

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

VICERRECTORÍA ACADÉMICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA
MEJORA Y EFICIENCIA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
PARA ENVASES COMECA S.A. PARA EL AÑO 2022**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR
EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR: GABRIEL ELIZONDO SÁENZ

TUTOR: DENNIS SÁNCHEZ FALLAS

SEDE ARANJUEZ

DICIEMBRE, 2022

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de contenido	2
Índice de tablas	4
Índice de figuras	5
Acrónimos	8
Dedicatoria y agradecimiento.....	9
Resumen	10
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Problema	11
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo General	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.2.3 Justificación.....	11
1.3 Antecedentes	13
1.4 Alcances y proyecciones.....	25
1.5 Limitaciones	25
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	26
2.1 Electrónica y conceptos básicos.....	26
2.2 sistemas de automatización industrial.....	31
2.3 Controladores lógicos programables (Plc)	36
2.4 Lógica de escalera	44
2.5 Sistemas Scada	47
2.6 Interfaz Humano-Máquina (Hmi)	49
2.7 Sistemas de visualización artificial y captación de imágenes	52
2.8 Defectos comunes en procesos de hojalata.....	60
2.9 Herramientas para análisis financiero	63
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	68
3.1 Enfoque de la investigación y tipo de investigación	68
3.2 Tipo de muestra y fuentes de información.	68
3.3 Unidades de análisis.....	69
3.4 Instrumentos para recolección de datos	72

3.5 Proceso para el análisis de datos	73
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL DISEÑO	74
4.1 Planteo de diseño	74
4.2 Selección de dispositivos	78
4.3 Análisis financiero	87
4.4 Diseño de sistema de control.....	91
4.5 Diseño de interfaz humano-máquina	104
4.6 Diseño de sistema de visión	115
4.7 Análisis de resultados.....	127
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
5.1 Conclusiones.....	130
5.2 Recomendaciones	131
Referencias	132
Apéndices	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de luz de estado de programa del panel lógico.	41
Tabla 2. Indicadores de sensor de visión.....	58
Tabla 3. Pines cable de poder y entradas/salidas	59
Tabla 4. Valores de fórmula de valor actual neto	64
Tabla 5. Matriz de conceptualización, investigación de enfoque cuantitativo.....	70
Tabla 6. Entradas del sistema.....	76
Tabla 7. Salidas del sistema	77
Tabla 8. Costos iniciales.....	88
Tabla 9. Entradas al sistema.....	98
Tabla 10. Salidas del sistema	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ley de Ohm	27
Figura 2. Compuertas Lógicas	28
Figura 3. Conexión típica de relés.....	29
Figura 4. Tipos de relés	30
Figura 5. Esquema de un Sistema de Automatización Industrial.....	34
Figura 6. Autonics LP-A070	40
Figura 7. Diagrama de conexión de entradas para LP-A070	41
Figura 8. Conexión de entradas de LP-A070 con periféricos	42
Figura 9. Diagrama de conexión de salidas para LP-A070.....	42
Figura 10. Ejemplo Lógica Escalera	45
Figura 11. Conexiones Estipuladas por OPC	48
Figura 12. Arquitectura de sistemas de visión artificial.....	54
Figura 13. Imagen ilustrativa de Sensor de visión	56
Figura 14. Partes del sensor de visión.....	57
Figura 15. Pines del cable de poder y entradas/salidas	58
Figura 16. Ajustes de red para cámara y computadora	59
Figura 17. Defecto en la película de barniz.....	61
Figura 18. Daño en sello de envase hojalata	62
Figura 19. Fórmula de cálculo del valor actual neto	64
Figura 20. Fórmula de flujo de caja	64
Figura 21. Tasa interna de retorno	67
Figura 22. Grafica TIR	67
Figura 23. Diagrama de diseño de sistema.....	75
Figura 24. Cotización MAZCR sistema de visión	78
Figura 25. Paquete MAZCR panel lógico.....	79
Figura 26. Autonics LP-A070-T9D6-C5T	80
Figura 27. Entorno atLogic	81
Figura 28. Entorno atDesigner	82
Figura 29. Autonics VG-C04W-16E.....	82
Figura 30. Cable de poder y entradas/salidas CID-5-VG.....	84

Figura 31. Cable Ethernet CIR-2-VG	84
Figura 32. Sensor BRQP400-DDTA.....	85
Figura 33. Relé Relpol modelo RSR30 con su base PI6W-P.....	86
Figura 34. Fuente de poder SPB-060-24.....	87
Figura 35. Conexiones eléctricas	92
Figura 36. Diagrama de flujo del programa a realizar	93
Figura 37. Selección de panel lógico en AtLogic	94
Figura 38. Conexión de comunicación.....	94
Figura 39. Locación de dirección IP	95
Figura 40. Configuración de Entradas.....	96
Figura 41. Configuración de salidas.....	97
Figura 42. Figura de programa 1	99
Figura 43. Figura de programa 2, aceptadas y contador	100
Figura 44. Figura de programa 3, unidad mala	100
Figura 45. Figura de programa 4, desviador y puesta en marcha.....	101
Figura 46. Tabla de grupos de trabajo.....	102
Figura 47. Figura de programa 5, cambios de grupo	103
Figura 48. Figura de programa 6, contador malas.....	103
Figura 49. Creación nuevo proyecto en atDesigner	105
Figura 50. Comunicación en atDesinger	105
Figura 51. Establecimiento de figura de botón en atDesigner	106
Figura 52. Establecimiento de tipo de botón y e información en atDesigner	107
Figura 53. Asignación de bit de memoria interno en atDesigner.....	108
Figura 54. Establecimiento de figura de indicador en atDesigner	109
Figura 55. Pantalla de bit de memoria y e información para indicador	110
Figura 56. Asignación de bit de memoria interno para indicador.....	110
Figura 57. Pantalla de contador e información para conteo de unidades	111
Figura 58. Establecimiento de figura de contador de unidades en atDesigner	112
Figura 59. Asignación de contador interno en atDesigner para conteo de unidades	113
Figura 60. Pantalla de interfaz humano-máquina.....	114
Figura 61. Selección de dispositivo en VisionMaster	116

Figura 62. Configuración de red en VisionMaster	116
Figura 63. Establecimiento de Servidor FTP en VisionMaster.....	117
Figura 64. Configuración de disparador de sensor de visión	118
Figura 65. Asignación de entradas del sistema de visión.....	119
Figura 66. Asignación de salidas en VisionMaster	119
Figura 67. Condiciones para las salidas 1 y 2 del sistema de visión.....	120
Figura 68. Imagen de lata sin fallos	121
Figura 69. lata con falla en el fondo.....	121
Figura 70. Establecimiento de parameros e inspección de brillo.....	122
Figura 71. Establecimiento de parameros e inspección de forma	123
Figura 72. Inspecciones aprobadas.....	124
Figura 73. Inspecciones falladas	125
Figura 74. Administración de grupos de trabajo en sistema de visión.....	125

ACRÓNIMOS

CPU: Unidad central de procesos

FTP: File transfer protocol- protocolo de transferencia de archivos

HMI: Interfaz humano-máquina

IP: Internet protocol – protocolo de internet

OPC: Open platform communications – comunicaciones de plataforma abierta

PLC: Controlador lógico programable

RTU: Unidad de terminales remota

SCADA: Supervisión, control y adquisición de datos

TIR: Tasa interna de retorno

VAN: Valor actual neto

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Este trabajo está dedicado a mi familia, que incondicionalmente siempre ha estado ahí para mí, siempre apoyando de cualquier manera las cosas que hago y disfruto. A mi madre que siempre ha sido un empuje cuando las cosas no salen bien y a mi padre que se ha sacrificado siempre para que tenga y haga lo mejor. A mi hermano que siempre ha creído en mí y siempre me ha apoyado.

Agradezco a mi familia y amigos que siempre han sido un soporte fundamental en mí, además de agradecer al profesor Dennis Sánchez por su guía y solidaridad como tutor de este proyecto. También agradezco a la Escuela de Ingeniería en Electromecánica, y sus múltiples profesores a lo largo de los años que he realizado mis estudios, por su formación y transmisión de conocimientos que han hecho esto posible.

RESUMEN

La empresa Envases Comeca S.A. es una empresa de manufactura de envases de hojalata líder a nivel nacional, la cual cuenta con varias líneas de producción de diverso nivel de automatizado. La presente investigación consiste en obtener una propuesta para el abordaje de la posibilidad de implementar un sistema automatizado de control y monitoreo de fallas en etapas de una línea automática de producción de envases de hojalata de la empresa Envases Comeca S.A. Para el alcance de este proyecto de investigación se estará estudiando la falla por fondo reventado de los envases.

Este punto se toma como referencia ya que los procesos actuales no cuentan con sistemas automatizados para su detección, lo que provoca una dependencia del personal de control de calidad y su pericia para poder detectar fallos en los envases o, a su vez, realizar los ajustes debidos para que no haya fallos con el material, y no se den desperdicios. Esta dependencia del factor humano hace que la detección de fallos no esté en un nivel requerido para una operación de este tamaño, por lo que se necesita implementar un sistema para mejorar en este aspecto.

Para lograr la mejora del sistema, se plantea el desarrollo de un sistema automatizado el cual, en el caso de la detección de los fondos reventados de los envases, por medio de un sistema de cámaras instalados en el canal por donde se desplazan los envases, que por medio de imágenes grabadas en su memoria, logra detectar fallos en las unidades, y que al estar conectado con un sistema de control, lanza alarmas y paros al sistema, para así eliminar las unidades defectuosas en el momento y que no lleguen a puntos más avanzados del proceso.

Con este proyecto se espera lograr una simplificación del proceso al modificar el sistema en su estado actual con un sistema de automatización y, mediante este, lograr la eficiencia del proceso como tal al evitar fallas en la producción. A su vez, también se espera mejorar la respuesta ante algún fallo de producción, mediante la implementación de alertas y sistemas de control, para que el proceso logre estar en paro el menor tiempo posible.

Además, se espera lograr reducir gastos a la empresa al disminuir las pérdidas de productos y materias primas al tener un mayor control sobre los procesos, y al tener menos dependencia del factor humano en labores de control de calidad, el cual puede tener fallos considerables si se compara con el accionar de un sistema automatizado.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

¿Es posible tanto monitorear la calidad de los productos de un proceso de una línea de producción, como mejorar la eficiencia del proceso de forma automática mediante la implementación de un sistema automatizado?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema capaz de monitorear la calidad de las unidades producidas en una línea producción contra un estándar de calidad, permitiendo la mejora en esta parte del proceso, para el año 2022 en la empresa Envases Comeca S.A.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un sistema basado en un controlador lógico programable el cual sea capaz de monitorear y detectar fallas en las unidades producidas por una línea de producción.
- Visualizar por medio de una interfaz, el trabajo del programa por ser desarrollado, para que los operarios y técnicos tengan más facilidad a la hora de la detección de fallos.
- Mejorar el tiempo de respuesta ante fallas en las unidades de producción, al instalar diversos medios de control, con el fin de agilizar la puesta en marcha de la línea de producción, y que los tiempos de paro se vean considerablemente reducidos.
- Reducir la injerencia del factor humano en la parte del proceso en cuestión, para no depender de la pericia de los encargados de calidad para detectar fallos en las unidades.
- Además de probar la factibilidad del diseño, reducir gastos en la línea de producción al evitar que unidades defectuosas lleguen al final del proceso, y detectar los errores en la línea, manteniéndola en funcionamiento la mayor cantidad de horas posible.

1.2.3 Justificación

La fábrica Envases Comeca S.A. cuenta con varias líneas de producción para envases de hojalata, las cuales son de operación constante. En el pasado algunas de estas líneas de producción han sido modificadas para lograr agilizar la producción y evitar que unidades defectuosas lleguen al final del ciclo.

Aun así, existen procesos que actualmente no cuentan con sistemas para la detección de fallas en las materias primas y los envases que se producen, lo que genera que se tenga que depender de operarios de calidad para encontrar fallas en los envases o que, en su defecto, se pierdan materias primas. Esto abre una gran oportunidad de mejora para la planta de producción al realizar el diseño de un sistema automatizado con el fin que las unidades desechadas y con defectos puedan ser disminuidos considerablemente en el proceso.

La detección de la falla en el proceso, como fondo roto en los envases de atún, es uno de los puntos que pueden modificarse para una mejora en el funcionamiento y eficiencia de varias de las líneas de producción, ya que no cuentan con un sistema que pueda detectar este tipo de falla, y que agilizaría considerablemente la producción y el recorte de gastos por pérdidas de materias primas, de ser el caso que pueda ser automatizado.

Además, al ser esta empresa de un perfil importante en su industria en el país, la realización de un sistema como este evitaría que unidades defectuosas lleguen al final de la producción, o peor aún, al comprador del producto, lo que puede incurrir en pérdidas de confianza y generar pérdidas para la compañía. Por su posición, la empresa está en la obligación de brindar el más alto estándar de calidad en sus productos y en las unidades que pasan por esta línea, cuyo objetivo final más importante es el cliente que se tiene en la cartera, por lo que se debe siempre buscar la manera de cumplir satisfactoriamente con lo que el comprador demanda.

1.3 Antecedentes

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Título: Desarrollo de indicadores de producción de botellas para VICESA

Autor: Andrés Esteban Hidalgo Rojas

Fecha: Noviembre, 2018

Este proyecto fue desarrollado en la empresa VICESA, una empresa con necesidades de producción similares a la empresa a desarrollar en el presente proyecto, ya que son procesos industriales que pueden ser comparados, en cuanto indagó una solución al factor humano que se encargaba de realizar tareas de monitoreo, tal y como se está buscando eliminar en nuestro proyecto.

El proyecto de Hidalgo (2018), desarrolló un sistema de monitoreo por medio de sistemas de programación lógica controlable que permite obtener datos como la velocidad de la máquina, la eficiencia de los cortes en la máquina y obtener la información proveniente de los sensores que se encuentran a lo largo de la línea de producción. Estos indicadores y la forma en la que fueron monitoreados resultan útiles como referencia para los alcances requeridos en la investigación a realizar.

También cuenta con una interfaz para la visualización de las variables anteriormente mencionadas, la cual puede servir como referencia en los equipos utilizados y, además, en cómo se abordaron las variables para su visualización por parte de las personas encargadas de monitorear estos datos.

El proyecto logró implementar los sistemas de PLC (controlador lógico programable), interfaz y además alcanzó a cumplir con los valores de eficiencia requeridos por la empresa VICESA, obteniendo datos en tiempo real, lo que se busca lograr en la presente propuesta.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Título: Diseño automatizado para el control del sistema de bombeo de agua potable del hotel mediante telemetría y detección de fugas en tuberías

Autor: Wilmer David Fernández Masís

Fecha: 2016

El proyecto desarrolló un diseño automatizado del sistema de bombeo del hotel, para el control del funcionamiento de las bombas mediante 2 PLC y 2 módulos de comunicación. Para ello se tuvo que implementar un programa que cubriera las distintas condiciones posibles para los niveles de agua que deben ser colocados en los tanques de agua potable.

Un punto importante de dicha investigación, que puede ser homologado a las necesidades del proyecto a desarrollar, fue el control de fugas en las tuberías que conectan los tanques de agua, mediante sensores electrónicos de presión conectados al PLC y un sistema de alarma para cuando existen diferenciales de presión anormales, provocados por fugas en algunas secciones de la tubería; además de manómetros instalados a lo largo del tramo más crítico para una detección más rápida de la fuga, ya que las tuberías están enterradas, por lo que puede resultar complicado.

La lógica para realizar la detección de fugas y sus métodos de alerta resultan convenientes como referencia para el sistema a desarrollarse, ya que, aunque los métodos usados para detectar son diferentes, su programación y métodos de alerta a la hora de la programación de control resultan similares y pueden ser buenas herramientas para tener en consideración.

El proyecto logró disminuir las pérdidas por fugas del hotel mediante la metodología usada para la obtención de datos, consiguiendo ahorrar pérdidas al hotel, lo cual resulta importante destacar, ya que es uno de los puntos más importantes de la investigación a realizar, y la manera en la que se ejecutó el programa puede ser de ayuda como inspiración para efectuar una tarea similar.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Título: Diseño de un sistema SCADA para la automatización de la planta de tratamiento de aguas de la empresa Cargill en San Rafael de Alajuela

Autor: Freddy Salazar Acosta

Fecha: 2019

El proyecto realizó un sistema automatizado para eliminar que algunos de los procesos esenciales que requería la planta de tratamiento de aguas residuales, fueran realizados manualmente por operarios, y que, ante un eventual suceso, el tiempo de respuesta no fuese el óptimo para evitar accidentes, daños o desperdicios que resultaran en pérdidas para la empresa.

Para solventar esta necesidad, se diseñó una plataforma de supervisión, control y adquisición de datos, buscando un equilibrio con los equipos ya existentes en la planta, por lo que la configuración del hardware que supliese las necesidades de la planta fue un punto alto de esta investigación. Este punto es importante recalcarlo ya que, en la presente investigación, se modificarán sistemas ya existentes en la línea de producción, por lo cual se deben adaptar los equipos a instalar para las necesidades existentes. El proceso de pensamiento para la selección de equipo en esta investigación resulta útil en la toma de este tipo de decisiones, que pueden desembocar en costos grandes de la investigación.

Los puntos de programación de PLC y sistemas de interfaz humano-máquina también fueron puntos que se abordaron con grandes alcances, por lo que la lógica de programación, los equipos usados, y los métodos de conexión entre los sistemas son puntos que sirven como referencia y ejemplo para la implementación del sistema requerida para la investigación.

Asimismo, otro aspecto alto por considerar es que el sistema, aunque fue de tamaño considerable, su inversión se cataloga como rentable, y podía ser recuperada en 3.1 años, por tanto, para efectos de nuestra investigación, también se busca un retorno rápido y eficiente.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Título: Diseño de un prototipo del sistema de automatización de flujo hídrico para el proceso de rociado en una embudadora en San Antonio del Tejar.

Autor: Javier José Acevedo Arias

Fecha: Setiembre, 2019

El proyecto se desarrolló en la empresa Cinta Azul localizada en San Antonio del Tejar, Alajuela. La planta de embutidos cuenta con un salón de duchado ubicado en el Departamento de Empaquetado, que posee una serie de tuberías distribuidas en 6 cuadrantes encargadas de dispensar agua a los productos que salen del proceso de horneado para reducir su temperatura a la requerida y poder luego ingresar el producto a la antecámara de frío antes de ser empaquetado.

El sistema contaba con altos consumos de agua por sistemas ineficientes de rociado, ya que era accionado manualmente por un operario, es decir, una persona era encargada de ingresar el producto al salón, abrir cada una de las válvulas de paso manuales y cronometrar el tiempo de rociado manualmente.

Para solucionar este problema se propuso un sistema automatizado para rociados intermitentes, utilizando temporizadores, sensores y actuadores, de este modo aumentar la eficiencia en el uso del recurso hídrico, la optimización de trabajo del operador y la estandarización, así como una interfaz humano-máquina que logre detectar fallas y visualizar las variables mencionadas. El diseño fue desarrollado en un entorno de automatización industrial que implica un rango de temperaturas elevadas, ruido eléctrico, vibraciones e impactos, por lo que es importante seleccionar los componentes adecuados para estos medios, lo cual es una referencia para la investigación a realizar, ya que la planta a trabajar cuenta con características similares.

La rentabilidad también es un punto alto, ya que para esta propuesta se lograría recuperar la inversión en un periodo de un año, dos meses y doce días, lo que sirve como referencia para la presente investigación.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Título: Diseño de un sistema automático para la creación y extracción de marquetas de hielo

Autor: Isaac Araya Rojas

Fecha: Agosto, 2020

El proyecto se basó en el desarrollo de un sistema automatizado para la creación y extracción de hielo en la marqueta de la empresa Hielo Liga S.A. Se buscaba una forma de mejorar la eficiencia del proceso que contaba con 3 trabajadores, encargados en la mayor parte de las tareas a realizar, como llenar los moldes, sujetarlos a grúas y luego moverlos manualmente a la posición deseada, entre otras. Estas tareas realizadas por los obreros tenían la capacidad de ser automatizadas, para así mejorar los tiempos de trabajo, detección de fallas y mejoras de eficiencia en el sistema.

El proyecto también desarrolló un sistema de interfaz humano máquina, que brinda al operador del sistema un total control sobre el proceso, y además permite observar variables de este, como la temperatura. Todo resulta útil para que los operadores puedan prever problemas en el funcionamiento.

Otro aspecto importante del proyecto fue la selección de los productos adecuados para el entorno donde se desarrolló la aplicación del proyecto, ya que algunos elementos tenían ciertas condiciones que requerían cuidados a la hora de trabajar; se validó tanto con los encargados del proceso, como con los del mantenimiento, los datos y la integración del sistema, para así alcanzar los resultados correctos con el montaje y obtención de datos.

Asimismo, el dimensionamiento y diseño usado de elementos mecánicos para la aplicación del sistema, resulta fácil de comprender y sirve como referencia para posibles desafíos de este tipo en la posible instalación de nuestro sistema.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Título: Automatización de la línea de producción del elemento “Lámpara de Proyección A2705-C-Series” de Flextronics International LTD.

Autor: José Daniel Sánchez González

Fecha: Junio, 2019

Este proyecto consiste en la creación de una propuesta para la automatización de la producción de un producto de la empresa Flextronix LTD. que tenía un aumento de demanda, por lo cual ocupaba una mejora en la capacidad de la producción, puesto que se preveía un aumento de un 16% de demanda para los próximos tres años, a partir del año 2019.

El sistema desarrolló un proceso automatizado para la creación de los equipos en cuestión. Contaba con diferentes etapas, tanto de manufactura como de control de calidad y detección de fallas en el proceso. Un punto por destacar en el sistema de detección de fallas seleccionado es la utilización de cámaras inteligentes capaces de adquirir imágenes para que tanto software y hardware sean capaces de procesar y analizar características, de modo que el sistema detecte fallos y pueda dar las alertas o paros necesarios.

El presente proyecto necesita un sistema de características similares, lo cual resulta útil, no solo como referencia para la selección de dispositivos, sino que también como ejemplo de la implementación del sistema de visión con el resto de la automatización de un sistema, y de cómo debe implementarse el mismo, tomando en consideración las propias características.

Es importante también tomar en consideración la investigación realizada en el tema de la estructuración del orden de trabajo y selección de equipos, y análisis financiero, como referencia para la implementación de nuestro sistema, ya que puede ser de gran ayuda al realizar estas tareas.

Institución: Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

Título: Diseño e implementación de un sistema automatizado para mejorar el proceso de recubrimiento de estaño en placas de cobre en la empresa polivalente servicios industriales EIRL.

Autor: Jesús Darío Jacinto Cervantes Moreno, Gervasio Vladimir Vega Párraga

Fecha: 2018

El proyecto realizó un diseño e implementación de un sistema automatizado en un proceso industrial de recubrimiento de estaño en placas de cobre. Una de las problemáticas por las cuales se decide realizar el sistema automatizado es el hecho de la peligrosidad del proceso, ya que en la emanación de gases al realizar el estañado sobre las placas de cobre se dan expulsiones de gases que pueden perjudicar la salud del personal.

Asimismo, no se controlaban indicadores como los tiempos de ejecución, temperatura, calidad, entre otros. Por esto se desarrolló un sistema que fuera capaz no solo de automatizar el proceso, sino de dar formas de visualización a los indicadores, de manera que fuera más fácil entenderlos.

El sistema generado para controlar y visualizar las variables, así como los dispositivos elegidos, sirven como línea a seguir para usar de referencia en nuestro proyecto. Además, la estructura de la lógica de programación y los diagramas realizados para representar los equipos, sensores y sus diferentes entradas y salidas, y los esquemas eléctricos son aspectos relevantes para usar como referencia. También, al ser un sistema que se instaló en campo da ideas de cómo realizar los montajes correspondientes para nuestro proyecto.

Institución: Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.

Título: Diseño y automatización de un sistema de control fotovoltaico mediante PLC para mejorar la eficiencia y optimización de la energía en el bloque B.

Autor: Bryan David Moina Álvarez

Fecha: 2018

El presente proyecto de investigación consiste en el diseño y construcción de un sistema de control capaz de adaptarse a la posición del sol utilizando un Control Lógico Programable PLC, servomotor, sensor de radiación ultravioleta y motor en DC mediante la programación, procesando las señales de radiación ultravioleta, lo cual es controlado por el PLC.

Además, el servomotor toma posiciones para el movimiento del panel fotovoltaico en la estructura y el motor DC se acopla a un sistema de giro circular por posiciones para que el giro del panel sea preciso y que ningún factor intervenga de manera negativa en su funcionalidad.

Un elemento importante es que el sensor de radiación ultravioleta está conectado al panel fijo y móvil, en el cual, para la adquisición y el registro de datos, se utilizó una interfaz en controlador lógico. Esto permitió una recolección de datos, de tal manera que durante dos semanas se recopilaron datos que fueron utilizados para realizar la comparación de la eficiencia entre los dos paneles; con los resultados obtenidos se logró una comparación y probar la eficiencia del sistema, lo cual sirve de ejemplo para realizar comparaciones en el sistema a desarrollar y lograr una eficiencia en el mismo.

Otro punto de gran importancia es el hecho que el sistema contaba con una conectividad por red local, la cual puede llegar a ser un protocolo usado en este proyecto para comunicar los diferentes dispositivos, puesto que es importante conocer y tener un marco a seguir en el caso que se necesitará usar dicho protocolo.

Institución: Hame University of Applied Sciences, Finlandia.

Título: Visión de máquina para la clasificación de objetos mediante el uso de PLC y sistema de visión Beckhoff TwinCAT

Autor: Duong To

Fecha: 2022

El proyecto desarrolló un sistema de visión, no solo en la parte de programación y software, sino que también montó un sistema funcional para el laboratorio de la universidad en la que se realizó, con el fin de tener un sistema funcional didáctico para futuros estudiantes.

La investigación realizada por el autor abarcó temas de importancia como conceptos teóricos, componentes de este tipo de sistemas, y conceptos del procesamiento de las imágenes por medio de estos equipos. Este tipo de investigación facilita considerablemente la absorción futura de este tipo de información, y el entendimiento de este tipo de sistemas para la futura elaboración del proyecto.

Además, la forma en la que desarrollaron el sistema en físico es un buen punto de partida para la elaboración del sistema de visión que se quiere desarrollar en esta investigación, ya que muestra elementos importantes de conexión y montaje que, si bien es cierto, los dispositivos utilizados pueden no ser los mismos, los procesos de recolección de datos e interfaz con sistemas de visualización pueden ser similares en estructura y programación, lo cual puede llegar a facilitar el entendimiento de este tipo de sistema.

Institución: Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Título: Diseño e implementación de un sistema automatizado de dosificación por peso de agua y aceite para la elaboración de salsas para la empresa MARCSEAL S.A.

Autor: Luis Felipe Zambrano Morales

Fecha: 2018

El proyecto estuvo enfocado en el diseño e implementación de un sistema automatizado de dosificación por peso de agua y aceite para la elaboración de salsas a base de aceite para la empresa MARCSEAL S.A. Para este proyecto, el control de inventario de aceite y la digitalización de los datos de producción que involucra este producto fueron puntos críticos que lograr, ya que existía una desviación aproximada de 20 toneladas de aceite, lo que implicaba pérdidas económicas. Este desfase se debía principalmente a la no disponibilidad de herramientas adecuadas de monitoreo y control.

Este sistema consiguió minimizar las diferencias e irregularidades en el inventario de aceite al cierre de cada año. Asimismo, con la automatización de los procesos se mejoró la productividad y eficiencia, se logró optimizar el recurso humano y los registros de consumo de materia prima fundamentales para el análisis estadístico y planificación. La digitalización de datos de producción del nuevo sistema logra la actualización de los inventarios en línea, así como reportes de consumo y producto terminado. Además, la implementación de interfaces gráficas y adquisición de datos da como oportunidad llevar a cabo análisis de indicadores de rendimiento para dar a conocer el estado del sistema, sus problemas y oportunidades de mejora.

Estos aspectos, anteriormente mencionados, están ajustados a la línea de lo que se quiere lograr en esta investigación, por lo que los diversos puntos que toca este proyecto son de gran ayuda para implementar el sistema necesario y sus diversas etapas, las cuales estarán en nuestro proyecto.

Institución: Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia.

Título: Diseño de un sistema automatizado para procesos térmicos en la empresa ingeniería brasilero-colombiana S.A.S

Autor: Diego Andrés Patiño Epalza

Fecha: 2020

El presente proyecto se realizó en una empresa dedicada a la elaboración de máquinas para procesamiento térmico. Esta requería que se pudiera realizar la medición de las temperaturas y su comportamiento en el tiempo, con el fin de registrar la historia térmica y comprender los fenómenos físicos inherentes a cada proceso. Por tanto, se desarrolló un sistema de Control de supervisión y Adquisición de Datos para monitorizar tres máquinas para procesamiento térmico de materiales: una cortadora de hilo caliente, un calentador por inducción y una bancada de ensayos de soldadura.

El proyecto se desarrolló mediante la utilización de un controlador lógico programable para la obtención de variables y datos, un sistema que pudiese visualizarlos mediante una interfaz gráfica capaz de mostrar los datos obtenidos de los tres procesos en un solo equipo. Además, la interfaz humano-máquina contiene la parte gráfica; asimismo, fue diseñada para que mediante paneles de control sea posible operar cada una de las máquina independientemente.

El proyecto requirió que se hiciera un análisis profundo de las características de la máquina de procesamiento térmico, por lo que se debían definir las funciones de cada uno de los pasos del sistema, así como las variables requeridas por controlar. Este aspecto es útil como base para realizar una investigación similar en nuestra investigación.

Institución: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Título Implementación de un sistema automatizado con control HMI-SCADA para el proceso de embotellado de líquidos

Autor: Cristian Esteban Chiluisa Chiluisa

Fecha: 2020

Ese proyecto desarrolló un sistema de control para el llenado, mezclado y embotellado de productos líquidos. La investigación tuvo como objetivo mostrar cómo el proceso de control puede mejorar las operaciones y la rentabilidad de una planta.

En el proceso se requería un control absoluto sobre ciertas variables críticas como el control del nivel de llenado del depósito, el control de temperatura de líquidos, el control de mezcla, banda transportadora y paletizado. Para la implementación del sistema de control se tuvo como punto de gran importancia la selección del hardware y el software utilizado para cumplir los requisitos necesarios para los procesos de llenado y mezclado, con la fiabilidad exigida en el campo industrial.

El sistema se desarrolló con una interfaz humano-máquina que no solo permite visualizar el proceso, sino que también permite la visualización de fallas en el sistema, utilizando las diferentes variables de la programación del sistema, tanto para determinar errores de producción para mostrar alertas en la pantalla de visualización, como para realizar paros del sistema en caso de detectar estos errores, de esta manera los responsables puedan encargarse de los errores de una manera más rápida y eficiente que en el caso que no tuviera esta funcionalidad.

La conexión y configuración entre los sistemas también es un aspecto abordado considerablemente, de manera eficiente y concisa, teniendo diferentes equipos compartiendo datos mediante un servidor remoto, el cual también permite almacenar datos recolectados en el mismo. Este puede ser un punto de referencia en caso de encontrar una cuestión similar.

1.4 Alcances y proyecciones

Este proyecto busca realizar el diseño de todos los sistemas pertinentes para la correcta ejecución de un sistema de detección de unidades defectuosas. Se utilizarán los software necesarios brindados por las marcas, según se seleccionen los equipos necesarios. Además, se necesita hacer un estudio financiero para observar si es rentable efectuar el proyecto y realizar las compras de equipos necesarios. Se crearán los programas pertinentes para que, en caso de que se compren los equipos, solo necesiten ser cargados a los mismos, y se tendrán también almacenados, por si se requiriera ejecutar modificaciones a los mismos, en un futuro.

1.5 Limitaciones

Entre algunas de las limitaciones de la presente investigación, se encuentra el hecho en que la empresa envases Comeca puede no estar dispuesta a divulgar números de producción y de salarios de empleados públicamente, lo que hará que para efectuar algunos de los cálculos pertinentes tendrán que ser realizados con estimados o valores que se encuentran en el mercado general.

Otro caso que puede generar limitantes en el proyecto es que, al desarrollar la idea del sistema a implementar, se debe tener en consideración que el espacio donde se puede llegar a instalar el sistema en un futuro es una planta de una fábrica industrial, lo que podría generar ciertas limitantes como los espacios disponibles para instalar los equipos, estándares que los nuevos equipos deben de cumplir y el espacio para los cableados necesarios.

Por último, se debe tener en consideración que esta es una planta que trabaja jornadas semanales continuas, por lo cual, para obtener datos, instalaciones, mediciones o inspecciones, puede generar un conflicto porque la misma no puede parar. Por esto se debe agendar correctamente los espacios disponibles para poder realizar estos trabajos en la línea de producción.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Como se mencionó en apartados anteriores, con el presente proyecto se pretende llevar una mejora a la línea de producción por medio de una automatización y del control de unidades dañadas y peso de la película de barniz, mediante sensores y sistemas de visualización por medio de cámaras. Para ello se sugiere utilizar un PLC que permita reconocer estos estándares que se requieren en la máquina en su debida producción y que permita avisar al sistema en caso de un error en el mismo. Para eso se usarán alarmas y una HMI que permitirán a los encargados encontrar los productos dañados de manera más rápida y realizar los ajustes pertinentes.

A continuación, se explican diferentes detalles que serán considerados en el desarrollo de los puntos anteriormente mencionados.

2.1 Electrónica y Conceptos Básicos

El sistema por desarrollar cuenta con aspectos que requieren conocer de ciertos conceptos de electrónica y elementos para su fácil entendimiento y desarrollo. Inicialmente es importante conocer que se trabajará con sistemas dependientes de electricidad por lo cual es necesario saber lo básico en cálculos eléctricos en caso de tener que realizar cálculos de este tipo.

La ley de Ohm fue postulada por el físico alemán Georg Simon Ohm, la cual postula los fundamentos principales de los circuitos eléctricos. Esta ley formula que la intensidad de corriente que atraviesa un circuito es directamente proporcional al voltaje o tensión de este e inversamente proporcional a la resistencia que presenta. Esta es formulada matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde I es la intensidad que se mide en amperios (A), V el voltaje que se mide en voltios (V) y R, la resistencia que se mide en ohmios (Ω). (*¿Qué es la ley de Ohm?*, 2016)

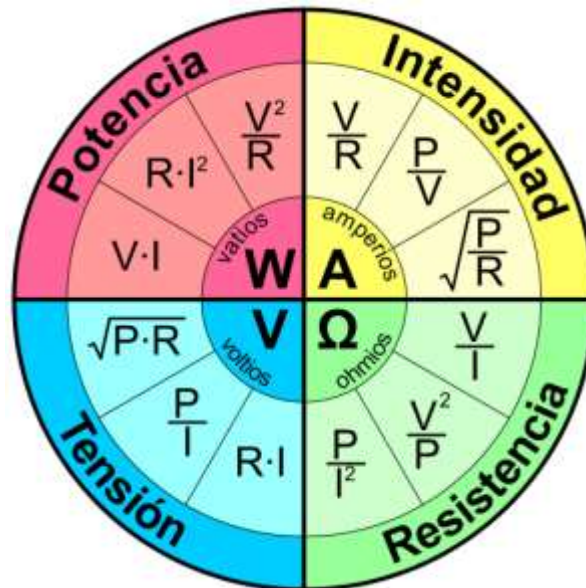


Figura 1. Ley de Ohm

Fuente: elinsignia.com, 2019

Teniendo los valores anteriores, también es posible calcular los valores de potencia, de ser necesario, se tienen bases para lograr seleccionar los elementos correctos para el sistema a desarrollar.

Para la investigación también es importante conocer sobre circuitos lógicos y digitales, ya que la programación por realizarse está basada en los principios establecidos por este tipo de lógica. Los circuitos lógicos son aquellos tipos de circuitos que manejan la información en forma binaria, es decir, con valores de “1” y “0”, los cuales en niveles de voltaje representan para “1” un nivel alto, y para “0” un nivel bajo. Los circuitos lógicos están compuestos por elementos digitales como la compuerta AND (Y), compuerta OR (O), compuerta NOT (NO) y combinaciones poco o muy complejas de los circuitos antes mencionados. (*Circuitos lógicos – Electrónica digital*, 2020)

Para efectos de esta investigación, se manejarán las compuertas lógicas básicas antes mencionadas, ya que los sistemas de programación fundamentan su funcionamiento en este tipo de comportamientos.

- Compuerta AND: esta compuerta establece que solo se tendrá un resultado “alto” si ambas entradas al sistema son “altas”. Cualquier entrada que sea “baja”, hará que su salida sea baja. Esta compuerta en conjunto con la compuerta NOT, da como resultado la compuerta NAND, que tiene un funcionamiento opuesto al anteriormente mencionado, por lo que solo tendrá un

resultado “bajo” si ambas entradas son “altas, cualquier entrada “baja” tendrá como resultado una salida “alta”. En sistemas de control se muestran como relés en paralelo.

- Compuerta OR: esta tiene un comportamiento en el cual cualquier entrada que sea “alta” dará como resultado una salida “alta”. En caso de ser combinada con una compuerta NOT da como resultado la Compuerta NOR, la cual solo dará un resultado “alto” en caso de que ambas entradas sean “bajas”. En un sistema de control se muestran como un relé en serie.

- Compuerta NOT: Esta compuerta se utiliza para invertir el valor de su entrada. Si el valor de su entrada es alto, su salida será “bajo” y viceversa.

(Bues, Sin autor, 2019)









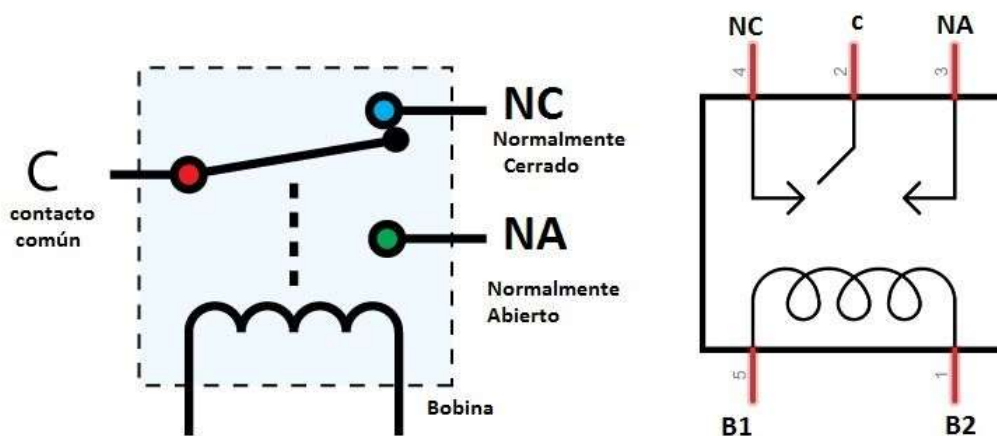
Name	Graphic symbol	Algebraic function	Truth table															
AND		$F = x \cdot y$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
x	y	F																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OR		$F = x + y$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
x	y	F																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
Inverter		$F = x'$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	F	0	1	1	0									
x	F																	
0	1																	
1	0																	
Buffer		$F = x$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	F	0	0	1	1									
x	F																	
0	0																	
1	1																	
NAND		$F = (xy)'$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
x	y	F																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
NOR		$F = (x + y)'$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
x	y	F																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																
Exclusive-OR (XOR)		$F = xy' + x'y = x \oplus y$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
x	y	F																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
Exclusive-NOR or equivalence		$F = xy + x'y' = (x \oplus y)'$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
x	y	F																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																

Figura 2. Compuertas Lógicas

Fuente: Geeksforgeeks, 2021

Un elemento que se debe considerar en su funcionamiento y fundamentos básicos son los relés, tanto porque los diagramas de programación a realizar se basan en ellos, como también porque serán utilizados para la ejecución del proyecto, por lo que su función, además, debe ser debidamente conocida. Inventado por Joseph Henry en 1835, un relé se determina como un interruptor eléctrico que permite el paso de la corriente eléctrica cuando está cerrado e interrumpirla cuando está abierto, pero que es accionado eléctricamente, no manualmente.

El relé está compuesto de una bobina conectada a una corriente. Cuando la bobina se activa produce un campo electromagnético que hace que el contacto del relé, que está normalmente abierto, se cierre y permita el paso de la corriente por un circuito para, por ejemplo, encender una lámpara o arrancar un motor. Cuando se deja de suministrar corriente a la bobina, el campo electromagnético desaparece y el contacto del relé se vuelve a abrir, dejando sin corriente el circuito eléctrico que iba a esa lámpara o motor. La gran mayoría de los relés utiliza un dispositivo en que parte de la corriente eléctrica del circuito se desvía para realimentar el circuito de control, manteniéndolo en este estado hasta que otra acción externa aplique una corriente al circuito de control. Dispositivos de este tipo se llaman biestables, pues oscilan entre dos estados que no se alteran solos, necesitan una acción externa para modificarlos.



Al meter corriente por la bobina los contactos abiertos se cierran y los cerrados se abren.

Figura 3. Conexión Típica de Relés

Fuente: Área Tecnología

Los relés sirven para activar un circuito que tiene un consumo considerable de electricidad mediante un circuito de pequeña potencia, de 12 o 24 voltios que imanta la bobina. Suponiendo que se quiere motorizar una puerta de un garaje o de la entrada de una finca, para eso necesitaremos un mando a distancia que consiga activar, a través de un receptor, esa pequeña carga de potencia que pone en marcha el funcionamiento del relé: la bobina se imantará y cerrará el circuito eléctrico que alimenta el motor que sirve para abrir la puerta. También se puede utilizar para encender máquinas y motores, sistemas de alumbrado, etc. (SEAS, 2019).

Los relés tienen diferentes configuraciones que pueden resultar útiles dependiendo la función que requiera el sistema a trabajar. Existen relés capaces de controlar varias salidas al mismo tiempo con una bobina. Entre estos tipos de relés existen:

- SPST (Single Pole Single Throw) - De un polo y un contacto, funciona como un interruptor común, ya que tienen 2 terminales que pueden ser conectadas o desconectadas.
- SPDT (Single Pole Double Throw) - De un polo y doble contacto, contienen una terminal común lo que hace que se puedan hacer interruptores normales, o tener dos diferentes conexiones para estados diferentes del sistema, ya que nunca están los dos conectados al mismo tiempo.
- DPST (Double Pole Single Throw) - De dos polos y un contacto, son básicamente dos relés SPST accionados mediante la misma bobina.
- DPDT (Double Pole Double Throw) - De dos polos y dos contactos, son básicamente dos relés SPDT accionados mediante la misma bobina.

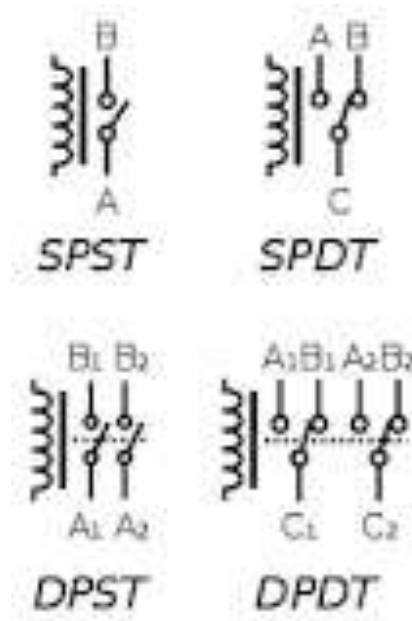


Figura 4. Tipos de Relés

Fuente: Preditécnico, 2012

2.2 Sistemas de Automatización Industrial

La automatización industrial se refiere al uso de sistemas de control, como ordenadores, controladores programables, robots y tecnologías de la información para manejar y mejorar diferentes procesos productivos y maquinarias en diferentes tipos de industria, eliminando lo más posible la intervención de la mano de obra y reemplazando las operaciones de ensamblaje peligrosas por operaciones automatizadas. Básicamente, la automatización industrial es una evolución de la mecanización en las industrias, que utiliza dispositivos de alta capacidad de control para lograr procesos de fabricación o producción mucha más eficientes. (Aula21, 2019)

Comparando un sistema automatizado, con los sistemas manuales, los sistemas de automatización tienen un rendimiento superior en términos de precisión, potencia y velocidad de funcionamiento, ya que su capacidad para procesar iteraciones y unidades al ser de una máquina es ampliamente superior que la capacidad humana.

Actualmente, en los sistemas de control de la automatización industrial, un amplio número de variables de proceso como temperatura, caudal, presión, distancia y niveles de líquido. Todas estas variables son adquiridas, procesadas y controladas por sistemas de microprocesadores o controladores de procesamiento de datos.

Un sistema automatizado requiere elementos y componentes de hardware y software dedicados a implementar sistemas de control y monitoreo. En los últimos años, el número de estos productos se ha desarrollado a partir de diversos proveedores que ofrecen sus productos especializados.

Según Delgado (2019), “La constante investigación y desarrollo de los sistemas de automatización adaptables a procesos industriales resolviendo procesos más complejos y con un coste de implantación cada vez más bajo, hace que el sector industrial suba en la tendencia de implantar sistemas automatizados. Este auge en las industrias conlleva la necesidad de contar en el sector con profesionales que lleven a cabo un estudio de implantación de este tipo de sistemas. Además, estos sistemas requieren de la formación de operarios que además de explotar la instalación y operar con el proceso productivo también sean capaces de llevar a cabo el mantenimiento requerido por estos sistemas de automatización para trabajar en condiciones adecuadas.”

Actualmente, las empresas buscan implementar cada vez más estos tipos de sistemas, por lo cual se deben seguir algunos pasos para que los sistemas se implementen de una manera correcta. Según Delgado (2019) los pasos para la implementación son las siguientes:

- **Planificación.** Se debe entrevistar y conocer el proceso productivo actual para poder diseñar un sistema automatizado eficiente y que mejore el estado actual.
- **Gestión del montaje.** Planificarlo para que se pueda realizar por fases o aprovechando una parada técnica controlada con el fin de minimizar el impacto en la producción a cubrir en el tiempo que dura la adaptación.
- **Integración de elementos.** Se debe adaptar los parámetros actuales del proceso convirtiendo a valores entendibles por el sistema automatizado, con procesos como la conversión analógico-digital.
- **Ejecución, ajustes, parametrización y programación.** Serán procesos para llevar a cabo conviviendo con el nuevo sistema y coordinando la gestión de la empresa con los operarios y personal de mantenimiento. Considerando para la interconexión de elementos y flujo de datos los estándares de interconectando a través de buses de campo adecuados.
- **Verificación.** Una vez realizada la implantación se requiere de una verificación y reajustes finales para que el proceso resulte optimizado.
- **Planificación mantenimiento.** El proceso no acaba solo en la implantación, se requiere de un plan de mantenimiento adecuadamente documentado.
- **Gestión mantenimiento.** A través del plan de mantenimiento y con operarios cualificados a lo largo de la vida útil del sistema se irán manteniendo y ejecutando las acciones correspondientes.
- **Localización averías.** Las averías deben de detectarse fácil y rápidamente lo cual se consigue reduciendo el cableado necesario, optando por tendencias a tecnologías Wireless y redes inalámbricas que facilitan el mantenimiento por suprimir los engorrosos cableados.

Con estos puntos claros, también es importante conocer cómo funciona un sistema de automatización industrial, y los niveles en los que se da su estructura de funcionamiento. La estructura de un sistema de automatización industrial sirve para explicar los diferentes niveles de su funcionamiento. Hay varias maneras de describir los niveles de un proceso de automatización industrial, pero la más simple de todas y la más común para que se entienda es el triángulo

jerárquico de representación de tres niveles de un sistema de automatización industrial típico. (Cfr. Aula21, 2019)

El nivel de supervisor consiste en un ordenador o computadora industrial, tipo PC (computadora personal) de sobremesa, Panel de Control o en formato rack, según las necesidades de la empresa. Este ordenador central utiliza un sistema operativo estándar con un software especial, normalmente proporcionado por el proveedor para el control de procesos industriales. El objetivo principal del software es la visualización y parametrización del proceso. Para la comunicación se utiliza protocolos como Ethernet Industrial, que puede ser Gigabit LAN o cualquier topología inalámbrica (WLAN). (Aula21, 2019)

El Nivel de control es el nivel medio de la jerarquía y es el nivel donde se ejecutan todos los programas relacionados con la automatización. Para este propósito, generalmente se utilizan controladores lógicos programables o PLC, que proporcionan capacidad de computación en tiempo real. Los PLC normalmente se implementan utilizando microcontroladores de 16 o 32 bits y se ejecutan en un sistema operativo propio para cumplir con los requisitos en tiempo real. Los PLC también pueden ser interconectados con varios dispositivos de Entradas y Salidas y pueden comunicarse a través de varios protocolos de comunicación industrial. (Aula21, 2019)

En el nivel de campo, se tienen los equipos terminales de datos como sensores y actuadores son los que forman el nivel de campo. Los sensores como temperatura, óptica, presión, etc. y actuadores como motores, válvulas, interruptores, etc. están conectados a un PLC a través de un bus de campo y la comunicación entre un dispositivo de nivel de campo y su correspondiente PLC está basado normalmente en una conexión punto a punto. Tanto las redes alámbricas como las inalámbricas se utilizan para la comunicación y, al utilizar esta comunicación, el PLC también puede diagnosticar y parametrizar varios componentes. (Aula21, 2019)

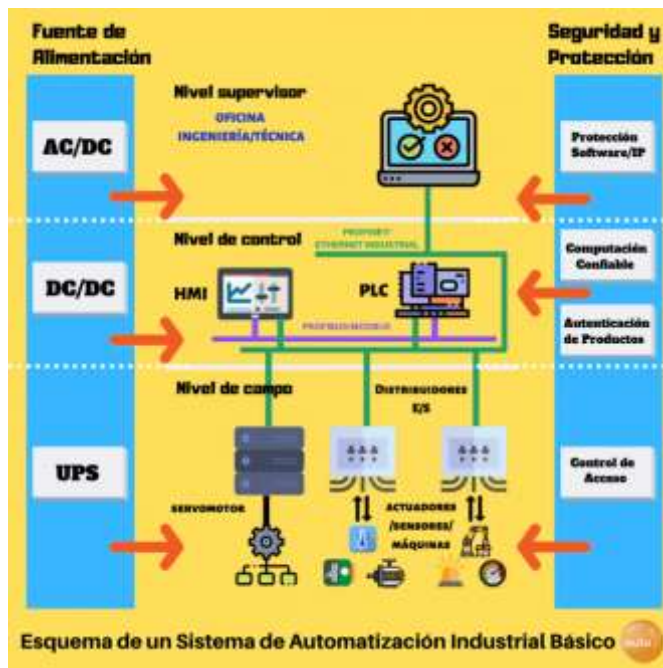


Figura 5. Esquema de un Sistema de Automatización Industrial

Fuente: Aula21

Además, de estos tres niveles jerárquicos, un sistema de automatización de procesos industriales también requiere de dos sistemas principales como la fuente de alimentación industrial y los protocolos de seguridad y protección. Los requisitos de potencia de diferentes sistemas en diferentes niveles de la jerarquía pueden ser extremadamente diferentes. Por ejemplo, los PLC normalmente funcionan con 24V DC, mientras que los motores pesados funcionan con corriente alterna monofásica o trifásica. Por lo tanto, se requiere una amplia gama de fuentes de alimentación de entrada adecuadas para un funcionamiento sin problemas. Además, debe haber seguridad para el software que se utiliza para controlar los PLC, ya que puede modificarse o ser hackeado con facilidad. (Aula21, 2019)

Conociendo estos puntos de funcionamiento y estructura, algunas ventajas que proveen los sistemas de automatización industrial incluyen:

- **Aumento de la productividad laboral:** La automatización aumenta la velocidad de producción al generar más y mejores productos. Las nuevas tecnologías trabajan durante largas horas sin perder precisión. De ahí el aumento de la productividad y la eficiencia por hora de trabajo.
- **Mejora de la calidad del producto:** Una de las principales ventajas de la automatización es la reducción de la tasa de fracción de unidades defectuosas. Los sistemas de automatización

realizan las operaciones con mayor conformidad y uniformidad a las especificaciones de calidad. Por ello, los procesos industriales son controlados y monitorizados en todas las etapas para producir un producto final de calidad.

- Menor mano de obra o costo de producción: Los sistemas automatizados ayudan a las industrias a ahorrar mucho a largo plazo al sustituir la mano de obra por maquinaria automatizada para reducir los costes unitarios de producción. Los equipos de automatización que funcionan sin problemas o de forma uniforme (24 horas \times 7 días) no sólo aumentan la productividad, sino que también dan como resultado un excelente retorno de la inversión al ahorrar salarios, costes de mano de obra, y absentismo de los empleados.

- El sistema automatizado también reduce la escasez de mano de obra al sustituir las operaciones automatizadas por esta mano de obra.

- Reducción de las tareas manuales de rutina: En muchas aplicaciones industriales, las variables de proceso como temperatura, nivel de líquido, presión, etc. deben ser monitorizadas periódicamente como una tarea rutinaria para mantener los niveles establecidos. De este modo, un sistema de automatización crea la condición de trabajo automático mediante el empleo de sistemas de control de bucle cerrado.

- Seguridad mejorada: Al implementar un sistema automatizado, el trabajo se hace más seguro al transferir al trabajador de un lugar de participación en el proceso a la función de supervisión. Las máquinas automatizadas son capaces de trabajar en entornos peligrosos y otros entornos extremos. Además, estos sistemas utilizan robots industriales en lugar de trabajadores humanos, especialmente en condiciones que ponen en peligro la vida (condiciones químicas y de alta temperatura). De esta manera, un sistema de automatización industrial evita los accidentes y lesiones de los trabajadores.

- Ayudar a la monitorización remota: La mayoría de las operaciones industriales tienen que ser controladas remotamente para un monitoreo y control conveniente a larga distancia de las variables del proceso. Para estos casos, los sistemas automatizados proporcionan un enlace de comunicación entre el área de proceso y el área de supervisión (monitorización y control), lo que permite a los operadores controlar y monitorizar los procesos industriales desde una ubicación remota. El mejor ejemplo de este mando a distancia es el control automático de la red eléctrica. (Aula21, 2019)

2.3 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Para la implementación de este proyecto se utilizará un controlador lógico programable (PLC). En resumen, un PLC es un dispositivo que el usuario puede programar para que se realicen una secuencia de eventos. Estos eventos son activados mediante estímulos usualmente llamados entradas que recibe el PLC; o mediante acciones retardadas tales como temporizadores o acciones mediante contadores. Una vez que se da la activación de un evento, mediante un programa realizado y cargado al sistema puede manipular el encendido y apagado de equipos electrónicos, o también la actuación física de dispositivos. (Laughton & Warne, 2003, cap. 16)

Su uso se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en las que es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo hasta transformaciones industriales, control de instalaciones u otros.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, su modificación o alteración, etc. hacen que su eficiencia se aprecie principalmente en procesos en los que se presentan necesidades, tales como espacio reducido, procesos secuenciales, maquinaria de procesos variables, instalaciones de procesos complejos y amplios, instalaciones de procesos complejos y amplios, chequeo de programación centralizada de las partes del proceso, etc.

En cuanto a estos dispositivos, cuando se empezaron a usar los relés en el control de procesos de producción se comenzó a añadir lógica a la operación de las máquinas y así se redujo, e incluso se eliminó en algunos casos la carga de trabajo del operador humano.

Los relés permitieron establecer automáticamente una secuencia de operaciones, programar tiempos de retardo, contar las veces que se producía un suceso o realizar una tarea en la que se necesitará que ocurrieran otras para poder activarse.

Los relés, sin embargo, tienen algunas limitaciones que se deben tomar en cuenta. Tienen un tiempo limitado de vida debido a que sus partes mecánicas están sometidas a desgaste, los conductores de corriente pueden quemarse o fundirse y con ello puede provocarse una avería y, por ende, tendrán que estar siempre en la lista de componentes de reemplazo en un sistema.

Desde el punto de vista de la programación su inconveniente mayor era que la estructura de programación era fija y muy rígida. El panel de relés lo configuraban ingenieros de diseño. Se construía y cableaba para luego, cuando cambiaban las necesidades de producción, había que

desechar el antiguo y construir un panel nuevo. No era posible modificar un panel, no al menos sin un costo excesivo en tiempo y mano de obra, por lo que no era factible y viable gastar recursos en esto, ya que un sistema normalmente utilizaba un panel de trescientos a quinientos relés y miles de conexiones por cable, lo que suponía un costo muy elevado en instalación y mantenimiento del sistema.

En la década de los años setenta surgieron los sistemas lógicos digitales construidos mediante circuitos integrados, aunque estos mayoritariamente estaban diseñados para aplicaciones específicas y no eran controladores genéricos.

Muchos de estos usaban microprocesadores, pero usaban un lenguaje de programación ajeno a los encargados, razón por la que el mantenimiento se complicaba bastante.

La existencia de ordenadores en el momento del desarrollo de los PLC fue lo que inspiró su concepto: era necesario diseñar un artefacto que, como una computadora, pudiese controlar diversas instrucciones, y pudiese ser reprogramada, pero que también pudiese soportar los ambientes industriales en los que se pretendían instalar.

Los primeros controladores completamente programables fueron desarrollados en 1968 por una empresa de consultores en ingeniería (Bedford y Asociados), que luego se llamó MODICOM.

Así, el primer PLC fue construido en 1969 por encargo de la General Motors Hydramatic Division. Este PLC se diseñó como un sistema de control con una computadora dedicada para controlar una parte de la cadena de producción y sustituir los sistemas de cableado que usaban hasta la fecha, que resultaban difíciles de modificar cada vez que se requerían cambios en la producción.

Hoy en día los PLC no solo son utilizados para controlar la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas y manejar señales analógicas para realizar estrategias de control. Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores de características similares y con computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control. (Laughton & Warne, 2003, cap. 16)

Existen varios lenguajes de programación usados para el establecimiento de tareas en un PLC. Tradicionalmente, los más utilizados son el diagrama de escalera (lenguaje escalera), lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que

permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo, más fáciles de interpretar y mantener.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples (como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos), hasta operaciones más complejas, como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos proporcionales-integrativos-derivativos y, como fue mencionado anteriormente, funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

Estas formas de programación de PLC están dispuestas en cinco categorías que son designadas por el estándar según IEC 61131-3, cuya última edición fue publicada el 20 de febrero de 2013. Existen dos tipos de programación textuales y dos gráficos. Son textuales los métodos por texto estructurado y lista de instrucciones, mientras que gráficos serían los dados por lenguaje de escalera, y los diagramas por bloques de funciones. También existe un quinto tipo llamado bloques de función secuenciales, que no se define como ninguno de los dos tipos anteriores. (IEC,2013, 61131-3)

Se puede decir que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son iguales para todos los fabricantes; no obstante, existen bastantes diferencias en la forma del direccionamiento de entradas y salidas, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones utilizables, lo que causa que los programas de software de los PLC nunca se puedan usar entre diversos fabricantes.

Incluso, dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles. Es por esta razón que muchos ingenieros se especializan en productos de una marca específica de su gusto, ya que al tener que estar utilizando diferentes plataformas el trabajo puede complicarse.

La estructura básica de cualquier PLC es:

- Fuente de alimentación: Convierte la tensión de la red, de 110 o 220 de voltaje de corriente alterna (VAC) a un voltaje corriente directa (DC) (24V, por ejemplo), que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forman el PLC.
- CPU: La Unidad Central de Procesos es el cerebro real de todo sistema. Es el encargado de recibir órdenes del programador por medio de la consola de programación y del módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

- **Módulo de entradas.** Aquí se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera). La información que recibe se envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos.

- **Módulo de salida.** Es el encargado de activar y desactivar los actuadores que se quieren controlar (bobinas de contactores, motores pequeños). La información enviada por las entradas a la CPU, cuando está procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay tres posibles módulos de salidas según el proceso que se quiera controlar por el PLC: relés, TRIAC y transistores.

- **Terminal de programación.** La terminal o consola de programación es la que permite comunicar al programador con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos. Existen sistemas que tienen terminales de programación incluidas, pero normalmente son computadoras utilizadas por los programadores.

- **Periféricos.** No intervienen directamente en el funcionamiento del PLC, pero facilitan el funcionamiento de algunos programas dependiendo de la utilidad que se requiera en el programa.

- **Comunicaciones.** Los PLC intercambian datos con otros dispositivos. Son muy variadas. Típicamente, un PLC puede tener integrados puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo con el fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos: RS-232, RS-485, RS-422, Ethernet. Sobre estos tipos de puertos de hardware las comunicaciones se establecen utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicaciones. En esencia, un protocolo de comunicaciones define la manera cómo los datos son empaquetados para su transmisión y cómo son codificados. De estos protocolos los más conocidos son: Modbus, Bus CAN, Profibus, Devicenet, Controlnet, Ethernet I/P. Muchos fabricantes ofrecen, además, distintas maneras de comunicar sus PLC con el mundo exterior, mediante esquemas de hardware y software protegidos por patentes y leyes de derechos de autor. (Laughton & Warne, 2003, cap. 16)

Teniendo en cuenta historia y funcionamiento de este tipo de equipos, para este proyecto se utilizará un panel lógico con PLC **Autonics LP-A070**, el cual es muy útil para el tipo de proyecto

que se está gestando. Este controlador tiene en su parte de hardware los siguientes elementos:
Autonics, pp.33-45:

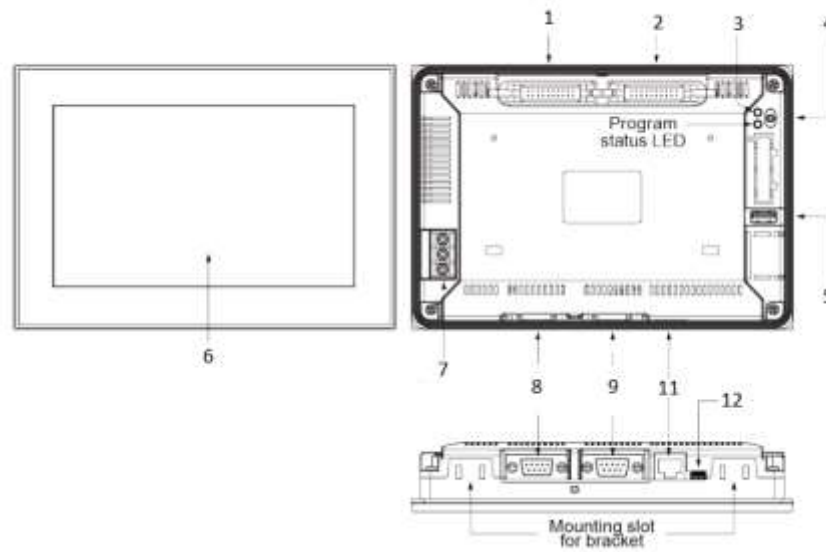


Figura 6. Autonics LP-A070

Fuente: LP-A Series User Manual

Los puntos enumerados en la figura 6 son los siguientes:

- 1. Módulo de entradas de PLC. Este permite controlar hasta 16 entradas al sistema.
- 2. Módulo de Salidas de PLC. Este permite controlar hasta 16 salidas del sistema.
- 3. Luces indicadoras de poder y estado de programa.
- 4. Interruptor de Inicio/Pausa.
- 5. Puerto para entrada de huésped USB. Este permite copiar datos entre el almacenamiento y el panel lógico, realizar actualizaciones de sistema, conectar periféricos externos, o servir de almacenamiento externo
- 6. Pantalla LCD de 7 pulgadas.
- 7. Terminales de conexión de poder a 24 Volts de corriente directa.
- 8. Puerto de conexión para entradas con conectores RS422 o RS232C-A, que permite interfaz mediante conexión serial con computadoras, impresoras seriales, otros PLC, lectores de códigos de barras o controladores dedicados.
- 9. Puerto de conexión para entradas con conectores RS232C o RS232C-B, que permite interfaz mediante conexión serial con computadoras, impresoras seriales, otros PLC, lectores de códigos de barras o controladores dedicados.

- 11. Puerto para entrada ethernet. Puerto utilizado para subir o descargar los archivos del programa lógico conectándose con una computadora y el software de programación atDesigner y monitoreo del PLC.

- 12. Puerto de entrada para dispositivo USB, para la carga o descarga de los programas del HMI. En el caso del equipo estar en funcionamiento, la luz indicadora de estado de programa tiene un código de colores y variaciones en su comportamiento según el estado del programa que se encuentra corriendo en el PLC. Este sirve como estímulo visual para saber de qué manera está corriendo el programa guardado en el PLC y tomar acciones en caso de ser necesario. En la tabla 1 se explica de manera detallada:

Tabla 1. Tabla de luz de estado de programa del panel lógico.

Color de la luz	Estado de la luz	Estado del programa
Verde	Encendida	Corriendo
Verde	Parpadeando	Pausa
Rojo	Parpadeando	Error
Naranja	Encendida	Depure de Atlogic

Fuente: LP-A Series User Manual

Es importante también saber que el módulo de entradas del programador lógico controlable es de tipo NPN de colector abierto por lo que los puntos comunes de los circuitos deben estar suministrados de 24 Volts de corriente directa, y todos los periféricos conectados deben de estar aterrizados al mismo punto. En las figuras 7 y 8 se muestran diagramas del cableado de las entradas al sistema con el fin de ilustrar de manera clara lo anteriormente mencionado.

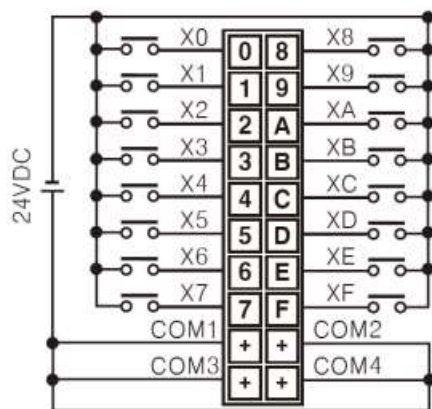


Figura 7. Diagrama de conexión de entradas para LP-A070

Fuente: LP-A Series User Manual

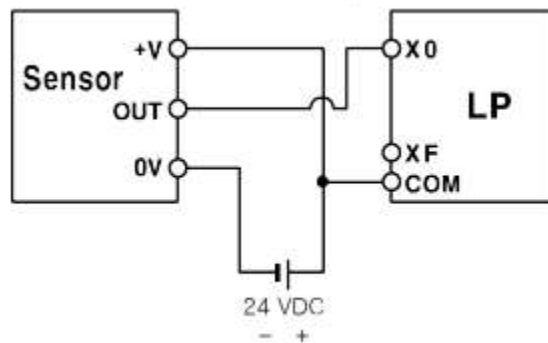


Figura 8. Conexión de entradas de LP-A070 con periféricos

Fuente: LP-A Series User Manual

También se debe saber que el módulo de salidas del programador lógico controlable es de tipo NPN de colector abierto por lo que los de los circuitos también deben estar suministrados de 24 Volts de corriente directa, y todos los periféricos conectados deben de estar aterrizados al mismo punto. En la figura 9 se muestra un diagrama de cableado de las salidas del sistema con el fin de ilustrar de manera clara lo anteriormente mencionado.

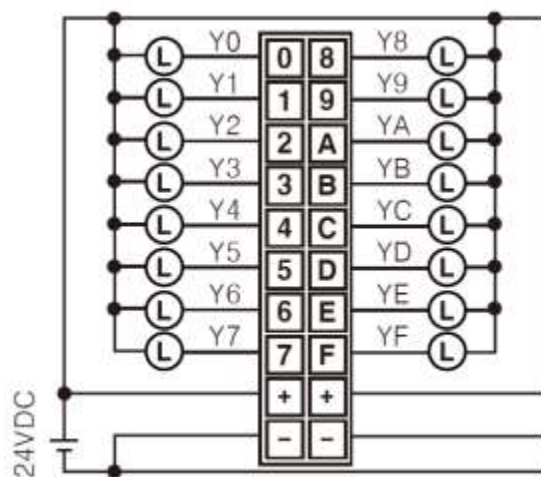


Figura 9. Diagrama de conexión de salidas para LP-A070

Fuente: LP-A Series User Manual

Para la programación del controlador del panel lógico, se utiliza el software especializado para controladores de la marca Autonics, en este caso llamado atLogic. Este software permite programar de manera que el controlador realice las tareas necesitadas de una manera sencilla y ordenada. En este programa se utiliza el lenguaje de escalera predominantemente, el cual es bastante sencillo de abordar y permite desarrollar los programas bajo el método más utilizado para desarrollo en controladores lógicos programables.

Además, este programa, al utilizar la estructura antes mencionada, permite que todos los controladores de la marca Autonics sean programados de la misma manera, dando también la funcionalidad de reutilizar el programa si se desea recrear el proyecto en otra parte del proceso a futuro. (AtDesigner Programming Manual, Autonics, s.f.)

2.4 Lógica de Escalera

La forma de programación a utilizar en este proyecto será la de la lógica de escalera, la cual hoy en día, es la más utilizada para realizar programas en controladores de lógica programable. Este lenguaje cuenta con la ventaja de ser visible gráficamente, mostrando las relaciones lógicas entre entradas y salidas del sistema, como si fueran contactos y bobinas cableados en circuitos de relés electromecánicos. (Staff, Ed., s.f.)

Con la creación de los programadores lógicos programables, al hacerse comercial la producción de estos, se necesitó una manera fácil de que los técnicos pudiesen programarlos y entender el funcionamiento del sistema que iban a utilizar. Este lenguaje fue inventado con el propósito de hacer que la programación se sintiese de manera natural para los electricistas, que, en su mayoría de casos, tienen familiaridad con la lógica de relés, así como circuitos de control.

Los diagramas de la lógica en escalera son acomodados de manera que sea lo más parecido a un diagrama eléctrico, haciéndolos un lenguaje gráfico, en vez de estar basado en texto como otros lenguajes de programación. De esta manera, los diagramas de escalera son pensados de manera que una potencia virtual pasa por contactos virtuales, para así energizar bobinas virtuales, para así realizar diversas funciones lógicas que el programador decida. Ninguno de estos contactos o bobinas virtuales observadas en los diagramas de escalera es reales, sino que son una forma de visualizar el actuar de los bits en la memoria del controlador lógico programable. (Staff, Ed., s.f.)

Cada fabricante de controladores lógicos programables utiliza software especializados para la programación, los cuales manejan de maneras distintas la asignación de variables en el sistema. Aun así, con estas diferencias entre los software, la lógica de programación es la misma para todos los sistemas ya que la lógica está estandarizada por medio de la organización llamada PLCOpen por medio del estándar IEC 61131-3. (Peter, 2017)

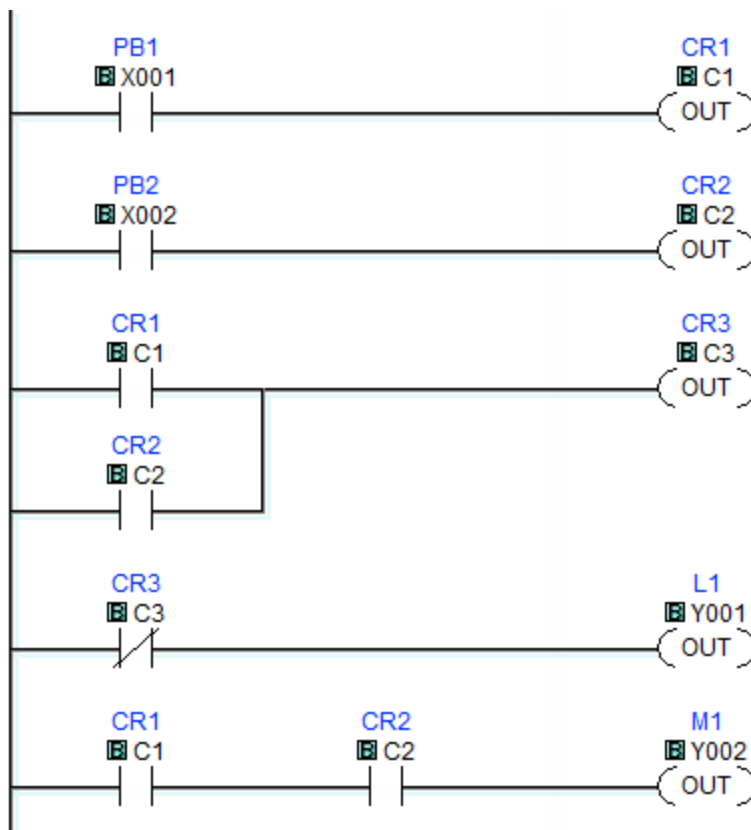


Figura 10. Ejemplo Lógica Escalera

Fuente: Library Automation Direct

El sistema como tal, funciona de manera que normalmente antes ejecutar la lógica, el CPU del controlador lógico programable lee las entradas conectadas a los módulos de entradas y salidas para actualizar las tablas de memoria en su sistema. Una vez hecho esto el sistema empieza a ejecutarse empezando desde la parte más alta del programa, ejecutándose de izquierda a derecha, para ir bajando por cada línea del diagrama ejecutado, según lo que se tenga en la programación.

Usando de referencia la figura 10, si el periférico conectado en el módulo de entradas asignado a X001, está activado, por lo que activa un bit, la bobina C1 se activará en el sistema, sucediendo así lo mismo para X002 y C2. En el caso para que C3 logre activarse, el sistema deberá tener las bobinas C1 y C2 activadas, y si esta no logra activarse, la salida Y001 será activada, pero si tanto C1 y C2 son activadas, la salida Y002 será activada en su lugar. (Library.AutomationDirect.com)

Teniendo en cuenta este ejemplo, los programas basados en lógica de escalera son capaces de realizar diversas tareas útiles para abarcar la cada vez más creciente demanda por funcionalidad

y facilidad de uso que las industrias requieren. Algunas de las funciones que son más utilizadas en los sistemas de lógica de escalera son:

- Lógica booleana: la lógica de los sistemas algebraicos binarios, que permite controlar encendidos y apagados, y, además, permite realizar operadores como lo son AND, OR y NOT, útiles para diversas tareas.
- Temporizadores: son instrucciones que permiten al sistema realizar demoras a las instrucciones. El temporizador encenderá o apagará la salida asignada una vez que el tiempo asignado haya transcurrido.
- Conteo: instrucciones que permiten realizar conteos crecientes o decrecientes en cada transición de la entrada asignada. Permiten realizar tareas asignadas con un valor según las iteraciones del contador.
- Comparaciones: permiten determinar si un valor es menor, mayor o igual que otro valor en el sistema.
- Matemática: permiten realizar operaciones básicas, como también algunas más complejas como cálculo de tangentes, raíces cuadradas, etc.

(Library.AutomationDirect.com)

2.5 Sistemas SCADA

SCADA es el acrónimo de Supervisory Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Es un sistema informático especialmente diseñado para funcionar sobre controladores en el control de procesos. Proporciona comunicación con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como del de otros usuarios supervisores dentro de la empresa.

Según Bauerschmitt (2016,) los sistemas SCADA, como se mencionaba anteriormente, son sistemas de control de la red de monitoreo y de control y optimización de plantas industriales. Son herramientas universales, pero altamente personalizables que pueden ser utilizadas en sistemas de tratamiento de agua, en la generación y distribución de energía, en plantas químicas, faenas mineras, plantas de producción, entre otros, para recoger datos y transformarlos en información que luego se despliega de forma didáctica al operador del proceso.

De esta forma, este último está en posibilidad de entender las condiciones actuales del proceso y de tomar de forma eficaz las decisiones indicadas para que se realice bajo condiciones óptimas de rendimiento y seguridad. Por estas razones se podría llamar a un sistema SCADA a cualquier software que permita recabar información y realizar las tareas antes mencionadas, por lo que se podría decir que un sistema de este tipo no es de tipo de control, sino que sería un software de utilidad, que realizaría la tarea de interfase entre el nivel de control, que sería el PLC, y los niveles de gestión que serían realizados por un operador mediante un interfaz humano-máquina.

Si bien es cierto que los sistemas SCADA pueden abarcar desde arquitecturas relativamente simples, como la vigilancia de condiciones ambientales, hasta otras de mayor complejidad, como el monitoreo de una planta nuclear con miles de variables; la mayoría de ellas cuentan con una arquitectura de dos niveles, el nivel de cliente, el cual representa la interacción humano-máquina con el operario, y el nivel de servidor de datos, en el que se lleva a cabo todo lo relacionado con la comunicación con los dispositivos instalados en campo.

Los servidores de datos a los que se les llama servidores OPC se comunican con los dispositivos de campo, ya sean PLC, RTU (unidad de terminales remota), controladores, sensores inteligentes, etc., por medio de protocolos de comunicación correspondientes, como por ejemplo Modbus, Profibus, etc. Esta arquitectura se basa en el estándar OPC, que opera como base del enlace entre el cliente y el servidor, y que permite, además, a otras aplicaciones-clientes el acceso

a los datos del nivel servidor. De hecho, para contar con mayor funcionabilidad en las aplicaciones de nivel de cliente, es importante que un SCADA esté basado en el mencionado estándar OPC.

Este estándar es dado por la OPC Foundation, que es la entidad que establece y mantiene las especificaciones de esta forma de comunicación. En esta organización sin fines de lucro participan los principales proveedores de dispositivos para control de procesos y de aplicaciones de software, de modo que se garantiza la interconexión de todos los componentes de distintos fabricantes y solo es necesario entonces revisar que en las especificaciones se indique que permiten comunicación OPC.

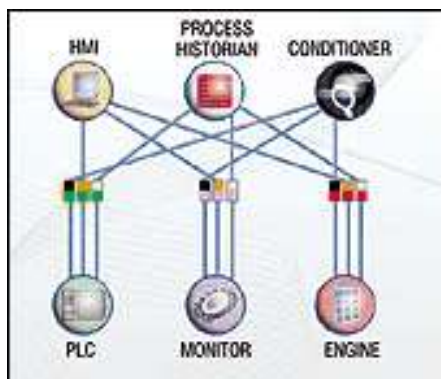


Figura 11. Conexiones Estipuladas Por OPC

Fuente: OPC Foundation

Como se mencionó anteriormente, este sistema se basa en el modelo cliente-servidor, lo cual significa que existen servidores que son los responsables de efectuar la comunicación con los dispositivos conforme a lo que los clientes requieran. El software servidor de comunicaciones OPC deberá contener los *drivers* necesarios para la interconexión con los distintos dispositivos, y será el que haga el enlace con las diferentes aplicaciones. Además, puede comunicarse con varios dispositivos distintos y a su vez proveer el enlace con diversas aplicaciones al mismo tiempo.

Hoy en día la mayor parte de estos sistemas cuentan con *drivers* para conectarse a motores de base de datos, lo que posibilita conectar los datos adquiridos con los sistemas de gestión de la producción, con el propósito de mejorarla. Además, muchas de estas plataformas pueden emplearse por medio de diversos *browsers* o navegadores Web, lo que permite también la visualización de datos del proceso mediante dispositivos móviles como tabletas y *smartphones*.

Finalmente, un sistema SCADA usualmente contiene lo que se denomina interfaz humano-máquina (HMI), que es el dispositivo o herramienta gráfica que presenta los datos del proceso al operador para mediante este subsistema manipular el proceso. También se da el uso

de los controladores programables, usados como elementos de campo por su versatilidad, economía, flexibilidad y configuración. Se utilizan para el control directo de los actuadores y la recolección de los datos tomados por los diversos dispositivos con que cuenta el sistema, con el fin de tomar las decisiones y enviar los datos a visualizar por medio del sistema SCADA.

2.6 Interfaz Humano-Máquina (HMI)

Como se mencionó en el apartado anterior, el sistema SCADA por sí mismo no controla datos; simplemente es una interfaz entre el control (PLC) y la manipulación de ellos por el usuario (HMI). Por esto un sistema como el que se plantea instalar requiere una interfaz humano-máquina con la cual el usuario no solamente pueda observar el funcionamiento y efectuar la recolección de datos que el PLC realiza en el sistema, sino que también sea capaz de tomar medidas en el momento de acuerdo con el estado del sistema. Esto da cabida a que se puedan tomar decisiones más inteligentes y eficientes según las necesidades que se generen.

Una interfaz humano-máquina (HMI) es un punto de acción en el que un ser humano entra en contacto con una máquina. Un ejemplo sencillo de esto es el caso de un interruptor de una luz que no es ni el humano ni la luz, sino una interfaz entre los dos.

Este tipo de sistemas están sujetos a los estándares según la norma ISO 9241-110 (2006), la cual establece que el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo".

En la parte de los sistemas HMI de software se pueden enumerar dos tipos de sistemas, las terminales de operadores, que consisten en dispositivos, mayoritariamente contruidos para ser instalados en ambientes pesados, en donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, alfanuméricos o gráficos. Muchos de estos sistemas cuentan, además, con sistemas de pantalla sensibles al tacto para mayor sencillez. El otro tipo de sistema que se puede encontrar en los sistemas de software de las HMI es el de computadoras con software, que son similares al sistema mencionado anteriormente, pero que constituyen otra alternativa basada en una computadora, en la que se carga un software apropiado para la aplicación.

Como computadora se puede utilizar cualquiera según las exigencias del proyecto. Existen las llamadas industriales (para ambientes más pesados y ordinarios), los de panel (Panel PC), que se instalan en gabinetes para que den apariencia de terminal de operador. En general, se

pueden observar diversas posibilidades para la instalación de una computadora; inclusive existe la tradicional computadora de escritorio que se utiliza habitualmente. Los sistemas mencionados tienen como función facilitar la interacción entre el usuario y los datos obtenidos por el PLC, por lo que estos sistemas permiten a los usuarios, entre otras cosas, realizar una interfaz gráfica, de modo que se pueda ver el proceso establecido e interactuar con las variables que se dan en él. También se busca que permitan un registro en tiempo real e histórico de datos, con el fin de llevar un mejor orden de lo que se busca en el sistema. Junto a todo esto es bastante común el uso de alarmas para la búsqueda de soluciones en caso de errores en el sistema, las cuales son dadas por parámetros establecidos en el control.

Cabe recalcar que estos programas son preparados en diferentes software, dependiendo de los fabricantes de los equipos por utilizar, y apegándose también a las necesidades de utilidad que se tienen. Estos software pueden ser suministrados gratuitamente por el fabricante, o pueden estar sujetos a licencias vendidas por ellos, por lo que es importante conocer estos detalles antes de realizar una compra para la elaboración de un proyecto. Entre otros, algunos software dedicados a esta función son LabVIEW, Crimson, WinCC, Omrom SCS.

En la parte que corresponde a hardware, se trata de dispositivos destinados a la tarea de generar una interfaz entendible para el operador del sistema. A diferencia de los software, son subsistemas dentro de un sistema de los anteriormente mencionados SCADA. Como fue mencionado anteriormente, también necesitan de un programa-editor para generar la configuración del proceso. Son compatibles con una gran variedad de elementos de automatización y de redes de comunicación.

En estos sistemas las partes de software van de la mano con el hardware, ya que la parte física de estos tipos de sistemas se usan básicamente para la toma de decisiones, y para enviar señales a los periféricos, con el fin de solucionar fallas o cambiar parámetros en el sistema, y esto debe estar debidamente especificado en el software del sistema. Por esto, como se dijo anteriormente, se dice que una interfaz humano-máquina es punto de contacto entre el programa y el usuario, porque busca simplificar los datos recopilados por el sistema para que el operador sea capaz de tomar decisiones acertadas.

Para el presente proyecto se utiliza la plataforma que el panel lógico de Autonics LP-A070, el cual, además de tener un programador lógico programable, está integrado con un sistema HMI, que permite visualizar y controlar el estado de varios sistemas, ahorrando en costos y espacio.

Esta será creada a partir del software de Autonics llamado atDesigner, el cual permitirá crear una interfaz gráfica que sea capaz de visualizar las necesidades del sistema, además de proporcionar opciones de control a los sistemas que se estarán controlando. La pantalla que el sistema posee tiene la particularidad de ser táctil, lo que también hace que sea de fácil manipulación y uso, ya que reconoce no solo el tacto de la mano desnuda, sino que también con el uso de guantes, o punteros.

2.7 Sistemas de Visualización Artificial y Captación de Imágenes

Hoy en día, en la industria, diversas aplicaciones requieren de una alta capacidad de procesamiento visual ya sea de los operadores de los sistemas o de los sistemas instalados en los mismos. La visión artificial es un campo de la inteligencia artificial, que permite que las computadoras y los sistemas obtengan información significativa de imágenes digitales, videos y otras entradas visuales, y tomen acciones o muestren diferencias basadas en esa información. La visión artificial les permite a los sistemas ver, observar y comprender. En resumen, según la Automated Imaging Association (AIA), la visión artificial engloba todas las aplicaciones industriales y no industriales en las que una combinación de *hardware* y *software* proporciona orientación operativa a los dispositivos en la ejecución de sus funciones basándose en la captura y el procesamiento de imágenes.

Los científicos e ingenieros han estado tratando de desarrollar formas para que las máquinas analicen y comprendan datos de entrada visual desde finales de los años 50. Se comenzó a adentrarse en este ámbito en 1959 cuando los neurofisiólogos David Hubel and Torsten Wiesel publicaron un artículo llamado “*Receptive fields of single neurons in the cat’s striate cortex*”, en el cual mostraron a un gato imágenes, intentando correlacionar una respuesta en su cerebro. Descubrieron que respondía primero a bordes o líneas sólidas y, científicamente, esto significaba que el procesamiento de imágenes inicia con formas simples, como los bordes rectos. (Demush, 2019)

En el mismo año, se desarrolló la primera tecnología de escaneo artificial de imágenes, que permite a las computadoras digitalizar y adquirir imágenes, ya que Russell Kirsch, un ingeniero que laboraba en la Oficina Nacional de Estándares de los Estados Unidos, y sus colegas, que trabajaban con la primera computadora programable, lograron crear un aparato capaz de transformar imágenes en cuadrículas de números binarios, que es el lenguaje binario que las computadoras logran entender. Debido a esta tecnología pionera hoy en día se pueden procesar imágenes digitales en diversas formas.

Para 1963, las computadoras pudieron transformar imágenes bidimensionales en formas tridimensionales mediante la tesis “*Machine perception of three-dimensional solids*” de Lawrence Roberts en la cual el programa creado, procesaba imágenes y conseguía información en 3 dimensiones a partir de imágenes en 2 dimensiones. En la década de 1960, la IA surgió como un

campo de estudio académico y también marcó el comienzo de la búsqueda de la IA para resolver el problema de la visión humana.

En 1974 salió a la luz la tecnología de reconocimiento óptico de caracteres (OCR), que podía reconocer el texto impreso en cualquier fuente o tipo de letra. De manera similar, el reconocimiento inteligente de caracteres (ICR) podría descifrar el texto escrito a mano utilizando redes neuronales. Desde entonces, OCR e ICR se han abierto camino en el procesamiento de documentos y facturas, el reconocimiento de placas de vehículos, los pagos móviles, la traducción automática y otras aplicaciones comunes.

En 1982, el neurocientífico David Marr estableció que este tipo de visión tecnológica funcionaba de forma jerárquica, e introdujo algoritmos para que las máquinas detecten bordes, esquinas, curvas y formas básicas similares. Al mismo tiempo, el científico informático Kunihiko Fukushima desarrolló una red de células capaces de reconocer patrones. La red, llamada Neocognitron, incluía capas convolucionales en una red neuronal. (Demush, 2019)

Para el año 2000, el estudio se enfocaba en el reconocimiento de objetos, y para el 2001 aparecieron las primeras aplicaciones de reconocimiento facial en tiempo real. La estandarización de cómo se etiquetan y anotan los conjuntos de datos visuales surgió a lo largo de la década del año 2000. En 2010, el conjunto de datos de ImageNet estuvo disponible. Contenía millones de imágenes etiquetadas en miles de diferentes tipos de objeto, lo que proporcionó una base para las redes neurales convolucionales (CNN), las cuales son una clase de red neural artificial basadas en redes neurales biológicas, que se utilizan para analizar imágenes. Además, también ayudó al desarrollo de modelos de Deep Learning que se utilizan en la actualidad.

Hoy en día estos sistemas pueden ser utilizados en la industria para diversas tareas como:

- La clasificación de imágenes: el sistema ve una imagen y puede clasificarla, por ejemplo, un perro, una manzana, la cara de una persona. Además, puede predecir con precisión que una imagen determinada pertenece a un cierto tipo.
- La detección de objetos puede usar la clasificación de imágenes para identificar una determinada clase de imagen y luego detectar y tabular su apariencia en una imagen o video. Los ejemplos incluyen la detección de daños en una línea de montaje o la identificación de maquinaria que requiera mantenimiento.
- El seguimiento de objetos sigue o rastrea un objeto una vez que se detecta. Esta tarea a menudo se ejecuta con imágenes capturadas en secuencia o con videos en tiempo real. Los

vehículos autónomos, por ejemplo, no solo deben clasificar e identificar objetos como peatones, otros automóviles e infraestructura vial, sino que también deben detectarlos en movimiento para evitar colisiones y obedecer las leyes de tránsito

- La recuperación de imágenes basada en contenido utiliza la visión artificial para navegar, buscar y recuperar imágenes de grandes almacenes de datos, basándose en el contenido de las imágenes en lugar de en las etiquetas de metadatos asociadas con ellas. Esta tarea puede incorporar la anotación automática de imágenes que reemplaza el etiquetado manual de imágenes. Estas tareas se pueden utilizar para los sistemas de gestión de activos digitales, y puede aumentar la precisión de la búsqueda y recuperación. (IBM, s.f.)

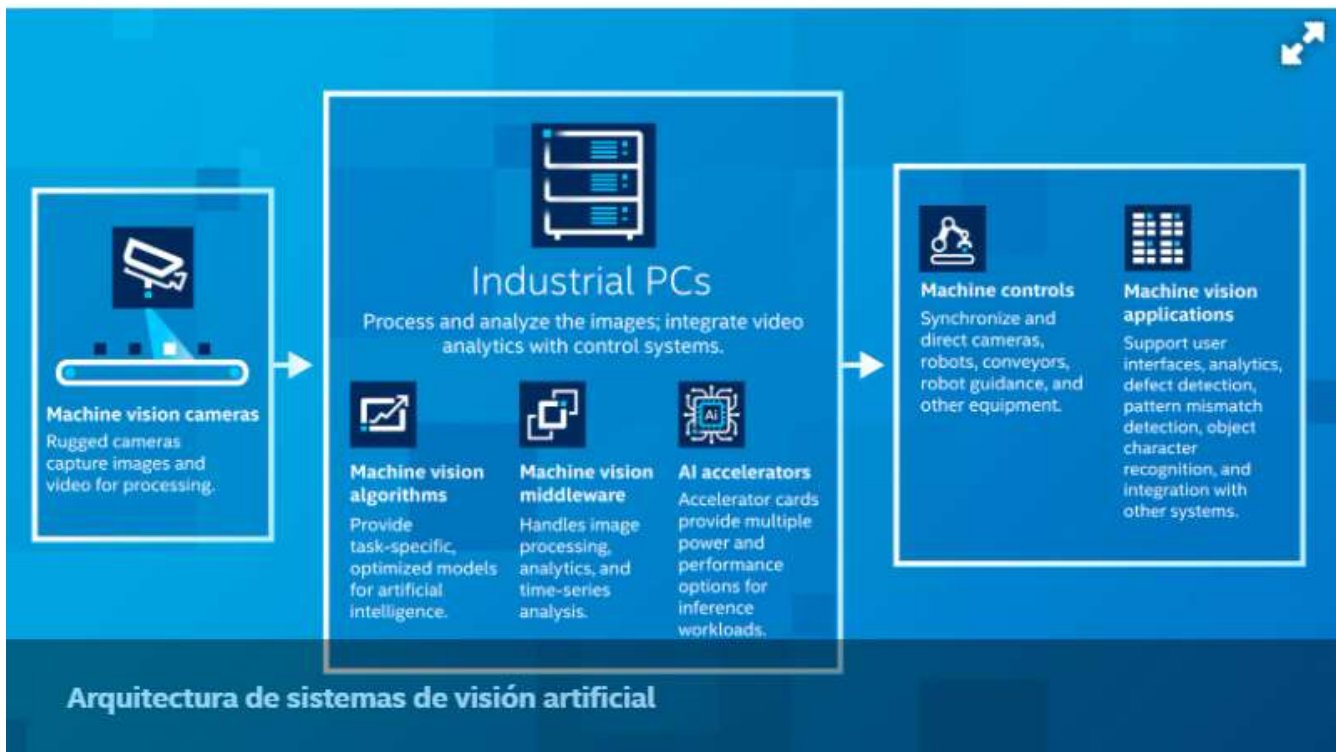


Figura 12. Arquitectura de sistemas de visión artificial

Fuente: Intel

Como se muestra en la Figura 12, los sistemas de visión artificial modernos se basan en sensores digitales protegidos dentro de cámaras industriales con ópticas especializadas para adquirir imágenes, para que el hardware y el software puedan procesar, analizar y medir diferentes características para tomar decisiones.

Los sistemas modernos de visión artificial trabajan bajo ciertas condiciones y requisitos para que se den de una manera correcta y eficiente. Entre estos se encuentran:

- **Iluminación:** la luz del entorno debe ser correctamente regulada y constante, para que los cambios en la luz que el sistema de visión artificial este captando, se deban a imperfecciones en los objetos que estén siendo inspeccionados, y no en cambios de luz del ambiente, para así evitar fallos en la calibración.

- **Puesta en escena:** los objetos que se van a analizar deben de estar en una correcta posición, para que el sistema de visualización logre captar de manera correcta la imagen a analizar. Pueden usarse sensores para indicar que el objeto esté situado de manera correcta.

- **Cámaras:** los sistemas de visión requieren cámaras especializadas, no solo para la captación de imágenes, sino que también pueden tener requerimientos especiales para el ambiente donde se van a instalar. Estas cámaras deben tener pixeles especiales, preferiblemente cuadrados para tomar medidas más exactas, además ocupa una velocidad de obturación alta para cumplir con los requerimientos de producción.

- **Procesador de imagen:** es un sistema que permite comparar la imagen tomada con una referencia para así tomar decisiones. Se puede realizar desde un ordenador conectado a la cámara o desde la propia cámara si se trata de un modelo inteligente capaz de analizar la imagen y proporcionar un resultado por sí misma.

- **Comunicación:** normalmente los sistemas de visión artificial están conectados a otros sistemas, como sistemas de control y monitoreo y de visualización. Estos sistemas pueden utilizar diferentes tipos de formas para avisar en caso de detección de fallas, errores o en su defecto, la buena obtención de datos. (Iberdrola, 2021)

Hoy en día en la industria de manufactura, los sistemas de visualización son de suma importancia ya que permiten descubrir fallos en la producción e identificar productos defectuosos. Cuentan con amplias ventajas sobre la detección de un ojo humano ya que la visión artificial entrena a las máquinas para realizar estas funciones, pero tiene que hacerlo en mucho menos tiempo con cámaras, datos y algoritmos en lugar de retinas, nervios ópticos y una corteza visual.

Debido a que un sistema capacitado para inspeccionar productos o la manufactura de estos puede analizar miles de productos o procesos por minuto puede superar rápidamente las capacidades humanas, notando defectos o problemas imperceptibles.

Además, las mejoras en la salud y seguridad para los trabajadores son una ventaja fundamental de la aplicación de la visión artificial a las operaciones. La visión por ordenador basada en la IA puede asegurarse de que los trabajadores guarden la distancia social y utilicen los equipos de seguridad adecuados. Los robots y equipos con visión artificial pueden interpretar las acciones humanas e interactuar, ayudando a evitar accidentes antes de que estos puedan producirse. Si una situación se vuelve insegura, pueden advertir al operador o desconectar los equipos automáticamente, reduciendo el riesgo tanto para sus empleados como para su empresa. (Demush, 2019)

En este proyecto se utilizará un sensor de visión a color con iluminación interna de la marca Autonics, modelo VG-C04W-8E que, junto con su software llamado VisionMaster, permiten capturar imágenes de manera eficiente en tiempo real y compararlo con imágenes de producción correcta guardadas en su memoria, siendo capaz de realizar inspecciones en alineamiento, brillo, contraste, área, formas, bordes, largo, ángulos, diámetros, conteo de objetos, identificación de color, área de color, o conteo de objetos de cierto color.

Esta da un gran alcance para realizar comparaciones en el proyecto a realizar, y también una gran versatilidad para operar. También cuenta con la ventaja de que permite en su memoria hasta 32 grupos de trabajo, es decir, 32 productos diferentes que pueden seleccionarse si así se desea, lo cual es de gran utilidad en líneas de producción con diversos tipos de productos.



Figura 13. Imagen ilustrativa de Sensor de visión

Fuente: Autonics

La cámara cuenta con diversas partes que son de suma importancia reconocer y entender. Cada una de estas partes esta numerada en la figura 14 y serán explicadas sus funciones:

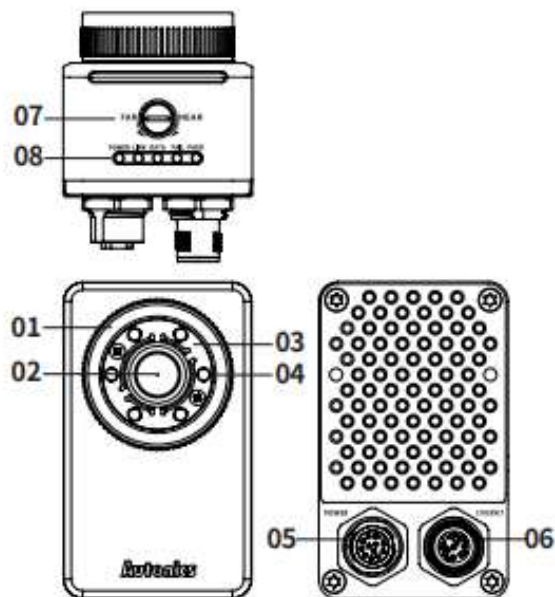


Figura 14. Partes del sensor de visión

Fuente: Autonic VG series manual

- 1. Cobertor del lente: Proporciona protección al lente de agentes externos.
- 2. Lente: es el encargado de capturar las imágenes.
- 3. Cobertor de luz: se encarga de proteger las luces LED integradas en la cámara para protegerlas de agentes externas
- 4. Luces LED: luces integradas en la cámara encargadas de iluminar a la hora de que la cámara toma las fotos en el proceso.
- 5. Conector de poder y entradas/salidas: Conector de tipo M12 en el cual llega el suministro de 24 volts corriente directa a la cámara, así como también las entradas y salidas que tiene la cámara.
- 6. Conector ethernet. Puerto de entrada ethernet tipo M12 de 8 pines con conector RJ45, utilizado para establecer comunicaciones entre la cámara y la computadora.
- 7. Ajuste de enfoque: utilizado para calibrar el enfoque del lente de la cámara y que la imagen sea lo más precisa posible.
- 8. Indicadores: luces encargada de mostrar el funcionamiento y estado de la cámara.

Los indicadores de la cámara tienen diversos nombres y funciones que son de suma importancia conocer cuando se activan para así saber si está funcionando el sistema de manera correcta. Estos están indicados en la tabla 2.

Tabla 2. *Indicadores de sensor de visión*

Etiqueta	Nombre	Función
Power	Indicador de encendido	Se enciende cuando se le suministra poder
Link	Indicador de conexión ethernet	Se enciende cuando el sensor está conectado a una computadora
Data	Indicador de transmisión de datos	Parpadea cuando se transmiten datos del sensor a la computadora
Fail	Indicador de fallo	Parpadea cuando detecta fallos en inspección
Pass	Indicador de éxito	Parpadea cuando hay éxito en una inspección.

Fuente: Autonics VG series manual

Como fue mencionado anteriormente, este sistema requiere un cable de poder y entradas/salidas de tipo M12. Este cable tiene una configuración típica para este dispositivo lo cual es de suma importancia conocer para así evitar errores de conexión cuando se cablea la cámara. Este cable cuenta con 12 hilos que tienen un código de color y una función específica para cada uno.



Figura 15. Pines del cable de poder y entradas/salidas

Fuente: Autonics VG series manual

Tabla 3. Pines Cable de poder y entradas/salidas

Pin	Color	Señal	Función
1	Café	24VDC	Suministro 24vdc
2	Azul	GND	Puesta a tierra
3	Blanco	TRIG	Disparo de cámara
4	Verde	IN0	Cambio de grupo
5	Rosa	IN1	Cambio de grupo
6	Amarillo	IN2	Cambio de grupo
7	Gris	IN3	Cambio de grupo
8	Gris/Rosa	COMMON	Punto común
9	Negro	OUT0	Salida 1
10	Rojo	OUT1	Salida 2
11	Morado	OUT2	Salida 3
12	Rojo/Azul	OUT3	Salida 4

Fuente: Autonics VG series manual

Este sistema de visión se programa mediante una conexión Ethernet con entre la cámara y una computadora utilizando el software VisionMaster. Una vez realizada la conexión, se debe configurar los ajustes de red en la computadora, para logra que se dé una comunicación correcta entre ambos dispositivos. Esta configuración se muestra en figura 16.

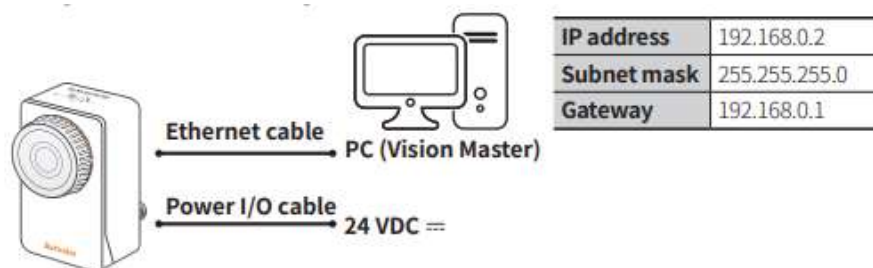


Figura 16. Ajustes de red para cámara y computadora

Fuente: Autonics VG series manual

Una vez realizado estos ajustes, la cámara y la computadora estarán sincronizados, por lo que el software permitirá simular y entrenar la cámara, para crear así los puntos de referencia para la comparación entre qué se considera aceptable y qué unidades deben desecharse.

2.8 Defectos comunes en procesos de hojalata

El presente proyecto está planteado para ser desarrollado en la empresa Envases Comeca S.A., la cual se centra en manufactura de envases de hojalata. La hojalata es un producto constituido por una mezcla de láminas de acero, y un revestimiento en ambas caras de una película de estaño. Este material es muy utilizado en las industrias alimenticias para proteger y aumentar la vida útil de productos envasados por lo cual se utiliza para diversos tipos de envases en estas industrias. (MundoLatas, 2021)

Las empresas que se dedican a este tipo de actividades utilizan como materia prima láminas de hojalata que posteriormente son procesadas en diversa formas y tamaños para el diverso catálogo de productos que la empresa maneja. Al manipularse la lámina pueden resultar fallos en el proceso, que hacen que se den pérdidas en el proceso de producción. Es imperativo para los fabricantes de latas reconocer un defecto porque un producto defectuoso sin detectar puede dañar su reputación y dañar la salud de los consumidores. Aún más importante, las latas de poca calidad no son deseables de comprar por los envasadores. Los envasadores siempre desean buen aspecto, seguridad y productos de calidad, dejando fuera de opción las latas defectuosas. Retirar un artículo defectuoso puede salvar una vida y siempre puede ayudar a los fabricantes de latas a mejorar su proceso. Entre algunas de estas fallas se encuentran:

- Fallos en el barnizado de la hojalata: los envases producidos a partir de hojalata requieren una película de barniz para proteger tanto el producto que van a contener, como el envase. Los barnices y recubrimientos juegan un papel importante en la protección del envase metálico frente al producto y viceversa, ya que es necesario evitar el contacto directo del alimento con el material de envase, y además ejerce un efecto protector frente al ataque de los alimentos, por lo que se puede reducir el espesor de estaño en la hojalata, con el ahorro económico que esto supone. Existen diversos motivos por los cuales se pueden dar problemas al barnizar la hojalata, como por ejemplo residuos excesivos de aceite, defectos en la pasivación de la hojalata, acabados superficiales en las hojas, barnices en mal estado, aplicación del barniz en hojas muy frías. Tomando en consideración los puntos anteriormente mencionados, es de suma importancia mantener perfectamente limpia la superficie de la lámina para evitar posibles fallos en el proceso de barnizado. También estos pueden darse por la rugosidad y el grosor del recubrimiento de estaño. Asimismo, es de suma importancia que el factor humano puede jugar un rol importante en fallos en el barnizado, ya que se pueden dar malos cálculos en el peso

exacto que debe tener la película, así como, mala aplicación a la lámina de parte de los encargados de este tipo tareas en la fábrica. Los fallos de barniz pueden ser manifestados en las láminas cuando se dan roturas o levantamientos de este en los procesos de deformación de mecánica de la hojalata, levantamientos y separaciones del barniz en procesos de calentamiento y corrosiones de los metales base. (MundoLatas, 2021)



Figura 17. Defecto En La Película De Barniz

Fuente: Government of Canada

- Fracturas, agujeros y ausencias en el sellado: son daños en la integridad de los materiales y el cuerpo de la hojalata. Normalmente son fáciles de localizar al revisar donde se sella la lata. Si hay un agujero, una fractura, ausencia de sellado o cualquier cosa que pueda provocar fugas del contenido, entonces el defecto es crítico. La ruptura del sellado de la lata es el tipo de defecto más conocido y peligroso. La mayoría de estos defectos son provocados por errores en el proceso de sellado como costuras dobles y afiladas, costuras laterales mal cerradas, flancos doblados y otros. Las hojas dobles son a menudo la causa de los problemas de sellado en las aberturas de las latas. Las hojas mal colocadas en la alimentación de las máquinas también contribuyen a los problemas de sellado. La forma de prevenir estos problemas es la adecuada detección de las hojas que se colocan en la fase de construcción del cuerpo de la lata y las fases de su soldadura. La detección de hojas desalineadas, desplazadas o hojas con agujeros permiten un proceso de sellado y envasado exento de problemas. (Muñoz, 2022)



Figura 18. Daño en sello de envase hojalata

Fuente: Inmosen, 2022

- Deformación, corrosión y abolladuras en la lata: Son daños en el cuerpo del envase de hojalata. La diferencia entre estos defectos y los anteriormente mencionados es que hay fracturas en partes que están alejadas de las costuras de las latas. Ejemplos de estos defectos son la corrosión, manchas en las latas y abolladuras en el cuerpo. La deformación del cuerpo de la lata y las abolladuras son provocados a menudo por procesos de manufactura defectuosos, un apilado o transportes incorrectos. Los ajustes de las máquinas, o las materias primas defectuosas pueden resultar en problemas de este tipo, además, las latas deben ser colocadas y apiladas con cuidado para evitar que esto ocurra. Por otra parte, la corrosión se debe a un barnizado incorrecto o ausencia de éste en las hojas de metal. A parte del alineamiento de las hojas, transferencia y sincronización de las hojas, la detección de áreas de las hojas sin barniz prevendrá la aparición de corrosión. (Muñoz, 2022)

2.9 Herramientas para análisis financiero

El análisis financiero consiste en una serie de técnicas y procedimientos (como estudios de ratios financieros, indicadores y otros), que permiten analizar la información contable de la empresa para obtener una visión objetiva acerca de su situación actual y cómo se espera que esta evolucione en el futuro. El objetivo del análisis financiero es obtener un diagnóstico que permita que los agentes económicos interesados o relacionados con la organización, tomen las decisiones más acertadas. (Roldán, 2017)

Para el presente proyecto se necesita probar la rentabilidad de la propuesta a realizar, por lo que es de suma importancia manejar ciertos conceptos que serán necesarios para realizar los cálculos correspondientes a esta parte de la investigación. Cuando se enfrenta el reto de realizar nuevas inversiones, necesitamos conocer de antemano las posibilidades de éxito, la rentabilidad, los beneficios que traerá y la viabilidad del proyecto que se pretende iniciar. Para ello se cuenta con los indicadores financieros. El VAN y TIR, (Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno) respectivamente, son dos indicadores financieros que permiten analizar, de una forma segura, el posible proyecto de inversión y ayudará a disipar con información precisa, esas dudas frecuentes.

El VAN y el TIR son dos conceptos que, aunque muy similares entre sí, mantienen diferencias que los identifican y a la vez los complementan para cumplir su función. Esta función consiste en determinar el beneficio y la rentabilidad que todo nuevo proyecto nos reportará, una vez hecha la inversión. Con el análisis de parámetros como flujo de caja y términos de tiempo, estos dos indicadores darán una importante visión de las posibilidades de éxito del nuevo proyecto. (Ramírez, 2022)

El VAN es el acrónimo del Valor Actual Neto, también conocido como Valor Presente Neto (VPN). Es uno de los indicadores financieros para valorar y determinar la viabilidad y la rentabilidad de un proyecto de inversión, más conocidos y utilizados. Se determina mediante la actualización de los gastos e ingresos futuros del proyecto, menos la inversión inicial. Si el resultado de esta operación es positivo, es decir, si refleja ganancia se puede decir que el proyecto es viable.

De esta manera la empresa está en posición de evaluar desde el inicio y con proyección a futuro la viabilidad de su proyecto y los resultados de su inversión. El VAN permite conocer la posible rentabilidad a través de una fórmula matemática. En esta fórmula se utilizan los valores de los flujos de caja (ingresos y egresos de efectivo) actualizados a la fecha presente, descontándolos

a una tasa de interés determinada. Y con sus resultados expresados en términos de unidades de valor monetario. El valor actual neto se calcula según la siguiente fórmula:

$$VAN_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} + \frac{VR_n}{(1+i)^n}$$

Figura 19. Fórmula De Cálculo Del Valor Actual Neto

Fuente: Ionos, 2019

El valor actual neto (VAN) de una inversión en un momento dado $t = 0$ (hoy), es igual a la suma del flujo de caja descontado (F) de $t = 1$ a $t = n$, más el valor residual descontado de la inversión (VR) en un momento dado n menos la suma de la inversión (I) al comienzo del periodo de inversión ($t = 0$). En la fórmula dada en la figura 19, es importante conocer que el valor F_t , está dado por la ecuación: (Ionos, Sin autor, 2019)

$$F_t = I_t - P_t$$

Figura 20. Fórmula de flujo de caja

Fuente: Ionos, 2019

Las variables dadas en las figuras 19 y 20, tienen como significado los siguientes valores:

Tabla 4. Valores de fórmula de valor actual neto

I_0	Inversión en el momento inicial ($t = 0$)
n	Duración en años
t	Intervalo de tiempo
F_t	Flujo de caja
I_t	Ingresos en un momento dado t
P_t	Pagos en un momento dado t
i	Cálculo del tipo de descuento en %
VR_n	Valor residual
VAN_0	Valor actual neto

Fuente: Ionos

Para el cálculo del VAN, primero se debe calcular el importe de la inversión inicial sumando todos los pagos iniciales en el punto de partida $t = 0$. La suma de la inversión tiene en cuenta todos los costes relevantes para el pago, incluyendo aquellos relacionados con la inversión y que existen en el momento actual, como, por ejemplo, costos de compra de las máquinas, instalaciones, vehículos o equipamiento del negocio, costos derivados de la contratación o formación de trabajadores y costos por servicios. Al ser un pago, el importe total de la inversión consta como importe negativo en el cálculo del valor actual neto.

También se debe contemplar el plazo de inversión (n) en intervalos de tiempo (t), para los que hay que calcular y descontar los distintos flujos de caja. Por lo tanto, el valor actual neto considera tanto las fluctuaciones en los pagos e ingresos derivados de la inversión como las oscilaciones del mercado de capitales que repercuten en los tipos de descuento y se aplican al descuento del flujo de caja. Calcula primero el plazo de la inversión planeada. Se trata del periodo de tiempo durante el cual se generan los pagos e ingresos. Por lo general, el plazo de una inversión se calcula en años. Por lo tanto, para el rendimiento se toman en cuenta intervalos de tiempo de un año cada uno.

La base del cálculo del VAN es el descuento de todos los pagos e ingresos derivados de la correspondiente inversión. Para el cálculo hay que determinar primero el excedente de ingresos para cada intervalo de tiempo (también llamado flujo de caja), que se obtiene de la diferencia entre pagos e ingresos, como se observa en la figura 20.

En proyectos que ocupen una inversión, requiere una tasa de interés que se denominará el descuento. Los tipos de descuento aplicables se deducen teniendo en cuenta el principio de coste de oportunidad del tipo de descuento de la mejor alternativa de inversión. También hay que tener en cuenta la inflación. A diferencia del método estático, el cálculo de inversión tiene en cuenta el método del valor actual neto, la evolución de la estructura de los intereses y los intereses acumulados. En cada intervalo de tiempo, según sea necesario, se pueden aplicar los tipos de descuento.

El valor residual de una inversión se refiere a los beneficios de liquidación al final del periodo de inversión. Este se origina, por ejemplo, de la venta de máquinas y vehículos. Si durante el transcurso del plazo de inversión se producen costes (por ejemplo, costes de eliminación), estaríamos hablando de una plusvalía de liquidación negativa. El valor residual se descuenta también del cálculo del valor actual neto. El valor residual solamente se calcula en caso necesario,

ya que no todas las inversiones están relacionadas con una plusvalía de liquidación. Por ejemplo, la formación de trabajadores representa una inversión en sus cualificaciones por la cual no se obtiene ningún valor residual. (Ionos, Sin Autor)

La interpretación del VAN se da de la siguiente manera, Si la suma de todos los valores actuales (también llamado “valor capitalizado” (VC0) es más elevada que el importe invertido se obtendrá, como en el ejemplo previo, un valor actual neto positivo.

Un valor actual neto positivo ($VAN_0 > 0$) indica que la inversión planificada genera más beneficios que un depósito bancario al tipo de descuento escogido. Una inversión de este tipo es rentable. En cambio, si se obtiene un valor actual neto negativo ($VAN_0 < 0$), la inversión probablemente implicaría pérdidas y no sería un negocio rentable. Si El valor es igual a 0, no genera ninguna ventaja a la empresa.

Al calcular el valor actual neto utilizando el método previamente descrito, se consideran los distintos plazos de inversión de manera independiente. Por lo tanto, el valor actual neto se cuenta entre los métodos dinámicos del cálculo de inversiones. En comparación a los métodos estáticos, la ventaja de los dinámicos es que reflejan circunstancias más complejas, por ejemplo, los distintos flujos de caja de los intervalos de tiempo o un cambio en el tipo de descuento.

El valor actual neto goza de gran popularidad por ser un método comparativamente más sencillo. Su índice es unívoco y no deja lugar a interpretaciones. Sin embargo, los críticos de este método ponen en duda la fuerza expresiva del VAN. (Ionos, 2019)

El TIR o Tasa Interna de Retorno es uno de los métodos de evaluación de proyectos de inversión más recomendables. Se utiliza frecuentemente para analizar la viabilidad de un proyecto y determinar la tasa de beneficio o rentabilidad que se puede obtener de dicha inversión. Estrechamente ligado al VAN, el TIR también es definido como el valor de la tasa de descuento que iguala el VAN a cero, para un determinado proyecto de inversión.

Su resultado viene expresado en valor porcentual. Es sumamente confiable cuando la empresa quiere determinar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto de inversión. El TIR utiliza el flujo de caja neto proyectado y el monto de la inversión del proyecto. Aunque, esa confiabilidad se ve disminuida si se compara la rentabilidad de dos proyectos diferentes, debido a que no toma en cuenta la variación entre las dimensiones de ambos. En conclusión, TIR es el porcentaje de beneficio o pérdida que se puede obtener de una inversión. (Ramírez, 2022)

La fórmula para el cálculo del TIR es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Figura 21. Tasa Interna de Retorno

Fuente: Economipedia, 2017

Con base en la fórmula de la figura 21, el TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero. El criterio de selección será el siguiente: donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN: Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado.

En este caso, la tasa de rendimiento interno obtenido es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión. Si $TIR = k$ estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables. Si $TIR < k$ el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que se pide a la inversión.

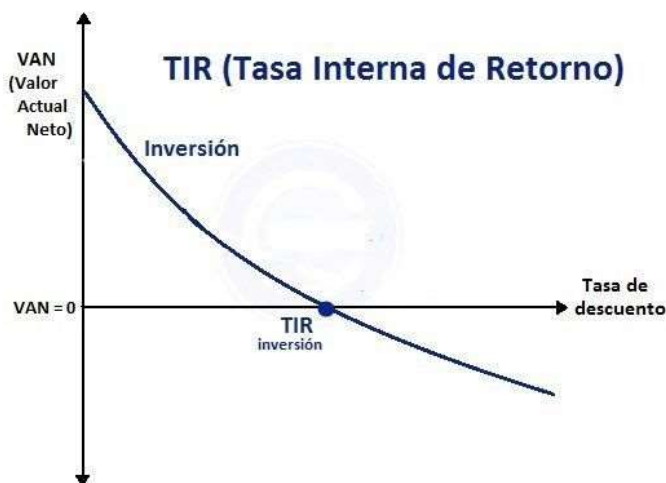


Figura 22. Grafica TIR

Fuente: Economipedia

Como se mencionó anteriormente, la Tasa Interna de Retorno es el punto en el cual el VAN es cero. Por lo que si dibujamos en un gráfico el VAN de una inversión en el eje de ordenadas y una tasa de descuento (rentabilidad) en el eje de abscisas cómo se observa en la figura 16, la inversión será una curva descendente. El TIR será el punto donde esa inversión cruce el eje de abscisas, que es el lugar donde el VAN es igual a cero. (Arias, 2014)

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación y tipo de investigación

Para el presente proyecto, debido al tipo de tareas y objetivos que se quieren cumplir, la investigación se realizará mediante un enfoque cuantitativo. Este proyecto busca probar, mediante medios cuantificables, tanto si el sistema que se planea desarrollar para la línea de producción es funcional o no junto con todos sus subsistemas, así como si el proyecto es rentable para realizarse en campo, para lo cual se tiene una guía teórica y un punto de partida donde logra comparar los resultados a obtener. Se realizarán mediciones que permitan probar los puntos anteriormente mencionados.

En el caso del tipo de diseño de investigación, se desarrollará con una de tipo cuantitativa no experimental de manera no transversal. Esta selección se da con base en que lo planteado por los objetivos y la manera de ejecución, no permite la manipulación de las variables ya que, al realizarse el diseño del sistema de control, aun no se cuenta con una instalación en campo para manipulación libre de variables, sino más bien, se analizarán incidencias en el sistema e interrelaciones en un momento dado, así como el cálculo de la rentabilidad del proyecto en un lapso establecido.

3.2 Tipo de muestra y fuentes de información.

Según las necesidades que se tienen y el ambiente donde se plantea el diseño del proyecto, se recabarán datos de parte de la empresa Envases Comeca S.A. y sus empleados, encargados y diversos archivos de datos que puedan ser suministrados a la discreción de la empresa, así como los diversos medios de información y datos que los fabricantes de los equipos seleccionados puedan suministrar. Estos son de suma importancia puesto que, al ser documentos oficiales tanto de la empresa como de los fabricantes, permiten una visión oficial para la ejecución del proyecto.

Para el caso de la empresa de la empresa Envases Comeca S.A. se buscarán los datos de la línea de producción, el número e información de las personas encargadas de la operación del sistema, unidades defectuosas y tiempos de respuesta.

En el caso de los sistemas por seleccionar, los datos a tener en consideración son las capacidades de los sistemas, para así saber si son capaces de funcionar a las especificaciones que la línea de producción requiere, y la capacidad de control de dispositivos con la que se cuenta.

En el caso del tipo de muestra que se utilizará, se plantea usar una muestra de tipo cuantitativo no probabilístico, ya que para el enfoque de este proyecto es necesario tomar casos concretos con el objetivo de delimitar la población para lograr la generalización de los resultados y establecer los parámetros a utilizar para realizar las comparaciones necesarias y obtener los resultados de mejor manera.

También se utilizarán datos provenientes de bancos, como las tasas de interés para realizar los análisis financieros y probar si el proyecto cuenta con rentabilidad o no, de esta forma tomar decisiones con respecto a si es o no posible su ejecución en campo, y qué cambios podrían realizarse para mejorar su rentabilidad.

Es importante también dejar en claro, que los datos que se buscan en esta investigación se delimitarán para la línea de producción en cuestión, para la modificación mediante el sistema de visión y de los elementos seleccionados. Esto porque son los puntos pertinentes de interés para la ejecución del proyecto y sin salirse de los alcances establecidos.

En el caso de los bancos se buscará el que provea la mejor tasa de interés, con la finalidad de tener la mejor rentabilidad en el proyecto, y no se buscará otro tipo de entidades de carácter financiero, ya que los bancos son los que proveen mayor fiabilidad, y al ser capital de una empresa se busca la mayor seguridad.

3.3 Unidades de análisis

Para el caso de las unidades de análisis, al haberse definido un enfoque cuantitativo para la ejecución del proyecto, se establecieron como unidades de análisis diversas variables de vital información. Para esto se desarrolló, para un mejor entendimiento y acomodo, una tabla que permite visualizar las diversas variables que constituyen las unidades de análisis para el presente proyecto. En la siguiente tabla se puede observar las diversas unidades de análisis del proyecto:

Tabla 5. *Matriz de Conceptualización, Investigación de enfoque cuantitativo*

Objetivos para la Investigación Con Enfoque Cuantitativo						
Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental	
Estándar de calidad de unidades producidas.	Defectos de las unidades.	Unidades sin errores en producción	Envases y láminas de hojalata, sin errores de fondos reventados.	Creación de sistema automatizado para la comparación de imágenes en tiempo real mediante sistemas de visión artificial entre el estándar y las unidades producidas	Unidades producidas correctamente como estándar, sistema de automatización industrial mediante PLC, sistema de visión artificial.	
Programa de automatización industrial funcional	Funcionalidad del programa para las necesidades del sistema	Número de errores del programa.	El programa de PLC controla satisfactoriamente las necesidades del sistema y se conecta con los demás sistemas satisfactoriamente	Creación del programa de PLC mediante las herramientas dadas por el fabricante del controlador para así crear diversos métodos de control y alertas en el sistema	Programador lógico controlable, lógica de programación en escalera, software de simulación.	

Visualización de datos mediante interfaz.	Capacidad de visualizar datos mediante interfaz.	Se muestran datos reales de producción en la interfaz.	La interfaz para diseñar es capaz de mostrar datos captados en tiempo real por el PLC y mostrar alertas a los encargados del proceso.	Diseño de interfaz amigable para el usuario interconectado con el sistema de control automatizado para visualización y conteo de fallas.	Interfaz Humano Máquina, protocolos de comunicación, sistema de automatización, programación de PLC, Método de visualización.
Mejora de tiempo de respuesta ante fallas	Tiempo de respuesta ante fallas	Respuesta más rápida y eficiente al encontrar fallas automáticamente	Sistema de control permite encontrar de manera más rápida y con menores errores unidades defectuosas.	El sistema mediante sistema de visión y automatización reduce los tiempos requeridos para encontrar y desechar unidades defectuosas	Sistema de Visión artificial, Sistema de automatización, tiempos de respuesta.
Reducción de Factor Humano	Menor intervención en tareas por parte de operarios	Cantidad de tareas automatizadas en el proceso	El sistema automatizado reemplaza tareas que requieren mejor desempeño a operarios de producción	La detección de fallas en fondos reventados pasa a ser automatizado y no depende de la pericia del operador para su detección.	Sistema de automatización, interfaz humano máquina, sistema de visión artificial

Análisis financiero	Ganancia de inversión contra reducción de gastos	Números positivos en ganancias y VAN	Cálculo de VAN y TIR, para asegurar la inversión, además de comparación con el ahorro de gastos del proceso	Realizar cálculos económicos de VAN, TIR, y gastos operativos del proceso de manufactura y pérdidas en el mismo	Datos de costos de inversión a realizar, costos de producción y pérdidas.
---------------------	--	--------------------------------------	---	---	---

Fuente: Propia

3.4 Instrumentos para recolección de datos

Para la recolección de datos, medio de la cual se desarrollará el proyecto, los instrumentos de más eficacia para recolectar datos pertinentes para la investigación son los que se dan por medio de entrevistas y consultas directas a los encargados de los diferentes puntos de interés del proyecto, como los encargados de la línea de producción, los fabricantes de los equipos y los bancos a los cuales se consultarán las tasas de interés.

Otro punto de consideración para la obtención de datos es el análisis de contenidos que la empresa pueda proveer y que los fabricantes tengan de fácil acceso para los clientes. Estos instrumentos son de gran utilidad para esta investigación, ya que dan un grado alto de confiabilidad al dar resultados consistentes y coherentes, además de proveer una gran validez y objetividad que permite tener un alto grado de confianza y que no sea susceptible a sesgos o tendencias.

Por último, la observación del proceso de la línea de producción en funcionamiento y sus diversas particularidades, especialmente en casos de fallo, será de gran uso para recolectar datos pertinentes al funcionamiento como tal y tomar decisiones en torno al diseño que se puede realizar para lograr los objetivos del proyecto, así como detectar posibles limitaciones o problemas que hay que afrontar.

Además, se cuenta con varios software de diseño para realizar las diversas etapas del proyecto, como el atLogic para la parte de control, atDesigner para la parte grafica de la interfaz humano máquina, o VisionMaster para realizar la integración del sistema de visión. Estas permitirán realizar dichas etapas y corroborar su funcionamiento, además de probar que la integración entre los sistemas es posible y funcional.

3.5 Proceso para el análisis de datos

Se realizarán consultas con los distintos encargados en la fábrica para la obtención de datos, así como la consulta de precios y cotizaciones. Se debe estar consciente que es posible el uso de datos aproximados, ya que tanto empleados como la empresa pueden no estar dispuestos a difundir datos importantes, como salarios, consumos o números de producción.

En el caso de esta investigación se realizará una investigación financiera por medio del cálculo del Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno, utilizando los datos obtenidos y utilizando sus respectivas fórmulas y procesos de cálculo, lo cual, al obtener dichos resultados, permitirá analizar la rentabilidad del proyecto, y si resulta beneficioso para la compañía realizar su instalación.

En el caso del diseño por medio de los diversos software utilizados para el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto, se obtendrán datos sobre la funcionalidad de estas, lo cual dará lugar a conclusiones que se puedan tomar en torno al sistema, y posibles mejoras que se le puedan realizar a futuro.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL DISEÑO

4.1 Planteo de diseño

Como se ha mencionado en apartados anteriores, el presente proyecto busca crear un sistema para mejora de la producción y detección de fallas en los productos. Para esto, y para poder realizar una investigación financiera sobre su viabilidad, se debe tener claro las etapas que se quieren tener en el sistema y la función clara de cada una de las mismas.

Para este proyecto, se plantea como punto de partida un sistema de control aparte del sistema de control que la línea de producción tiene, para así evitar la modificación del programa que la empresa fabricante de las máquinas envía de fábrica, y no tener que realizar paros innecesarios de la producción. Este sistema por desarrollar necesita diversas entradas y salidas para así controlar de manera fácil y eficiente las necesidades que se tendrán en el sistema.

Con base en lo que se conoce del estado de la línea de producción, su espacio y las necesidades que se tiene para lograr la ejecución de manera correcta, se plantea utilizar un panel lógico, el cual cuenta integrado un programador lógico controlable, un sistema de interfaz humano máquina y un módulo de entradas/salidas, lo cual permite un ahorro en costo, cableados y espacio, además, que simplifica de gran manera la interfaz entre los sistemas.

Si se utilizaran los tres sistemas por separado requeriría cableados extras entre los sistemas, además de necesitar un establecimiento de comunicaciones entre el equipo de control y el equipo de interfaz humano máquina. Este sistema por crear debe de tener la posibilidad de ser integrado en una red con el sistema de control de la línea de producción como tal, para que, en caso de que fuera necesario a futuro integrar ambos sistemas, se haga de manera rápida y fácil.

Este panel lógico deberá ser conectado con un equipo de control de visión, el cual será el que permita captar las imágenes de los envases y así realizar comparaciones con imágenes que entrenarán el sistema de visión para obtener los resultados de envases correctos, o los que serán desechados por tener fallas y así evitar que avancen más en la producción. Además, será necesario un activador que sirva como estímulo para que la cámara capte las imágenes, la cual será realizada por un sensor de paso, que al sentir el paso de un envase enviará una señal al controlador que activará el sensor de visión. En la siguiente figura, se describe de manera gráfica el sistema que se plantea para la resolución de este diseño.

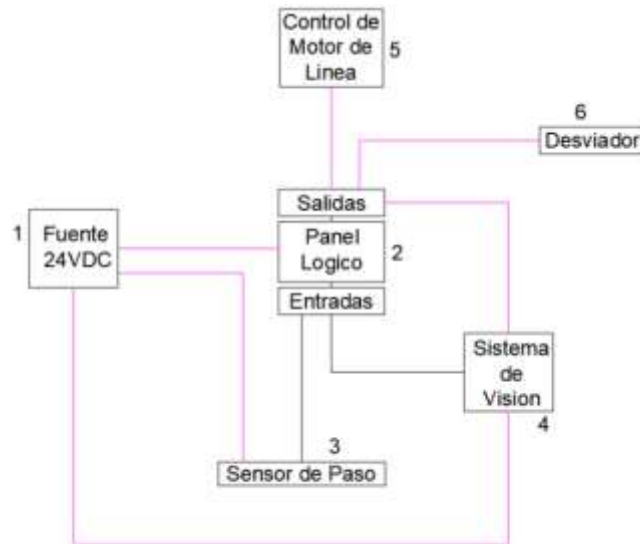


Figura 23. Diagrama de diseño de sistema

Fuente: Propia, 2022

Según la figura 23, el sistema planteado, cuenta con los siguientes sistemas:

1. Fuente 24VDC: fuente de poder de 24 volts de corriente directa para suministrar energía a los diversos equipos y elementos del sistema. Se debe tener en consideración la corriente total del sistema para su selección, por lo que se debe saber este punto antes de tomar decisiones.
2. Panel lógico: sistema de control y monitoreo del sistema que permitirá tomar decisiones y acciones con respecto a las situaciones que sucedan en el proceso. Contará con un módulo de entradas y salidas y, además, una HMI incorporada en el sistema, que permitirá la visualización de alarmas, así como manipular variables del sistema sin necesidad de accionadores físicos.
3. Sensor de paso: sensor de funcionamiento fotoeléctrico, el cual, al detectar una interrupción en su haz de luz, envía una señal de activación. Este cumplirá la función de enviar la señal para que el sistema de visión active su disparador y capture las imágenes necesarias.
4. Sistema de visión: sistema integrado capaz de captar imágenes en tiempo real. Las imágenes obtenidas por este equipo son comparadas contra parámetros establecidos en el sistema por medio de entrenamiento del sistema. Estas envían señales de aprobado o rechazado al panel lógico con el fin de que se tomen acciones respecto al resultado.
5. Control de motor de línea: interfaz entre el sistema desarrollado y el controlador de movimiento de la línea de producción con el fin de que, si hay errores en la producción, se detenga y se elimine la unidad defectuosa. También debe tener la funcionalidad de reactivar el funcionamiento cuando la unidad es retirada, o de forma manual.

6. Desviador: actuador para un posible desviador en el canal de movimiento en la línea de producción, el cual no existe actualmente en el sistema. Se plantea pensando a futuro posibles modificaciones que agilicen el proceso.

Con este prediseño claro, es importante tener en consideración que se requieren periféricos, cables u otros equipos que no se muestran en la figura 23, o que se puedan tener que añadir sistemas o equipos según se requieran para el funcionamiento del sistema. Además, que se deben tomar en cuenta posibles futuras modificaciones al diseño, por lo que, al realizar selecciones de equipos, es de suma importancia que tengan la capacidad de poder recibir modificaciones y que no se tenga que incurrir en gastos nuevamente al no dar abasto, siempre también tomando en cuenta el valor de los equipos y no incurrir en sobregastos al seleccionar equipos sobredimensionados.

El diseño contará con diversas entradas y salidas que deberán ser tanto monitoreadas, como controladas por medio del panel lógico, y que de estas dependerá el funcionamiento del sistema, ya que estas serán las variables de control que se tendrán.

Para un sistema como el que se tiene que desarrollar, si bien es cierto que algunos de las entradas o salidas pueden ser simuladas dentro del panel lógico sin necesidad de utilizar medios físicos para realizar sus accionamientos, se debe planear acorde a como si fuese necesario un activador físico de los mismos, ya que, en casos de fallos en la unidad de interfaz humano-máquina, se puedan realizar activaciones de manera manual para encontrar fallos o bien, poner el sistema a funcionar de manera provisional. Este sistema contará con las siguientes entradas y salidas:

Tabla 6. Entradas del sistema

Número De Entrada		Descripción
X0		Sensor de paso
X1		Sistema de visión - Inspección
X2		Sistema de visión - Resultado
X3		Sistema de visión - Alarma
X4		Sistema de visión – Indicador cambio de grupo
X5		Botón Puesta en marcha de línea
X6		Sistema de visión – receta 1

X7		Botón reset conteo de unidades buenas
X8		Sistema de visión – receta 2
X9		Sistema de visión – receta 3
XB		Paro del sistema

Fuente: Propia

Tabla 7. Salidas del sistema

Número de salida		Descripción
Y0		Activador de sensor de visión
Y1		Alarma de fallo
Y2		Activador de control de Motor de línea
Y3		Cambio de grupo activador 0
Y4		Cambio de grupo activador 1
Y5		Indicador de producto aceptado
Y6		Activador desviador
Y7		Indicador de cambio de grupo
Y8		Cambio de grupo activador 2
Y9		Cambio de grupo activador 3

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta las entradas y salidas enumeradas en las tablas 6 y 7, el funcionamiento del sistema que se buscará desarrollar, el bucle de funcionamiento empezará cuando el sensor de paso detecte un envase, este enviará una señal controladora que activará el sensor de visión, el cual capturará una imagen y la comparará con lo que tiene el sistema de visión en su memoria. Si este consigue una señal satisfactoria proseguirá con el funcionamiento normal y activará un indicador de comparación exitosa.

En el caso de que algunas de las señales de visión o de inspección no se activen, o que se active la señal de alarma, el sistema activará un indicador de alarma y detendrá la línea para eliminar la unidad defectuosa. El sistema también contará con la capacidad de realizar cambios de receta y visualización de la producción por medio del interfaz humano-máquina.

4.2 Selección De Dispositivos

Al observar los puntos anteriormente mencionados, se realiza una selección de dispositivos con características acordes a las necesidades del sistema, además de diversos periféricos necesarios para la correcta instalación y funcionamiento del sistema, asimismo, tomar en cuenta futuras expansiones del sistema y modificaciones.

Al revisar la documentación de varias fuentes y la consulta con el personal encargado de la planta de producción, quienes han estado implicados en proyectos de similar ejecución, se obtuvo una perspectiva de cómo se podría realizar un posible montaje del sistema en piso, además de recibir sugerencias de equipos a utilizar para un sistema como el que se plantea desarrollar. Se realizó una búsqueda de información de precios para la selección de dispositivos acordes al sistema a desarrollar. Tomando en consideración la información brindada por el personal encargado de este tipo de proyectos en la empresa y siguiendo los lineamientos de diseño establecido se encontraron diversos sistemas que pueden resultar funcionales.

Los precios de los sistemas se encontraron por medios oficiales de las marcas, lo cual requeriría un importe de los elementos más importantes para el diseño desde mercados foráneos si se deseara utilizarlo. Por este motivo se realizó cotizaciones con diversas empresas, encontrando que la más apta y que abarca la mayoría de los componentes del sistema requerido, la brinda la empresa MAZCR, que ya ha tenido relación con la empresa Envases Comeca, y los sistemas que utilizan ya existe familiaridad con los encargados de la planta.

Esta empresa brindó una cotización donde el sistema de visión, y todos sus periféricos necesarios, así como su fuente de poder y sensores fotoeléctricos para la detección de los envases. La cotización para el sistema de visión se observa en la siguiente figura:

Línea	Código	Código Calys	Descripción	Cantidad	Precio Unit.	Total
1	99-99-100	0	SISTEMA DE SENSADO POR MEDIO DE UN SENSOR DE VISIÓN DE LA SERIE VS, EL CUAL REALIZARA INSPECCIONES A LINA LATA PARA VERIFICAR EL BUEN SELLADO DEL FONDO DE LATA. INCLUYE: -PROTECCIÓN PRINCIPAL Y PROTECCIÓN DEL SENSOR. -RELE DE INTERFAZ. -CABLEADO Y GABINETE. -SENSOR DE VISIÓN JUNTO CON EL CABLE I/O Y COMUNICACIÓN. -SENSOR TIPO BARRERA SERIE BI. -CAPACITACIÓN Y ASESORAMIENTO EN PRUEBAS. -DIAGRAMA DEL CABLEADO. NO INCLUYE: -PUESTA EN MARCHA NI NINGÚN CABLEADO EXTERNO.	1.00	4,905.00	4,905.00
					Subtotal	\$ 4,905.00
					Descuento	\$ 0.00
					Total	\$ 4,905.00
					Impuesto	\$ 837.65
					Otros cargos	\$ 0.00
					Total Neto	\$ 5,542.65

Figura 24. Cotización MAZCR Sistema de Visión

Fuente: MAZCR

Para la etapa de control y HMI, la empresa MAZCR, cuenta con un paquete de panel lógico, fuente de poder y otros periféricos, que brinda lo necesario para dar marcha a la etapa de control y monitoreo de una manera fácil, al permitir la conexión de ambos sistemas de la misma marca. Este paquete se observa en la figura 25.



Figura 25. Paquete MAZCR Panel Lógico

Fuente: MAZCR

También es importante mencionar que se están utilizando, en su mayoría, elementos de la marca Autonics, con el fin de mantener una hegemonía en el sistema y tener un mayor soporte en caso de que se encuentren fallos en algún equipo del sistema, con el fin de reemplazar con mayor facilidad los elementos dañados y que no se tengan problemas con la interconexión de los elementos. Aun así, los elementos seleccionados poseen la capacidad de trabajar con elementos de otras marcas lo cual, en casos de no encontrarse un reemplazo exacto, el sistema pueda ponerse en marcha con la menor dificultad.

También se realiza la selección de los dispositivos de esta marca porque los técnicos eléctricos encargados de las rutinas de mantenimiento y reparaciones de los equipos están familiarizados con el funcionamiento, programación de los software e instalación de los productos de esta marca, ya que se han realizado proyectos anteriormente utilizando equipos de dicha marca, y los técnicos han recibido capacitaciones sobre el uso de los sistemas, lo cual da una seguridad para la futura estabilidad y mantenimiento del proyecto.

Para crear el sistema, se utilizará como panel lógico, un elemento de la marca Autonics modelo LP-A070-T9D6-C5T, el cual permitirá el control del sistema y tomar decisiones con base en el programa realizado en la investigación. Este elemento también tendrá la particularidad de tener incorporada una unida de interfaz humano máquina, que permite, mediante una pantalla de 7 pulgadas, visualizar datos, alarmas y controlar variables estipuladas en el programa del programador lógico controlable, de una forma sencilla y fácil de entender para los operadores de la línea de producción.

Este sistema al integrar la parte de control, con la de visualización permite efectuar de manera sencilla la conexión entre ambos sistemas, sin necesitar establecer una configuración complicada o realizar interconexiones cableadas entre diversos equipos para realizar el mismo propósito.



Figura 26. Autonics LP-A070-T9D6-C5T

Fuente: Autonics

Este sistema cuenta con 2 software de uso libre llamados atLogic y atDesigner. Para el desarrollo del sistema de control se utiliza un el software atLogic, el cual permite desarrollar mediante el lenguaje de escalera un programa de control que sirva con cualquier módulo de control de la marca Autonics. Estos cuentan con funciones comunes de cualquier programador lógico controlable como contadores, temporizadores, bits de memoria, que permite una fácil adaptación al entorno de trabajo del software si se han utilizado herramientas similares con anterioridad.

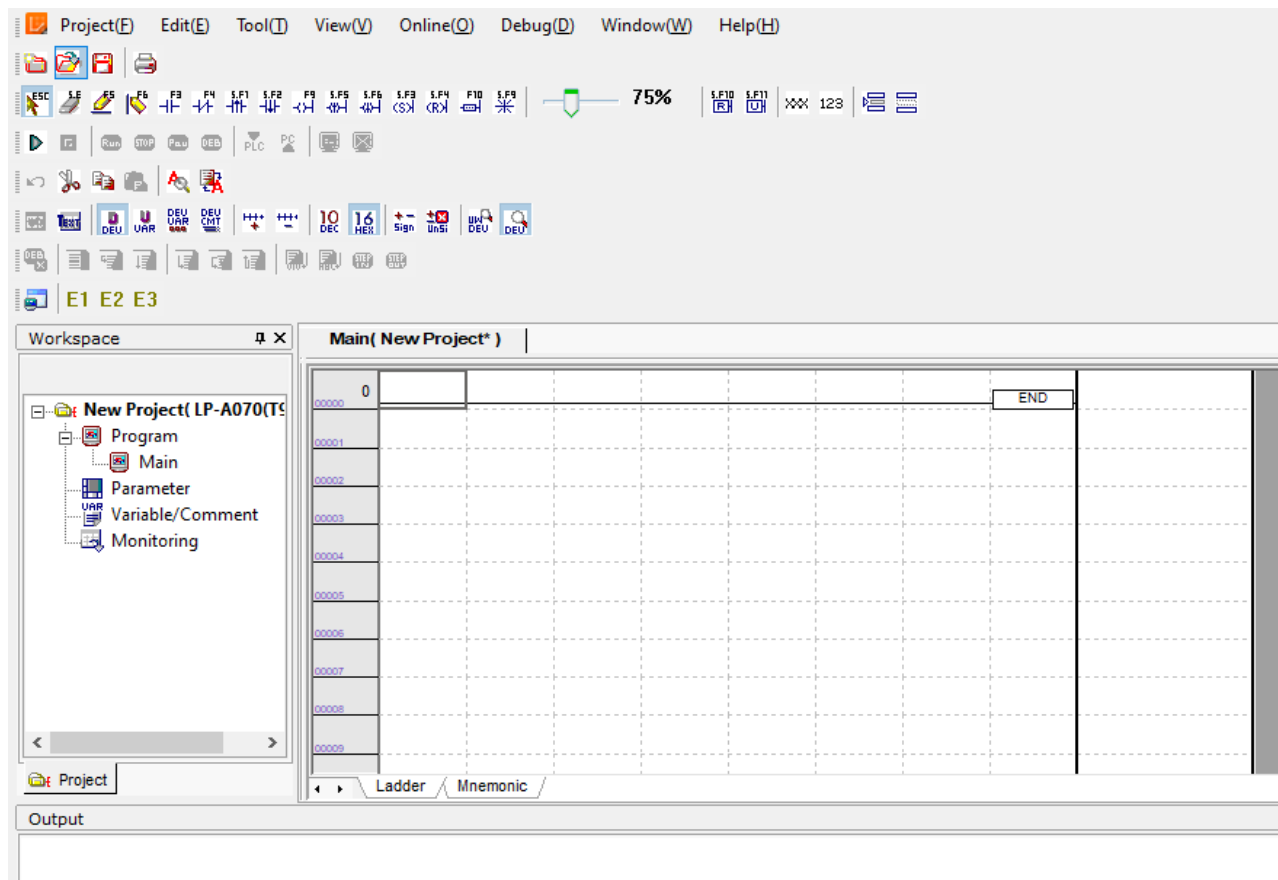


Figura 27. Entorno atLogic

Fuente: Autonics

En el caso del desarrollo de la interfaz visual del sistema HMI, se utiliza el software atDesigner, que posibilita el desarrollo de una interfaz gráfica que el panel lógico muestra a través de su pantalla y que permite realice control de variables y monitorear datos obtenidos por medio de los periféricos que dan señales de entrada a la parte del controlador del panel lógico; también permite establecer diversas alarmas para una mejor atención de fallas en el sistema.

Este software propicia la conexión entre la etapa de programación, control y visualización de una manera eficiente ya que al ser un mismo dispositivo el que cuenta con todas las funciones, favorece la manipulación de las variables establecidas en el controlador sin realizar conexiones con otros dispositivos o realizar configuraciones con otros dispositivos.

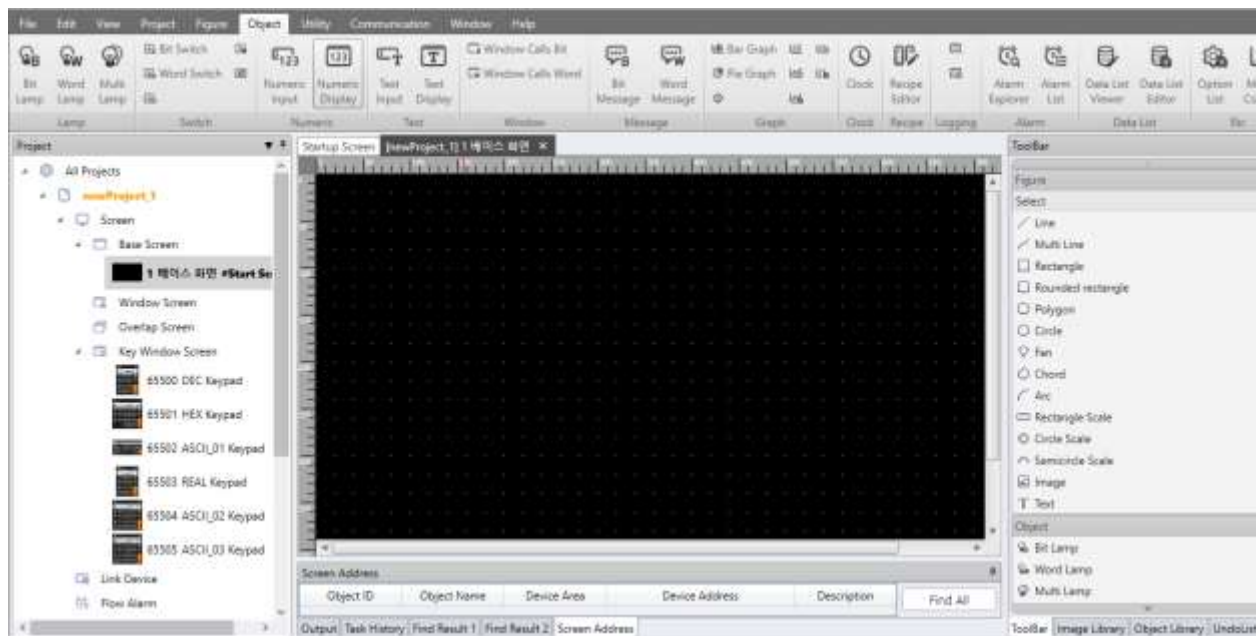


Figura 28. Entorno atDesigner

Fuente: Autonics

En el caso del sistema de visión, se plantea utilizar un sistema Autonics VG-C04W-16E, que posibilita obtener imágenes a color a 60 fotogramas por segundo, para realizar comparaciones en tiempo real de las unidades producidas que van pasando en determinado punto del sistema. Para la línea de producción actual se plantea realizar la instalación del sistema de visión después del proceso de doblado y formado, que es el que presenta problemas de fondo reventado y es la falla que se desea de eliminar del producto final. Este sistema también cuenta con la posibilidad de enviar los datos obtenidos a un servidor FTP (protocolo de transferencia de archivos), lo cual resulta útil para el archivo de datos y comparaciones y toma de decisiones.



Figura 29. Autonics VG-C04W-16E

Fuente: Autonics

Este equipo cuenta con una gran variedad de herramientas para la detección y comparación de resultados que, por medio de un software, VisionMaster y el “machine learning”, realiza una gran labor de manera para encontrar los fallos pertinentes a los fondos reventados de las latas de atún estableciendo parámetros para la correcta detección en los envases. Algunas de estas herramientas que pueden ser utilizadas son:

- Alineamiento: Alinear la posición y orientación del objetivo basado en el objetivo registrado en la memoria.
- Brillo: Inspecciona el brillo promedio del objetivo.
- Contraste: inspecciona el contraste promedio del objetivo.
- Área: inspecciona el área del objetivo.
- Comparación de forma: inspecciona la forma del objetivo.
- Borde: inspecciona la presencia de bordes.
- Distancia: inspecciona la distancia entre dos bordes.
- Ángulo: inspecciona el Ángulo entre dos bordes.
- Diámetro: inspecciona el diámetro de un círculo.
- Conteo de objetos: realiza un conteo de los objetos.
- Identificación de colores: inspecciona el color promedio del objeto.
- Área de color: inspecciona área de un color específico.
- Conteo do objeto de color: conteo de objetos de un color específico.

Este sistema de visión también necesita utilizar dos cables específicos para su funcionamiento correcto. Requiere de un cable de entradas/salidas y potencia, para poder enviar y recibir señales; se conecta directamente al sistema de visión por medio de un conector M12 de 12 pines y provee terminales en su otro extremo, acorde a estos pines que pueden ser utilizadas según su configuración, como lo mostrado en la tabla número 3. Para esta función se utilizará el cable recomendado por la marca fabricante del sensor de visión modelo CID-5-VG, que cuenta con las especificaciones indicadas y es de 5 metros de largo, por tanto, provee flexibilidad a la hora de una posible instalación.



Figura 30. Cable de poder y entradas/salidas CID-5-VG

Fuente: Autonics

También se requiere el uso de un cable de conexión ethernet para el proceso de programación y entrenamiento del sistema de visión, ya que este requiere ser conectado a una computadora para poder cargar los programas y enseñar a la máquina en tiempo real. Este cable ethernet requiere ser un cable M12 de 5 pines en un extremo, con un conector RJ45 en el otro. Con este fin, se utilizará el cable de la marca Autonics modelo CIR-2-VG. Este cable no solo es requerido para la primera ejecución del proyecto, sino que también es reutilizable para otros proyectos de perfil similar, o para realizar modificaciones en el programa a realizar.



Figura 31. Cable Ethernet CIR-2-VG

Fuente: Autonics

Además, si existe la posibilidad, por medio de este cable se puede establecer un protocolo de transferencia de archivos (FTP) en una red, con el fin de enviar datos obtenidos por medio de la cámara a un servidor, donde los datos puedan ser observados y utilizados.

Para lograr recabar datos de entrada y enviar la señal de disparo de la cámara para que capte la imagen de las unidades producidas que avanzan por el canal, se utilizará un sensor fotoeléctrico de la marca Autonics modelo BJX30M-TDT-C. Este sensor utiliza un funcionamiento de tipo barrera, en el cual el haz de luz emitido por el emisor tenderá a formar una barrera con su receptor, y al ser interrumpido enviará una señal de activación al controlador que activará el disparador de la cámara. Este tipo de funcionamiento es bastante útil ya que permite una activación básicamente instantánea y hace que el sistema no requiera mucha modificación para su instalación.

El sistema de la línea de producción cuenta con diversos sensores de este tipo ya instalados, que se podrían utilizar para esta función, pero para motivos de la investigación se tomarán como que no estuvieran instalados, contemplando que no puedan ser utilizados por motivos de espacio o por interferencia con otros sistemas.



Figura 32. Sensor BRQP400-DDTA

Fuente: Autonics

Para el funcionamiento correcto del sistema, y para asegurar que la etapa de control está aislada de la etapa de potencia, es necesario utilizar relés que permitan operar los periféricos que se desean controlar a partir del programa contenido en el panel lógico, sin necesidad de poner en riesgo la integridad de este al utilizar el panel lógico solo para controlar el relé, y este a su vez envía la señales a los periféricos.

En el caso que se plantea para este proyecto de controlar el apagado y encendido de la línea transportadora, esta parte cuenta ya con su propio control, por lo que no se realizará una conexión directa con el motor, sino que se realizará una conexión con ese sistema. Para esta etapa de relés se utilizarán los relés de la marca Relpol modelo RSR30 con su base PI6W-P. Esto relés permiten cargas de hasta 6 amperios, lo cual es más que suficiente para el sistema a desarrollar, asimismo, dar una gran holgura para posibles modificaciones a futuro y, además, la empresa cuenta con existencias en bodega de este tipo de relé, ya que algunos de otros sistemas los utilizan. Estos relés son de configuración de un polo y doble contacto como se expusieron en su apartado en el marco teórico.



Figura 33. Relé Relpol modelo RSR30 con su base PI6W-P

Fuente: Relpol

Se requiere el uso de una fuente de poder capaz de suministrar energía a todos los componentes del sistema, igualmente, tener la posibilidad de suministrar a posibles futuros añadidos, o bien sistemas nuevos que se quieran implantar en la línea de producción. Para esto se seleccionó la fuente de poder Autonics SPB-060-24 que transforma de 100/240VAC a 24DC y da un suministro de 2.5 amperios y 240 Watts. Esta fuente por sus condiciones, además de ser del mismo fabricante que la mayoría de los demás dispositivos, suministrará de manera eficiente y uniforme a los sistemas que requieren alimentación de 24 voltios.



Figura 34. Fuente de poder SPB-060-24

Fuente: Autronics

4.3 Análisis Financiero

Después de haber realizado la selección de los dispositivos y teniendo en cuenta sus funciones y precios, se debe buscar probar la rentabilidad de este proyecto. Se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones para realizar este punto, tales como que la empresa no está anuente a suministrar datos oficiales de producción o costos operativos, por lo que estos cálculos se deberán realizar utilizando valores de referencia. Este punto es importante para la toma de decisiones y probar que el proyecto realmente es una opción que beneficiará a la empresa, y que la inversión se verá recuperada en un tiempo útil para la compañía.

El sistema requerirá alrededor de 24 horas para su instalación y puesta en marcha con las pruebas y ajustes necesarios, por lo que se tomarán 32 horas de trabajo como medida de seguridad contra probables problemas o contratiempos a la hora de la instalación, ajustes y pruebas. Los horarios para la realización de pruebas e instalación deberán coordinarse con el Departamento de Producción con anterioridad para evitar problemas al interrumpir los horarios productivos, por lo que las horas de trabajo podrán ser o no continuas. Los encargados de este tipo de trabajo en la compañía tienen salarios promedio de C\$500 000, lo cual, para una jornada semanal de 6 días de 48 horas, da por hora un salario de C\$2170.14, utilizando 2 personas para esta ejecución, da como resultado un costo de C\$138,888.89.

El costo inicial de inversión del sistema, tomando en cuenta los diversos equipos y sistemas que se deben utilizar para el diseño y la instalación, realización de pruebas y ajustes

necesarios, utilizando el tipo de cambio del dólar al ser el 27 de septiembre de 2022 de ₡636.91, se desglosa en la siguiente tabla.

Tabla 8. Costos Iniciales

Ítem	Precio
Sistema de visión	\$5542.65 / ₡3 530 191.38
Sistema de control	\$1469 / ₡935 626.67
Mano de obra	₡138 888.89
Costos varios	\$1000 / ₡636,910

Fuente: Propia

El sistema tendrá un costo inicial total de ₡5 202 728.05. este monto tendrá será la inversión inicial que deberá realizarse para la compra de los equipos y la instalación en campo, utilizando capital de la empresa. El proyecto no tiene costo del desarrollo del sistema de programación o del desarrollo del interfaz humano máquina al ser estos partes del alcance del proyecto. Asimismo, se plantea recuperar la inversión de este proyecto en un lapso de un año, para lo cual también se toman datos del Banco Nacional de Costa Rica, utilizando tasa de interés de una inversión a plazo, para realizar la comparación si este valor se pusiera en un fondo de inversión a un año, siendo este porcentaje de un 9.24%, dato obtenido del mismo banco.

Este proyecto, al no requerir una inversión de capital alta, plantea recuperar la inversión en un lapso corto. Actualmente se cuenta con dos personas encargadas de buscar productos con defectos, los cuales, al instalarse este sistema se relocalizarían a otras áreas que requieren trabajo manual y que requieren más mano de obra que la función que cumplen actualmente. Esta instalación evitaría la contratación de 2 personas más en la fábrica lo que produce un ingreso monetario del salario de dos personas, el cual aproximadamente para este tipo de tareas es de ₡384 000 mensualmente, por tanto, dará un total de ₡768 000, lo que anualmente equivaldrá a ₡9 216 000.

El consumo eléctrico de este sistema se puede considerar que no afecta a la factura eléctrica de la fábrica, ya que estas tienen cargas inductivas de gran tamaño, máquinas que generan grandísimos consumos eléctricos, el de un sistema como este será básicamente imperceptible para la red a la cual se está conectando, por lo cual este valor no se toma como un valor de pago a realizar. Por ejemplo, solo la línea de producción en la que se instalará el sistema cuenta con 3 motores en total para sus diferentes etapas, 2 de 15 HP y 1 de 25, para un total de 55HP. Al utilizar valores nominales de kilowatts se obtiene un valor de 41.1kW, y el sistema a instalar tendrá un

consumo de alrededor de 130W, lo que no es significativo en esta línea, mucho menos para la fábrica con todos sus sistemas.

Lo que sí se debe tomar en consideración como pagos a realizar son los gastos por mantenimientos y posibles fallos en el sistema. Para esto se toma un estimado de que mensualmente se utilizarán 10 horas para realizar mantenimientos preventivos y posibles cambios en los productos, y materiales que pasan por la línea de producción, lo cual requiere de ajustes que pueden necesitar intervenciones en el sistema. Estas horas serán tomadas con el valor anteriormente mostrado de los encargados de este tipo de tareas, que es de ₡2170.14 por hora. Además, se utilizará un valor de egreso de 100 000 colones para tomar en cuenta los posibles costos de paros. Esto dará un total de ₡1 460 448 anual.

Teniendo estos valores claros, se procede a realizar primeramente el cálculo de valor actual neto, se realiza utilizando las fórmulas mencionadas en las figuras 19 y 20. Cambiando los valores de las fórmulas por lo valores que se decidieron utilizar en este proyecto se obtiene el siguiente desarrollo y resultado:

$$VAN = -5,202,728.05 + \frac{9216000 - 1460448}{(1 + 0.0924)^1}$$

$$VAN = ₡1896825.227$$

Posteriormente, se procede a realizar el cálculo de la tasa interna de retorno utilizando la fórmula planteada en la figura 21. Este valor permitirá observar la rentabilidad y viabilidad del proyecto, por tanto, es un punto de suma importancia el calcularlo de forma correcta para así, aparte de contar con el resultado obtenido del valor actual neto, se tendrá otro valor que le dará fuerza al argumento sobre la rentabilidad del proyecto. Desarrollando la fórmula se obtiene el siguiente resultado:

$$TIR = 0 = -5,202,728.05 + \frac{9216000 - 1460448}{(1 + i)^1}$$

$$TIR = 0.4906 = 49.06\%$$

Con el resultado obtenido de valor actual neto, se observa que el proyecto es más que viable y que tendrá un alto valor de ganancia para la empresa en un año. Este monto refleja el alto margen de ganancia que se obtiene comparado con el costo de mantener el sistema correctamente operativo. Por otra parte, al obtener un valor de tasa interna de retorno de 0.4906 y la tasa de interés utilizado para calcular el valor actual neto es 0.0924, lo cual muestra que la tasa interna de retorno

es mucho mayor. Esto demuestra que cuesta menos financiar el proyecto que lo que se obtiene a largo plazo por la inversión, una vez descontados los pagos futuros a su valor presente.

Asimismo, este sistema y su instalación pasan a ser inversiones en bienes de capital o CAPEX, por sus siglas en inglés; se ejecuta cuando un negocio invierte en la compra de un activo fijo o para añadir valor a un activo existente con una vida útil. Los CAPEX son utilizados por una compañía para adquirir o mejorar los activos fijos tales como equipamientos, propiedades o edificios industriales. En este caso, la línea de producción existente está siendo mejorada con la instalación de un sistema nuevo, pero el proceso productivo también estaría siendo afectado positivamente al instalar el sistema.

4.4 Diseño De Sistema De Control

Teniendo en consideración la rentabilidad que el proyecto brinda a la compañía, se procede a realizar el diseño de la programación de control. Este sistema, como se mencionó en anteriores ocasiones, se realizará utilizando el equipo Autonics LP-A070-T9D6-C5T, cuya programación es posible realizar mediante el software de la marca llamado AtLogic.

Este sistema basado en lenguaje de escalera buscará satisfacer las necesidades del sistema y es un software de gratis acceso. Primeramente, se desarrollará el diagrama de conexión eléctrica del sistema, ya que este es de suma importancia como guía para la posible instalación del proyecto en campo y, además, brinda una visión más amplia del sistema como tal.

Este sistema requerirá una conexión de 120VAC para el suministro de poder a la fuente auxiliar de poder de 24VDC de la que se conectarán los diversos equipos que se utilizarán para la realización del proyecto, ya que estos requieren de una conexión de este tipo.

Igualmente, se requerirá del uso de dispositivos de protección, que si bien no están contemplados en el alcance de este proyecto se debe mostrarlos y mencionarlos con el fin de que en el momento de la instalación no se den casos en los que no se usen y pueda resultar en problemas o en daños en los equipos, en caso de sobrecargas o picos de corriente en la red.

También los dispositivos deberán estar aterrizados a tierra, por lo que la conexión a los equipos deberá tener un sistema de aterrizado y los equipos por conectar deberán ser debidamente conectados de esta manera. Esta conexión debe realizarse para la protección de los equipos y para evitar fallos y perder la garantía de los equipos con el proveedor, lo que puede incurrir en gastos y pérdidas que puedan ser prevenibles al tener métodos de protección en la conexión.

Para mostrar esta conexión se realizará un diagrama que muestra las conexiones y los equipos que se estarán conectando en esta red. Esta conexión se muestra en la siguiente figura.

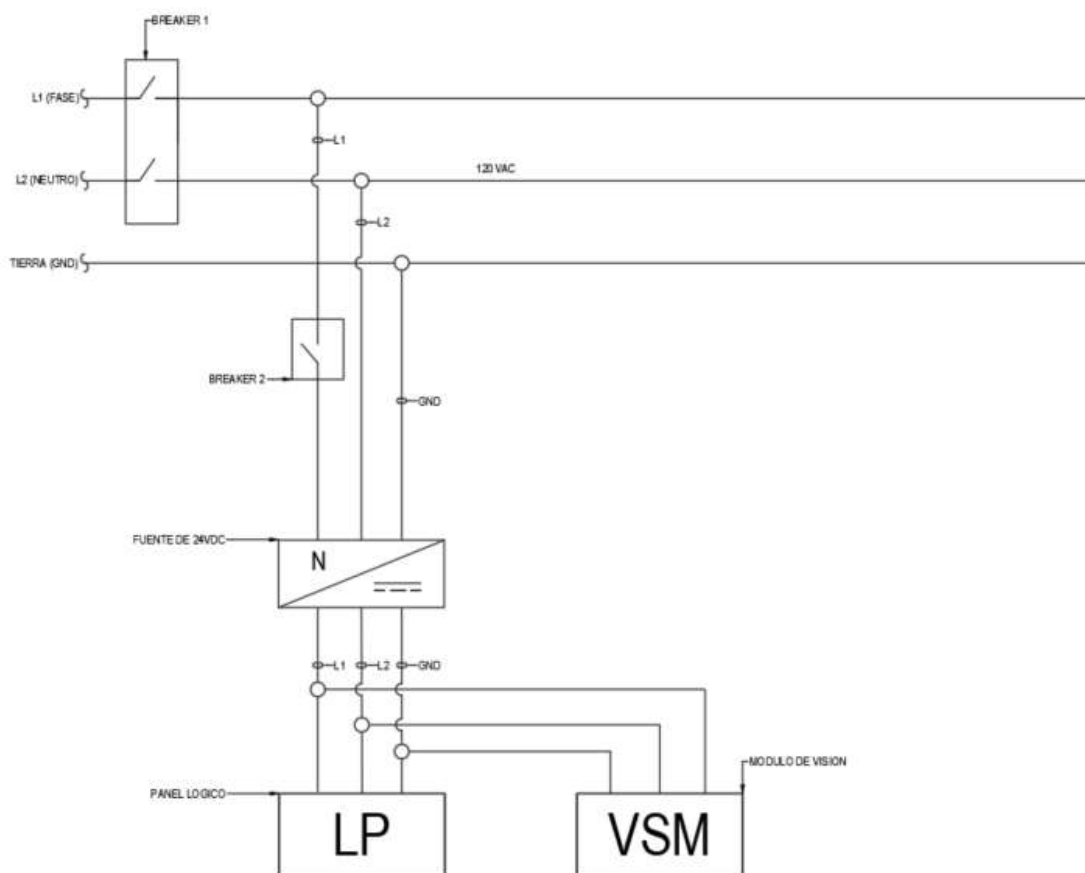


Figura 35. Conexiones eléctricas

Fuente: Propia, 2022

Una vez que se ha visto este diagrama, y se tiene claro, se procede a realizar la programación del sistema. Primeramente, se buscará realizar un mapeo, tanto de las entradas como de las salidas mostradas en las tablas 6 y 7. Este sistema tendrá algunas de las entradas del sistema programadas para ser manipuladas virtualmente, pero tendrán la conexión física para poder ser utilizadas en caso de tener un fallo en la pantalla del panel lógico y requieran ser manipuladas por medios externos.

Antes de empezar a realizar la programación de escalera para este proyecto, se decidió realizar un diagrama de flujo con el fin de observar las diversas etapas del sistema de control, y las diferentes partes en las que se deberá trabajar cuando se inicie el programa. Este punto es de suma importancia, ya que permite, tanto a usuarios no relacionados con el proceso como a operadores calificados, entender el orden de tareas y lo que el sistema busca realizar. Todas estas diversas

etapas mencionadas en el diagrama de flujo serán abarcadas en la programación del proyecto. En la siguiente figura se observa el funcionar del programa a realizar mediante un diagrama de flujo:

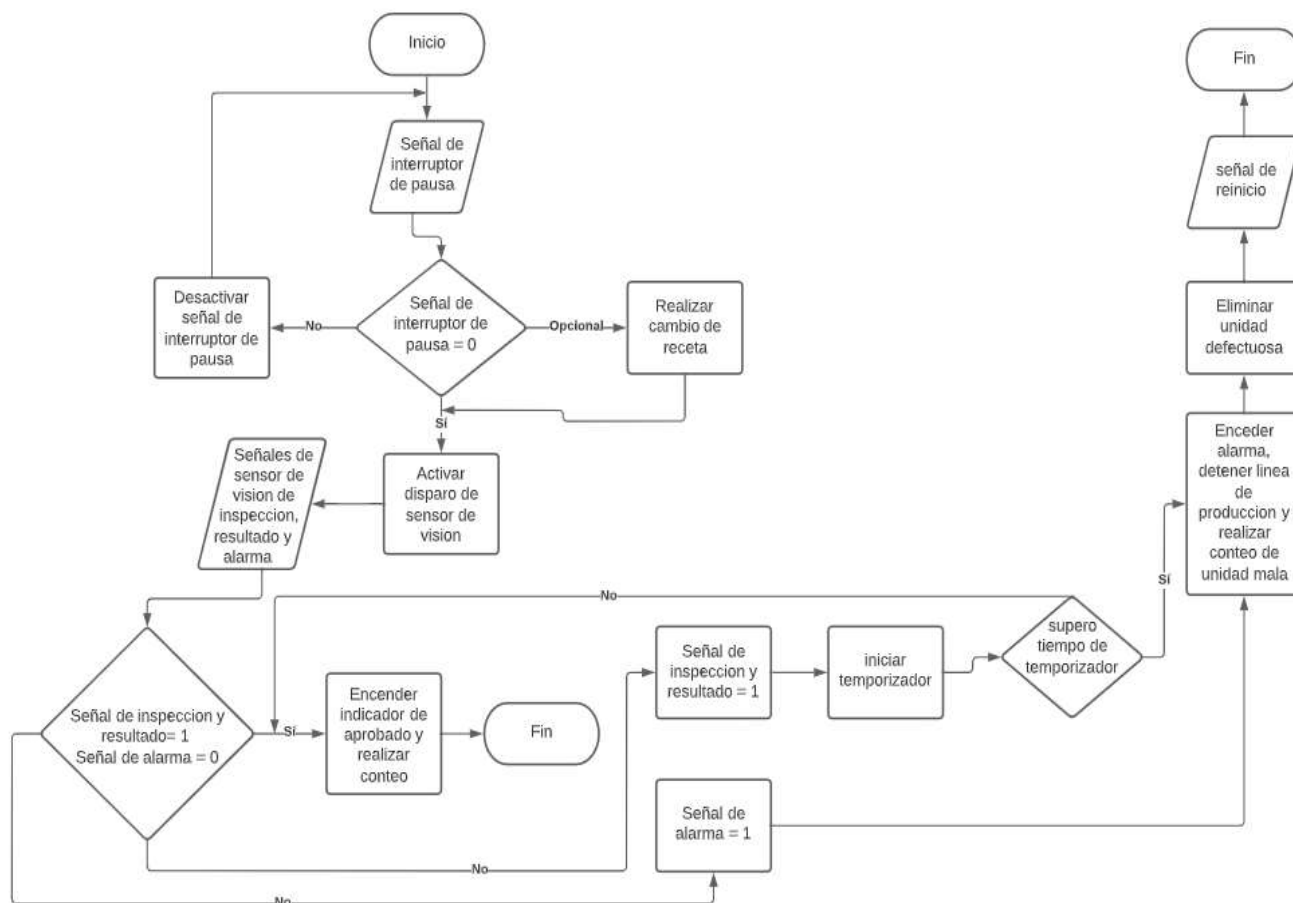


Figura 36. Diagrama de flujo del programa a realizar

Fuente: Propia, 2022

Una vez teniendo en consideración los diferentes pasos y etapas a realizar en el proyecto, se procede a empezar la programación en escalera. Para esto, primeramente, en la interfaz del software AtLogic, se seleccionará en el programa, el tipo de panel lógico que se estará utilizando para el proyecto, y el tipo de programación que se quiere utilizar, ya sea de lenguaje en escalera o nemónico que, para efectos de este proyecto, se utilizará la forma de escalera. Además de así quererlo, se pueden agregar diversos datos informativos como el nombre del proyecto, compañía. Para este caso concreto, se realizará la selección de LP-A070-T9D6, ya que el panel lógico seleccionado es de esta designación.

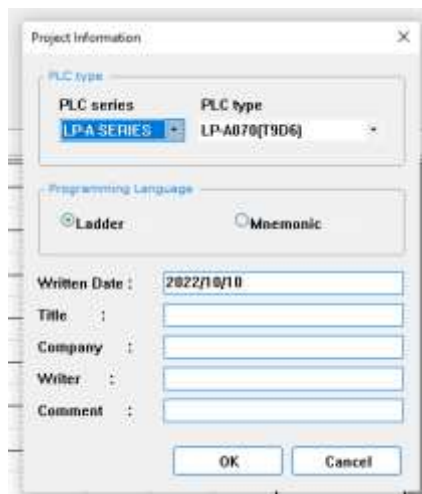


Figura 37. Selección de panel lógico en AtLogic

Fuente: Propia, 2022

Asimismo, se debe realizar una configuración de comunicación para cuando se deba realizar la transferencia del programa realizado desde la computadora al panel lógico. Esta comunicación puede realizarse por tres métodos, serial, USB, y Ethernet. Utilizando el método de Ethernet, ya que se tiene contemplado el cable utilizado para este método entre los gastos varios del proyecto, se conecta el panel lógico a la computadora, y se escribe su dirección IP en el espacio marcado en color amarillo en la figura 38. Este número puede ser encontrado al conectar el panel lógico a la computadora mediante conexión Ethernet, y se encuentra en los detalles de la dirección IP.

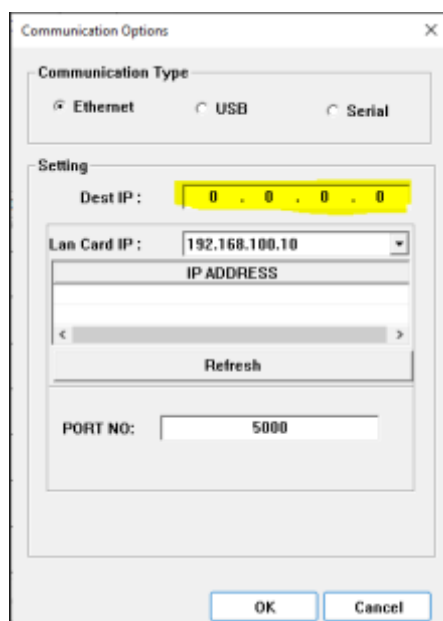


Figura 38. Conexión de comunicación

Fuente: Propia,2022

Properties

Link speed (Receive/Transmit):	1000/1000 (Mbps)
Link-local IPv6 address:	fe80::ec98:a08d:a764:8860%19
IPv4 address:	192.168.100.53
IPv4 DNS servers:	192.168.100.1
Manufacturer:	Intel
Description:	Intel(R) Ethernet Connection (7) I219-LM
Driver version:	12.19.0.18
Physical address (MAC):	34-48-ED-04-40-8A

Figura 39. Locación de dirección IP

Fuente: Propia, 2022

Una vez realizada la selección del tipo de panel que se va a utilizar y la configuración de método de comunicación, y de rellenar los datos si se desea, se procede a realizar una configuración para cada una de las 16 entradas y 16 salidas que puede tener el sistema, consistiendo en asignar un bit de memoria “M” a cada entrada y salida, estén asignados o no, para así tener todo el sistema listo en caso de necesitarse alguna adición posteriormente.

Estos bits de memoria “M” son bits internos en el panel lógico que permiten realizar acciones sin tener que estar mencionando las entradas directamente, además de facilitar el orden en el proyecto y los cambios de las entradas y salidas según sea necesario.

Se debe tener en consideración que este panel lógico maneja sus entradas, salidas y bits de memoria en numeración hexadecimal, por lo que se debe tener cuidado a la hora de ser asignadas. Este establecimiento de entradas y salidas a bits de memoria se realizaron con base en las entradas y salidas mencionadas en las tablas 6 y 7 y se observan en las siguientes figuras.

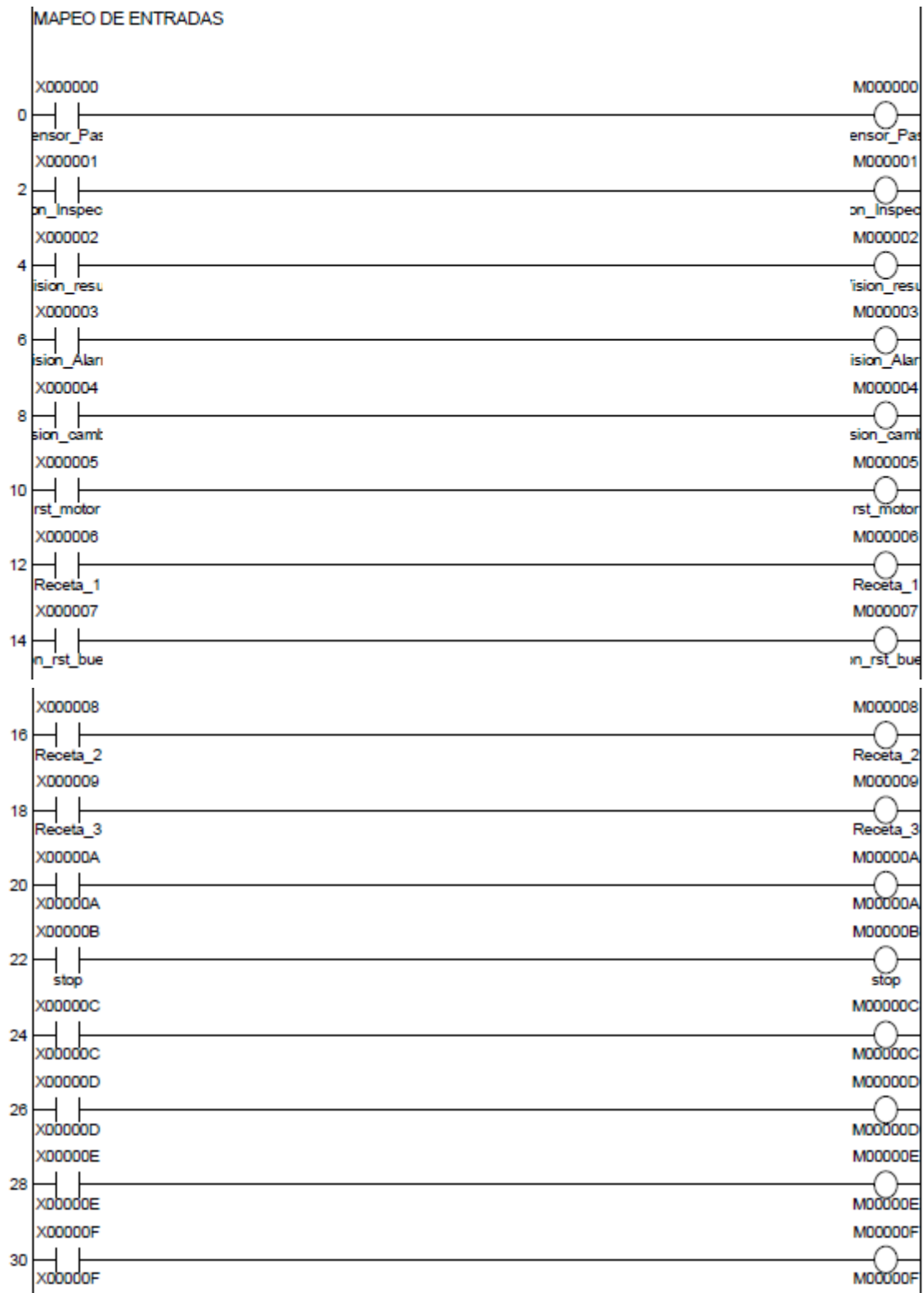


Figura 40. Configuración de Entradas

Fuente: Propia, 2022

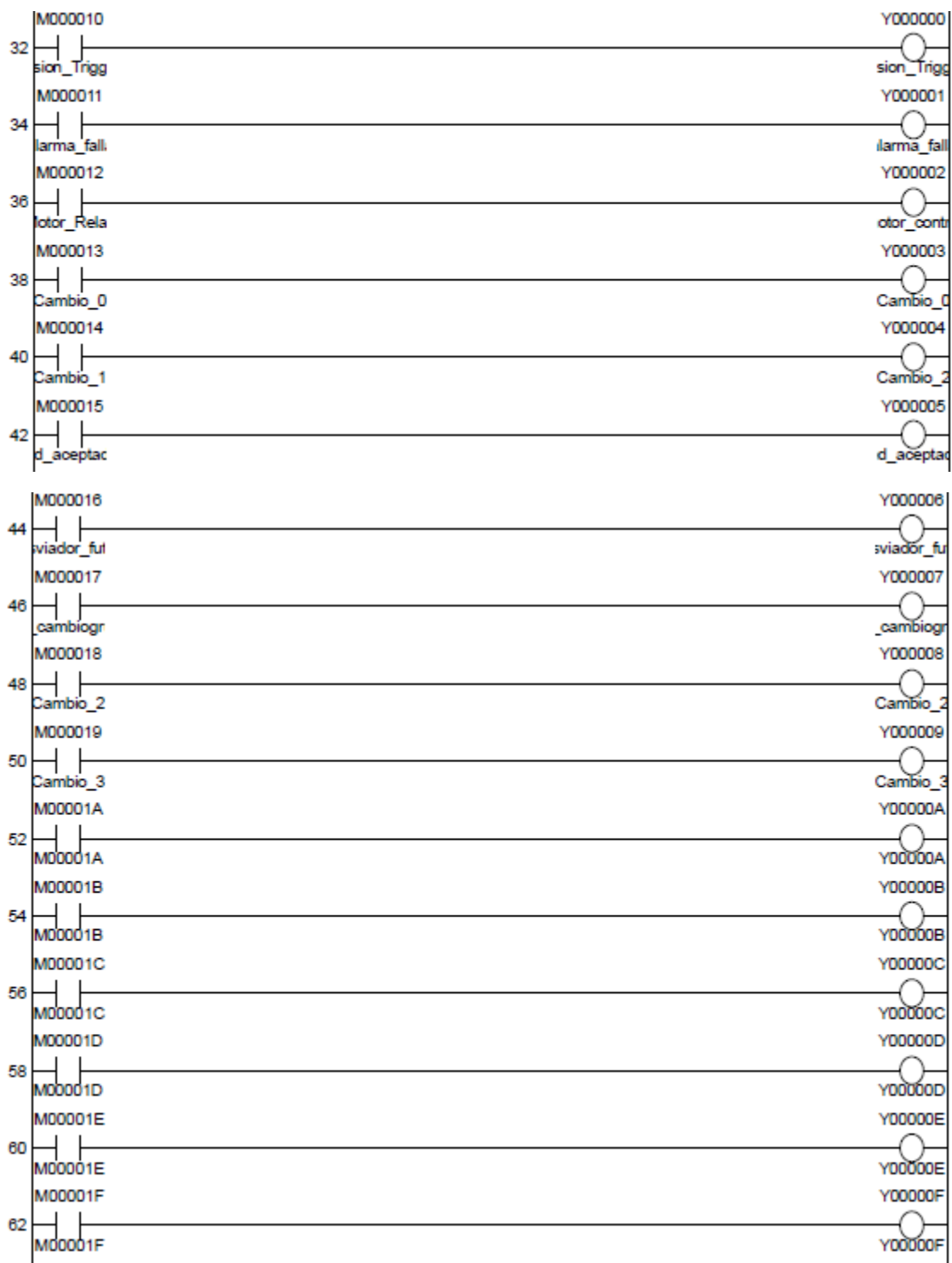


Figura 41. Configuración de salidas

Fuente: Propia

Tomando en cuenta las figuras anteriores, las entradas y salidas al sistema fueron asignadas a los bits de memoria de la siguiente manera:

Tabla 9. *Entradas al sistema*

Número De Entrada	Bit de memoria	Descripción
X0	M0	Sensor de paso
X1	M1	Sistema de visión - Inspección
X2	M2	Sistema de visión - Resultado
X3	M3	Sistema de visión - Alarma
X4	M4	Sistema de visión – Indicador cambio de grupo
X5	M5	Botón Puesta en marcha de línea
X6	M6	Sistema de visión – receta 1
X7	M7	Botón reset conteo de unidades
X8	M8	Sistema de visión – receta 2
X9	M9	Sistema de visión – receta 3
XB	MB	Paro del sistema

Fuente: Propia

Tabla 10. *Salidas del sistema*

Número de salida		Descripción
Y0	M10	Activador de sensor de visión
Y1	M11	Alarma de fallo
Y2	M12	Activador de control de Motor de línea
Y3	M13	Cambio de grupo activador 0
Y4	M14	Cambio de grupo activador 1
Y5	M15	Indicador de producto aceptado
Y6	M16	Activador desviador
Y7	M17	Indicador de cambio de grupo
Y8	M18	Cambio de grupo activador 2
Y9	M19	Cambio de grupo activador 3

Fuente: Propia

Posteriormente de realizar esta parte del sistema, se empieza a desarrollar el funcionamiento como tal del control del proyecto. Primeramente, como punto de referencia de inicio del programa, se iniciará buscando la activación del sensor de paso, el cual esta denotado por “M0”.

Al activarse este sensor se plantea la activación de un temporizador con el fin de no solo realizar un ajuste del tiempo de respuesta que se quiere, sino que también pueda ser ajustado para realizar pruebas con los equipos en casos de modificaciones o errores en el sistema y visualizar de mejor manera el funcionamiento de los equipos.

Una vez que se activa el temporizador y cumple el tiempo definido, activará el bit de memoria “M10” que enviará la señal de activación al sensor de visión, el cual realizará su programación y definirá si la unidad tiene el estándar de calidad necesario para ser aceptado.

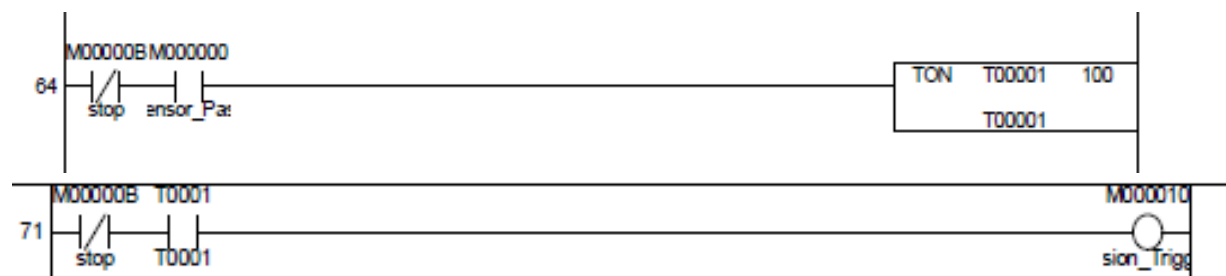


Figura 42. Figura de programa 1

Fuente: Propia, 2022

El sensor de visión envía 3 señales de entrada al panel lógico, inspección, resultado, y alarma, las cuales son representadas por los bits de memoria “M1”, “M2” y “M3”. Estas señales serán las que se utilizarán para tomar decisiones en caso de que la unidad producida cumpla con el estándar establecido o, en su defecto, deban tomarse acciones para su desecho.

En el caso de ser aceptada la unidad, tanto “M1” como “M2” deben ser activadas por el sensor de visión, mientras que “M3” no debe activarse. Al suceder esto se activará un indicador, ya sea físico de ser necesario o en la pantalla del panel lógico que será indicado por el bit de memoria “M15” y, además, cada activación de este bit de memoria sumará para un contador de unidades aceptadas, que será visualizado por medio de la interfaz humano-máquina del panel lógico.

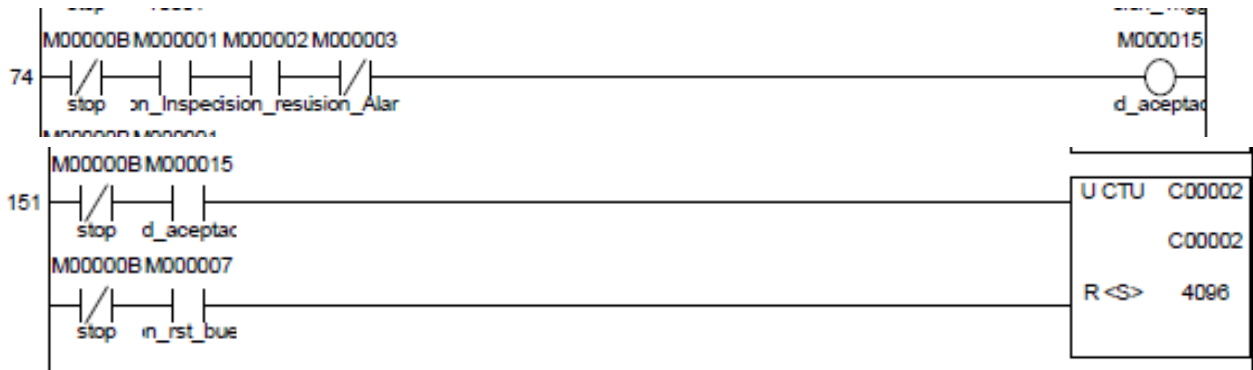


Figura 43. Figura de programa 2, aceptadas y contador

Fuente: Propia, 2022

En el caso que “M1” o “M2” no se activen, como precaución a que no haya detectado ninguna unidad, se añade la funcionalidad de un temporizador con el fin de que se dé un tiempo de holgura por si alguna situación en la línea hace que se dé un retraso en la llegada de las unidades a al sistema de visión. Por otro lado, en caso de que “M3” sea activada por parte del sistema de visión como una alarma, también se activará una señal de alarma en el panel lógico.

Esta señal de alarma será dada por el bit de memoria “M11”, el cual se usará para mostrar un indicador de falla en la interfaz humano-máquina, con la posibilidad de también mostrar físicamente un indicador según se necesite en planta y además enviará una señal de activación al bit de memoria “M12”, que por medio de una interfaz con los sistemas de control de la línea de producción, realizará un paro de la línea hasta que la unidad defectuosa sea eliminada, y el sistema sea puesto en marcha de nuevo.

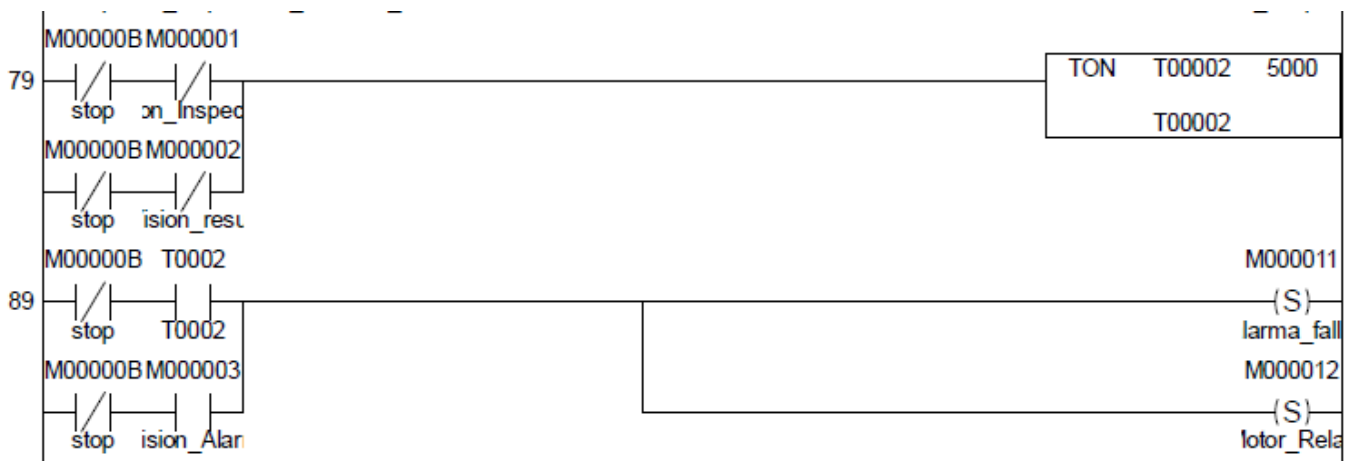


Figura 44. Figura de programa 3, unidad mala

Fuente: Propia, 2022

Al darse cualquiera de estas situaciones el panel lógico activará un indicador de falla y se plantea un desviador de unidades malas a futuro que, aunque no se tiene en campo de momento, se puede barajar como una opción para la completa automatización de esta parte del proceso. Para este desviador de unidades se apartará el bit de memoria “M16”, en caso de que se realice la instalación. Además, se tendrá un contador de unidades malas detectadas con el fin de llevar un registro de la producción y comparar resultados con datos que se obtengan en lapsos de tiempo, con el fin de mejorar la eficiencia de la línea de producción.

Para la vuelta a marcha de la línea de producción se utilizará la entrada asignada al bit de memoria “M5”, el cual será un interruptor virtual por medio de la interfaz humano-máquina, pero tendrá la capacidad de ser un interruptor físico por medio del panel lógico. Este interruptor servirá como un restablecimiento de los bits de memoria “M11”, “M12” y “M16” que los pondrá en su posición inicial, esto hará que el sistema vuelva a la marcha y a resolverse hasta encontrar una falla nuevamente.



Figura 45. Figura de programa 4, desviador y puesta en marcha

Fuente: Propia, 2022

El sistema también plantea incluir la opción de realizar cambios de grupo, es decir, de especificaciones de producto, ya que la línea de producción está sujeta a cambios de productos, por lo que es importante poder también cambiar las especificaciones de aprobación de unidades para estos. Para esta finalidad se asignan los bits de memoria “M6”, “M8” y “M9” como interruptores de selección de receta que enviarán las señales de cambio al sistema de visión. Estos serán asignados de manera virtual en la interfaz humano-máquina, con la posibilidad de también ser instalados en campo.

El sistema de visión empleará un modo de comunicación paralelo para realizar los cambios de trabajo, por lo que cuenta con 4 entradas designadas para realizar esta labor. Para esta

tarea se asignan los bits de memoria “M13”, “M14”, “M18” y “M19”, que representarían los bits de 0 a 15 de manera binaria que harán posible los cambios. Se utiliza la opción paralela y que da 16 grupos de trabajo porque es más que suficiente para las necesidades de la línea de producción, y su instalación para las necesidades del sistema resulta más sencilla y de menos requerimientos. Estos 4 bits de memoria servirán como un número binario de 4 bits, tendrá una tabla de verdad que será de la siguiente manera:

Input	Bit 3 (IN3)	Bit 2(IN2)	Bit 1(IN1)	Bit 0(IN0)
Work group 1	Low	Low	Low	Low
Work group 2	Low	Low	Low	High
Work group 3	Low	Low	High	Low
Work group 4	Low	Low	High	High
Work group 5	Low	High	Low	Low
Work group 6	Low	High	Low	High
Work group 7	Low	High	High	Low
Work group 8	Low	High	High	High
...
Work group 16	High	High	High	High

Figura 46. Tabla de grupos de trabajo

Fuente: Autonics

El sistema de la línea de producción actualmente solo cuenta con 3 productos en su rotación, por lo que solo se necesitará emplear 3 grupos de trabajo, que serán denotados binariamente como los primeros 3 grupos de trabajos mostrados en la figura 46. El sistema al seleccionarse cualquiera de las 3 recetas establecerá los bits en las entradas del sistema de visión, de manera que cumplirá con la tabla de verdad según sus bits asignados, siendo “M13” el bit menos significativo.

También el sistema de visión cuenta con un indicador cuando se da un cambio de producto. Este será representado en el programa con el bit de memoria “M4”, el cual al activarse encenderá un activador en la interfaz o físicamente dado mediante “M17”, con el fin de que el operador al realizar el cambio se dé cuenta que sucedió satisfactoriamente.

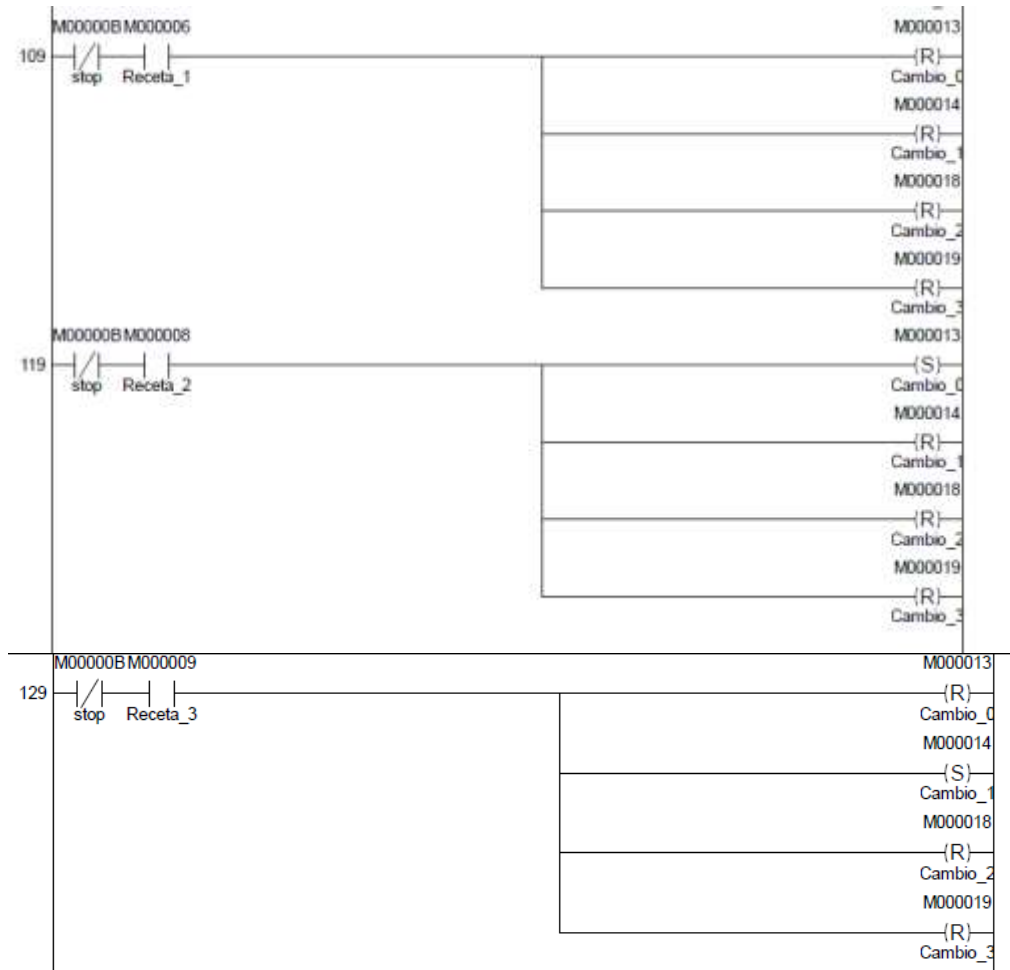


Figura 47. Figura de programa 5, cambios de grupo

Fuente: Propia, 2022

El sistema también contará con un botón de pausa que anulará el funcionamiento del sistema, en caso de que se requiera realizar labores de mantenimiento en la línea de producción, se estén dando problemas o simplemente se desee trabajar sin el sistema de detección de fallas en las unidades. Para que el sistema trabaje esta función deberá estar deshabilitada, tendrá la opción de ser utilizada mediante un interruptor virtual o físico, que será controlado mediante el bit de memoria “MB”.

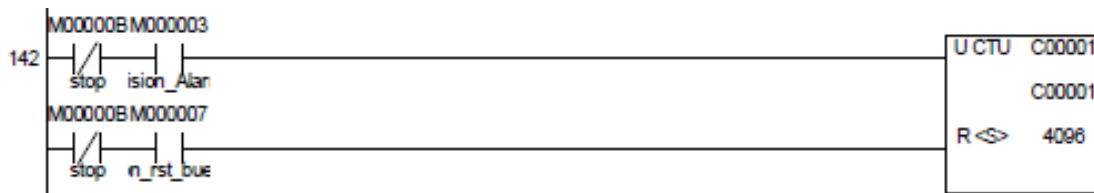


Figura 48. Figura de programa 6, contador malas

Fuente: Propia, 2022

4.5 Diseño de interfaz humano-máquina

Teniendo listo y claro el diseño del sistema de control que se va a utilizar para el trabajo que se quiere realizar, se procede a crear el diseño de la interfaz humano-máquina. Al utilizar este panel lógico, se tiene la facilidad de no requerir la configuración entre varios dispositivos, sino que al estar integrado en uno solo, tanto la etapa de control como la etapa de interfaz, permite realizar una integración del sistema de forma rápida y fácil, sin requerir de dispositivos o cableados extra. Además, al proveer estas ventajas, facilita la instalación en el sitio del sistema sobre la línea de producción, ya que este puede llegar a tener limitaciones de espacio entre más dispositivos se necesiten instalar, y sus cableados respectivos.

Este sistema al tener ambas etapas integradas en un mismo dispositivo da la facilidad de poder utilizar las variables internas que se emplearon en la creación del sistema de control, ya sean entradas, salidas, bits de memoria, temporizadores o contadores. Esto resulta de una gran ayuda al no tener que realizar configuraciones extra y no depender de la compatibilidad de instrumentos externos con el panel lógico para poder realizar las tareas. Aun así, en caso de ser necesitado, el panel lógico cuenta con la capacidad de ser configurado para comunicarse con sistemas externos si se necesitase, y es capaz de trabajar en conjunto con sistemas ajenos a la marca.

Este sistema tendrá la función de ser un punto de conexión entre el sistema de control y el usuario, dando diversas opciones para el manejo del sistema, según lo evidenciado en la creación del programa. Este tendrá la tarea de dar al usuario la opción de manipular algunos puntos que se delimitaron en el proyecto, como lo es la posibilidad de detener el sistema, selección de recetas para grupos de trabajo, contadores con unidades producidas, etc. Por esta razón, en conjunto con el sistema de control, debe ser lo más amigable e intuitivo para su correcta operación.

Empleando el software atDesigner, se desarrolla la interfaz que será la que se utilizará para cumplir con las tareas necesarias. Primeramente, al seleccionar en la pantalla del software, crear un nuevo proyecto, se debe seleccionar el modelo de panel lógico con el que se está trabajando, en este caso el panel Autonics LP-A070-T9D6-C5T. Es de suma importancia seleccionar el panel correcto ya que de esto dependerá el tamaño del área de trabajo que se tendrá disponible, y si se selecciona de manera incorrecta, se pueden encontrar problemas a la hora de acomodar los distintos elementos que se utilizaran para representar las distintas variables.



Figura 49. Creación nuevo proyecto en atDesigner

Fuente: Propia, 2022

Habiendo efectuado este paso, se procede a realizar un proceso similar de configuración con la dirección IP del dispositivo que se va a programar, con la computadora. Este proceso es casi igual al realizado en las figuras 38 y 39, eso sí, teniendo en cuenta que son softwares diferentes y, por ende, sus interfaces con el usuario tendrán diferencias. No obstante, el método de asignación para la dirección IP y donde encontrar la misma serán realizadas de la misma manera.

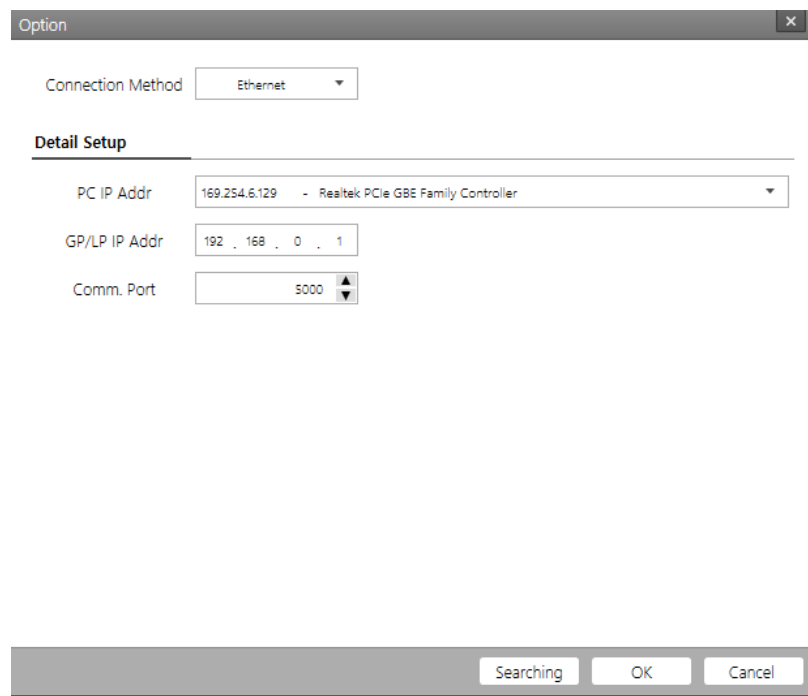


Figura 50. Comunicación en atDesinger

Fuente: Propia, 2022

Habiendo efectuado estos pasos, se empieza a realizar la interfaz gráfica para el proyecto. El software cuenta con diversas herramientas que permitirán abarcar de manera concisa y eficiente las necesidades que el proyecto requiere. Primeramente, para lo que son las entradas del programa se utilizará la opción del programa de utilizar la herramienta llamada interruptor de bit, para utilizarlos como botones en la pantalla. Estos realizarán las funciones de selección de recetas, vuelta a marcha, paro total y restablecimiento de contadores. Estos interruptores de bit pueden ser asignados con diversas imágenes para tener la apariencia de botones, tanto para cuando están en estado apagado como encendido, lo cual permite diferenciar sus fases.

Asimismo, según como este hecho el programa de control se buscará que estos interruptores se comporten de manera momentánea, es decir que solo se activen cuando se están oprimiendo. Esto porque el sistema cuenta con la particularidad de poder poner los interruptores en modo de establecer, reestablecer, momentáneo y reversa. Para las necesidades del presente proyecto, solo se necesita que los bits de memoria sean activados en el momento en que realizan su función, por lo que se elige este modo. Estos botones, también pueden ser asignados nombres y comentarios para llevar un mejor control de las variables.



Figura 51. Establecimiento de figura de botón en atDesigner

Fuente: Propia

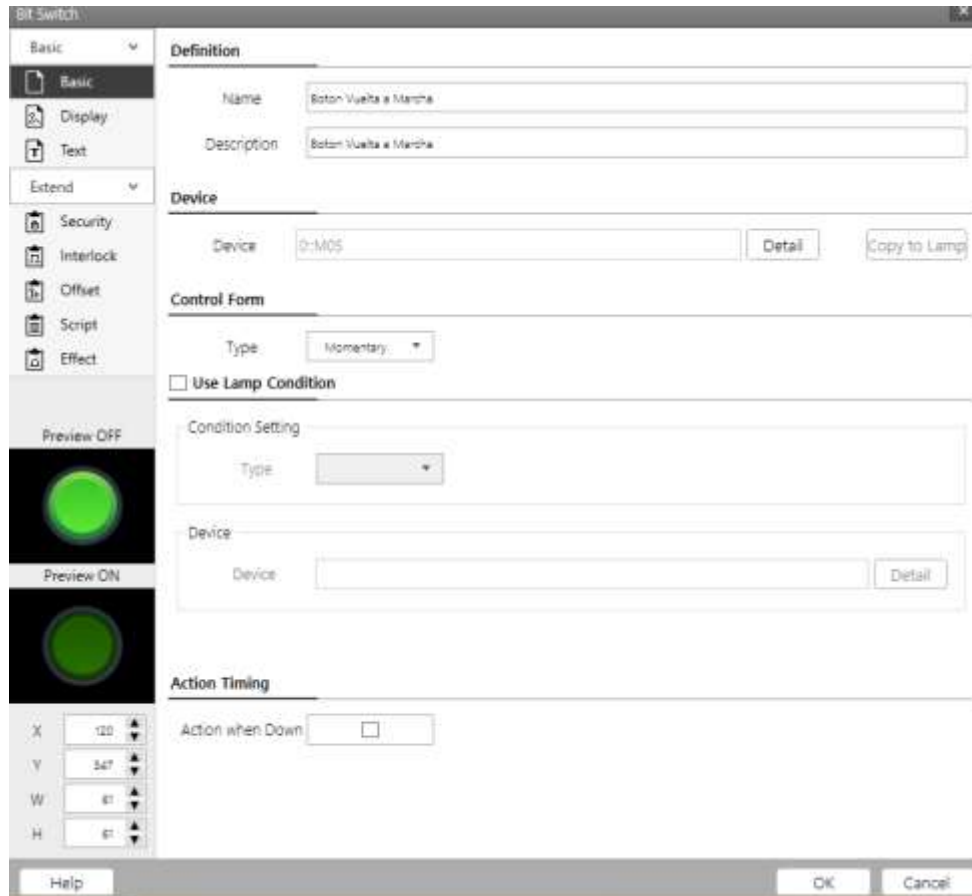


Figura 52. Establecimiento de tipo de botón y e información en atDesigner

Fuente: Propia, 2022

Posteriormente, se procede a realizar la asignación de los bits de memoria respectivos según la programación a los botones puestos en el espacio de trabajo. Es de suma importancia saber que, si bien es cierto se podrían asignar directamente las entradas y salidas del panel lógico, se busca trabajar con los bits de memoria para así tener un mejor orden y tener mejor forma de trabajar ante cualquier eventualidad o cambios en el sistema.

Al tener solo las variables internas del panel lógico, estas serán las únicas que aparecerán para poder ser referenciadas, pero en caso de tener otros módulos externos, estas también podrían ser utilizadas. También, como fue mencionado en apartados anteriores, los bits de memoria, entradas y salidas de este panel lógico están numeradas en formato hexadecimal, por lo que se debe tener especial cuidado al asignar las direcciones que se quieren controlar. Por esto, primeramente se deben tener bien definidas las variables y apegarse directamente a como fueron asignadas en el programa de control. Este punto será igual tanto para los métodos de entrada y salida del sistema, ya que ambos están siendo representados por bits de memoria en el programa.



Figura 53. Asignación de bit de memoria interno en atDesigner

Fuente: Propia, 2022

En el caso de las salidas del sistema, básicamente estas cumplen una función de indicador, ya sea visual para mostrar el funcionamiento de un proceso del programa, o para dar una señal de alerta ante alguna eventualidad o problema en el proceso. Para mostrar este tipo de funciones, el software en conjunto con el panel lógico tiene varias herramientas que resultan útiles. En el caso de los indicadores de funcionamiento o alarmas, se utilizarán simuladores de luces, llamadas “lámparas bit”, las cuales, al ser activadas en su respectivo bit de memoria por medio de la programación, se encenderán cuando cumplan con las condiciones necesarias, de lo contrario se mostrarán como apagadas.

Esta parte es similar a la creación de los interruptores para las variables de entrada al programa, pero siempre se debe tener en consideración que sus funciones son diferentes, por lo que estas se activarán cuando suceda lo necesario en el programa, por lo que no tendrá ningún punto accionable de parte los operadores. Estas “lámparas bit”, al igual que los interruptores, tienen la posibilidad de utilizar imágenes de la librería interna o importados al programa, en este caso, para tener la apariencia de indicadores o luces, tanto para cuando están desactivadas, como cuando se están emitiendo una señal en estas salidas, permite diferenciar sus diferentes fases.



Figura 54. Establecimiento de figura de indicador en atDesigner

Fuente: Propia, 2022

Como en el caso de los interruptores, y como fue mencionado anteriormente, estos indicadores funcionarán para este proyecto asignándoles un bit de memoria respectivo para su funcionamiento. Este proceso se realiza de la misma manera realizada para los interruptores, teniendo siempre cuidado de mantener la numeración de los bits de memoria en hexadecimal, para así evitar confusiones con las variables con las que se quiere trabajar y para que no se conecten al revés entradas con salidas.

En esta parte se plantea utilizar esta función de los indicadores para mostrar mediante estímulo visual, la activación del disparador del sistema de visión, indicador de unidad aceptada, alarma de fallo y un indicador de cambio de grupo de trabajo. Cada uno de estos también pueden ser asignados nombre y comentarios para llevar orden a la hora de establecer varias a la vez.

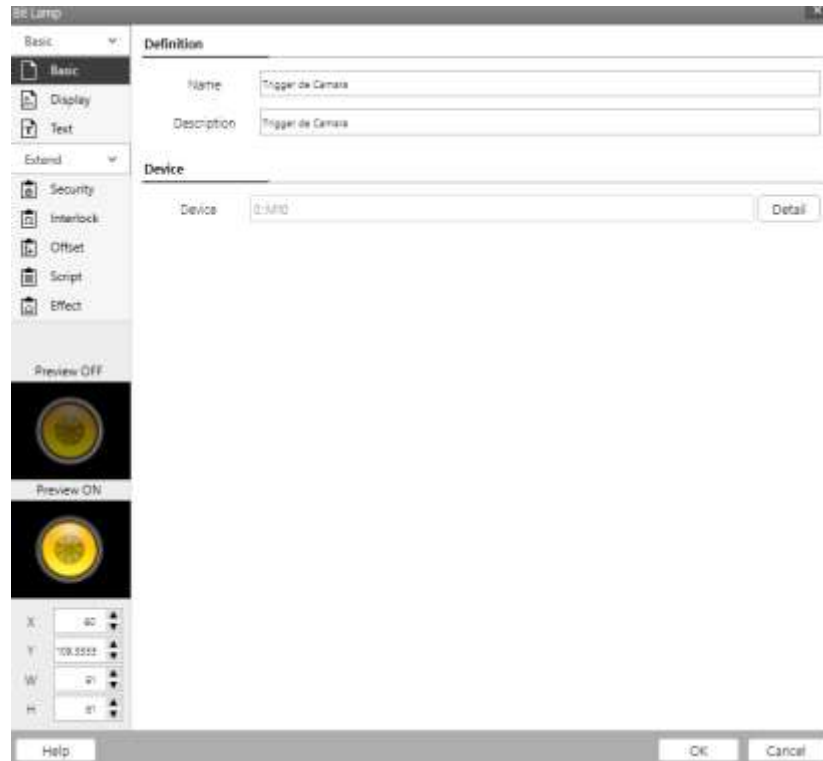


Figura 55. Pantalla de bit de memoria y e información para indicador

Fuente: Propia, 2022

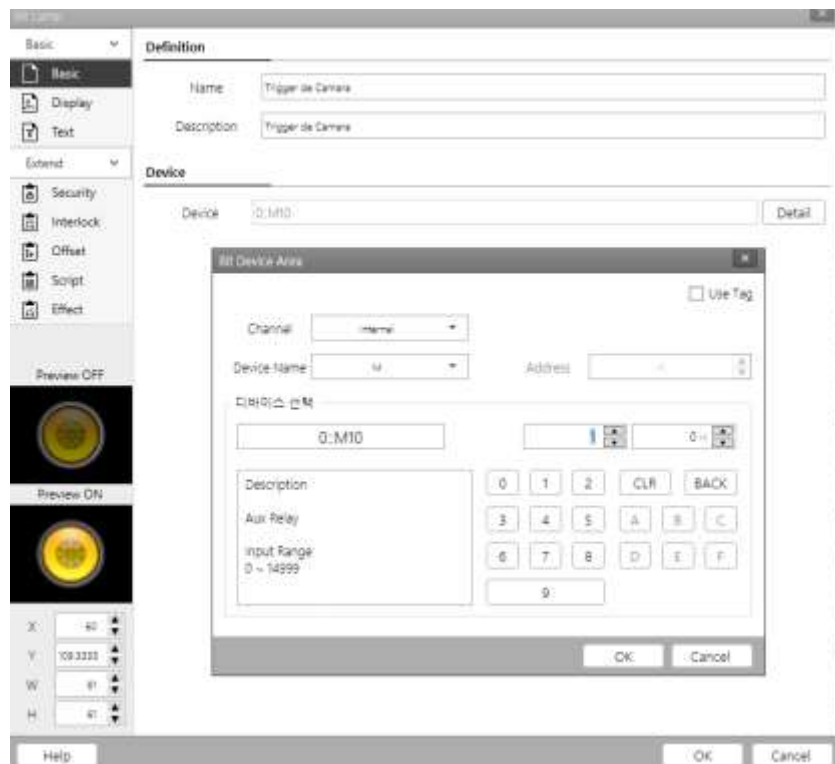


Figura 56. Asignación de bit de memoria interno para indicador

Fuente: Propia, 2022

En el caso de los contadores de las unidades aprobadas y desechadas, se trabaja de una manera un tanto distinta, ya que para mostrar las cantidades medidas por los contadores establecidos en el programa realizado, se utiliza la herramienta llamada “visualizador numérico”, que permite tomar el contador asignado en el sistema de control y mostrar el valor que este tiene gráficamente. Para este punto no se utiliza un bit de memoria como en los casos anteriores, sino que se utilizan las variables “C”, o contadores internos del panel lógico.

En este proyecto se asignaron para los conteos de unidades los contadores “C1” para las unidades desechadas y “C2” para las unidades aprobadas. A diferencia de los bits de memoria, la numeración dada para las variables de contadores está en una numeración decimal, por lo que a la hora de realizar una asignación de estas se debe hacer la diferenciación con los bits de memoria, y que al haber estado trabajando mayoritariamente con estos en numeración hexadecimal se puede incurrir en confusiones y es de suma importancia conocer las diferencias entre las variables.

Al utilizar estos valores, cada vez que el sistema apruebe o deseche una unidad, el valor del respectivo “visualizador numérico” deberá cambiar en tiempo real, para así llevar un conteo real de la producción que se tiene en esta línea de producción, y facilitar posibles cálculos de eficiencia y de desecho con datos reales para el departamento que los realiza.

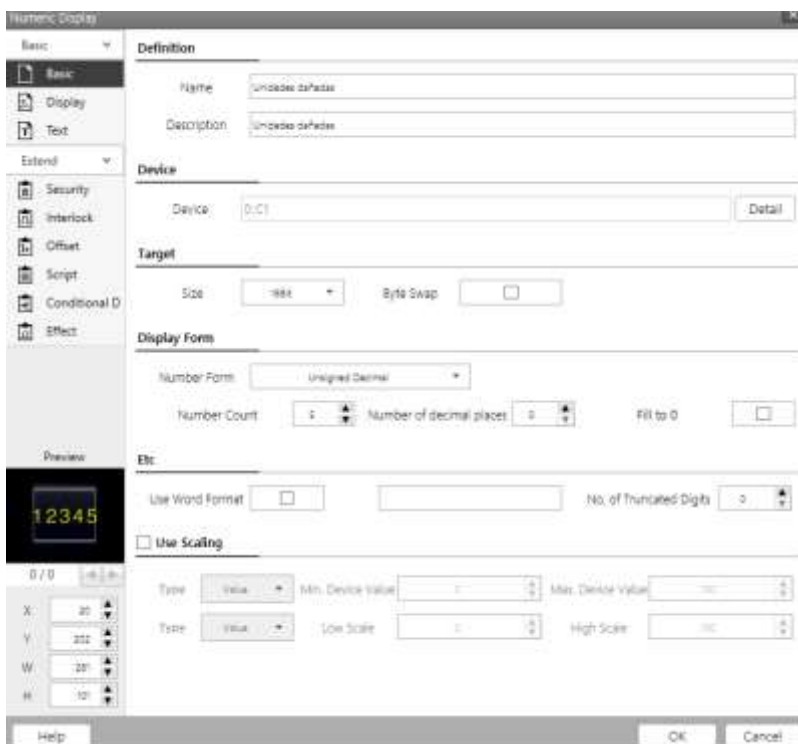


Figura 57. Pantalla de contador e información para conteo de unidades

Fuente: Propia, 2022

Estos contadores podrán ser restablecidos a un valor de 0 cuando se active el botón de restablecimiento de contadores, para así poder llevar las cuentas de unidades según los periodos de tiempos que la empresa designe como pertinentes a sus necesidades y cálculos.

Como las otras herramientas, el programa cuenta con la posibilidad de utilizar una librería para seleccionar una imagen para el contador que mejor se ajuste a las necesidades de diseño. Además, también permite asignar un nombre al contador y escribir comentarios según se necesite. Es importante mencionar que para todas las herramientas a utilizar se debe tener en consideración su tamaño, color y forma, ya que estas deben ser entendibles y fáciles de diferenciar lo más posible, para así evitar confusiones y malos usos por parte de los operadores.

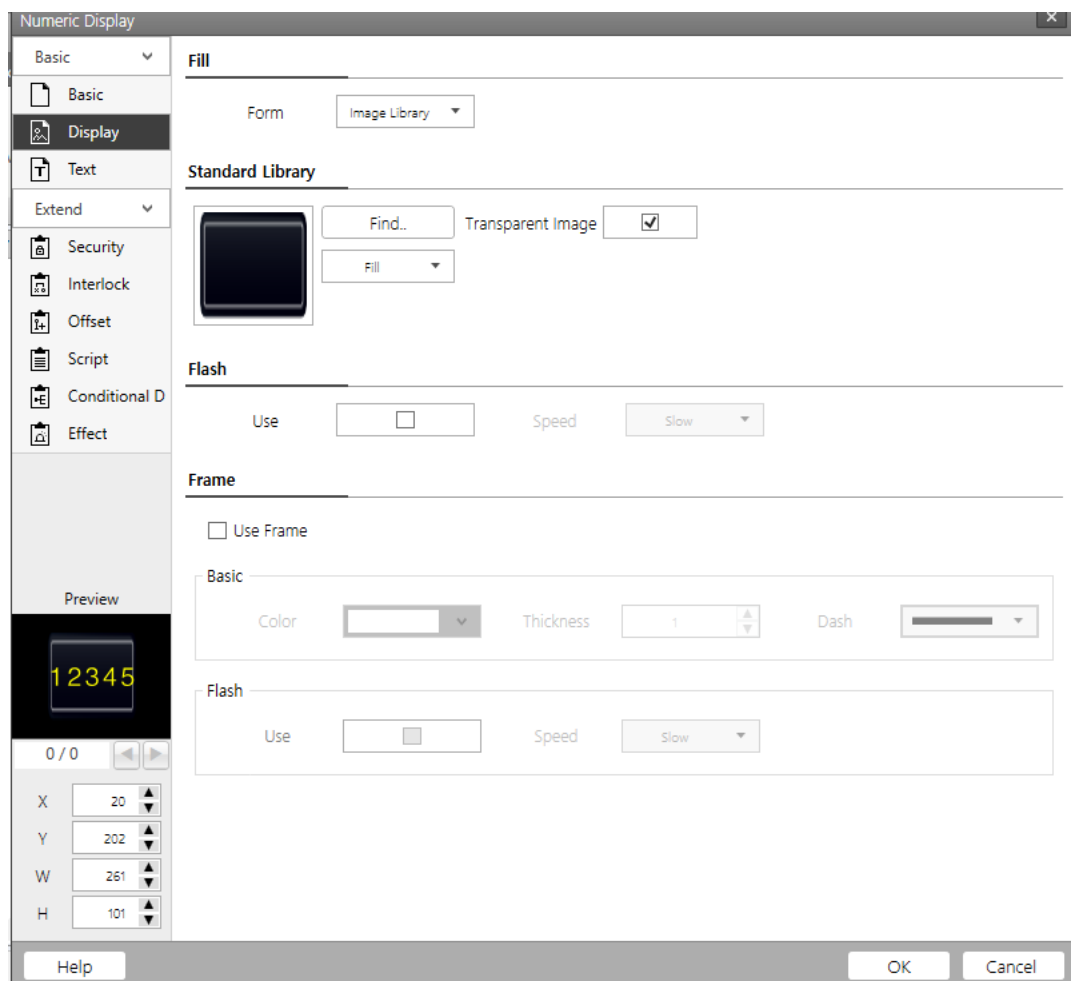


Figura 58. Establecimiento de figura de contador de unidades en atDesigner

Fuente: Propia, 2022

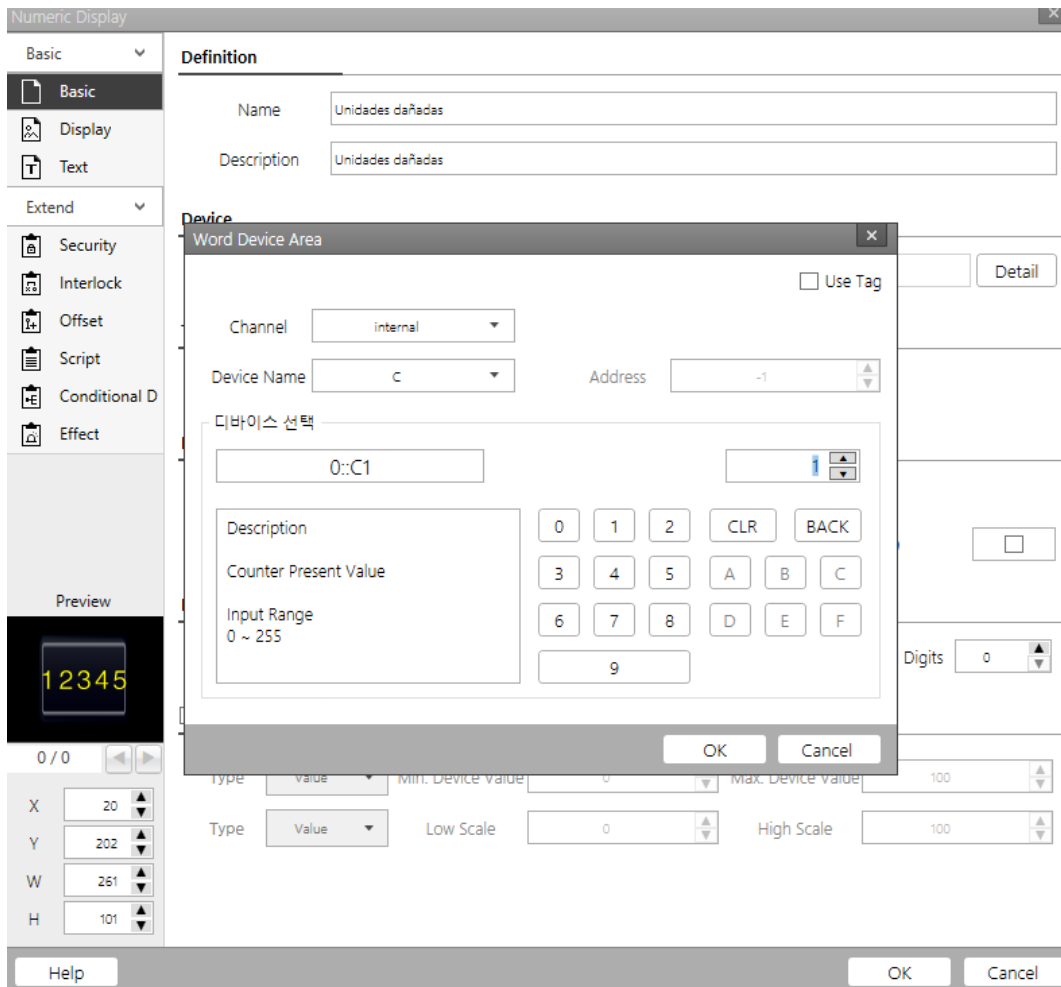


Figura 59. Asignación de contador interno en atDesigner para conteo de unidades

Fuente: Propia, 2022

Habiendo visto los tipos de variables, y los que serán utilizados para manejar o visualizar las diversas funciones del programa de control, se realizó un diseño de interfaz humano-máquina que abarca todas las necesidades del sistema utilizando cada una de las variables por controlar mencionadas en apartados anteriores, y dando también un aspecto visual que facilita el entendimiento y diferenciación de cada una de las variables del sistema.

También se tomó en cuenta el tamaño de la pantalla a utilizar, por lo que el acomodo de los instrumentos se realizó tomando en cuenta este punto de vital importancia, ya que el espacio de trabajo puede resultar engañoso y algunos elementos pueden quedar por fuera de la zona de trabajo al ser el programa cargado al panel lógico. También se utilizaron etiquetas de texto que brinda la herramienta para ponerle títulos a cada uno de los instrumentos utilizados con el fin de que la función de cada uno sea lo más clara posible y evitar confusiones a la hora de estar en

funcionamiento. Por último, se cambió el color del fondo por un tono de gris, para que los demás elementos del sistema resalten, y así se tenga una mejor visibilidad de estos. En la siguiente figura se aprecia el resultado final de la interfaz.



Figura 60. Pantalla de interfaz humano-máquina

Fuente: Propia, 2022

El sistema cuenta con 6 interruptores, 1 por cada producto que la línea de producción cuenta en su rotación actualmente, un botón de vuelta a marcha, un paro total del sistema y un restablecimiento a 0 de los contadores. Por otra parte, se tienen 4 indicadores de diferentes colores, cada uno según se necesita en el programa de control, los cuales son la activación del disparador del sistema de visión en amarillo, el indicador de unidad aceptada en verde, alarma de fallo en rojo y el indicador de cambio de grupo de trabajo en azul. Se utilizaron diferentes colores en cada indicador para así evitar confusiones con los indicadores. Por último, se utilizaron dos contadores de unidades, tanto para las aprobadas como las desechadas, diferenciados cada uno con su título respectivo para evitar confusiones.

4.6 Diseño De Sistema De Visión

Habiendo realizado el diseño de los sistemas de control y de interfaz humano-máquina, se procede a realizar el sistema de visión para el monitoreo de la calidad. Este sistema analizará diversas características de los envases de hojalata para así determinar si son aptos o no para continuar en el proceso. La línea de producción actual cuenta con 3 productos en su rotación, pero actualmente uno de estos 3 productos es el que cuenta con mayor dominancia en las unidades que se producen, por lo que la empresa necesita mayoritariamente realizar, en primer lugar, un sistema de detección para este.

Teniendo este punto en consideración se procederá a realizar una receta para este producto, pero también se crearán las previstas y los espacios necesarios en el programa para que, en caso de realizarse la instalación del proyecto, simplemente se ajusten los parámetros para los otros productos.

Primeramente, se utilizará el software de la marca Autonics llamado VisionMaster, el cual permitirá establecer los parámetros necesarios para que sea aprobada o no la unidad, por lo que se debe tener una referencia tanto de una unidad que fue correctamente producida, como una unidad que contenga defectos para realizar una comparación y saber si realmente se está comparando de manera correcta ambos estados.

Para empezar a crear el proyecto en el software, primeramente se debe seleccionar el dispositivo que se estará utilizando, o bien, se tiene la posibilidad de utilizar el programa como un simulador si en ese instante no se tiene aún el dispositivo en físico para realizar el programa. Al seleccionar un dispositivo si se tiene, se debe corroborar la dirección IP que se tiene en el programa para que la comunicación entre el sistema de visión y la computadora sea correcta.

Para este proyecto, al no haberse realizado ninguna compra, se utilizará el modelo de simulador, para así lograr crear la configuración y en caso de realizar la compra solamente subir el grupo de trabajo al sistema. No obstante, por motivos de este proyecto también se explicarán los pasos sobre cómo realizar la configuración como si se tuviese el dispositivo en mano.

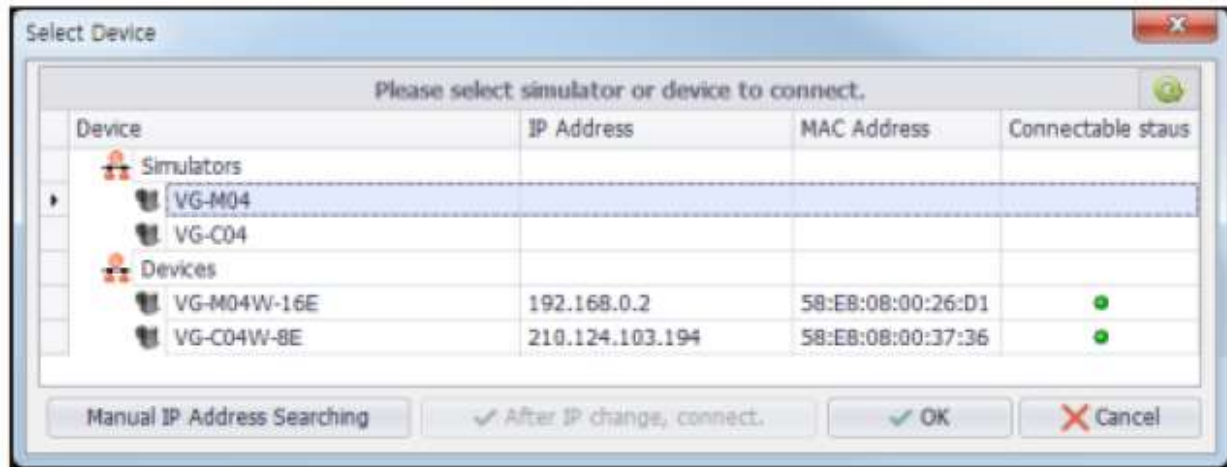


Figura 61. Selección de dispositivo en VisionMaster

Fuente: VisionMaster User Manual



Figura 62. Configuración de red en VisionMaster

Fuente: VisionMaster User Manual

Como fue mencionado anteriormente, y como es observado en la figura 61, el software puede ser utilizado como un simulador según los tipos de sensores de visión que tiene la marca o utilizar los equipos conectados a la computadora. Este tiene la capacidad de controlar visualizar hasta 12 sensores de visión al mismo tiempo, lo que resulta útil en proyectos de gran tamaño. Este sistema además tiene la capacidad de ser conectado a una red y conectarse con un servidor y por medio de un protocolo de transferencia de archivos (FTP), enviar los resultados que se obtienen al servidor.

Esta parte del sistema deberá barajarse si es factible y si se tiene la capacidad de ser implementada en el sitio ya que actualmente no se cuenta con una red para este tipo de programas

y tareas, por lo que se maneja como un punto opcional en la instalación del sistema. En caso de realizarse, esta tendrá los siguientes puntos para tomar en consideración y utilizar:

- Dirección IP y número de puerto del servidor FTP: deben ser obtenidos de la red en caso de implementarse la red y el servidor FTP, para lograr la comunicación entre este y el sistema de visión.
- Usuario y Contraseña: nombre de usuario y contraseña para la seguridad al conectarse con el servidor FTP.
- Prueba de acceso FTP: Verifica la conexión con el servidor FTP.
- Formato de Imagen: Selecciona el formato que las imágenes tomadas por la cámara serán guardadas en el servidor FTP, se puede seleccionar entre formato BMP o JPEG.
- Opciones de guardado: establece las condiciones para el guardado de las imágenes. Puede seleccionarse entre guardar las imágenes de todas las unidades que aprueban la inspección, o en su defecto, las que fallan las inspecciones. Para efectos de este proyecto se seleccionaría la opción de guardar las imágenes de aquellas que hayan fallado la inspección.
- Ruta guardada: establece el lugar a guardar las imágenes en el servidor.
- Nombre del archivo: establece el nombre del archivo a guardar.

Figura 63. Establecimiento de Servidor FTP en VisionMaster

Fuente: VisionMaster User Manual

Posteriormente, se procede a realizar la selección de cómo se quiere que se dé el disparo de la cámara del sensor de visión según la utilidad que se necesite. Para este proyecto, al ser una línea de producción en la cual los productos se movilizan de manera continua, se requerirá utilizar el método de disparador externo, ya que se utilizará el sensor de paso anteriormente mencionado para enviar la señal al sensor de visión.

Además de este método, cuenta con la forma de funcionamiento libre y de disparador interno, pero estos no serán utilizados en el alcance de este proyecto. Asimismo, este tipo de disparo externo cuenta con la posibilidad de activar un retraso, el cual tampoco será utilizado en este proyecto ya que se ocupa que las imágenes sean captadas casi de manera instantánea.

El método de activación externo también cuenta con algunos parámetros que pueden ser manipulados según se necesite en el proyecto, como lo son el tiempo de exposición, retardo en tiempo de exposición, ganancia y el utilizar la luz interna o no, los cuales son parámetros que deberán ser ajustados según se necesite una vez se haya realizado la instalación en campo, para que la imagen captada sea óptima para la tarea a realizar.

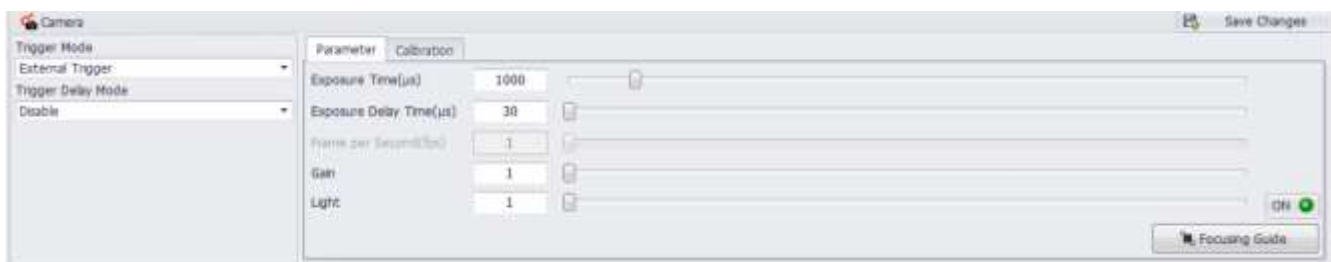


Figura 64. Configuración de disparador de sensor de visión

Fuente: VisionMaster User Manual

Habiendo efectuado la configuración del disparador, se procede a realizar la configuración de las entradas del sistema de visión. Como fue expuesto en apartados anteriores, el sistema cuenta con 4 entradas que se pueden utilizar para ciertas funciones, por lo que es importante basarse en los sistemas diseñados de control y de interfaz humano-máquina para realizar este paso.

Como fue mencionado en la confección del programa de control, se utilizará un disparador externo, por lo cual una de las entradas estará reservada para esta tarea y se empleará un método de cambio de grupo de trabajo de forma paralela, por lo que cada una de las demás entradas disponibles deberán ser asignada como un bit de entrada al sistema para realizar el cambio según la manera que se estableció en el programa.

Estas entradas trabajarán con una lógica positiva, lo que significa que deberá llegar un bit positivo a la entrada para que se activen las funciones de las mismas. Las entradas del sistema, tanto disparador, como bits de cambio de trabajo, serán asignados de la siguiente manera:

Input	Input Mode	Active Level
Trigger	Camera Trigger	J/L High
Input 0	Work Group Change BR 0	J/L High
Input 1	Work Group Change BR 1	J/L High
Input 2	Work Group Change BR 2	J/L Low
Input 3	Work Group Change BR 3	J/L Low

Figura 65. Asignación de entradas del sistema de visión

Fuente: Propia, 2022

Siguiendo sobre la misma línea, se sigue con la asignación de las funciones que tendrán las 4 posibles salidas del sistema. Cada una de estas salidas puede ser asignada con una de varias funciones que el programa puede realizar para delimitar una tarea o función, entre las cuales se encuentran inspección completada, resultado de la inspección, activador de luz externa, alarma, cámara ocupada y cambio de grupo de trabajo.

Para la parte de asignación, también es importante basarse en lo establecido por el programa de control y es lo que se quiere mostrar en el tablero de la interfaz, por lo que se asignarán como salidas inspección completada, resultado de inspección y cambio de grupo de trabajo, ya que son las que se apegan a las necesidades expuestas por el controlador.

La señal de inspección completa se activará cuando, sin importar el resultado, se dio una inspección en el sistema de visión y será asignada a la salida 0. En el caso del resultado de inspección, se utilizará en dos de las salidas, tanto como para cuando se da una inspección aprobada, como cuando se da una que falle, asignadas a las salidas 1 y 2. Por último, se utilizará la salida de cambio de grupo de trabajo para indicar que se dio satisfactoriamente el cambio de los grupos de trabajo, asignada a la salida 3. Estas enviarán señales positivas al panel lógico, que las interpretará y realizará funciones según lo programado.

Output	Output Mode	Control Output	Pulse Type	Duration(ms)	Delay Type	Delay Time(ms)
Output 0	Inspection Complete	NPN	J/L N.O.	1000	After Trigger L...	0
Output 1	Inspection Result	NPN	J/L N.O.	1000	After Trigger L...	0
Output 2	Inspection Result	NPN	J/L N.O.	1000	After Trigger L...	0
Output 3	Changing Work Group Completed	NPN	J/L N.O.	1000	After Trigger L...	0

Figura 66. Asignación de salidas en VisionMaster

Fuente: Propia, 2022

Para los casos de inspección de resultado, se debe realizar una asignación más que dependerá de los resultados de la inspección, y acorde a estos resultados activará o no las salidas. Estas condiciones resultan útiles para adaptar las salidas al funcionamiento del programa del panel

lógico. Entre las funciones están cuando todas las inspecciones estén activadas, cuando se dé una o más fallas en las inspecciones, cuando se tienen inspecciones por alineamiento y aprueban, o bien, se puede realizar una combinación lógica para obtener el resultado que se quiere.

Para este proyecto se utilizarán las opciones de cuando todas las inspecciones son aprobadas y la opción de cuando se da una o más fallas en la inspección, para así mantenerse acorde a la programación y utilizar estas salidas como indicadores para el proceso. Se asignan de la siguiente manera en el software:

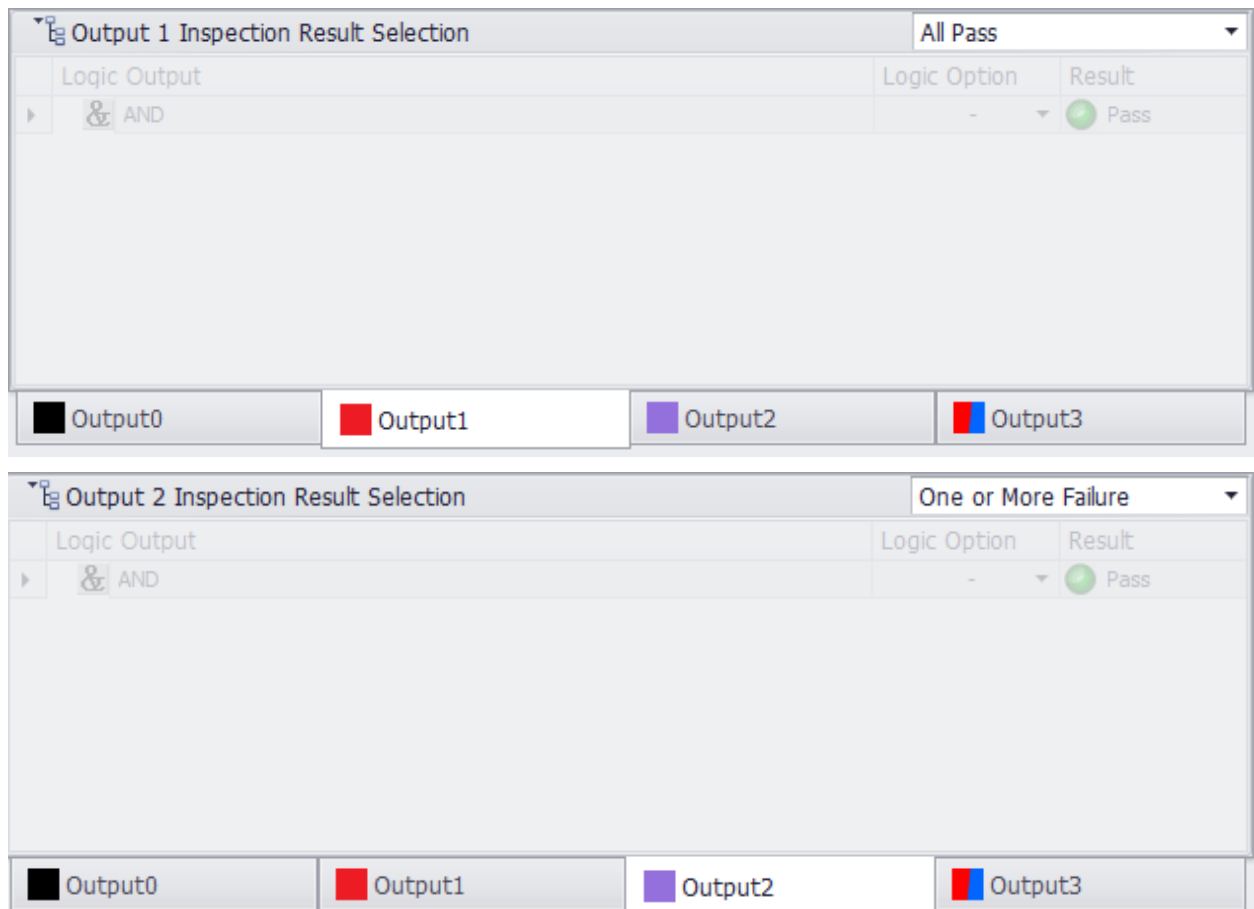


Figura 67. Condiciones para las salidas 1 y 2 del sistema de visión

Fuente: Propia, 2022

Habiendo efectuado estas configuraciones, el siguiente paso es crear las inspecciones que se quiere que se realicen a las latas que pasan por la línea de producción. Para la realización de esta tarea se requiere el uso de al menos 2 muestras, una del producto con las características que se requieren para ser aprobado y otra con defectos de los que se quieren eliminar de la producción final, con el fin de conocer si el sistema está funcionando correctamente al rechazarla. En el caso de

la muestra con defectos, esta contará con un defecto de fondo reventado solamente, ya que es lo que se quiere evitar que llegue a la producción final. Si el programa con los métodos que se utilicen para determinar si aprueba o no es capaz de detectar este defecto en el punto determinado del fondo del producto, será capaz de determinarlo en cualquier otro lugar de la lata.



Figura 68. Imagen de lata sin fallos

Fuente: Propia, 2022



Figura 69. lata con falla en el fondo

Fuente: Propia, 2022

Para la realización de inspecciones, el sensor de visión cuenta con diversas funciones en su sistema para facilitar la detección de errores. Para el alcance de este proyecto, se determina que

las que se acoplan de mejor manera a las necesidades son las funciones de brillo y forma. La función de brillo permite al sistema detectar el brillo promedio del objetivo, realizando una comparación entre el parámetro que se establezca, contra la imagen que el sistema obtiene de entrada cuando el disparador se activa. Este resultará útil para este proyecto y que, al darse deformaciones o roturas en el fondo de la lata, se darán cambios en el brillo promedio que la lata refleja al haber diferencias en su forma comparada con la que sí está correcta.

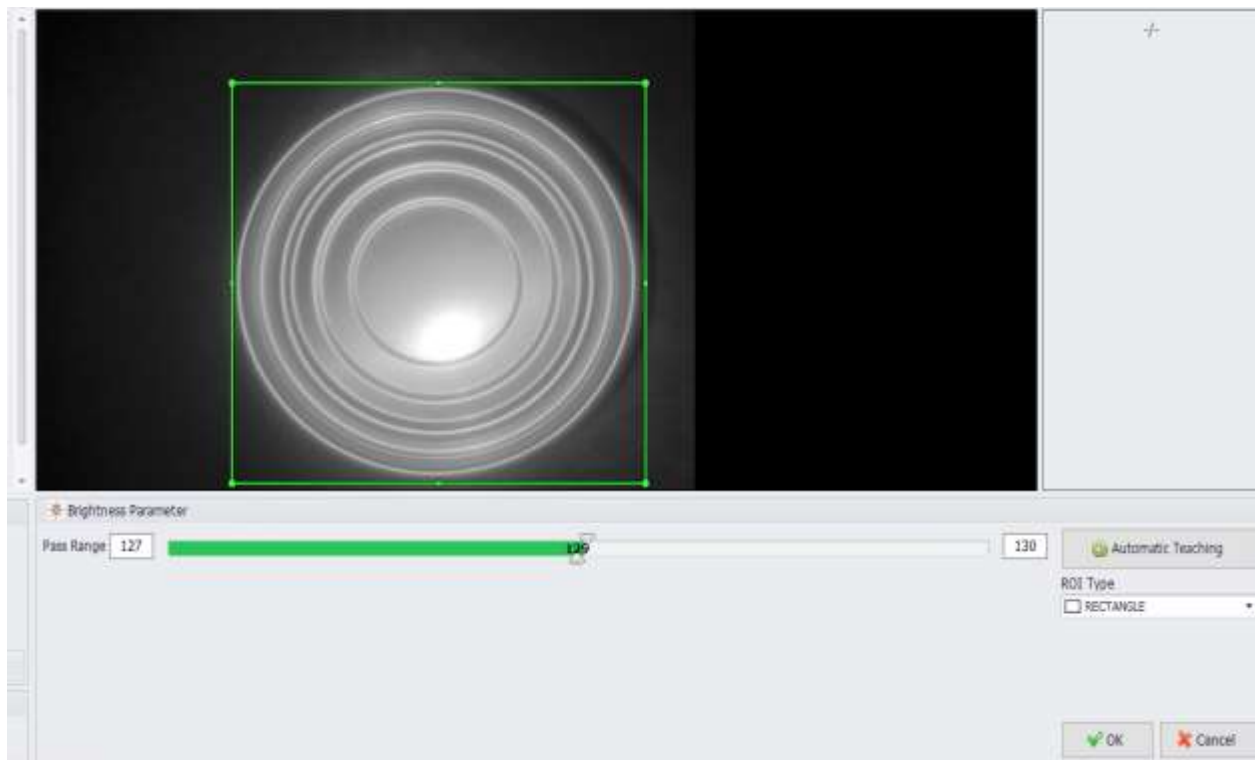


Figura 70. Establecimiento de parámetros e inspección de brillo.

Fuente: Propia, 2022

En este caso, el cuadro verde mostrado en la figura 70 será el punto de referencia donde el sensor de visión escaneará el brillo de la pieza, haciendo una comparación del promedio de brillo entre la imagen de prueba, y la que se tomará en el momento en que se active el disparo del sensor de visión, dando una señal de alerta si existen discrepancias significativas entre ambas unidades. En este caso al ser la pieza que no tiene fallas esta aprobará la inspección. Esta inspección maneja un rango de aprobación que puede ser ajustado según las necesidades del cliente, y es uno de los puntos a referenciar a la hora de realizar una instalación en campo.

En el caso de la inspección de comparación de forma, esta compara las formas, patrones y rasgos de la imagen registrada en el sistema, contra los que muestran la imagen que está entrando

al sistema. Este tipo de inspección será de mucha utilidad, ya que, al darse alguna diferencia significativa en la lata, el sistema la detectará y será deseada por el sistema.

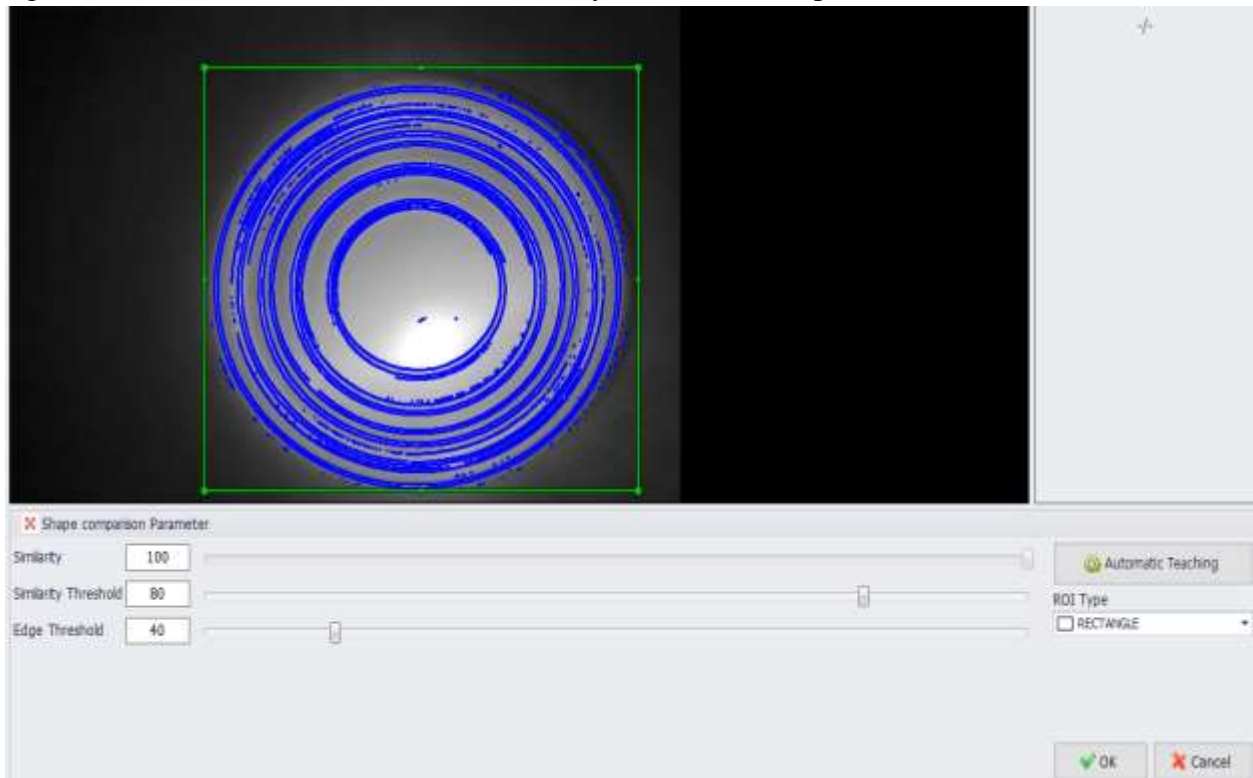


Figura 71. Establecimiento de parámetros e inspección de forma

Fuente: Propia, 2022

Como se observa en la figura 71, la inspección de forma establece un patrón con las diversas características que tiene el fondo de la lata, por lo que, al ser todas las latas virtualmente idénticas, si se detecta alguna diferencia significativa en cualquier parte de la lata, de estas características representadas en color azul en la figura 71, el sistema dará una alerta de fallo en la inspección. La imagen representada en la figura 71 establece los parámetros para la comparación con las imágenes captadas por el sensor de visión, de los cuales se pueden manipular valores según las necesidades del sistema, como el umbral de similitud y el umbral de los bordes, que son parámetros donde se deberá valorar su ajuste una vez el sistema sea instalado en campo.

Una vez creadas estas inspecciones, se procede a realizar pruebas con la imagen de lata dañada, mostrada en la figura 69, con el fin de saber si se están dando de manera correcta las inspecciones en el ambiente controlado que se tiene en este momento. Según el perfil de la lata dañada, esta debe fallar ambas pruebas, ya que, al tener un agujero o algún desperfecto de fondo,

la forma en que la luz se refleja en el fondo de la lata será distinto a la manera que refleja cuando no tiene defectos, lo que dará un valor de promedio de brillo diferente.

En el caso de la inspección de forma, cualquier diferencia significativa de forma en cualquier lugar del fondo de la lata será detectada por sistema de visión, por lo que en ese instante la inspección dará un resultado de fallo. El sistema de visión enviará señal de fallo según lo configurado en el establecimiento de salidas y se mostrarán en el programa de la siguiente manera.

Una vez que se realiza la creación de las inspecciones y se establecen los parámetros de comparación, se procede a cargar los grupos de trabajo establecidos al sistema de visión, para que este realice las tareas establecidas. Teniendo el sistema en físico, el procedimiento se realiza a partir de una ventana en el software VisionMaster, que permite copiar grupos de trabajo de la computadora al sistema de visión y viceversa

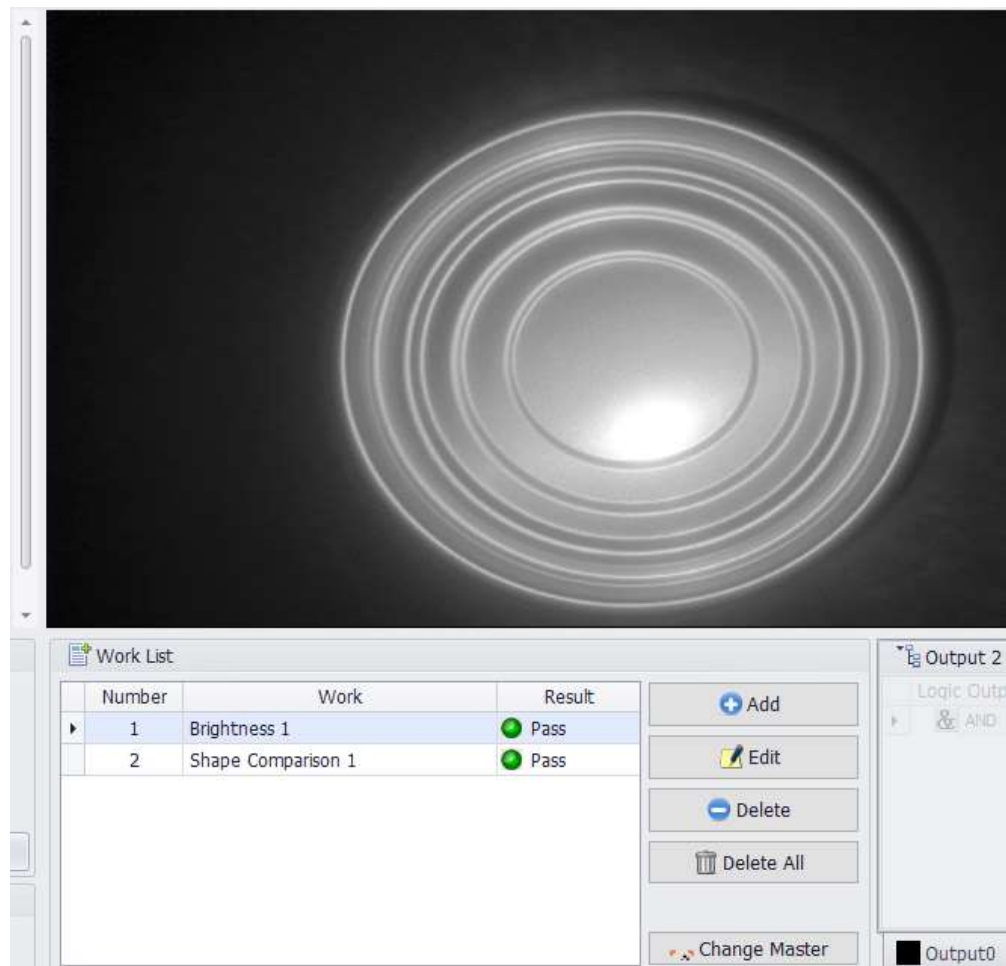


Figura 72. Inspecciones aprobadas

Fuente: Propia, 2022

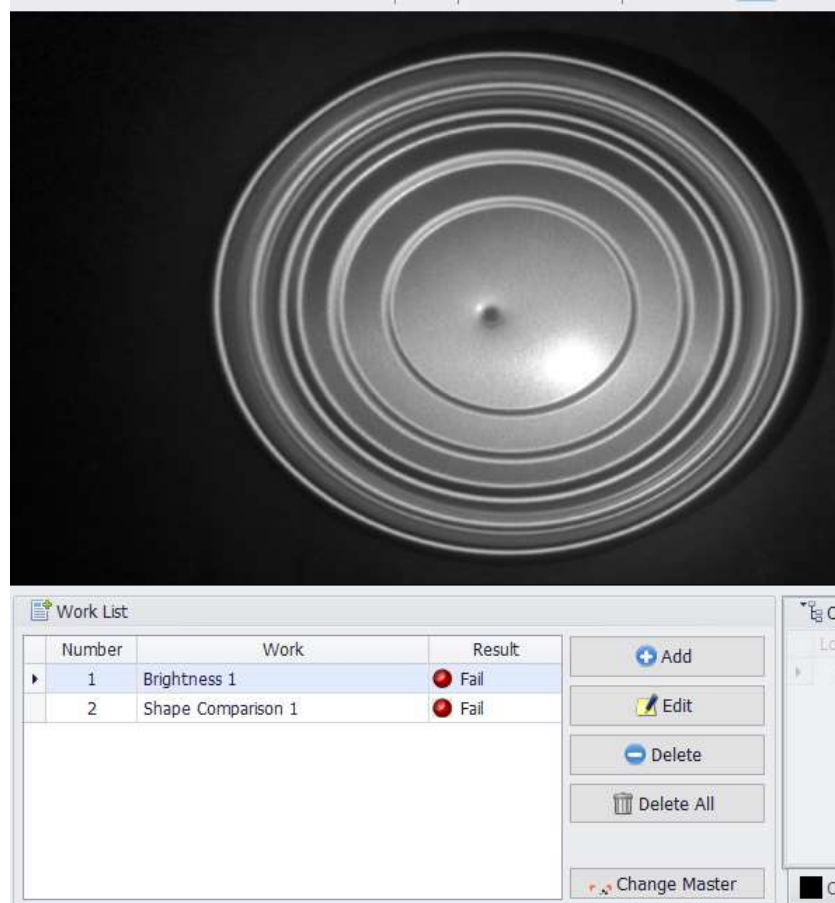


Figura 73. Inspecciones falladas

Fuente: Propia, 2022

Por el modelo de trabajo de bit en paralelo con el que se decidió trabajar, se podrá trabajar hasta con 16 grupos de trabajo. El sistema tendrá la opción de trabajar entre 3 grupos de trabajo, ya que se cuenta con 3 productos en la línea de producción, aunque para motivos de este proyecto solo se creará el grupo de trabajo para la lata con más producción, ya que los demás solo se necesita ajustar los tamaños de las inspecciones, y ese punto es de mejor realización en el sitio. Al no tener físicamente el sistema de visión, se muestra este paso en la siguiente figura:

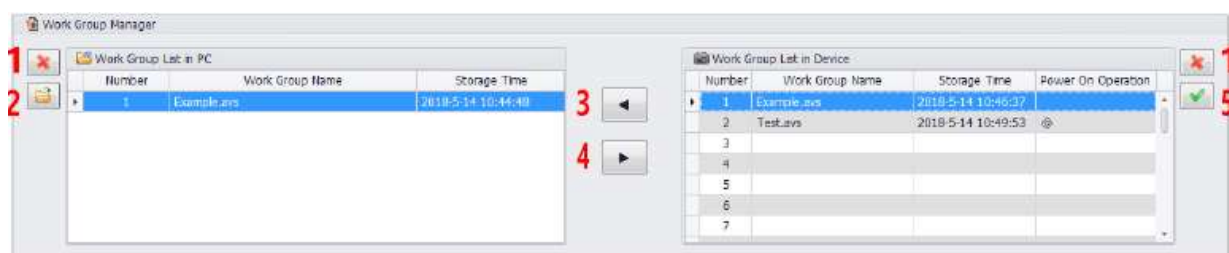


Figura 74. Administración de grupos de trabajo en sistema de visión

Fuente: VisionMaster Manual

Según los puntos enumerados en la figura 74, se tienen las siguientes funciones:

1. Elimina un grupo de trabajo de la computadora o sistema de visión, según se tenga seleccionado.
2. Selecciona una carpeta de la computadora para cargar un grupo de trabajo al software.
3. Copia un grupo de trabajo seleccionado desde el sistema de visión hacia la computadora, con las funciones preestablecidas en ese programa, el cual puede ser guardado en la computadora posteriormente.
4. Copia un grupo de trabajo seleccionado desde la computadora hacia el sistema de visión.
5. Registra el grupo de trabajo seleccionado como el programa a utilizar predeterminado cuando el sistema de visión es encendido.

4.7 Análisis de resultados

Al haber realizado los diferentes puntos de interés que abarcan los alcances de este proyecto, es importante efectuar un análisis de lo que brindan a la mesa. En el caso financiero, el proyecto se percibe como una inversión de gran aporte a la empresa, ya que en términos de los de valores que se manejan en este tipo de industria, la inversión realizada es realmente baja. También es importante mencionar que este sistema no tendrá repercusiones importantes en la facturación eléctrica de la empresa, ya que su consumo es sumamente bajo en comparación con los demás equipos, no solo de la línea en la que se plantea realizar la instalación, sino con los que cuenta la fábrica en general, lo cual brinda una ventaja al no generar gastos que puedan resultar incómodos.

En el tema del valor actual neto, se obtiene un valor de C\$ 3 379 744, el cual es por mucho superior a 0, dando como resultado, según el análisis de esta variable, que el proyecto generará ganancias por encima del costo inicial y de los gastos que conlleva mantenerlo una vez realizado. Este proyecto al tener un valor actual neto de tan alto valor creará valor a la empresa, modificando un activo ya existente, para que funcione de una manera más eficiente y tenga mejor desempeño a la hora de producir los envases, y relegando a otras tareas más importantes activos de la empresa que se dedican a las tareas que el sistema plantea mejorar.

En el caso de la tasa interna de retorno obtenida, marca un punto de suma importancia, ya que con el resultado obtenido por el cálculo de un 49.06%, este valor es considerablemente mayor a la tasa de descuento utilizada para el cálculo del valor actual neto, que es de un 9.24%. Al ser este valor mayor que la tasa de descuento, se toma como respuesta que es un proyecto viable y puede ser aceptado, ya que la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Ambos valores antes mencionados brindan como resultado un proyecto que tendrá una gran tasa de retorno y que su inversión se verá recuperada en poco tiempo, siendo el caso, de no utilizar financiamiento, la inversión sería recuperada en un plazo de 9 meses, lo que para el alcance del proyecto resulta sumamente rentable.

En el caso del sistema de control, se obtiene un programa capaz de satisfacer las necesidades del sistema, con capacidad para ampliarse a futuro y añadir funcionalidades según se adapte el sistema. Este sistema es capaz no solo de conectarse con su interfaz humano-máquina interna, sino que permite también comunicación con el sistema de visión, enviando y recibiendo señales del mismo, para así realizar las funciones establecidas. Esta funcionalidad permite un

sistema con retroalimentación en distintos flancos, dando un extra a la utilidad del sistema, ya que todos sus sistemas están intercomunicados.

El control del sistema permite la ejecución de alarmas en caso de que se den fallos en la inspección de las unidades de producción, mejorando los tiempos de respuesta, así como la reducción de la dependencia de la pericia de operadores para la detección de errores en las unidades, lo que también aumenta la eficiencia de producción al disminuir la cantidad de producto erróneamente catalogado como aceptable. Asimismo, al brindar la configuración para un posible desviador de unidades defectuosas, lo cual, de ser instalado en campo, aumentaría aún más el rendimiento del sistema.

La implementación de contadores, tanto de unidades aprobadas como de unidades defectuosas, brindará la posibilidad de llevar un archivo de los mismos, con utilidad para realizar comparaciones en lapsos de tiempos para así tomar decisiones o simplemente llevar una bitácora de los resultados obtenidos.

Realizando interfaz con el sistema de visión, la función del cambio de grupos de trabajo brinda una muy necesitada versatilidad al sistema, permitiendo la producción e inspección de los diferentes tipos de productos que son producidos en esta línea de producción; con el establecimiento de interruptores para cumplir esta función permite la facilidad a la línea de producción de realizar cambios básicamente instantáneos sin la necesidad de realizar ajustes manuales.

Sumado a esto, el sistema de interfaz humano-máquina integrado en el panel lógico que fue desarrollado permite visualizar y manipular las distintas variables establecidas por el sistema de visión, según sea el caso, de una manera visual e intuitiva, facilitando al técnico especializado ya sean los cambios de productos, las funciones de interruptores establecidas, o bien, indicadores para diversas tareas o alarmas.

Además, visualizar los conteos de unidades aprobadas y rechazadas brinda un estímulo que, como fue mencionado anteriormente, da ventajas a la hora de establecer parámetros de producción y permite a los operadores darse cuenta si están en rangos aceptables o si se necesitan tomar decisiones para mejorar la producción. Estas cualidades dan como resultado una mejora a en tiempos de respuesta y facilidad a la hora de enfrentar eventualidades, siendo claro cuál es cada función, por lo que el operador ve facilitado considerablemente su trabajo.

El hecho que tanto el sistema de control como la interfaz humano-máquina estén integrados en el mismo panel lógico facilita el trabajo, en cuanto permite utilizar las mismas variables, de manera virtual del sistema, establecidas en el programa de control, en el establecimiento de las funciones de la HMI. De esta manera se logra un ahorro no solo económico, sino también de espacio, ya que se evita tener que realizar cableados extra en la planta, lo cual puede sobresalir como una limitante. Esto permite que el sistema dé un diseño más eficiente y tenga menos equipos que puedan ser manipulados o dañados, lo que mejora el sistema en comparación con otros similares instalados en otras líneas de producción de la empresa.

El sistema de visión en conjunto con el panel lógico también brinda ventajas considerables sobre el sistema actual que no tiene este tipo de capacidades instalada. El sistema de visión brinda la funcionalidad de realizar inspecciones a una velocidad de una unidad por segundo durante la producción continua, lo cual, comparado a un ser humano, es ampliamente superior.

Además, las inspecciones establecidas en los grupos de trabajo en el sistema de visión contienen muchos detalles que pueden resultar imperceptibles para el ojo humano, y este sistema es capaz de captarlos en fracciones de segundo, permitiendo así mejorar la calidad de los envases aprobados. Punto alto también es el hecho de poder tener en el sistema hasta 16 grupos de trabajo dada la configuración utilizada, dando cabida a la implementación de nuevos productos si se necesitara, sin buscar un sistema nuevo, ya que el que se desarrolló cuenta con la capacidad de albergar más de los 3 que actualmente se manejan.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se desarrolló el diseño de un sistema con la capacidad de realizar un monitoreo funcional de la calidad de las unidades producidas, el cual detecta defectos en el fondo de la lata utilizando mediante un sistema de visión, el estándar de calidad requerido para las unidades.

- La base del sistema de monitoreo fue realizada mediante el uso del controlador lógico programable integrado en el panel lógico seleccionado, el cual, mediante el uso de periféricos como sensores de entrada, y las señales enviadas y recibidas por el sistema de interfaz humano-máquina, logra monitorear y detectar las fallas en las unidades producidas, tomando decisiones con base en lo estipulado en el programa realizado.

- Se realizó una interfaz gráfica por medio del panel lógico, que visualiza las alarmas y la cantidad de unidades, ya sean producidas o desechadas. Además, al ser una pantalla táctil, permitirá el control del sistema y realizar cambios de grupos de trabajo, facilitando la detección de fallas y también agilizando la manipulación del sistema.

- Se mejora el tiempo de respuesta ante alguna falla, al instalar un sistema capaz de detectar unidades defectuosas de manera virtualmente instantánea, además de haber establecido métodos de alerta y control para agilizar los tiempos de respuesta, y puesta en marcha.

- El diseño realizado en su totalidad reduce la injerencia del factor humano considerablemente, al tomar decisiones según la programación realizada, además de tener una mejor capacidad de respuesta para la detección de fallos en de los fondos de las unidades, tanto en la velocidad, como la calidad de las inspecciones. Se pasa de requerir dos personas encargadas para estas tareas, a solo el sistema diseñado.

- Se comprobó que el sistema creado cuenta con la viabilidad económica para ser implementado en campo, ya que según los cálculos las posibles ganancias que generaría a la empresa en el lapso de un año resultarían en amplias ganancias económicas para la empresa. En caso de no realizar ningún financiamiento, la inversión se recuperaría en, básicamente, 9 meses con solo los ahorros mensuales que se generan. Además, el hecho que las unidades no lleguen al final de producción con defectos, y que sean detectados en el proceso de la línea, da ventajas económicas y de imagen con el cliente.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar la instalación del desviador de unidades defectuosas a la línea de producción. Instalando este elemento, la detección y desecho de las latas que no aprueba inspecciones serán realizadas de manera más rápida y fluida. Asimismo, al implementar el desviador, se puede realizar la eliminación del paro establecido en el programa cuando se detecta una unidad defectuosa, mejorando aún más la velocidad de trabajo de la línea de producción.

- Se recomienda realizar dos tandas de ajustes a los de temporizadores y de las inspecciones que realizará el sistema. Una de preajustes, que debe realizarse cuando se comparan los elementos y se realiza el montaje de los paneles, para tener una plantilla en la cual basarse. El segundo, se realiza cuando el sistema es instalado en la línea de producción, y utilizando los parámetros establecidos en la etapa anterior, se ajustan de acuerdo con las necesidades que se tengan.

- Se recomienda realizar una eventual conexión del a una red de la empresa, con el fin de aprovechar la capacidad de comunicación que el sistema brinda mediante el protocolo de transferencia de archivos, esto con el fin de realizar análisis estadísticos de la línea de producción utilizando bases de datos obtenidas desde el sistema desarrollado.

- De ser posible, se recomienda revisar si es posible aumentar la velocidad actual de la línea de producción, ya que, al integrar un sistema automatizado para la detección de fallas en las unidades, no se depende de la intervención humana, lo que permite trabajar a velocidades mayores que lo que permite el ojo humano, pudiendo dar ganancias económicas a la empresa si se da la posibilidad de realizar este aumento de velocidad.

REFERENCIAS

- Arias, A. S. (15 de Julio de 2014). Tasa interna de retorno (TIR). Obtenido de *Economipedia*.: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Automatización Industrial: Qué es y cómo funciona. (2019). Obtenido de *Aula21*: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>
- Autonics Corporation. (s.f.). AtDesigner Software User Manual. *Autonics Corporation*.
- Autonics Corporation. (s.f.). AtLogic Software User Manual. *Autonics Corporation*.
- Autonics Corporation. (s.f.). LP-A Series Logic Panel User Manual. *Autonics Corporation*.
- Autonics Corporation. (s.f.). Vision Master Software Manual. *Autonics Corporation*.
- Bauerschmitt, R. (2016). ¿Qué son y para qué sirven los sistemas SCADA? *Revista Electroindustria*, 1.
- Circuitos lógicos – Electrónica digital. (2020). Obtenido de *Electronica Unicrom*: <https://unicrom.com/circuitos-logicos-sistemas-digitales/>
- Corporation, A. (s.f.). AtLogic Software Programming Manual. *Autonics Corporation*.
- Defectos Superficiales de la Hojalata. (2021). Obtenido de *Mundolatas*: <https://mundolatas.com/defectos-superficiales-de-la-hojalata/>
- Delgado, R. (1 de Enero de 2019). Pasos a seguir para la integración de Sistemas de Automatización Industrial. Obtenido de INESEM: <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/sistemas-de-automatizacion-industrial/>
- Demush, R. (26 de February de 2019). A Brief History of Computer Vision (And Convolutional Neural Networks) . Obtenido de *Hackernoon.com*: <https://hackernoon.com/a-brief-history-of-computer-vision-and-convolutional-neural-networks-8fe8aacc79f3>
- El Relé: para qué es, para qué sirve y qué tipos existen. (22 de Agosto de 2019). Obtenido de *BlogSEAS*: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>
- IEC. (2013). *IEC 61131-3*. IEC.
- ISO. (2006). *ISO 9241-110*.
- Laughton, M., & Warne, D. (2003). *Electrical Engineer's Reference Book*. Newnes.

- Muñoz, N. (Enero de 2022). Defectos de las Latas: Causas, Efectos y Prevención. Obtenido de *INNOSEN*: <https://www.innosen.com/es/articulos/defectos-de-las-latas-causas-efectos-y-prevencion-2/>
- Peter. (4 de Septiembre de 2017). PLC Ladder Logic Programming Tutorial (Basics). Obtenido de *PLC Academy*: <https://www.plcademy.com/ladder-logic-tutorial/#comments>
- ¿Qué es la ley de Ohm? (2016). Obtenido de *Fluke*: <https://www.fluke.com/es-cr/informacion/blog/electrica/que-es-la-ley-de-Ohm>
- ¿Qué es la Visión Artificial? (s.f.). Obtenido de *IBM*: <https://www.ibm.com/cl-es/topics/computer-vision>
- Ramírez, P. (26 de Septiembre de 2022). Van y TIR: Concepto, diferencias y cómo calcularlos. Obtenido de *Economia3*: <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/>
- Realization of Logic Gate Using Universal gates. (25 de Noviembre de 2021). Obtenido de *Geeg for Geeks*: <https://www.geeksforgeeks.org/realization-of-logic-gate-using-universal-gates/>
- Roldán, P. N. (1 de Mayo de 2017). Análisis financiero. Obtenido de *Economipedia*: <https://economipedia.com/definiciones/analisis-financiero.html>
- Staff, Ed. (s.f.). *What is Ladder Diagram Programming?* Obtenido de Inst Tools: <https://instrumentationtools.com/ladder-diagram-programming/>
- Valor actual neto: así se calcula el valor actual neto de tu inversión. (7 de Mayo de 2019). Obtenido de *Ionos*: [https://www.ionos.es/startupguide/gestion/valor-actual-neto/#:~:text=El%20valor%20actual%20neto%20\(VAN,inversi%C3%B3n%20\(t%20%3D%200\).](https://www.ionos.es/startupguide/gestion/valor-actual-neto/#:~:text=El%20valor%20actual%20neto%20(VAN,inversi%C3%B3n%20(t%20%3D%200).)
- What is Ladder Logic? (s.f.). Obtenido de <https://library.automationdirect.com/>: <https://library.automationdirect.com/understanding-ladder-logic/>

Title: Sistema Vision

Comment : Tesis V1

Program	Sistema Vision
PLC type	LP-A070(T9D8)
Company	
Writer	Gabriel Elizondo
Date	2022/08/13

