

# **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO**



## **INTEGRACION DE SISTEMA DE VISIÓN PARA LA INSPECCION DE LA CADENA DEL TIEMPO EN EL EMSAMBLE DE MOTOR**

Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Elaborada por:

**EDUARDO LÓPEZ PONCE**

Que presenta para obtener el título de:

**INGENIERO EN ELECTRONICA**

Asesora:

**M.C. SUSANA VIOLETA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ**

Uriangato, Gto.

Noviembre de 2020

**“INTEGRACION DE SISEMA DE VISIÓN PARA LA DETECCION  
DE LA CADENA DEL TIEMPO EN EL EMSAMBLE DE MOTOR”**

Elaborada por:

**EDUARDO LÓPEZ PONCE**

Aprobado por. ....

M.C. Susana Violeta Martínez Hernández

Docente de la carrera de Ingeniería Electrónica

Asesor de tesis profesional

Revisado por. ....

Dr. J. Eli Eduardo González Durán

Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices

Revisor de tesis profesional

Revisado por. ....

M.C. Leonel Estrada Rojo

Docente de la carrera de Ingeniería Electrónica

Revisor de tesis profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 06/11/2020

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

Ing. J. Trinidad Tapia Cruz  
Director Académico y de Estudios Profesionales  
ITSUR  
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): López Ponce Eduardo	
Carrera: Ingeniería en electrónica	Núm. de control: E09120284
Nombre del proyecto: Integración de Sistema de Visión para la Inspección de la Cadena del Tiempo en el Ensamble de Motor	
Producto: Tesis profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE



Dr. J. Eli Eduardo González Durán  
Coordinador de Ingeniería Electrónica  
ITSUR

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

		
M.C. Susana Violeta Martínez Hernández	Dr. J. Eli Eduardo González Durán	M.C. Leonel Estrada Rojo

c.c.p. - Expediente



Julio 2017



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

DEPARTAMENTO ACADEMICO	CLAVE:ITEIT0002E IELE-ECR-2020/07
---------------------------	--------------------------------------

Uriangato, Guanajuato, 09/Noviembre/2020

Asunto: Aprobación de impresión de trabajo profesional

**C. López Ponce Eduardo**  
**PRESENTE:**

Por medio de este conducto, le comunico a usted que después de haber sido revisado su trabajo de titulación bajo la del cual se derivó la Monografía Titulada:

**"Integración de Sistema de Visión para la Inspección de la Cadena del Tiempo en el Ensamble de Motor"**

La comisión revisora, ha tenido a bien aprobar la impresión de este trabajo.

**ATENTAMENTE**  
**Dr. J. Eli Eduardo González Durán**  
Coordinación de Ingeniería Electrónica

Instituto Tecnológico Superior  
del Sur de Guanajuato



COORDINACIÓN INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA

C.c.p Unidad de Servicios Escolares  
C.c.p Coordinación de Ingeniería Electrónica  
C.c.p Archivo Consecutivo



Ave. Educación Superior No. 2000 Col. Benito Juárez Uriangato, Guanajuato. C.P. 38980

Tels. (445) 45 7 74 68 al 71 Ext. \*137, e-mail: [electronica@itsur.edu.mx](mailto:electronica@itsur.edu.mx)

[www.tecnm.mx](http://www.tecnm.mx) | [www.itsur.edu.mx](http://www.itsur.edu.mx)



## Agradecimientos

Gracias a dios por darme la oportunidad de verme como la persona que yo quiero, por darme la fuerza y sabiduría para lograr cualquier meta que me proponga. Gracias a mi familia, esposa e hijo, mis padres y mi hermano que siempre han estado conmigo depositando toda su confianza, dándome la fuerza necesaria para continuar y seguir adquiriendo conocimientos para lograr ser mejor persona en todo sentido.

Gracias al instituto tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por darme la oportunidad de haberme formado en él, de conocer personas maravillosas, que gracias a su apoyo y aporte puedo dar por terminado mi camino por la universidad.

Gracias a mis maestros de ingeniera electrónica, por todo el apoyo brindado, por transmitir su conocimiento en cada clase y por prepararse y ser la guía para poder cumplir sueños.

Gracias a la empresa Calvek Componentes que me ha mostrado lo dura y satisfactoria que puede ser la vida laboral, por darme la oportunidad de ser parte de su gran equipo, por fortalecer mis conocimientos y adquirir nuevos con base a la experiencia día a día.

## **Dedicatoria**

Dedico mi Trabajo con gran amor:

A mis padres, Paula Ponce Bastida y Gerardo López Villagómez, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica, muchos de mis logros se los debo a ustedes incluyendo éste.

A mi esposa Daniela Estefania Rodríguez Mendoza e hijo Erick López Rodríguez, que se ha vuelto el promotor de mis sueños en cada nuevo paso que doy, en cada nueva enseñanza de la vida y por estar en cada triunfo. Posiblemente en este momento mi hijo no entienda mis palabras, pero quiero que sepa lo mucho que significa para mí. Es la razón por esforzarme cada día por el presente y el mañana.

A mi hermano Juan Carlos López Ponce el cual siempre ha estado conmigo cuando lo necesito, mi mano derecha, siempre viendo por el bienestar de la familia.

## **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo integrar un sistema de visión que mejorará el proceso de inspección en el ensamble de un motor, disminuyendo el tiempo ciclo de producción y reduciendo los costos por retrabajo basándose en una temprana identificación de defectos en la pieza. Para esto, se integran los equipos de visión en la línea de producción, implementando estructuras mecánicas de perfilería, sistema de identificación por radiofrecuencia, fabricando un gabinete de control y estableciendo comunicación por protocolo ethernet del PLC hacia el sistema de visión. Además de modificar el programa y lógica de una pantalla HMI para el control, activación y monitoreo del sistema.

## **Abstract**

The present work aims to integrate a vision system that will improve the inspection process in the assembly of an engine, reducing the production cycle time and reducing rework costs based on an early identification of defects in the part. For this, the vision equipment is integrated in the production line, implementing mechanical structures of profiling, radio frequency identification system, manufacturing a control cabinet and establishing communication by Ethernet protocol from the PLC to the vision system. In addition to modifying the program and logic of an HMI screen for the control, activation and monitoring of the system.

## Palabras clave

- Sistema de visión
- Poka-yoke
- Control lógico
- Disminución de tiempos
- Marca de la estrella
- Cadena del tiempo
- Inspección
- Área

## Keywords

- Vision system
- Poka-yoke
- Logical control
- Decrease in times
- Gear brand
- Time strin
- Inspection
- Area

---

## Índice de contenido

Capítulo 1 .....	20
Marco teórico (Antecedentes) .....	20
1.1 Sistema de visión artificial.....	21
1.2 Iluminación.....	22
1.2.1 Métodos de iluminación .....	22
1.2.2 Colores complementarios aplicados en la iluminación .....	30
1.1.3 Lentes.....	32
1.1.4 Ópticas.....	33
1.1.5 Cámara.....	35
1.1.6 Unidad de procesamiento .....	38
1.1.7 Polarizadores.....	39
1.3 Definición de PLC. ....	39
1.3.1 Funciones Principales.....	41
1.3.2 Señales de entrada de datos al PLC. ....	43
1.4 Sistema de Identificación .....	45
1.4.1 Cómo funciona el sistema RFID .....	46
1.5 Ethernet/IP .....	46
Capítulo 2.....	49
Planteamiento del problema.....	49
2.1 Identificación.....	49
2.2 Justificación .....	50
2.3 Alcance .....	51

---

Objetivos .....	52
2.4 Objetivos (Sistema propuesto) .....	52
2.5 Objetivos específicos. ....	52
Capítulo 3.....	53
Metodología .....	53
3.1 Origen del proyecto.....	53
3.2 componentes a integrar .....	53
3.3 Diseño de la estructura de Montaje .....	55
3.4 Fabricación y puesta en marcha.....	57
3.5 Armado del gabinete de control intervención con el gabinete en planta .....	59
3.6 Ajuste de la iluminación y estrobo.....	61
3.7 Creación de la red de comunicaciones .....	64
3.8 Calibración de la imagen.....	65
3.9 programación y configuración del sistema de visión.....	67
3.10 Programación Control PLC .....	69
3.11 Modificación y diseño HMI .....	73
3.11.1 Visualización control del sistema para el operador.....	73
3.11.2 Diseño de carga de modelos .....	75
3.11.3 Pantalla de Bypass .....	77
3.12 Verificación modelo del motor.....	78
Capítulo 4.....	79
Resultados .....	79
4.1 Estructura del desarrollo .....	79
4.1.1 Piezas incorrectas .....	81

---

4.2 Programación del software del sistema de visión .....	82
4.3 Identificación de referencia .....	84
4.4 verificación del color.....	86
4.5 Programación y configuración de visualización .....	87
Capítulo 5.....	89
Análisis de resultados .....	89
5.1 Evaluación de inspecciones área A .....	89
5.1.1 Evaluación del área A en la marca bajo condiciones ideales .....	89
5.1.2 Evaluación del área A en la marca piezas erróneas.....	90
5.1.3 Evaluación del área A en el color bajo condiciones ideales.....	91
5.1.4 Evaluación del área A en el color piezas erróneas.....	92
5.2 Evaluación de inspecciones área B .....	93
5.2.1 Evaluación del área B en la marca bajo condiciones ideales .....	93
5.2.2 Evaluación del área B en la marca piezas erróneas.....	94
5.2.3 Evaluación del área B en el color bajo condiciones ideales.....	95
5.2.4 Evaluación del área B en el color piezas erróneas.....	96
5.3 Resultados de las herramientas.....	97
Conclusiones y trabajo a futuro.....	100
Referencias bibliográficas .....	101
Diagramas mecánicos.....	106
Diagramas eléctricos.....	112
Modificación del Programa del PLC .....	118

## Índice de figuras

Figura 1.1 Sistema de visión (Omron corporation, 2020). .....	21
Figura 1.2 Método de iluminación frontal (DCM Sistemas, 2020). .....	23
Figura 1.3 Método de iluminación lateral (DCM Sistemas, 2020). .....	24
Figura 1.4 Método de iluminación Darkfield (DCM Sistemas, 2020). .....	26
Figura 1.5 Método de iluminación Darklight (DCM Sistemas, 2020). .....	27
Figura 1.6 Método de iluminación axial difusa (DCM Sistemas, 2020). .....	28
Figura 1.7 Método de iluminación tipo domo (DCM Sistemas, 2020).....	29
Figura 1.8 Colores complementarios (Omron corporation, 2020). .....	31
Figura 1.9 Colores del espectro visible (DCM Sistemas, 2020). .....	31
Figura 1.10 cámara (Omron corporation, 2020). .....	35
Figura 1.11 Procesador (Omron corporation, 2020).....	39
Figura 1.12 Polarizadores Ópticos (Cognex Corporation, 2020).....	39
Figura 1.13 PLC's ( Centro de Tecnología e Innovación, 2020).....	40
Figura 1.14 comportamiento de señal analógica y digital. ....	44
Figura 1.15 Sistema RFID (Omron corporation, 2020).....	45
Figura 1.16 Aplicación RFID (Omron corporation, 2020). .....	46
Figura 1.17 diagrama básico Ethernet industrial (Siemon, 2020).....	47
Figura 3.1 Descripción de la estructura del sistema.....	56
Figura 3.2 Medidas de la estructura. ....	56
Figura 3.3 Montaje del monitor del sistema de visión.....	57
Figura 3.4 medidas de corte para la colocación del monitor. ....	57
Figura 3.5 Referencia de medidas para montaje de la cámara vista por abajo.....	58

Figura 3.6 Medidas para la placa de montaje de las cámaras. ....	58
Figura 3.7 Guarda de protección para golpes. ....	59
Figura 3.8 Bosquejo de montaje de las cámaras. ....	59
Figura 3.9 Gabinete de control del sistema de visión. ....	60
Figura 3.10 Gabinete de intervención con el PLC (Poka-yoke). ....	61
Figura 3.11 Método lateral de iluminación. ....	61
Figura 3.12 Registro de entradas y salidas del sistema de visión (Omron corporation, 2020). ....	62
Figura 3.13 Descripción del amplificador para las luces de led (Omron corporation, 2020). ....	62
Figura 3.14 Conexión del amplificador para uso de estrobo (Omron corporation, 2020). ....	63
Figura 3.15 Diagrama conexión del sistema implementado (Omron corporation, 2020). ....	63
Figura 3.16 Diagrama de red Ethernet. ....	64
Figura 3.17 diagrama para la red RFID. ....	64
Figura 3.18 Montaje de la antena. ....	65
Figura 3.19 Ajuste de la intensidad de iluminación. ....	66
Figura 3.20 Herramienta para calibrar la imagen. ....	66
Figura 3.21 Diseño del monitor del sistema de visión. ....	67
Figura 3.22 Diseño pieza rechazada. ....	68
Figura 3.23 visualización de rechazo en la cámara 1. ....	68
Figura 3.24 Estructura de la secuencia del programa de PLC. ....	69
Figura 3.25 Diseño del HMI status de la inspección. ....	73
Figura 3.26 Diseño de para agregar modelos. ....	75

Figura 3.27 agregado de señal bypass. ....	77
Figura 3.28 Diagrama para el proceso de funcionamiento RFID. ....	78
Figura 4.1 Puesta en marcha del Sistema. ....	79
Figura 4.2 Puntos de inspección del motor. ....	80
Figura 4.3 Punto A marca y color de Inspección.....	80
Figura 4.4 Punta B marca y color de Inspección.....	81
Figura 4.5 Punto A posición incorrecta de la cadena. ....	81
Figura 4.6 Área B posición incorrecta. ....	82
Figura 4.7 Programa de flujo del sistema de visión.....	82
Figura 4.8 Guardado del área de la estrella. ....	83
Figura 4.9 Área de recortado de imagen.....	84
Figura 4.10 Guardado de la región.....	85
Figura 4.11 Área de búsqueda de la marca. ....	85
Figura 4.12 Compensación de la imagen.....	86
Figura 4.13 Adquirir el color. ....	86
Figura 4.14 Área de detección de color.....	87
Figura 4.15 Diseño de la visualización.....	87
Figura 4.16 Estructura del programa de visualización.....	88
Figura 5.1 Grafica de resultado área A marca estable.....	90
Figura 5.2 Grafica de resultado área A marca con error. ....	91
Figura 5.3 Grafica de resultado área A color estable. ....	92
Figura 5.4 Grafica de resultado punto A color con error.....	93
Figura 5.5 Grafica de resultado punto B marca.....	94
Figura 5.6 Grafica de resultado punto B marca con error. ....	95

---

Figura 5.7 Grafica de resultado punto B color estable. ....	96
Figura 5.8 Grafica de resultado punto B color con error.....	97
Figura 5.9 Grafica de resultaos en línea. ....	98
Figura 5.10 Defecto exceso de grasa.....	99
Figura 5.11 Absorbe defecto con exceso de grasa. ....	99

## Índice de tablas

Tabla 1 Funciones principales de PLC.....	41
Tabla 2 Descripción Entradas digitales y análogas PLC.....	43
Tabla 3 Descripción salidas digitales y análogas PLC.....	44
Tabla 4 Componentes principales y características.....	53
Tabla 5. Registros a utilizar en el Poka-yoke.....	70
Tabla 6 Nuevos registros agregados Poka-yoke.....	71
Tabla 7 Registros del HMI status de la inspección.....	74
Tabla 8 Registros para el agregado de modelos en el HMI.....	76

## Introducción

En la actualidad, el sector automotriz se ve en la necesidad de estar en un proceso de mejora para conseguir su permanencia en el mercado, todo ello causado por el constante cambio en relación a las exigencias del cliente final, donde lograr la satisfacción del mismo se ha vuelto prioridad; para esto las empresas se ven obligadas a estar en un proceso de mejora continua permanente, valiéndose de diversas herramientas enfocadas a cumplir con los estándares de calidad demandados por las empresas ensambladoras.

Dentro de las organizaciones, el área de control de calidad siempre ha sido uno de los procesos más relevantes y decisivos, principalmente, porque esta etapa del proceso tiene consecuencias significativas que repercuten tanto en el resultado final, así como en la organización y eficiencia de la cadena de montaje, lo cual nos puede llevar a lograr la satisfacción del cliente, o, por el contrario, obtener resultados negativos.

Por fortuna, la tecnología ofrece diversas soluciones que facilitan que la línea de producción funcione y cumpla con los requisitos mínimos establecidos, asegurando obtener los estándares de calidad exigidos, siendo los sistemas de visión artificial una de las soluciones más efectivas para realizar tareas de control de calidad, puesto que con estos equipos es posible efectuar trabajos con precisión y rapidez, por medio de la captura de imágenes para distinguir detalles no visibles por el ojo humano permitiendo su análisis en búsqueda de una solución.

En este documento se describirá el desarrollo de la integración de un sistema de visión, cuyo objetivo principal es la mejora del proceso de inspección en el ensamble de un motor reduciendo los costos por retrabajo, basándose en una temprana identificación de defectos en la pieza, por lo que se investigan e identifican las variables y características que determinan si la pieza fue ensamblada de manera correcta. Se realizará la lectura de la información cargada del motor por medio de identificación por radio frecuencia y el resultado de la inspección se transmitirá al PLC de la máquina por medio de protocolo Ethernet/IP y se escribirá el resultado en la información del motor. Adicional se desarrollará una interfaz didáctica donde el operador podrá visualizar el dictamen del sistema y los modelos evaluados.

## **Capítulo 1**

### **Marco teórico (Antecedentes)**

Este capítulo está orientado a detallar aspectos importantes en el ámbito del control de calidad y los usos que tiene la visión artificial para mejorar este campo. Empezando desde los conceptos básicos, se pretende explicar cómo ha ido incrementando el uso de visión computarizada en todos los campos industriales y las ventajas que conlleva. Además de pequeños conceptos que pueden ayudar a manejar el software.

Una de las mayores dificultades en la inspección de un producto, es la supervisión de la apariencia visual, realizada en la mayoría de las ocasiones por inspectores humanos. El sistema de visión humano es óptimo para funcionar en entornos de inspección variados e inconstantes. La exactitud del sistema humano de visión empeora con el trabajo repetitivo y monótono. Aun cuando es alta la necesidad de precisión y exactitud; ciertamente las personas tienen un periodo limitado de atención, lo cual las hace susceptibles a distraerse. Además, presentan ciertas inconsistencias en su sensibilidad visual en el transcurso de día y de un día a otro. En ocasiones se requiere de mucho tiempo para medir las dimensiones importantes de una sola parte, o analizar defectos superficiales en piezas. El resultado es una inspección lenta, cara y errática. En razón al tiempo y al costo de la inspección manual, generalmente se usan procedimientos de muestreo estadístico para reducir la necesidad de inspeccionar todas las partes o en su caso todo un lote de productos.

## 1.1 Sistema de visión artificial

La inspección visual automática se define como: proceso de control de calidad mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes y reconocimientos de patrones, determina automáticamente si un producto se desvía de las especificaciones de fabricación (Newman y Jain, 1995).

Los sistemas automáticos de inspección, basados en sistemas de visión y otras tecnologías complementarias, permiten uniformizar el proceso de inspección, así como también, la inclusión de la inspección en etapas intermedias del proceso productivo, con la posibilidad de ajustar dicho proceso al tiempo que facilitan eliminar piezas defectuosas en dichas etapas, con el correspondiente ahorro de costos y la oportunidad de reciclar el material. (Groover, 1989)

Los sistemas de visión artificial se basan en sensores digitales protegidos dentro de cámaras industriales con ópticas especializadas en adquirir imágenes, para que el hardware y el software puedan procesar, analizar y medir diferentes características para tomar decisiones, figura 1.1.



Figura 1.1 Sistema de visión (Omron corporation, 2020).

Un sistema de visión está conformado de la siguiente lista de elementos a mencionar:

- Iluminación
- Lentes
- Cámara
- Unidad de Procesamiento

Y se describen a continuación:

## **1.2 Iluminación**

La iluminación se usa para garantizar que la imagen del elemento inspeccionado muestre con claridad las características deseadas y que las condiciones de luz sean las mismas para cada inspección, aunque cambien las condiciones de luz ambiente.

### **1.2.1 Métodos de iluminación**

#### **1.2.1.1 Iluminación Frontal**

La cámara se posiciona mirando al objeto en la misma dirección que la luz. Esto reduce las sombras, suaviza las texturas y minimiza la influencia de rayas, polvo e imperfecciones que pueda tener el objeto. La cámara recibe la luz reflejada del objeto. Este tipo de iluminación se consigue mediante anillos de luz.

La iluminación frontal, figura 1.2 se utiliza normalmente para inspeccionar objetos que son fáciles de iluminar y requieren un alto contraste. Sin embargo, crea reflejos especulares cuando se usa con materiales brillantes o reflectantes. (DCM Sistemas, 2020).



**Figura 1.2 Método de iluminación frontal (DCM Sistemas, 2020).**

Ventajas: Elimina sombras, se puede utilizar a grandes distancias cámara/objeto.  
Inconvenientes: Intensos reflejos sobre superficies reflectantes.

Las fuentes de iluminación que se utilizan normalmente para la iluminación directa son:

- Anillo de luces
- Luces angulares
- Luces de anillo de ángulo bajo
- Luces de barra

Aplicaciones Típicas:

- Presencia / ausencia de objetos grandes

- Inspección de objetos de forma irregular
- OCR / OCV (varios materiales / formas)
- Detección de bordes
- Inspecciones de etiquetas

### 1.2.1.2 Iluminación lateral

La cámara se posiciona mirando al objeto mientras que la dirección de la luz es lateral al objeto, figura 1.3. El grado de inclinación del elemento emisor de luz vendrá determinado por el grado deseado de resalte de los relieves. (DCM Sistemas, 2020).



Figura 1.3 Método de iluminación lateral (DCM Sistemas, 2020).

Aplicaciones: Indicada para resaltar bordes, rayas y fisuras en una dirección determinada.

Produce un reflejo menos intenso que la iluminación directa. Por lo tanto, la iluminación indirecta se utiliza a menudo para objetos de inspección brillantes y / o de forma irregular.

Ventajas: Resalta los relieves por pequeños que sean de los objetos, resultando una sombra muy definida.

Inconvenientes: Con ángulos pequeños respecto a la horizontal, la luz producirá sombras en todos los relieves y en el contorno de la pieza.

Las fuentes de luz que se utilizan normalmente para la iluminación indirecta son:

- Anillo de luces
- Luces traseras
- Luces de barra.

Aplicaciones Típicas:

- Inspección de objetos pequeños
- Inspección de láminas
- Inspección de superficie especular

### **1.2.1.3 Iluminación por campo oscuro (Darkfield)**

La luz es emitida lateralmente con un ángulo muy pequeño mediante un anillo en todas las direcciones, rebotando en los defectos del objeto a analizar e incidiendo en la cámara, figura 1.4.



**Figura 1.4 Método de iluminación Darkfield (DCM Sistemas, 2020).**

Como solo la variación más pequeña en la superficie regresa a la cámara, la parte plana de la superficie alrededor de la variación se oscurece en la vista del lente. Esa es la razón por la que esta técnica de iluminación también se llama "Campo oscuro". (DCM Sistemas, 2020)

Ventajas: Destaca los detalles en superficies con muy poco contraste.

Inconvenientes: No es recomendable en superficies que absorban la luz.

Aplicaciones Típicas:

- Detección (varios materiales), paso y posicionamiento de bordes
- Visualización de estructuras superficiales (contornos, rayones, grietas)
- Resaltado de partes de contorno sin filtrado de software (procesamiento de imágenes)
- Inspección de defectos de superficie y características
- Inspección de objetos redondos

#### 1.2.1.4 Iluminación por contraste (Backlight)

Un campo uniforme de iluminación se proyecta desde la parte posterior de un objeto, figura 1.5. Por lo tanto, la cámara ve el objeto como una silueta. La iluminación de fondo se utiliza principalmente para tomar medidas o determinar la orientación de las piezas. (DCM Sistemas, 2020).



**Figura 1.5 Método de iluminación Darklight (DCM Sistemas, 2020).**

Ventajas: Permite inspecciones de siluetas con mediciones muy precisas y de impurezas en los objetos transparentes o translúcidos.

Inconvenientes: No permite reconocer los detalles superficiales del objeto, códigos, inscripciones, etc.

Las fuentes de luz que se utilizan normalmente para la iluminación trasera son:

- Luces traseras

Aplicaciones Típicas:

- Detección de bordes
- Nivel de llenado (recipiente transparente)

- Tapado
- Inspección / detección / posicionamiento de orificios pasantes
- Inspección de tamaño / forma

### 1.2.1.5 Iluminación Axial difusa

La luz es emitida lateralmente siendo reflejada 90° por un espejo semitransparente que desvía los haces de luz en la misma dirección que el eje de la cámara, consiguiendo una luz difusa homogénea, figura 1.6. En superficies planas reflectantes si no se utiliza este método de iluminación, la cámara vería reflejado su propio objetivo. (DCM Sistemas, 2020).



Figura 1.6 Método de iluminación axial difusa (DCM Sistemas, 2020).

Ventajas: Permite inspecciones de códigos en materiales altamente reflectantes.

Inconvenientes: No permite reconocer relieves en el objeto.

Las fuentes de luz que se utilizan normalmente para la iluminación de condensación son:

- Focos (luces coaxiales)

Aplicaciones Típicas:

- Inspecciones de envases de aluminio
- Detección de arañazos en superficies de espejos
- Inspección de etiquetas de aluminio

### 1.2.1.6 Iluminación difusa tipo domo

La luz es emitida dentro de una cúpula esférica resultando una luz difusa desde todas direcciones, eliminando sombras y reflejos, suavizando texturas y minimizando la influencia de rayas, polvo, relieves y curvaturas que pueda tener el objeto inspeccionado, figura 1.7. A este tipo de iluminación también se le denomina iluminación de día nublado por no producir ningún tipo de sombra al objeto. (DCM Sistemas, 2020).



**Figura 1.7 Método de iluminación tipo domo (DCM Sistemas, 2020).**

Ventajas: Eliminación de sombras y minimización de arrugas, polvo y relieves.

Inconvenientes: Coste elevado.

Las fuentes de luz que se utilizan normalmente para la iluminación indirecta son:

- Anillo de luces
- Luces de anillo de ángulo bajo
- Luces de techo
- Luces traseras
- Luces de barra.

Aplicaciones Típicas:

- Inspección de objetos pequeños
- Inspección de láminas
- Inspección de superficie especular

### **1.2.2 Colores complementarios aplicados en la iluminación**

Los colores complementarios son colores en lados opuestos del círculo de color. Esto se utiliza cuando tenemos una marca, roja utilizaremos una luz verde ya que es su color complementario del rojo, figura 1.8.



**Figura 1.8 Colores complementarios (Omron corporation, 2020).**

Un objeto aparece oscuro cuando el color claro es su color complementario y parece brillante si el color claro es un color similar de su propio color.

### **1.2.2.1 Iluminación blanca**

La luz blanca está formada por la suma de los tres colores primarios RGB (rojo, verde y azul) y esto produce un color blanco resultado de la superposición de todos los colores del espectro visible. Se usa normalmente en cámaras a color, muy útil para ajustar escala de color y detectar las diferentes tonalidades de color de una imagen, figura 1.9.



**Figura 1.9 Colores del espectro visible (DCM Sistemas, 2020).**

### 1.1.3 Lentes

Una lente se caracteriza por un índice de refracción, una reflexión y una dispersión. El índice de refracción  $n$ , describe la capacidad que tiene la lente para reducir la velocidad de la luz cuando pasa a través de ella. Se define como un cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz al cuando pasa a través de la lente.

$$n = \frac{\text{velocidad de luz en vacío}}{\text{velocidad de la luz en el material}} = c/v \quad (1.1)$$

Siendo:

$$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Las lentes con un bajo índice de refracción tienen menos reflexión de forma natural. Para aumentar el índice de reflexión en las lentes con un alto índice de refracción, se utilizan recubrimientos que permiten reducir la reflexión. La dispersión describe la variación del índice de refracción con la longitud de la onda de la luz que atraviesa la lente.

$$V_d = \frac{n_d - 1}{n_f - n_c} \quad (1.2)$$

Siendo:

$n_d$  = índice de refracción en 587.6nm (verde)

$n_f$  = índice de refracción en 486.1nm (azul)

$n_c$  = índice de refracción en 656.3nm (rojo)

Finalmente, la reflexión es el fenómeno que se produce cuando la luz cambia de medio y una parte de ella es devuelta al medio de procedencia. Por ejemplo, cuando la luz pasa del aire al cristal de la lente, se tiene entre un 8% y un 10% de pérdidas,

las cuales dependen de la longitud de onda de la misma. Para reducir la reflexión, se añaden recubrimientos a la lente que permiten tener unas pérdidas de hasta el 0.25% o menos. Sin embargo, aunque el recubrimiento anti reflexión mejora significativamente el comportamiento de la lente, es necesario tener en cuenta, que esta mejora sólo se produce para las longitudes de onda para las cuales el recubrimiento anti reflexión ha sido diseñado.

Fuera de estas longitudes de onda el comportamiento de la lente puede ser diferente al esperado. Este efecto se utiliza para construir lentes que filtren unas determinadas longitudes de onda. (Alegre , Pajares, & de la E, 2016)

### **1.1.4 Ópticas**

La óptica se encuentra dispuesta en el objetivo, que es un conjunto complejo de lentes y mecánica dispuestas en un cilindro metálico y que dispone de una rosca o bayoneta que permite su incorporación al cuerpo de la cámara y su intercambio

Las ópticas con zoom o varifocales permiten cambiar la distancia focal o el ángulo del campo de visión de la lente. Los sistemas ópticos con zoom mantienen enfocado el objeto mientras la distancia focal se modifica. Por el contrario, con las ópticas varifocales, es necesario reenfocar de nuevo el objeto cada vez que se cambia la distancia focal. El cambio de distancia focal permite diferentes campos de visión para ser capturados sin necesidad de cambios en el resto del sistema de visión. Las ópticas con zoom son ideales para aplicaciones donde es necesario inspeccionar con un único sistema de visión objetos grandes teniendo en cuenta algunos pequeños detalles.

Las ópticas disponen de un diafragma que permiten regular la cantidad de luz que llega al sensor.

La apertura del diafragma condiciona la profundidad de campo, la sensibilidad del sensor y la cantidad de luz necesaria en la escena para capturar una imagen de calidad. El número  $f$  máximo, que es la mayor apertura del diafragma en la escala  $F$  que se profundizará más adelante. Ésta es: 1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 12, 16, 22, 32 y cada una de las cifras de esta escala (de izquierda a derecha) indican que el objetivo deja pasar el doble de luz que la cifra anterior. En dicha escala el paso de una cifra a la siguiente, en cualquier sentido, se denomina un punto del diafragma o stop. (Alegre , Pajares, & de la E, 2016)

Como resumen de este punto, a la hora de seleccionar la óptica adecuada para una aplicación dada, cabe considerar:

- a) Montura C y CS que se profundizara más adelante. Las cámaras con montura CS permiten acoplar tanto ópticas CS como C, pero en este último caso requieren de un anillo adaptador.
- b) Distancia focal. Determina el ángulo de visión y por tanto el tamaño de cuadro de la escena que se proyectará como imagen. Valores pequeños equivalen a ópticas de gran angular (ángulos de visión grandes), mientras que los valores grandes equivalen a teleobjetivos (ángulos de visión pequeños). Se mide en mm.
- c) Formato del sensor de la cámara. Se refiere al tamaño del sensor de la cámara, con lo cual, para una misma distancia focal de óptica, a menor formato de cámara el ángulo de visión es más pequeño y viceversa: una óptica de 8 mm proporciona mayor ángulo de visión en una cámara de 2/3" que en una de 1/3". Por tanto, indica el ángulo de visión y los valores típicos son 2/3", 1/2" y 1/3".
- d) Apertura. Determina la cantidad de luz que deja pasar la cámara y, por tanto, la sensibilidad.

Se representa por un número (F) y que es el coeficiente entre la distancia focal  $f$  y el diámetro efectivo de la óptica. Números de F menores corresponden a ópticas que dejan pasar más luz.

### 1.1.5 Cámara

La cámara es el dispositivo que, utilizando un objetivo formado por un juego de lentes y el diafragma, construye una imagen sobre el plano del sensor compuesto de elementos fotosensibles, la digitaliza y la transmite hacia la tarjeta de adquisición del procesador. Están compuestas por un sensor y la electrónica asociada en (Alegre , Pajares, & de la E, 2016) se definen los parámetros de la cámara de la siguiente forma.

Las cámaras proporcionan una señal de vídeo en un formato estándar para su digitalización (en el caso analógico) o directamente la información en formato digital que constituye la imagen captada por la misma (en el caso de cámaras digitales), figura 1.10.



Figura 1.10 cámara (Omron corporation, 2020).

Montura entre la óptica y el cuerpo de cámara:

La montura de la cámara puede ser C, CS o F. La montura C es la más común la cual deja 17,5 mm de separación entre la óptica y el sensor. La montura CS es compatible con la C si se utiliza un separador de 5mm ya que la distancia entre el sensor y la óptica con esta montura es de 12,5 mm. La montura F se utiliza en cámara con sensores grandes. La distancia entre la óptica y el sensor con este tipo de monturas es de 46,5 mm la cual la hace ideales para cámaras con sensores lineales.

Formato del sensor:

CCD (Charge Coupled Device) y CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) son diferentes tecnologías utilizadas en la construcción del sensor para convertir la luz en señales eléctricas. Los sensores CMOS se utilizan en aplicaciones donde es necesario un bajo consumo de energía o en las que el espacio es reducido. El nivel de ruido en una imagen capturada con tecnología CMOS es mayor que una captura con tecnología CCD. Además, el rango dinámico del sensor es notablemente menor que el de un sensor de las mismas características desarrollado con tecnología CCD. Por el contrario, los sensores CMOS son más rápidos y tienen un menor consumo que los sensores desarrollados con tecnología CCD. Los sensores CCD se recomiendan en aplicaciones donde es necesaria una mayor calidad de imagen.

Para poder seleccionar la cámara y la óptica que compongan el sistema de visión que mejor se adecue a la aplicación que se desea resolver es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros:

1. Campo de visión (Field Of View, FOV): área del objeto o escena del que se desea capturar una imagen.

2. Resolución: tamaño de la característica más pequeña del objeto que se desea que se vea en la imagen.
3. Distancia de trabajo: separación que existe entre el objeto que se captura la imagen y la óptica.
4. Profundidad de campo: máxima profundidad del objeto necesaria para conseguir un enfoque adecuado.

Como resumen de este punto, vamos a señalar los factores que son convenientes comprobar a la hora de seleccionar una determinada cámara:

a) Iris electrónica (Electronic Light Controller (ELC)). Esta función en una cámara, permite el ajuste a variaciones de luz ambientales, mediante el uso de un obturador electrónico automático. En la práctica actúa como un auto iris y permite usar ópticas de iris fijo o manual con el mismo efecto que si se usaran ópticas auto iris.

b) Auto Iris (AI) - AI vídeo y AI DC (DD). Las cámaras que incorporan esta función permiten trabajar con ópticas de iris automático. Se utilizan dos métodos de control: 1) Autoiris vídeo, en el que la cámara envía a la óptica una señal de vídeo de referencia que se convierte en la tensión necesaria para mover el mecanismo del iris y 2) Autoiris DC (o DD), que se diferencia del anterior en que se envía directamente la tensión correspondiente a la óptica.

c) Sincronización a línea (Line Lock). Si se tienen varias cámaras que obtienen al mismo tiempo varias imágenes de la escena desde diferentes puntos de vista, es usual que se produzcan saltos y oscilaciones (jitter) de la imagen. Para evitar este problema es necesario sincronizar las cámaras tomando como referencia una señal común. En las cámaras con sincronización de línea se toma como referencia la alimentación alterna (AC) de las cámaras.

d) Sincronización externa (Gen Lock). Este método de sincronización requiere una generación externa de la señal de sincronismo. Esta señal externa se distribuye a cada cámara a través de un cable coaxial independiente. La señal externa de

referencia puede provenir de un generador de señal independiente o de la salida de vídeo de una cámara. Éste es el único método que proporciona una sincronización perfecta (vertical y horizontal).

e) Resolución. Es la capacidad de una cámara de producir una imagen detallada. La resolución está determinada por la composición espacial del número de líneas y columnas del sensor. Se expresa en números de elementos sensibles y dependerá, en definitiva, del número de píxeles del CCD.

f) Sensibilidad. Es el límite de trabajo de una cámara en condiciones de baja iluminación. Se expresa en Lux e indica el nivel de iluminación mínimo de la escena con el que puede trabajar una cámara. (Alegre , Pajares, & de la E, 2016)

### 1.1.6 Unidad de procesamiento

La unidad de procesamiento puede comparar los valores de color e intensidad de los píxeles con los límites predeterminados de aprobado/rechazado, y calcular un resultado de la inspección, figura 1.11. Este resultado se envía después como E/S digital o a través de otros medios de comunicación a un autómata programable para mejorar el control de la máquina.



**Figura 1.11 Procesador (Omron corporation, 2020).**

### **1.1.7 Polarizadores**

Los polarizadores son filtros ubicados delante de las luces LED y del lente de la cámara con una desviación de 90 grados. Se los utiliza en las aplicaciones de procesamiento de imágenes para disminuir el brillo o los puntos importantes y mejorar el contraste de modo que se puedan reconocer todos los objetos (Cognex Corporation, 2020) , figura 1.12.



**Figura 1.12 Polarizadores Ópticos (Cognex Corporation, 2020).**

### **1.3 Definición de PLC.**

Un PLC es un Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller), en sí es un sistema de control, figura 1.13. Los PLC's son dispositivos electrónicos o computadoras digitales de tipo industrial que permiten la automatización, especialmente de procesos de la industria, debido a que controlan tiempos de

ejecución y regulan secuencias de acciones. ( Centro de Tecnología e Innovación, 2020)

De acuerdo con la definición de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) un PLC es: “Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos”.



**Figura 1.13 PLC's ( Centro de Tecnología e Innovación, 2020).**

Su uso es extensivo en el control de una gran variedad de procesos industriales de distinta magnitud y su aplicación va desde la automatización de máquinas de fabricación y líneas de ensamblaje en un proceso aislado, hasta aplicaciones que requieran comunicación en red de PLCs, ordenadores y otros dispositivos de control, permitiendo una integración y manejo total de la información en planta. El

potencial de los PLCs en el mejoramiento de los procesos industriales se basa fundamentalmente en las siguientes cualidades:

- Alta confiabilidad
- Alta integración
- Simplificación del cableado
- Mayor flexibilidad y funcionalidad en los procesos controlados
- Alta velocidad de respuesta del sistema
- Comunicación en red
- Bajo costo

### 1.3.1 Funciones Principales.

Las funciones del PLC nos permiten conocer el funcionamiento para definir para nuestras aplicaciones que tipo de PLC a utilizar en general cuanta con las siguientes características, tabla 1.

**Tabla 1 Funciones principales de PLC.**

Lógica	Una combinación de señales en una secuencia específica para controlar una salida.
--------	---

	Ejemplo: Si el interruptor en una habitación se enciende la luz se encenderá.
Temporización	Funciones de temporización para determinar el intervalo de tiempo transcurrido desde el inicio de un evento, hasta que transcurra el tiempo preestablecido. Ejemplo: El motor de una bomba funciona por 2 minutos después de activado el botón de arranque.
Conteo	Funciones de conteo para acumular o totalizar eventos repetitivos hasta un valor predeterminado. Ejemplo: Contar el número de píldoras en una botella, o número de piezas rechazadas, etc.
Secuenciación	Especificar el orden de eventos en un proceso o máquina. Ejemplo: Una mesa rotatoria, debe cargar una pieza, perforarla, lijar el orificio, verifica, descargar la pieza.
Matemáticas	Funciones matemáticas usadas para calcular medidas, distancia, proporción, porcentaje, etc. Ejemplo: Dividir las piezas rechazadas por el total producido y multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje.
Almacenamiento de Datos	Funciones de búsqueda y/o almacenamiento mediciones con un cierto periodo de tiempo como datos históricos. Ejemplo: Almacenamiento de mediciones de presión y temperaturas de un proceso.
Mantenimiento	Funciones de diagnóstico y/o mantenimiento del PLC, así como del proceso o máquina, programación de

	mantenimiento preventivo. Ejemplo: Identificar alarmas del sistema; si un cilindro toma más de 5 segundos en retraerse, enviar un mensaje al operador para que verifique una posible falla en el cilindro.
Comunicaciones	Funciones de comunicación para la transmisión de información, hacia dispositivos externos, a través de diferentes puertos y protocolos de comunicación. Ejemplo: Obteniendo datos de una báscula a lector de códigos de barras.

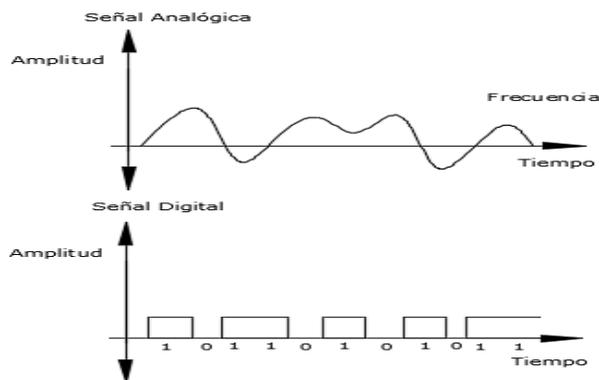
### 1.3.2 Señales de entrada de datos al PLC.

En un sistema de control automático las entradas del PLC son los elementos que cierran el lazo de control, y tienen como tarea capturar la información del proceso y/o máquina, tabla 2. Esta información es transmitida al controlador que la usara para determinar la acción de control correspondiente, figura 1.14.

**Tabla 2 Descripción Entradas digitales y análogas PLC.**

<b>Entradas Digitales (Discretas)</b>	Tipo de señales que solo nos dan dos estados de operación. (Encendido o apagado) (1,0). Ejemplos: Interruptores, límites de carrera, sensores inductivos, sensores capacitivos, micro switch, etc.
---------------------------------------	--

<p><b>Entradas analógicas (Continuas)</b></p>	<p>Tipo de señales que proporcionan estados de operación en forma continua, es decir están siempre presentes y dentro de un rango definido. Ejemplo: Señal 4 y 20mA de una báscula, señal 0 a 10 volts representando presión, temperatura de un termopar.</p>
---	---



**Figura 1.14 comportamiento de señal analógica y digital.**

Cuando una acción de control es ejecutada, las salidas del PLC son utilizadas para manipular motores, luces piloto, válvulas, solenoides como se aprecia en la tabla 3.

**Tabla 3 Descripción salidas digitales y análogas PLC.**

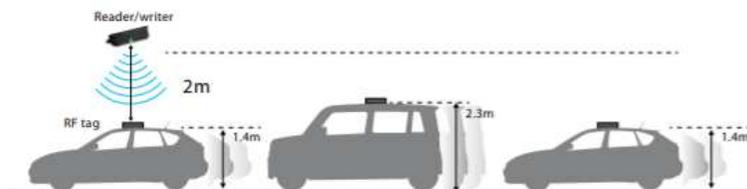
<p><b>Datos Digitales</b></p>	<p>Tipo de señales que solo nos dan dos estados de operación. (Encendido o apagado) (1,0). Ejemplos: Son dispositivos de salida discreta los relés de control, contactores, solenoides, lámparas indicadoras.</p>
<p><b>Datos Analógicos</b></p>	<p>Tipo de señales que proporcionan estados de operación en forma continua, es decir están siempre presentes y</p>



Lee / escribe datos desde / hacia la memoria del semiconductor sin contacto por el campo de inducción o la onda de radio.

### 1.4.1 Cómo funciona el sistema RFID

El funcionamiento de esta tecnología es bastante simple. Un receptor envía una señal continua dentro de un radio de alcance concreto. Cuando una etiqueta entra en contacto con esta, envía información que el lector interpreta según esté programado, figura 1.16.



**Figura 1.16 Aplicación RFID (Omron corporation, 2020).**

Dependiendo de las características de la etiqueta, se puede grabar o editar la información. Esto resulta muy útil en aplicaciones como la logística, donde es posible tener un control específico de stock o localización de envíos. (Universidad Internacional de Valencia, 2020)

## 1.5 Ethernet/IP

Protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial

Ethernet se está afianzando en el sector industrial, figura 1.17. Ordenadores personales, impresoras y demás equipos periféricos con tarjetas de interfaz de red Ethernet se están utilizando cada vez más en el ambiente industrial y la aceptación de Ethernet va en aumento, en la misma medida del uso creciente de enrutadores y conmutadores inteligentes. Aún existen algunas barreras a la aceptación de Ethernet en el ambiente industrial, pero eso se debe a la falta de un nivel aceptable de softwares en las plantas y la falta de conocimiento acerca de la conectividad ofrecida por Ethernet en la automatización industrial. (Siemon, 2020)

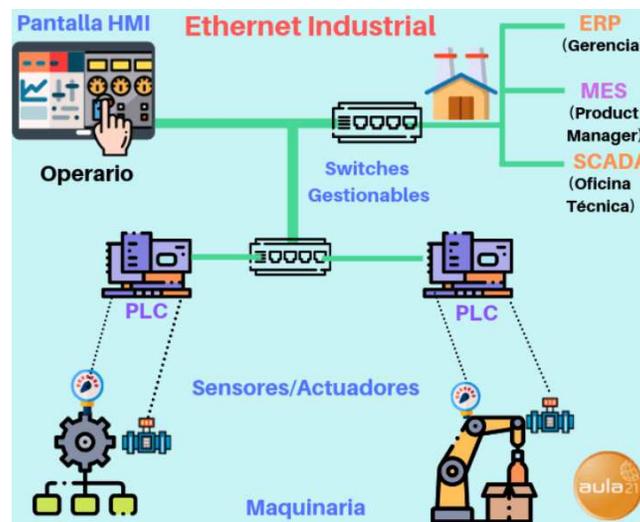


Figura 1.17 diagrama básico Ethernet industrial (Siemon, 2020).

Es un estándar de comunicación de red capaz de manejar grandes cantidades de datos a velocidades de 10 Mbps o 100 Mbps, y hasta 1500 bytes por paquete. La especificación utiliza un protocolo abierto en la capa de aplicación. En la industria es especialmente popular para aplicaciones de control. Así pues, este tipo de red es fácil de configurar, operar, mantener y ampliar. A su vez, permite la mezcla de productos de 10 Mbps y 100 Mbps, y es compatible con la mayoría de los conmutadores Ethernet.

Esta tecnología se utiliza con ordenadores personales, mainframes, robots, dispositivos y adaptadores de entrada/salida (E/S), controladores lógicos programables (PLC) y otros dispositivos. La especificación está respaldada por la Industrial Ethernet Association (IEA), ControlNet International (CI) y la Open DeviceNet Vendor Association (ODVA). (Centro de Información Técnica para la Industria, 2020)

Ethernet/IP utiliza todos los protocolos del Ethernet tradicional, incluso el Protocolo de Control de Transmisión (TCP), el Protocolo Internet (IP) y las tecnologías de acceso mediático y señalización disponibles en todas las tarjetas de interfaz de red Ethernet. Al basarse en los estándares tecnológicos Ethernet, el Ethernet/IP garantiza el funcionamiento con todos los dispositivos del estándar Ethernet/IP utilizados en la actualidad. Y lo mejor es que al apoyarse en los estándares de esa plataforma tecnológica, el Ethernet/IP, con toda la seguridad, evolucionará de manos dadas con la evolución de la tecnología Ethernet.

## Capítulo 2

### Planteamiento del problema

#### 2.1 Identificación.

El motor es el corazón de todo automóvil. Es una máquina construida para convertir el calor producido por la explosión (en el caso de los de gasolina) o la combustión (en el caso del diésel) del combustible en un movimiento con suficiente fuerza como para que las ruedas giren y el vehículo pueda desplazarse. De ahí la importancia de una fabricación sin errores.

El proceso de producción del cliente se compone de 5 áreas, las cuales se encargan de armar y validar el ensamblaje del motor. En el área 3 existen 7 operaciones desde la Operación 1 (OP1), hasta la operación 7 (OP7), las cuales realizan una secuencia para el ensamble de una parte del motor, la OP4 es donde se realiza el ensamblaje de la cadena del tiempo y en la OP5 se valida de forma visual y repetitiva por un operador, cuando el operador no llega a detectar este defecto se va hasta el área 5 donde se verifica por una prueba de torque, al arrojar los resultados se puede determinar que al no pasar la prueba, la cadena no está correctamente colocada, entonces el motor tiene que ser reparado en un momento del ensamblaje muy avanzado, lo que genera costos, trabajo y tiempo adicional, el motor se tiene que sacar de la línea y se desarmen ciertas partes para ingresar nuevamente en el área 3 OP1, donde se repiten las operaciones del armado. El sistema se integró en el área 3 OP5, con la intención de lograr una temprana identificación de errores al verificar la pieza posterior al ensamblaje de la cadena, y enviar el resultado a la información del motor y así en la OP6 sacar el equipo defectuoso para su reparación, logrando disminuir tiempos y costos.

## 2.2 Justificación

La implementación de sistemas de inspección confiables en una empresa genera un aumento en el nivel de producción y una reducción en los costos de fabricación, elevando los niveles de competitividad en el mercado nacional e internacional. Los sistemas de visión permiten inspeccionar el proceso de producción sin fatigas ni distracciones, facilitando la cuantificación de las variables de calidad traduciéndose en un mejoramiento continuo. Los sistemas de visión completan tareas de inspección con un alto nivel de flexibilidad y respetabilidad, nunca se cansan, se aburren o se distraen y pueden ser dispuestos a trabajar en ambiente ruidos, donde los inspectores humanos no pueden trabajar bajo condiciones de seguridad.

El presente proyecto, surge de la necesidad de desarrollar un sistema automático para llevar a cabo una inspección visual objetiva, rápida y fiable de la ubicación de la cadena en el motor de ensamble que permite una pronta detección antes de pasar por más procesos y el costo y tiempo de reparación se extiendan, además de reducir la fatiga laboral ya que el operador se encuentra expuesto a realizar una tarea repetitiva que con estrés, cansancio visual y fatiga, repercute en la inspección del producto.

Además, al integrar esta tecnología durante el proceso productivo es posible aumentar la reducción de costes, debido a que al extraer piezas antes de ser terminadas hay un ahorro en materia prima y consumo energético, permitiendo a su vez, detectar el problema que originó el defecto, evitando fabricar más piezas erróneas, logrando agregar valor, reducir tiempos improductivos, aumentar la cantidad producida, eliminar reparaciones en garantía y cumplir con las normas impuestas por sus clientes y retenerlos, y es por todo ello, que en el mercado de la automatización se presentan muchos obstáculos, en los cuales la innovación y la creatividad son puntos clave para el desarrollo y satisfacción al cliente, y de esta manera, el uso de sistemas sofisticados y precisos juega un rol fundamental.

El presente proyecto, surge de la necesidad de desarrollar un sistema automático para llevar a cabo una inspección visual capas de efectuar una correcta, rápida y confiable en su totalidad de los lotes a inspeccionar, el cual las partes a inspeccionar (para dicho proyecto se trabajará con motores) la correcta colocación de la cadena del tiempo para lo cual se inspeccionarán dos diferentes lados del motor.

Con la implementación del sistema de visión se pretende detectar la incorrecta colocación de la cadena del tiempo, ya que la realización de la inspección visual del operario es una tarea repetitiva que, con estrés, cansancio visual y fatiga, repercute en la inspección del producto y puede dejar pasar piezas con este defecto, lo cual provoca una detección tardía en el proceso que involucra retrabajo al ser detectado en un proceso muy avanzado en el ensamble del motor.

### **2.3 Alcance**

Integrar un sistema de visión para detectar defectos de posicionamiento en la cadena del tiempo, ya que, si la cadena se coloca en destiempo y llega a ser ensamblado al motor sin ser detectado, tendrá un comportamiento irregular sin potencia y el motor tendrá que ser nuevamente desarmado para realizar su correcta reparación. Desarrollando una estructura de perfil de aluminio donde estarán montadas las cámaras, realizando la escritura de los modelos del motor y lectura del resultado de la inspección en los tags para continuar con la operación, fabricando de un gabinete de control donde se tendrá el sistema de visión intercomunicado con un PLC de la máquina para compartir datos, realizando la modificación a la lógica y modificando (HMI) interfaz hombre-máquina para el control, activación y monitoreo del sistema.

## **Objetivos**

### **2.4 Objetivos (Sistema propuesto)**

Integrar un sistema de visión en la línea de ensamble para la detección de la cadena del tiempo del motor, fabricar un tablero de control, estructuras mecánicas, lectura y escritura del sistema RFID, estando este sistema en función de un controlador lógico programable y una interfaz HMI fácil de operar.

### **2.5 Objetivos específicos.**

- Selección de componentes.
- Diseñar una estructura mecánica para los soportes y montaje de los equipos.
- Integración del sistema de visión.
- lectura y escritura del sistema RFID.
- Modificar secuencia de PLC.
- Desarrollar y diseñar pantallas HMI
- Realizar pruebas de calidad.

## Capítulo 3 Metodología

### 3.1 Origen del proyecto

La integración se caracteriza por la creación de una red por protocolo Ethernet/ip adicionando una tarjeta de comunicación para el PLC, de esta manera se intercambian datos entre el PLC y el sistema de visión y una tarjeta adicional más una antena RFID para leer y escribir la información del motor. Esta información se ubica en un tag montado en el pallet. Modificaciones en sus HMI's para visualizar y verificar los juicios del sistema y agregar modelos para la inspección, activación y desactivación. Con la información transferida al tag del motor se manipulan diferentes componentes en la línea de ensamble tales como lo es actuadores neumáticos y señalización de torreta visual.

### 3.2 componentes a integrar

Para desarrollar el sistema son necesarios ciertos elementos, con características específicas para desempeñar las funciones deseadas, a continuación, se muestra, en la cual se enlistan dichos elementos, tabla 4.

**Tabla 4 Componentes principales y características.**

Cant.	Componentes	Uso	Características
2	Cámara a color	Adquisición de imagen	5 millones de pixel

2	Lentes	Adquisición de imagen	Lente de 12 mm
2	Cables para las cámaras	Cables de conexión del procesador hacia las cámaras	5 Mts
2	Cables y conectores para I/O	Conexión con el amplificador de la iluminación para el control del estrobo	.5mts de distancia Tarjeta de terminales Paralelo conexión por tornillo
1	controlador	Procesador de imágenes	CPU Intel Atom procesador de 2 núcleo  -Entradas y salidas físicas.  -serial por puerto RS-232  -ETHERNET/IP  -PROFINET  -ETHERCAT
1	Pantalla	Monitor para Programar y configurar el sistema de visión	Panel touch Monitor 12.1 inches
2	Iluminación led tipo barra	Estabilización del ambiente de la inspección	Iluminación blanca 380mm X 37.2mm

1	Amplificador	Amplificador para control de intensidad de la iluminación con entrada para realizar estrobo desde I/O'S	
1	Tarjeta PLC Ethernet/ip	Para la intercomunicación del PLC hacia el sistema de visión	Ethernet/ip
1	Antena RFID	Realizara la lectura del tag montada en el motor	Longitud 12.5 mts.
1	Tarjeta de PLC RFD	Se controlará la antena para la escritura y lectura del tag desde el PLC	2 canales
1	Memoria RFID	Realiza la conexión y comunicación de la tarjeta RFID con la antena	2/8 Kbyte memory

### 3.3 Diseño de la estructura de Montaje

Se realiza un diseño estructural en SOLIDWORKS (Ver figura 3.1) con la finalidad de montar todos los componentes y tener una correcta posición de las cámaras e iluminación, éste diseño se basa en la ubicación del motor en el conveyor, figura 3.2. Las cámaras así como la iluminación contara con brackets que ayudaran a realizar ajustes en la posición (X, Y, Z) obteniendo así la imagen en la ubicación deseada.

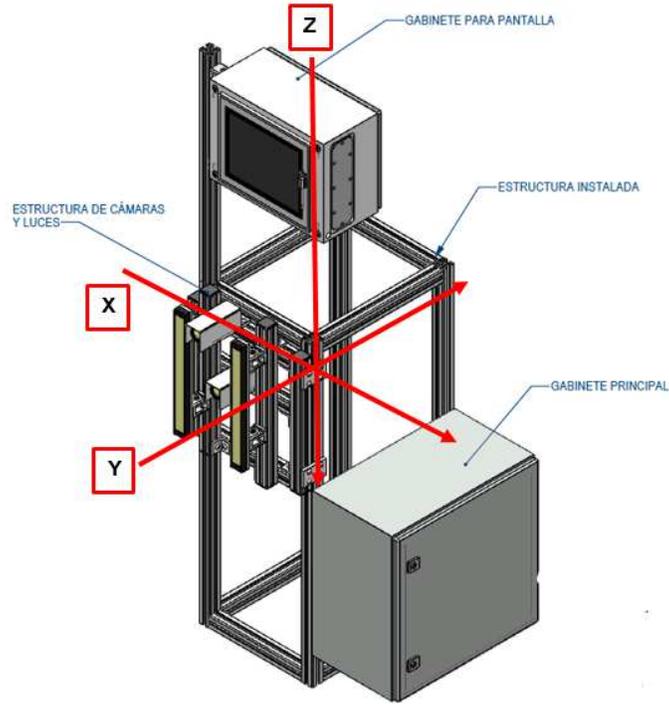


Figura 3.1 Descripción de la estructura del sistema.

Se utiliza perfil de 40\*40 mm IPS de la marca (PARKER) que facilita el armado de estructuras en la industria.

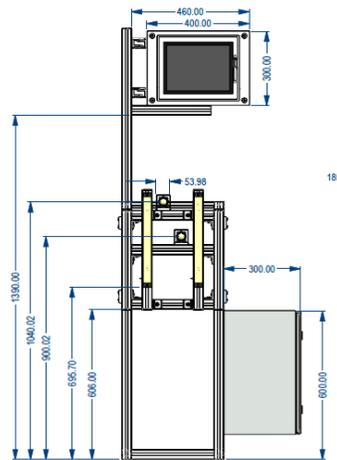


Figura 3.2 Medidas de la estructura.

### 3.4 Fabricación y puesta en marcha

Para la fabricación del ensamblaje de la perfilería se usaron accesorios de montaje, ángulos para perfil 40, tuercas y tornillos estándar M8, M6 y M4 para los puntos donde se requirió más rigidez para dar soporte a la estructura.

Para el montaje del panel del sistema de visión, éste fue montado en un pequeño gabinete industrial (RITTAL) 300 X 300X 200, figura 3.3, 3.4 ya que este tipo de gabinete cuenta con un grado de protección IP67, necesario para la protección de la pantalla.

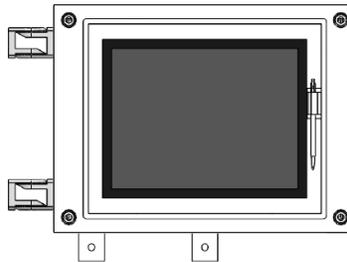


Figura 3.3 Montaje del monitor del sistema de visión.

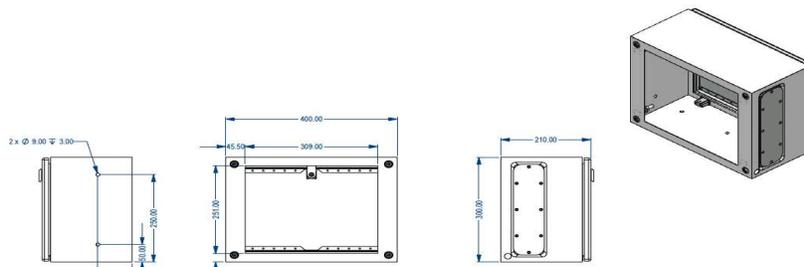


Figura 3.4 medidas de corte para la colocación del monitor.

Para la montura de las cámaras se realizó un diseño especial en base al dibujo de la cámara y sus dimensiones, figura 3.5, este se montó en la perfilaría y fue fijado con tuercas sobre el perfil de aluminio, el diseño debe ser práctico para que permita holgura en la posición de la cámara en el eje X, Z y así hacer el ajuste necesario para que la imagen quede en el centro del área a inspeccionar. El diseño de la base de la cámara cuenta con guarda, la cual cubrirá la cámara y la lente, figura 3.6, 3.7, 3.8.

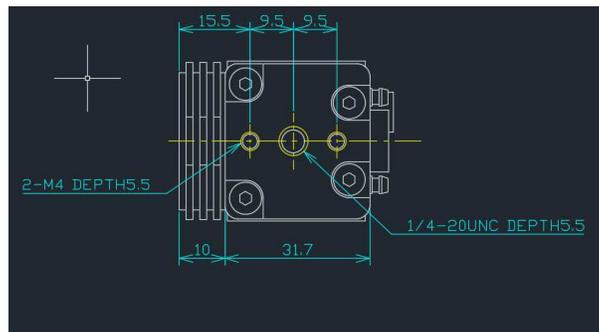


Figura 3.5 Referencia de medidas para montaje de la cámara vista por abajo.

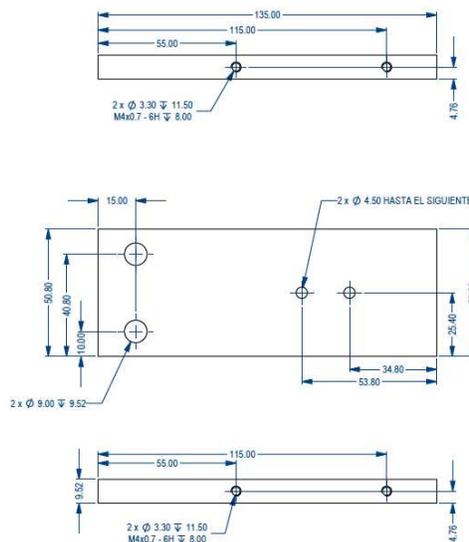
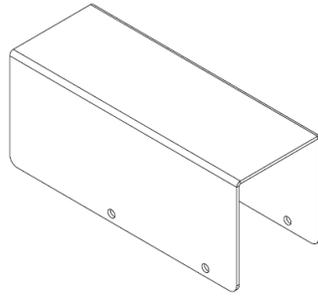
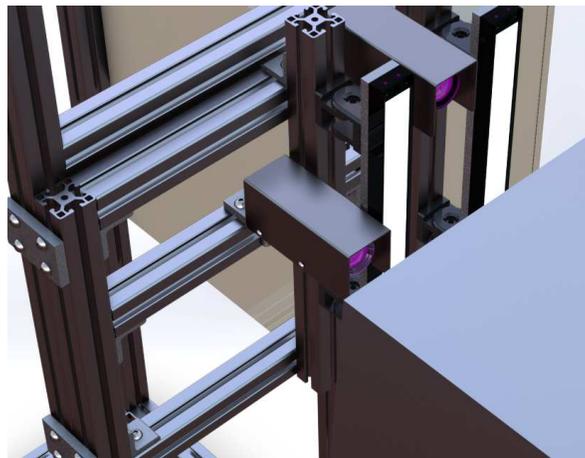


Figura 3.6 Medidas para la placa de montaje de las cámaras.



**Figura 3.7** Guarda de protección para golpes.



**Figura 3.8** Bosquejo de montaje de las cámaras.

### **3.5 Armado del gabinete de control intervención con el gabinete en planta**

Se realizan los diagramas eléctricos en el software AUTOCAD ELECTRICAL basándose en los requerimientos del sistema y las hojas de datos de los equipos, de esta manera se definen las dimensiones del gabinete y el etiquetado. Basándose en lo anterior, se definió un gabinete de 500x500x300 (RITTAL), el cable para

control tiene las siguientes características: azul para 24vdc y azul con raya para 0vdc, con medida Calibre 18, el cable para potencia Línea (L) y neutro (N), cable negro calibre 10, tierra color verde con amarillo, calibre 18, esta referencia se utilizó por estándares del cliente, figura 3.9.



**Figura 3.9 Gabinete de control del sistema de visión.**

Dentro del gabinete principal se ubica el PLC en el que se realizaron las modificaciones, agregándole dos tarjetas, una de Ethernet (CJ1WEIP21) y otra de RFID (CJ1W-V680C12), figura 3.10.



Figura 3.10 Gabinete de intervención con el PLC (Poka-yoke).

### 3.6 Ajuste de la iluminación y estrobo.

Para el ajuste de la imagen se implementó el método de iluminación lateral para resaltar la marca en la estrella, figura 3.11. La luz que se utiliza es un tipo led color blanca para observar toda la escala de colores. Es importante saturar la imagen de luz, esto nos es de gran utilidad para estabilizar el ambiente, ya que por motivos del área donde se instala no es posible techar la aplicación.



Figura 3.11 Método lateral de iluminación.

Se realizó un cableado para habilitar el estrobo, se realiza entre el amplificador (FLV-ATC21024) de las lámparas y la tabllilla de (E/S) Entradas y Salidas del controlador del sistema de visión, para realizarlo se referenció con la ficha técnica, figura 3.12.

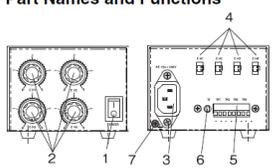
No	I/O	Wire color	XWZZ-S013- Connector-Terminal Block Conversion Units	Signal name				Remarks
				In the 1-line mode	In the 2-line random mode	In the 3 to 4-line random mode	In the 5 to 8-line random mode	
CN1	1	Red	A1	COMIN0				
	2	Gray	B1	COMIN1				
	3	Gray	A2	Vacant				
	4	Gray	B2	STEP0ENCRIG_Z0 (*1)	STEP0ENCRIG_Z0 (*2)	STEP0	STEP0	
	5	Green	A3	Unused (*5)	STEP1ENCRIG_Z1 (*2)	STEP1	STEP1	
	6	Gray	B3	Unused (*5)	Unused (*5)	STEP2	STEP2	
	7	Gray	A4	Unused (*5)	Unused (*5)	STEP3	STEP3	
	8	Gray	B4	ENCRIG_A0 (*1)	ENCRIG_A0 (*2)	Unused (*5)	Unused (*5)	
	9	Gray	A5	Unused (*5)	Unused (*5)	Unused (*5)	STEP4	
	10	Green	B5	Unused (*5)	Unused (*5)	Unused (*5)	STEP5	
	11	Gray	A6	Unused (*5)	ENCRIG_A1 (*2)	Unused (*5)	STEP6	
	12	Gray	B6	Unused (*5)	ENCRIG_B1 (*2)	Unused (*5)	STEP7	
	13	Gray	A7	ENCRIG_B0 (*1)	ENCRIG_B0 (*2)	Unused (*5)	Unused (*5)	
	14	Gray	B7	Unused (*5)	DILIN0			
	15	Green	A8	RUN0	RUN0	RUN0	READY0	
	16	Gray	B8	READY0	READY0	READY0	BUSY0	
	17	Gray	A9	BUSY0	BUSY0	BUSY0	OR0	
	18	Gray	B9	OR0	OR0	OR0	READY1	
	19	Gray	A10	ERR0R0	ERR0R0	ERR0R0	BUSY1	
	20	Green	B10	STGOUT0 (*3)SHOUT0	STGOUT0 (*3)SHOUT0	STGOUT0 (*3)SHOUT0	STGOUT0 (*3)SHOUT0	
	21	Gray	A11	STGOUT1 (*3)	STGOUT1 (*3)SHOUT1	STGOUT1 (*3)SHOUT1	STGOUT1 (*3)SHOUT1	
	22	Gray	B11	STGOUT2 (*3)	STGOUT2 (*3)	STGOUT2 (*3)SHOUT2	STGOUT2 (*3)SHOUT2	
	23	Gray	A12	STGOUT3 (*3)	STGOUT3 (*3)	STGOUT3 (*3)SHOUT3	STGOUT3 (*3)SHOUT3	
	24	Gray	B12	STGOUT4 (*3)	STGOUT4 (*3)	STGOUT4 (*3)	STGOUT4 (*3)SHOUT4	
	25	Green	A13	STGOUT5 (*3)	STGOUT5 (*3)	STGOUT5 (*3)	STGOUT5 (*3)SHOUT5	
	26	Gray	B13	STGOUT6 (*3)	STGOUT6 (*3)	STGOUT6 (*3)	STGOUT6 (*3)SHOUT6	
	27	Gray	A14	STGOUT7 (*3)	STGOUT7 (*3)	STGOUT7 (*3)	STGOUT7 (*3)SHOUT7	
	28	Gray	B14	Unused (*5)	RUN1	RUN1	OR1	
	29	Gray	A15	Unused (*5)	READY1	READY1	READY2	
	30	Green	B15	Unused (*5)	BUSY1	BUSY1	BUSY2	
	31	Gray	A16	Unused (*5)	OR1	OR1	OR2	
	32	Gray	B16	Unused (*5)	ERROR1	ERROR1	READY3	
	33	Gray	A17	COMOUT0				
	34	Gray	B17	COMOUT1				

Figura 3.12 Registro de entradas y salidas del sistema de visión (Omron corporation, 2020).

Para realizar esta comunicación es importante conocer el amplificador en todas sus partes, figura 3.13.

**Lighting Controller for Standard Light FLV-ATC21024-ATC41024**

**Part Names and Functions**



No.	Name	Description
1	Main power supply	Starts up the Controller when it is turned ON.
2	Lighting adjustment volume	Rotating the volume clockwise increases the emission intensity or counterclockwise decreases it.
3	AC power supply input connector	A terminal to supply AC power. Connect the provided AC input cable.
4	Lighting connector	Connects an LED light.
5	Trigger input terminal block	A terminal block for lighting illumination trigger input from outside to each lighting.
6	Lighting mode switching button	Lighting mode switch button is ON (The button is pushed.): Short-circuiting (+) and (-) of TR1 to TR4 respectively makes the trigger input status ON, turning the light ON. Releasing (+) and (-) makes the status OFF, turning the light OFF. Lighting mode switch button is OFF (The button is not pushed.): Short-circuit (+) and (-) of TR1 to TR4 respectively makes the trigger input status OFF, turning the light OFF. Releasing (+) and (-) makes the status ON, turning the light ON.
7	Frame ground terminal	A terminal for frame ground. Connect the ground line.

Figura 3.13 Descripción del amplificador para las luces de led (Omron corporation, 2020).

Para la conexión hacia la entrada del amplificador se utilizó el siguiente circuito de esta manera se habilita el estrobo, figura 3.14.

<Connection of trigger input terminal block>

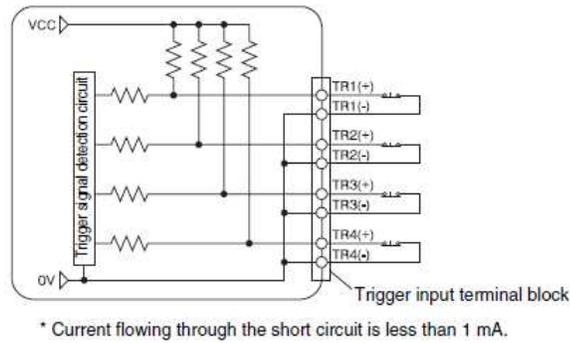


Figura 3.14 Conexión del amplificador para uso de estrobo (Omron corporation, 2020).

Finalmente se realizó el diagrama de conexión y haciendo las conexiones de la siguiente manera, figura 3.15.

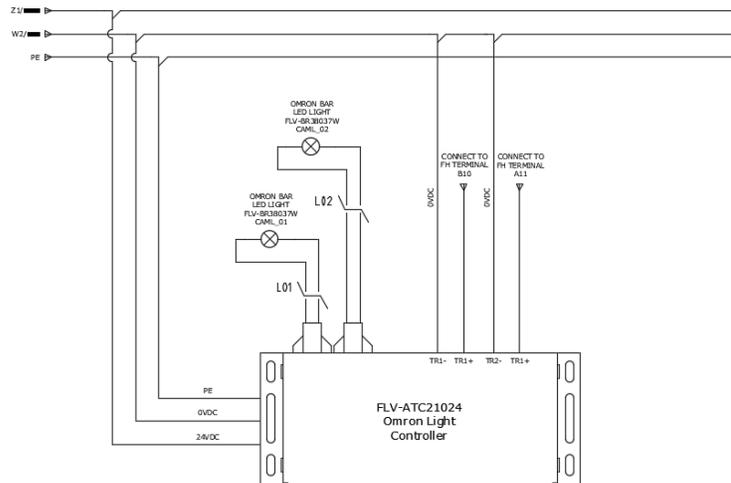


Figura 3.15 Diagrama conexión del sistema implementado (Omron corporation, 2020).

### 3.7 Creación de la red de comunicaciones

Se creó una red con la finalidad de intercomunicar el PLC con el sistema de visión de la siguiente manera, figura 3.16.

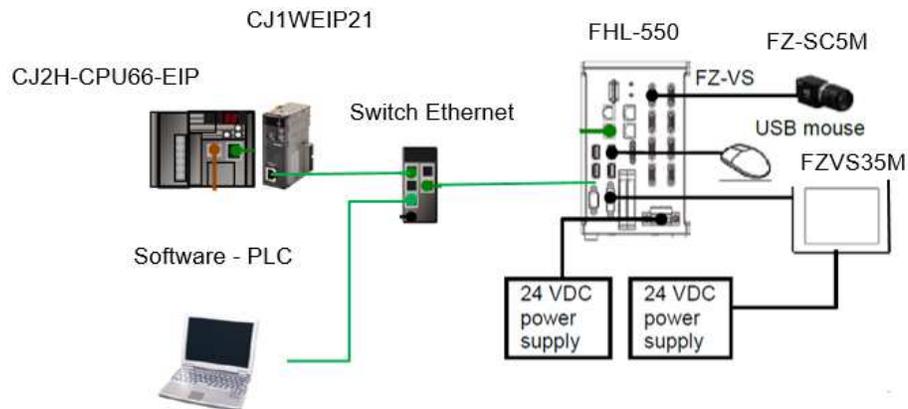


Figura 3.16 Diagrama de red Ethernet.

Al igual se dio de alta una tarjeta y una antena para realizar la lectura y escritura del tag en el motor del pallet, este tag ya se encuentra en los motores por lo que se configuró y dio de alta la tarjeta y su amplificador más la antena en el PLC, figura 3.17.

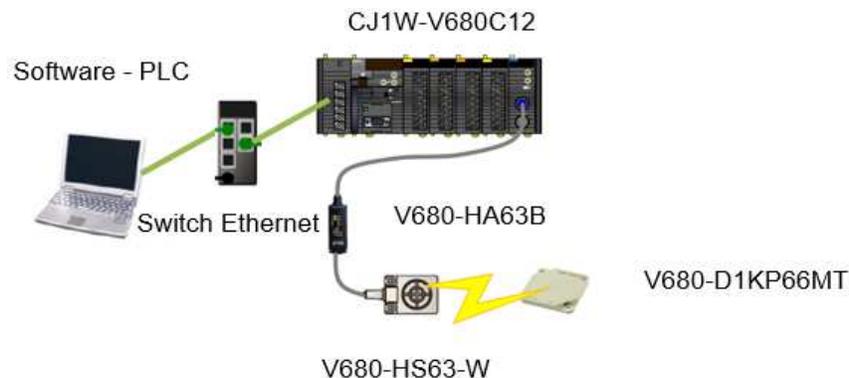
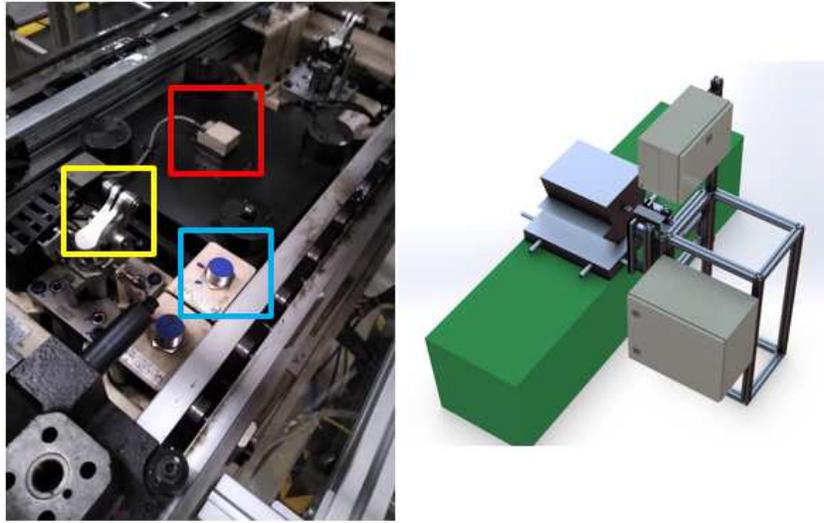


Figura 3.17 diagrama para la red RFID.

Se coloca la antena sobre un pequeño elevador, con la intención de que cuando el motor llegue lo detenga el tope como se aprecia en la figura 3.18, marcado con amarillo el sensor marcado con un recuadro azul indicará que el motor se encuentra en posición, entonces se procede con la elevación del motor y se realizará la lectura de la tag con la antena RFID marcado con rojo.



**Figura 3.18 Montaje de la antena.**

### **3.8 Calibración de la imagen**

Se realizó una calibración de la imagen para que sea lo más clara posible para ver las características de la inspección. Para esto se hace uso de un software (FH-PANDA), se visualiza la imagen y se realiza un ajuste de la intensidad de la iluminación de cada lámpara, figura 3.26, este ajuste se realiza en las dos perillas del equipo, dicho rango se puede variar también desde el software, figura 3.19.



Figura 3.19 Ajuste de la intensidad de iluminación.

Posterior se debe ajustar tanto la velocidad del obturador y la ganancia, se configuró la salida del estrobo, el mismo procedimiento se realizó para las dos cámaras, esta herramienta es utilizada para ver la imagen en tiempo real y calibrar la imagen, figura 3.20.

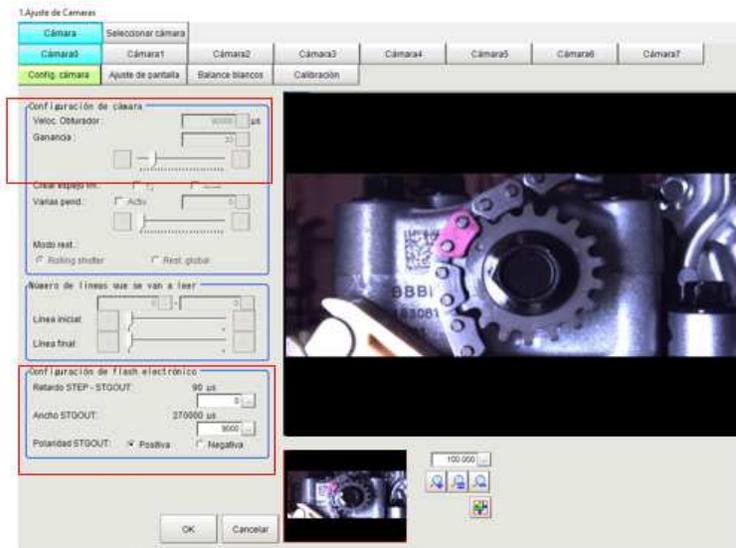


Figura 3.20 Herramienta para calibrar la imagen.

### 3.9 programación y configuración del sistema de visión

Se realizó un diseño de una visualización clara para el operador y los supervisores, donde se pueden ver los resultados detallados de cada inspección y ver claramente donde se determinó el rechazo o la aceptación de la inspección, figura 3.21.

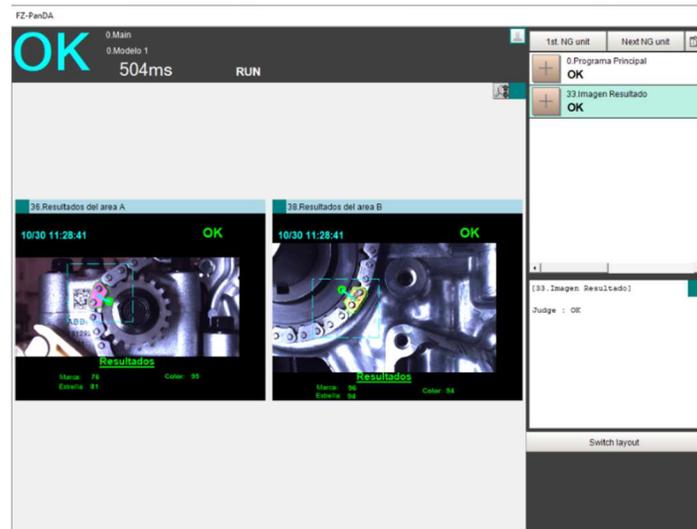


Figura 3.21 Diseño del monitor del sistema de visión.

Este diseño muestra un resultado del juicio general que se visualiza en la parte superior izquierda de la pantalla, así como las dos imágenes capturadas y un juicio en cada imagen. Para saber los resultados de las inspecciones, éstas estarán en el centro de cada imagen, en la parte inferior se muestra en recuadro azul punteado el área específica de la inspección y los resultados de las herramientas, en caso de que la inspección falle también será visible, figura 3.22, 3.23.

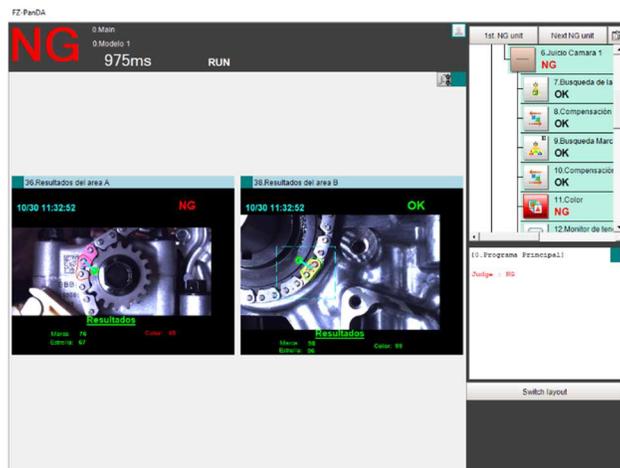


Figura 3.22 Diseño pieza rechazada.

Para localizar la marca se utilizó una herramienta de reconocimiento de patrón en círculo, con un rango de valor de 40-100 como pieza correcta y un rango de 0-39 fuera del rango de detección como pieza incorrecta, esto mismo se realizó para el color, solo que los rangos fueron de 60-100 como pieza correcta y de 0-59 como pieza incorrecta de la cadena, basándose en encontrar el color viendo el relleno del área seleccionada, esta herramienta de color siempre hará un seguimiento de la marca, figura 3.23.



Figura 3.23 visualización de rechazo en la cámara 1.

### 3.10 Programación Control PLC

Una vez ensamblada y configurada la red hacia el PLC poka-yoke, pasamos a la programación para agregar el sistema de visión a la secuencia del conveyor, dependiendo del juicio de la inspección, se programó el PLC (OMRON CJ2M-CPU35) con el software CX-PROGRAMAER de OMRON, siguiendo el siguiente diagrama de flujo, figura 3.24.

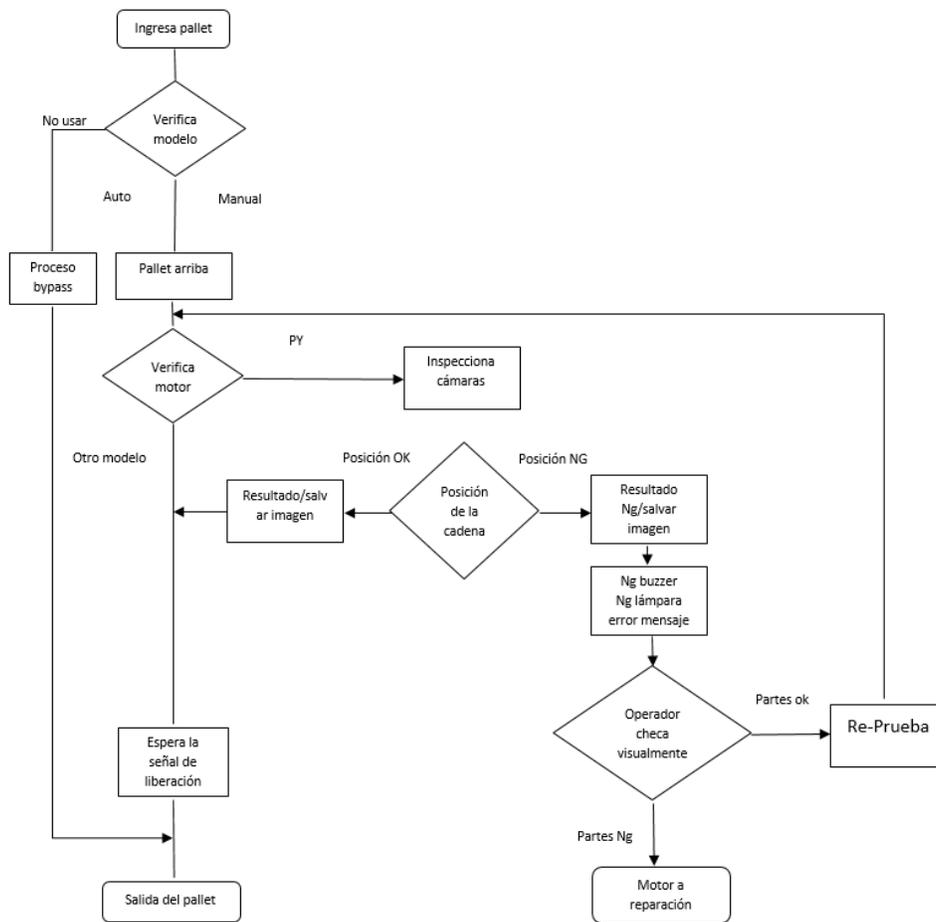


Figura 3.24 Estructura de la secuencia del programa de PLC.

Para esto se realizó un levantamiento de las señales que se necesitaban, las cuales ya se encontraban en el conveyer, tabla 5.

**Tabla 5. Registros a utilizar en el Poka-yoke.**

Registro	Acción	Nombre	Descripción
D4600.02	Entrada	Presencia del pallet	Sensor inductivo que nos señala la ubicación del pallet en la operación de verificación de la cadena.
425.08	salida	Acción del elevador bajar	Válvula de acción del elevador bajar
425.09	Salida	Acción del elevador subir	Válvula de acción del elevador subir
D4601.02	Salida	Disparo de la cámara	Sensor de elevador de pallet arriba acción de la inspección
D4600.01	entrada	Pallet abajo	Sensor de elevador de pallet abajo
D4600.00	entrada	Pallet arriba	Sensor de pallet arriba para activar disparo de la cámara

433.00	salida	Acción stopper	Detiene el avance del pallet en la operación. Centro cerrado
D4600.04	entrada	Elevador arriba	Sensor final de carrera de elevador arriba
D4600.05	entrada	Elevador abajo	Sensor de final de carrera elevador abajo
D4600.06	entrada	Auto	Operación en Automático
D400.07	entrada	Manual	Operación Manual

Más los nuevos registros que se adicionaron a la secuencia del PLC para lograr su funcionamiento correctamente, tabla 6.

**Tabla 6 Nuevos registros agregados Poka-yoke.**

Registro	Acción	Nombre	Descripción
3025.01	salida	Trigger de la cámara	Inicio de la inspección
3000.01	entrada	Busy	Señal que indica cuando la

			inspección está en proceso
3000.03	entrada	OR	Señal que indica el juicio de la inspección
D4601.00	salida	OK	Juicio OK
D4061.01	salida	NG	Juicio NG
D4601.03	entrada	Liberar Motor	Libera Motor
D4601.04	entrada	Re-prueba	Realizar nuevamente la inspección
3006	entrada	Modelo del sistema de visión	Deposita el modelo que está cargado en el sistema de visión
3007	salida	Comando master	Comando para ejecutar cambio y lectura y escritura.
3025.00	salida	Ejecuta comando	Ejecuta el comando seleccionado
3029	salida	Comando de lectura y escritura	Cambia de escena o da la lectura del sistema dependiendo el comando

### 3.11 Modificación y diseño HMI

Se realizó la modificación de una Interfaz HMI (Proface GP – 4401T, GP-4201TM), la modificación se hizo con el software (GP-PRO EX), será una de las ayudas visuales donde se podrá cargar y activar los modelos con la finalidad de que sea flexible y una interfaz amigable, para que el operador pueda manipular el sistema sin ningún inconveniente, visualizar los juicios y darle atención dependiendo de la inspección.

#### 3.11.1 Visualización control del sistema para el operador

Se implementó un diseño para que el operador tenga visibles los resultados de la inspección y pueda realizar una re-prueba en caso de que en el sistema salga la inspección errónea, uno de los posibles casos para que esto suceda es que la pieza sea correcta pero el sistema envíe un falso rechazo ocasionado porque la pieza venga con grasa, de ser así, el operador deberá limpiar la pieza y realizar la re-prueba. Si la inspección es errónea se muestra la falla descrita en el cuadro de mensajes, y el operador liberará el motor y en la siguiente estación será sacado de la línea de ensamble para su reparación, figura 3.25.

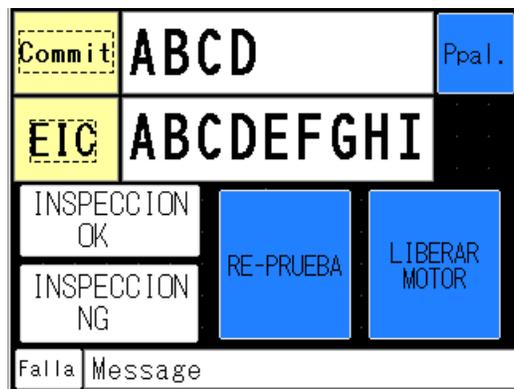


Figura 3.25 Diseño del HMI status de la inspección.

Para el correcto funcionamiento de la pantalla se le agregaron registros que se direccionan a la memoria de lectura y escritura volátil del PLC, que se encargara de administrar esta información para manipularla y mostrarla en la pantalla, es importante mostrar el EIC ya que muestra la información del modelo del motor, se requieren las primeras cuatro letras alfanuméricas que indican el modelo del motor, tabla 7.

**Tabla 7 Registros del HMI status de la inspección.**

Registro	Acción	Nombre	Descripción
W300.11	Entrada	OK	Señalización
W300.12	salida	NG	Válvula de acción del elevador bajar
W39.12	Salida	Liberar motor	Válvula de acción del elevador subir
W300.10	Salida	Re-prueba	Sensor de elevador de pallet arriba acción de la inspección
D6402	entrada	EIC	Sensor de elevador de pallet abajo
D6400	entrada	commit	Sensor de pallet arriba para activar disparo de la cámara

5040.01	falla	Acción stopper	Detiene el avance del pallet en la operación. Centro cerrado
---------	-------	----------------	--

### 3.11.2 Diseño de carga de modelos

Ésta pantalla se diseñó para agregar 20 modelos diferentes para inspeccionar, el supervisor encargado del sistema tendrá una clave con la que podrá acceder a la pantalla para realizar la carga de modelos y activarlos o modificarlos de ser necesario, ya sean nuevos modelos o borrar modelos que estén obsoletos, figura 3.26.

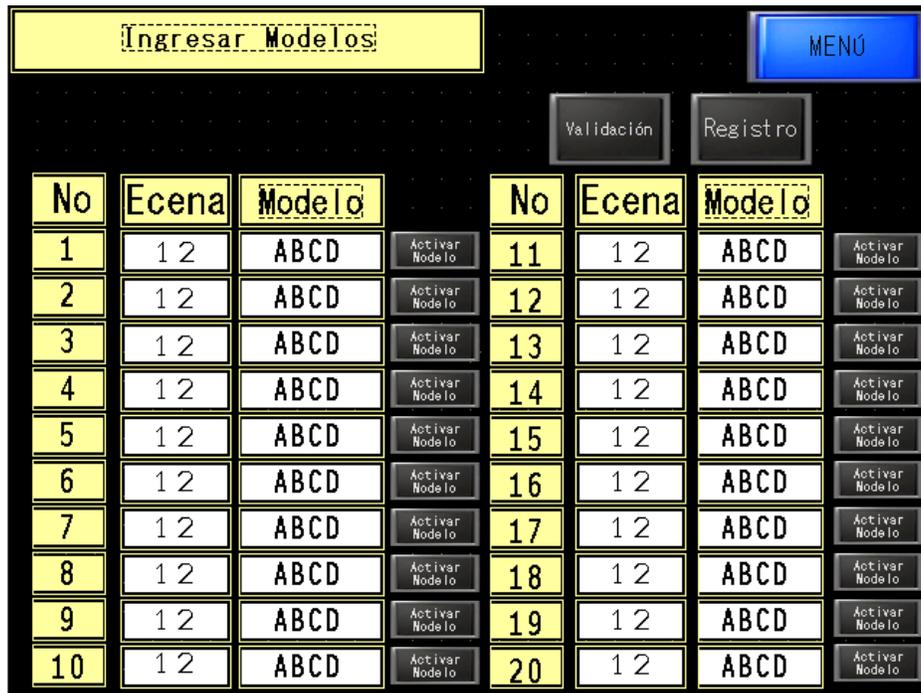


Figura 3.26 Diseño de para agregar modelos.

Se asignan los registros para lograr este funcionamiento descrito anteriormente, tabla 8.

**Tabla 8 Registros para el agregado de modelos en el HMI.**

Numero de modelo	Dirección para ingresar Modelo al que se requiere ejecutar en el sistema de visión	Registro donde pondremos en modelo alfanúmero en cuatro letras o números	Registro activación de modelo
1	D15310	D15451-D15452	H201.00
2	D15320	D15461-D15462	H201.01
3	D15330	D15471-D15472	H201.02
4	D15340	D15481-D15482	H201.03
5	D15350	D15491-D15492	H201.04
6	D15360	D15501-D15502	H201.05
7	D15370	D15511-D15512	H201.06
8	D15380	D15521-D15522	H201.07
9	D15390	D15531-D15532	H201.08
10	D15400	D15541-D15542	H201.09
11	D15314	D15455-D15456	H201.10
12	D15324	D15465-D15466	H201.11
13	D15334	D15475-D15476	H201.12

14	D15344	D15485-D15486	H201.13
15	D15354	D15495-D15496	H201.14
16	D15364	D15505-D15506	H201.15
17	D15374	D15515-D15516	H202.00
18	D15384	D15525-D15526	H202.01
19	D15394	D15535-D15536	H202.02
20	D15404	D15545-D15546	H202.03

### 3.11.3 Pantalla de Bypass

Se agregó un botón de baypass en la pantalla para desactivar el sistema y la operación de la inspección no sea realizada, dejando pasar el motor sin ser validado, figura 3.27. Contará con clave para que solo personal autorizado pueda realizar esta desactivación.

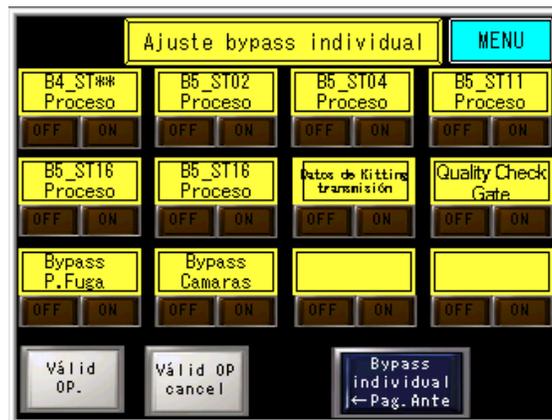


Figura 3.27 agregado de señal bypass.

### 3.12 Verificación modelo del motor

Se verifica la información del tag del motor y se realiza la siguiente secuencia según nuestro diagrama de flujo ver figura 3.28 para el correcto funcionamiento del equipo RFID, al identificar que el modelo del motor se debe inspeccionar, leerá en qué modelo se encuentra el sistema de visión, este deberá ser el mismo con el modelo que tiene seleccionado el HMI, si los modelos corresponden se realizara la inspección, caso contrario se realizara el cambio de modelo en el sistema de visión al modelo que tiene seleccionado el HMI. Si el bypass está activado no realizara la inspección y dejara pasar el motor al cual se le escribirá el resultado del bypass.

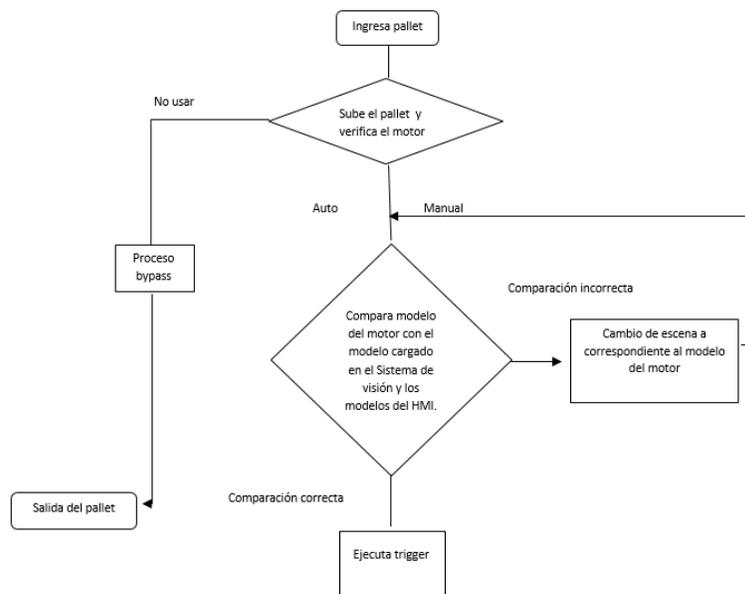


Figura 3.28 Diagrama para el proceso de funcionamiento RFID.

## Capítulo 4

### Resultados

#### 4.1 Estructura del desarrollo

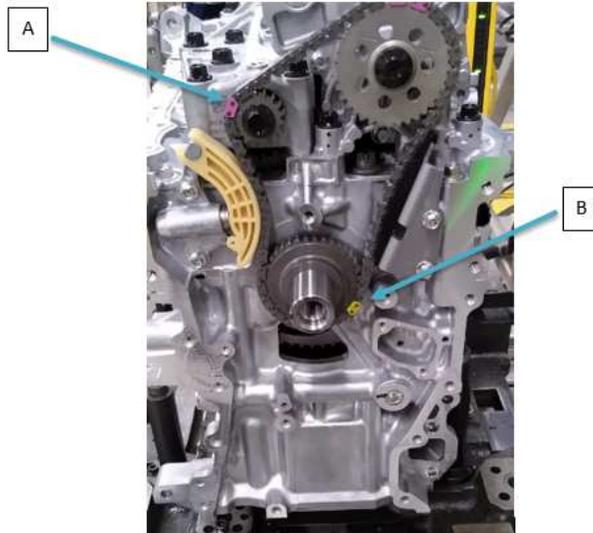
En este capítulo se describe los resultados obtenidos del sistema de visión en el desarrollo implementado para conseguir la sincronización en la posición en la cadena del motor.

El sistema de visión, figura 4.1, verificara y asegurara el correcto ensamble de la cadena de balanceo siendo controlado por la lógica del PLC, contando con un sistema RFID para identificación de los modelos y escribir los resultados contara con dos HMI's los cuales se modificaran una para el control de la operación y otra para que el supervisor por medio de una clave pueda agregar, eliminar o modificar modelos, se mostraran las alarmas necesarias para atender rápidamente fallos. Se utilizó el método de luz lateral de barra tipo led con estrobo para estabilizar el ambiente y resaltar las características a inspeccionar, siendo todos los dispositivos de gran rendimiento y especializados en la industria para su durabilidad y rápido mantenimiento.



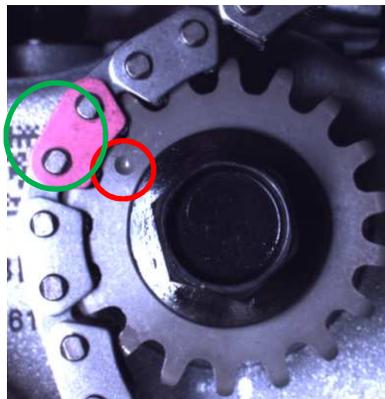
**Figura 4.1 Puesta en marcha del Sistema.**

En la aplicación contamos con dos áreas A y B, figura 4.2.



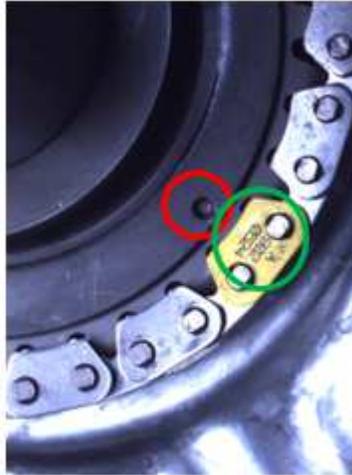
**Figura 4.2 Puntos de inspección del motor.**

En la inspección de la cadena tenemos dos características de referencia que serán la guía para verificar que la cadena este en su posición: en el área A la marca y el color, figura 4.3.



**Figura 4.3 Punto A marca y color de Inspección.**

En el área B podemos observar las mismas características que en el área A: la marca y el color de la unión de la cadena, figura 4.4.



**Figura 4.4 Punta B marca y color de Inspección.**

#### **4.1.1 Piezas incorrectas**

Estas características de la marca y el color de la cadena siempre deben de estar en la misma posición sobre su mismo eje, de no ser así la cadena está mal ensamblada y será necesario hacer la reparación, figura 4.5, 4.6.



**Figura 4.5 Punto A posición incorrecta de la cadena.**

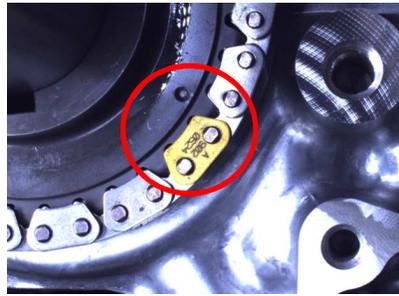


Figura 4.6 Área B posición incorrecta.

## 4.2 Programación del software del sistema de visión

Se realizó un programa de flujo en el software del sistema de visión, en el cual se va ejecutando cada herramienta haciendo un barrido de arriba hacia abajo, lo que provoca que si se realiza alguna modificación con alguna herramienta que afecte la imagen, la siguiente herramienta se verá modificada con la imagen de la anterior, figura 4.7, el programa que se realizó se conforma por la misma estructura para cada área: A y B, cambiando solo en identificar el color, por lo cual nos centraremos en explicar la estructura del área A.

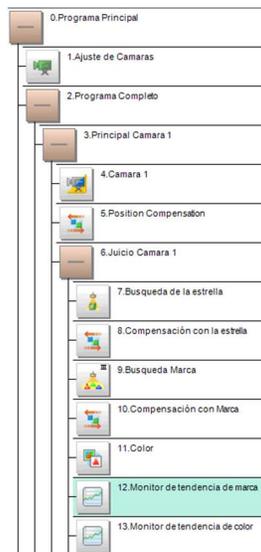


Figura 4.7 Programa de flujo del sistema de visión.

Después de capturar la imagen, el programa se enfoca en la detección de la marca que se sincroniza con la herramienta de color.

Para esto necesitamos un punto de referencia de la imagen, el cual se tomará en la estrella donde está montada la cadena. Esta herramienta hará un grabado de la forma de la estrella, figura 4.8, solo será para referenciar la imagen en este punto.

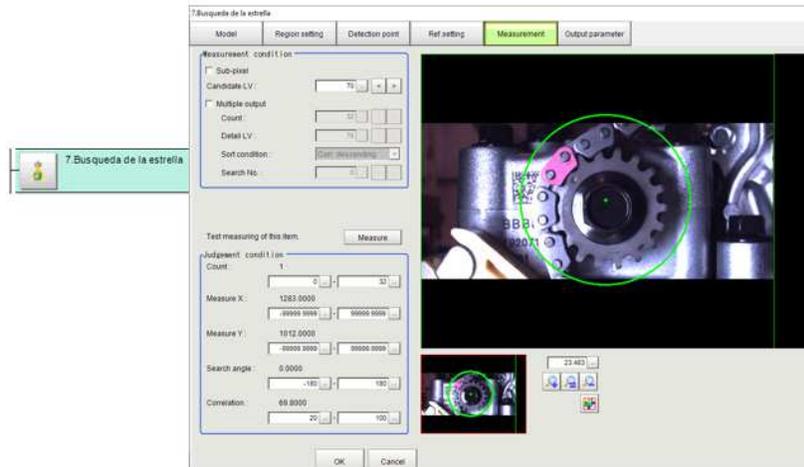


Figura 4.8 Guardado del área de la estrella.

Lo siguiente es realizar un recorte de la imagen con la herramienta de compensación de la estrella, figura 4.9. Una de las características de esta herramienta es que la liga a la herramienta anterior y toma de referencia la posición donde se grabó la estrella, se selecciona el área en la que deseas realizar el corte de la imagen para que posteriormente se recorte en el área delimitada.

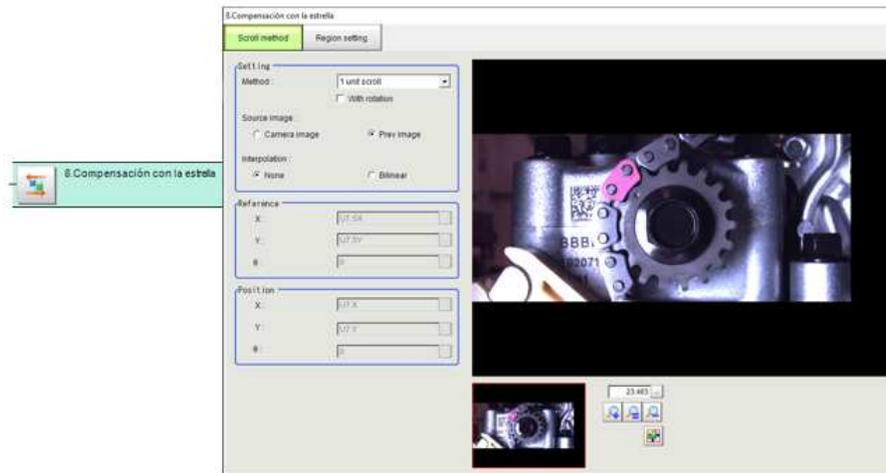


Figura 4.9 Área de recortado de imagen.

### 4.3 Identificación de referencia

La siguiente herramienta es llamada: búsqueda de la marca, figura 4.10, como se observa la imagen ha sido modificada por la herramienta de compensación de la estrella, ahora con esta herramienta se realiza el grabado del patrón de la marca, dicha herramienta cuenta con sensores internos que pueden buscar la característica con más precisión. La región de búsqueda se enfocará en encontrar la marca sobre el borde de la estrella, se delimitará la región de búsqueda para así ignorar partes de la imagen y centrarse sobre la parte lisa donde se encuentra la marca, con esto se logra estabilizar la inspección y evitar que se confunda o pueda provocar ruido con otros detalles de la imagen, ya que la marca es una característica muy pequeña y podría mandarnos falsas detecciones.

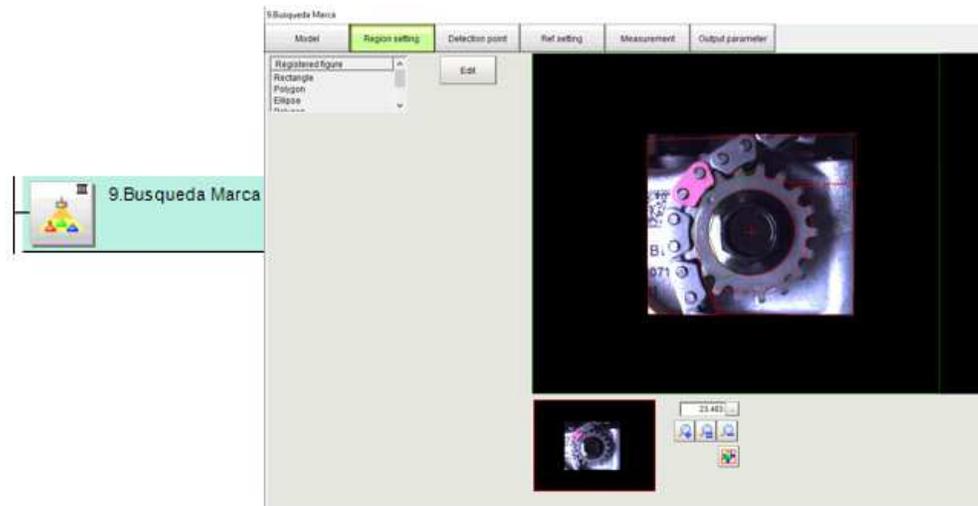


Figura 4.10 Guardado de la región.

Para esto centraremos la región de búsqueda en la superficie circular lisa y grabaremos el patrón de la marca, figura 4.11.



Figura 4.11 Área de búsqueda de la marca.

La siguiente herramienta es clave para ubicar el color de la unión de la cadena ya que esta se ligará con la posición del patrón de la marca, dará las coordenadas de

movimiento y la rotación de la misma para que la herramienta de color ubique y se verifique el color de la cadena, figura 4.12.

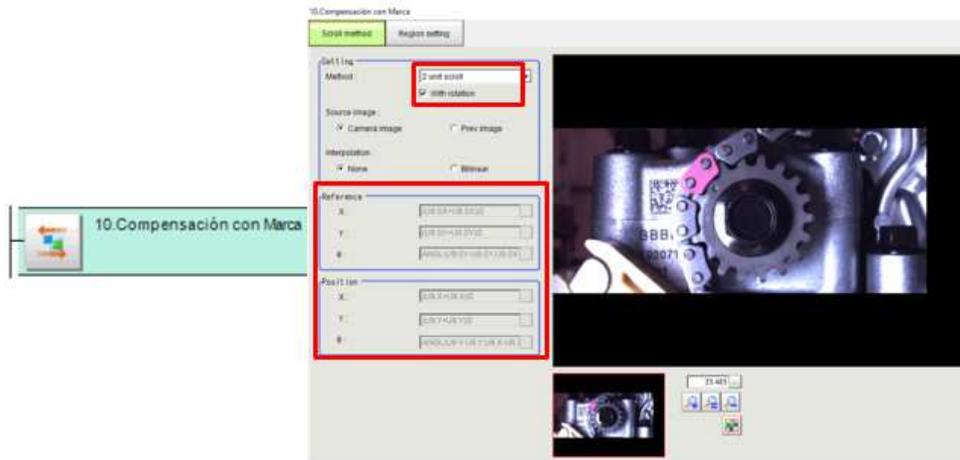


Figura 4.12 Compensación de la imagen.

#### 4.4 verificación del color

La herramienta de color se centraliza en extraer el color que se requiere, ignorando todos los demás, con la paleta de colores se realiza un ajuste fino, figura 4.13.

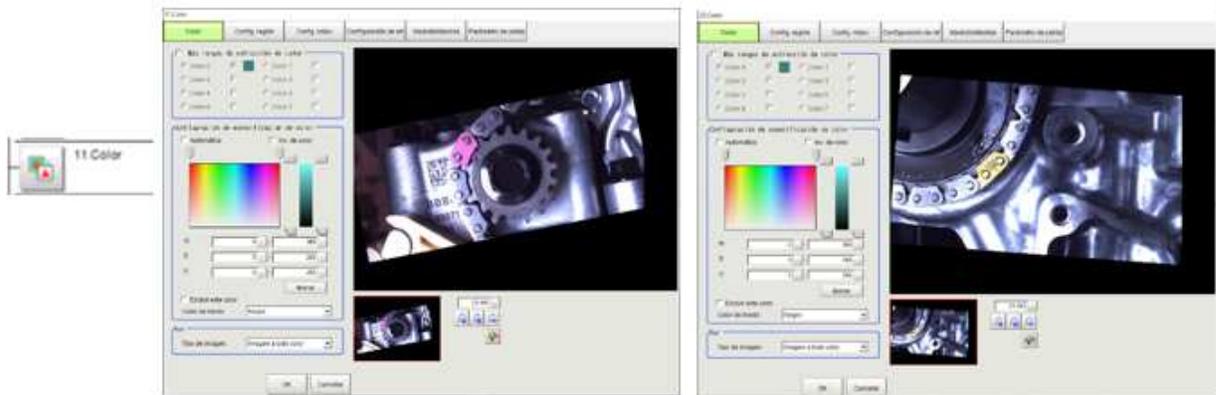


Figura 4.13 Adquirir el color.

Basándonos en cada caso, tenemos lo siguiente, figura 4.14.

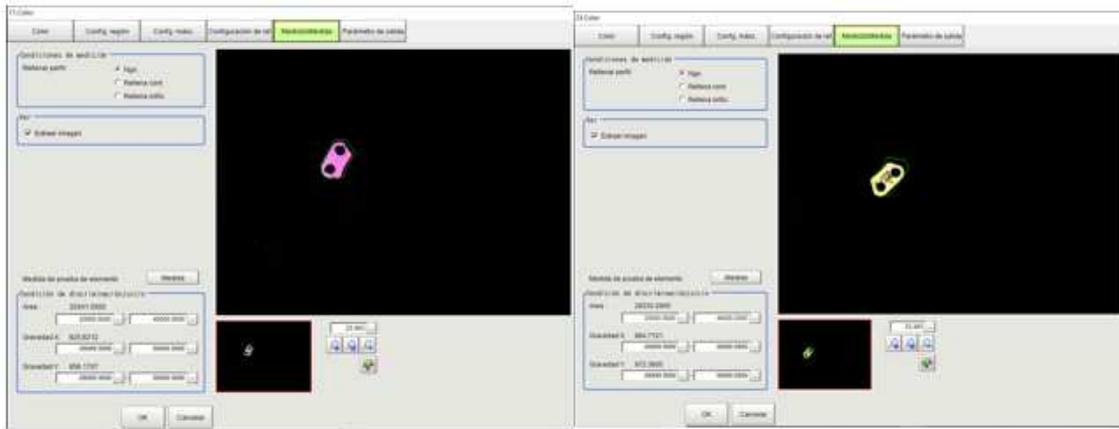


Figura 4.14 Área de detección de color.

## 4.5 Programación y configuración de visualización

En la herramienta de resultados se realiza la visualización con las características que el programador desea mostrar, así como alarmas visuales específicas para que el operador tenga noción de qué o cuál fue el error, así como el comportamiento de la inspección, figura 4.15.

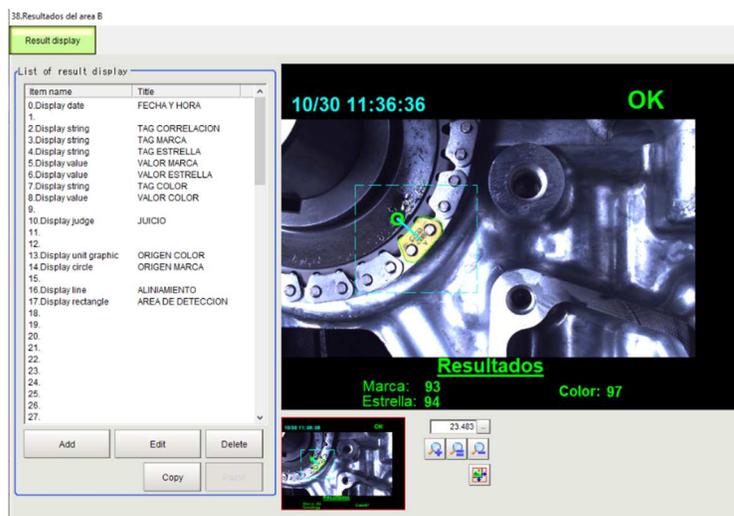


Figura 4.15 Diseño de la visualización.

Se mencionará la estructura de la programación para realizar esta visualización, cabe mencionar que se utilizan las mismas herramientas para cada área. El programa se centraliza en dos herramientas, una llama la imagen del área A desde la toma de la cámara sin que tenga ninguna modificación de las herramientas anteriores y la otra que se encargara de administrar y mostrar, con el diseño que nosotros deseamos, los resultados obtenidos de la inspección, figura 4.16.

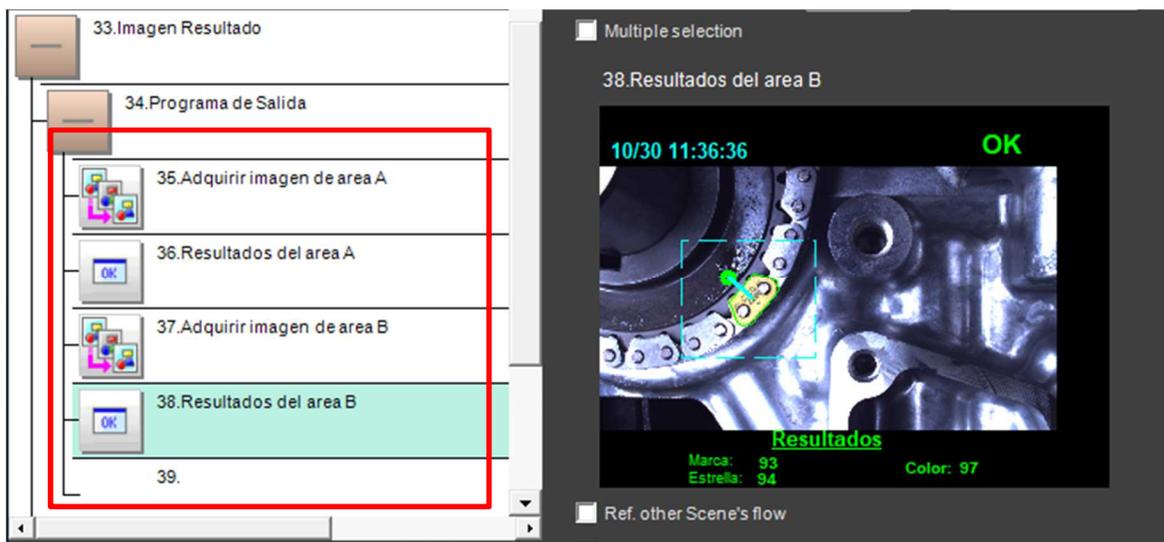


Figura 4.16 Estructura del programa de visualización.

## **Capítulo 5**

### **Análisis de resultados**

#### **5.1 Evaluación de inspecciones área A**

##### **5.1.1 Evaluación del área A en la marca bajo condiciones ideales**

La siguiente grafica muestra los valores obtenidos de la herramienta búsqueda de la marca, figura 5.1, todos los valores son importantes pero nos enfocaremos en los resultados del valor máximo (Max.) y valor mínimo (Min.), estos son determinantes para observar el comportamiento de las inspecciones ya que en base a esto podemos fijar los límites correctos para el juicio de la inspección del sistema, con esto se comprueba que el sistema detecta correctamente las piezas buenas (OK) con un rango de correlación Max 100 para el grabado del patrón de la marca y un Min 60 que se refiere a la similitud de las demás inspecciones con la pieza patrón, obteniendo una media de 78 que es el promedio de correlación donde caen la mayoría de las inspecciones, se fijan los rangos de los valores de máximo y mínimo para el punto A de la marca, con una desviación estándar de 6.10, figura 5.1, como se observa la gráfica, aunque tiene algunos picos, se mantiene en los límites.

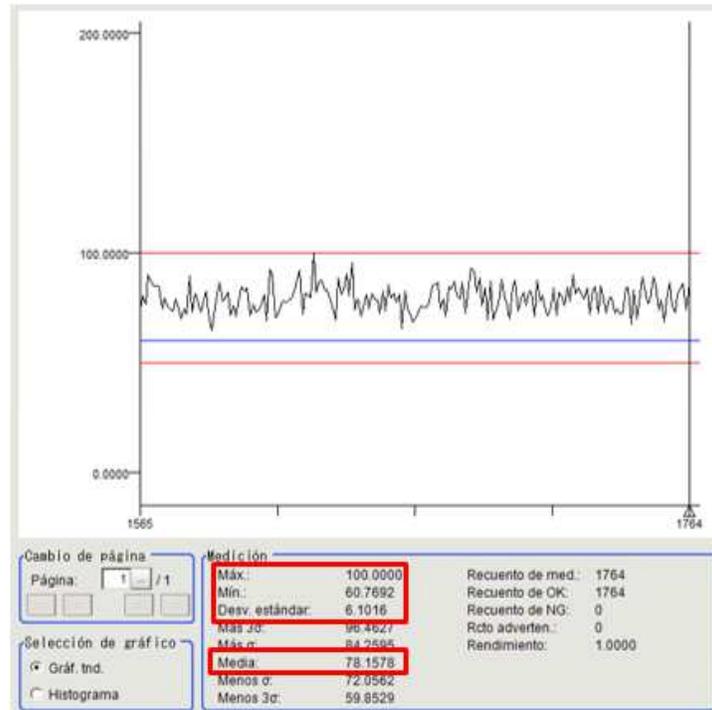


Figura 5.1 Grafica de resultado área A marca estable.

### 5.1.2 Evaluación del área A en la marca piezas erróneas

La siguiente grafica nos muestra el resultado de la herramienta de búsqueda de la marca, figura 5.2 nos muestra una pieza errónea en la detección de la marca, es mucha la diferencia ya que tenemos un rango de correlación Min de 5.27, lo cual es muy importante ya que determina que los rangos de pieza malas (NG) no se mezclaran con los de piezas OK y podemos obtener una buena discriminación en las operaciones.

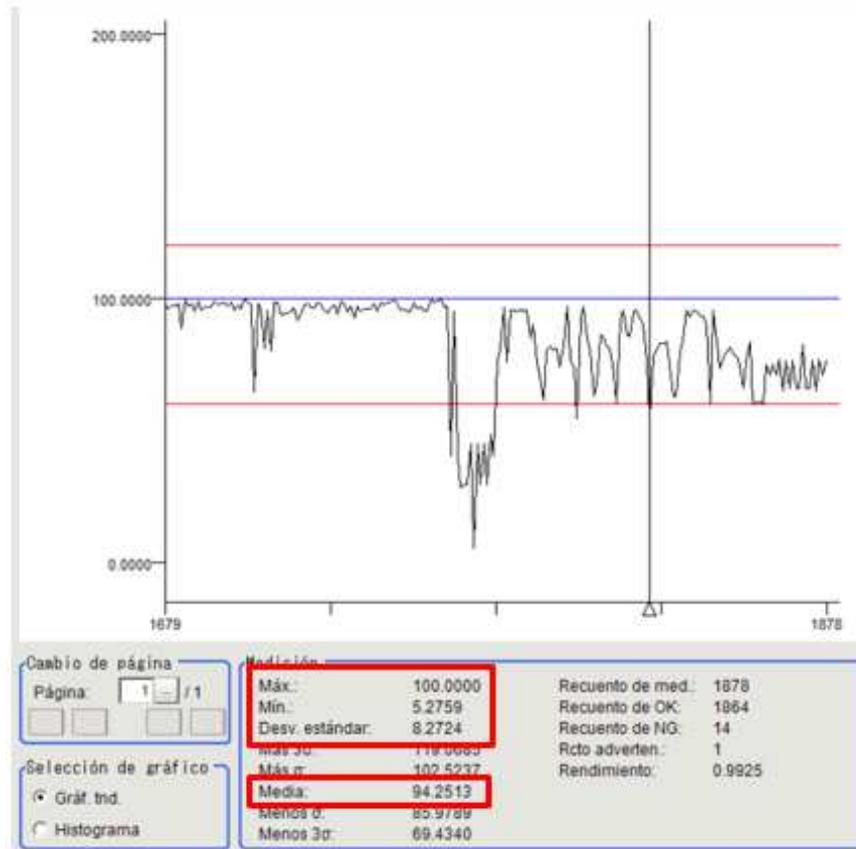


Figura 5.2 Grafica de resultado área A marca con error.

### 5.1.3 Evaluación del área A en el color bajo condiciones ideales

La siguiente información muestra el comportamiento de la gráfica y la información obtenida con la herramienta color, como se muestra en la figura 5.3, dándonos como resultado un rango de correlación Max 100 para la pieza patrón, un rango como Min de 64 con una media de 95.55 y una desviación estándar de 4.87, lo cual nos indica un rango alto y estable para identificar las piezas OK.

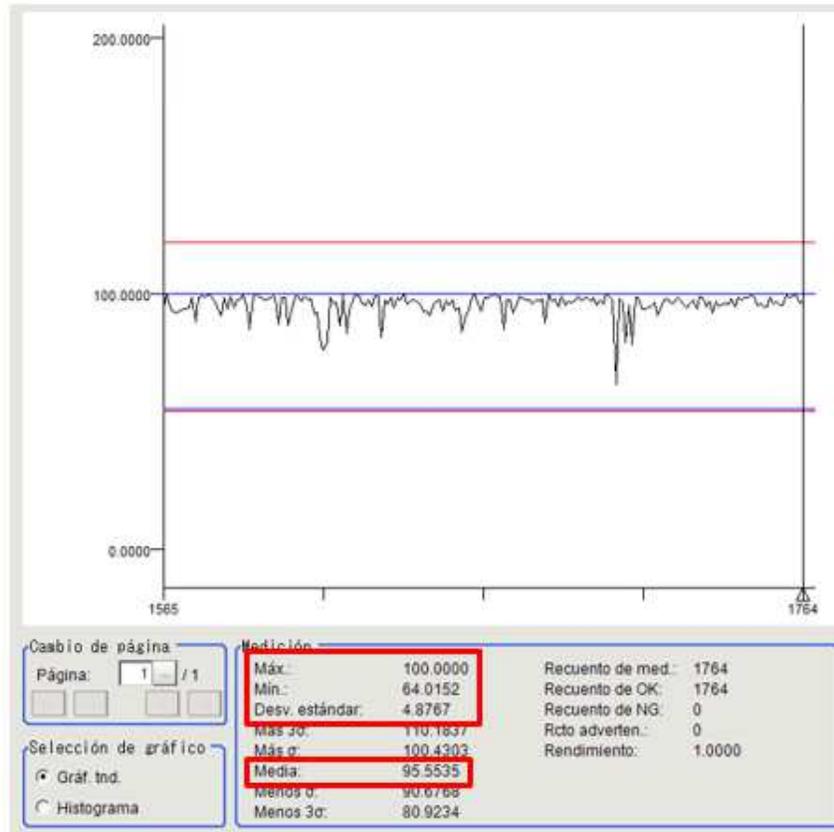


Figura 5.3 Grafica de resultado área A color estable.

#### 5.1.4 Evaluación del área A en el color piezas erróneas

La siguiente información son los valores obtenidos con piezas con defecto, como se muestra en la figura 5.4, con los cuales se obtuvo un valor Min 0, esto quiere decir que no encontró ningún color rosa en el área de la inspección de la herramienta de color y se garantiza que detectaremos una pieza NG.

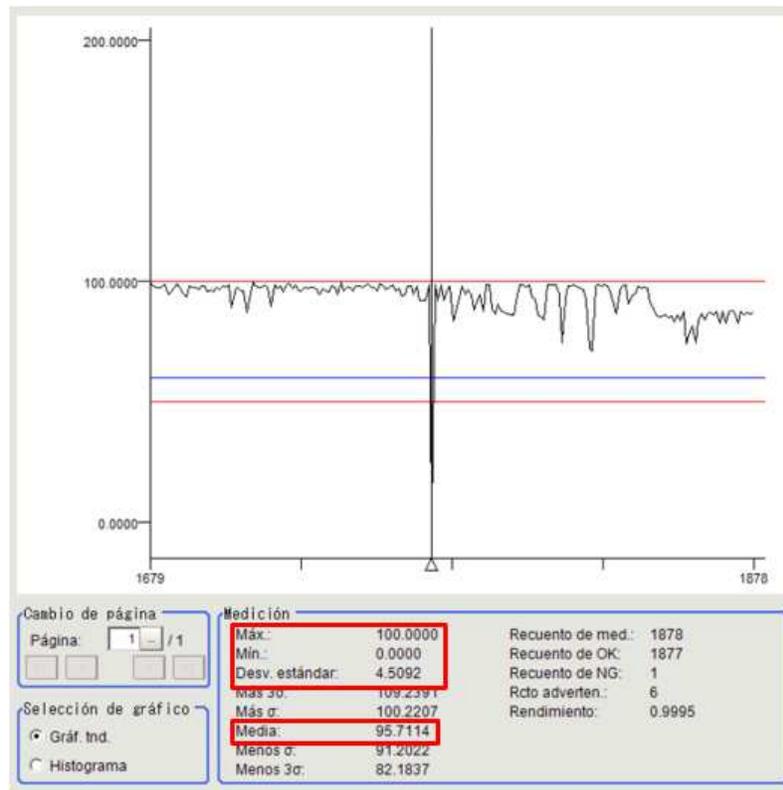


Figura 5.4 Grafica de resultado punto A color con error.

## 5.2 Evaluación de inspecciones área B

### 5.2.1 Evaluación del área B en la marca bajo condiciones ideales

Se muestran los resultados de la información obtenida para la herramienta de búsqueda de la marca, figura 5.5 se puede ver una gráfica bastante estable con un valor de correlación Max 100 para el grabado del patrón y un Min 59.60 de similitud de las demás inspecciones, con la del patrón se tiene una media de 96.10 y una desviación estándar de 3.4, lo que nos indica la estabilidad de la inspección para las piezas NG.

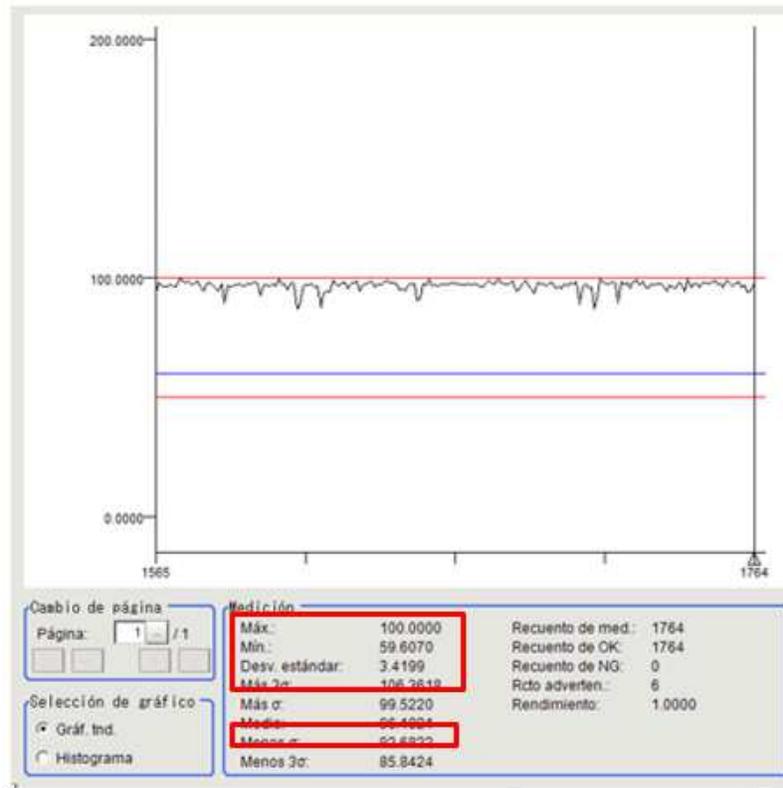


Figura 5.5 Grafica de resultado punto B marca.

## 5.2.2 Evaluación del área B en la marca piezas erróneas

En la siguiente gráfica, figura 5.6 se muestra el comportamiento con piezas erróneas donde no se detectó la marca, con un valor Min de 0, lo cual nos indica que la herramienta de búsqueda no encontró nada, esto es provocado generalmente por grasa en la pieza, de la misma forma esto nos ayuda tener una buena discriminación con la pieza OK.

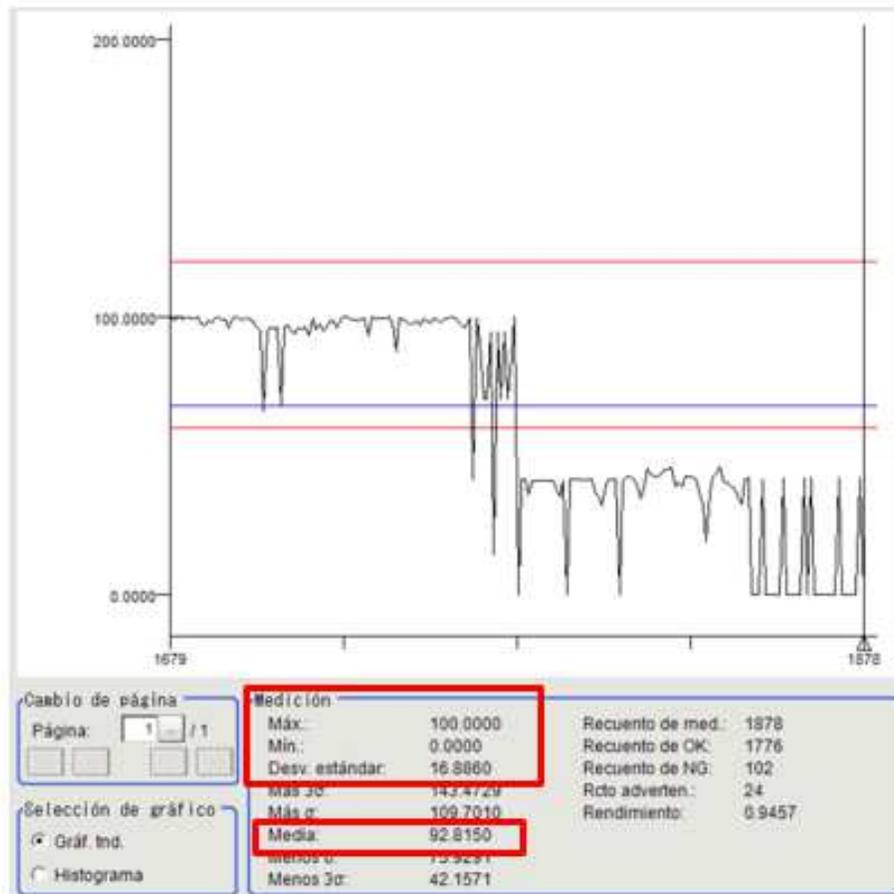


Figura 5.6 Grafica de resultado punto B marca con error.

### 5.2.3 Evaluación del área B en el color bajo condiciones ideales

Como siguiente paso se analizó el resultado de la herramienta de color, los rangos y la información arrojada de las inspecciones, figura 5.7. Se muestra en la gráfica un comportamiento estable con algunos picos, las pruebas nos arrojan una correlación Max 100 para la imagen patrón y una Min de 65.60, con una media 96.03 y una desviación estándar de 5.01 para las piezas OK.

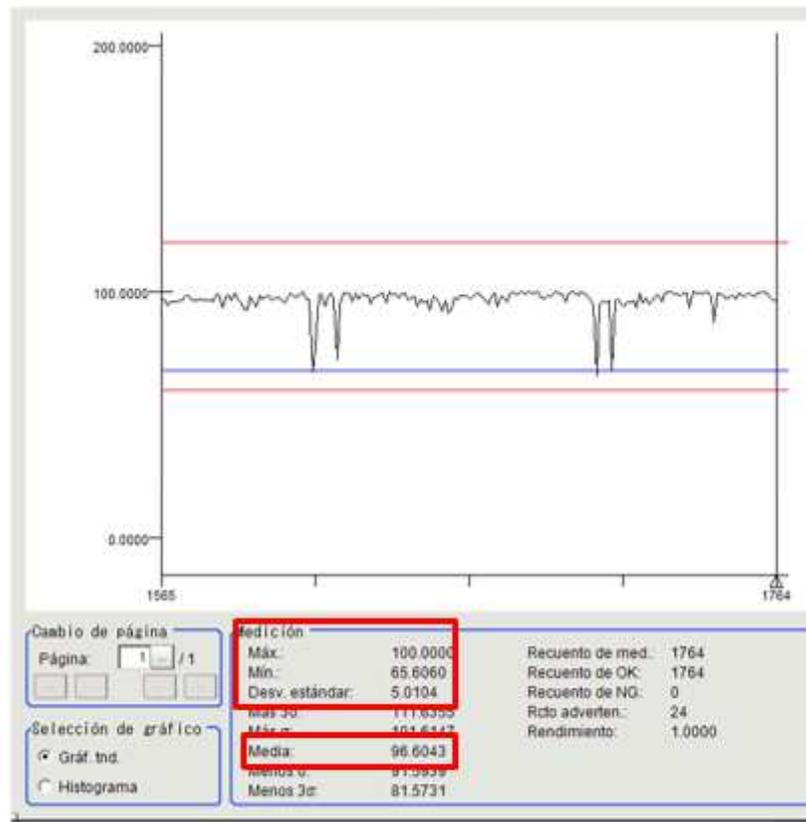


Figura 5.7 Grafica de resultado punto B color estable.

### 5.2.4 Evaluación del área B en el color piezas erróneas

Como se observa en la gráfica, figura 5.8, se tiene la detección de una pieza NG en el análisis de la herramienta de color que nos da un valor de correlación Min de 0, dándonos un rango de discriminación muy bueno entre las piezas NG y OK.

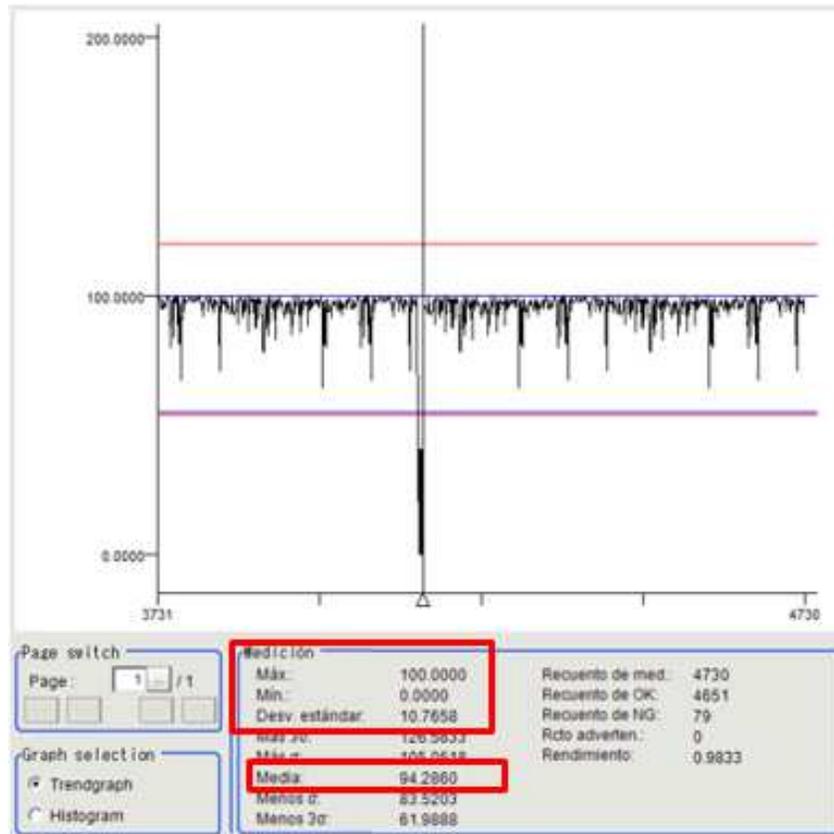


Figura 5.8 Grafica de resultado punto B color con error.

### 5.3 Resultados de las herramientas

Como se puede ver en la información y las gráficas anteriores, tenemos muy pocas variantes tanto en el color como en la detección de la marca. Tenemos que las inspecciones son estables tanto con la información arrojada para las piezas NG como con las OK, tenido un rango de discriminación bastante notable entre una y otra.

La siguiente grafica de información, figura 5.9 nos muestra las muestras de 4511 inspecciones ya con el sistema en operación, indicando con un valor de 1 las inspecciones OK y un -1 para piezas NG. Nos da un registro de 47 piezas

rechazadas, aunque este valor puede ser menor, ya que también se registran las ocasiones cuando dieron reprobación al sistema.

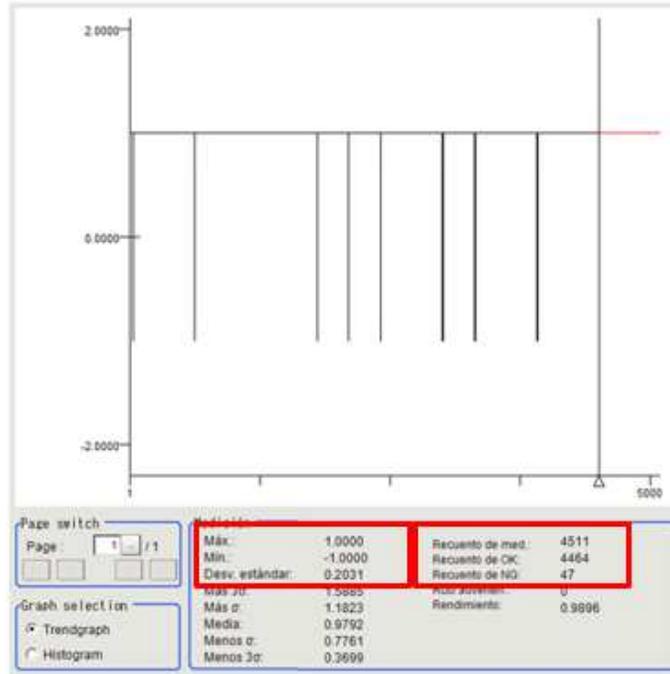


Figura 5.9 Grafica de resultados en línea.

En ocasiones el sistema puede dar falsos rechazos ya que el operador puede llevar grasa en las manos y al posicionar la cadena puede manchar la pieza en el lugar de la inspección, pero debe de ser una cantidad considerable o que caiga directamente sobre la marca o color, provocando que mande falsos rechazos, figura 5.10, para que esto se solucione hay dos formas: que el operador cerciore que las áreas no lleven grasa al colocar la cadena o limpiar la pieza una vez hecha la inspección y realizar la reprobación para que el sistema vuelva a analizar la imagen.



**Figura 5.10 Defecto exceso de grasa.**

Sin embargo, en ocasiones el sistema logra absorber el efecto de la grasa, figura 5.11.



**Figura 5.11 Absorbe defecto con exceso de grasa.**

Las pruebas fueron analizadas por tres turnos: mañana, tarde y noche, esto con la finalidad de ver la estabilidad en el sistema ya que los cambios de horario fluctúan mucho y producen cambios en el ambiente puesto que la nave cuenta con tejas traga luz para aprovechar la iluminación del sol en el día, mientras que para la noche cuenta con línea de iluminación de lámpara fluorescentes. Se determinó que con la iluminación lateral y la aplicación estrobo fueron suficientes para estabilizar y tener una imagen clara sobre la inspección gracias a la saturación de iluminación del sistema.

## Conclusiones y trabajo a futuro

Se obtuvo una solución automatizada que mejorará el proceso de inspección en la línea de ensamble del motor, reduciendo costos por retrabajo y disminuyendo la fatiga y esfuerzo visual del operador, basándonos en un sistema de visión que permitirá la temprana identificación de defectos, evitando gastos adicionales por retrabajos en una etapa más avanzada del proceso, además el sistema permite visualizar en tiempo real los resultados de la inspección de cada pieza, liberar el motor, realizar repruebas cuando sea necesario, hacer bypass para que el sistema deje de funcionar, cargar y borrar modelos para tener control del sistema.

Todo ello resulta fundamental en el mundo de la industria de los vehículos, ya que la visión artificial brinda una cantidad importante de herramientas que ayudarán a la fábrica, tanto a la inspección de componentes como al ensamblaje correcto de sus piezas durante el montaje en la línea de producción automotriz, por ello la necesidad del cliente final por la implementación de esta solución en su proceso.

Este proyecto se logró vender por un monto de 39,299.25 USD, con un margen de ganancia del 40%, con una duración de implementación e integración de cuatro semanas, por lo que la ganancia obtenida fue de 15,299.25 USD.

El cliente final logró controlar la calidad en esta parte del proceso mediante una inspección efectiva y confiable del ensamble de la pieza, con esto se redujo significativamente el re trabajo hasta un 70%, disminuyendo a su vez los costos en el ensamble de los motores.

Las fábricas automatizadas deben proporcionar en sus sistemas, alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad. Para desenvolvemos de la forma óptima en el diseño de sistemas de visión empleados a las diversas ramas es completamente necesario dominar a plenitud los conocimientos resultados de los procesos como lo redactado en este documento, donde se contempló hasta el más pequeño detalle a considerar para concretar un proyecto especializado de calidad.

## Referencias bibliográficas

BCNVISION. (03 de 07 de 2020)BCNVISION. Obtenido de BCNCISION:  
<https://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/iluminacion-vision-artificial2/>

Centro de información técnica para la industria. (04 de 08 de 2020). Centro de información técnica para la industria. Obtenido de Centro de información técnica para la industria: <https://www.cursosaula21.com/que-es-ethernet-industrial/>

Cognex. (03 de 07 de 2020). Cognex Corporation. Obtenido de Cognex Corporation:  
<https://www.cognex.com/es-mx/what-is/machine-vision/what-is-machine-vision-2020>

CTIN. (04 de 07 2020). CTIN. Obtenido de CTIN: <http://www.ctinmx.com/que-es-un-plc/>

DCMSISTEMES. (03 de 07 de 2020). DCMSISTEMES. Obtenido de DCMSISTEMES:  
<https://www.dcmsistemas.com/es/documentacion/informacion-adicional/25/iluminacion-radial/>

DCMSISTEMES.(03 de 07 de 2020). DCMSISTEMES. Obtenido de DCMSISTEMES:  
<https://www.dcmsistemas.com/es/documentacion/informacion-adicional/52/la-luz-blanca/>

[Groover et al., 1989] Groover, M.; Weiss, M.; Angel, R. y Odrey, N., (1989) Robótica Industrial. Tecnología, Programación y aplicaciones. Mc Graw – Hill Interamericana.

[Groover, 1997] Groover, M., (1997) Fundamentos de la manufactura moderna. Materiales, Procesos y sistemas. Prentice Hall. Pp. 1006-1034.

Grupo de Visión del comité Español de Automática (CEA). (6 DE 8 DE 2020)CEA. Obtenido de CEA:

<https://intranet.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/8/files/ConceptosyMetodosenVxC.pdf>

INGENIEROSASESORES. (03 de 07 de 2020)INGENIROS ASESORES. Obtenido de INGENIEROS ASESORES: <https://ingenierosasesores.com/actualidad/rfid-en-la-industria/>

[Newman y Jain, 1995] Newman, T. y Jain, A.,(1995) A survey of automated visual inpection. Computer Vision and Image Understanding. V° 61, Marzo pp. 231-262.

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/394b403f71d23b50/original/FH-UMAI-Application-Software-Operating-Manual.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/219116c361f02c21/original/FH-UMAI-Application-Software-Reference-Manual.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: [https://assets.omron.com/m/6a80c1545ebe53f7/original/FH-\\_050-Instruction-Sheet.pdf](https://assets.omron.com/m/6a80c1545ebe53f7/original/FH-_050-Instruction-Sheet.pdf)

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/41fb8ff84e23d7db/original/FH-SC-SM-InstructionSheet.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/2a1d591a1abeba12/original/FH-FZ5-Series-Vision-Sensor-User-s-Short-Manual.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/7968a35e2c2e02f5/original/FH-FZ5-Series-Vision-System-User-s-Manual.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/2bbc897c48b434af/original/FH-FZ5-Series-Vision-System-Macro-Customize-Functions-Programming-Manual.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/4455084b1424bec5/original/FH-FZ5-Series-Vision-System-Hardware-Setup-Manual.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/1c7256f563ac6d51/original/FH-Series-Vision-System-for-Sysmac-Studio-Operation-Manual.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/435f7602796aef41/original/FH-FZ5-Series-Vision-System-Processing-Item-Function-Reference-Manual.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/182dd0930498f5dd/original/W406-E1-08-pdf.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: [https://assets.omron.com/m/3e6461ff60fea828/original/W441-E1-03\\_CJ-series-EthernetFunc\\_OperManual-pdf.pdf](https://assets.omron.com/m/3e6461ff60fea828/original/W441-E1-03_CJ-series-EthernetFunc_OperManual-pdf.pdf)

Omron. (07 de 05 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/0f7cde9738558745/original/W473-E1-08-pdf.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/48089946133fe327/original/W472-E1-08-pdf.pdf>

Omron. (07 de 05 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/606cd3351f44d4d4/original/V680-Series-RFID-System-User-s-Manual.pdf>

Omron. (04 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/77c99865333f0229/original/V680-Series-User-s-Manual-for-Amplifiers-Antennas-and-RF-Tags.pdf>

Omron. (07 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/64aa6db32f24ec27/original/V680-Series-User-s-Manual.pdf>

Omron. (02 de 06 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/7fc0a4e04b433a29/original/V680-Series-User-Manual-ID-Sensor-Units.pdf>

Omron. (07 de 06 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/6d4ecfbb6d919e66/original/V680-Series-Hand-held-Reader-Writer-User-s-Manual.pdf>

Omron. (07 de 05 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/1cda66116a57d187/original/V680-Series-ID-Flag-Sensors-User-s-Manual.pdf>

Omron. (09 de 08 de 2020). Omron Corporation. Obtenido de Omron Corporation: <https://assets.omron.com/m/166b56261517112b/original/V680-Series-Heat-resistive-RFID-System-User-s-Manual.pdf>

Proface. (07 de 08 de 2020). Copyright (C) Schneider Electric Japan Holdings Ltd. Obtenido de Copyright (C) Schneider Electric Japan Holdings Ltd: <https://www.proface.com/otasuke/files/manual/gpproex/new/refer/gpproex.htm>

Proface. (08 de 09 de 2020). Copyright (C) Schneider Electric Japan Holdings Ltd. Obtenido de Copyright (C) Schneider Electric Japan Holdings Ltd: <https://www.proface.com/otasuke/files/manual/gpproex/new/device/omr.htm>

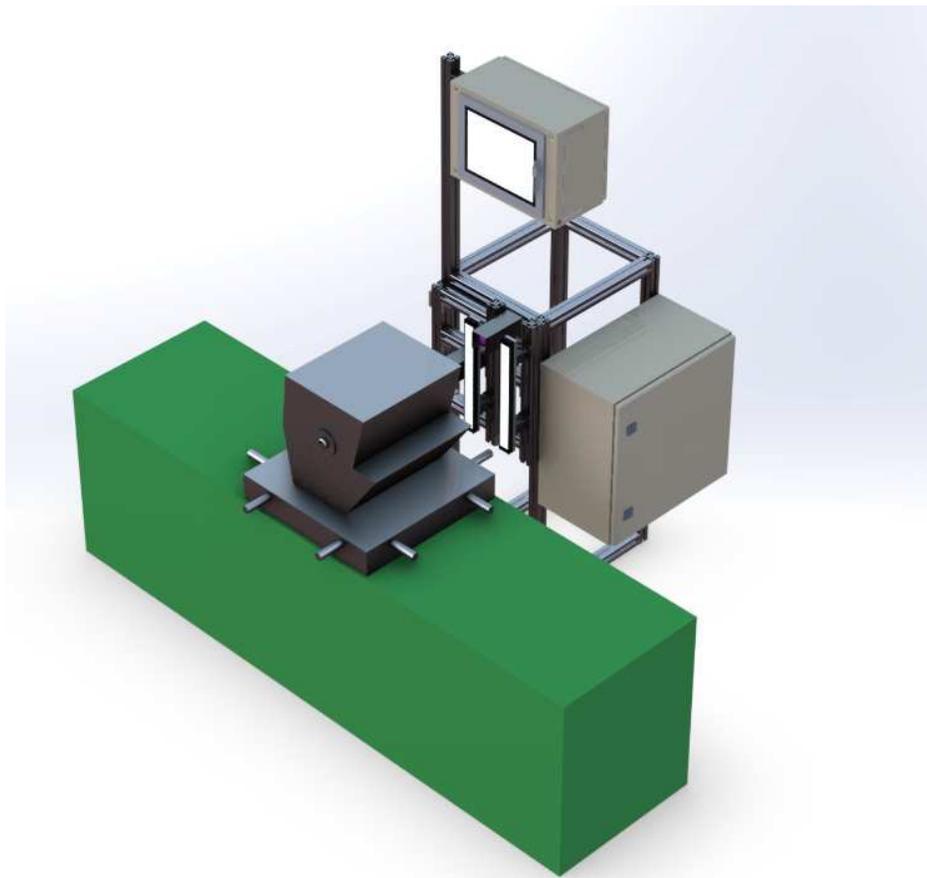
SIEMON. (04 de 08 de 2020).SIEMON. Obtenido de SIEMON Corporation:  
<https://www.siemon.com/es/home/support/education/white-papers/03-10-13-ethernet-ip>

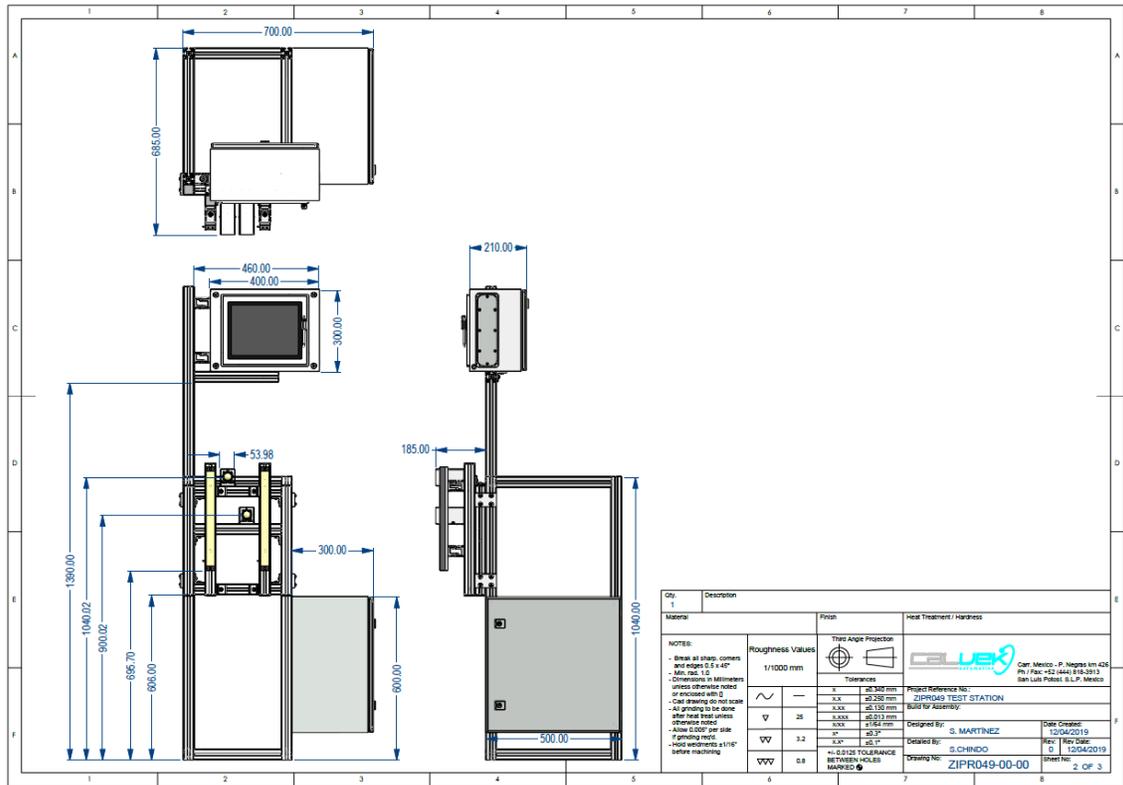
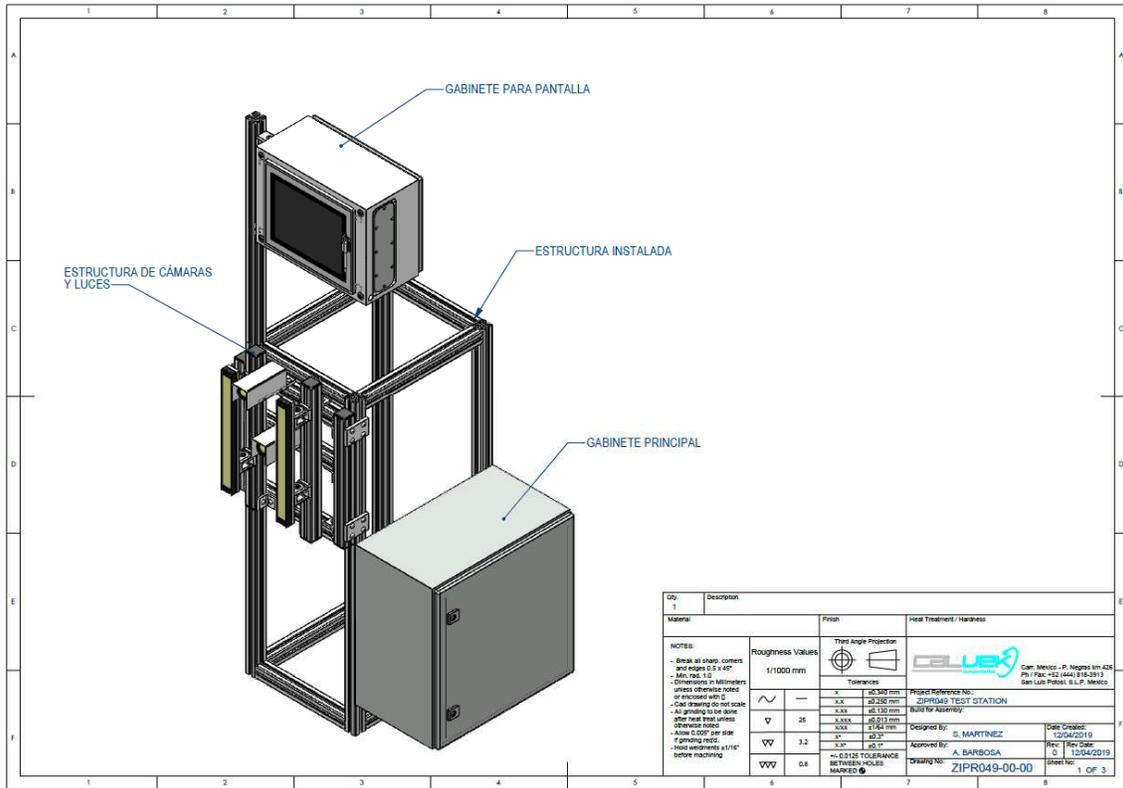
[Somolinos, 2002] Somolinos, J., (2002) Avances en robótica y visión por computador. Marcombo

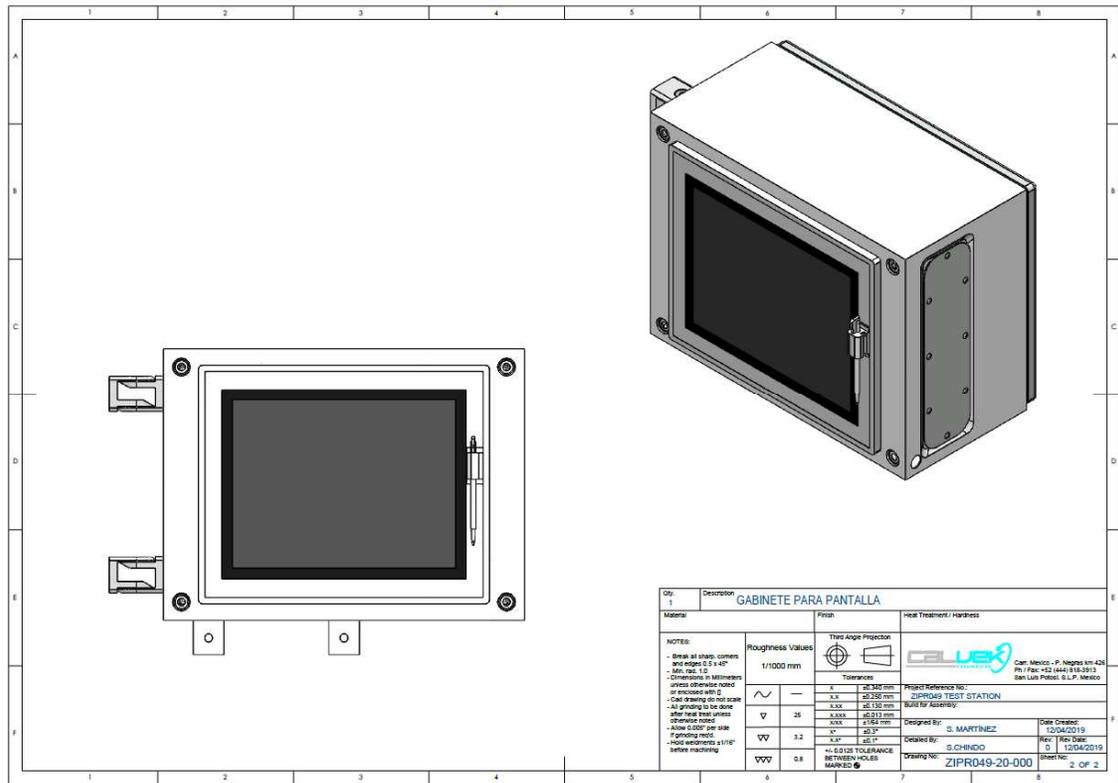
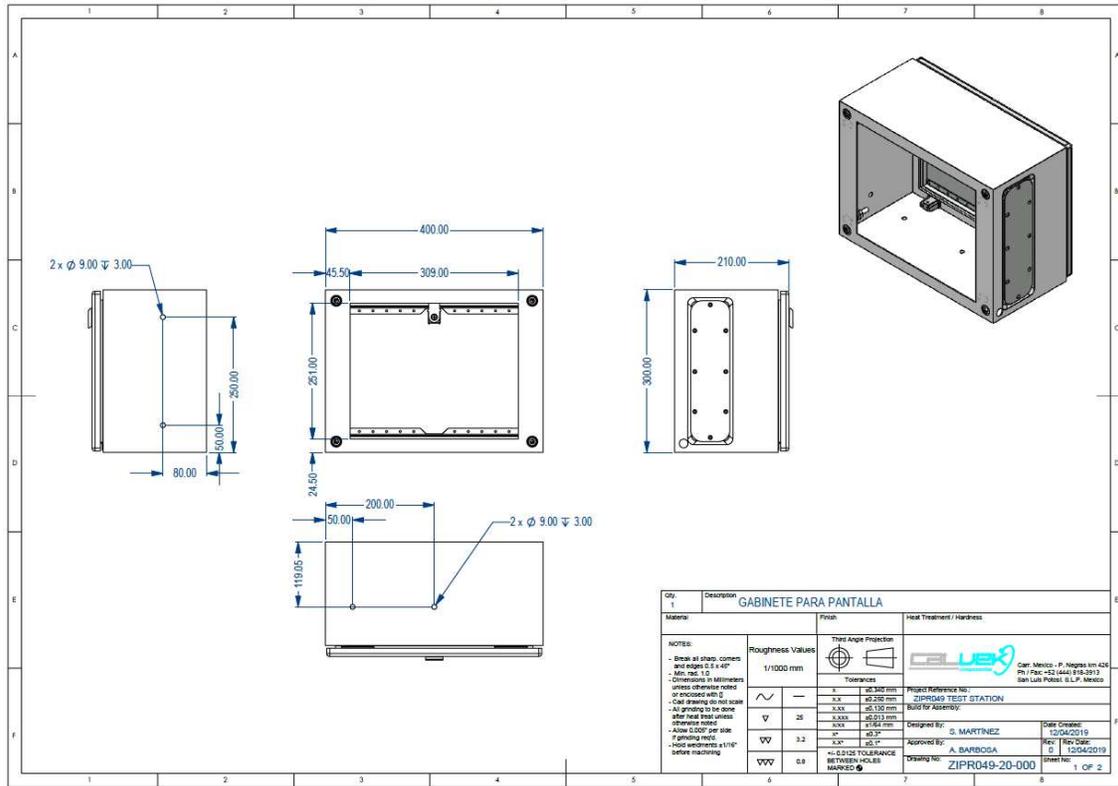
Universidad internacional de valencia. (03 de 07 2020).Universidad de valencia.  
Obtenido de Universidad de valencia: <https://www.universidadviu.com/rfid-que-es/>

## Anexos 1.

### Diagramas mecánicos

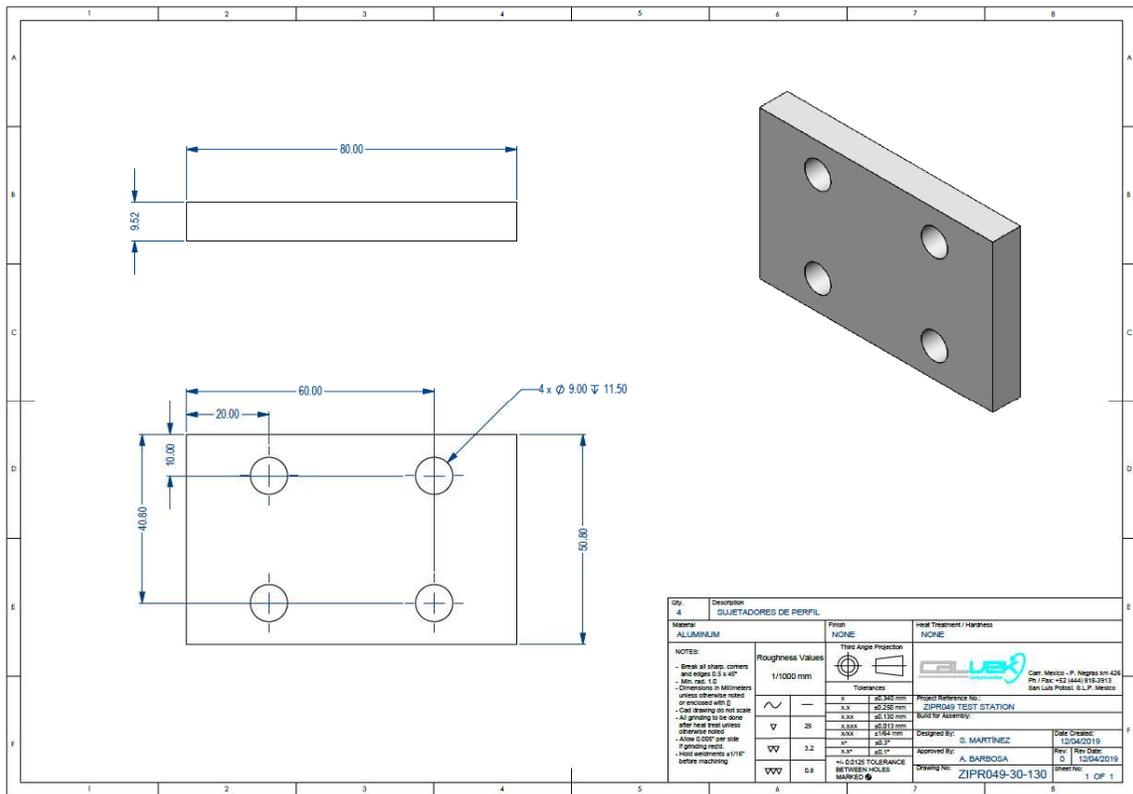
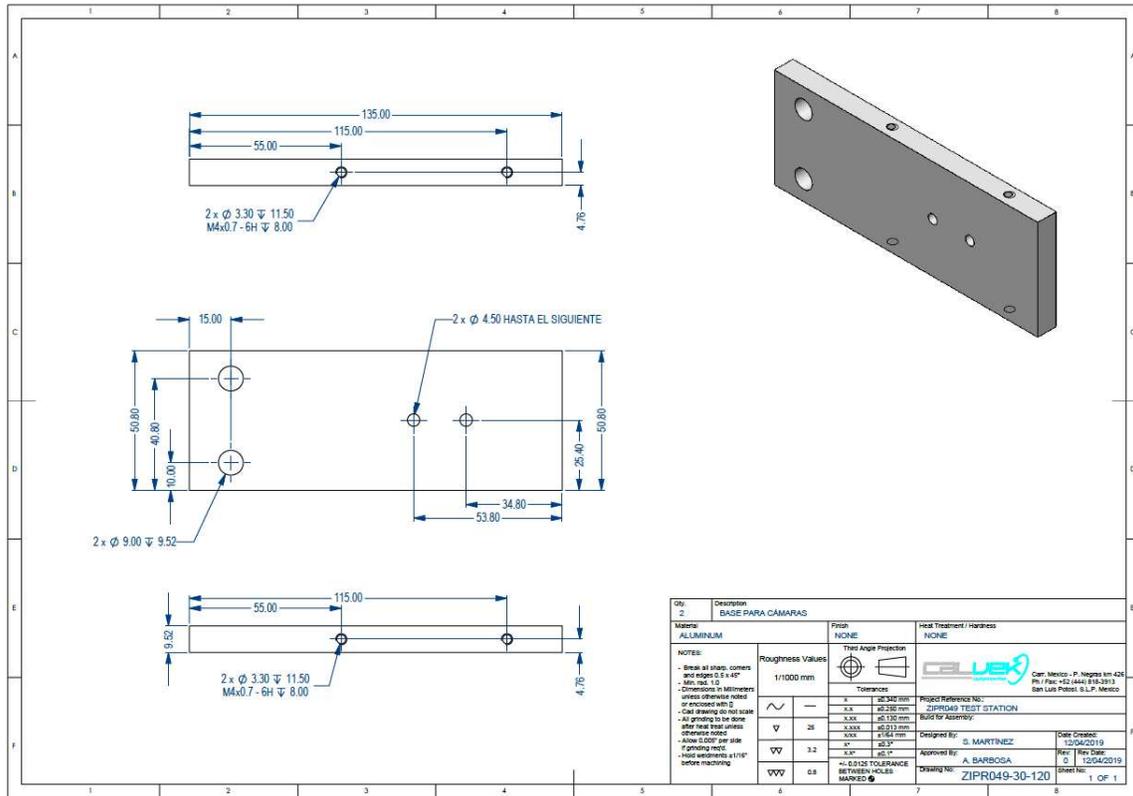


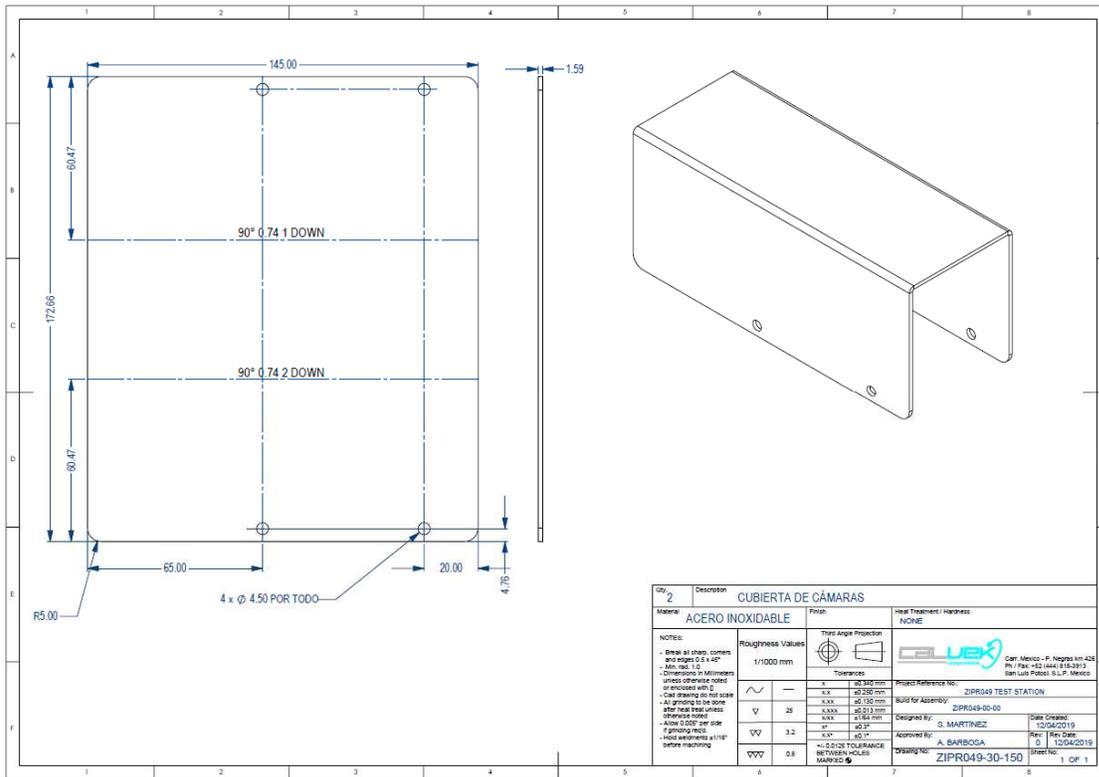






ANEXO 1. Diagramas Mecánicos.

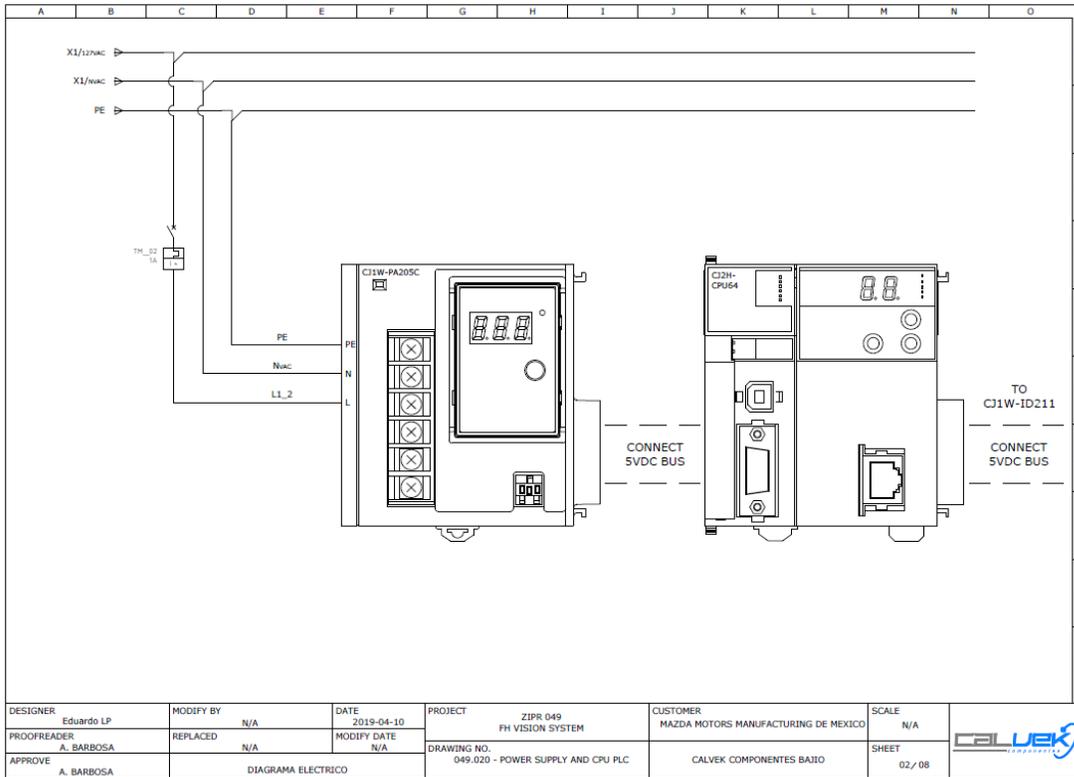
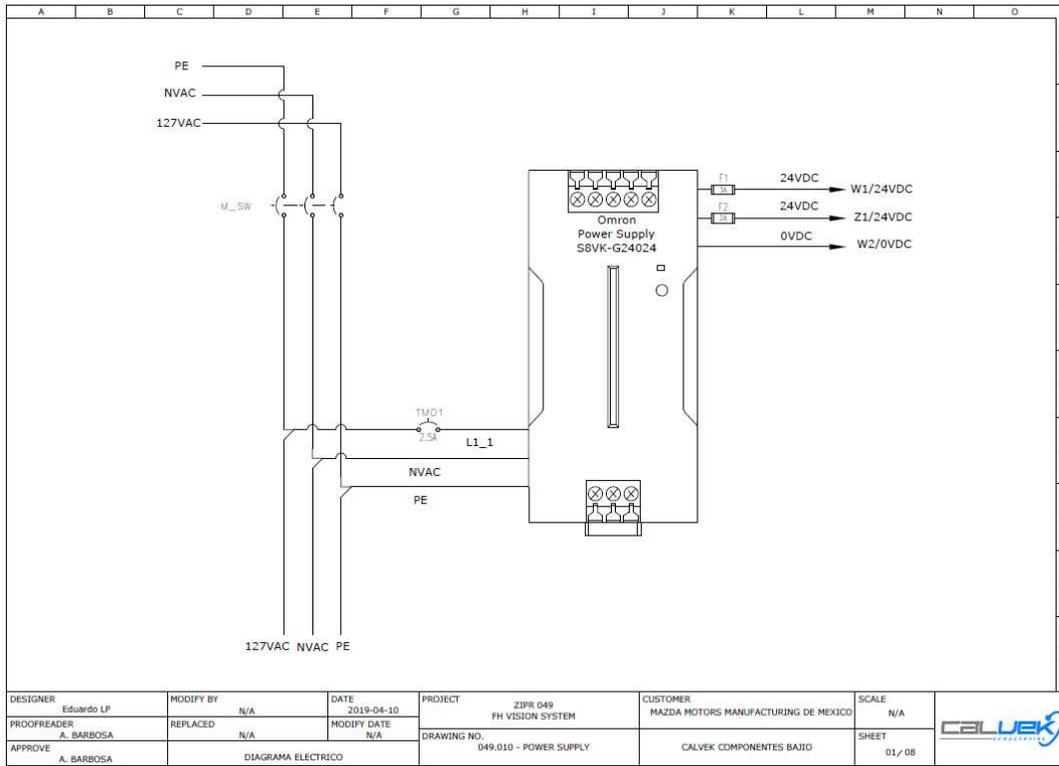


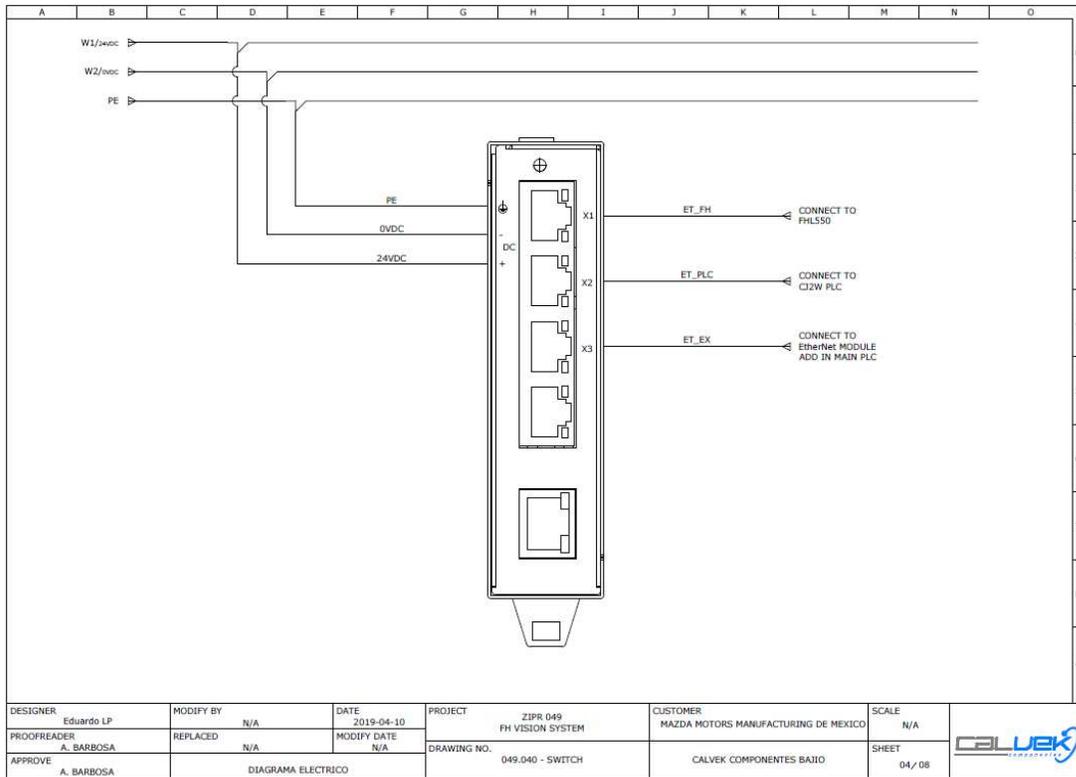
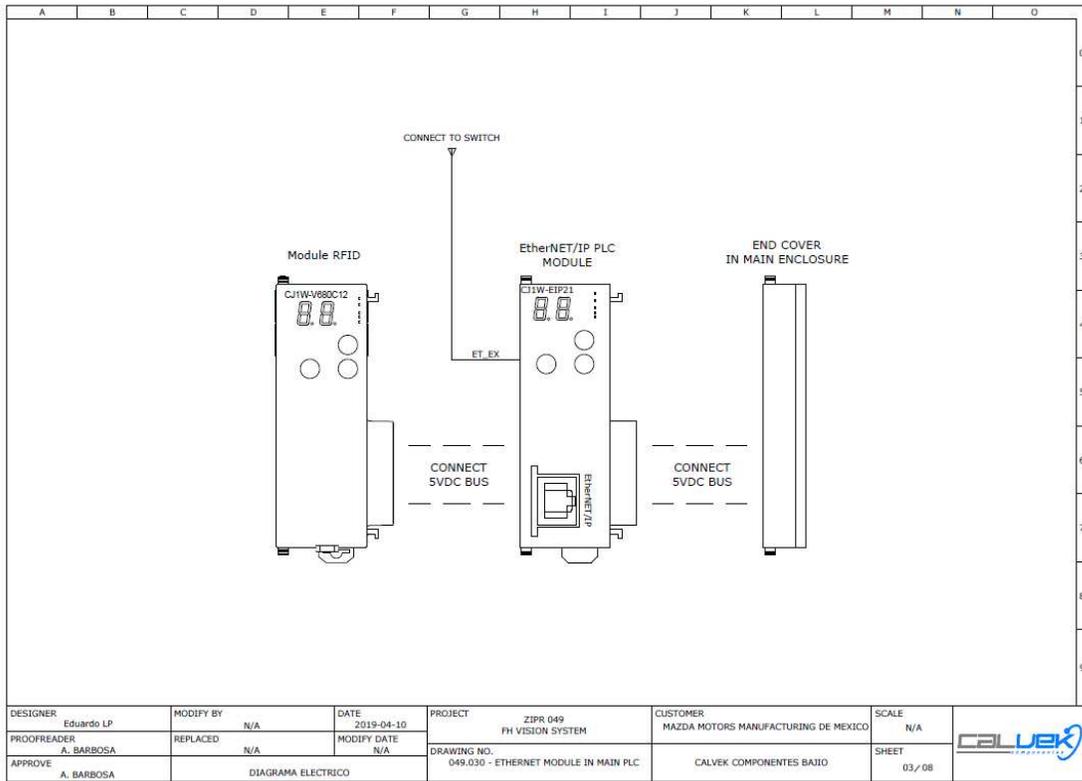


## Anexo 2.

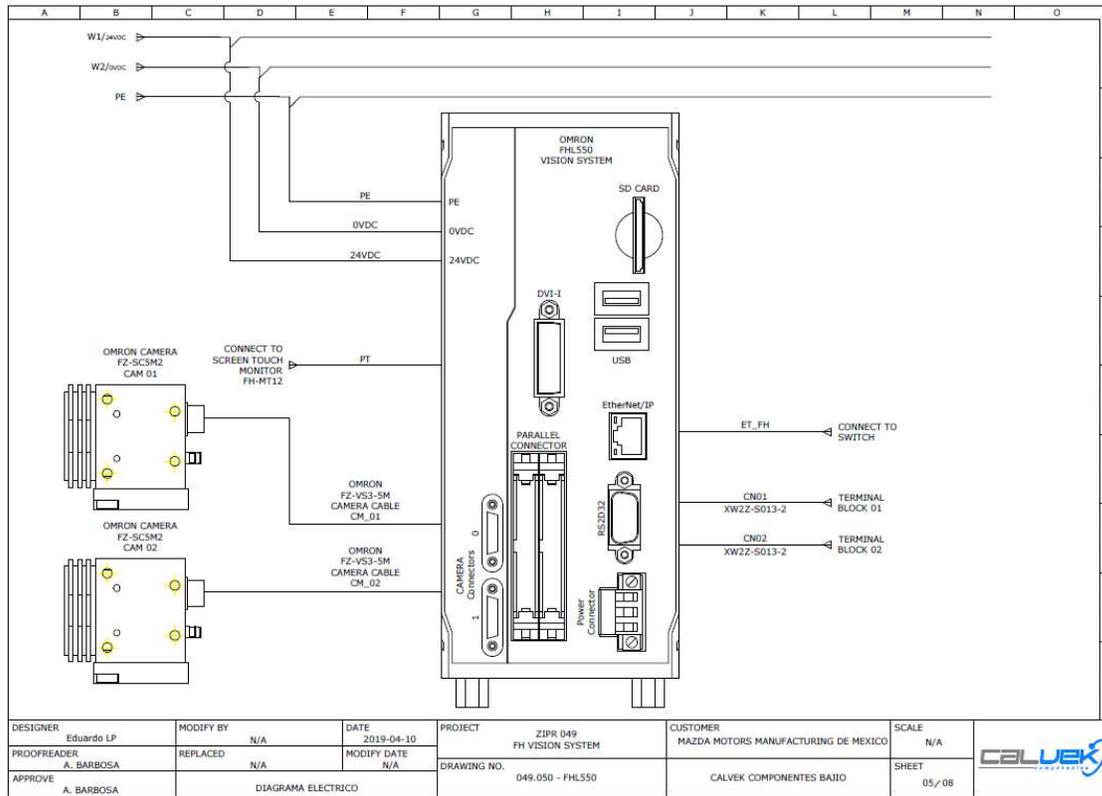
### Diagramas eléctricos



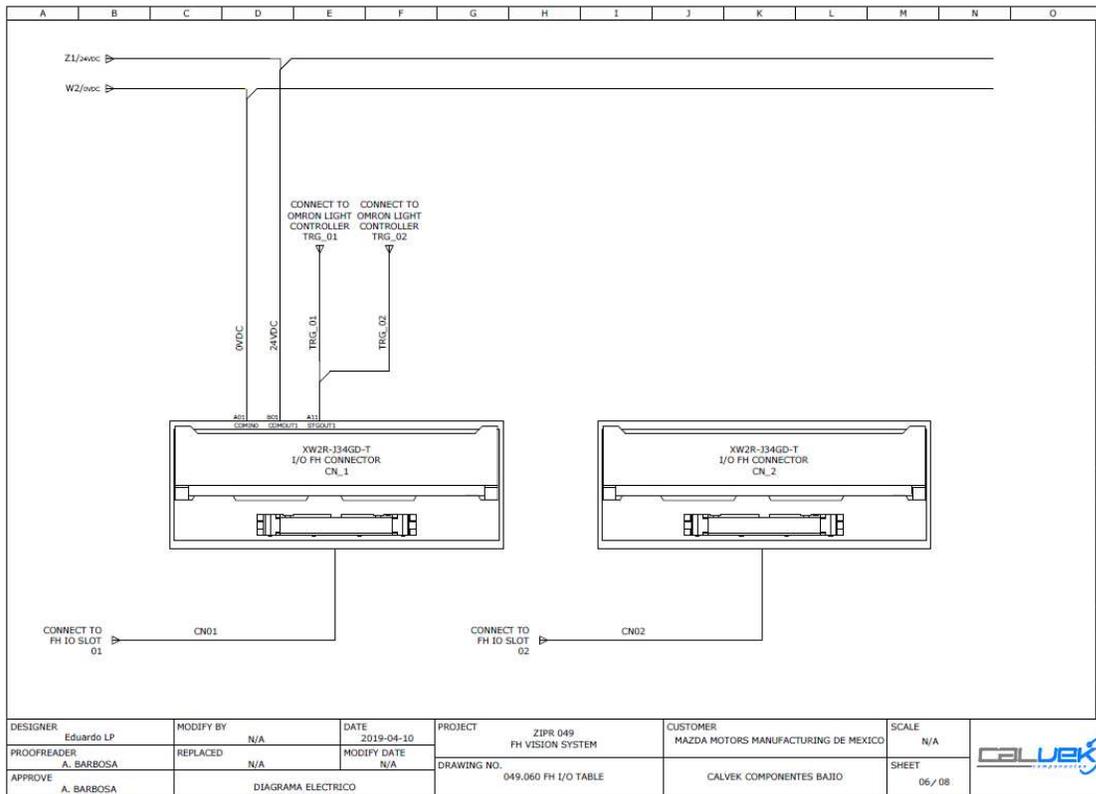


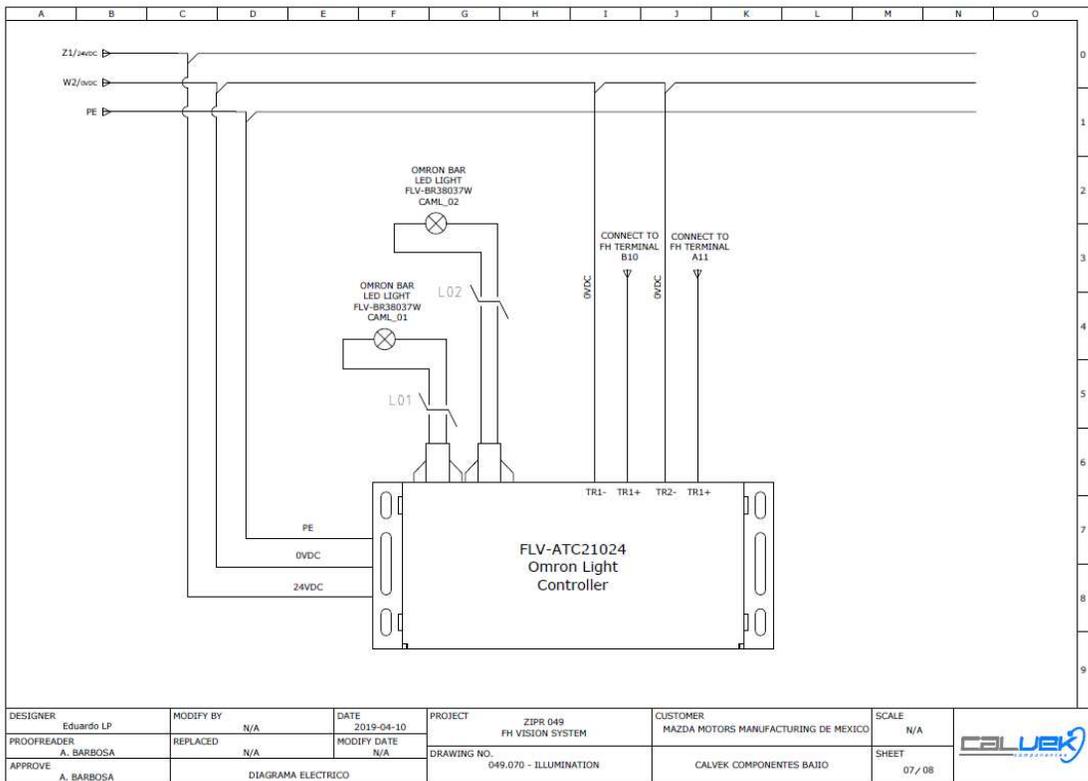
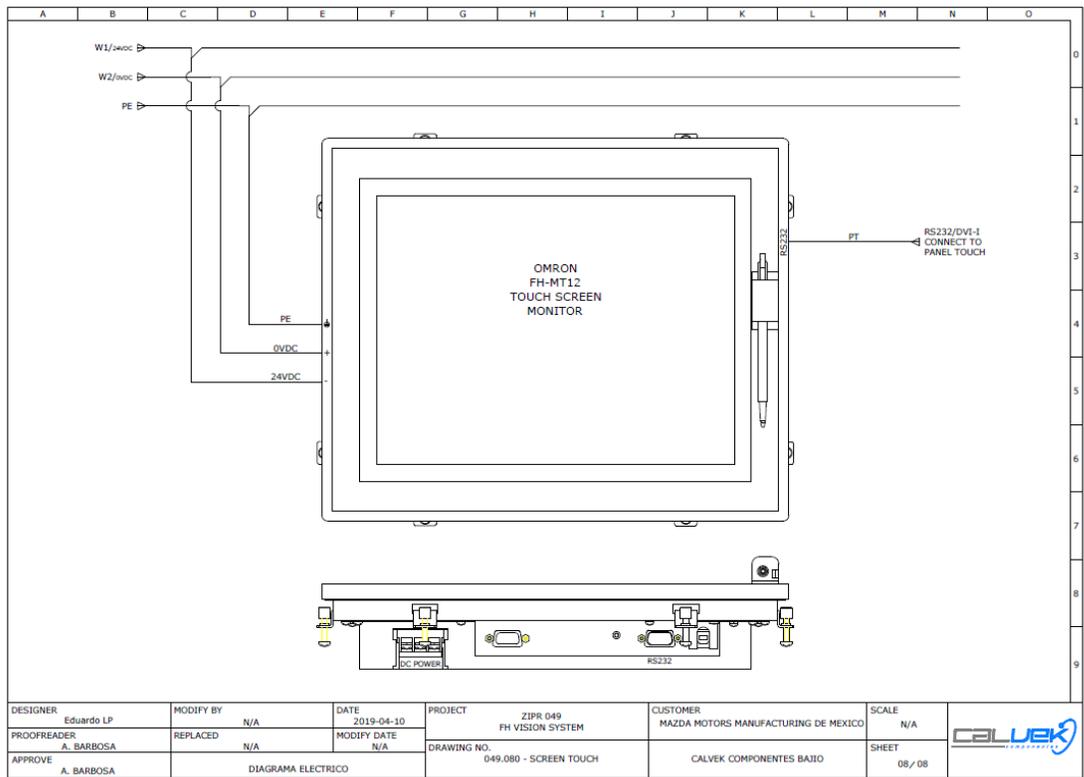


ANEXO 2. Diagramas eléctricos.



ANEXO 2. Diagramas eléctricos.





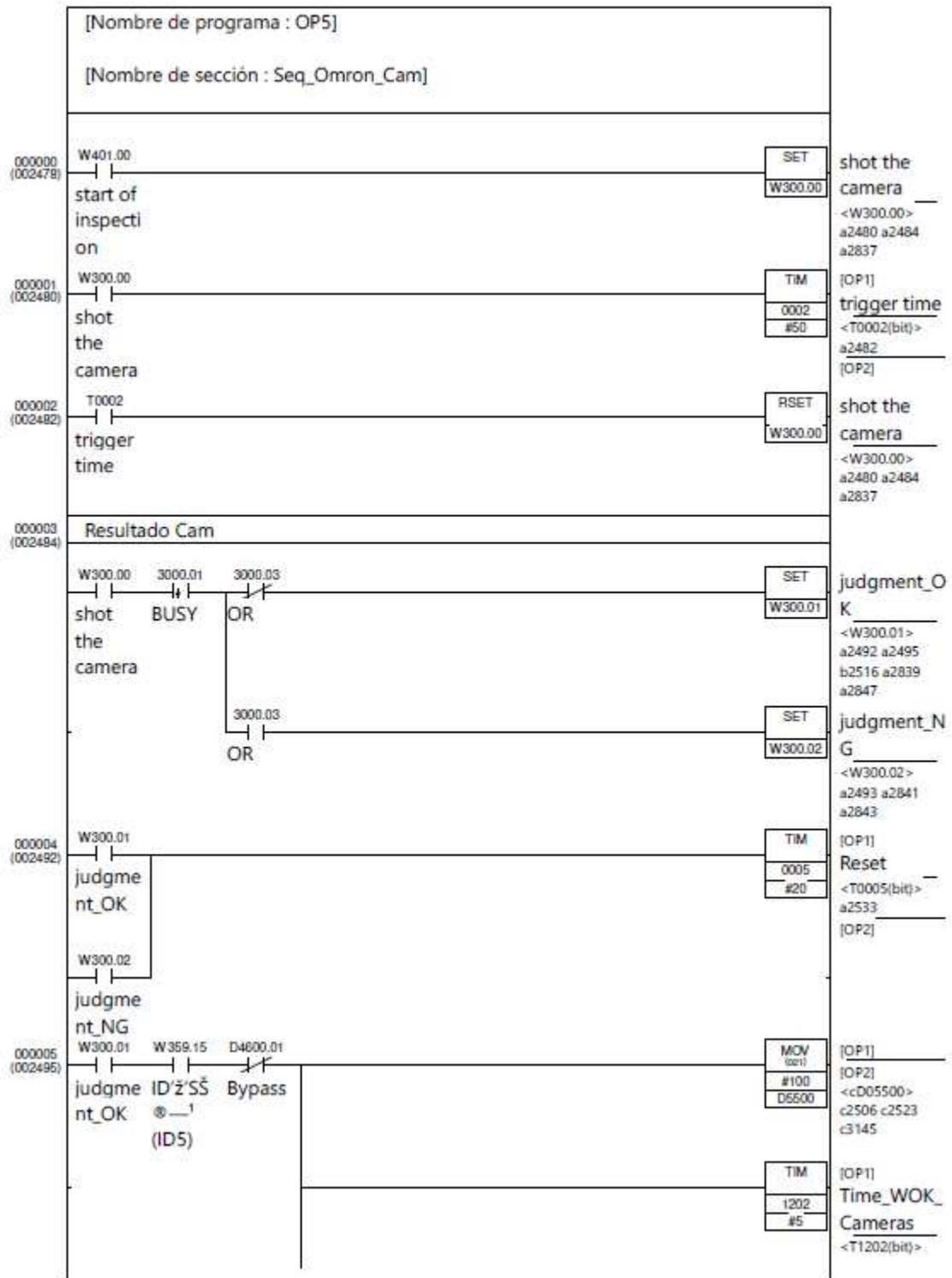
## Anexo 3.

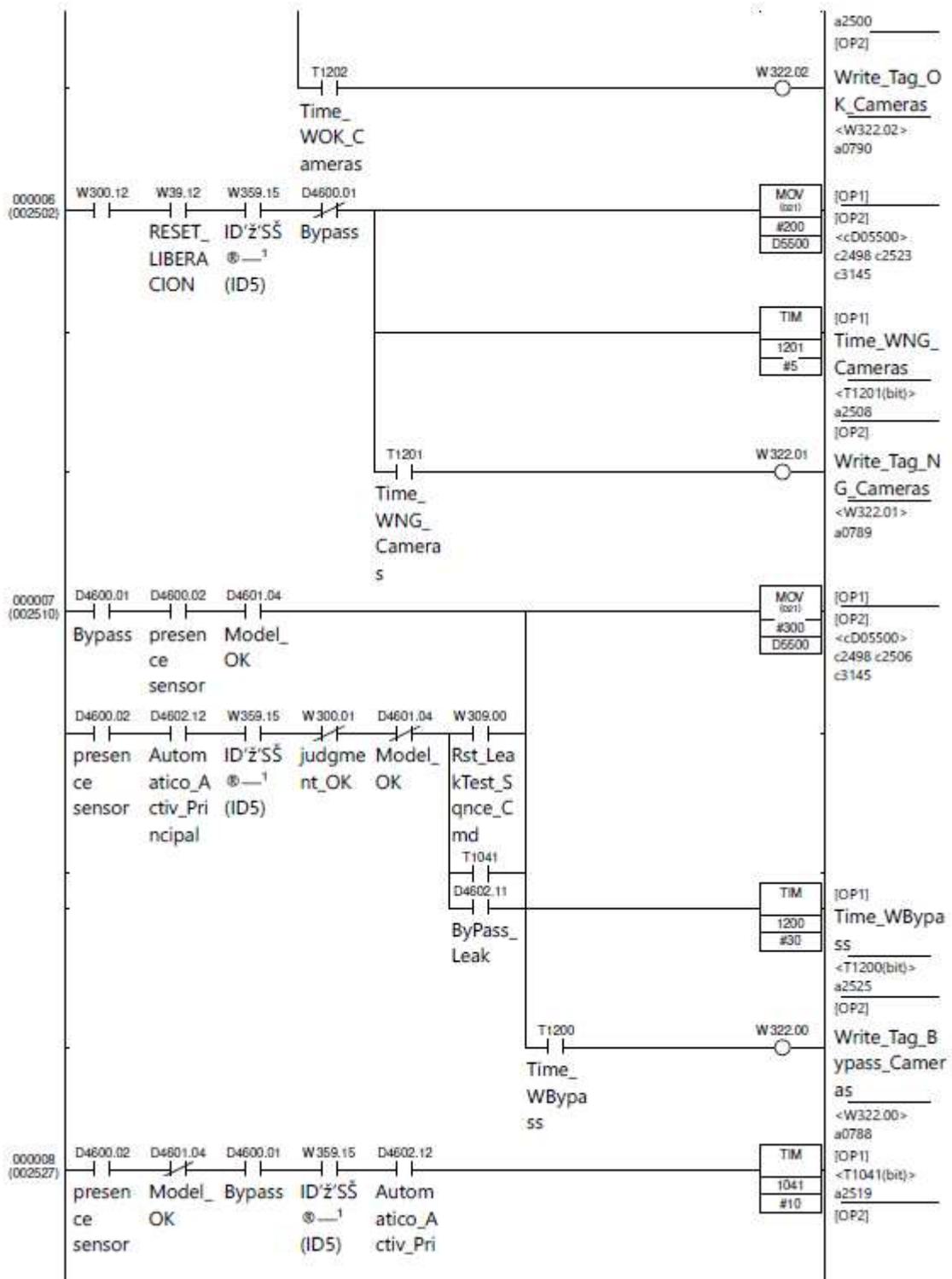
# Modificación del Programa del PLC

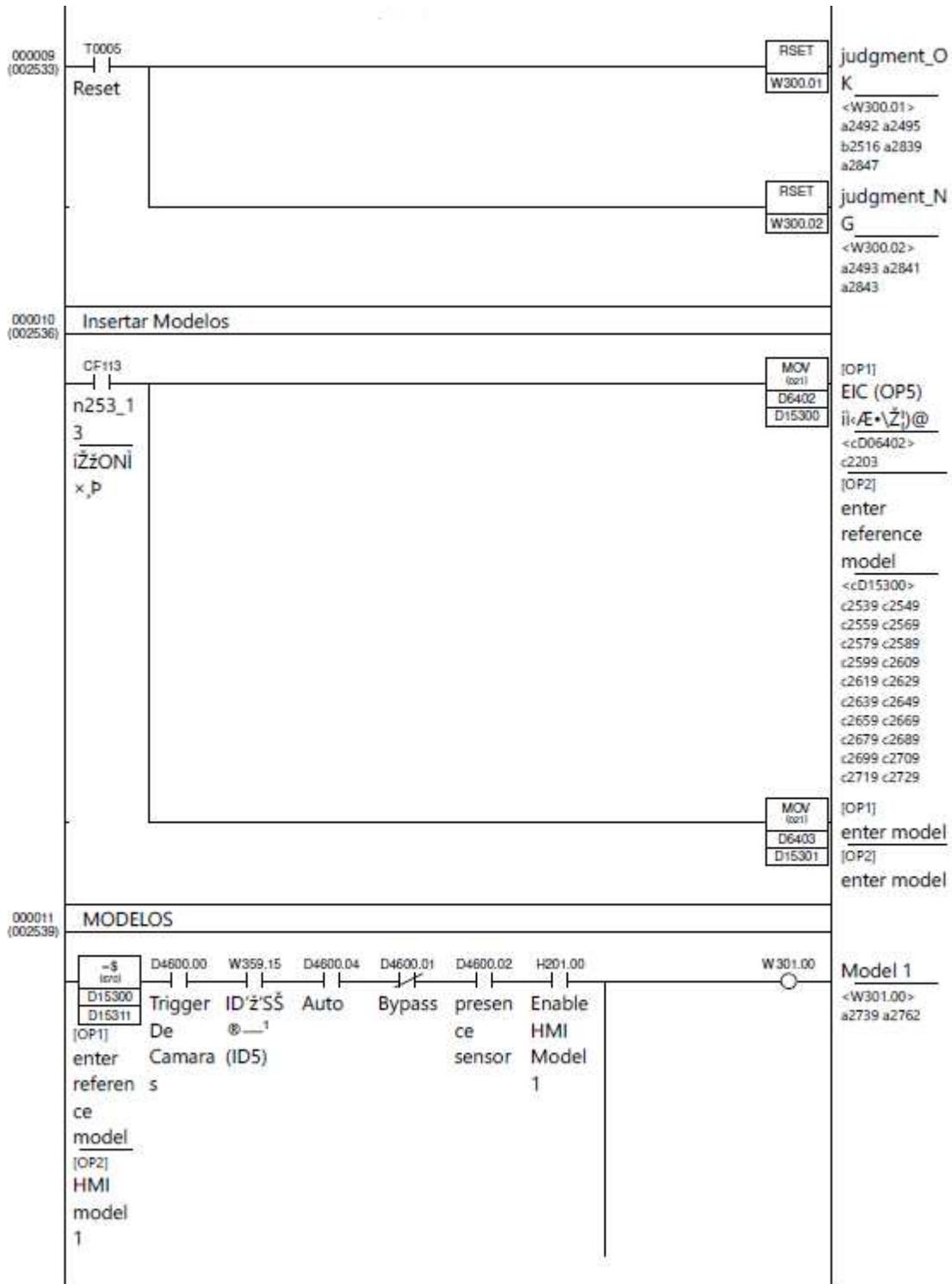


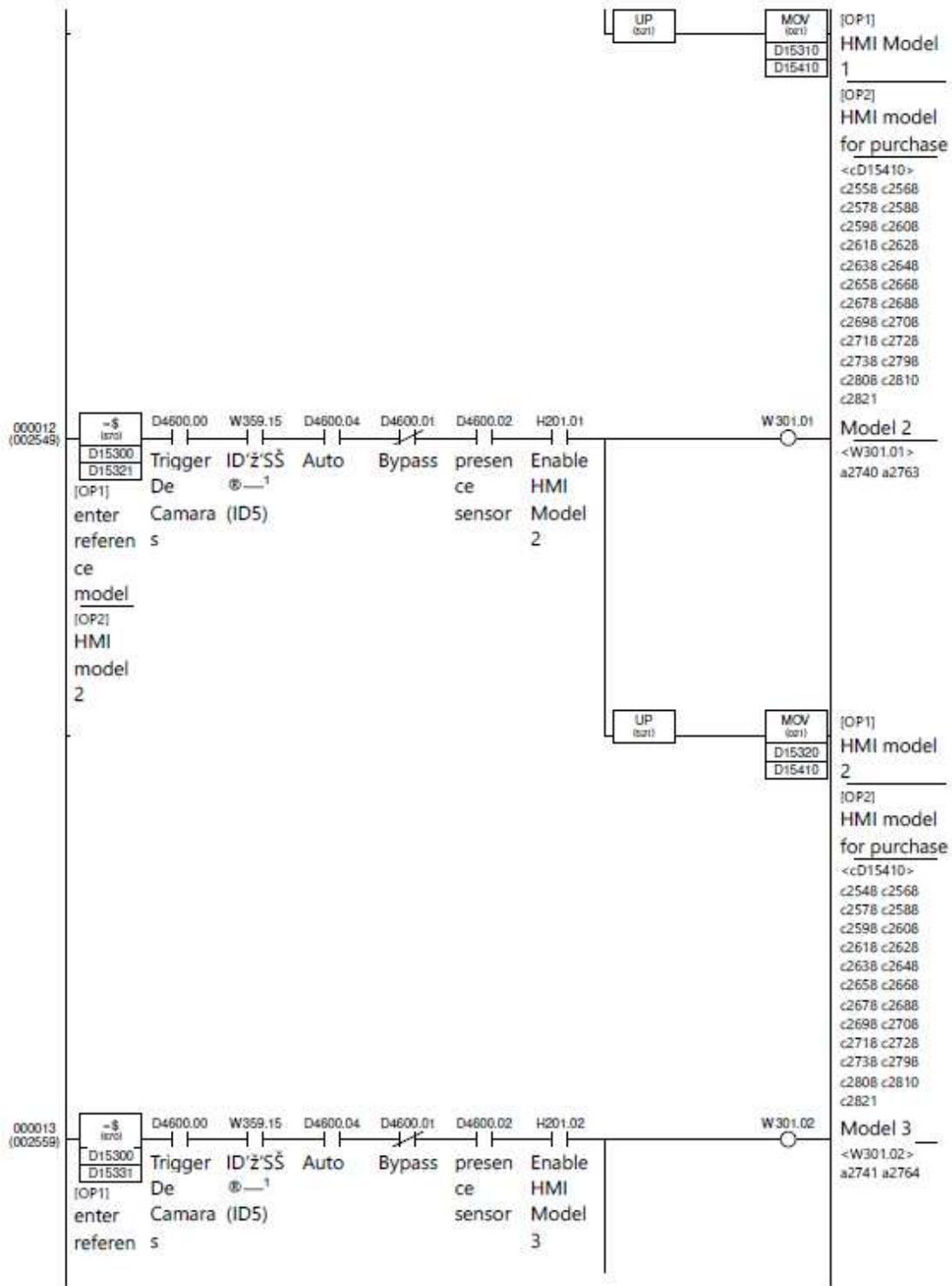
V:\KPLC1

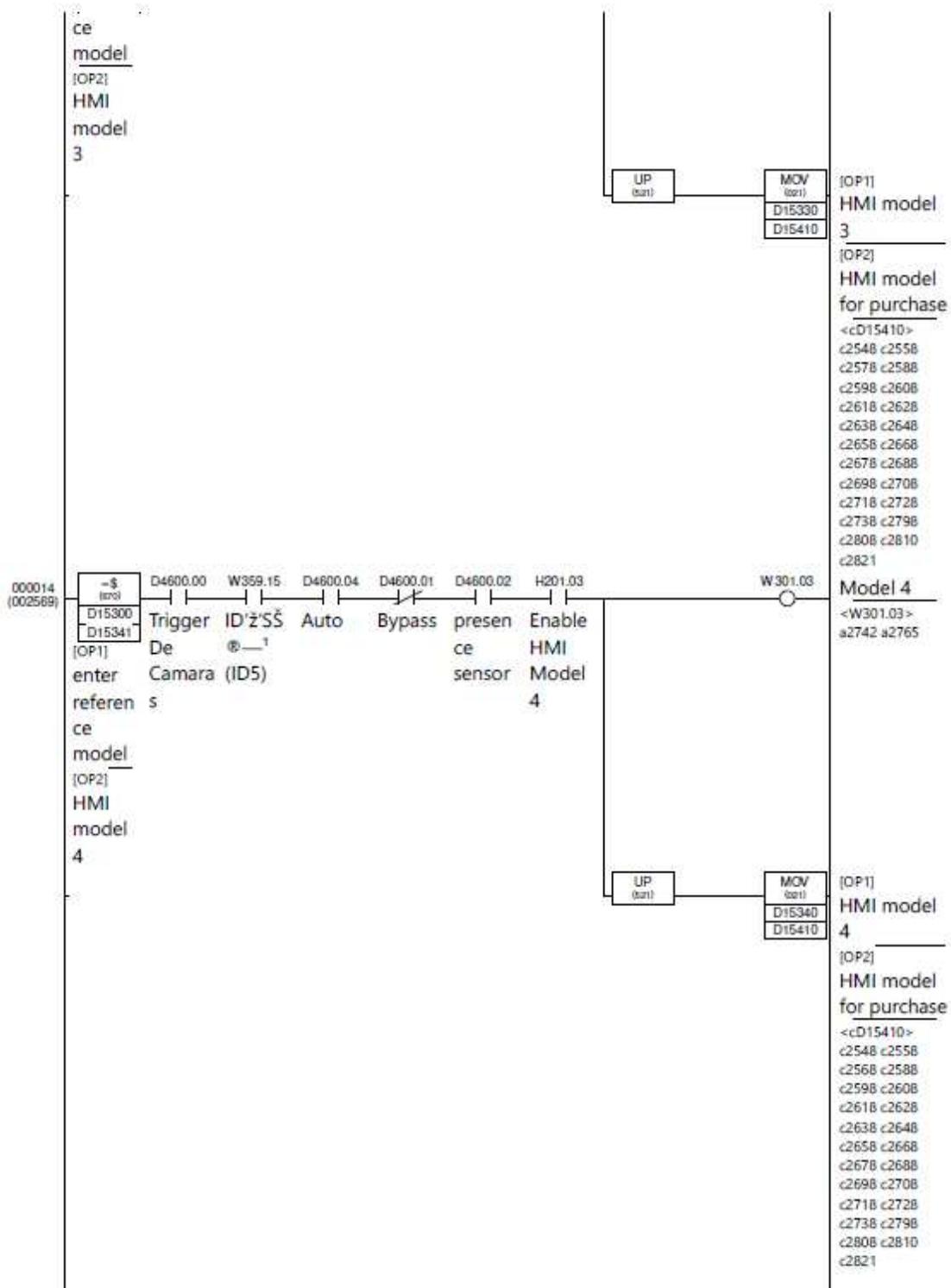
- Programas
  - OP1
  - OP2
  - OP3
  - OP4
  - OP5
    - Input\_LeakTester
    - \*Ú\_Error
    - ¼~AEØ¼~Ä\_Set\_reset
    - CEÁ-ÉÉ-ÚÝè\_Individual\_litem\_setting
    - ¼AEÄÉb\*®iðCE\_Operation\_navigation\_operation\_condition
    - ¼AEi+ñ~Çæ\_IDS\_Operation\_information\_read\_IDS
    - ¼AEÄÉbÄb\*ÄCEÿð\_Operation\_navigation\_data\_search
    - H'ò\*à¼AE\_In\_process\_operation
    - HandTool~\*+t\_HandTool\_fastening
    - QLŠm~F\_QL\_confirmation
    - BCRE+\_BCR\_verification
    - ¼AECE:%%ÉÄb\*Ä—M\_Operation\_result\_data\_transmission
    - o—Output
    - ¼AEi+ñ~Ž!~Ö%%æ-É\_Operation\_inf
    - \*Ú\*\*Äp\_Error\_code
    - \*+iÉB~Ý\_p\_Part\_picking
    - ¼stÖ!~B~Ý|b±\_Äb\*Ä!—M
    - Seq\_Omron\_Cam
    - Seq\_LeakTester
    - Output\_LeakTester
    - END
  - OP6
  - OP7
  - ŽÄÑÉb~}š\_Result\_buffering
  - FP²YÄ~Ü~\_FP\_interlock
  - Tabla de referencias cruzadas
- Bloques de función

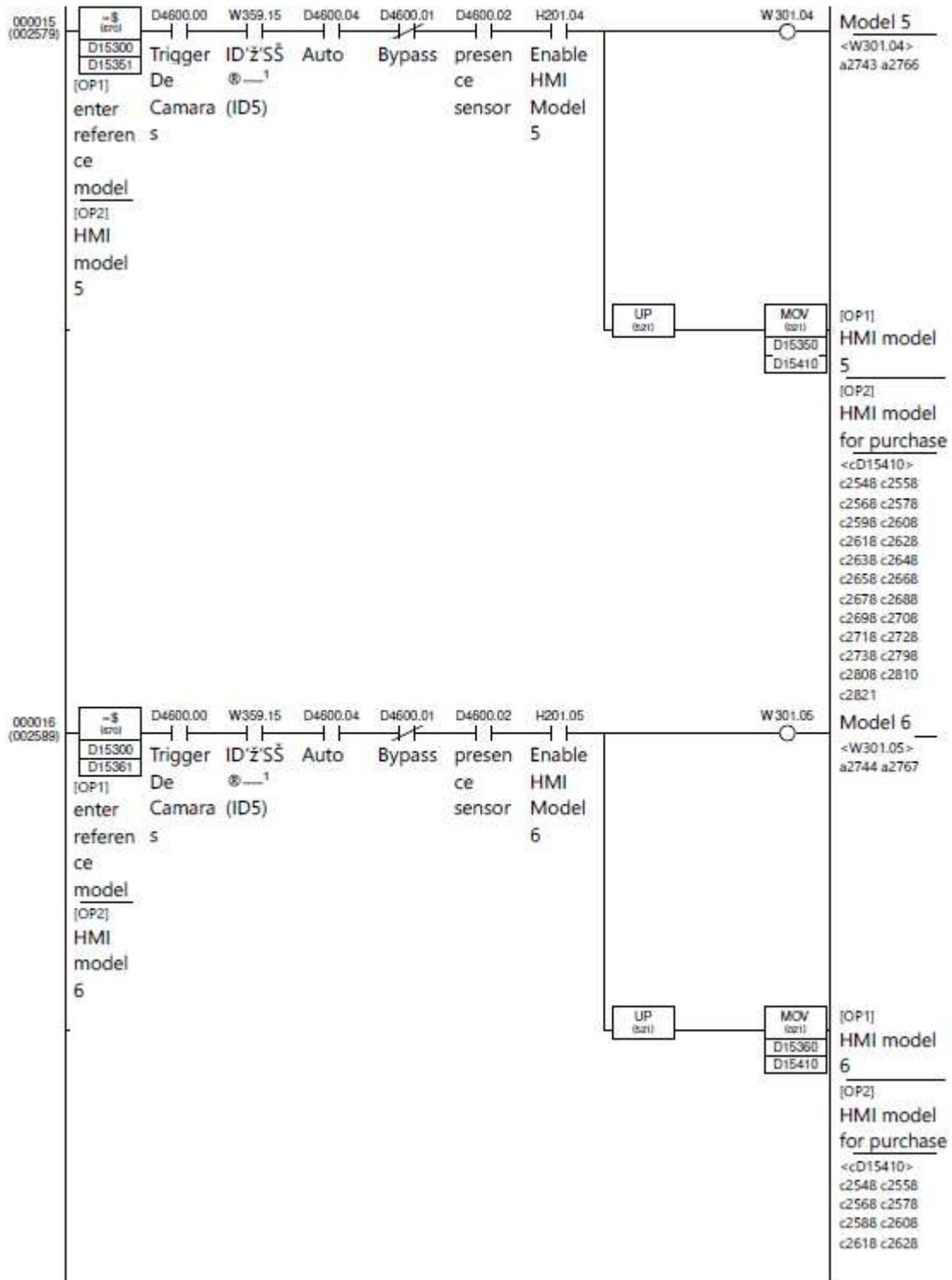


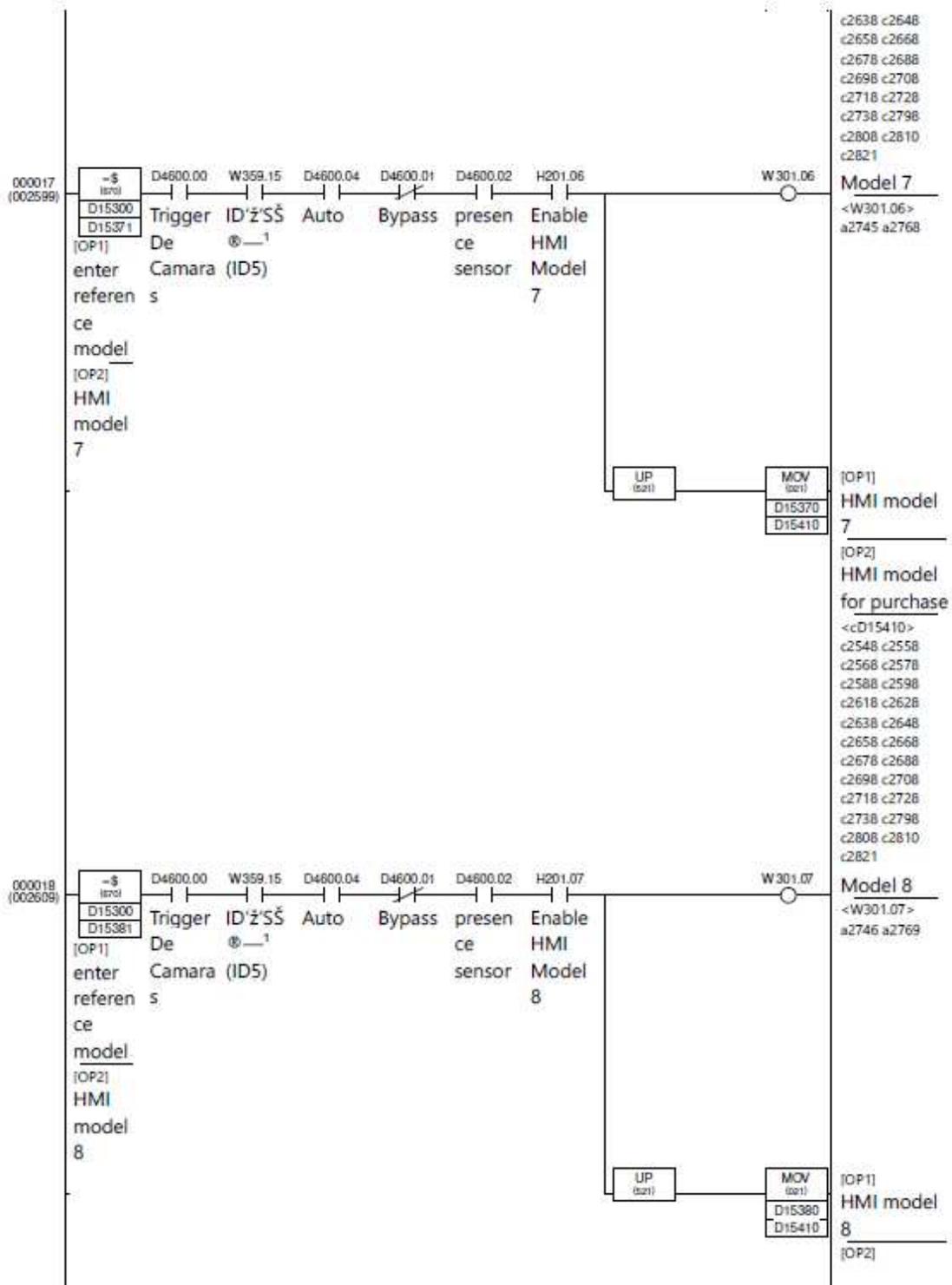


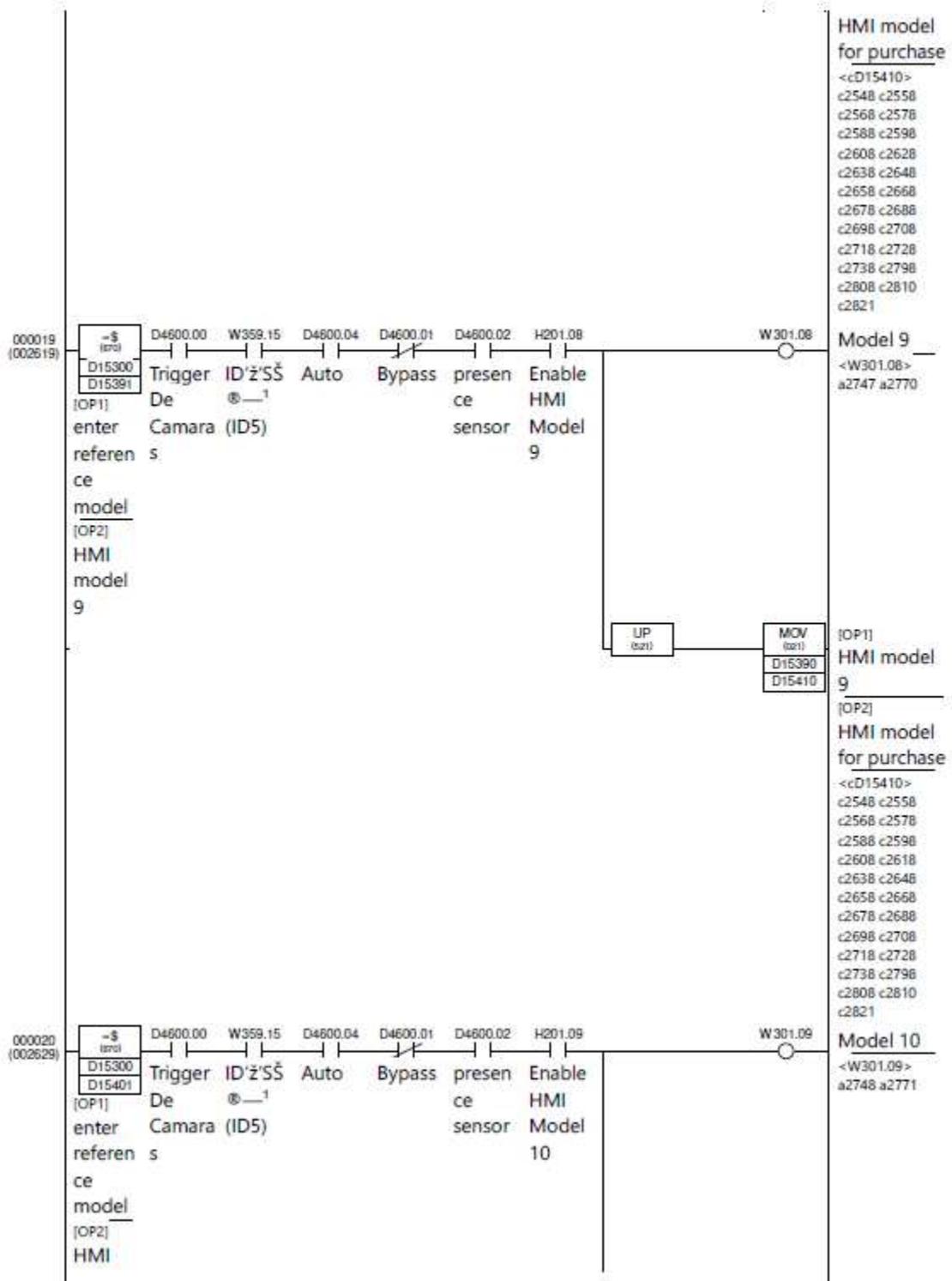


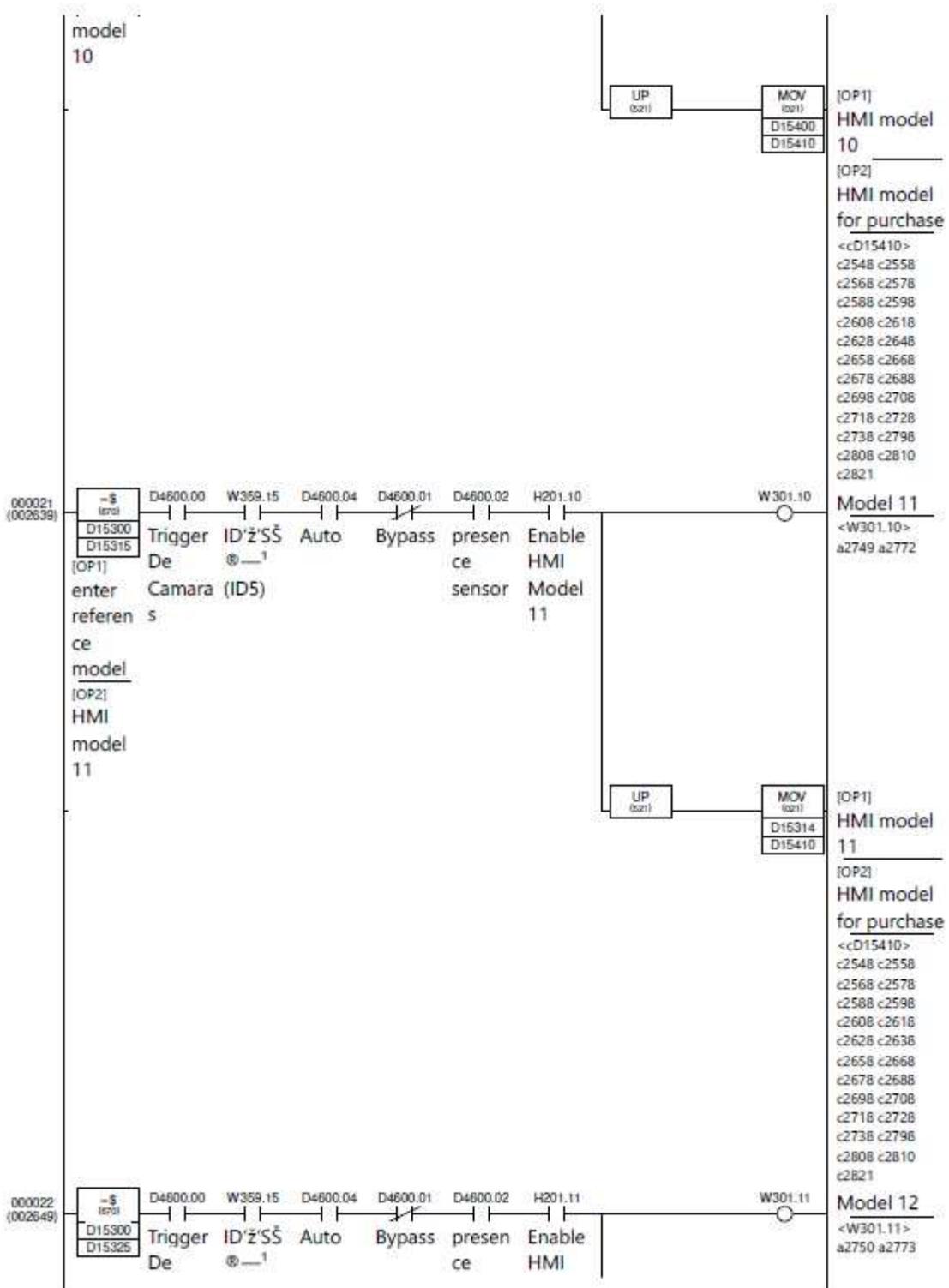


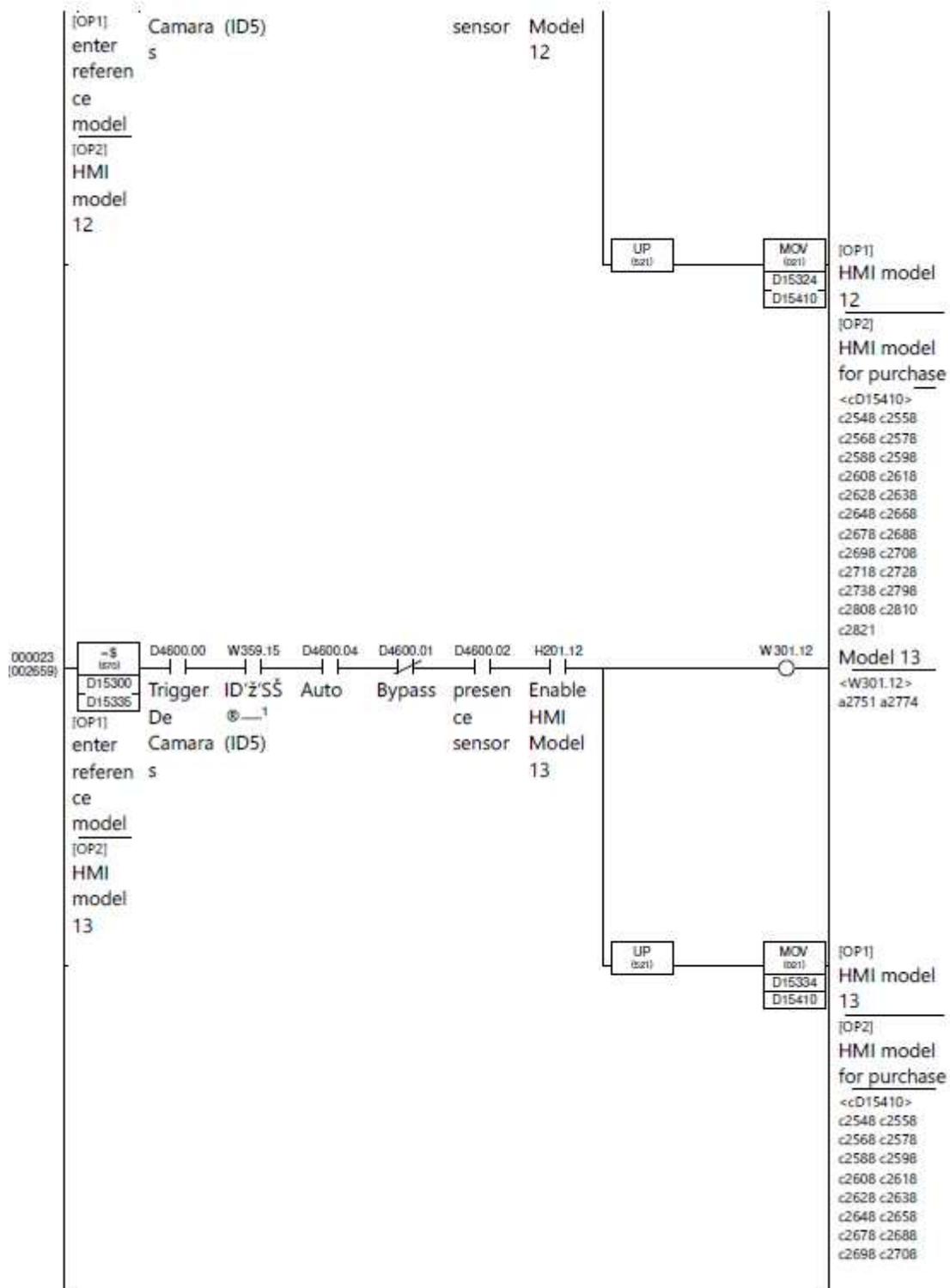


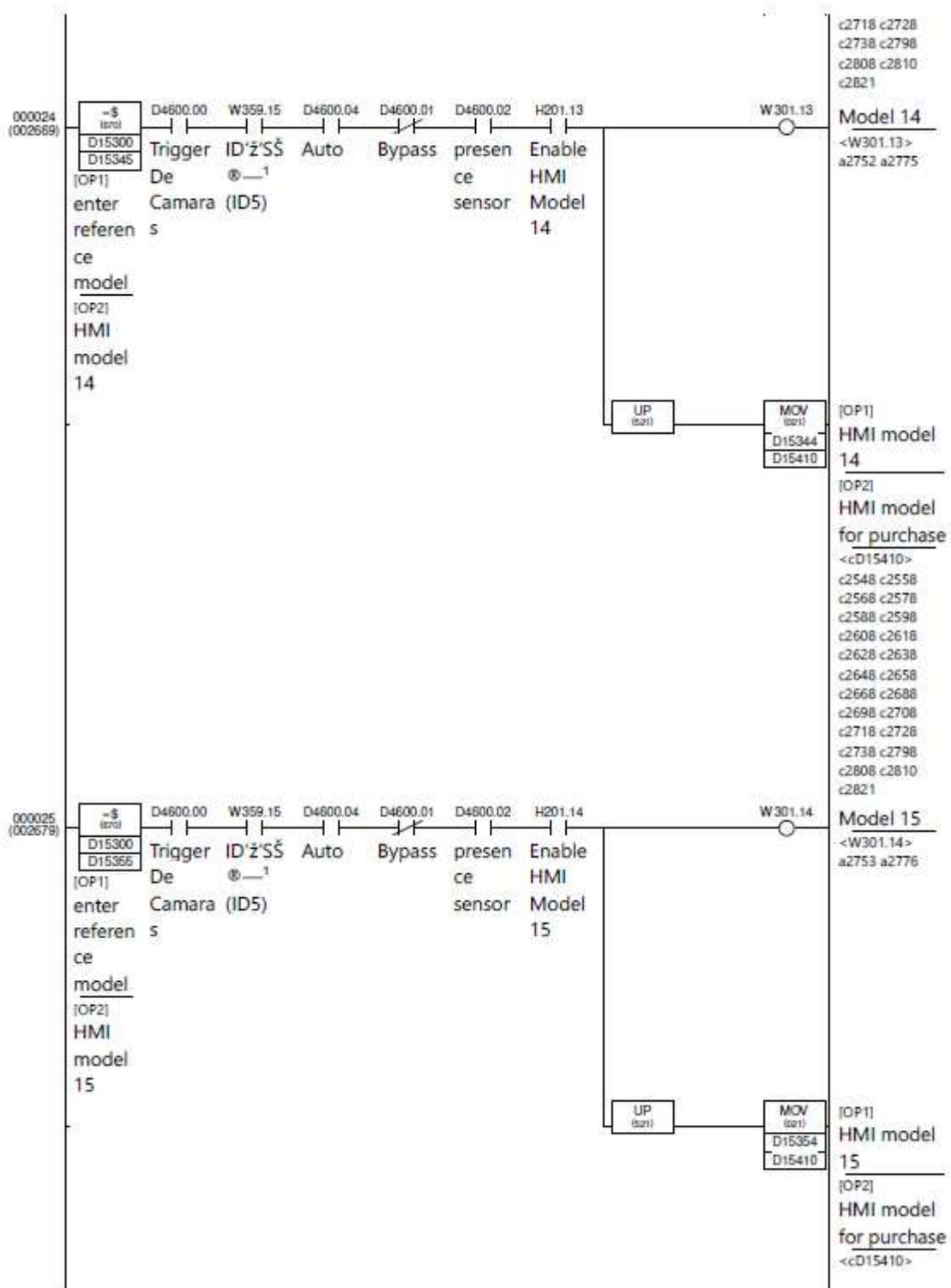


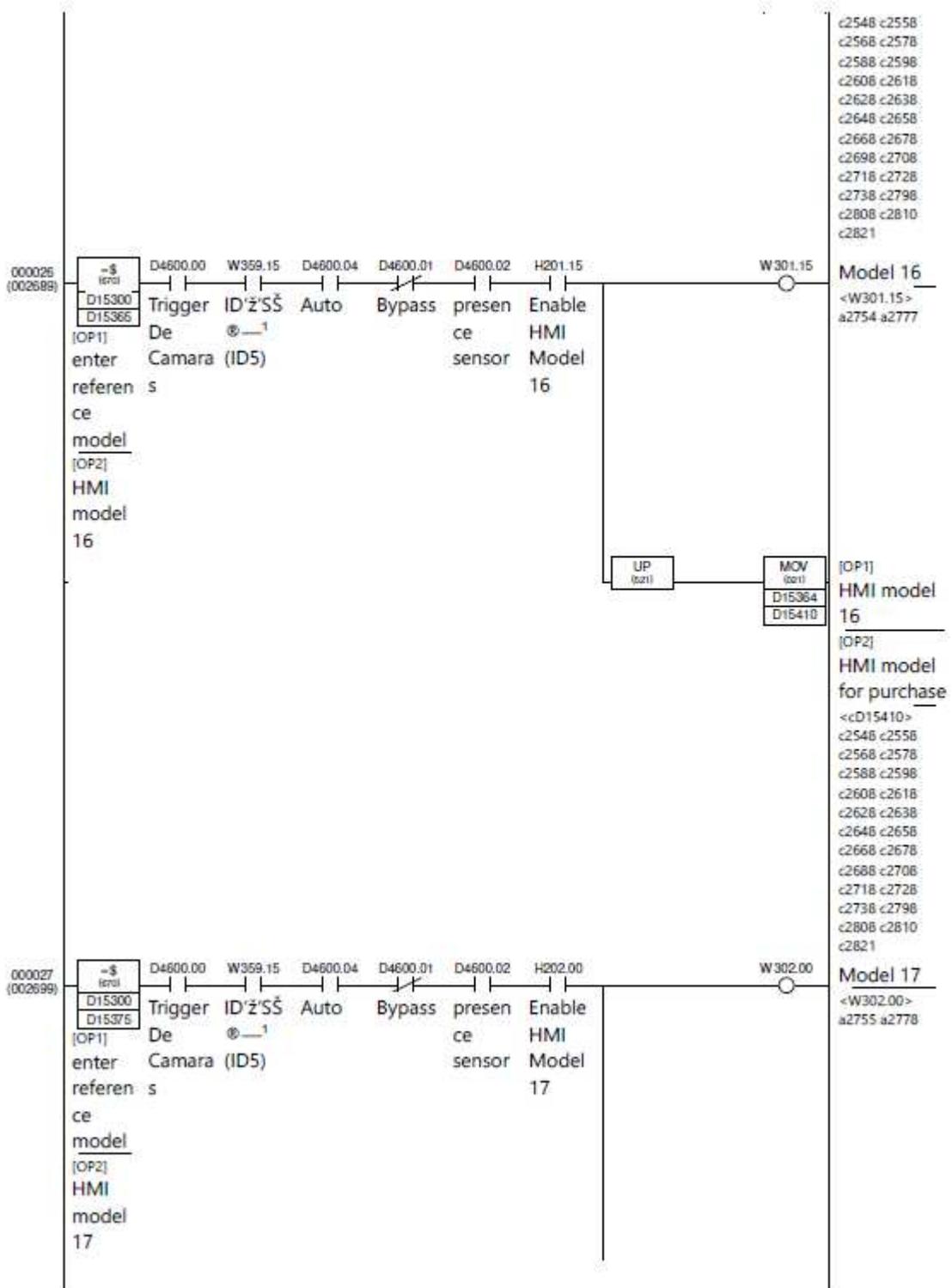


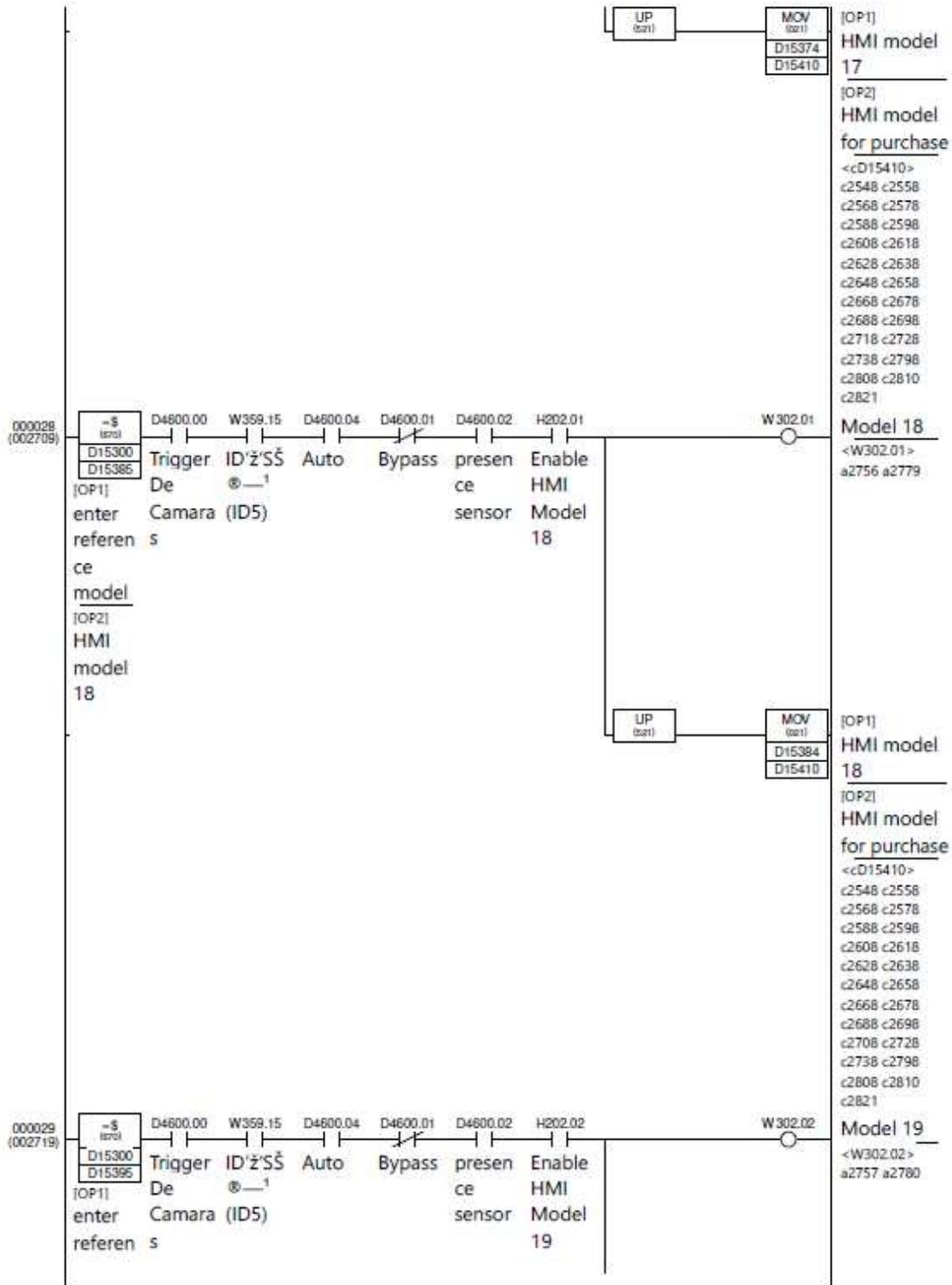


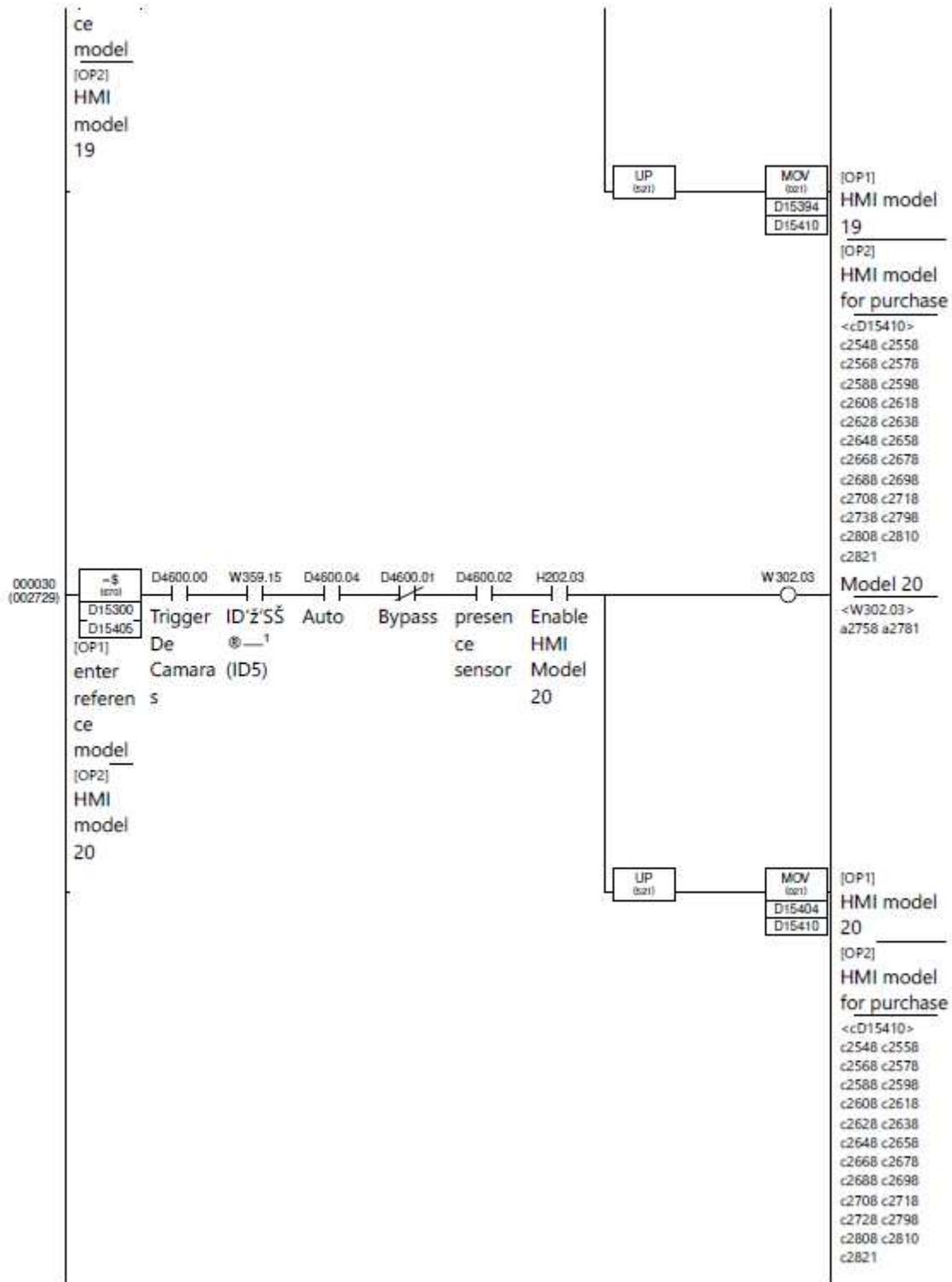


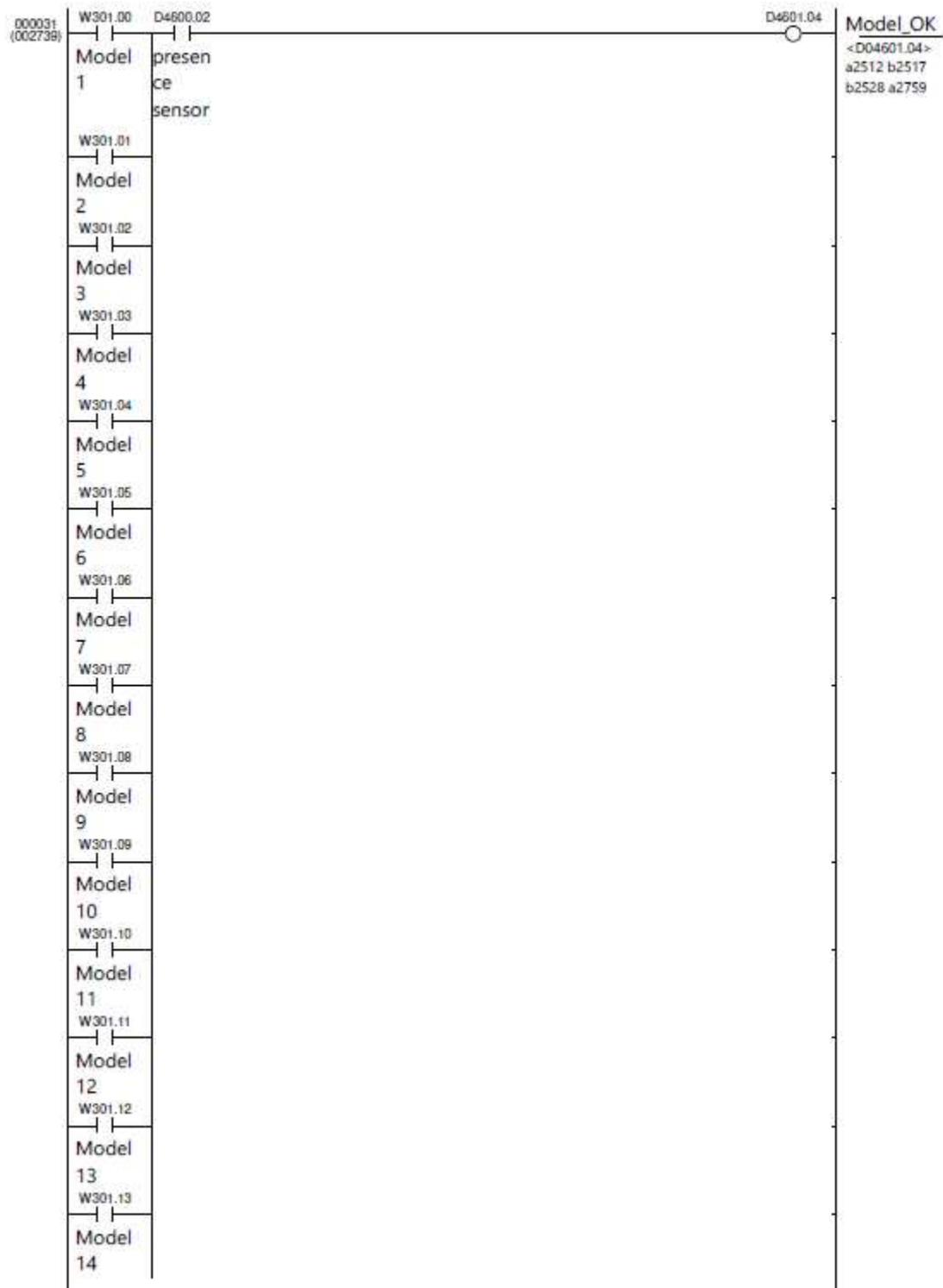


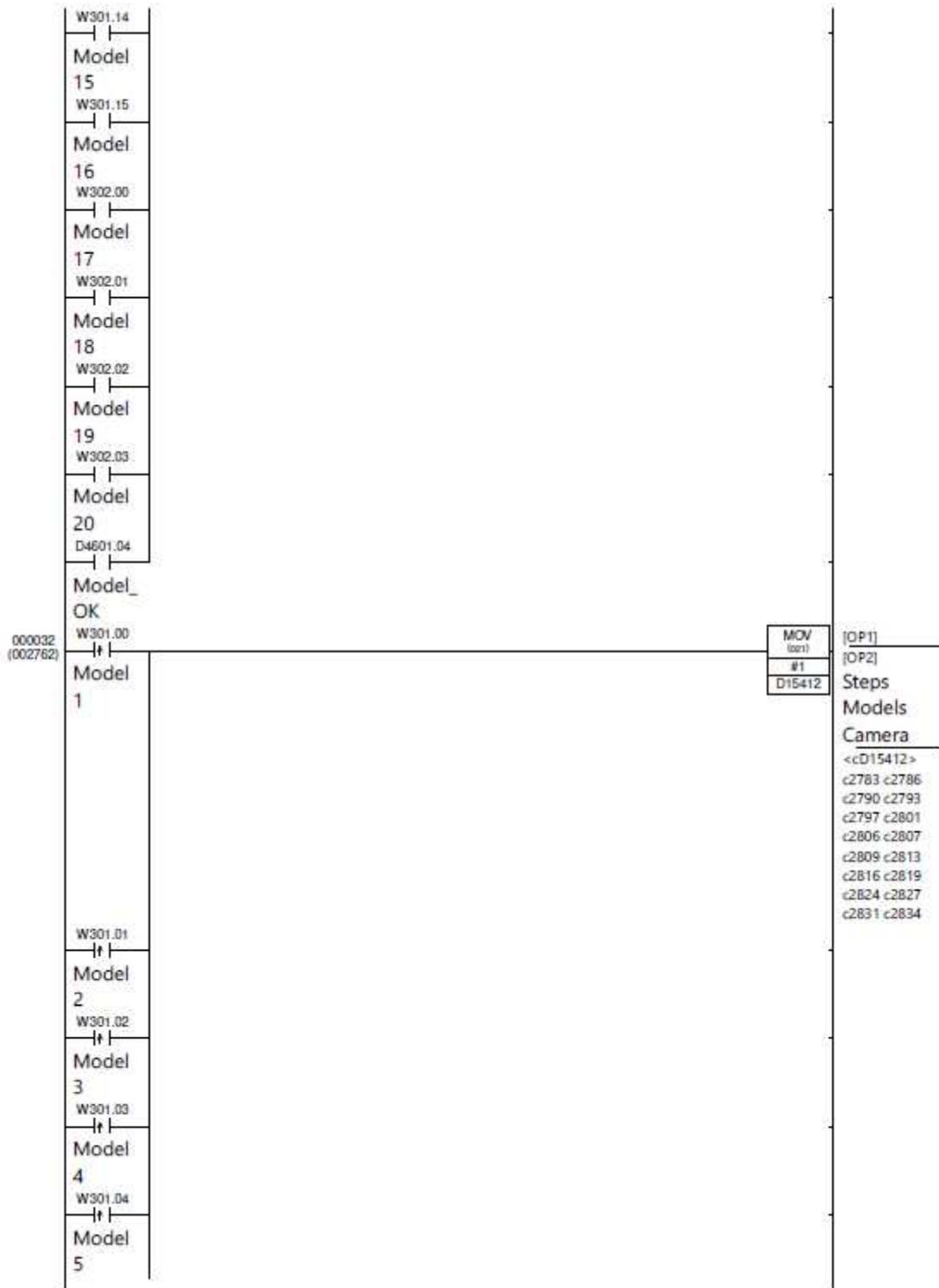












W301.05	
Model 6	
W301.06	
Model 7	
W301.07	
Model 8	
W301.08	
Model 9	
W301.09	
Model 10	
W301.10	
Model 11	
W301.11	
Model 12	
W301.12	
Model 13	
W301.13	
Model 14	
W301.14	
Model 15	
W301.15	
Model 16	
W302.00	
Model 17	
W302.01	
Model 18	
W302.02	
Model 19	
W302.03	

