



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE CLASITOM: MÁQUINA CLASIFICADORA
AUTOMATIZADA DE TOMATES.

Juan David Rojas Fonseca

Director: Mg. Carlos Alberto Cardona Coy

Espacio Coterminal Con La Especialización De Automatización Industrial

Proyecto De Grado Para Optar Por El Título De Ingeniero Electrónico

Universidad Santo Tomas Colombia Seccional- Tunja

Tunja, 2024



Exoneración De Responsabilidades

Los conceptos, practicas, análisis, conclusiones y demás desarrollos llevados a cabo en este proyecto y plasmados en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor y no representa de alguna manera la opinión de la Universidad Santo Tomas ni de ninguna de sus dependencias.



Aceptación

El trabajo de grado Diseño y Simulación de CLASITOM: máquina clasificadora automatizada de tomates, realizado por el estudiante Juan David Rojas Fonseca, cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Santo Tomás para optar al título de Ingeniero Electrónico.



Firma director

Firma jurado

Firma jurado



Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado a Dios, por darme la fuerza y el don de la sabiduría que necesité para culminar mis estudios. A mi padre, Tomás Rojas, quien me brindó apoyo incondicional desde el inicio de esta carrera académica, con sus sabios consejos y dedicación. A mi madre, Myriam Fonseca, por ser mi inspiración y sostén durante este recorrido universitario, sus consejos me guiaron en cada paso de mi carrera.

En este proceso, también recuerdo con profundo agradecimiento a mis abuelitas, quienes, aunque ya no están físicamente conmigo, siempre serán parte de mi inspiración y fortaleza. A mi abuelita Evelia Castro de Fonseca, quien fue y será el motor de mi vida. Sus palabras de aliento y consejos fueron un faro en los momentos más difíciles de mi carrera. A mi abuelita Carmen Mesa De Rojas, quien siempre estuvo pendiente de mí y de mi bienestar.

A ellas, que ahora están en el cielo, les dedico este proyecto con todo mi amor y gratitud. Sus enseñanzas y amor perdurarán siempre en mi corazón."



Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento al Mg. Carlos Alberto Cardona Coy, cuya guía y sabios consejos fueron fundamentales en el desarrollo de este proyecto. Su apoyo fue invaluable y su conocimiento me guió en momentos cruciales, brindándome claridad y dirección.

Asimismo, deseo agradecer de corazón a la Universidad Santo Tomás, en especial a la Facultad de Ingeniería Electrónica, por brindarme el conocimiento y la inspiración para emprender nuevas metas en mi vida. Fue en esta institución donde descubrí mi pasión por la electrónica, recibiendo un impulso vital para continuar mi formación académica. Agradezco especialmente a todos los ingenieros que compartieron generosamente sus conocimientos conmigo, en especial al ingeniero Camilo Pardo, cuyo apoyo y enseñanzas fueron fundamentales para culminar este proyecto. Además, su presencia en un momento crucial de mi vida personal marcó una diferencia significativa.

No puedo dejar de reconocer el valioso aporte de la Seccional de Bucaramanga, que me proporcionó las herramientas y el ambiente propicio para fusionar mis conocimientos en electrónica con el campo de la automatización, permitiéndome llevar adelante con éxito este proyecto.

A todos los mencionados y a quienes de una u otra manera contribuyeron a este logro, mi más sincero agradecimiento por su apoyo inquebrantable y por ser parte fundamental de mi crecimiento académico y profesional.



Resumen

Este proyecto representa un paso significativo hacia la mejora de los procesos de recolección de tomates. Al implementar un sistema de clasificación automatizado que distingue entre tres categorías de tomates basadas en su tamaño (tomates parejos, medianos y grandes), se busca optimizar la eficiencia y la precisión en la producción agrícola.

La conexión bidireccional entre LabVIEW y TIA Portal proporciona una infraestructura sólida para la ejecución y supervisión del proceso. LabVIEW, con su capacidad para crear interfaces gráficas intuitivas, ofrece a los operadores una plataforma fácil de usar para controlar y monitorear la clasificación de los tomates. Por otro lado, TIA Portal desempeña un papel crucial al enviar datos que inician y reinician el proceso en función de condiciones predeterminadas, lo que garantiza una operación fluida y eficaz.

Al mejorar el sistema de recolección de tomates, este proyecto no solo beneficia a los agricultores al aumentar su productividad, sino que también tiene un impacto positivo en la calidad del producto final. La clasificación precisa de los tomates según su tamaño facilita la comercialización y distribución, ya que los agricultores pueden satisfacer las demandas específicas del mercado y ofrecer productos consistentes y de alta calidad a los consumidores.

Se puede concluir que el desarrollo del proyecto representa un avance significativo en la automatización agrícola, demostrando cómo la integración de tecnologías



avanzadas puede transformar y mejorar los procesos tradicionales de producción de alimentos. Además, sienta las bases para futuras innovaciones en la agricultura, promoviendo una industria más eficiente, sostenible y competitiva.

Contenido

1.	Introducción.....	14
2.	Justificación.....	16
3.	Planteamiento Del Problema	18
4.	Impacto Social	19
5.	Objetivo General.....	21
6.	Objetivos Específicos	21
7.	Marco Teórico	22
8.	Estado Del Arte	29
8.1.	Una cápsula optimizada de redes neuronales para la clasificación de la enfermedad de la hoja del tomate	29
8.2.	Imágenes hiperespectrales junto con aprendizaje automático para la clasificación de infección antracnosis en la fruta de mango.....	30
8.3.	Café y anacardo conjunto de datos: Un conjunto de datos para detección, clasificación y estimación del rendimiento para aplicaciones de aprendizaje automático.....	31



8.4.	Investigación sobre el algoritmo de riego automático de Strawberry Greenhouse Basado en PLC	32
9.	Diseño Metodológico	36
10.	Desarrollo Del Proyecto	39
10.1.	Labview	41
10.2.	Tia Portal	54
11.	Análisis De Resultados	63
12.	Conclusiones.....	69
13.	Estrategias De Divulgación	71
14.	Bibliografía.....	72



Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. PLC Controlador Lógico Programable (AUTYCOM, s.f.).....	23
Ilustración 2. TIA PORTAL (Tierney, s.f.).....	24
Ilustración 3. LabVIEW (MICROORSENSORS, s.f.).....	25
Ilustración 4. BOYACA (BOYACA.GO, 2016).....	33
Ilustración 5. Clasificación Manual (Silva, 2016).....	34
Ilustración 6. Automatización De Maquinas Clasificadoras De Tomates. (UNITEC, 2022).....	34
Ilustración 7. Maquina Clasificadora De Tomates Mediante Peso. (AWETA, 2021)	35
Ilustración 8. Diagrama P&ID del sistema. Fuente: Autor.....	39
Ilustración 9. Graficet del sistema en Tia Portal. Fuente: Autor	40
Ilustración 10. Labview inicio del programa (Usuario y contraseña) Fuente: Autor	41
Ilustración 11. Labview bloque de programación (Usuario y contraseña) Fuente: Autor	42
Ilustración 12. Labview herramientas de diseño Fuente: Autor	42



Ilustración 13.Labview herramientas de animación Fuente: Autor.....	43
Ilustración 14.Labview posicionamiento de los tomates Fuente: Autor	44
Ilustración 15.Labview abertura de entrega de tomates (posición cero) Fuente: Autor	45
Ilustración 16.Labview selección del tomate Fuente: Autor	45
Ilustración 17.Labview posicionamiento del tomate parejo Fuente: Autor	46
Ilustración 18.Labview almacenamiento de iteraciones del tomate parejo Fuente: Autor	46
Ilustración 19.Labview bloque de interacción del tomate parejo Fuente: Autor.....	47
Ilustración 20.Labview posicionamiento del tomate mediano Fuente: Autor.....	47
Ilustración 21.Labview almacenamiento de iteraciones del tomate mediano Fuente: Autor	48
Ilustración 22.Labview bloque de interacción del tomate mediano Fuente: Autor..	48
Ilustración 23.Labview posicionamiento del tomate grande Fuente: Autor.....	49
Ilustración 24.Labview almacenamiento de iteraciones del tomate grande Fuente: Autor	49
Ilustración 25.Labview bloque de interacción del tomate grande Fuente: Autor.....	50
Ilustración 26.Labview contador de las tres clases de tomates y su porcentaje de llenado Fuente: Autor	50
Ilustración 27.Labview contador de segundos Fuente: Autor	51
Ilustración 28.Labview contador de minutos Fuente: Autor	51
Ilustración 29.Labview contador de horas Fuente: Autor	52
Ilustración 30.Labview conteo del tiempo transcurrido en el sistema Fuente: Autor	52



Ilustración 31.Labview movimiento de piñones Fuente: Autor	53
Ilustración 32.Labview movimiento de la banda transportadora y encendido del led indicador de movimiento Fuente: Autor	54
Ilustración 33.Tia Portal conexión con dirección ip Fuente: Autor	55
Ilustración 34.OPC Server canal de comunicación Fuente: Autor	55
Ilustración 35.OPC Server carga de variables de Tia Portal Fuente: Autor	56
Ilustración 36.OPC Server comprobación de funcionamiento de las variables Fuente: Autor	56
Ilustración 37.Tia Portal inicio de la banda transportadora Fuente: Autor	57
Ilustración 38.Tia Portal conteo del tomate parejo Fuente: Autor	57
Ilustración 39.Tia Portal reinicio del tomate parejo Fuente: Autor	58
Ilustración 40.Tia Portal conteo del tomate mediano Fuente: Autor.....	58
Ilustración 41.Tia Portal reinicio del tomate mediano Fuente: Autor	59
Ilustración 42.Tia Portal conteo del tomate grande Fuente: Autor.....	59
Ilustración 43.Tia Portal reinicio del tomate grande Fuente: Autor	60
Ilustración 44.Labview extracción de variables Fuente: Autor	60
Ilustración 45.Labview carga de variables al entorno del programa Fuente: Autor.	61
Ilustración 46.Labview configuración del estado de las variables al entorno Fuente: Autor	62
Ilustración 47.Labview reseteo de los casos de tomates Fuente: Autor	62
Ilustración 48.Labview inicio del programa (ingreso de usuario y contraseña) Fuente: Autor	63
Ilustración 49.Labview led de inicio del proceso y movimiento de los piñones Fuente: Autor	64



Ilustración 50.Labview salida de los tomates y envió de activación desde Tia Portal

Fuente: Autor 64

Ilustración 51.Labview detección del tomate (mediano) Fuente: Autor 65

Ilustración 52.Labview ciclo completado Fuente: Autor 66

Ilustración 53.Tia Portal conteo de tomates Fuente: Autor 66

Ilustración 54.Tia Portal reinicio del contador de tomates Fuente: Autor 67

Ilustración 55.Labview registro de datos obtenidos Fuente: Autor..... 68

Ilustración 56.Bloc de notas registro de datos Fuente: Autor..... 68



1. Introducción

La industria agrícola desempeña un rol esencial en el desarrollo económico y la seguridad alimentaria de las regiones. En este contexto, el municipio de Tibasosa, ubicado en el departamento de Boyacá, se destaca por su actividad agrícola de tipo intensivo con presencia de distrito de riego en la parte plana, en los cultivos transitorios se destaca la cebolla de bulbo, el tomate entre otras hortalizas. En donde la producción de tomates es de gran importancia comercial y alimentaria (Gil, 2018).

Sin embargo, la clasificación manual de tomates, un paso crítico en la cadena de producción conlleva limitaciones que impactan tanto la eficiencia operativa como la calidad del producto final.

La clasificación manual, aunque ha sido una práctica común durante décadas, enfrenta desafíos evidentes en términos de tiempo, recursos y precisión, esto también resulta ser muy agotador y tedioso para las personas dedicadas a esta actividad. Con el tiempo los trabajadores pueden tener problemas musculares o adquirir enfermedades porque el fruto contiene muchos químicos peligrosos para la salud humana (Jeres, 2017). Además, el proceso implica la categorización individual de los



tomates según su tamaño y calidad, lo que puede resultar en largas horas de trabajo y, en ocasiones, en errores humanos. Estas deficiencias no solo generan costos adicionales debido a la necesidad de mano de obra extensa, sino que también impactan la calidad del producto al permitir la mezcla de tomates de diferentes características en un mismo lote.

El presente anteproyecto se centra en la conceptualización y desarrollo de una solución tecnológica innovadora que aborde los desafíos de la clasificación manual de tomates en Tibasosa. La propuesta es la creación de "Clasitom", una máquina clasificadora automatizada que busca optimizar la precisión y eficiencia del proceso de selección de tomates. La justificación detrás de este proyecto radica en la necesidad de superar las limitaciones de la clasificación manual y brindar a los agricultores y productores locales una herramienta moderna y eficaz para mejorar sus operaciones (TIERRA, 2022).

"Clasitom" se basará en tecnologías de automatización industrial y de detección de Tomates, con la posibilidad de simular un PLC a través de TIA Portal (Copyright, 2023) para controlar las operaciones de clasificación. Además, se considera la integración con LabVIEW para proporcionar una plataforma de supervisión en tiempo real. Esta solución no solo tiene el potencial de reducir los costos operativos a largo plazo, sino que también mejorará la calidad y uniformidad de los lotes de tomates, lo que a su vez fortalecerá la competitividad de los productos agrícolas locales en los mercados regionales y nacionales.

El éxito de este proyecto no solo beneficiará a los agricultores y productores de Tibasosa, sino que también contribuirá al crecimiento sostenible de la industria



agrícola en el municipio (Juárez, 2022) y sentará las bases para la adopción de tecnologías avanzadas en otros aspectos de la producción y la cadena de suministro.

2. Justificación

La producción agrícola de tomates en Tibasosa, ubicada en el departamento de Boyacá, desempeña un papel crucial en la economía local (ACOSTA, 2013). Sin embargo, el proceso de clasificación manual de tomates plantea desafíos considerables que afectan negativamente la eficiencia, la calidad del producto y la competitividad de los agricultores en el mercado (Ramos-Tene, 2019). La clasificación manual, que consume tiempo y mano de obra, resulta en un proceso costoso y propenso a errores.

Los tomates categorizados incorrectamente debido a la subjetividad humana socavan la uniformidad del producto final (Ramos-Tene, 2019), lo que a su vez reduce su aceptación en mercados exigentes y competitivos. La máquina clasificadora automatizada, "Clasitom," propuesta en este anteproyecto, se justifica debido a sus múltiples impactos. "Clasitom" tiene el potencial de reducir los costos operativos en aproximadamente un 30% al disminuir la dependencia de la mano de obra manual en el proceso de clasificación, permitiendo a los agricultores optimizar sus recursos y asignarlos a otras áreas críticas de la producción.



Además, la automatización acelerará la velocidad de producción al realizar tareas de clasificación de manera continua y precisa, lo que resultará en un aumento significativo en la cantidad de tomates clasificados en menos tiempo, mejorando la productividad general. La precisión de "Clasitom" reducirá el desperdicio de tomates debido a clasificaciones erróneas, lo que no solo evita pérdidas económicas, sino que también contribuye a la disminución de la huella de carbono asociada con la producción de alimentos.

La implementación de tecnologías avanzadas en la agricultura fortalecerá las habilidades técnicas de la comunidad agrícola y, al generar empleos en el mantenimiento y operación de la máquina, creará oportunidades de empleo calificado en la región. La precisión en la clasificación garantiza que los productos cumplan con los estándares de calidad y tamaño requeridos por los mercados nacionales e internacionales, lo que mejora la aceptación y demanda de los tomates de Tibasosa.

La adopción de tecnologías avanzadas distingue a Tibasosa como una comunidad comprometida con la innovación y la excelencia, aumentando la percepción positiva de sus productos en el mercado.



3. Planteamiento Del Problema

En el municipio de Tibasosa, situado en el departamento de Boyacá, la producción de tomates es un pilar fundamental de la industria agrícola local. Sin embargo, el proceso de clasificación de tomates, que implica categorizarlos según su tamaño y calidad, se lleva a cabo de manera manual. Este método presenta varias limitaciones, como la ineficiencia en términos de tiempo y recursos, así como la posibilidad de errores humanos en la clasificación.

La clasificación manual de tomates no solo es laboriosa, sino que también puede resultar en la mezcla de tomates de diferentes tamaños y niveles de calidad en un mismo lote, lo que afecta negativamente tanto la comercialización como la calidad del producto final. Por lo tanto, existe una necesidad apremiante de optimizar este proceso mediante una solución tecnológica que agilice la clasificación y garantice la precisión en la separación de los tomates.



¿Cómo se puede implementar una solución tecnológica eficiente para la clasificación de tomates en Tibasosa, que optimice el proceso, reduzca los errores humanos y garantice la separación precisa de tomates según su tamaño y calidad?

4. Impacto Social

El impacto social de la máquina clasificadora de tomates "Clasitom" en la comunidad de Tibasosa no solo se limitaría a la eficiencia en la producción, sino que también tendría implicaciones más amplias en términos de generación de empleo calificado, desarrollo de habilidades técnicas, educación y orgullo comunitario. Estos impactos pueden contribuir a un desarrollo social sostenible y al fortalecimiento de la resiliencia de la comunidad ante los cambios tecnológicos y económicos.

El impacto social de la máquina clasificadora de tomates, "Clasitom", sería significativo y positivo para la comunidad agrícola en Tibasosa. Aquí están algunos de los posibles impactos sociales:

- Generación de Empleo Calificado: La implementación y operación de la máquina "Clasitom" requeriría personal capacitado en su mantenimiento, supervisión



y posiblemente en su programación. Esto ayudaría con 25% de oportunidades de empleo para individuos locales que deseen adquirir habilidades técnicas y especializadas en el campo de la automatización y la tecnología agrícola. La formación de personal en estas áreas podría fortalecer la base de habilidades en la comunidad, lo que a su vez podría tener beneficios a largo plazo para el desarrollo económico local.

- Desarrollo de Habilidades Técnicas: La adopción de tecnologías avanzadas, como la máquina "Clasitom", requeriría que los trabajadores locales adquieran nuevas habilidades en áreas como la operación de equipos automatizados, el mantenimiento básico y la resolución de problemas. Esto podría fomentar el desarrollo de habilidades técnicas en la comunidad agrícola, lo que no solo sería valioso para el anteproyecto en sí, sino que también podría beneficiar a otros sectores y actividades relacionadas con la tecnología.

- Educación y Formación: La introducción de tecnologías avanzadas en la agricultura, como "Clasitom", podría incentivar la educación y la formación en campos relacionados con la automatización, la ingeniería y la tecnología. Esto podría inspirar a los jóvenes de la comunidad a explorar carreras en estas áreas, lo que a su vez podría tener un impacto positivo en el crecimiento educativo y profesional de la región.

- Orgullo Comunitario: La adopción de tecnologías innovadoras en la producción agrícola podría generar un sentido de orgullo y logro en la comunidad. La



capacidad de implementar soluciones tecnológicas de vanguardia podría aumentar la autoestima de los agricultores y miembros de la comunidad al demostrar su capacidad para enfrentar los desafíos de manera innovadora y eficiente.

- Capacidad de Adaptación: La experiencia adquirida a través de la interacción con tecnologías avanzadas podría aumentar la capacidad de adaptación de la comunidad a los cambios tecnológicos en curso. A medida que las tecnologías continúan evolucionando en la agricultura, la comunidad de Tibasosa podría estar mejor preparada para adoptar y aprovechar nuevas innovaciones en el futuro.

5. Objetivo General

Realizar una simulación interactiva de una máquina clasificadora de tomates, haciendo uso de los programas TIA Portal y LabVIEW, con el fin de proporcionar una comprensión efectiva y visual del proceso de clasificación de tomates.

6. Objetivos Específicos

- Desarrollar un sistema de simulación integral que incluya un Diagrama de Instrumentación (P&ID) que detalle la infraestructura del proceso y una representación mediante GRAFCET para describir la lógica y secuencia de operaciones del proyecto.



- Diseñar la interfaz de usuario de la simulación de "Clasitom" mediante LabVIEW, estableciendo la representación gráfica del proceso de clasificación. Ofreciendo al usuario una experiencia intuitiva, facilitando la comprensión del funcionamiento de la máquina.
- Establecer los componentes para realizar la simulación correspondiente a los actuadores de "Clasitom" mediante TIA Portal, describiendo cómo se llevarán a cabo las acciones de clasificación en respuesta a las detecciones de los sensores, con el propósito de mostrar el funcionamiento integral de la máquina.

7. Marco Teórico

PLC "Controlador Lógico Programable"

Es un dispositivo electrónico utilizado en automatización industrial y sistemas de control para gestionar y controlar procesos y maquinaria de manera eficiente y precisa (GLS industrias, 2021). Los PLC se basan en la lógica de programación para tomar decisiones y realizar tareas específicas en entornos industriales, donde es fundamental la adaptabilidad y la automatización de procesos.



Ilustración 1. PLC Controlador Lógico Programable (AUTYCOM, s.f.)

Características clave de un PLC:

- Programación: Los PLC se programan para ejecutar una serie de instrucciones lógicas que controlan la operación de una máquina o proceso. Los programadores utilizan lenguajes específicos, como Ladder Logic o Structured Text, para definir la lógica de control (EDIMAR, 2019).
- Entradas y Salidas: Los PLC cuentan con entradas digitales y analógicas para recibir señales de sensores y dispositivos en el entorno. También tienen salidas digitales y analógicas para controlar actuadores, como motores y válvulas (electrin, 2016).
- Flexibilidad: Un PLC es altamente flexible y puede ser reprogramado para adaptarse a diferentes necesidades de producción sin requerir cambios físicos en la maquinaria.
- Confiabilidad: Los PLC son confiables y pueden funcionar en entornos industriales adversos con temperaturas extremas, vibraciones y humedad.



- Interfaz de Comunicación: Los PLC a menudo tienen puertos de comunicación que permiten la interacción con otros dispositivos, como computadoras, pantallas HMI y otros PLC, para la transferencia de datos y control remoto.
- Aplicaciones: Los PLC se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales, incluyendo control de maquinaria, automatización de procesos de fabricación, sistemas de seguridad, control de motores, sistemas de control de edificios y muchas otras áreas.

TIA Portal, "Totally Integrated Automation Portal":

Es un software de programación y configuración desarrollado por Siemens para la automatización industrial y el control de procesos. TIA Portal es una plataforma de desarrollo integral que se utiliza para programar y configurar una amplia gama de dispositivos y sistemas de automatización fabricados por Siemens, incluyendo controladores lógicos programables (PLC), sistemas de control de movimiento, sistemas de interfaz hombre-máquina (HMI) y más (siemens, 2023).



Ilustración 2. TIA PORTAL (Tierney, s.f.)



LabVIEW "Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench,"

Es un software de programación gráfica ampliamente utilizado en ingeniería y ciencias. Se basa en un enfoque visual en el que los programadores crean programas arrastrando y conectando iconos y diagramas de bloques en lugar de escribir código tradicional (instruments, 2022). Esta programación gráfica facilita la visualización de la lógica del programa y es especialmente útil para aplicaciones de control en tiempo real, adquisición de datos y análisis de señales.

Las aplicaciones de LabVIEW son diversas e incluyen el control de procesos industriales, sistemas de prueba automatizados, desarrollo de sistemas embebidos en tiempo real y experimentación científica. LabVIEW se destaca por su capacidad de integración con una amplia variedad de hardware, incluidas tarjetas de adquisición de datos, instrumentación y sistemas de control (instruments, 2022).

La interfaz de LabVIEW permite a los usuarios crear interfaces de usuario personalizadas con controles interactivos, gráficos y visualizaciones. Además, su comunidad de usuarios activa proporciona recursos, soporte y una amplia gama de módulos y herramientas adicionales para ampliar sus capacidades (instruments, 2022)



Ilustración 3. LabVIEW (MICROORSENSORS, s.f.)



OPC:

El sistema OPC es un estándar de interfaz de software que permite a los programas de Windows comunicarse con dispositivos de hardware industrial. Es el estándar de conectividad de datos más popular que se utiliza para comunicarse entre controladores, dispositivos, aplicaciones y otros sistemas basados en servidores para la transferencia de datos.

Los procesos de automatización en una fábrica constan de diferentes controladores y dispositivos de distintos proveedores o vendedores con diferentes protocolos. Estos controladores y dispositivos son esenciales para comunicarse con los sistemas empresariales o de gestión (ERP, MES, etc.). Por lo tanto, OPC crea un entorno para acceder a los datos de la planta en tiempo real de dichos proveedores. (cursosaula21.com, 2021).

Comunicación sincrónica

La comunicación sincrónica entre dispositivos ocurre cuando la interacción y el intercambio de mensajes entre dispositivos se llevan a cabo en tiempo real y de manera simultánea. En este tipo de comunicación, los dispositivos participan activamente en la transmisión y recepción de información de manera instantánea.



Un ejemplo claro de comunicación sincrónica entre dispositivos es la sincronización de datos en tiempo real entre un servidor y múltiples dispositivos conectados. Por ejemplo, cuando varias personas colaboran en un documento compartido en la nube y los cambios realizados por un usuario se reflejan de inmediato en la versión que ven los demás participantes, se está produciendo una comunicación sincrónica entre dispositivos. Este tipo de comunicación también se evidencia entre aplicaciones ocurre cuando hay una interacción instantánea y simultánea entre diferentes aplicaciones de software. En este tipo de comunicación, las aplicaciones están diseñadas para intercambiar datos o información en tiempo real, coordinando sus acciones de manera instantánea. (Terzakyan, T. ,2022)

Lenguaje Ladder:

Los diagramas de escalera son esquemas de uso común para representar la lógica de control de sistemas industriales. Se le llama diagrama "escalera" porque se asemejan a una escalera, con dos rieles verticales (de alimentación) y “escalones” (líneas horizontales), en las que hay circuitos de control que definen la lógica a través de funciones.

Su lógica se fundamenta en realizar instrucciones de entrada que funcionan como condiciones que tiene el circuito para dejar o no dejar pasar la corriente de una línea a la otra. Estas condiciones se manejan comúnmente con contactos normalmente abierto o normalmente cerrados los cuales interpretan las señales de alto y bajo de sensores o interruptores. Si las condiciones son verdaderas la corriente llega a las instrucciones de salida las cuales generan acciones como energizar la bobina de un motor o energizar una lámpara, por ejemplo. De esta forma el paso de la corriente a



las bobinas de salida está condicionadas por la lógica que manejen las instrucciones de entradas. (Alvarado, M, 2022).



8. Estado Del Arte

8.1. Una cápsula optimizada de redes neuronales para la clasificación de la enfermedad de la hoja del tomate

Este artículo busca clasificar las enfermedades de las plantas mediante un método basado en la forma del punto, el color y la ubicación dentro de las hojas. Este artículo presenta una metodología de que utiliza una cápsula optimizada de red neuronal (CapsNet) para detectar y clasificar diez enfermedades de la hoja de tomate utilizando imágenes estándar del conjunto de datos. Para mitigar el sobrecalentamiento, se emplearon técnicas de aumento de datos y preprocesamiento durante la fase de entrenamiento.

el estudio demuestra la efectividad de CapsNet en la identificación precisa y la clasificación de las enfermedades de la hoja de tomate sobre la base de spot forma, color y ubicación. Los sondeos destacan el potencial de CapsNet como alternativa a los CNN (Convolutional Neural Networks) para mejorar la detección y clasificación de enfermedades en patología vegetal. (Abouelmagd, L.M., Shams, M.Y., Marie, H.S. et al., 2024, pp. 2).



8.2. Imágenes hiperespectrales junto con aprendizaje automático para la clasificación de infección antracnosis en la fruta de mango

La investigación de este artículo aplica la espectroscopia de imágenes hiperespectrales (HSI) integrada con el aprendizaje automático (ML) incluido el análisis de componentes principales (PCA) y la máquina de vectores de apoyo (SVM) para la rápida identificación de infección quiescente de antracnosis en la fruta del mango.

Los datos espectrales obtenidos pueden ser reconocidos como huellas dactilares que los metabolitos producidos por *C. gloeosporioides* y los tejidos de la fruta descompuestos causados por la infección fúngica. El HSI integrado con ML fue capaz de no solo detectar la infección antracnosis en una etapa latente antes de los síntomas de la enfermedad, sino también clasificar correctamente diferentes severidades de los síntomas. Además, de implementar mapas de síntomas contruidos mediante el procesamiento de imágenes de color falso para simplificar la visualización de datos de diferentes severidades de los síntomas. (Siripatrawan, U., & Makino, Y., 2024).



8.3. Café y anacardo conjunto de datos: Un conjunto de datos para detección, clasificación y estimación del rendimiento para aplicaciones de aprendizaje automático

Este artículo recopila conjuntos de datos que contienen 3000 café y 3086 imágenes de anacardo, que constituyen 6086 imágenes. El conjunto de datos de café consta de cinco clases: inmaduro, maduración, maduro, estropeado, y coffee_tree. Mientras que el sistema de datos del anacardo consiste en seis clases: árbol, flor, prematuro, inmaduro, maduro, y estropeado. El conjunto de datos recopilados puede ser utilizado para varias máquinas cuya finalidad es destinada a tareas de aprendizaje incluyendo la estimación de la intensidad de floración, fruta análisis de la etapa de madurez, diagnóstico de enfermedades, identificación de variedades de cultivos y estimación del rendimiento.

El equipo de imágenes obtenida consistía en un UAV, específicamente un dron DJI Mini 3 Pro equipado con una cámara de alta calidad. Desarrollando estrategias de vuelo de drones personalizada. Incluyendo el uso de vuelo manual, volando a bajas altitudes y a distancias cercanas de aproximadamente 1 m de café y anacardos, ajuste de la orientación de la cámara para una óptima exposición y visibilidad de los objetos de interés, óptima resolución espacial y velocidad de vuelo.

Las imágenes se recogieron principalmente en condiciones climáticas óptimas para volar un UAV para la adquisición de datos basada en la granja, incluyendo la iluminación natural (sol), precipitación, temperatura, nubosidad, velocidad del viento y humedad.

(Rahman Sanya et al., 2024).



8.4. Investigación sobre el algoritmo de riego automático de Strawberry

Greenhouse Basado en PLC

El artículo presenta una propuesta de un algoritmo de riego automático basado en la evaluación fuzzy integral de riego mediante un PLC y el software de configuración, y mediante la construcción de un sistema de control remoto. Mediante la medición de los parámetros del suelo de invernadero y datos de humedad del suelo de fresa para determinar los límites superiores e inferiores de riego y establecer la posición enterrada de los sensores de humedad.

Se dispone de un método de evaluación integral difuso para manejar datos de sensores múltiples, y desarrollar un algoritmo de control de riego automático que depende de la fresa. Configurando un modo C / S de sistema de control de riego automático a través de la red 3G y un ordenador remoto. Finalmente, los resultados experimentales muestran que el algoritmo es razonable y fiable, y es capaz de adaptarse al invernadero de fresas. Las irrigaciones automáticas cumplen con el rendimiento en tiempo real y alta escalabilidad. Demostrando así que la automatización de riego de invernadero de fresas proporciona una base teórica y práctica para realizar un riego inteligente en un invernadero de fresas. (Jianlun et al., 2014, pp. 419)



Producción de Tomates en Boyacá:

La producción de tomates en Boyacá representa una parte significativa de la agricultura local alrededor de 1.396 hectáreas de producción (BERNAL, 2020). Según datos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Boyacá ha experimentado un aumento constante en la producción de tomates en los últimos años, con una producción anual que supera las [cifras de producción] toneladas. Estos tomates se destinan principalmente al mercado local y nacional, así como a la industria de procesamiento.



Ilustración 4. BOYACA (BOYACA.GO, 2016)

Desafíos en la Clasificación Manual en Boyacá:

La clasificación manual de tomates en Boyacá enfrenta desafíos que afectan la eficiencia y calidad del proceso. Estos desafíos incluyen la variabilidad en el tamaño y la calidad de los tomates, la dependencia de la mano de obra y la posibilidad de errores humanos. Además, debido a la mezcla de tomates de diferentes características en un mismo lote, la comercialización y la calidad del producto se ven afectadas negativamente.



Ilustración 5. Clasificación Manual (Silva, 2016)

Tecnologías de Detección y Automatización:

La automatización en la agricultura se ha convertido en un área de interés en Boyacá y otras regiones agrícolas de Colombia. El 90% de la producción de tomate está concentrada en 10 departamentos de la región Andina, siendo Boyacá el de mayor productividad, alcanzando hasta 100 Ton/ha, seguido de Caldas, Risaralda y Cundinamarca (BAYER, s.f.). Se han aplicado diversas tecnologías de detección, como sensores de visión por computadora y sistemas de procesamiento de imágenes, en intentos anteriores de automatizar la clasificación de tomates. Estas tecnologías tienen el potencial de mejorar la precisión y eficiencia en la clasificación.



Ilustración 6. Automatización De Maquinas Clasificadoras De Tomates. (UNITEC, 2022)



Experiencias Previas de Automatización Agrícola en Boyacá:

Aunque se han realizado esfuerzos para introducir la automatización en la agricultura de Boyacá, no se han encontrado ejemplos significativos de proyectos de máquinas clasificadoras de tomates automatizadas específicamente en la región ya que hizo la correspondiente investigación por la mayoría de los medios y se puede encontrar empresas, pero de ensamble miento en Antioquia, Cundinamarca. Esto destaca la necesidad de un proyecto como Clasitom pues las únicas máquinas que se encuentran en el departamento son hechas en otras partes de Colombia por el cual sube el costo de distribución, las cuales tienen muchos errores en el momento de la clasificación ya que solo está por pesos lo cual demostramos que dos tomates pequeños pueden pesar lo mismo que uno grande.



Ilustración 7. Máquina Clasificadora De Tomates Mediante Peso. (AWETA, 2021)



9. Diseño Metodológico

Metodología para el Diseño de Clasitom:

Definición de Requisitos y Recopilación de Información:

- Se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la información relacionada con el proceso de clasificación de tomates y las tecnologías involucradas.
- Se realizarán entrevistas con expertos en el campo agrícola y la automatización para comprender los requisitos específicos del proyecto.

Diseño de la Interfaz de Usuario (LabVIEW):

- Se utilizará LabVIEW para diseñar la interfaz de usuario de la simulación de "Clasitom".
- Se definirá cómo se mostrarán gráficamente los componentes de la máquina clasificadora y los tomates en la interfaz.
- La interfaz se diseñará de manera intuitiva para facilitar la comprensión del proceso de clasificación.

Simulación de Sensores Virtuales (TIA Portal):

- Se empleará TIA Portal para simular los sensores virtuales que interactuarán con los tomates.
- Se determinarán los tipos de sensores a utilizar, como sensores de visión o sensores de peso, según los requisitos del proyecto.



- La lógica de detección de características clave de los tomates se implementará en función de los sensores simulados.

Simulación de Actuadores (TIA Portal):

- Se implementará la simulación de los actuadores de "Clasitom" en TIA Portal.
- Se definirá cómo se llevarán a cabo las acciones de clasificación, como el movimiento de las bandas transportadoras o los dispositivos de separación.
- La simulación de actuadores responderá adecuadamente a las detecciones de los sensores.

Integración de LabVIEW y TIA Portal:

- Se llevará a cabo la integración de la interfaz de usuario de LabVIEW con la simulación de TIA Portal para lograr un funcionamiento conjunto.
- Los datos capturados por los sensores virtuales en TIA Portal se reflejarán adecuadamente en la interfaz de LabVIEW.

Pruebas y Validación:

- Se realizarán pruebas exhaustivas para validar el funcionamiento de la simulación de "Clasitom".
- Se realizarán ajustes y correcciones en caso de identificarse problemas durante las pruebas.
- La simulación se evaluará en cuanto a su efectividad para comprender el proceso de clasificación de tomates.



Documentación y Presentación:

- Se documentará todo el proceso de diseño y desarrollo de la simulación.
- Se preparará una presentación detallada que explicará la metodología utilizada y los resultados obtenidos.
- El proyecto se presentará de manera clara y efectiva.



10. Desarrollo Del Proyecto

Antes de iniciar el diseño del sistema, se llevará a cabo la elaboración de un diagrama P&ID (Diagrama de Tubulaciones e Instrumentación) para visualizar claramente el proceso que el programa debe seguir para cumplir con los criterios establecidos.

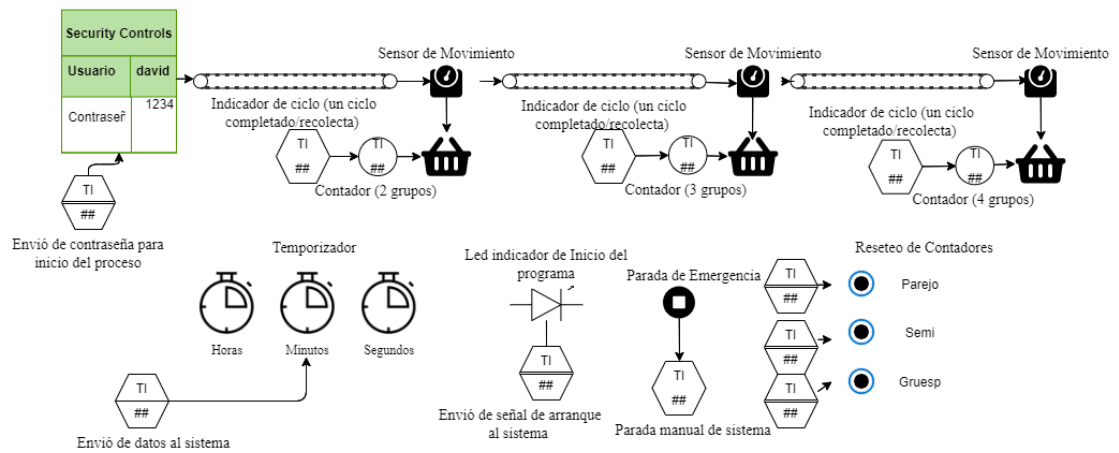


Ilustración 8. Diagrama P&ID del sistema. Fuente: Autor



El siguiente paso en el proceso es desarrollar el diagrama GRAFCET del programa. Este diagrama es esencial ya que nos proporcionará una representación visual detallada de los distintos pasos y secuencias que deben seguirse en la programación en TIA Portal. Al visualizar claramente estos pasos, podemos comprender mejor el flujo del proceso y asegurarnos de que el programa se desarrolle de manera coherente y eficiente, siguiendo los lineamientos establecidos en el diagrama P&ID y cumpliendo con los criterios requeridos.

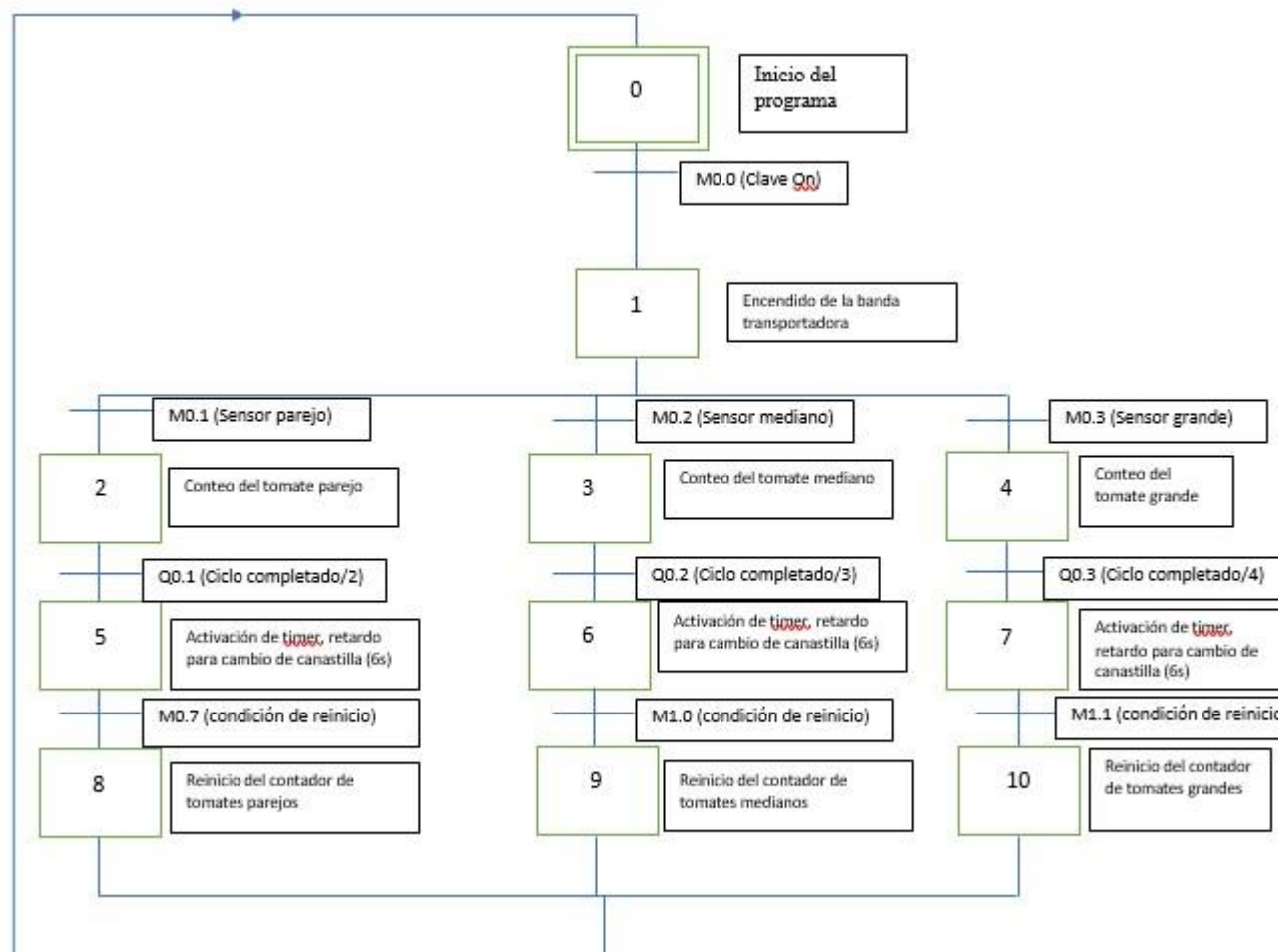


Ilustración 9. Grafcet del sistema en Tia Portal. Fuente: Autor



Para el desarrollo completo del proyecto, se han establecido dos etapas distintas. En la primera etapa, se dedicará en el diseño de la interfaz utilizando LabVIEW. Este proceso implica la creación de una interfaz de usuario intuitiva y funcional que satisfaga las necesidades del proyecto. Una vez completada esta fase inicial, se procederá a la segunda etapa, que consistirá en la implementación del sistema en TIA Portal. Esta fase se enfocará en la integración del hardware y la programación necesaria para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema en su conjunto.

10.1. Labview

Como se muestra en la ilustración siguiente, en los cuadros de texto designados, se requerirá que el usuario ingrese su nombre de usuario y contraseña correspondientes para acceder al programa



Ilustración 10. Labview inicio del programa (Usuario y contraseña) Fuente: Autor



El siguiente paso implica desarrollar el código en LabVIEW que habilite la comparación entre la contraseña ingresada por el usuario y la contraseña previamente establecida. Como se muestra en el bloque de la ilustración, se ingresarán variables del tipo String correspondientes al usuario. Estas variables serán comparadas con la contraseña y el usuario predefinidos. Únicamente si ambas coinciden con los criterios establecidos, se permitirá el acceso al programa.

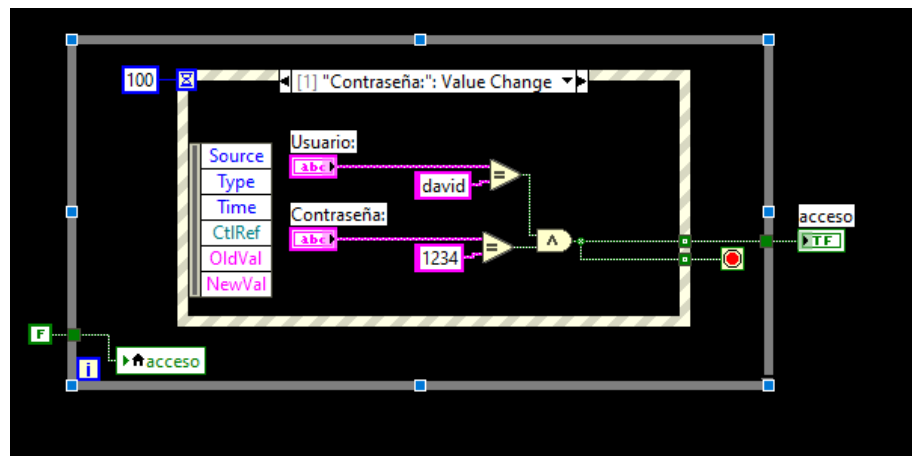


Ilustración 11. Labview bloque de programación (Usuario y contraseña) Fuente: Autor

La siguiente ilustración exhibe los componentes obtenidos a través del programa Symfac1. Al utilizar esta herramienta, se nos brindan diseños interactivos para la aplicación, como, por ejemplo, las bandas transportadoras, las canastillas, los piñones y otros gráficos relevantes.



Ilustración 12. Labview herramientas de diseño Fuente: Autor



En el apartado de simulación, otro conjunto de elementos importantes son los objetos con animación, los cuales posibilitan simular la interacción de los elementos en un entorno práctico. En la ilustración proporcionada se presentan tres tipos de tomates que serán utilizados, así como el cambio de estado de las canastillas de azul a verde durante un ciclo, y el movimiento de los piñones en la banda transportadora. Estos elementos dinámicos contribuyen a una representación más precisa y visualmente comprensible del proceso simulado.

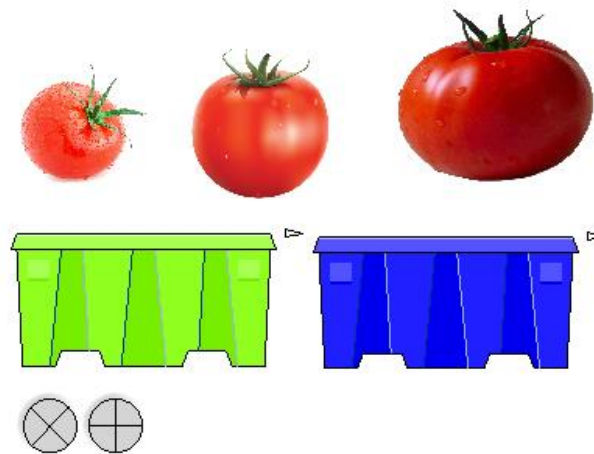


Ilustración 13. Labview herramientas de animación Fuente: Autor



En la etapa siguiente de la simulación, se procede a colocar los tres tipos de tomates en el inicio de la banda transportadora. Para lograr esto, se invocan las variables que contienen las imágenes de los tomates, permitiendo que estas permanezcan en su lugar correspondiente. Se realizará una ligera desviación de las figuras para asegurar que ocupen el lugar que les corresponde en la simulación. Este paso es esencial para garantizar un inicio preciso y ordenado del proceso simulado.

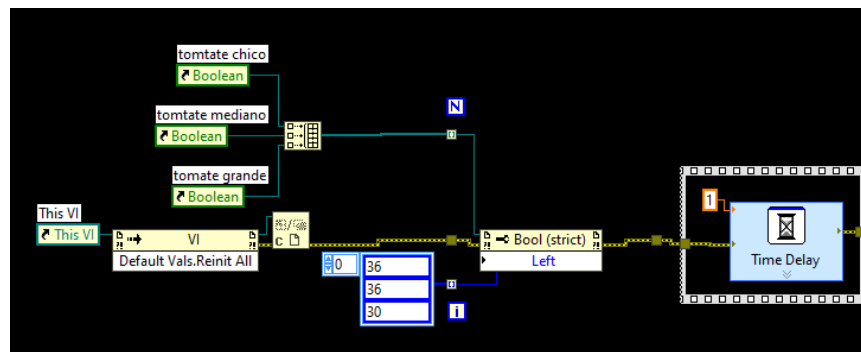


Ilustración 14. Labview posicionamiento de los tomates Fuente: Autor

En la ilustración siguiente se presenta la imagen que simula la abertura por la cual los tomates se desplazarán por la banda transportadora. Detrás de esta imagen se ubicarán los tres tipos de tomates previamente mencionados. Esta imagen funciona como una especie de cortina para ocultar la presencia de los tomates y mejorar la estética visual para el público. Este enfoque ayuda a mantener la atención en el movimiento de los tomates a medida que avanzan por la banda transportadora, creando una presentación más dinámica y atractiva.

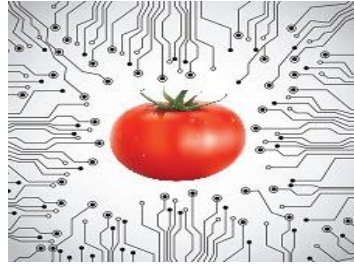


Ilustración 15. Labview apertura de entrega de tomates (posición cero) Fuente: Autor

En el bloque de LabVIEW siguiente se utiliza una variable aleatoria (random) para seleccionar un número al azar entre uno y tres. El resultado de esta operación determinará uno de los casos presentados, y, por lo tanto, el tipo de tomate que se procederá a categorizar

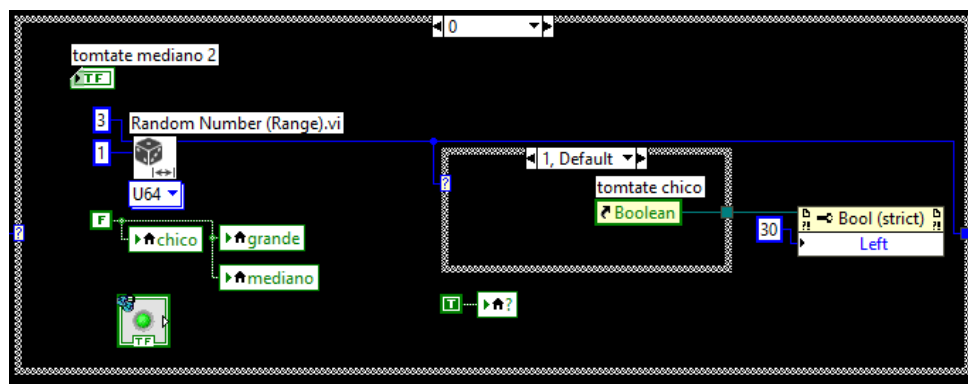


Ilustración 16. Labview selección del tomate Fuente: Autor

En la siguiente ilustración se establece la posición mínima en la que el tomate parejo debe situarse para que el sensor, representado por el LED, pueda captar su posición de llegada. Una vez que el tomate llegue a esta posición, se enviará automáticamente una señal al contador para indicar que debe sumarse uno a su valor. Esto permite un proceso de conteo automatizado y preciso, mejorando la eficiencia del sistema de clasificación.

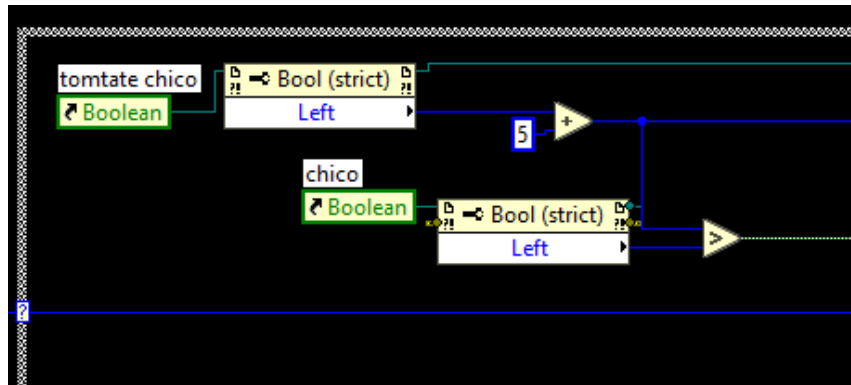


Ilustración 17.Labview posicionamiento del tomate parejo Fuente: Autor

En este bloque de código, como se mencionó anteriormente, se utiliza una variable que almacena la cantidad de veces que el tomate parejo ha estado en su posición de recepción. Esta variable se retroalimenta para que el contador continúe registrando los recibidos. Además, como en este caso se toman de a dos, se dividirá ese valor entre dos para determinar cuándo se ha completado un ciclo.

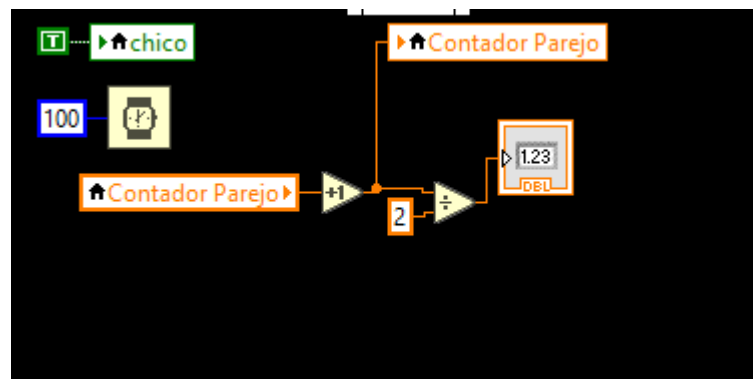


Ilustración 18.Labview almacenamiento de iteraciones del tomate parejo Fuente: Autor

En la siguiente ilustración se muestra el bloque de código que controla el desplazamiento y conteo para el caso del tomate parejo. Algunos detalles importantes a resaltar son los siguientes: la velocidad del desplazamiento está fijada en un intervalo de cinco para cada movimiento, se incluye un pequeño retardo en el conteo



para asegurar una correcta lectura, y además, una vez que se ha realizado el conteo, el tomate vuelve a su posición inicial. Estos elementos son fundamentales para garantizar un funcionamiento preciso y eficiente del sistema de clasificación.

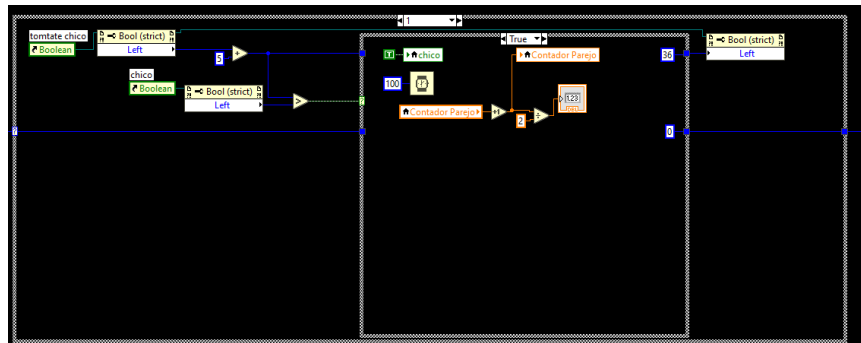


Ilustración 19. Labview bloque de interacción del tomate parejo Fuente: Autor

La misma lógica anteriormente vista se aplica para el caso del tomate mediano. Se establece un desplazamiento en cinco unidades y, al igual que en el caso del tomate parejo, se busca que se desplace hasta el sensor correspondiente. Se implementa la comparación que se muestra a continuación para detener su movimiento una vez que se detecte el sensor.

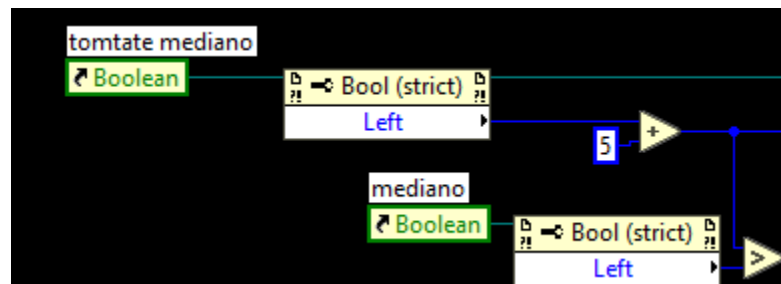


Ilustración 20. Labview posicionamiento del tomate mediano Fuente: Autor

Después de realizar el desplazamiento del tomate mediano, se almacena este recorrido en una variable que se retroalimenta sumándole uno en cada desplazamiento. Esto permite tener un conteo de las transiciones realizadas. En este caso, se divide el conteo



entre un valor de tres, ya que se deben realizar tres desplazamientos de este tipo de tomate para determinar que se ha completado un ciclo.

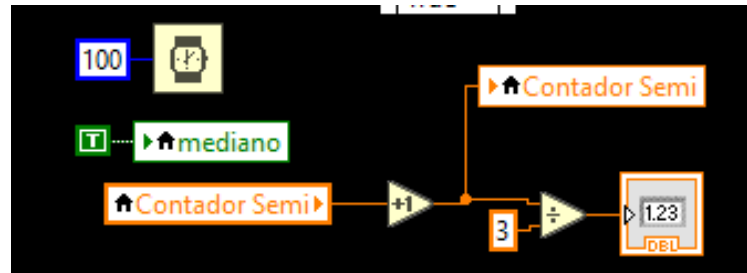


Ilustración 21. Labview almacenamiento de iteraciones del tomate mediano Fuente: Autor

En la ilustración se puede evidenciar el proceso completo en el desplazamiento y conteo del tomate mediano. Este puede desplazarse en un valor de cinco unidades hasta llegar al sensor correspondiente. Además, se lleva un conteo de las veces que se ha realizado este proceso, dividiendo el recuento entre tres para determinar cuándo se ha completado un ciclo. Una vez que se ha realizado el conteo, el tomate puede devolverse a su posición original para continuar con el procedimiento. Este enfoque garantiza un ciclo completo y eficiente en el proceso de clasificación del tomate mediano.

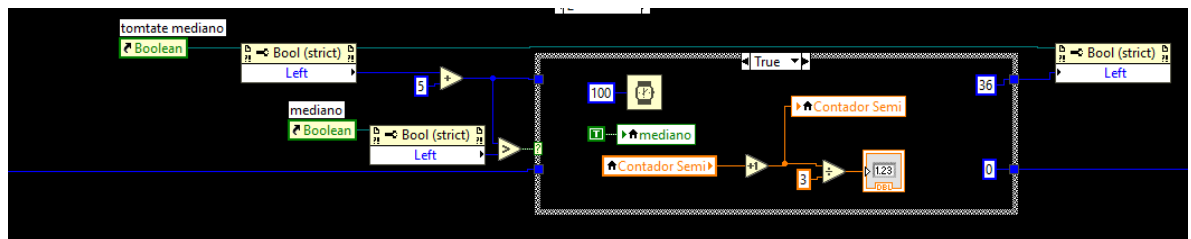


Ilustración 22. Labview bloque de interacción del tomate mediano Fuente: Autor

Al igual que en los casos anteriores, en el caso del tomate grande se sigue el mismo procedimiento. Una vez seleccionado el tomate grande, se procede a realizar un



desplazamiento de cinco unidades en la banda transportadora hasta que el sensor alcance su posición y detenga el movimiento del tomate.

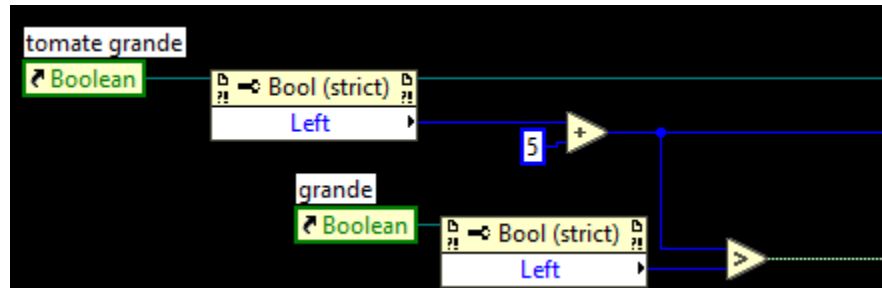


Ilustración 23. Labview posicionamiento del tomate grande Fuente: Autor

En este caso, también se contempla una variable que permite realizar un conteo del tomate grande. Esta variable se retroalimenta sumándole uno en cada instancia. Sin embargo, al tratarse del tomate grande, la variable de almacenamiento se divide en cuatro, ya que se plantea que se almacenen cuatro de estos tomates para completar un ciclo.

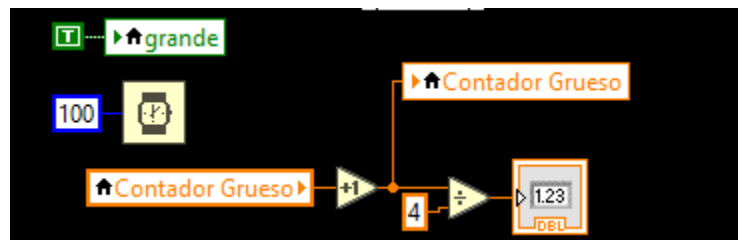


Ilustración 24. Labview almacenamiento de iteraciones del tomate grande Fuente: Autor

La ilustración muestra el bloque de LabVIEW encargado del desplazamiento y el conteo de las iteraciones realizadas por el tomate grande, permitiéndole volver a la posición inicial una vez que se ha completado un desplazamiento

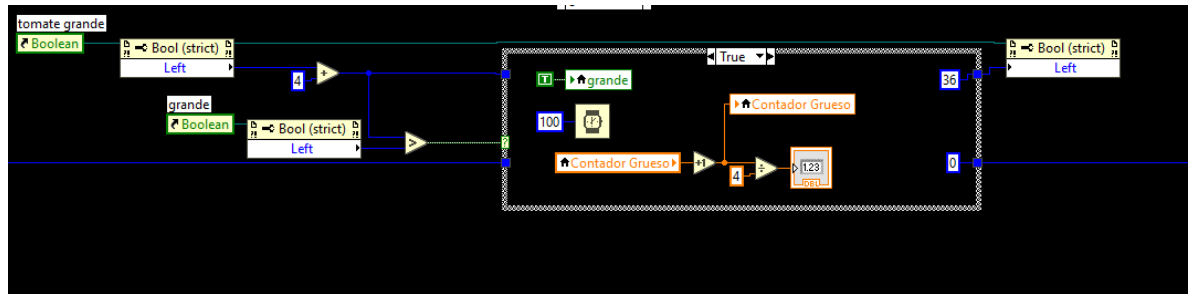


Ilustración 25. Labview bloque de interacción del tomate grande Fuente: Autor

En la siguiente ilustración se muestra la sección del programa LabVIEW que permite visualizar los tipos de tomates disponibles, junto con sus respectivos conteos. Debajo de estos se presenta una sección que se encarga de verificar numéricamente si se ha completado el ciclo. A diferencia del contador que se presenta como un número entero, el segundo contador se presenta como un porcentaje. Esto proporciona una representación visual del progreso hacia la finalización del ciclo de clasificación de los tomates.

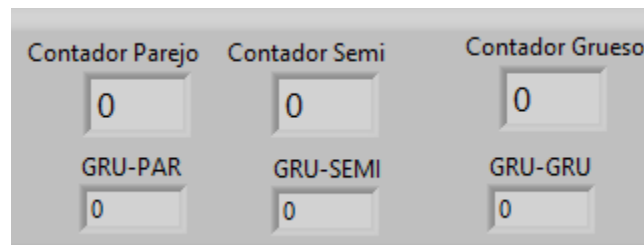


Ilustración 26. Labview contador de las tres clases de tomates y su porcentaje de llenado Fuente: Autor

Para registrar el tiempo en la simulación y hacer que el contador de segundos funcione correctamente, es necesario convertir el tiempo del programa en segundos. Luego, este tiempo se suma al contador de segundos en cada iteración. Una vez que el contador de segundos alcanza sesenta, se reinicia a cero porque se ha completado un minuto y se debe comenzar nuevamente el proceso. Este enfoque garantiza un



seguimiento preciso del tiempo transcurrido durante la simulación y facilita la gestión de los intervalos de tiempo.

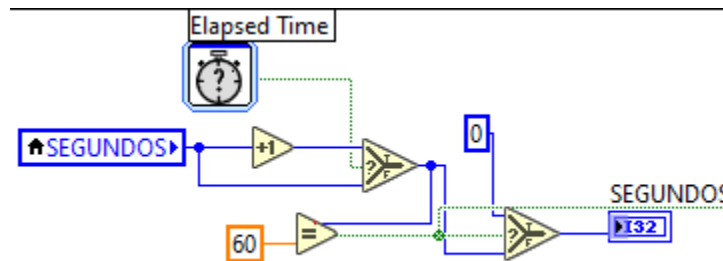


Ilustración 27. Labview contador de segundos Fuente: Autor

El siguiente bloque de código se encarga de contabilizar los minutos y está vinculado con el anterior, el cual maneja los segundos. La primera comparación se cumple únicamente cuando los segundos alcanzan sesenta, lo que indica que ha transcurrido un minuto completo. En este caso, se suma uno al contador de minutos. De manera similar al conteo de segundos, se realiza una comparación adicional para reiniciar el conteo de minutos a cero cuando este alcanza sesenta, indicando que ha transcurrido una hora completa. Este enfoque asegura un seguimiento preciso del tiempo durante la simulación.

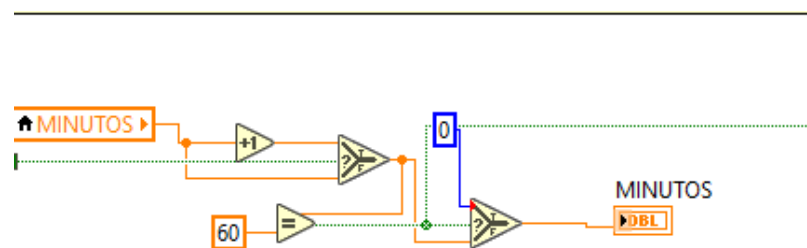


Ilustración 28. Labview contador de minutos Fuente: Autor



Este bloque se encarga de contar las horas transcurridas, y su conteo está vinculado al de los minutos. Cuando se completan sesenta minutos, la condición se cumple y se agrega una unidad al contador de horas. Este proceso continúa hasta que el contador alcance un límite de cien. Una vez que se alcanza este límite, el contador se reinicia y vuelve a cero. De esta manera, se lleva un registro preciso del tiempo transcurrido durante la simulación, asegurando que el conteo de horas se mantenga dentro de los límites establecidos.

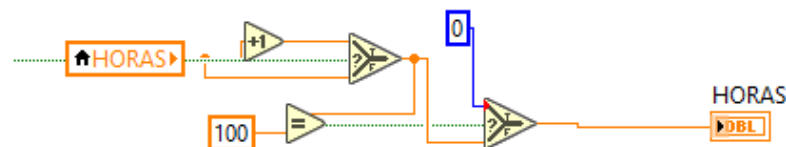


Ilustración 29. Labview contador de horas Fuente: Autor

En esta ilustración se muestra cómo se presenta el contador en la interfaz gráfica de LabVIEW. Como se puede observar, cada contador se muestra inicialmente en cero. Una vez que el programa comienza a ejecutarse, se procederá a realizar el procedimiento detallado anteriormente para llevar un registro del tiempo transcurrido y actualizar los contadores de horas, minutos y segundos en consecuencia.

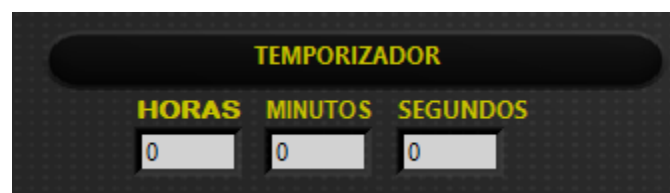


Ilustración 30. Labview conteo del tiempo transcurrido en el sistema Fuente: Autor



Continuando con el proceso, procedemos a configurar la visualización del movimiento de la banda mediante la agrupación de piñones. Estos piñones están conectados con TIA Portal. Cuando se activa la lectura del sensor de activación de la máquina, que valida la clave, se activa una salida que inicia la simulación de los piñones. Esto permite visualizar que la máquina está en movimiento.

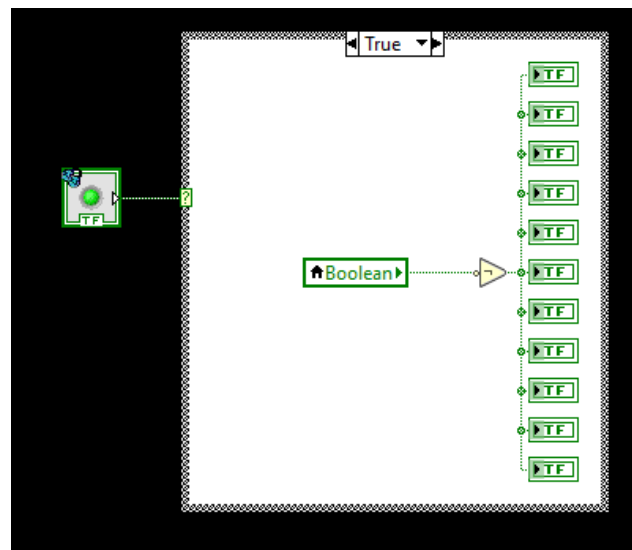


Ilustración 31. Labview movimiento de piñones Fuente: Autor

En la siguiente ilustración se muestra el proceso que el usuario visualizará en la interfaz gráfica de LabVIEW una vez que el programa se haya iniciado. El encendido del LED proporciona una ayuda visual que indica el inicio del programa. Además, este LED permite activar el movimiento de los piñones de la banda transportadora, ofreciendo una representación visual del funcionamiento del sistema.



Ilustración 32. Labview movimiento de la banda transportadora y encendido del led indicador de movimiento
Fuente: Autor

10.2. Tia Portal

En esta segunda etapa, se presentará el desarrollo del programa en TIA Portal, así como la conexión entre TIA Portal y LabVIEW. Para ello, es necesario asignar una dirección IP al PLC simulado del programa, la cual será 192.168.0.14. Además, se debe configurar una dirección en el dispositivo para permitir la comunicación entre ambas plataformas. Esta dirección será 192.168.0.4. Es importante destacar que estas direcciones permanecerán estáticas, ya que no se cuenta con direcciones dinámicas para este proyecto, garantizando así una conexión fija y estable.

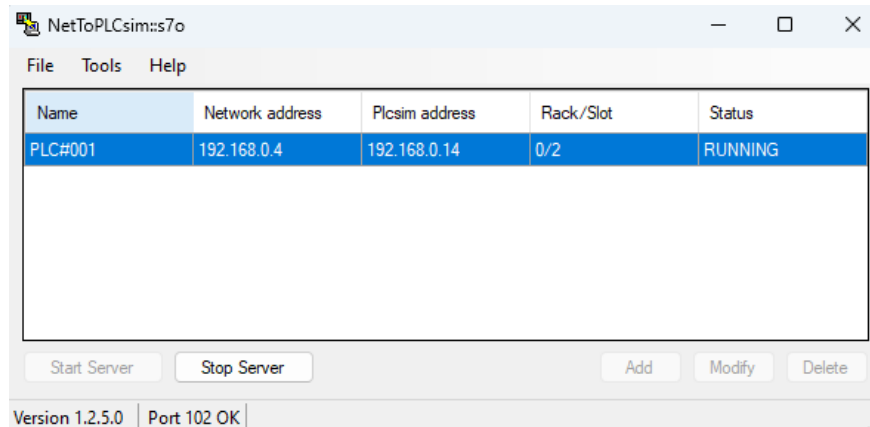


Ilustración 33.Tia Portal conexión con dirección ip Fuente: Autor

El siguiente paso implica disponer del OPC Server de LabVIEW. En este servidor, se debe agregar un canal de comunicación, el cual se nombrará igual que el proyecto. Luego, se seleccionará el tipo de red, en este caso, una red TCP/IP Ethernet. Finalmente, se procederá a agregar el PLC con el cual se desea trabajar, optando por uno de la familia 300 de PLCs.

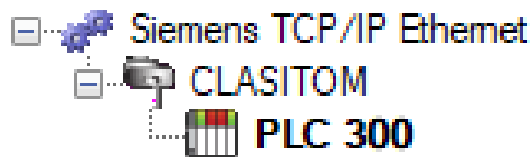


Ilustración 34.OPC Server canal de comunicación Fuente: Autor

El siguiente paso implica cargar todas las variables requeridas en el diseño del programa de TIA Portal. Estas variables se dividen en dos tipos: las entradas del sistema y las variables de memoria. Las entradas del sistema representan los datos que ingresan al sistema, mientras que las variables de memoria se encargan de mantener el conteo de los ciclos de cada tomate.



BANDA ON	Q0.0	Boolean	100	None
CAN_TOM_GRU	Q0.3	Boolean	100	None
CAN_TOM_PAR	Q0.1	Boolean	100	None
CAN_TOM_SEM	Q0.2	Boolean	100	None
CLAVE ON	M0.0	Boolean	100	None
COM_TOM_GRU	M0.3	Boolean	100	None
CON_TOM_PAR	M0.1	Boolean	100	None
CON_TOM_SEM	M0.2	Boolean	100	None
PARADA	M2.0	Boolean	100	None
RE_TOM_GRU	M1.1	Boolean	100	None
RES_TOM_PAR	M0.7	Boolean	100	None
RES_TOM_SEM	M1.0	Boolean	100	None

Ilustración 35. OPC Server carga de variables de Tia Portal Fuente: Autor

A continuación, se llevará a cabo la comprobación para asegurar que nuestras variables se han cargado correctamente y están listas para ser utilizadas. Como se muestra en la ilustración, el hecho de que estas se encuentren resaltadas en verde y no se presenten advertencias ni errores indica que están en pleno funcionamiento.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
CLASITOM.PLC 3...	Byte	0	17:33:16.765	Good	1
CLASITOM.PLC 3...	Byte	2	17:33:16.765	Good	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1
CLASITOM.PLC 3...	Boolean	Unknown	17:33:16.765	Bad	1

Ilustración 36. OPC Server comprobación de funcionamiento de las variables Fuente: Autor

En la siguiente ilustración se presenta el proceso para iniciar el programa cuando se recibe la señal desde LabVIEW. Cuando la consigna M0.0 se active, se cerrará y energizará la salida correspondiente a la banda transportadora. Esta información se enviará a LabVIEW para iniciar el desplazamiento de la banda transportadora. Además, se incluye un botón de parada para detener el proceso en cualquier momento.

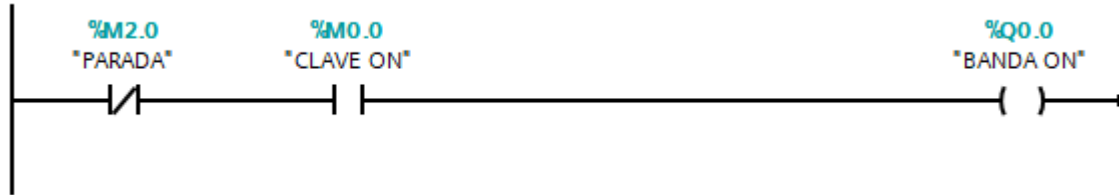


Ilustración 37.Tia Portal inicio de la banda transportadora Fuente: Autor

La siguiente línea de código corresponde a cómo se realiza el conteo del caso del tomate parejo. Cuando el sensor en LabVIEW detecte este caso, la consigna M0.1 se activará, permitiendo realizar un conteo de este evento. Como se observa en el contador, este se establecerá en dos. Cuando la variable del contador alcance ese valor, se activará una consigna de salida que permitirá continuar con el proceso en la línea siguiente.

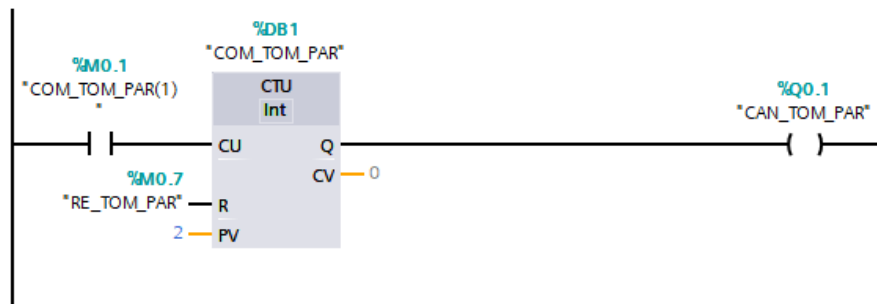


Ilustración 38.Tia Portal conteo del tomate parejo Fuente: Autor

Como se mencionó anteriormente, al activarse la consigna, esta accionará el temporizador. El temporizador contará con un retardo de seis segundos antes de activar la consigna de salida para reiniciar el proceso del caso del tomate parejo.

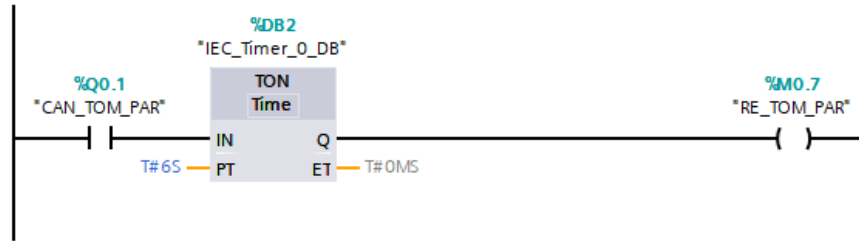


Ilustración 39.Tia Portal reinicio del tomate parejo Fuente: Autor

Ahora procedemos a realizar el proceso de conteo para el tomate mediano. Para ello, también necesitamos la señal del sensor que se encuentra en LabVIEW. Cuando se detecte un tomate mediano, el sensor se activará y enviará la señal de energización a la consigna M0.2, permitiendo así iniciar el conteo. Este conteo estará establecido en un valor de tres. Una vez alcanzado este valor, se procederá a energizar la consigna de salida para continuar con el proceso.

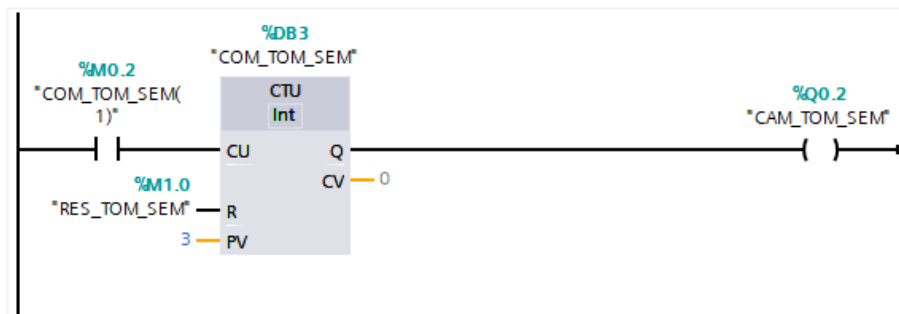


Ilustración 40.Tia Portal conteo del tomate mediano Fuente: Autor

Con la salida previamente energizada, se permitirá dar inicio a esta nueva etapa que activará la consigna Q0.2. Esta a su vez activará el temporizador, el cual funcionará como un retardo del proceso, reteniendo el proceso durante seis segundos antes de activar la consigna de salida que reiniciará el proceso de la etapa de tomates medianos.

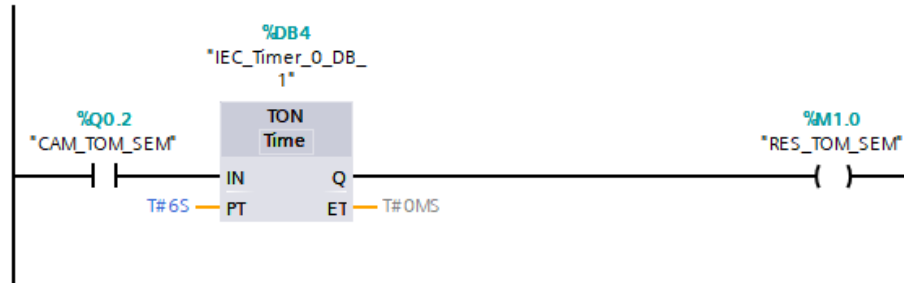


Ilustración 41.Tia Portal reinicio del tomate mediano Fuente: Autor

Finalmente, se contempla el caso para los tomates grandes. Al igual que en los casos anteriores, se dispone del sensor que se encuentra en LabVIEW. Cuando se detecte un tomate grande, este enviará la señal de arranque a la consigna M0.3, la cual comenzará a activar el contador. Una vez que se hayan contado cuatro iteraciones, se energizará la consigna de salida para dar paso a la siguiente línea del proceso.

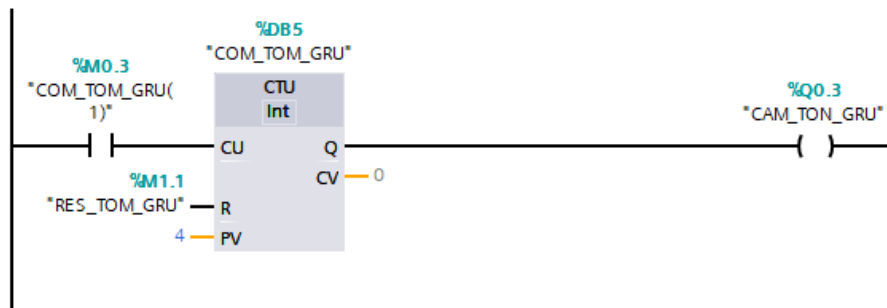


Ilustración 42.Tia Portal conteo del tomate grande Fuente: Autor

Ahora procederemos a energizar la consigna Q0.3 con la orden de la consigna de salida previamente vista, lo que activará el temporizador. Este temporizador esperará seis segundos para continuar con el proceso, lo que activará la consigna de salida M1.1, reiniciando así el proceso del caso de los tomates grandes.

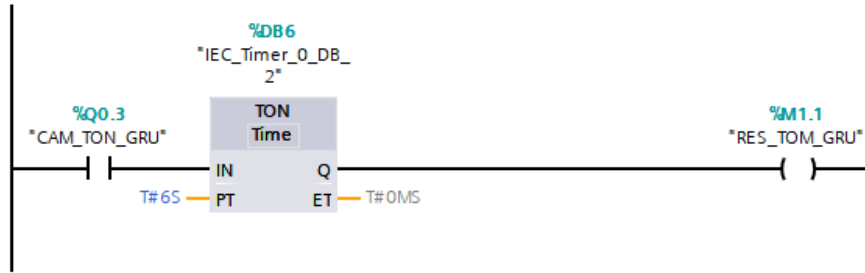


Ilustración 43.Tia Portal reinicio del tomate grande Fuente: Autor

Ahora procedemos a ir a LabVIEW para extraer las variables del OPC Server hacia los bloques de programa de LabVIEW. En la ilustración se muestra el servidor junto con todas las variables cargadas.

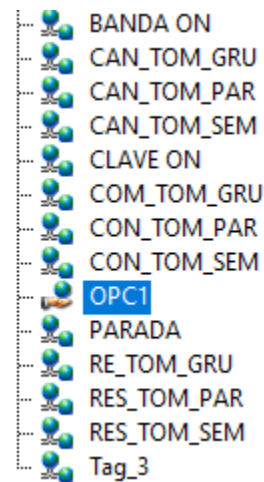


Ilustración 44.Labview extracción de variables Fuente: Autor

A continuación, procedemos a seleccionar las variables para asociarlas al programa de LabVIEW que hemos realizado previamente. Este paso es crucial para garantizar una comunicación fluida y efectiva entre el sistema desarrollado en TIA Portal y LabVIEW. Al seleccionar cuidadosamente las variables pertinentes, aseguramos que



la información necesaria para el funcionamiento del sistema sea transmitida de manera precisa y oportuna entre las dos plataformas.

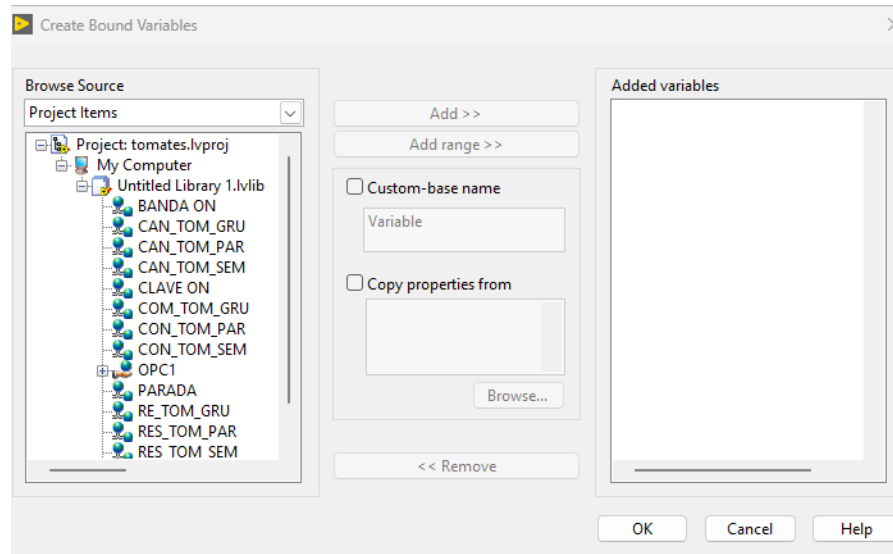


Ilustración 45. Labview carga de variables al entorno del programa Fuente: Autor

Ubicándonos en el archivo del programa de LabVIEW, procedemos a configurar el acceso que tendrán estas variables. Dado que la comunicación es bidireccional, seleccionamos el tipo de lectura/escritura para que LabVIEW pueda enviar información y también recibirla. Esta configuración es fundamental para establecer una comunicación efectiva y permitir que ambas plataformas intercambien datos de manera fluida y en tiempo real.

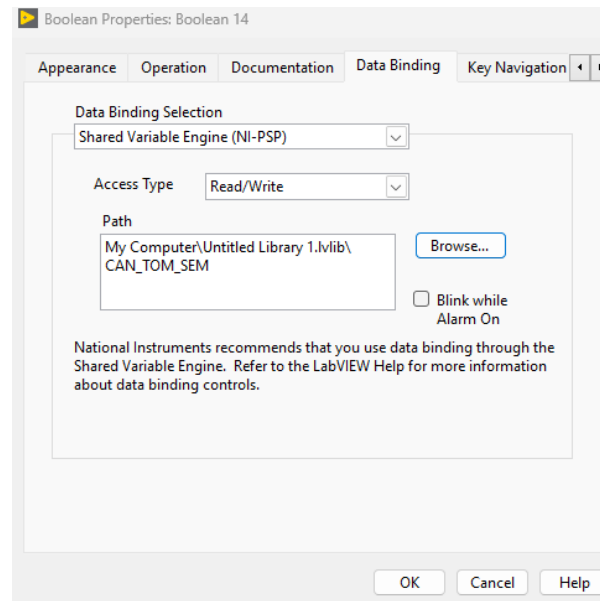


Ilustración 46. Labview configuración del estado de las variables al entorno Fuente: Autor

La configuración previamente realizada permite llevar a cabo un reseteo de los tres casos contemplados. Este reseteo permite retornar a un estado inicial no solo los contadores de LabVIEW, sino también los contadores de TIA Portal. Esto asegura que todo el sistema pueda reiniciarse de manera sincronizada y coherente, garantizando un funcionamiento óptimo y consistente en todas las etapas del proceso.

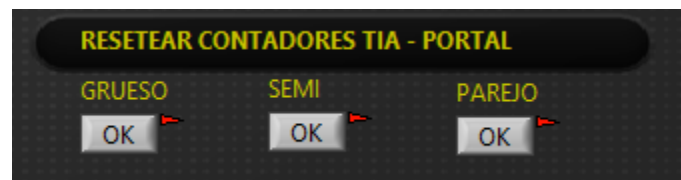


Ilustración 47. Labview reseteo de los casos de tomates Fuente: Autor



11. Análisis De Resultados

En esta sección se busca realizar un compendio de todos los resultados obtenidos con el proyecto. Aquí se podrá observar el funcionamiento del proyecto y su eficacia en la tarea planteada. Se presentarán los resultados de la implementación del sistema en TIA Portal y LabVIEW, destacando la comunicación bidireccional entre ambas plataformas y la capacidad para controlar y monitorear el proceso de manera efectiva. Además, se evaluará la eficacia del sistema en la tarea específica para la cual fue diseñado, asegurando que cumple con los requisitos y objetivos establecidos inicialmente.

En primera instancia, al ingresar al programa, este requiere que se ingrese la contraseña para poder continuar con el proceso. Esta medida de seguridad garantiza que solo usuarios autorizados puedan acceder y operar el sistema, protegiendo así la integridad de los datos y el funcionamiento adecuado del proceso.



Ilustración 48. Labview inicio del programa (ingreso de usuario y contraseña) Fuente: Autor

Al registrar la contraseña, se enciende el LED de indicación de inicio del proceso, ubicado en la parte inferior del programa. Cuando se inicia el proceso, los piñones se activarán inmediatamente para simular el movimiento de la banda transportadora.



Esta señal visual proporciona retroalimentación inmediata al usuario, confirmando que el proceso ha sido iniciado con éxito y que la simulación está en marcha.



Ilustración 49. Labview led de inicio del proceso y movimiento de los piñones Fuente: Autor

Cuando se acciona la banda, los tomates comenzarán a salir de manera aleatoria, como se observa en la ilustración. Además, al activarse el LED de inicio, este enviará una señal a TIA Portal para iniciar la banda, y esta señal, a su vez, encenderá el LED de inicio de la banda. Este proceso asegura que la conexión entre los dos programas fue exitosa, proporcionando una confirmación visual de que la comunicación entre ellos está funcionando correctamente.

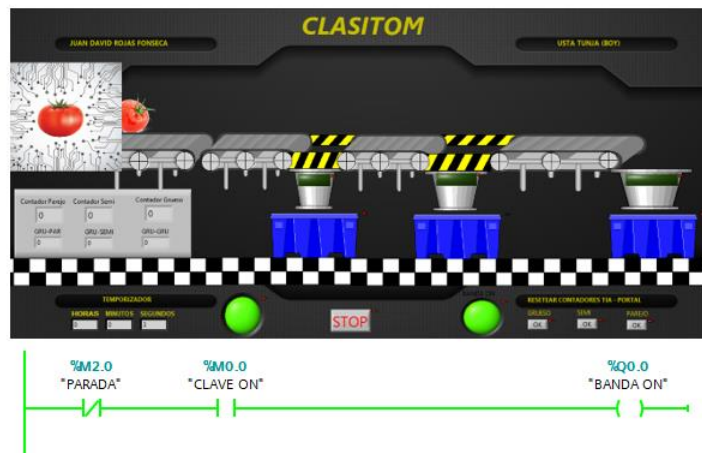


Ilustración 50. Labview salida de los tomates y envió de activación desde Tia Portal Fuente: Autor



Como se observa en la ilustración, al pasar un tomate por nuestro LED, que consideramos como nuestro sensor, el sistema lo detecta y envía una señal al contador correspondiente, en este caso, al contador de tomates medianos. Este proceso demuestra la capacidad del sistema para detectar y contabilizar los diferentes tipos de tomates de manera precisa y eficiente.

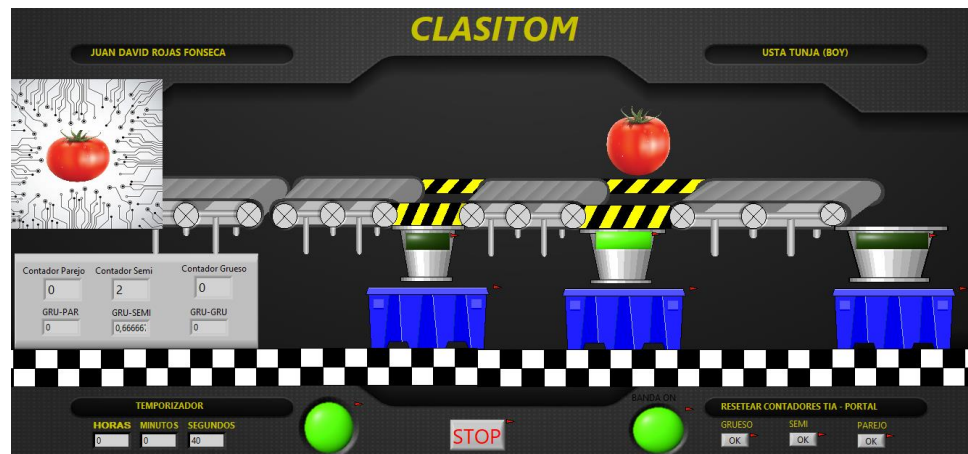


Ilustración 51. Labview detección del tomate (mediano) Fuente: Autor

Como se observa en la ilustración, cuando se completa un ciclo de cualquier tomate, en este caso, el tomate parejo que está en grupos, automáticamente el contador de TIA Portal nos envía una señal. Esta señal se utiliza para realizar el cambio de canastillas, lo que se representa cambiando el color de la canastilla a verde. Este proceso ilustra la capacidad del sistema para coordinar acciones adicionales en función de la cantidad de tomates procesados, mejorando así la eficiencia del proceso global.

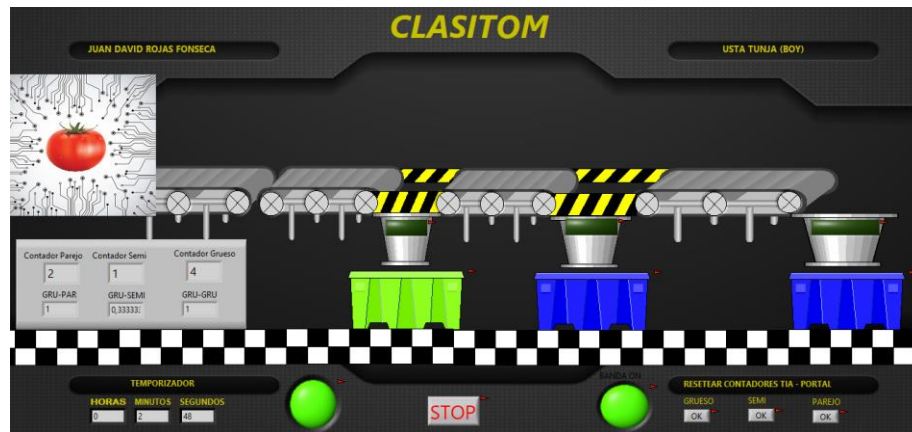


Ilustración 52. Labview ciclo completado Fuente: Autor

En la siguiente ilustración se evidencia cómo se ve el proceso en TIA Portal una vez se ha completado un ciclo de cualquier tipo de tomate, en este caso, el tomate parejo. Como se muestra en el contador en la parte superior, una vez contados dos ciclos, se procede a energizar la consulta de salida para continuar con la siguiente línea del proceso. Este flujo de trabajo ilustra la capacidad del sistema para monitorear y controlar el progreso del proceso en tiempo real, permitiendo una respuesta automatizada y eficiente ante las condiciones predeterminadas.

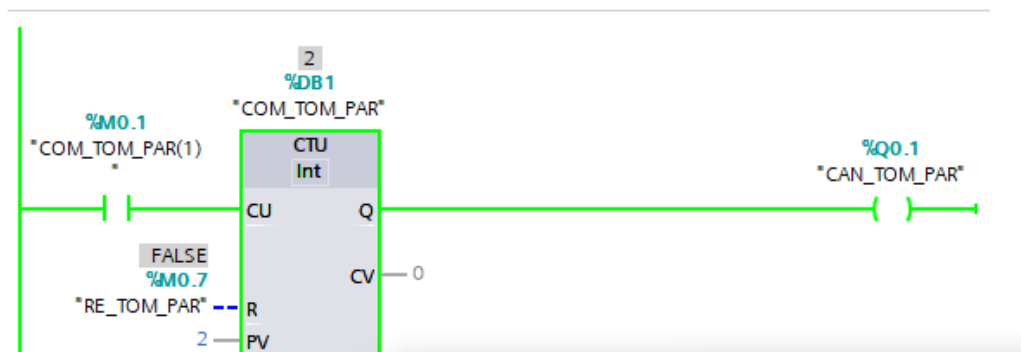


Ilustración 53. Tia Portal conteo de tomates Fuente: Autor



A continuación, al ser activada la consulta de salida previamente vista, se activará la consulta Q0.1, lo que permitirá accionar el contador y que este funcione como un retardo para el cambio de canastilla. Al transcurrir seis segundos, se reiniciará el proceso de esta clase de tomate, asegurando así un tiempo de espera adecuado antes de continuar con la siguiente etapa del proceso. Este tiempo de retardo garantiza una transición suave y controlada entre las diferentes fases del proceso de producción.

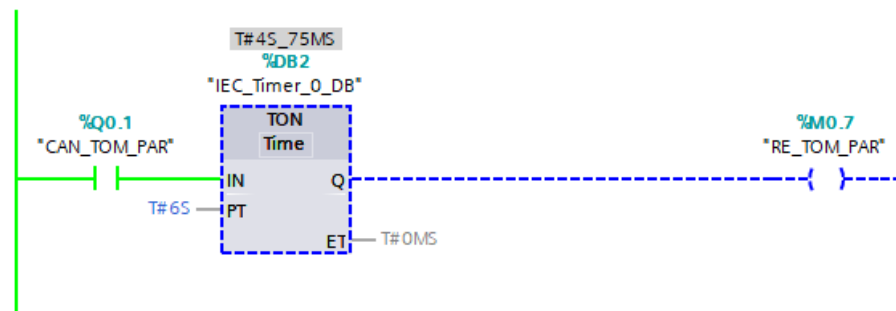


Ilustración 54. Tia Portal reinicio del contador de tomates Fuente: Autor

Finalmente, se hace uso de este bloque de programación en LabVIEW para crear un documento de texto que permita registrar todas las variables que intervienen en el proceso. Estas variables incluyen el tiempo en horas, minutos y segundos, así como la fecha y hora en que se realizó el proceso. También se registra la cantidad de tomates que se han recolectado de cada clase. Este documento proporciona una manera conveniente de almacenar y analizar los datos recopilados durante el proceso de producción, lo que facilita el seguimiento y la optimización del rendimiento del sistema.

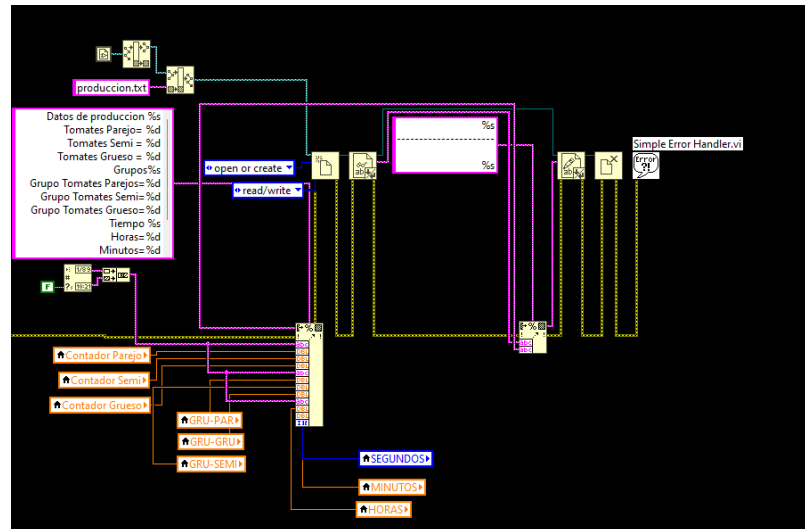


Ilustración 55. Labview registro de datos obtenidos Fuente: Autor

En esta ilustración se evidencia la información recolectada en el archivo de texto. La programación vista previamente está configurada para abrir el mismo archivo cada vez y escribir una nueva entrada en él, en lugar de borrar toda la data. Esta acción permite tener un registro detallado de cada uso del programa, lo que facilita el seguimiento del historial de operaciones y el análisis retrospectivo de los datos recopilados.

```
Datos de producción 25/05/20247:27 p. m.  
Tomates Parejo= 1  
Tomates Semi = 1  
Tomates Grueso = 0  
Grupos25/05/20247:27 p. m.  
Grupo Tomates Parejos=0  
Grupo Tomates Semi=0  
Grupo Tomates Grueso=0  
Tiempo 25/05/20247:27 p. m.  
Horas=0  
Minutos=0  
Segundos=29
```

Ilustración 56. Bloc de notas registro de datos Fuente: Autor



12. Conclusiones

Después de revisar los resultados presentados en la sección anterior, se puede concluir que el desarrollo del proyecto cumple con los objetivos planteados, así como una serie de características destacables las cuales son:

- Una integración exitosa entre TIA Portal y LabVIEW se ha logrado mediante la implementación de una comunicación bidireccional. Esto permite una interacción fluida entre ambos sistemas, facilitando el control y monitoreo eficiente del proceso. Esta integración garantiza que la información se pueda compartir de manera efectiva entre TIA Portal y LabVIEW, lo que contribuye a una operación más coordinada y optimizada del sistema en su conjunto.
- El proyecto ha demostrado una efectiva automatización del proceso de clasificación de tomates. El sistema es capaz de detectar, contar y procesar diferentes tipos de tomates de manera precisa y oportuna. Esta automatización garantiza una operación eficiente y confiable del sistema, lo que resulta en una mejora significativa en la productividad y la calidad del proceso de clasificación de tomates.
- La inclusión de un archivo de texto para el registro y seguimiento de datos ha sido fundamental para el proyecto. Este archivo registra información relevante, como el tiempo de ejecución, la fecha y hora del proceso, así como la cantidad de tomates recolectados. Esta función facilita el seguimiento y análisis de datos, lo que a su vez permite identificar tendencias, patrones y áreas de mejora en el rendimiento del



sistema. Gracias a este registro, se pueden tomar decisiones informadas para optimizar y mejorar continuamente el proceso de clasificación de tomates.

- La implementación de una contraseña al inicio del programa ofrece un nivel adicional de seguridad y control de acceso al sistema. Esto garantiza que solo usuarios autorizados puedan operarlo, lo que protege la integridad de los datos y el funcionamiento adecuado del proceso. Esta medida de seguridad ayuda a prevenir el acceso no autorizado y asegura que el sistema esté protegido contra posibles vulnerabilidades o manipulaciones no deseadas. En resumen, la seguridad y el control proporcionados por la contraseña contribuyen a mantener un entorno operativo seguro y confiable para el sistema de clasificación de tomates.

- El sistema proporciona una plataforma sólida para operar el proceso de recolección de tomates de manera eficiente, lo que garantiza una producción ágil y sin problemas. Sin embargo, siempre hay margen para mejoras continuas a medida que se identifican áreas de optimización. Esto puede incluir la implementación de nuevas tecnologías, la optimización de procesos existentes y la actualización de software para mejorar el rendimiento y la productividad del sistema.



13. Estrategias De Divulgación

El proyecto consiste en una maquina clasificadora de tomates mediante la programación realizada en TIA Portal y una interfaz de usuario en LabVIEW que se encargara de hacer la simulación de este proceso. Este proyecto se denominará Clasitom, esta máquina promete revolucionar la forma en que se clasifican los tomates, ofreciendo eficiencia y precisión en el proceso. Con TIA Portal como interfaz para programar el PLC y LabVIEW para proporcionar una simulación visual de su funcionamiento, Clasitom se presenta como una solución tecnológica avanzada y prometedora. Esta iniciativa busca transformar la industria de la clasificación de tomates y promete un futuro brillante para la automatización agrícola. Manténgase atento a las actualizaciones sobre Clasitom, ya que este proyecto promete un impacto significativo en la agricultura moderna.

Para lograr este objetivo, se plantean dos posibles fuentes de financiamiento. La primera opción consiste en presentar la propuesta en el Foro de Investigación e Innovación del año 2024 en la Universidad Santo Tomás en Bogotá. La segunda opción se basa en buscar respaldo gubernamental, específicamente del Gobierno de Boyacá. Dicha entidad ha demostrado interés en fomentar la modernización y tecnificación de la agricultura en la región, estableciendo programas y fondos de apoyo para proyectos agrícolas innovadores. Este respaldo sería crucial para la implementación exitosa de Clasitom.



14. Bibliografía

Sánchez Gil, H. M. (2018). Seguridad y soberanía alimentaria en la agricultura familiar campesina: El caso de los agricultores de Tibasosa, Turmequé y Ventaquemada, Boyacá. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Maestría en Desarrollo Rural. Bogotá D.C.

Jeres Díaz, C. W. (2017). Máquina para clasificar y contabilizar la producción de tomates de árbol (Trabajo de grado de ingeniería mecatrónica). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Escuela de Ingeniería en Mecatrónica. Director: Dr. Marco Ciaccia. Ibarra, Ecuador.

Plataforma Tierra. (2022, 22 de septiembre). Tendencias en automatización y robotización en la industria agroalimentaria. Recuperado de <https://www.plataformatierra.es/innovacion/tendencias-robotizacion-automatizacion-industria-agroalimentacion>

Cursos Aula 21. ([S. f.]). TIA Portal: ¿Qué es y para qué sirve? Recuperado de <https://www.cursosaula21.com/tia-portal/>

Juárez, C. (2022, 10 de noviembre). Beneficios de la automatización agrícola. The Logistics World. Recuperado de <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/beneficios-de-la-automatizacion-agricola/>



Ramos-Tene, A. (2019). Diseño de un sistema de clasificación para limón por tamaño y color (Tesis de pregrado). Universidad de Piura. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4033/IME_259.pdf?sequence=1&isAllo wed=y

Acosta, A. J. (2013). Sistema de información geográfica (Tesis de maestría). Recuperado de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/7546/1/SIG MUNICIPALES%20TIBASOSA_BOYAC%C3%81.pdf

GLS Industrias. (2021, 1 de julio). ¿Qué es un PLC y cómo funciona? Recuperado de <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>.

AUTYCOM. (s. f.). Aplicaciones del PLC en la industria moderna [Ilustración 1]. Recuperado de <https://www.autycom.com/aplicaciones-del-plc-en-la-industria-moderna/>

Edimar. (2019). Programación en PLC: Controladores programables. Recuperado de <https://edimar.com/programacion-en-plc/>

Siemens. (s. f.). TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). Recuperado de <https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>

Tierney, S. (2021, 22 de febrero). PLC Training: Free and Trial Programming Software [Ilustración 2]. Recuperado de <https://theautomationblog.com/plc-training-free-and-trial-programming-software/>

National Instruments. (s. f.). ¿Qué es LabVIEW? Recuperado de <https://www.ni.com/es/shop/labview.html>



Micronor. (s. f.). AN112: Interface MR330 to National Instruments LabVIEW™
[Ilustración 3]. Recuperado de <https://micronor.com/product/an112>

Cursosaula21.com. (2021.). Qué es OPC y cómo funciona. Recuperado de
<https://www.cursosaula21.com/que-es-opc-y-como-funciona/>

Terzakyán, T. (2022, marzo 15). Comunicación sincrónica y asincrónica: ejemplos y
ventajas. Recuperado de [https://www.deel.com/es/blog/comunicacion-sincronica-y-
asincronica](https://www.deel.com/es/blog/comunicacion-sincronica-y-asincronica)

Alvarado, M. (2022). Programacion Ladder - Material. Recuperado de
[https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-
durango/electricidad-y-electronica-industrial/programacion-ladder-
material/56088521](https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-durango/electricidad-y-electronica-industrial/programacion-ladder-material/56088521)

Abouelmagd, L.M., Shams, M.Y., Marie, H.S. et al. An optimized capsule neural
networks for tomato leaf disease classification. J Image Video Proc. 2024, 2 (2024)

(Siripatrawan, U., & Makino, Y., 2024). Hyperspectral imaging coupled with
machine learning for classification of anthracnose infection on mango fruit.

Rahman Sanya, Ann Lisa Nabiryo, Jeremy Francis Tusubira, Sudi Murindanyi,
Andrew Katumba, Joyce Nakatumba-Nabende, "Coffee and cashew nut dataset: A
dataset for detection, classification, and yield estimation for machine learning
applications," Data in Brief, Volume 52, 2024, 109952, ISSN 2352-3409.

Jianlun, W., Shuting, W., Jianshu, C., Hao, L., Dongbo, X. (2014). Research on
Automatic Irrigation Algorithm of Strawberry Greenhouse Based on PLC. In: Li, D.,
Chen Y. (eds) Computer and Computing Technologies in Agriculture VII. CCTA



2013. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 419. Springer, Berlin, Heidelberg.

BERNAL, J. H. (2020). PRODUCTIVIDAD SECTOR AGROPECUARIO. PRODUCTIVIDAD SECTOR AGROPECUARIO, 27.

Gobernación de Boyacá. (2016, 21 de septiembre). Renace Boyacá: es para vivirla [Ilustración 4]. Recuperado de <https://www.boyaca.gov.co/renace-boyaca-es-para-vivirla/>

Agrotendencia TV. (s. f.). Cultivo de tomate: Cómo se realiza, plagas e importancia [Ilustración 5]. Recuperado de <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/hortalizas/el-cultivo-de-tomate/>

Bayer. (s. f.). Agro Bayer Colombia. Recuperado de <https://www.agro.bayer.co/es-co/cultivos/tomate.html#:~:text=El%2090%25%20de%20la%20producci%C3%B3n,de%20caldas%2C%20Risaralda%20y%20Cundinamarca.>

Aweta. (s. f.). Soluciones llave en mano: Clasificación y empaque de tomate [Ilustración 7]. Recuperado de <https://www.aweta.com/es/productos/tomate>