strategies are evaluated, including the use of sensors, actuators, advanced control systems, along with programming methods and algorithms to optimize operation. Findings reveal a significant increase in productivity and process uniformity, underscoring the fundamental role of automation in the manufacturing sector. This analysis provides specific guidance for the effective adoption of automated technologies using PLC and HMI in the tumbling process, highlighting both their advantages and potential challenges. The improvement in process efficiency is facilitated through automated and intuitive handling, employing a quantitative research approach to confirm substantial improvements in production times. Data is collected through an experimental method, allowing for an accurate assessment of efficiency advancements in this part of the production process. Thus, the updating of productive systems through the integration of advanced technologies demonstrates the continuous improvement potential offered by new technological advancements in these processes.

**Keywords:** AUTOMATION, PROCEDURES, TUMBLING, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER.

## Introducción

Dentro de la industria de alimentos, la implementación de sistemas automatizados es esencial para mejorar la eficiencia de los procesos y asegurar la calidad de los productos entregados. Un procedimiento fundamental en la elaboración de productos alimenticios, especialmente en lo que respecta a carnes marinadas. Esta técnica implica la mezcla uniforme de ingredientes a través de la rotación constante de un cilindro, lo que permite una distribución equitativa de los condimentos y sabores, asegurando que cada pieza de carne se impregne perfectamente (Reyna, 2021).

En este contexto, el presente trabajo de investigación se enfoca en la automatización del proceso de tombleado mediante una interfaz hombre máquina, explorando cómo la implementación de tecnologías avanzadas puede mejorar la eficiencia, la consistencia y la seguridad en la producción de alimentos. El objetivo principal es desarrollar un sistema automatizado que optimice el proceso de tiempos de tombleado, reduciendo los tiempos de producción.

En primer lugar, se examinará el proceso tradicional y se identificarán los principales desafíos asociados, como la variabilidad en los tiempos de mezclado y la necesidad de supervisión constante por parte del personal. A continuación, se explorarán las tecnologías de interfaz disponibles, con el fin de determinar las soluciones más adecuadas para el proceso. Posteriormente, se llevará a cabo el diseño y construcción de un interfaz, que integrará las tecnologías seleccionadas y se probará en condiciones reales de producción. Se evaluará el rendimiento del sistema en términos de eficiencia, precisión y seguridad, comparándolo con el proceso tradicional y destacando sus beneficios potenciales para la industria alimentaria.

Finalmente, se discutirán las implicaciones prácticas y las recomendaciones para la implementación de sistemas automatizados con recetas establecidas, con el objetivo de promover la adopción de estas tecnologías y mejorar la competitividad de las empresas en el mercado global.

## Antecedentes

El interés en la automatización industrial ha ido en aumento en los últimos años, destacándose por su potencial para incrementar la eficiencia, calidad y seguridad de los procesos productivos. Esto no excluye a la industria alimentaria, donde la implementación de tecnologías automatizadas en equipos como los tomblers ha captado la atención de muchos investigadores y estudios especializados (Industrias GSL, 2020).

Conocido en el sector alimenticio tanto como tompler o tambor giratorio, este dispositivo se emplea para mezclar, secar, o aplicar recubrimientos a los productos. Históricamente, su manejo ha sido manual o semiautomático, situaciones que pueden provocar inconsistencias en los resultados, extender los tiempos de producción y presentar riesgos para la seguridad de los operarios (Tedmaq, 2023).

Investigaciones anteriores han resaltado las ventajas que la automatización puede aportar a los procesos de tombleado, tales como la disminución en los tiempos de operación, el aumento de la uniformidad en la calidad del producto y la reducción de los peligros en el ambiente de trabajo. Asimismo, el desarrollo de tecnologías avanzadas, incluyendo la robótica, el reconocimiento visual y la gestión automatizada de procesos, ha presentado oportunidades innovadoras para la automatización de este tipo de maquinaria (Begnini et al., 2022).

Sin embargo, la implementación de la automatización en un tompler presenta desafíos específicos, como la adaptación de los sistemas a las características particulares de cada producto y proceso, la integración con equipos existentes y la garantía de la seguridad alimentaria.

En este contexto, esta tesis se propone investigar las mejores prácticas y tecnologías disponibles para la automatización de un tompler en la industria alimentaria, con el objetivo de optimizar su rendimiento, reducir costos y mejorar la competitividad de las empresas del sector.

## **Justificación**

Cualquier proceso es potencialmente mejorable. Sin embargo, se debe priorizar la optimización de aquellos procesos que requieran intervención manual, que generen costos altos o que ofrezcan la oportunidad de lograr una ventaja competitiva a través de la innovación tecnológica. La automatización emerge como una solución clave para la optimización de procesos, ofreciendo como principal ventaja el incremento de la productividad y calidad. La automatización en el proceso del tomblor no solo puede mejorar las condiciones de trabajo al minimizar el esfuerzo físico y la monotonía para los empleados, reduciendo así el riesgo de accidentes laborales y potenciando su bienestar y satisfacción, sino que también promueve un uso más eficiente de recursos como el agua, la energía y los insumos, apoyando la sostenibilidad ambiental y facilitando el cumplimiento de normativas medioambientales. En resumen, la automatización de un tomblor trae consigo numerosos beneficios que apoyan su adopción como estrategia para incrementar la eficiencia, la calidad del producto y la competitividad de la empresa. Por otro lado, la interfaz constituye una herramienta tecnológica esencial que facilita la interacción entre el ser humano y la máquina. A través de una pantalla de control, el operario puede interactuar con el equipo, lo que permite un manejo preciso y eficaz de los diferentes procesos de producción. Esta interacción asegura que la operación del equipo sea intuitiva y eficiente, permitiendo ajustes específicos según el tipo de producto, con o sin vacío, con o sin hueso, y adaptando los tiempos de tombleado de manera precisa, lo que resulta en un proceso productivo optimizado y adaptado a cada necesidad específica.

## Objetivos

### Objetivo General

Diseñar un interfaz hombre máquina para la automatización de un tompler que permita controlar tiempos de los procesos mediante creación de recetas.

### Objetivos Específicos

- Investigar los tipos de interfaces hombre máquina aplicados a la industria con el sistema de recetas.
- Construir un sistema de control automatizado con recetas establecidas y generación de nuevas recetas.
- Desarrollar las pruebas entradas y salidas, autenticando los tiempos de funcionamiento de vacío y tombleado.

## Marco Teórico

### Mecánica

Según Blundell (1982), la mecánica se define como el segmento de la física encargado de analizar tanto el movimiento y la estabilidad de los cuerpos como las fuerzas que inciden en ellos. Se enfoca en el examen matemático y teórico de entidades físicas, abarcando desde partículas singulares hasta entes de gran escala, y sienta las bases teóricas para interpretar fenómenos tales como la caída libre, el desplazamiento de los planetas y la mecánica de los fluidos. La mecánica tradicional, también reconocida como mecánica newtoniana por Isaac Newton en el siglo XVII, constituye el enfoque elemental de la mecánica que explica el desplazamiento de objetos basándose en las fuerzas ejercidas sobre ellos. Este modelo se emplea con objetos de tamaño considerable y velocidades que no se aproximan a la luz. En contraste, la mecánica cuántica, que expone el comportamiento de las partículas subatómicas y los sistemas en el ámbito cuántico, difiere de la mecánica clásica al fundamentarse en la teoría de la probabilidad y afirmar que las características físicas de las partículas se definen a través de funciones de onda matemáticas (Blundell, 1982, p. 109).

### Figura 1

#### *Mecánica*



*Nota.* El grafico fue tomado EON Industrial 2019.



## **Electrónica**

Mark (1997) sostiene que la electrónica constituye un campo científico y tecnológico dedicado al estudio y uso de circuitos y elementos electrónicos. Esta disciplina se enfoca en el manejo y alteración de la corriente eléctrica para crear, enviar, procesar y conservar datos, o ejecutar variadas operaciones en sistemas electrónicos. Los dispositivos electrónicos abarcan un espectro extenso de sectores y usos, incluidos los de las comunicaciones, la informática, la industria automotriz, la medicina, la robótica, los sistemas de gestión, los instrumentos y más. Elementos como los transistores, diodos, circuitos integrados, resistencias, condensadores e inductores constituyen los pilares sobre los que se edifica la electrónica, empleándose en el diseño y fabricación de circuitos que cumplen con múltiples funciones (Mark, 1997, p. 58).

### **Figura 2**

#### *Electrónica*



*Nota.* La imagen fue tomada de laboratorio de electrónica industrial.

## **Automatización**

Richard C. (2005) explica que la automatización consiste en la aplicación de tecnologías y sistemas para ejecutar tareas o procesos de manera autónoma, sin la necesidad de participación humana directa. Esto involucra la utilización de sistemas de computación, dispositivos

mecánicos y otro tipo de equipo para desempeñar labores que anteriormente requerían de la acción humana. La automatización encuentra aplicación en una variedad de sectores y ámbitos, incluyendo la manufactura, la logística, el servicio al cliente y la administración de empresas, por mencionar algunos. Ejemplos destacados de automatización abarcan los robots utilizados en las cadenas de montaje, los sistemas de control automático en la administración de inmuebles y las soluciones de servicio al cliente impulsadas por inteligencia artificial, así como los procesos empresariales automatizados. Entre las ventajas de la automatización se cuentan una mayor eficiencia y productividad, la reducción de errores humanos, el ahorro de tiempo y recursos, y la habilidad de llevar a cabo de manera eficiente tareas repetitivas. Sin embargo, también emergen retos y aspectos a considerar, tales como la redefinición de roles y competencias laborales, la preocupación por el desplazamiento laboral y la importancia de asegurar tanto la seguridad como la ética en la implementación de tecnologías de automatización (Richard, 2005, p. 117).

### **Figura 3**

#### *Automatización*



*Nota.* El grafico fue tomado de Automatización industrial

### **Motor AC**

El motor de corriente alterna (AC) es un componente esencial en la automatización y la industria de la maquinaria. Según Smith (2019), este tipo de motor se distingue por su eficacia y

flexibilidad, convirtiéndose en la elección predilecta para numerosas aplicaciones que demandan confiabilidad, así como un control preciso de la velocidad y el torque. Su construcción sólida y su habilidad para mantener un rendimiento constante bajo variadas condiciones de carga lo hacen especialmente adecuado para ser utilizado en dispositivos tales como bombas, ventiladores, compresores y en sistemas de producción automatizados de forma generalizada (p. 45).

#### **Figura 4**

*Motor corriente alterna*



*Nota.* Se trata de un modelo común de motor eléctrico que funciona mediante un flujo de electrones que se mueve de manera alterna en intervalos constantes o ciclos.

#### **Fuente DC**

La fuente de corriente directa (DC) es un componente crítico en la alimentación de dispositivos electrónicos y sistemas de automatización. Proporciona una corriente continua y estable, que es esencial para mantener el rendimiento consistente y seguro de los equipos. Según ACME Inc. (2023), "la fuente de alimentación modelo XYZ123 proporciona una salida estable de 24 voltios BDC, ideal para aplicaciones industriales que requieren un suministro de corriente continua confiable" (p. 10). Este tipo de fuente es indispensable para garantizar que los componentes electrónicos sensibles, como los PLC y sensores, reciban una energía libre de fluctuaciones que podría dañarlos o afectar su funcionamiento.

## Figura 5

*Fuente DC*



*Nota.* Un dispositivo conocido como fuente de voltaje proporciona voltaje, obtenido de convertir fuentes de voltaje y corriente de corriente alterna (AC) a corriente directa (DC).

## Sistema de Control

Dentro de la industria de la automatización, los sistemas de control desempeñan un papel crucial en la mejora de procesos y en asegurar la calidad y uniformidad del producto final. Estos sistemas se utilizan para todo, desde el ajuste exacto de la velocidad de las máquinas hasta la supervisión completa de cadenas de montaje, lo cual juega un papel importante en aumentar la eficacia operacional. Manaure y Márquez (1988) subrayan este impacto indicando que “los sistemas de control han ocupado un lugar importante en los procesos industriales al permitir la reducción de costos, mayor productividad y seguridad” (p. 1). Al integrar sistemas de control, las industrias no solo mejoran su rentabilidad, sino que también fortalecen la seguridad de sus operaciones, minimizando el riesgo de accidentes y asegurando el cumplimiento de los estándares de seguridad laboral y ambiental.

## Tombler

El tombler, conocido por su aplicación en la mezcla homogénea de líquidos, desempeña un papel crítico en diversas áreas de la industria, desde la farmacéutica hasta la alimentaria. Este dispositivo aprovecha principios de rotación y agitación para asegurar que las mezclas alcancen

una consistencia uniforme, lo cual es esencial para la calidad del producto final. Smith (2022) describe su utilidad afirmando que el "tombler es un dispositivo utilizado para mezclar líquidos de manera eficiente y uniforme en aplicaciones industriales" (p. 15). La eficiencia del tombler no se limita solo a su capacidad de mezcla, sino también a su diseño que a menudo permite una limpieza y mantenimiento sencillos, factores importantes para la optimización de los tiempos de producción y el mantenimiento de los estándares higiénicos.

### **Figura 6**

*Tombler*



*Nota.* Imagen real tombler empresa EMBUTSER.

### **Contactador**

El contactor es un componente eléctrico esencial que desempeña un papel vital en el control de sistemas de alta potencia. Funcionando como un interruptor controlado remotamente, su diseño permite manejar grandes cantidades de energía, facilitando la activación y desactivación segura de circuitos eléctricos, especialmente en entornos industriales. García (2020) destaca su importancia técnica al explicar que "Los contactores actúan como dispositivos electromecánicos diseñados para regular el paso de corriente en circuitos eléctricos que manejan altos niveles de potencia" (p. 102).

**Figura 7***Contactador*

*Nota.* Aparato eléctrico que realiza la tarea de abrir y cerrar circuitos eléctricos, por medio de la conexión y desconexión de sus contactos en respuesta a una señal externa.

**Guarda motor**

El guardamotor desempeña un papel esencial en la protección y funcionamiento óptimo de los motores en el sector industrial. Actúa no solo como un escudo ante sobrecargas y cortocircuitos potenciales, sino que también favorece la durabilidad del equipo y promueve un ambiente laboral seguro. Smith (2022) reconoce su importancia al afirmar que “Es un concepto relevante en el ámbito de la ingeniería mecánica y la seguridad industrial” (p. 45).

**Figura 8***Guarda motor*

*Nota.* Este aparato electromecánico, diseñado específicamente para controlar motores, incluye un relé térmico combinado con un contactor.

## Programación

Al escribir código, los programadores utilizan bibliotecas que contienen predefinidas funciones, lo que facilita la implementación de características complejas sin necesidad de desarrollarlas desde cero. El libro "Lenguaje de programación C" (2009) clarifica este proceso al indicar que la programación “implica invocar una o más bibliotecas en las cuales están especificadas las funciones de C (instrucciones) empleadas en el programa” (p. 7). Este enfoque no solo optimiza el tiempo de desarrollo, sino que también asegura la consistencia y la fiabilidad del software al aprovechar código probado y validado.

### Figura 9

#### *Programación*



*Nota.* Se refiere a la elaboración de una serie de comandos que instruyen a una computadora sobre cómo ejecutar una determinada actividad.

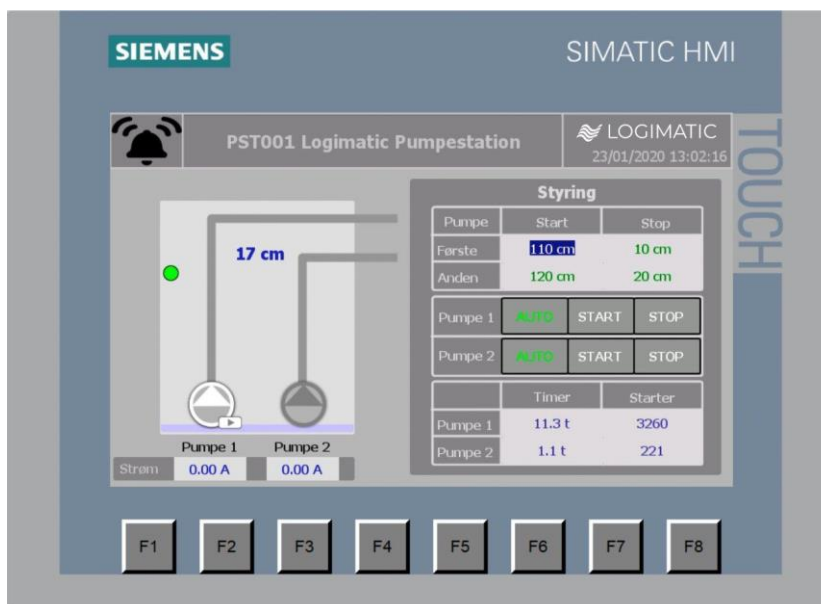
## Interfaz

La interfaz hombre-máquina (HMI) es el puente esencial entre operadores humanos y maquinaria automatizada, proporcionando un medio interactivo para la supervisión y el control de procesos complejos. Esta tecnología permite que los usuarios se comuniquen con equipos industriales de forma intuitiva, realizando ajustes, monitoreando el estado de la operación y diagnosticando problemas en tiempo real. Smith (2020) capta esta esencia al señalar que "Las

interfaces hombre-máquina (HMI) juegan un papel crucial en la interacción entre humanos y sistemas automatizados” (p. 100).

## Figura 10

### Interfaz



*Nota.* Interfaz o límite compartido entre dos dispositivos o sistemas autónomos.

## PLC

Los controladores lógicos programables (PLC) son la piedra angular de la automatización moderna, facilitando la gestión y el control precisos de maquinaria y procesos industriales. Su adaptabilidad y capacidad de programación permiten a los ingenieros implementar soluciones a medida para prácticamente cualquier desafío de automatización, desde simples tareas de control hasta complejas secuencias operativas. García (2021) destaca su impacto transformador en la industria, señalando que "Los controladores lógicos programables (PLC) han revolucionado la automatización industrial al ofrecer una solución flexible y confiable para el control de procesos".



**Figura 11***PLC*

*Nota.* Están concebidos para controlar y ajustar los procedimientos de producción y las máquinas industriales utilizando tecnología automatizada.

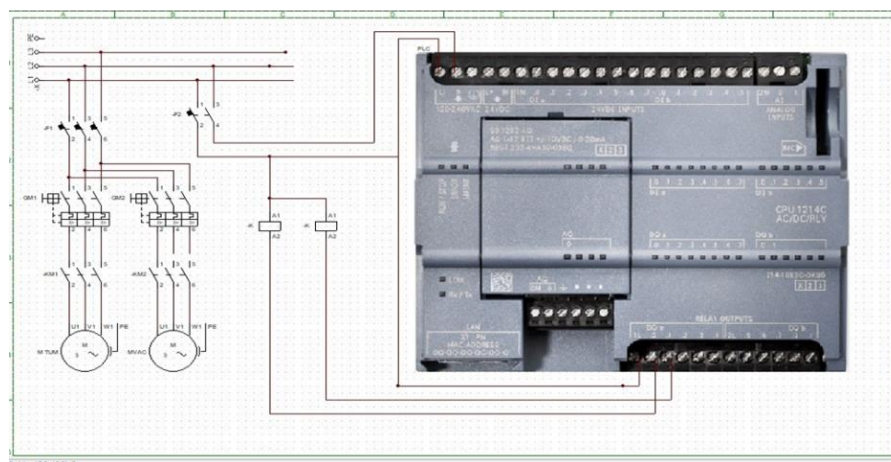
## Metodología y Desarrollo del Proyecto

En la siguiente etapa, se procede con el diseño y la implementación del sistema de control, se programarán tareas específicas necesarias para gestionar cada proceso, asegurando una comunicación eficiente y una respuesta precisa a las señales de control. Una vez implementado el sistema, se llevarán a cabo pruebas para evaluar su funcionamiento, se realizará pruebas de entradas y salidas que estén correctas, se verificará que cada tarea cumpla con los tiempos definidos en la programación, cualquier ajuste necesario se realizará para optimizar el sistema en función de los resultados obtenidos durante las pruebas, buscando la máxima eficiencia y confiabilidad en su desempeño.

Después, se dio comienzo al proceso a través de la elaboración de un plan de automatización. Para este fin, se empleó el software de diseño CADE Simu, que facilitó la creación de un esquema detallado, mostrando la ubicación y distribución de los componentes necesarios, enfocándose especialmente en el posicionamiento del tablero de control para asegurar su accesibilidad para el operario.

### Figura 12

*Diseño de la propuesta*



*Nota.* En el diseño se pueden observar los componentes para la implementación de la propuesta.

Una vez diseñado el plano de como irán conectados los componentes, se procedió a realizar un análisis de dimensión sobre la ubicación en donde se encuentra el tablero que controla el tomblor que será automatizado.

### **Análisis Dimensional de la Ubicación del Tomblor**

La situación actual de la ubicación de la caja de control del tomblor se encuentra empotrado en la pared, a una distancia prudente del tomblor y desde donde el operario puede manipular el tablero como se puede apreciar a continuación:

### **Figura 13**

*Estado actual de la caja de control del tomblor*



*Nota.* Por medio de los controles se puede interactuar con el tomblor para su funcionalidad.

En la operación actual del tomblor, los procedimientos se realizan de manera manual, requiriendo la intervención directa del operario para cada ciclo de trabajo. El panel de control existente, que muestra signos de uso continuo y una estética industrial de principios de siglo, carece de las facilidades que proporcionan las interfaces modernas. Los operadores deben ajustar

manualmente los parámetros esenciales como los tiempos de operación, velocidad de giro y modos de trabajo, a través de interruptores y potenciómetros análogos que ofrecen un nivel de precisión limitado.

Este método de operación no solo demanda una atención constante y especialización por parte del personal, sino que también es propenso a errores humanos que pueden resultar en inconsistencias en el tratamiento y posibles tiempos de inactividad. La configuración manual y el seguimiento visual de medidores y luces indicadoras forman parte de un proceso que, aunque funcional, está distante de la eficiencia y la optimización que podrían lograrse mediante la implementación de una interfaz hombre-máquina (HMI) integrada a un sistema de control lógico programable (PLC), dotando al tomblor de la capacidad de automatización y supervisión en tiempo real.

Una vez observada la situación actual de la ubicación y funcionamiento en donde tendrá que ir la propuesta, se procedió a realizar un análisis de las necesidades que debe cumplir cada uno de los procesos, de manera que por medio de la interfaz HMI se puedan automatizar cada una de las tareas que realiza el tomblor.

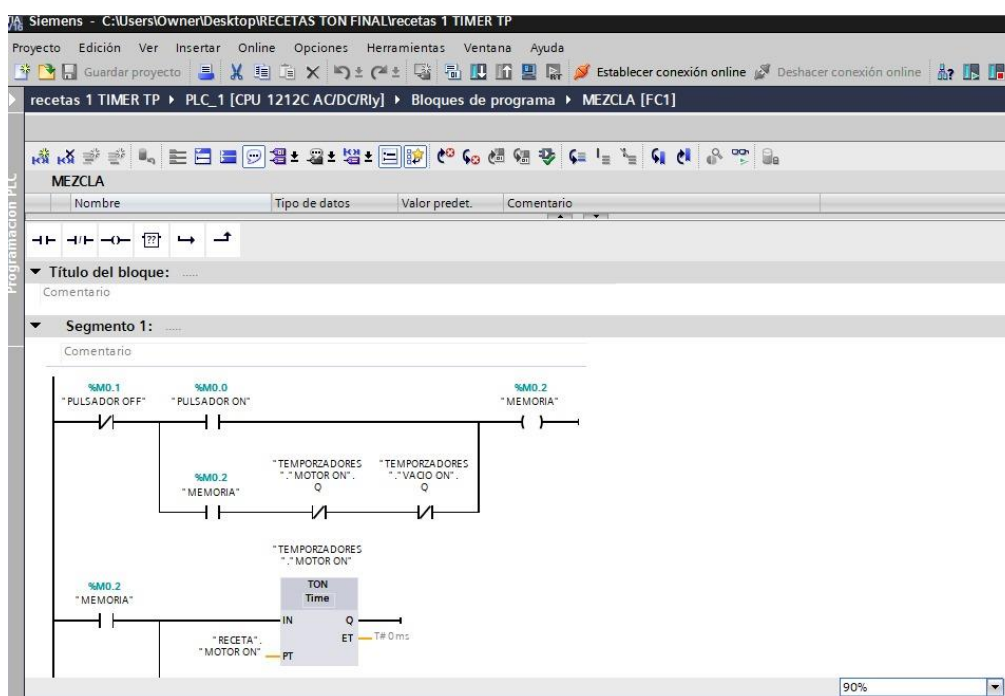
### **Programación del PLC en Siemens**

El siguiente paso en la transición hacia una operación automatizada del tomblor implica la meticulosa programación en el software de Siemens. Esta fase crítica consiste en el diseño lógico y la implementación de bloques de funciones en el portal TIA Portal, una herramienta integral para proyectos de automatización. Se incorporan memorias y temporizadores para coordinar las acciones del equipo, tales como la activación de la bomba de vacío y el movimiento rotatorio del motor. En este escenario, la precisión es fundamental: cada temporizador debe ser ajustado para garantizar el tiempo de operación óptimo, mientras que las

memorias retienen los estados cruciales para la secuencia de operaciones. Con el PLC correctamente programado, se establece una secuencia de operaciones fluida y coherente que permite que el tomblor funcione con una eficacia y consistencia inalcanzables mediante el control manual. Este proceso no solo mejora la confiabilidad y calidad del resultado final, sino que también proporciona una plataforma para futuras mejoras y la integración con sistemas de monitoreo avanzados.

## Figura 14

*Parte 1 de los bloques de programa en el PLC en Siemens*

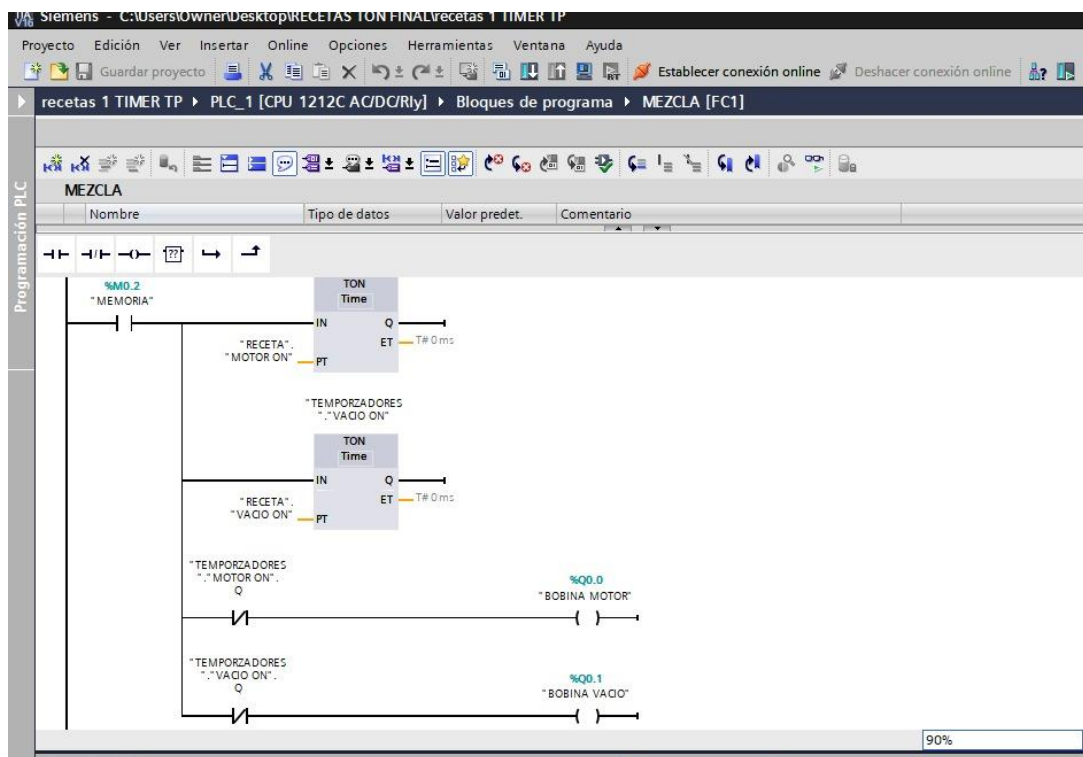


*Nota.* El segmento 1 de la programación del TIMER TP en el PLC para la automatización del tomblor.

La primera parte de la programación del PLC muestra el funcionamiento cuando el pulsador se encuentra en OFF y ON en donde activa la receta de la memoria “%MO.2”.

**Figura 15**

*Parte 2 de los bloques de programa en el PLC en Siemens*



*Nota.* Funcionamiento completo del tomblor cuando el PLC se encuentra en ON.

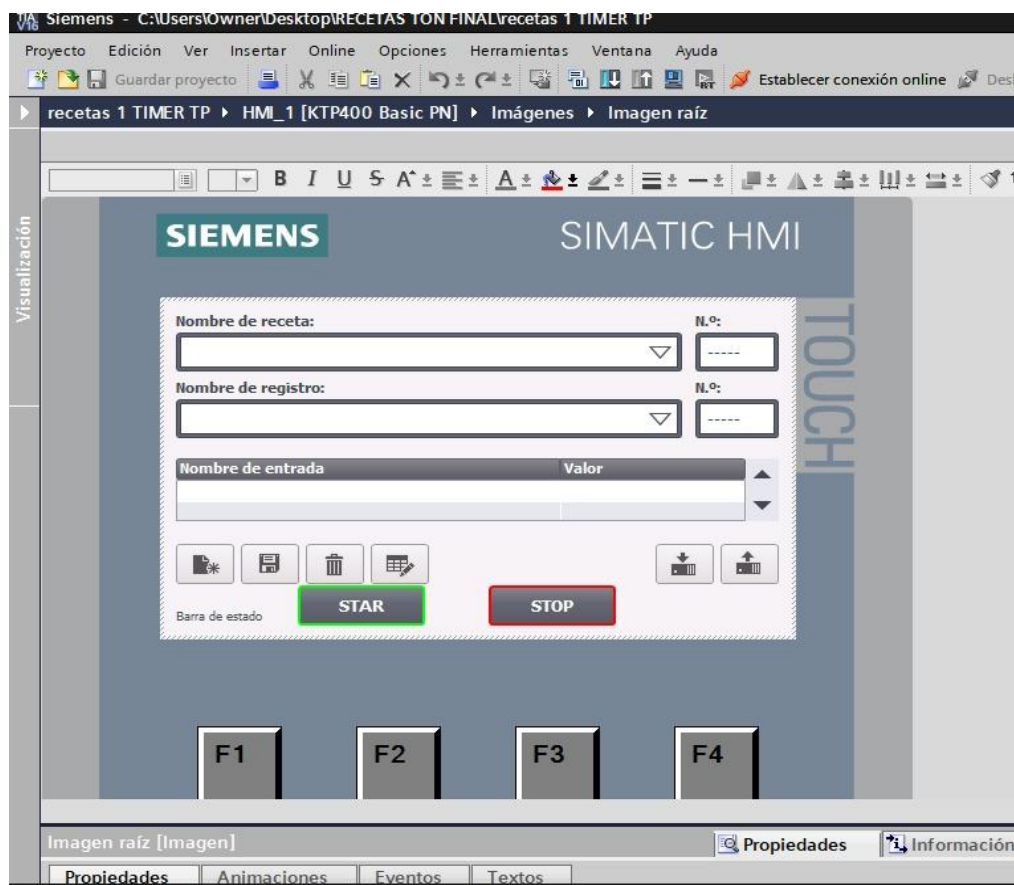
## Programación del HMI

Con la programación del PLC en su lugar, el siguiente escalón en la modernización del proceso es la programación de la Interfaz Hombre-Máquina (HMI). Esta interfaz gráfica es la vanguardia de la interacción del usuario con la maquinaria automatizada, proporcionando un entorno intuitivo y accesible para la gestión de las operaciones. A través de la HMI diseñada, se introducen recetas específicas para distintos tipos de carne, cada una con parámetros únicos como tiempos de mezcla y ciclos de vacío, que son cruciales para el proceso del tomblor. La interfaz permite a los operadores seleccionar y editar estas recetas con facilidad, lo que asegura una adaptación rápida a los requerimientos de producción variados. El diseño limpio y funcional de la HMI resalta los controles esenciales como 'Iniciar' y 'Detener', así como la visualización

clara de los datos en tiempo real, facilitando un control más efectivo y una supervisión más detallada del proceso. Este nivel de interacción directa y flexible entre el operario y la máquina no solo mejora la eficiencia, sino que también empodera a los operadores para ajustar operaciones con precisión y confianza, asegurando resultados consistentes y de alta calidad.

## Figura 16

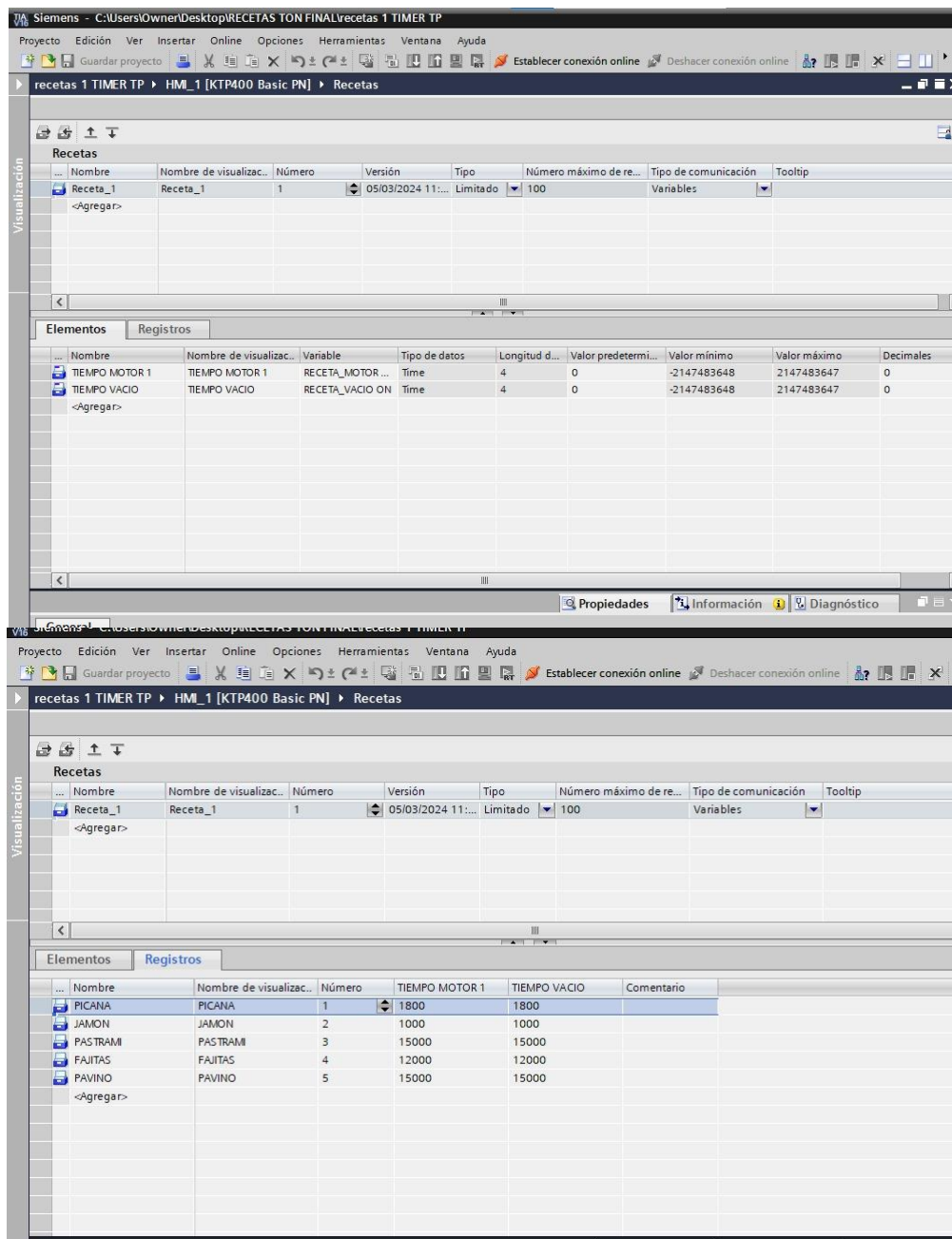
### *Programación del HMI*



*Nota.* Por medio de esta interfaz, los operarios pueden interactuar con el tomblor.

Figura 17

Creación de nuevas recetas por medio del HMI



*Nota.* En las imágenes se puede apreciar los parámetros necesarios para la creación de nuevas recetas, dependiendo el tipo de carne.



### **Armado del Tablero del Tombler**

En la siguiente fase, se avanzó con la elaboración del panel que alberga el componente eléctrico del proyecto, a través del cual será posible interactuar con el tomblor utilizando la recién incorporada interfaz HMI, la cual automatiza las diversas funciones llevadas a cabo por los operarios. Para ello se adquirió un armario inoxidable de 60 x 40 x 20, tomando en cuenta todos los componentes que tendrá, a fin de que todo tenga su adecuado espacio optimizando así el tamaño justo para la propuesta.

### **Figura 18**

*Gabinete inoxidable*

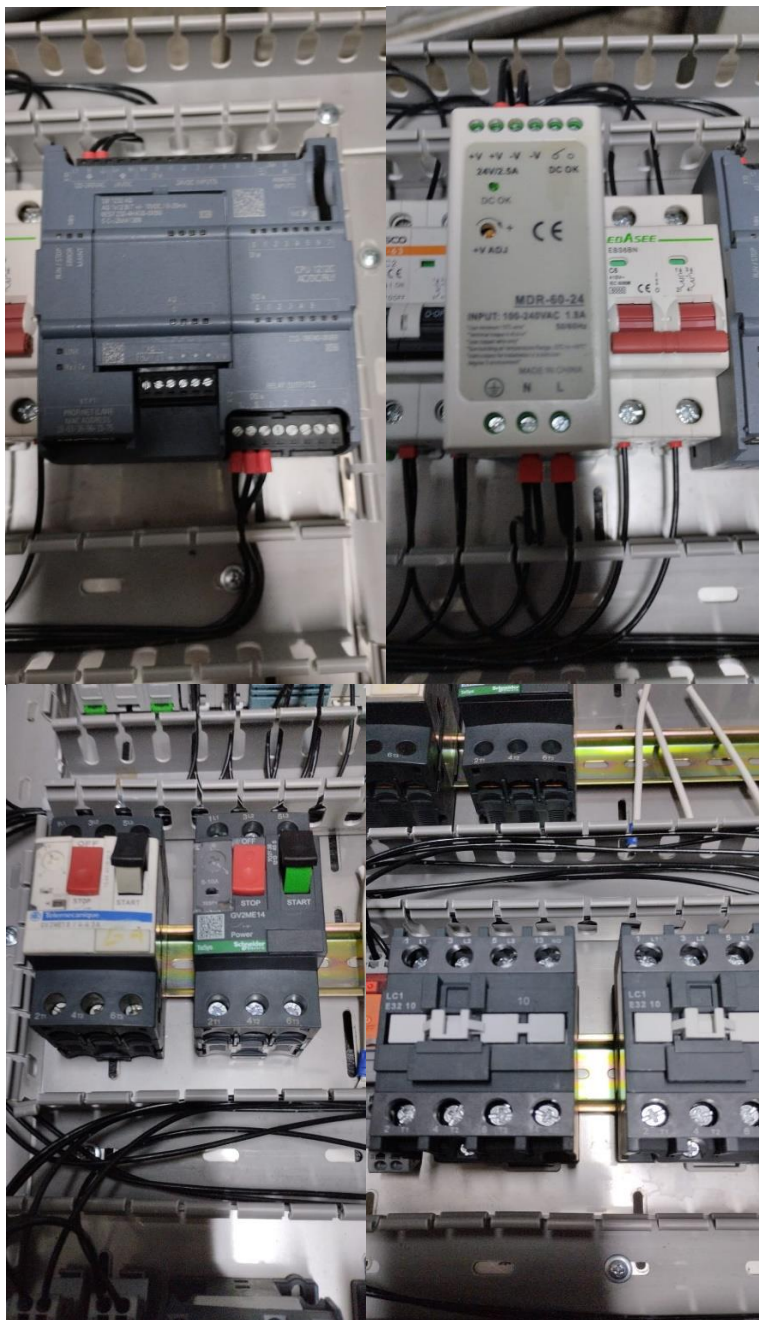


*Nota.* El gabinete proporciona el espacio adecuado para cada uno de los elementos necesarios para el funcionamiento del tomblor.

Posterior a ello se procedió a adquirir cada uno de los componentes que permitan la automatización de los procesos, los cuales son: 1 PLC S71200, Una fuente 100-240 VAC, el guarda motor, el contactor y el panel HMI. Cada uno de los componentes fueron escogidos a fin de que puedan funcionar correctamente entre sí.

**Figura 19**

*Componentes para la automatización del Tomblor*



*Nota.* Cada uno de los componentes necesarios para el armado del tablero de control del tomblor.

El proceso de ensamblaje del tablero de control es esencial para la correcta automatización de los procesos del tumbler. Iniciando este procedimiento, se realizó una

cuidadosa planificación para la distribución de los componentes dentro del armario de acero inoxidable. Este paso fue crucial para asegurar que cada elemento, incluyendo canaletas, rieles, y breakers, se ubicara estratégicamente, facilitando tanto el acceso para mantenimiento como la optimización del flujo de trabajo.

## **Figura 20**

*Preparación de los espacios del tablero*

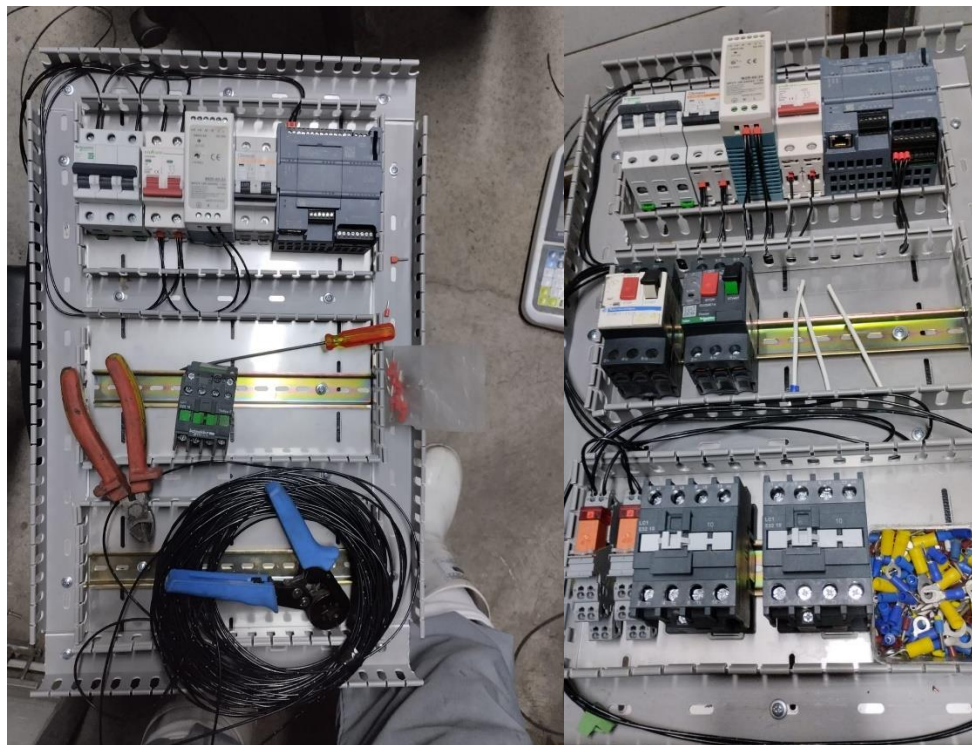


*Nota.* Se prepara al tablero para la ubicación de cada uno de los componentes.

Se delinearon tres secciones principales dentro del armario: la primera sección fue designada para la instalación de los breakers y el PLC S71200; la segunda, para alojar la fuente de alimentación y los guardamotores; y la tercera, para los contactores y los conectores necesarios para las interconexiones. Este enfoque modular no solo simplifica la instalación y el diagnóstico de fallos, sino que también garantiza un enfoque sistemático para futuras expansiones o modificaciones.

**Figura 21**

*Secciones dentro del tablero*

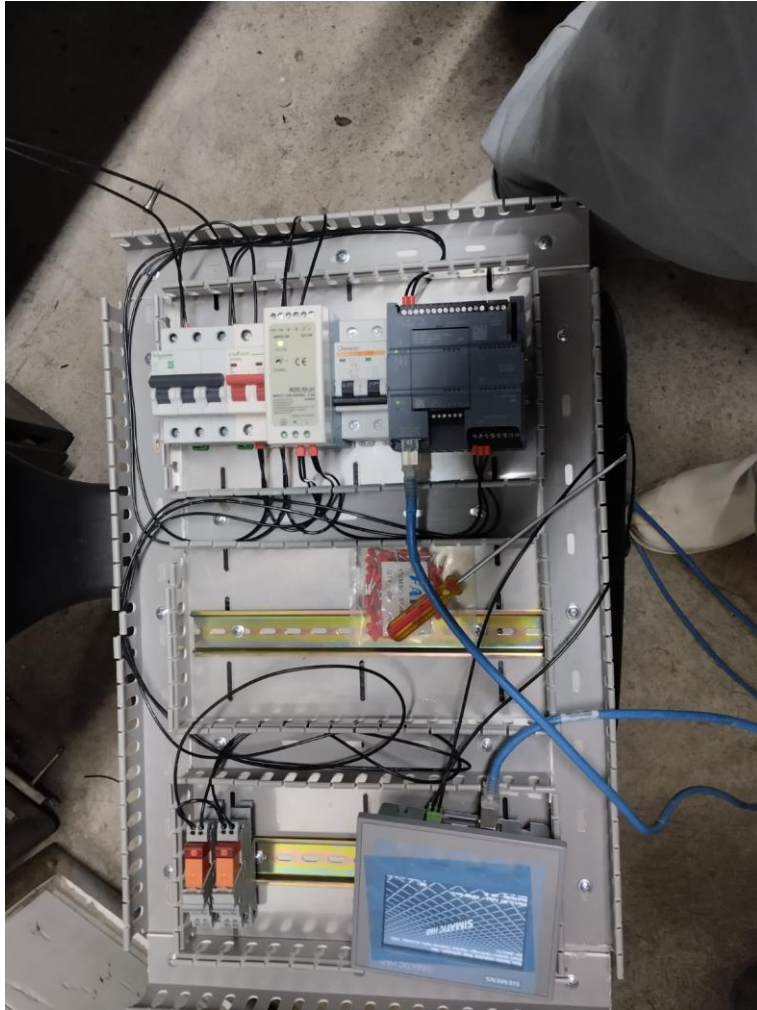


*Nota.* En las imágenes se pueden visualizar claramente 3 secciones de componentes.

Posteriormente, se efectuó la perforación precisa de la tapa del armario para la inserción y fijación del panel HMI. Este paso requirió de precisión para que el ajuste fuera perfecto, asegurando que la interfaz esté accesible y segura para su uso cotidiano. Finalmente, con los componentes de fuerza y control ensamblados, se reinstaló el doble fondo del armario, brindando una capa adicional de protección y un acabado prolijo al ensamble. La instalación de la pantalla HMI se completó junto con la conexión a la fuente de alimentación de 24 VDC y la implementación de la red de comunicaciones a través del cable Ethernet, vinculando así el HMI con el PLC. Este entramado de conexiones no solo promete una interfaz fluida y responsiva entre el operario y la máquina, sino que también establece la infraestructura para una operación automatizada eficiente y confiable.

**Figura 22**

*Integración de la interfaz al tablero*



*Nota.* Se puede observar cómo se realizan las pruebas de funcionamiento con el panel HMI para su integración al tablero.

## Propuesta

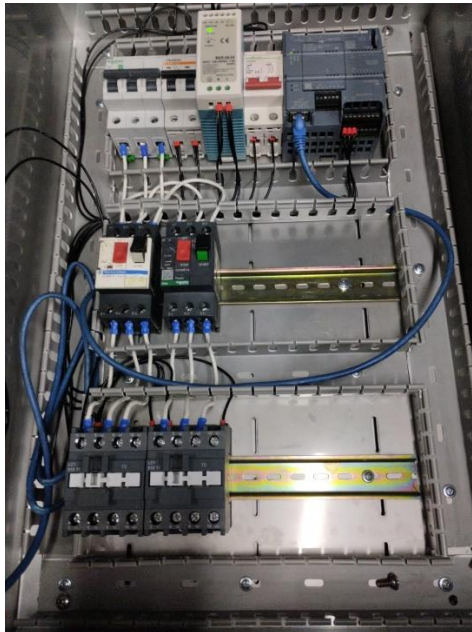
Una vez concluido el tablero de control con sus respectivas conexiones internas y la conexión con la interfaz HMI se procedió a realizar pruebas de funcionamiento, con el fin de comprobar que existe conexión entre los componentes, que la interfaz funciona correctamente, que la programación del PLC es correcta y que los procesos del tomblor se encuentran automatizados de forma adecuada.

### Pruebas de Conexiones

Para la comprobación de que las conexiones internas en el gabinete se encuentran funcionando correctamente se procedió a desconectar la interfaz, abrir el gabinete y darle energía a la fuente de alimentación para comprobar que cada componente se encuentra alimentado con la corriente adecuada y no existe ningún corto o problema de conexión.

### Figura 23

*Prueba de conexión de componentes*



*Nota.* Realización de la prueba de conexión de los componentes internos.

## Prueba del PLC

Posterior a verificar el funcionamiento de las conexiones, se procedió a verificar el correcto funcionamiento del PLC el cual contiene todos los componentes, y por medio del cual se podrá enviar las órdenes a cada uno de ellos para que realicen las tareas programadas. Por medio de los leds indicadores se pudo verificar que todo funcionaba correctamente y que existe comunicación con todos los componentes del tablero.

### Figura 24

*Funcionamiento del PLC*



*Nota.* Funcionamiento adecuado del PLC y su conexión con los demás componentes.

## Pruebas del HMI

Finalmente, el componente más importante para la propuesta es el adecuado funcionamiento de la interfaz HMI, la cual permite a los operarios manejar el tomblor y visualizar las tareas registradas, además de crear nuevas recetas que puedan quedar almacenadas para ser usadas según el tipo de carne que se desea preparar.

**Figura 25***Funcionamiento del HMI*

*Nota.* Se puede observar que el HMI funciona correctamente en cada una de sus tareas programadas.



## Conclusiones

El proyecto comenzó enfrentando el reto de aumentar la eficiencia y autonomía en el uso del tomblor dentro de la industria alimenticia, centrando la atención en la excesiva dependencia del operario y los problemas derivados de ello, como la variabilidad en los resultados y los aumentos en los tiempos de ciclo.

Se optó por implementar un avanzado sistema de automatización, seleccionando un PLC idóneo que asegurara un rendimiento superior y facilitara la integración con la electrónica existente. La meta era automatizar el proceso no solo para mejorar la eficiencia, sino también para proporcionar una interfaz intuitiva para la gestión de recetas.

El desarrollo del proyecto incluyó la meticulosa selección y configuración del PLC, así como la creación de un tablero de control que reuniera todos los elementos necesarios, marcando un paso fundamental hacia la automatización deseada.

Las evaluaciones del sistema automatizado revelaron una notable disminución en el tiempo de proceso, destacando la eliminación de la necesidad de intervención manual y facilitando la operación del tomblor mediante programaciones y recetas específicas.

Este avance no solo significó una reducción en los tiempos de producción, sino que también aseguró una mayor uniformidad y calidad del producto final, validando el impacto positivo de la automatización en superar los desafíos iniciales del proyecto.

## **Recomendaciones**

Seguir buscando mejoras en el sistema automatizado, considerando actualizaciones de software y hardware, así como la adopción de tecnologías emergentes que puedan aumentar la eficiencia, velocidad y precisión.

Proporcionar formación continua al personal en el uso, mantenimiento y solución de problemas del sistema automatizado para asegurar una respuesta efectiva ante cualquier eventualidad.

Realizar evaluaciones periódicas de la interfaz HMI para mejorar la funcionalidad, basándose en los comentarios de los operarios para optimizar la experiencia de usuario.

Implementar sistemas de monitoreo para el análisis de datos en tiempo real, facilitando una comprensión más profunda del rendimiento del proceso y la identificación de oportunidades de mejora.

Fomentar el desarrollo de habilidades y capacidades en el equipo humano para adaptarse a las nuevas tecnologías y procesos automatizados, preparándolos para futuras innovaciones en el sector.

## Referencias

Asensio, P., & Arbós, R. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*.

Barcelona: Edicions UPC.

Aguayo, P. (2004). Introducción al microcontrolador. <https://acortar.link/IBVhw8>

Begnini Domínguez, L., Lecaro Lavayen, A., & Shauri Romero, J. (2022). Ventajas de la automatización de la gestión por procesos. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i7>

Córdova Nieto, E. (2006). Manufactura y automatización. *Ingeniería e Investigación*, 120-128.

Industrias GSL. (2020). ¿Qué es la automatización industrial?

<https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/que-es-la-automatizacion-industrial>

Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: propiedad intelectual e industrial.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

Manaure, A, Márquez, P. (1998). Diseño de un sistema de control electrónico.

<https://virtual.urbe.edu/tesispub/0055141/intro.pdf>

Onega, M., & et. al. (2003). *Evaluación De La Calidad De Carnes Frescas: Aplicación De Técnicas Analíticas, Instrumentales Y Sensoriales, Tesis de Pregrado*. Madrid:

Universidad Complutense de Madrid.

Pérez, E., Acevedo, J., & Silva, C. (2009). *Autómatas programables y sistemas de*

*automatización*. España: Marcombo.

Reyna, S. (2021). Masajeadores de carne: que son y para qué sirven.

<https://www.metalboss.com.mx/masajeadores-de-carne-que-son-y-para-que-sirven>

SIEMENS. (2011). S7-300 CPU 31xC y CPUxF. *SIEMENS. Manual de Operador*, 21-24.

SIEMENS. (26 de 01 de 2024). *SIEMENS*. Obtenido de

<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/safety->

integrated/process-

safety.html?acz=1&gad\_source=1&gclid=CjwKCAiAk9itBhASEiwA1my\_68Yw5I4jwS

jnysSA5LqZoF\_R74pIwN\_Gz7HEX0JkehChdTdL-XSfqRoCXAYQAvD\_BwE

Tedmaq. (2023). Tombler REF. WTB-V. <https://tedmaq.com/es/producto/tombler-ref-wtb-v/>

Téllez, J. (1992). Ciencia de la Carne y de los Productos Carnicos. *Revista Tecnología e Industrias Carnicas*, 76-81.

Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., & Tanchoco, J. (2006). *Planeación de Instalaciones*. Mexico: Thomson.

Uribe Giraldo, D., & Serrano Bolaños, M. C. (1995). *Mejoramiento del sistema de producción en la empresa Carnes Frías Uribe's Ltda. Trabajo de Grado*. Santiago de Cali: Universidad Autonoma de Occidente, Facultad de Ingenieria Industrial.

## Anexos

### Anexo 1

#### *Presupuesto del proyecto*

<b>Componente</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
PLC S71200	250	1	250
<b>Fuente de poder 100-240 VAC</b>	50	1	50
<b>Guardamotor</b>	30	1	30
<b>Contactador</b>	25	1	25
<b>Panel HMI</b>	150	1	150
<b>Cable Ethernet</b>	10	1	10
<b>Canaletas</b>	10	2	20
<b>Riel DIN</b>	5	1	5
<b>Breakers</b>	15	3	45
<b>Conectores</b>	5	10	50
<b>Cables de conexión</b>	20	3	60
<b>Armario inoxidable 60x40x20</b>	100	1	100
<b>TOTAL</b>			<b>\$795</b>