



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**IMPLEMENTACIÓN DE CONTADOR Y DETECTOR DE
DEFECTOS EN LAS PIEZAS DE LA LÍNEA FORD 5.0**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONALES**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**PRESENTA:
JOSE PABLO PAREDES FLORES**

**NOMBRE DEL ASESOR:
BENJAMÍN DARÍO RAMÍREZ ANGULO**



APIZACO, TLAX., ENERO DE 2024



Apizaco, Tlaxcala, 07/septiembre/2023.

Circular No.: MM/467/2023.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

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

Alumno:	JOSÉ PABLO PAREDES FLORES
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. de Control:	18370060
Nombre del Proyecto:	"IMPLEMENTACIÓN DE CONTADOR Y DETECTOR DE DEFECTOS EN LAS PIEZAS DE LA LÍNEA FORD 5.0"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

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

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica»
Pensar para Servir, Servir para Triunfar»



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA


EFEREN SÁNCHEZ FLORES
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA



BENJAMÍN DARÍO RAMÍREZ ANGULO
ASESOR

c.c.p. Oficina de Titulación
Departamento de servicios Escolares
Expediente. - Jefe de proyectos de vinculación Metal-Mecánica

ESF/lhbr*





Apizaco, Tlax., 29/enero/2024
No. OFICIO: DEP-CT/051/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

JOSE PABLO PAREDES FLORES
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 18370060
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"IMPLEMENTACIÓN DE CONTADOR Y DETECTOR DE DEFECTOS EN LAS PIEZAS DE LA LÍNEA FORD 5.0"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES



Agradecimientos

En este momento de logro y reflexión, quiero tomar un momento para expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de mi viaje académico. Su apoyo inquebrantable, aliento constante y presencia a lo largo de estos años han sido esenciales para mi éxito y crecimiento personal.

Agradezco a Dios, por estar siempre conmigo y a mí madre, Laura Flores Romero, por todo el tiempo, apoyo y paciencia que me ha dado durante toda mi vida, por orientarme a seguir adelante y siempre motivarme a luchar por mis sueños y metas, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como un hombre de bien, y por ser la mujer que me dio la vida y me enseñó a vivirla no hay palabras en este mundo para agradecerte, mamá.

Agradezco a mis abuelos, Silvino y Margarita quienes, sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado parte de su vida para formarme y educarme. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos, ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Porque gracias a su cariño, comprensión, confianza y apoyo he logrado terminar mis estudios profesionales, que constituyen la herencia más valiosa que pudiera recibir y por lo cual viviré eternamente agradecida.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis queridas tías por su constante apoyo y aliento a lo largo de mi trayectoria académica. Su amor y guía han sido un faro en mi vida, iluminando mi camino y brindándome perspectivas valiosas.

A Lizeth Flores Romero, gracias por tus palabras de sabiduría y tu energía positiva. Siempre has estado dispuesta a escuchar y a ofrecer consejos valiosos, lo que me ha ayudado a superar obstáculos y mantenerme enfocado en mi objetivo.

A Verónica Flores Romero, tu apoyo incondicional ha sido una fuente constante de fortaleza. Tu aliento y tus gestos cariñosos me han dado el impulso necesario para continuar en momentos de desafío. Tu presencia en mi vida es un regalo que valoro profundamente.

Mención especial para Scarlett Luna mi novia, siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, el poder haber culminado parte de mis estudios profesionales con éxito.

Te agradezco por tantas ayudas en momentos muy difíciles por las que pase a lo largo de estos cinco años de carrera universitaria y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi proyecto, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación para seguir adelante y siempre conseguir con éxito lo que quiero

A mis profesores y mentores, su guía experta y su dedicación a la educación han dejado una huella indeleble en mi formación. Cada lección, cada consejo y cada desafío han contribuido a mi desarrollo académico y profesional.

A mis amigos y compañeros de clase, gracias por ser mi red de apoyo en los momentos de estudio intenso y de diversión. Compartir este viaje con ustedes ha hecho que los desafíos sean más llevaderos y los éxitos más significativos.

A todos aquellos que me brindaron una mano amiga, una palabra de aliento o una sonrisa en los momentos de agotamiento, su generosidad y amabilidad han sido de gran ayuda para salir adelante

índice general

1	Generalidades del proyecto.....	1
1.1	Descripción de la empresa.....	1
1.1.1	Misión	1
1.1.2	Visión	1
1.1.3	Política de calidad	1
1.1.4	Principales servicios.....	2
1.1.5	Nemak cliente de nuestros servicios	3
1.1.6	Visión	3
1.1.7	Misión	3
1.1.8	Principales clientes de Nemak	3
1.1.9	Portafolio de productos Nemak	4
1.1.10	Puesto y área de trabajo del residente	5
1.2	Problema a resolver	7
1.3	Objetivo general	8
1.4	Objetivos específicos	8
1.5	Justificación	8
2	Marco teórico	10
2.1	Fundamentos de la visión artificial.....	10
2.2	Inspección visual.....	12
2.3	Inspección visual automática.....	13
2.4	Aplicación de sistemas de visión artificial en la industria	14
2.5	Componentes de un sistema de visión en manufactura	15
2.6	Procesamiento de imágenes.....	16

2.6.1	Adquisición de imágenes:	19
2.6.2	Preprocesamiento:	19
2.6.3	Segmentación:	19
2.6.4	Extracción de características:.....	19
2.6.5	Procesamiento de características:.....	20
2.6.6	Detección y reconocimiento:	20
2.6.7	Postprocesamiento:	20
2.6.8	Interpretación y toma de decisiones:	20
2.6.9	Visualización y presentación:	20
2.7	Ultrasonidos	21
2.7.1	Introducción	21
2.8	Propiedades de las ondas ultrasónicas	21
2.9	Propagación de las ondas ultrasónicas	23
2.10	Tipos de ondas ultrasónicas	24
2.10.1	Ondas longitudinales.....	24
2.10.2	Ondas transversales	24
2.10.3	Ondas superficiales o de Rayleigh	25
2.11	Tipos de ensayos	26
2.11.1	Método por contacto directo	26
2.11.2	Método de pulso-eco.....	29
2.11.3	Método de transmisión, de transparencia o de sombra	30
3	Desarrollo del proyecto	32
3.1	Investigación preliminar.....	32
3.2	Análisis del estado actual de la línea.....	33
3.3	Desarrollo de herramientas para la detección automatizada de defectos.	33
3.4	Revisión de las herramientas y simulación.....	34

3.5	Hipótesis de seguimiento de pruebas.....	35
3.6	Procedimiento de la posible implementación.....	36
3.7	Propuesta de configuración de componentes para el módulo de visión.....	41
3.8	Selección del equipo de captura de imágenes digitales	41
3.9	Selección del tipo de iluminación.....	42
3.10	Propuesta de la técnica para el procesamiento de imágenes mediante matlab.....	43
3.10.1	Clasificador en cascada	43
3.11	Propuesta de comunicación tipo USB	45
3.12	Propuesta de la estructura mecánica del módulo de visión	45
3.13	Inspección ultrasónica automatizada.....	48
3.13.1	Descripción del sistema	48
3.13.2	Sistema automatizado de inspección ultrasónica	49
3.13.3	Equipo para la captura ultrasónica	49
3.13.4	Propuesta de sensor ultrasónico a utilizar.	50
3.13.5	Propuesta para el sistema de adquisición de datos.....	52
3.14	Contador de piezas y simulación.....	52
3.14.1	Descripción del problema.....	52
3.14.2	Solución del problema.....	53
3.14.3	Descripción del programa del plc	54
4	Análisis y resultados.....	55
5	Conclusiones y recomendaciones	68
	Fuentes de información.....	69
	Anexos	71

Índice de figuras

Figura 2.1: Clasificación de la inspección a nivel industrial. (Emanuel, 2010).....	12
Figura 2.2: Esquema de los elementos de un sistema de visión industrial. (Luis Alberto, 2014).	15
Figura 2.3: Convención de ejes para las coordenadas de la función de la luz por píxel en imágenes digitales. (Cortesía, NEMAK).....	16
Figura 2.4: Ejemplo de imágenes digitales de 2 a 256 bits de profundidad. (Emanuel, 2010)....	17
Figura 2.5: Con la relación de colores con los bits requeridos y su fórmula correspondiente. (Emanuel, 2010).....	18
Figura 2.6: Diagrama de los pasos para el procesamiento de imágenes en un SVA. (Emanuel, 2010).....	19
Figura 2.7: Vibración lineal. (Cristian Rodríguez, 2012).....	23
Figura 2.8: Vibración bidimensional. (Cristian Rodríguez, 2012)	24
Figura 2.9: Onda Longitudinal (Cristian Rodríguez, 2012)	24
Figura 2.10: Onda Transversa (Cristian Rodríguez, 2012).....	25
Figura 2.11: Onda Lamb de compresión (Cristian Rodríguez, 2012).	25
Figura 2.12: Onda Lamb de flexión. Cristian Rodríguez (2012)	26
Figura 2.13: Método de contacto con incidencia normal (Cristian Rodríguez, 2012).....	26
Figura 2.14: Método de contacto con incidencia angular (Cristian Rodríguez, 2012).....	27
Figura 2.15: Efecto de la curvatura superficial (Cristian Rodríguez, 2012).....	28
Figura 2.16: Efecto del tamaño del palpador. Cristian Rodríguez (2012).....	28
Figura 2.17: Método de pulso-eco Cristian Rodríguez (2012).....	30
Figura 2.18: Método de transmisión (Cristian Rodríguez,2012).....	30
Figura 3.1 Estado actual de la línea Ford Mustang 5.0 Cortesía (NEMAK).....	33
Figura 3.2 Primer propuesta para el desarrollo de el detector de defectos.	37
Figura 3.3: Cabeza de motor vista de galería. Cortesía (NEMAK).....	37

Figura 3.4: Cabeza de motor vista conductos de admisión. Cortesía (NEMAK)	37
Figura 3.5: Grieta en conductos de admisión (Cortesía NEMAK).	38
Figura 3.6 Grieta en vena de lubricación (Cortesía, NEMAK).	38
Figura 3.7: Tabla de especificaciones técnicas, ventajas y desventajas de la cámara (National Instruments).	42
Figura 3.8: Tabla de especificaciones técnicas, ventajas y desventajas del reflector LED Steren-LAM-820	43
Figura 3.9: Tabla de funciones y descripción que integran el entrenador cascado en Matlab	44
Figura 3.10: Diagrama de una de las configuraciones de la FMC.	46
Figura 3.11: Esquema del sistema automatizado de captura.	48
Figura 3.12: Sensor MSEB-4E junto con sus dimensiones en mm	50
Figura 3.13: Técnica de incidencia normal por contacto directo	51
Figura 3.14: Tarjeta de adquisición de datos (NI-USB6008).	52
Figura 4.1: Estado actual del inicio de la línea. Cortesía (NEMAK)	55
Figura 4.2: Estado actual de la salida de la línea. Cortesía (NEMAK)	55
Figura 4.3: Estado actual de la banda transportadora por rodillos. Cortesía (NEMAK).	56
Figura 4.4: Estado actual de rechazos de piezas de manera manual. Cortesía (NEMAK).	56
Figura 4.5: Diseño de la línea vista derecha.	57
Figura 4.6: Diseño de la línea vista superior.	57
Figura 4.7: Primer recorrido de las piezas	58
Figura 4.8: Salida de piezas con cero defectos	59
Figura 4.9: Segundo recorrido de las piezas	59
Figura 4.10: Tarima de piezas rechazadas.	60
Figura 4.11: Tercer recorrido de piezas rechazadas	60
Figura 4.12: Tableros de control del sistema	63
Figura 4.13: Realización de programación Ladder	64
Figura 4.14: Definición del tipo de contador.	65

Figura 4.15: Definición del programa.....65

Figura 4.16: Definición de cada variable.....66

Figura 4.17: Definición de botones de paro normal, paro de emergencia, reset, y display de contador67

Figura 4.18: Tablero de control67

Introducción

En la industria automotriz, la calidad y el rendimiento de los motores son fundamentales para garantizar la confiabilidad y el funcionamiento óptimo de los vehículos. Las cabezas de motor, como componentes críticos en la operación de un motor, deben cumplir con estándares de alta calidad. La detección temprana y precisa de defectos en estas cabezas de motor es esencial para evitar posibles fallas y garantizar un rendimiento confiable.

La tecnología ha desempeñado un papel crucial al introducir detectores de defectos avanzados, como sistemas de visión artificial y tecnologías de ultrasonido. Estas tecnologías permiten una evaluación minuciosa y no intrusiva de las cabezas de motor, revelando imperfecciones que podrían pasar desapercibidas en métodos de inspección convencionales. Tanto la visión artificial como el ultrasonido ofrecen enfoques complementarios que abordan distintos tipos de defectos y características internas y externas de las cabezas de motor.

En la primera fase del proyecto, se investigarán las características específicas de las cabezas de motor, incluyendo sus componentes internos y superficies externas. Se analizarán los tipos de defectos comunes que podrían afectar la calidad y el rendimiento de las cabezas de motor, como grietas, porosidad, deformaciones y desgastes.

Posteriormente, se diseñará y desarrollará una simulación de un sistema de inspección que integre tecnologías de ultrasonido y visión artificial. El componente de ultrasonido se enfocará en la detección de defectos internos, utilizando transductores para emitir ondas ultrasónicas que penetren en el material y recojan información sobre irregularidades y estructuras internas. El componente de visión artificial se encargará de analizar las superficies externas de las cabezas de motor, identificando defectos visibles como grietas en la superficie y variaciones en las dimensiones.

La clave del probable éxito de este proyecto radica en el desarrollo de algoritmos para el procesamiento de datos provenientes de ambas tecnologías. Los datos ultrasónicos y de imágenes capturados serán analizados para una identificación precisa y una clasificación efectiva. Además, se explorará la posibilidad de implementar técnicas de aprendizaje automático para mejorar la capacidad del sistema para detectar defectos en situaciones más complejas.

En la fase final del proyecto, se llevarán a cabo pruebas del sistema en condiciones de producción simuladas. Se evaluará la confiabilidad del sistema en la detección y clasificación de defectos en cabezas de motor reales.

CAPITULO 1

1 Generalidades del proyecto

1.1 Descripción de la empresa.

IRS es fundada en el estado de Nuevo León en el 2013, actualmente, la empresa está expandiéndose y estableciéndose en Puebla, Coahuila y Durango.

Somos una empresa mexicana, dedicada principalmente a la prestación de servicios en el área de control de calidad, con el más alto nivel en el mercado, ya que proporcionamos capacitación continua a todos nuestros colaboradores, quienes están comprometidos con la mejora continua en cada uno de los procesos.

Nuestro objetivo principal es satisfacer las necesidades de los mercados automotrices y de manufactura.

1.1.1 Misión

Asegurar la calidad en el producto de nuestros clientes a través de una inspección confiable, apegándonos en los estándares de calidad de cada empresa (en corto tiempo de respuesta).

1.1.2 Visión

Ser la empresa más confiable a nivel nacional en la industria automotriz y metalmecánica en general, distinguida por su personal capacitado con el compromiso de brindar un servicio de excelencia.

1.1.3 Política de calidad

En IRS estamos comprometidos en asegurar la calidad de nuestros servicios para la industria como lo son: Inspección, Retrabajo, Soldadura y Pruebas no destructivas. Buscando capacitar de la mejor manera a nuestros colaboradores, quienes son la parte más importante para mantener la satisfacción del cliente, cumpliendo con los requisitos aplicables.

Nuestro compromiso con el cliente esta mejorar e innovar continuamente nuestros sistemas de gestión de calidad para ofrecer servicios de excelencia.

1.1.4 Principales servicios

- **Inspección Visual**

Nuestros inspectores GP12 son capacitados para inspeccionar al 100% el material asignado y apegarse a los más estrictos protocolos de calidad requeridos en el sistema del cliente, el inspector cumple con la experiencia necesaria, siendo el último filtro en la inspección, preparados para funcionar como un cliente interno, antes de entregar el producto.

- **Líquidos Penetrantes**

Consiste en la aplicación de un líquido con buenas características de penetración en pequeñas aberturas sobre la superficie (grietas, porosidades, etcétera), posteriormente se aplica un líquido absorbente comúnmente llamado revelador, de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya entrado en las aberturas superficiales.

- **Videoscopio y Baroscopio**

Este servicio consiste en inspeccionar internamente equipos y estructuras como tuberías, recipientes, calderas, válvulas, etcétera. Con esta inspección podemos observar y determinar la presencia de obstrucciones, defectos superficiales internos, desgaste, formaciones de cascarillas, óxidos y/o adherencias, evaluación de corrosión, grietas, perforaciones internas, entre otras.

- **Retrabajo**

Consiste en el cambio de partes equivocadas, mal ensambladas o defectuosas/dañadas, para que el producto cumpla con las especificaciones requeridas, mediante el uso de procesos equivalentes al original o alternativo.

1.1.5 Nemak cliente de nuestros servicios

Nemak, SAB de CV, conocida como Nemak, es una compañía global de fabricación de piezas automotrices con sede en García, en el Gran Monterrey, Nuevo León. La compañía fabrica una amplia gama de piezas y sistemas automotrices con un enfoque principal en piezas de automóviles de aluminio, principalmente bloques de motor, culatas y componentes de transmisión. Es un proveedor de nivel 1 para los principales fabricantes de equipos originales y se encuentra entre los 60 proveedores de la industria automotriz más grandes del mundo.

1.1.6 Visión

Convertirnos en líder en soluciones de aligeramiento para la industria de la movilidad.

1.1.7 Misión

Nemak es un proveedor de soluciones de aligeramiento para la industria global automotriz y el crecimiento de la movilidad sostenible.

Superamos las expectativas al mismo tiempo que buscamos crecimiento y rentabilidad.

1.1.8 Principales clientes de Nemak

Nemak, como uno de los principales proveedores de soluciones automotrices que cuenta con una amplia base de clientes que abarca diversas industrias y regiones.

Colabora estrechamente con reconocidas compañías automotrices de renombre mundial. Entre sus principales clientes se encuentran fabricantes de automóviles como:

- General Motors
- Ford
- Volkswagen
- BMW
- Toyota
- Honda
- Daimler

por mencionar solo algunos. Estas compañías confían en Nemak para proporcionar componentes y sistemas de alta calidad que cumplen con los estándares más exigentes de la industria automotriz.

1.1.9 Portafolio de productos Nemak

Ofrece una amplia cartera de productos innovadores y de alta, su cartera abarca diferentes componentes y sistemas que son esenciales para el funcionamiento eficiente y seguro de los vehículos. A continuación, se presentan algunos de los principales productos de Nemak:

1. Componentes de motor: Nemak fabrica una variedad de componentes de motor, incluyendo bloques de motor de aluminio, cabezas de cilindro, cárteres de aceite y sistemas de admisión y escape. Estos componentes son esenciales para la construcción de motores de alto rendimiento, garantizando un rendimiento óptimo, eficiencia y durabilidad.
2. Sistemas de enfriamiento: Nemak es un líder en la fabricación de sistemas de enfriamiento para vehículos. Sus productos incluyen radiadores de aluminio, módulos de enfriamiento, intercambiadores de calor y otros componentes relacionados. Estos sistemas ayudan a regular la temperatura del motor y otros sistemas críticos del vehículo, asegurando un funcionamiento óptimo y confiable.
3. Componentes estructurales: Nemak produce componentes estructurales de aluminio para chasis y carrocería, como subchasis, soportes de motor, piezas de suspensión y componentes de bastidores. Estos componentes contribuyen a la rigidez, resistencia y seguridad estructural de los vehículos, al tiempo que reducen el peso y mejoran la eficiencia.
4. Componentes de transmisión: Nemak fabrica una variedad de componentes de transmisión, como cárteres de transmisión de aluminio, convertidores de par y otros componentes relacionados. Estos componentes contribuyen a la eficiencia y rendimiento de los sistemas de transmisión, asegurando cambios de marcha suaves y confiables.

5. Componentes eléctricos y electrónicos: Nematik también se especializa en la fabricación de componentes eléctricos y electrónicos para vehículos, como cajas de batería de aluminio y módulos de gestión de energía. Estos componentes son esenciales para la electrificación de vehículos y el desarrollo de soluciones de movilidad sostenible.

Además de estos productos principales, Nematik también ofrece una variedad de soluciones de ingeniería y servicios técnicos, trabajando en estrecha colaboración con sus clientes para desarrollar productos personalizados y adaptados a las necesidades específicas de cada vehículo.

1.1.10 Puesto y área de trabajo del residente

Dentro de una gran compañía de producción y manufactura de piezas automotrices, se me otorgó el puesto de asistente en el departamento de calidad donde se vigila y garantiza la calidad del producto final

Para tener una visión lo más amplia posible, de lo que se realizó a lo largo de las residencias profesionales fue garantizar la calidad del producto final con respecto a estándares establecidos internos y externos, también de centrar responsabilidad en desarrollar e implementar pruebas de control de calidad, inspección de los productos en las diferentes etapas de su elaboración.

Sin embargo, cabe destacar que dicha responsabilidad parte de una diversidad de funciones o serie de tareas que, de incumplirse o errar en alguna de ellas, puede significar un gran costo para la empresa.

Para comprender a detalle el área de trabajo que se desempeñó, he requerido agruparla por áreas:

1. Supervisión y coordinación de la Calidad.

- seguimiento en el proceso productivo para garantizar que en cada una de las etapas se cumplen con los estándares de calidad establecidos.
- Asegurar que los productos que no cumplen con los estándares de calidad sean eliminados según las políticas de la empresa.

- Revisar los requisitos del cliente en términos de estándares de calidad de sus productos, así como los niveles de la competencia a fin de identificar mejores prácticas y oportunidades de mejora.

2. Documentación.

- Preparar reportes mediante la recolección, análisis y resumen de datos relevantes para los respectivos informes generales e informes estadísticos de estándares de calidad.
- Establecer y mantener controles y procedimientos de documentación.

3. Desarrollo e implementación.

- Implementar métodos de inspección y evaluación de productos y equipos en términos de su calidad.
- Propuestas de diseño e implementación de sistemas de verificación de la calidad del producto.
- Planificación, implementación, control, modificación y operación de procedimientos que contribuyan a la mejora y solución de problemas.

1.2 Problema a resolver

En la línea de calidad Ford Mustang 5.0 se detectan dos problemas que presentan altos índices de defectos en las piezas, ya que se observó y analizo a los operarios visuales de no detectar correctamente las alertas de calidad de las piezas, por consecuencia esto afecta al proceso de la calidad del motor.

1. Primer problema: Operarios visuales

En este caso se llegó a concluir, que los operarios muestran un mal desempeño al realizar su trabajo y esto se debe a dos factores:

- El primer factor se detecta por una mala capacitación al personal de nuevo ingreso para realizar una adecuada inspección de las piezas y esto se debe a que no se le da el tiempo necesario de entrenamiento al operario para detectar adecuadamente las alertas de calidad.
- El segundo factor se deriva hacia del personal con mayor antigüedad laborando dentro de la planta y se debe a un exceso de confianza, por consiguiente, el personal cae en el desinterés por no realizar su trabajo de manera correcta.

2. El segundo problema: Control de calidad

- En este proceso se detecta que los supervisores requieren de atender el control de calidad en lotes de piezas producidas , lo cual no está sucediendo y por lo tanto se deriva un problema más para la empresa, ya que al llegar la producción a manos de la auditoría externa por parte del cliente, las piezas no cumplen con los estándares de la calidad correspondientes, por consecuencia se corre el riesgo de perder una certificación IBQ de la línea, esto quiere decir que la empresa no se está cumpliendo con los estándares de calidad que requieren las piezas del cliente para su producto y por consiguiente se pierde al cliente y ocurre una pérdida de ganancias para la empresa.

1.3 Objetivo general

Para solventar el problema de la detección defectos de las piezas LH (2018, 2021, 2023) y RH (2018, 2021, 2023) de la línea de calidad Ford 5.0, es la automatización del sistema de inspección visual. Dicho sistema debe tener el conocimiento de las alertas de calidad que se manejan en la línea y permitir la selección de piezas de forma robotizada y con ello se pretende obtener múltiples ventajas de reducción tanto de errores de detección como del tiempo de inspección.

1.4 Objetivos específicos

- Entender cómo opera un detector de fallas de visión artificial y de ultrasonido.
- Desarrollar un modelo que permita identificar las fallas específicas de las piezas LH Y RH.
- Desarrollar una simulación del detector de fallas.
- Automatizar el proceso de conteo y mapeo de las piezas producidas que se realiza a lo largo de cada turno

1.5 Justificación

La implementación de tecnologías de detección de defectos, como la visión artificial y el ultrasonido, en la inspección de cabezas de motor presenta una serie de beneficios significativos que respaldan su adopción y justifican su eficacia en la mejora de la calidad y el rendimiento en la industria automotriz. Esta justificación se basa en una combinación de precisión, alcance y ventajas operativas que estas tecnologías avanzadas ofrecen:

1. **Precisión y Fiabilidad:** La visión artificial y el ultrasonido son técnicas de detección altamente precisas. La visión artificial puede identificar defectos visibles en las superficies externas de las cabezas de motor con gran precisión, incluso en casos de defectos pequeños o sutiles. Por otro lado, el ultrasonido es capaz de penetrar en los materiales y detectar defectos internos, incluidas fisuras, inclusiones y cavidades, que no son visibles a simple vista. La combinación de ambas tecnologías permite una evaluación integral de la calidad de las cabezas de motor.

2. **Detección Temprana de Defectos:** La detección temprana de defectos en las cabezas de motor es fundamental para prevenir fallas inesperadas y costosas. La visión artificial y el ultrasonido permiten identificar y abordar problemas en etapas iniciales del proceso de fabricación, evitando que los defectos se propaguen y afecten la integridad y el rendimiento a largo plazo de los motores.
3. **Inspección No Destructiva:** Tanto la visión artificial como el ultrasonido son métodos no destructivos de inspección. Esto significa que los componentes bajo prueba no sufren daños durante el proceso de detección, lo que es especialmente relevante en la industria automotriz, donde la integridad de los productos es esencial.
4. **Automatización y Eficiencia:** La automatización de la detección de defectos mediante visión artificial y ultrasonido acelera el proceso de inspección. Estas tecnologías pueden operar en tiempo real y a alta velocidad, lo que resulta en una mejora significativa en la eficiencia de la producción.
5. **Mejora de la Calidad y Reputación de la Marca:** La implementación de sistemas de detección avanzada refuerza la calidad del producto final. Garantizar la ausencia de defectos en las cabezas de motor contribuye a la confianza del cliente y a la reputación positiva de la marca, lo que es esencial en un mercado altamente competitivo.
6. **Reducción de Costos y Desperdicio:** La detección temprana y precisa de defectos disminuye la necesidad de retrabajos, reparaciones y rechazos. Esto resulta en una disminución de los costos de producción y en un uso más eficiente de los recursos, optimizando la rentabilidad.

La combinación de visión artificial y ultrasonido ofrece una solución integral y precisa para la detección de defectos en las cabezas de motor. La adopción de estas tecnologías no solo mejora la calidad del producto, sino que también aporta eficiencia, confiabilidad y un enfoque proactivo en la prevención de fallas, lo que es esencial en la industria automotriz moderna.

CAPITULO 2

2 Marco teórico

La inspección y detección de defectos en procesos de fabricación se ha convertido en un componente crucial para garantizar la calidad de los productos manufacturados. La tecnología de visión artificial ha emergido como una herramienta eficaz para llevar a cabo esta tarea, permitiendo la automatización y mejora en la precisión de la detección de defectos en una variedad de industrias, desde la automotriz hasta la electrónica y la alimentaria.

La visión artificial implica el uso de sistemas de cámaras, iluminación controlada y algoritmos de procesamiento de imágenes para analizar y evaluar objetos y superficies en busca de defectos. Este enfoque no solo es rápido y preciso, sino que también puede operar en tiempo real, lo que es esencial para las aplicaciones industriales de alta velocidad.

2.1 Fundamentos de la visión artificial

La visión artificial es uno de los elementos básicos de la inteligencia artificial, se empezó a desarrollar con la necesidad de tratar de imitar los sentidos humanos por medio de técnicas computacionales.

La visión artificial según (Ballard, 1999), es la construcción explícita de objetos físicos por medio de imágenes, que no se debe confundir con el procesamiento de imágenes, el cual estudia la transformación de imagen a imagen y los diferentes métodos matemáticos y computacionales para lograrlo. La visión artificial es un prerequisite para poder realizar una interpretación, manipulación y apreciación de los objetos físicos.

Los humanos interpretamos el mundo a nuestro alrededor por medio de nuestros ojos, los cuales interpretan un mundo coherente en tres dimensiones dada la naturaleza de nuestra vista bifocal, dependemos mucho de la interpretación de nuestro cerebro para poder darle una lógica adecuada y poder usar esa información a nuestro favor.

Toda esa información visual no tiene mucha coherencia por sí sola, contiene mucha información irrelevante o inclusive información que llega a confundir al cerebro por las variaciones que se pueden captar.

Nuestro cerebro, combinado con nuestro sistema visual, es capaz de ordenar, clasificar, relacionar y filtrar esa información para darle esa coherencia que nos hace capaz de interpretar el mundo a nuestro alrededor. Básicamente es capaz de usar esa nueva información, contrastarla con conocimientos previos y suposiciones que se aplican a diferentes niveles del procesamiento visual.

El principal reto de la visión artificial es imitar el sentido de la vista, cómo lograr que este sistema artificial pueda distinguir cuál información es relevante, extrayendo información de las imágenes capturadas de manera digital por medio de algoritmos matemáticos.

Los sistemas de visión artificial son relativamente nuevos. Los primeros experimentos fueron conducidos en los años 50s, y muchos de los conceptos y técnicas esenciales han sido desarrollados en las últimas décadas, esto se debe principalmente al rápido crecimiento tecnológico y los saltos computacionales de la era digital.

La visión artificial consta de una serie de elementos básicos, los cuales son:

- Captura de imágenes
- Procesamiento de las imágenes
- Interpretación de las propiedades físicas que se desea analizar.

Actualmente la aceptación de la tecnología de visión artificial en la industria es muy alta, es difícil encontrar plantas de producción que no cuenten con algún sistema automático de visión, en el mercado existe una gran variedad de equipos para todo tipo de aplicaciones.

2.2 Inspección visual

La inspección en el sentido más amplio se refiere (Torres, 2002) a la verificación de si un objeto cumple con determinado(s) criterio(s). Esto implica comparar el objeto sujeto a inspección, con algún cuerpo modelo o patrón que describa las características relevantes de la inspección. A nivel industrial, la inspección se clasifica en 4 tipos: inspección dimensional o geométrica, inspección estructural o de estructuras, inspección de superficies e inspección de operación, en la figura 2.1 se puede visualizar los tipos de inspección.

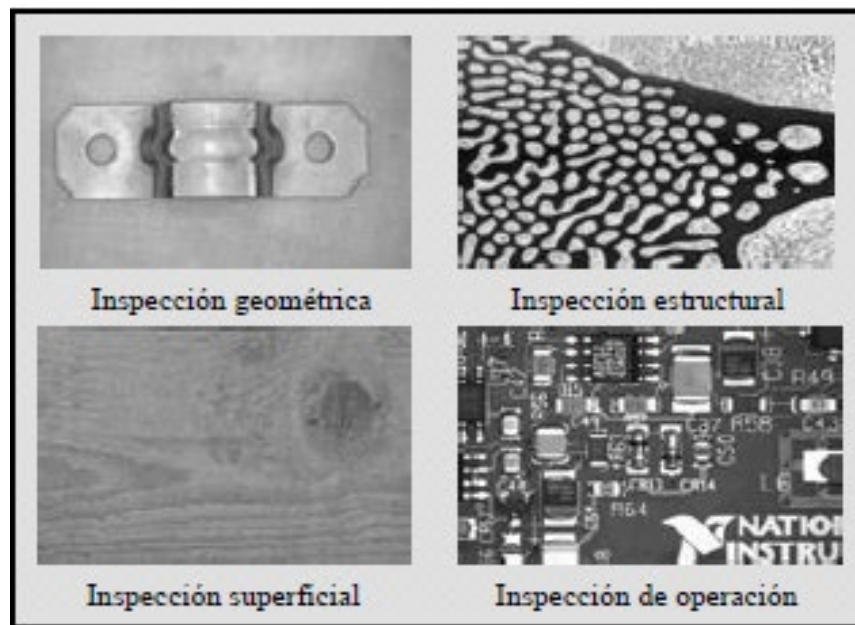


Figura 2.1: Clasificación de la inspección a nivel industrial. (Emanuel, 2010)

Como se mencionó anteriormente, si bien es cierto que la inspección visual humana es muy flexible y se puede adaptar a situaciones nuevas rápidamente, también es conocido que la diferencia existente en la capacidad y experiencia de las personas que examinan, así como la fatiga y la monotonía del trabajo de inspección, hacen que la inspección visual humana, sea de inconstante eficiencia y muchas veces poco segura.

Hoy en día, en muchos procesos de fabricación, los límites en la detección de defectos, la detección de errores y/o fallas cada vez más pequeños, la comprobación de objetos de gran complejidad o desde varias perspectivas; son factores que han superado la percepción del ojo humano. Por esta razón las empresas del mundo moderno han visto la necesidad de crear

sistemas más sofisticados, que les permitan controlar en forma precisa y acertada, la calidad de sus productos y que sean capaces de detectar aquellos errores que un operario pudiera pasar por alto. Por lo que el control de calidad hoy en día apunta a ser 100% automático; ayudando a disminuir los costos de producción, y al mismo tiempo lograr obtener una inspección visual objetiva y confiable.

2.3 Inspección visual automática

Los sistemas de visión industriales (Newman, 1995) dice que son una combinación de hardware y software, que permiten capturar una imagen y aplicarle una serie de técnicas, que ayudan a transformar y sustraer información importante, con la finalidad de que el sistema tome una decisión binaria. Estos sistemas reciben el nombre de: sistemas de inspección visual automatizados o automáticos. Actualmente estos sistemas se han convertido en una importante herramienta en diversos campos; tales como: medicina, astronomía, geografía, biología, industria agrícola, manufactura, industria militar, etc.

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

La mayoría de los procesos industriales donde se han introducido los sistemas de inspección visual automáticos es en compañías donde las líneas de producción requieren:

- Inspección del 100% de la producción.
- Alto valor añadido de cada pieza individual.
- Realizar inspecciones con una alta precisión durante largos periodos de tiempo.
- Revisar grandes volúmenes de producción en cientos de unidades diarias.
- Garantizar la inspección frente a inevitables distracciones humanas.
- Adquirir de manera continua la información que permita mejorar el proceso.
- Disminuir las pérdidas por desechos.

Los sistemas automáticos de inspección, basados en sistemas de visión y otras tecnologías complementarias, según (Groover, 1989) 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.

2.4 Aplicación de sistemas de visión artificial en la industria

La visión artificial según (Serope Kalpakjian, 2000) aplicada a la industria abarca a las ramas de la informática, la óptica, la ingeniería mecánica y la automatización industrial. A diferencia de la visión artificial teórica, que se centra en máquinas basadas en el procesamiento de imágenes, las aplicaciones de visión artificial industrial integran sistemas de captura de imágenes digitales, dispositivos de entrada/salida y redes computacionales para el control de equipos destinados a la fabricación o manipulación de productos y materias primas. Los sistemas de visión artificial que se usan en la industria se aplican para realizar inspecciones visuales que pueden ser de alta o media velocidad (depende del tipo de producto a fabricar y la configuración de la línea de producción), funcionamiento continuo o la repetibilidad del proceso

El objetivo de un sistema de inspección por visión artificial suele ser el control de calidad de una pieza, lo que puede abarcar sus dimensiones, números de serie (clasificación), la presencia de componentes defectuosos, etc.

Las ventajas de un sistema de visión en la industria son:

- Automatizar tareas repetitivas de inspección realizadas por operadores.
- Realizar controles de calidad de productos que no era posible verificar por métodos tradicionales.
- Realizar inspecciones de objetos sin contacto físico.
- Realizar la inspección del 100% de la producción (calidad total) a gran velocidad.
- Reducir el tiempo de ciclo en procesos automatizados.

2.5 Componentes de un sistema de visión en manufactura

Para poder integrar un sistema de visión según (M. Sonka, 1999) es necesario cumplir con una serie de prerequisites básicos, los cuales incluyen una combinación de hardware y software que en su conjunto realizaran una función según la meta que se plantee. La inspección con visión artificial se realiza en varias etapas en la figura 2.2 se puede visualizar las diferentes etapas, dentro de las cuales se destacan las siguientes:

1. Adquisición o captura de la imagen: Normalmente se usa una cámara con CCD o CMOS.
2. Procesamiento: Es el proceso de aplicar algoritmos para realzar, segmentar y aislar el atributo de interés.
3. Generación de resultados: Es obtener un resultado del análisis del atributo para definir si éste cumple con los parámetros de aceptación.
4. Despliegue de la imagen: Se muestra la imagen procesada en un monitor para ser visualizados en tiempo real.
5. Comunicación: Consiste en la capacidad para enviar tanto imágenes como datos a otros equipos.

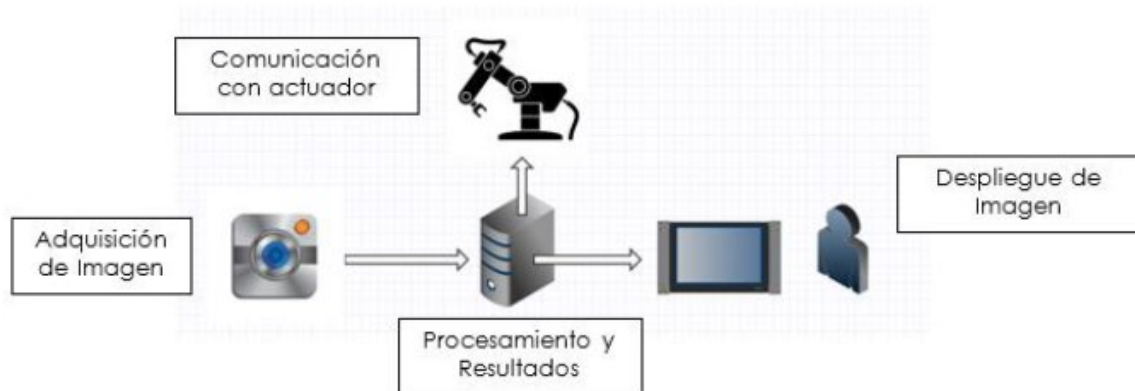


Figura 2.2: Esquema de los elementos de un sistema de visión industrial. (Luis Alberto, 2014).

2.6 Procesamiento de imágenes.

El procesamiento de imágenes según (De La Fraga, 2001) es la manipulación y análisis de imágenes por medio de una computadora. Su función principal es la de sustituir la inspección e interpretación humana, al poder automatizar el proceso de extracción de información útil con datos suministrados por imágenes. El termino imagen se refiere a una función bidimensional de intensidad de luz $f(x, y)$, donde “x” y “y” denotan las coordenadas espaciales y el valor de “f” en cualquier punto (x, y) es proporcional al brillo (o nivel de gris) en la figura 2.3 se puede visualizar la convención de ejes.

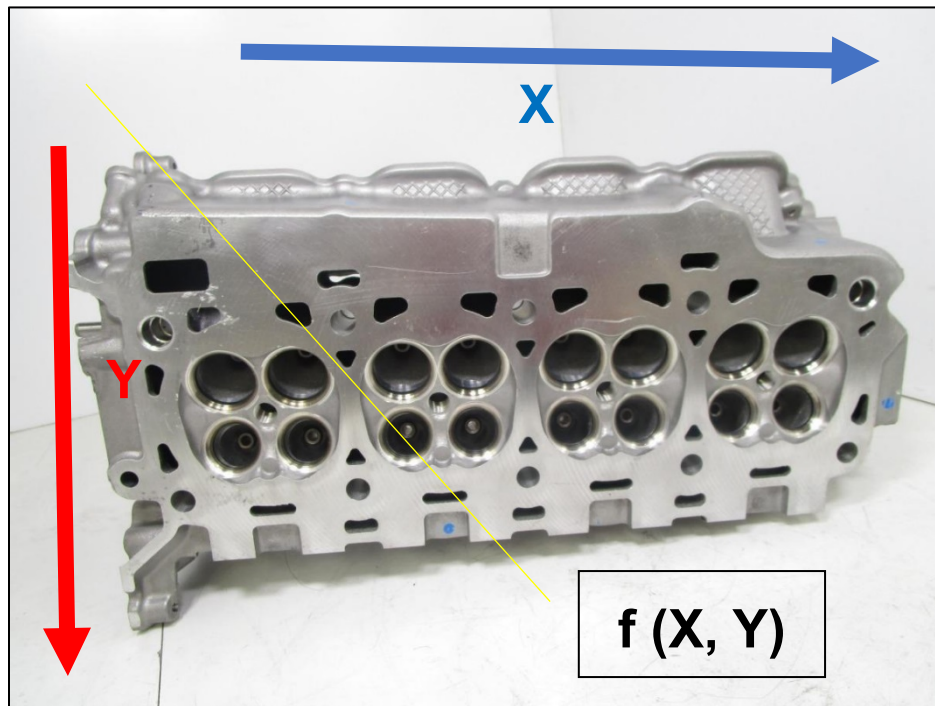


Figura 2.3: Convención de ejes para las coordenadas de la función de la luz por píxel en imágenes digitales. (Cortesía, NEMAK)

Las imágenes digitales tienen tres propiedades básicas: resolución, definición y número de planos.

- Resolución: Es el número de filas y columnas que forman los píxeles. Una imagen que tiene M filas y N columnas tiene una resolución M x N.

- Definición: La definición de una imagen, también llamada profundidad de píxel, indica el número de colores que se pueden ver en la imagen. La profundidad de modulación es el número de bits usado para codificar la intensidad del píxel.
- Número de planos: Es el número de arrays (matrices) de píxeles que componen la imagen. Una imagen en escala de grises (gray-level) está compuesta por un solo plano, mientras que una imagen de color verdadero (true-color) está formada por tres planos: Rojo (R), Verde (G) y Azul (B), mejor conocidas como imágenes RGB.

De acuerdo con la definición de profundidad de píxel, para trabajar con números en la computadora, el nivel de brillo, o valor de cada píxel, es cuantificado en códigos binarios enteros positivos (el brillo no puede ser negativo) en la figura 2.4 se muestra el tipo de imágenes digitales.

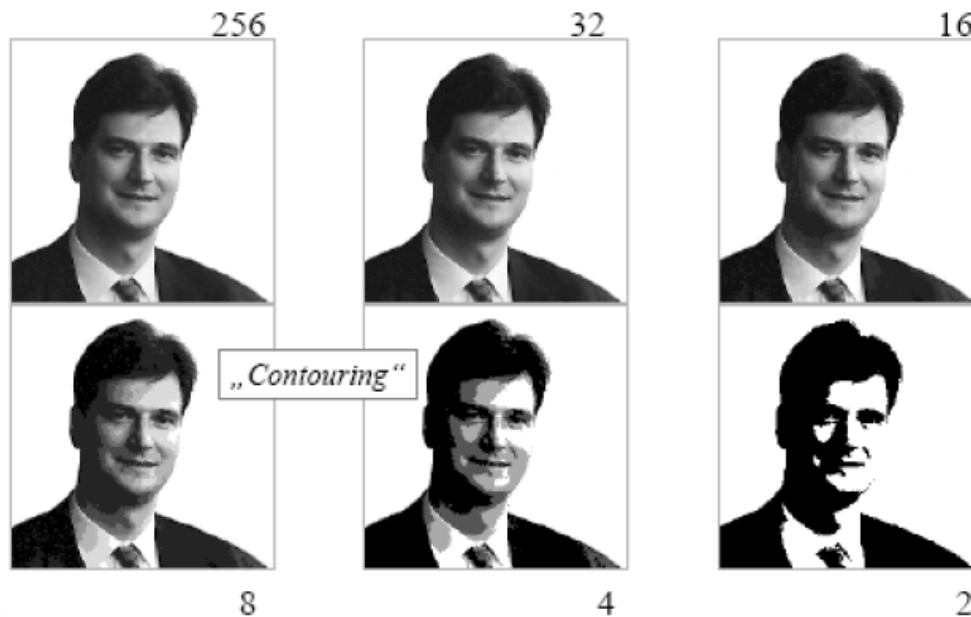


Figura 2.4: Ejemplo de imágenes digitales de 2 a 256 bits de profundidad. (Emanuel, 2010).

Para tener una imagen de buena calidad para el ojo humano es necesario tener como mínimo 64 niveles de gris.

Para una apreciación fina se usa una cuantificación estándar a 8 bits, esto es, 256 niveles de gris en un rango de "0 a 255", en donde a la escala de gris "0" es asignada al color negro y la escala

de gris “255”, al color blanco. A una imagen cuantificada de esta manera se le conoce como imagen en tonos de gris.

La cuantificación a 8 bits (1 byte) se considera estándar debido a que es el mínimo número direccionable directamente para la mayoría de los microprocesadores en la figura 2.5 se muestra la relación de colores.

Número de colores por píxel	Bits por píxel			Fórmula
2 colores	=	1 bits	=	2^1
4 colores	=	2 bits	=	2^2
16 colores	=	4 bits	=	2^4
256 colores	=	8 bits	=	2^8
4.096 colores	=	12 bits	=	2^{12}
32.768 colores	=	15 bits	=	2^{15}
65.536 colores	=	16 bits	=	2^{16}
16.777.216 colores	=	24 bits	=	2^{24}

Figura 2.5: Con la relación de colores con los bits requeridos y su fórmula correspondiente. (Emanuel, 2010)

La herramienta principal en el tratamiento digital de las imágenes es las matemáticas, por lo que una unidad de procesamiento (computadora) que haga los cálculos necesarios para la mejora, segmentación y extracción de información de una imagen es fundamental

González, R. y Woods (2000) Modelaron una serie de pasos fundamentales para el procesamiento de imágenes digitales en la figura 2.6 se pudo visualizar.

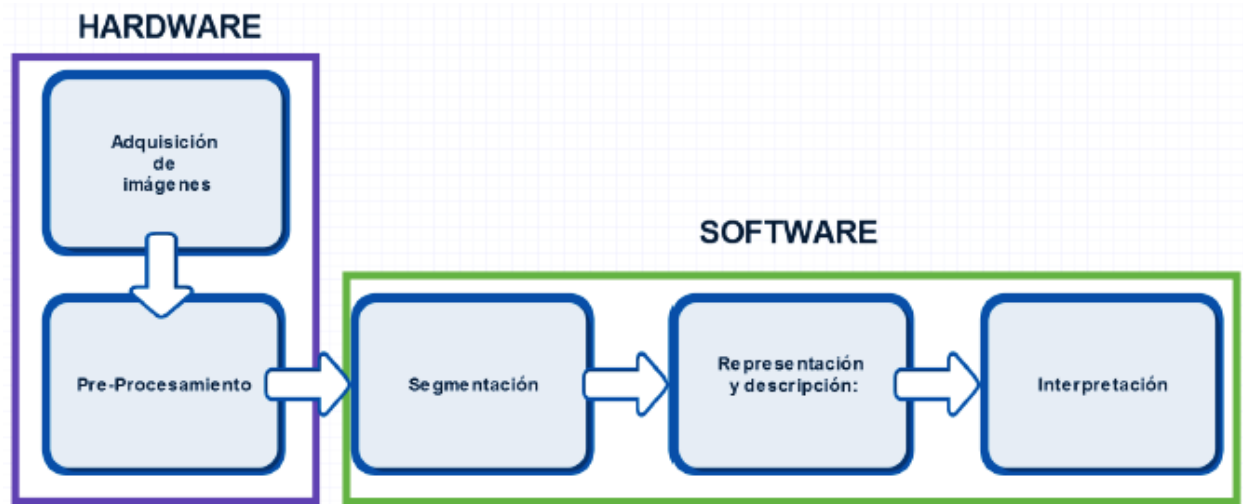


Figura 2.6: Diagrama de los pasos para el procesamiento de imágenes en un SVA. (Emanuel, 2010).

2.6.1 Adquisición de imágenes:

El proceso comienza con la captura de imágenes a través de cámaras u otros dispositivos de captura. Estas imágenes pueden ser imágenes estáticas o secuencias de video.

2.6.2 Preprocesamiento:

En esta etapa, se aplican técnicas para mejorar la calidad de la imagen y reducir el ruido. Esto puede incluir correcciones de iluminación, ajuste de contraste y eliminación de artefactos.

2.6.3 Segmentación:

La segmentación implica dividir la imagen en regiones o objetos de interés. Esto puede realizarse mediante técnicas como la umbralización, donde los píxeles se clasifican en función de su intensidad.

2.6.4 Extracción de características:

En esta fase, se identifican características significativas en las regiones segmentadas. Esto podría incluir bordes, texturas, formas y colores relevantes para el análisis.

2.6.5 Procesamiento de características:

Las características extraídas se procesan mediante algoritmos que buscan reducir la dimensionalidad o resaltar aspectos específicos de interés. Esto ayuda a simplificar la información y resaltar patrones.

2.6.6 Detección y reconocimiento:

En esta etapa, se aplican algoritmos de aprendizaje automático para detectar objetos específicos o reconocer patrones en la imagen. Esto podría incluir el reconocimiento de rostros, objetos o formas.

2.6.7 Postprocesamiento:

Después de la detección y el reconocimiento, es común realizar un post procesamiento para refinar los resultados y eliminar posibles falsos positivos o negativos.

2.6.8 Interpretación y toma de decisiones:

Una vez que se han extraído y procesado las características y se han detectado objetos, se interpreta la información obtenida. Esto puede llevar a tomar decisiones o activar acciones específicas.

2.6.9 Visualización y presentación:

Finalmente, los resultados se presentan visualmente para su comprensión. Esto puede incluir resaltar los objetos detectados en la imagen original o mostrar estadísticas relevantes.

Cada (SVA) sistema de visión artificial según (De La Fraga, H, 2001) tiene sus particularidades, pero se puede decir que todos incluyen una o varias de las etapas mostradas en el diagrama, algunas partes del procesamiento de imágenes se pueden hacer por medio de hardware, por ejemplo, algunas cámaras para sistemas de visión en la industria cuentan con algún tipo de preprocesamiento de imagen, mientras que la segmentación, representación e interpretación dependen de los algoritmos que se implementen para las funciones específicas requeridas.

2.7 Ultrasonidos

2.7.1 Introducción

Los ultrasonidos según (H. Krautkramer ,1990) son ondas acústicas cuya frecuencia está por encima del espectro audible del oído humano (aproximadamente 20 kHz). Su propagación provoca en sólidos, líquidos y gases distintos fenómenos que han dado lugar a múltiples aplicaciones en diversas disciplinas científicas entre las que destacan aplicaciones médicas (equipos de terapia ultrasónica, en sistemas Doppler para la medición del flujo sanguíneo y estructuras en movimiento, sistemas ecográficos, nebulizadores para asmáticos, cirugía, odontología, etc.), en biología, en comunicaciones, ... entre otras

También se utilizan en aplicaciones industriales como en procesos de limpieza y depuración (limpiadores ultrasónicos), sistemas de soldadura para plásticos, medidores de nivel y de flujo, procesos de colada y solidificación, mecanizados, ensayos y medidas de laboratorio, etc.

Además, hay que recalcar que su uso tiene cabida en aplicaciones relacionadas con el control de calidad de materiales estructurales:

- Detección de heterogeneidades (defectología).
- Determinación de sus propiedades (caracterización de materiales).
- Medida de espesores (metrología).

2.8 Propiedades de las ondas ultrasónicas

Las ondas ultrasónicas según (Rose,2004) son ondas mecánicas que se propagan a través de medios materiales, como sólidos, líquidos y gases. Tienen algunas propiedades particulares que las distinguen y hacen que sean útiles en diversas aplicaciones, como la detección de defectos, la medicina, la industria y la investigación. Aquí hay una descripción de las propiedades clave de las ondas ultrasónicas:

- Frecuencia: Las ondas ultrasónicas tienen frecuencias más altas que las audibles para los seres humanos, generalmente por encima de 20.000 Hz (20 kHz). Estas frecuencias elevadas

son esenciales para su capacidad de penetración en materiales y para la resolución de imágenes detalladas.

- **Longitud de Onda:** La longitud de onda de las ondas ultrasónicas es inversamente proporcional a su frecuencia. Cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda. Esta propiedad influye en la capacidad de resolución y en la capacidad para detectar defectos pequeños en materiales.
- **Atenuación:** A medida que las ondas ultrasónicas se propagan a través de un material, pierden energía debido a la absorción y la dispersión. Esta atenuación aumenta con la distancia recorrida y la frecuencia de las ondas. En algunos casos, la atenuación puede limitar la profundidad de penetración y la calidad de la detección.
- **Reflexión y Refracción:** Las ondas ultrasónicas se reflejan y refractan al encontrarse con interfaces entre diferentes materiales. Esta propiedad es fundamental en la detección de defectos, ya que los cambios en la velocidad del sonido y la impedancia acústica pueden indicar la presencia de anomalías.
- **Velocidad del Sonido:** La velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas depende del medio a través del cual se están propagando. Por ejemplo, las velocidades de propagación en sólidos son más altas que en líquidos y gases. Esta propiedad es esencial para calcular la distancia a la que se encuentra un objeto o una interfaz.
- **Penetración:** Las ondas ultrasónicas tienen la capacidad de penetrar en materiales opacos y sólidos. Esto las hace útiles para inspeccionar el interior de componentes y estructuras sin dañar su integridad.
- **Efectos Piezoeléctricos:** Muchos materiales exhiben propiedades piezoeléctricas, lo que significa que generan señales eléctricas cuando se aplican tensiones mecánicas, y viceversa. Esto es esencial en la generación y detección de ondas ultrasónicas en aplicaciones como equipos médicos y de inspección.

2.9 Propagación de las ondas ultrasónicas

Las ondas ultrasónicas según (Ensminger, 2013) no pueden propagarse en el vacío, únicamente lo hacen a través de medios materiales que contengan átomos o moléculas que puedan vibrar.

Las ondas, al viajar por los distintos materiales, se atenúan debido a las características del medio y a los fenómenos de refracción y reflexión, por lo que no todos los medios serán apropiados para la transmisión de ultrasonidos.

Un ejemplo representativo que facilita el estudio de la propagación ultrasónica en sólidos es un modelo formado por esferas unidas entre sí mediante muelles en la Figura 2.7. Si se mueve la primera esfera mediante un desplazamiento longitudinal dicho movimiento se va transmitiendo hacia las otras esferas.

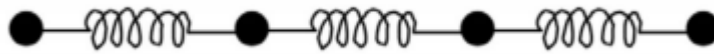


Figura 2.7: Vibración lineal. (Cristian Rodríguez, 2012)

De la misma manera, cuando una onda ultrasónica incide perpendicularmente en la superficie de un sólido se produce el desplazamiento longitudinal de las partículas mediante compresión mecánica, por lo que se produce una onda longitudinal.

Si se considera el modelo elástico bidimensional de la Figura 2.8 se tiene que, cuando se ejerce una presión sobre la línea superficial de partículas más externas, se produce un desplazamiento con respecto a la posición de equilibrio.

Existen fuerzas elásticas que sujetan las partículas entre sí por lo que, a pesar de la deformación, tienden a recuperar la posición inicial de equilibrio.

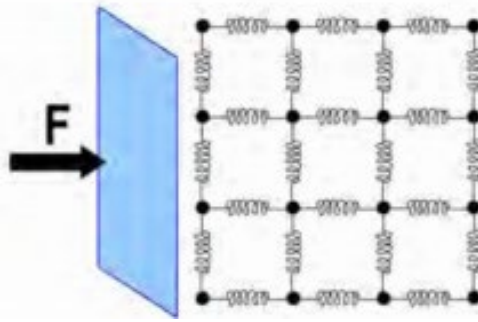


Figura 2.8: Vibración bidimensional. (Cristian Rodríguez, 2012)

2.10 Tipos de ondas ultrasónicas

2.10.1 Ondas longitudinales

En este caso la presión que se ejerce es perpendicular a la superficie del material y la oscilación de las partículas tiene lugar en la misma dirección de propagación de la onda a continuación en la Figura 2.9 se muestra lo antes mencionado

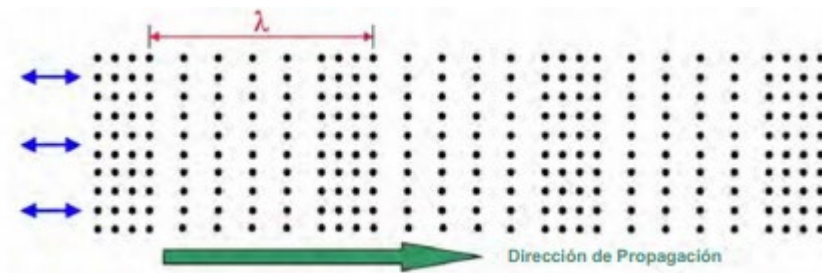


Figura 2.9: Onda Longitudinal (Cristian Rodríguez, 2012)

2.10.2 Ondas transversales

Una onda transversal se produce cuando la dirección de oscilación de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la onda ultrasónica, se muestra en la Figura 2.10 la representación de ondas transversales.

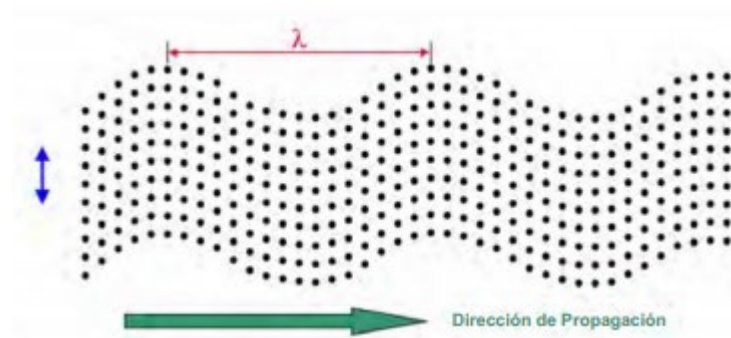


Figura 2.10: Onda Transversa (Cristian Rodríguez, 2012).

Este tipo de ondas se producen en los materiales sólidos cuando el ultrasonido incide angularmente con respecto a la superficie.

2.10.3 Ondas superficiales o de Rayleigh

Estas ondas son un caso particular de onda transversal. En este caso las ondas ultrasónicas se propagan únicamente en la superficie de un sólido finito siguiendo su contorno y sus irregularidades.

Existen dos tipos de ondas de Lamb: en la figura 2.10 observamos ondas simétricas de compresión la Figura 2.11 y ondas simétricas de flexión de la Figura 2.12. Para estos tipos de ondas el movimiento de las partículas es elíptico.

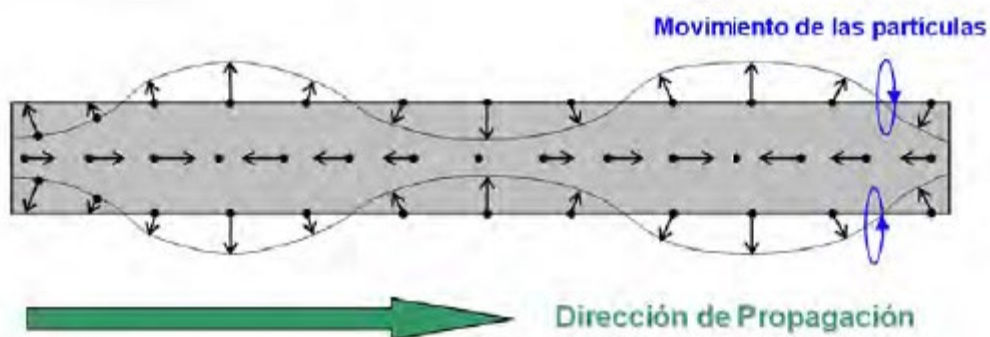


Figura 2.11: Onda Lamb de compresión (Cristian Rodríguez, 2012).

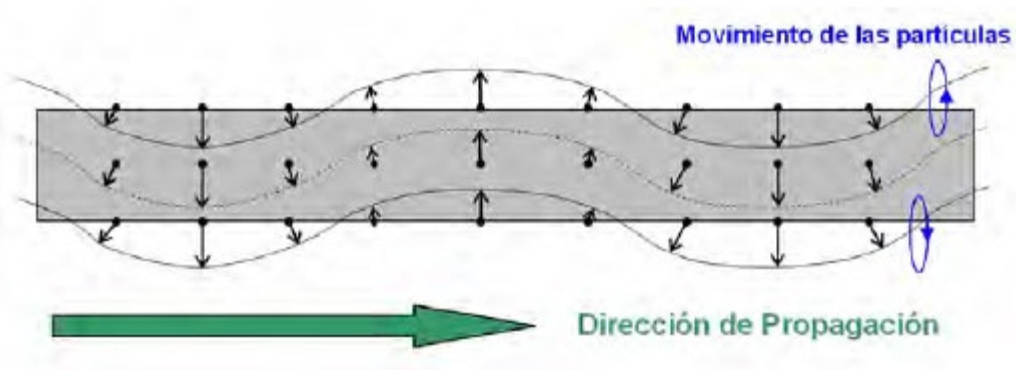


Figura 2.12: Onda Lamb de flexión. Cristian Rodríguez (2012)

2.11 Tipos de ensayos

2.11.1 Método por contacto directo

Según (Lowe,2012) este método el palpador se sitúa sobre la superficie de la pieza a examinar aplicando, además, entre palpador y pieza, un acoplante para favorecer la transmisión de las ondas ultrasónicas en el material. Para realizar correctamente la inspección se ha de ejercer una presión constante sobre el palpador cuando éste se mueve a través de la superficie.

Para incidencia normal la Figura 2.13 muestra la dirección que recorre la onda ultrasónica es la del espesor de la pieza, formando 90° con la superficie y siendo 0° el ángulo de incidencia.



Figura 2.13: Método de contacto con incidencia normal (Cristian Rodríguez, 2012).

Cuando la incidencia es angular en la Figura 2.14 se observa que el ángulo de incidencia de la onda ultrasónica depende del ángulo de refracción del haz en el material que, a su vez, queda determinado por los ángulos críticos puesto que ha de ser mayor que el primer ángulo crítico y menor que el segundo.

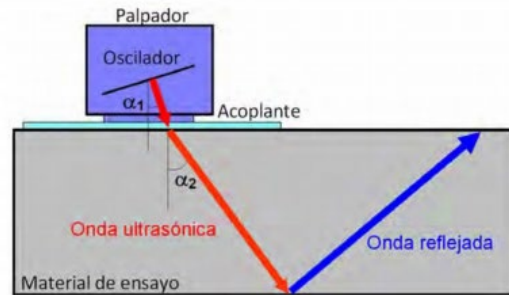


Figura 2.14: Método de contacto con incidencia angular
(Cristian Rodríguez, 2012).

Existen además otros factores que afectan a la transmisión del ultrasonido a través de la superficie del material: el acabado superficial, la curvatura superficial, las características del cristal (frecuencia de trabajo y diámetro) y el medio de acoplamiento.

- Medio de acoplamiento: En la técnica de contacto se utilizan acoplantes porque el aire no transmite la onda ultrasónica debido a que su impedancia acústica es muy diferente a la de los materiales sólidos. Por tanto, para originar una adecuada transmisión de la onda se necesita una fina capa de material transmisor acústico.

De entre los acoplantes más usuales se encuentran el agua, la glicerina, metilcelulosas, grasas en base a petróleo, pulpa de papel, mercurio, plastilina entre otros.

- Acabado superficial: Las consecuencias de la existencia de rugosidad superficial son las siguientes: disminuye la transmisión de la presión acústica, aumenta el ancho de la zona muerta, puede cambiar la dirección del haz ultrasónico y se pueden generar ondas parásitas superficiales.
- Curvatura superficial: Si la superficie del material tiene curvatura se producen cambios en la divergencia del haz ultrasónico y fenómenos de conversión de ondas que producen indicaciones falsas. Aunque para ver cuanto afecta la curvatura superficial hay que tener en

cuenta el sentido de la curvatura (cóncava o convexa) y del ángulo de incidencia del haz (perpendicular o angular).

El principal efecto es una pérdida de sensibilidad del palpador. Si la incidencia es normal la Figura 2.15 muestra como una superficie convexa se asegura el contacto al menos en la parte central del palpador que posee el máximo de presión acústica. Por el contrario, si la superficie es cóncava, se pierde más sensibilidad porque el palpador no hace contacto en el material. Este problema puede resolverse acoplando al palpador adaptadores de plástico cuya curvatura coincida con la de la muestra.

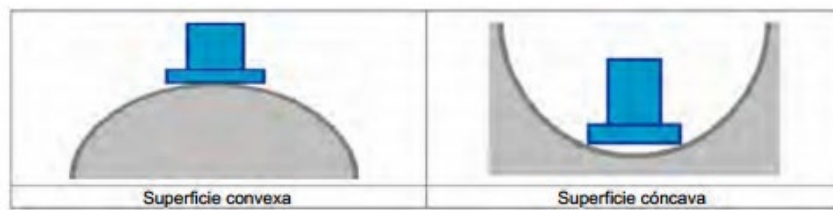


Figura 2.15: Efecto de la curvatura superficial (Cristian Rodríguez, 2012).

- Características del cristal: En principio, para favorecer la transmisión de la onda ultrasónica a través de la superficie que se está examinando, conviene una disminución de la frecuencia de excitación del oscilador y un aumento del diámetro del cristal piezoeléctrico. Aunque, para elegir el tamaño del cristal, también influye el acabado superficial de la pieza de ensayo en la Figura 2.16 se muestra la representación.

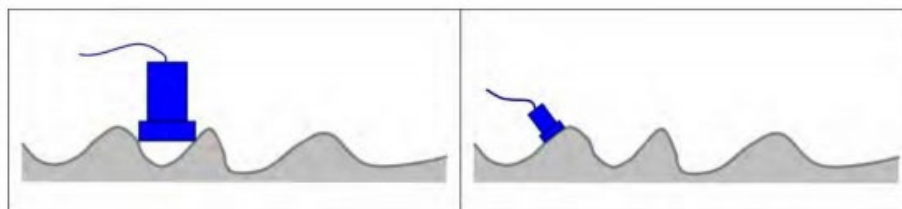


Figura 2.16: Efecto del tamaño del palpador. Cristian Rodríguez (2012)

Finalmente, y teniendo en cuenta todos estos factores, la técnica de contacto consiste en apoyar y mover el palpador sobre la superficie ejerciendo cierta presión, a la vez que se observan las indicaciones en el osciloscopio, las cuales mostrarán en qué puntos del material se encuentran

posibles heterogeneidades teniendo en cuenta qué porción de la onda ultrasónica emitida se refleja.

Las ventajas que tiene la técnica de contacto directo sobre otras son:

- Portabilidad porque se puede ubicar el equipo donde se necesite.
- Alto poder de penetración.
- Posibilidad de inspeccionar piezas de gran tamaño.
- Se pueden utilizar ondas superficiales.

Las limitaciones son:

- La superficie del material ha de ser uniforme para que pueda haber un acoplamiento perfecto entre pieza y palpador.
- Si la superficie no es totalmente uniforme se producen pérdidas de sensibilidad lo que deriva en resultados heterogéneos que producen una pérdida de fiabilidad del método.
- Se tienen dificultades con el uso de acoplantes pesados con los que sea difícil limpiar la superficie de ensayo.
- Pueden encontrarse dificultades en la detección de defectos cerca de la superficie debido a la presencia de la zona muerta y la de campo cercano.
- Es realmente complicado adaptar este método a sistemas automáticos.

2.11.2 Método de pulso-eco

Este método utiliza un único palpador que funciona simultáneamente como emisor y receptor empleando impulsos de sonido: se envía un pulso eléctrico de muy corta duración que genera una onda ultrasónica; a continuación, mientras la onda generada se propaga en el material, el mismo cristal está preparado para la recepción.

Para la detección de discontinuidades según (Moreau, 2012). utiliza el efecto eco que éstas producen cuando son alcanzadas por la onda ultrasónica que viaja por el material se puede observar en la Figura 2.17 Con esta técnica se puede medir la porción de presión acústica reflejada y, teniéndola en cuenta, se puede localizar perfectamente la discontinuidad e identificarla.



Figura 2.17: Método de pulso-eco Cristian Rodríguez (2012)

De los equipos ultrasónicos que emplean esta técnica hay unos que miden únicamente el tiempo de recorrido del ultrasonido que se utilizan para medida de espesores y les hay que miden el tiempo de recorrido y la intensidad acústica que se utilizan para defectología y caracterización de materiales.

2.11.3 Método de transmisión, de transparencia o de sombra

Este método utiliza dos palpadores, uno funcionando como emisor y otro como receptor, y lo que se mide es la porción de intensidad acústica que se transmite a través del material que se está examinando.

La detección de discontinuidades se realiza basándose en el efecto sombra que producen cuando la onda ultrasónica la atraviesa, porque dan lugar a una disminución de la intensidad acústica.

Cuando la incidencia es perpendicular a la superficie del material a un lado de la pieza se coloca el emisor y, al otro lado, se sitúa el receptor en la Figura 2.18. Si no hay heterogeneidades la intensidad recibida por el receptor es igual a la emitida por el emisor; en caso contrario, solo se recibe parte de la intensidad emitida.

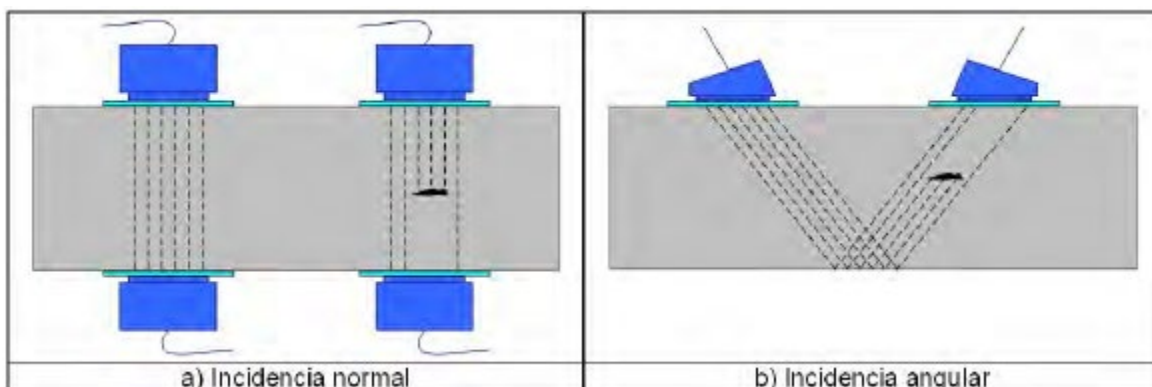


Figura 2.18: Método de transmisión (Cristian Rodríguez, 2012).

CAPITULO 3

3 Desarrollo del proyecto

3.1 Investigación preliminar

Para comenzar con la propuesta de diseño de automatización de la línea Ford Mustang 5.0, se partió de la recopilación de información acerca de pruebas aplicadas con anterioridad durante el proceso de detección de las alertas de calidad que se presentan en las piezas LH y RH de la línea de producción.

Las pruebas empleadas consistían en realizar dibujos, mapas de rastreo, toma de fotografías de las piezas defectuosas, análisis del proceso de fabricación. Sin embargo, este tipo de pruebas se dejó de aplicar debido al cambio de personal y a que fueron pruebas temporales a las cuales no se les dio un seguimiento adecuado.

Así mismo, se realizó una investigación sobre el proceso de fabricación en donde se encontraron defectos como grietas y fisuras. Sin embargo, se buscaron complementos que coadyuvaran a la detección de piezas defectuosas.

Como parte del proceso, se analizaron los distintos defectos que presentaban las piezas de dicha línea, siendo estas: grietas y fisuras. Para ello, se observó a los operadores visuales mientras realizaban la actividad de selección y detección de piezas con el auditor interno de área para dar el soporte necesario ante cualquier duda presentada. De lo anterior se partió para determinar qué tipo de herramientas, componentes y bajo qué parámetros se realizaría la propuesta de implementación de automatización de la línea, pues se buscó algo funcional que detecte las piezas de defectuosas desde el primer contacto con la máquina.

Durante la investigación se presentó una compilación de pruebas para su posterior análisis, debido a que se pretendía diseñar una prueba lo más completa posible.

3.2 Análisis del estado actual de la línea

En la línea de producción Ford Mustang 5.0 en particular presenta un déficit en la calidad del producto, se observó y analizo los diferentes factores que afectan la selección y detección de piezas que no cumplen con las alertas de calidad a lo largo del proceso de inspección. Para poder tener un control robusto, se propuso que la inspección visual podría llevarse de forma automática y así, poder erradicar la detección de piezas no aptas por parte de los operarios visuales en la figura 3.1 se puede observar el estado actual en la que la línea trabaja.



Figura 3.1 Estado actual de la línea Ford Mustang 5.0
Cortesía (NEMAK).

3.3 Desarrollo de herramientas para la detección automatizada de defectos.

Una vez compilada la información, se procedió al diseño de las posibles herramientas a aplicar, por lo cual se examinó cada tipo de aleta de calidad con respectivos ejemplos para generar pruebas propias, adecuándolo a los requerimientos de la empresa según el tipo de piezas a analizar.

Para dicho diseño se realizó el formato digital de la posible implementación de dicho sistema, se muestran datos básicos como: configuración de la línea, tipo de protocolo de comunicación, sensores y cámaras a utilizar.

El objetivo de esto fue realizar una prueba de simulación completa y concisa, en donde incluyeran las ideas para la posible automatización de detección de defectos y la mejora de la línea Ford Mustang.

Para la conformación de esta prueba se examinaron distintos tipos de cámaras, sensores, HDMIS y lo mismo con los protocolos de comunicación, lo anterior se clasifica en niveles, siendo estos: nivel básico, intermedio y alto, con su respectiva dificultad. Dado esto, se optó por un nivel básico, considerando que no se cuenta con un presupuesto ni con los materiales necesarios para la realización física de esta posible implementación

3.4 Revisión de las herramientas y simulación

Posterior al diseño de simulación, se sometió a una evaluación por parte del asesor externo, quien fue el primer filtro para proceder a la revisión con el Gerente de Calidad para su aprobación.

Se realizó una reunión con el asesor externo, cuyo cargo es Asesor de Proyectos, el Gerente de Calidad y el encargado del Área. En esta, se analizó cada sección de los preliminares del proyecto y la simulación de la propuesta de detector de defectos con el fin de determinar si era conveniente para su aplicación dentro de la empresa. Cada uno de ellos se dispuso a la revisión minuciosa para corroborar que la información recabada y la simulación fuesen lo más fiable posible y aplicables para deliberar pruebas físicas dentro de la empresa.

La propuesta de aplicaciones para la detección de defectos es probar el nivel de fiabilidad, correspondió a:

1. Inspección visual automatizada: Utilizando cámaras de alta resolución y algoritmos de visión por computadora, se pueden analizar las cabezas de motor en busca de defectos visuales. Esto incluye la detección de grietas, porosidad, desgaste excesivo, deformaciones o daños en las superficies.
2. Sensores de calidad: Se pueden instalar sensores en la línea de producción para monitorear parámetros relevantes, como dimensiones, peso, temperatura, humedad, entre otros. Si los valores medidos están fuera de los límites establecidos, se activa una alarma o se detiene la línea de producción para realizar una inspección más detallada.

3. Ultrasonido: Estas técnicas se utilizan para la detección de defectos internos en productos sólidos. El ultrasonido se utiliza para detectar defectos en soldaduras, fisuras y grietas.
4. Análisis de datos en tiempo real: Mediante la recopilación y análisis de datos en tiempo real, se pueden identificar patrones y anomalías que sugieran la presencia de defectos en los productos. Esto puede realizarse utilizando algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de inteligencia artificial.

3.5 Hipótesis de seguimiento de pruebas.

En esta prueba, se buscará la efectividad del detector de defectos instalado en la línea de calidad de cabezas de motor. El objetivo principal es poder identificar y detectar posibles defectos en las cabezas de motor RH y LH, incluyendo grietas y fisuras. Se busca utilizar diferentes técnicas de detección, como inspección visual automatizada y pruebas de ultrasonido convirtiendo estas dos pruebas en una máquina que sustituya al operador humano.

Posibles resultados de la prueba:

Se podría verificar que las cámaras de alta resolución estaban correctamente calibradas y funcionando adecuadamente.

El software de análisis de imágenes por computadora identificó y registró con precisión los defectos visuales en las cabezas de motor, incluyendo grietas y desgaste.

Por otro lado, se emitirán ondas de ultrasonido y se utilizarían los equipos adecuados para capturar los ecos reflejados.

Se analizarán las imágenes de ultrasonido y se identificarían posibles defectos internos, como fisuras o grietas en las cabezas de motor.

Se podría llegar a la conclusión que:

El detector de defectos demostró ser efectivo en la detección de una amplia gama de defectos en las cabezas de motor, tanto superficiales como internos.

Las técnicas utilizadas, como la inspección visual automatizada, las de ultrasonido, demostraron ser complementarias y proporcionaron resultados consistentes y confiables.

Se recomendaría realizar un seguimiento regular de las pruebas y mantener un mantenimiento adecuado del detector de defectos para garantizar su funcionamiento óptimo y la detección precisa de los defectos en las cabezas de motor.

Acciones sugeridas:

- Realizar inspecciones periódicas del detector de defectos para verificar su calibración y funcionalidad.
- Realizar un seguimiento continuo de los datos de rendimiento y analizar los patrones y tendencias para identificar posibles mejoras en el proceso de detección de defectos.

3.6 Procedimiento de la posible implementación

En línea de producción se pretende tener la característica de que todo el proceso de revisión y detección de los defectos de las piezas se lleven a cabo en una sola máquina. Para poder tener un mejor control de la calidad del producto para ello se opta y propone que la prueba de inspección debe llevarse de una forma automática para eliminar la variable humana y así erradicar la mala inspección de las piezas en la figura 3.2 se puede mostrar el primer diseño de detector de defectos .

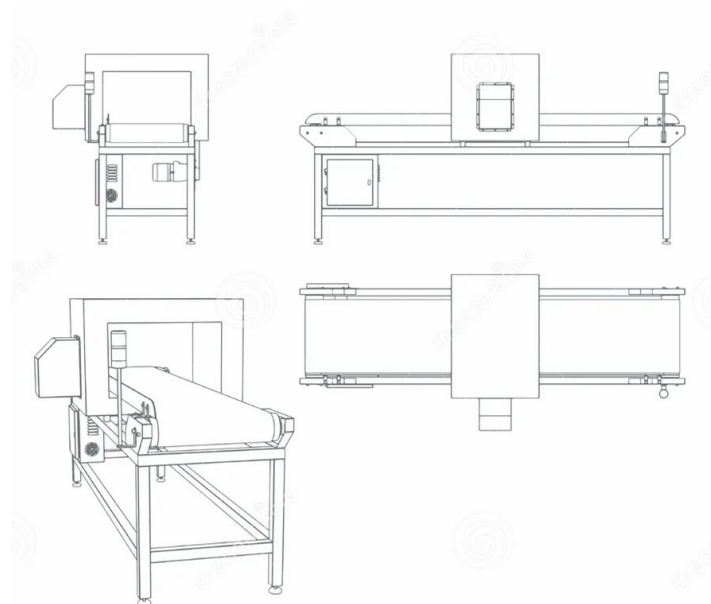


Figura 3.2 Primer propuesta para el desarrollo de el detector de defectos.

La inspección de cabezas de motor del cliente Ford Mustang se planea realizar por medio de un sistema automatizado de visión artificial. Las cabezas de motor presentan una amplia cantidad de defectos a la hora de la revisión, pero nos centramos en el estado actual por la que pasaba la línea, que es un estado crítico por el golpe de grietas y fisuras esto le costó una pérdida de certificación BIQ a la empresa.

Con anterioridad dichos defectos se presentan en las figuras 3.3 persisten en las piezas estos se encuentra en las 2 venas de lubricación que se encuentran en la parte de la galería de la pieza y en la figura 3.4 en los 4 conductos admisión de la parte frontal delantera

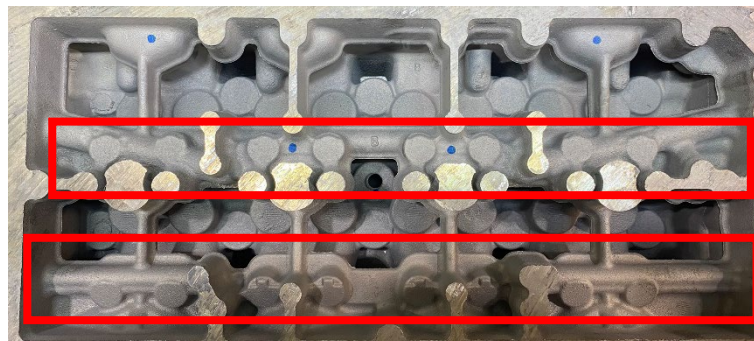


Figura 3.3: Cabeza de motor vista de galería. Cortesía (NEMAK)



Figura 3.4: Cabeza de motor vista conductos de admisión. Cortesía (NEMAK)

Se busca encontrar y verificar que las 2 venas de lubricación figuran 3.6 y los 4 conductos de admisión no se encuentren grietas o fisuras en la figura 3.5 al momento de realizar la inspección



Figura 3.6 Grieta en vena de lubricación
(Cortesía, NEMAK).

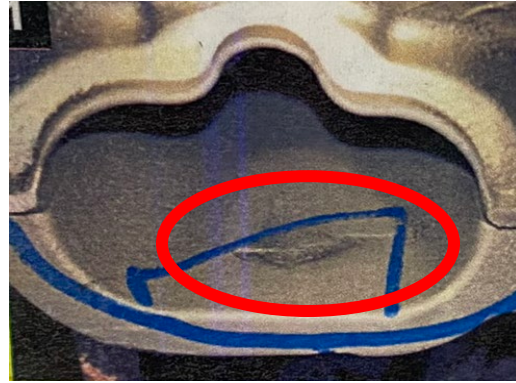


Figura 3.5: Grieta en conductos de admisión
(Cortesía NEMAK).

Con la ayuda de la información e investigación recabada se llegó a proporcionar un enfoque general de cómo se puede aplicar la visión artificial en el caso de la detección de grietas y fisuras en las piezas RH y LH:

1. Recopilación de datos: Lo primero que se debe hacer es recopilar un conjunto de imágenes de cabezas de motor que contengan tanto ejemplos de grietas y fisuras como ejemplos de cabezas de motor sin defectos. Cuantas más imágenes recopiladas, mejor será el rendimiento del sistema de detección.
2. Anotación de datos: Luego, se deberá anotar manualmente las imágenes recopiladas, marcando las áreas donde se encuentran las grietas y fisuras. Esto se hace para proporcionar datos de entrenamiento supervisado a los algoritmos de visión artificial.
3. Preprocesamiento de imágenes: Antes de aplicar algoritmos de visión artificial, es posible que se deba realizar algunas operaciones de preprocesamiento en las imágenes, como la corrección de iluminación, el ajuste de contraste o la reducción de ruido. Esto ayudará a mejorar la calidad de las imágenes y facilitará la detección de grietas y fisuras.

4. Extracción de características: A continuación, se deberá extraer características relevantes de las imágenes para entrenar un modelo de detección. Puedes utilizar técnicas como el algoritmo SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) o el algoritmo SURF (Speeded Up Robust Features) para detectar características distintivas en las imágenes.
5. Entrenamiento del modelo: Utilizando las imágenes anotadas y las características extraídas, puedes entrenar un modelo de aprendizaje automático, como una red neuronal convolucional (CNN, por sus siglas en inglés). El modelo aprenderá a reconocer las características distintivas asociadas con las grietas y fisuras en las cabezas de motor.
6. Validación y ajuste: Después de entrenar el modelo, deberá validarse su desempeño utilizando un conjunto de datos de prueba que no haya sido utilizado durante el entrenamiento. Si el rendimiento no es satisfactorio, puedes ajustar los parámetros del modelo o considerar otras técnicas de mejora, como el aumento de datos o el uso de modelos pre entrenados.
7. Detección en tiempo real: Una vez que el modelo ha sido entrenado y validado, puedes aplicarlo a nuevas imágenes de cabezas de motor para detectar la presencia de grietas y fisuras. El modelo analizará la imagen y proporcionará una predicción sobre la presencia y ubicación de los defectos.

He de recordar que la efectividad de la detección dependerá de la calidad de los datos utilizados para el entrenamiento, así como de la elección y ajuste adecuados de los algoritmos y técnicas de visión artificial. Además, se deberá tener en cuenta que este es un enfoque general y que pueden existir variaciones o enfoques más específicos según los detalles del problema y las condiciones particulares de la aplicación.

Ahora bien, no podemos dejar a un lado las ondas ultrasónicas esta técnica son permitirá la detección minuciosa y exacta de las grietas y fisuras que no se puedan detectar con la visión artificial. Con esta aplicación lo que buscamos es garantizar que nuestro producto cumpla con los requerimientos exactos de nuestro cliente. Por ello se explicará cómo se aplicará esta técnica:

1. Preparación del equipo: Necesitaríamos un equipo de ultrasonido que consiste en un transductor ultrasónico y un dispositivo de inspección adecuado. El transductor emitirá las ondas ultrasónicas y el dispositivo de inspección capturará las señales reflejadas.
2. Acoplamiento: El primer paso es acoplar el transductor al cabezal del motor. Esto se logra mediante el uso de un gel o aceite acoplante, que ayuda a transmitir las ondas ultrasónicas entre el transductor y la superficie de la cabeza del motor.
3. Configuración del equipo: Ajustado los parámetros del equipo de ultrasonido según las características del material y el tamaño de la cabeza del motor. Estos parámetros incluyen la frecuencia de las ondas ultrasónicas, la ganancia, el ancho del pulso y el tiempo de retardo.
4. Escaneo del componente: Mover el transductor a lo largo de la superficie de la cabeza del motor, siguiendo un patrón de escaneo predefinido. Esto permite cubrir toda el área de la cabeza y buscar posibles grietas y fisuras.
5. Interpretación de las señales: A medida que el transductor emite las ondas ultrasónicas, estas viajan a través del material de la cabeza del motor. Si hay una grieta o fisura en el camino de las ondas, parte de la energía se reflejará de vuelta hacia el transductor. Estas señales reflejadas son capturadas por el dispositivo de inspección.
6. Análisis de las señales: Las señales capturadas se analizarían para identificar cualquier anomalía. Las grietas y fisuras generarán patrones de señal específicos, como reflexiones o eco, que pueden ser reconocidos por los operadores entrenados. También es posible utilizar técnicas de procesamiento de señales y algoritmos para automatizar el análisis y detectar las grietas y fisuras.
7. Evaluación y clasificación: Una vez que se detectan las grietas y fisuras, se evalúa su tamaño, forma y ubicación. Esto permite determinar la gravedad del daño y clasificar las imperfecciones según su importancia para la integridad estructural.

Es importante destacar que la detección de grietas y fisuras mediante ultrasonido requiere de personal capacitado y experimentado en la interpretación de las señales. Además, la efectividad de la técnica puede verse afectada por el tamaño, forma y posición de las grietas, así como por las propiedades del material de la cabeza del motor.

3.7 Propuesta de configuración de componentes para el módulo de visión

Para comenzar con el diseño del módulo de visión debemos de partir de la función a la que será sometido, en este caso será la FMC que es un sistema de producción que atiende gamas de tamaño de lote y variedad de piezas, por lo que es prioridad la flexibilidad y adaptabilidad del módulo a los equipos existentes

Esta configuración debe de cumplir con los siguientes requerimientos técnicos para lograr los objetivos propuestos.

- La de captura de imágenes debe de cumplir con los estándares de la industria para hacerlo competitivo con los equipos comerciales lo cual incluye el tipo de formato de las imágenes digitales y comunicación de bus universal (USB).
- El procesamiento y despliegue de resultados se podría realizar en el software de Matlab®

3.8 Selección del equipo de captura de imágenes digitales

La selección de la cámara para el módulo de visión se basa en la premisa mencionada en el apartado anterior, que busca obtener imágenes en los formatos estándares de la industria, los cuales incluyen:

- Camera Link
- GigE Vision
- DirectShow compliant WDM (básico para sistemas basados en Windows)
- UVC standard interface

Como se usará el software de Matlab® como base de nuestro análisis, el cual trabaja bajo el sistema operativo Windows y estándares de comunicación como USB 2.0 y USB 3.0 que son requeridos, pues de esta manera facilitara la comunicación y compatibilidad de todos los elementos.

Tomado esto en cuenta se han seleccionado una cámara diseñada para para sistemas de visión, este equipo está diseñado para sistemas de visión industriales, se ha seleccionado una resolución cercana a equipo comercial, en la figura 3.7 se puede mostrar especificaciones de la Cámara.




Basler ace Cameras	Resolution (H x V pixels)	Sensor	Sensor Technology	Optical Sensor Size (in.)	Pixel Size (µm)	Frame Rate	Typical Power Consumption (W)	Typical Weight (g)
acA640-90um/uc	659 x 494	Sony ICX424	Progressive Scan CCD	1/3	7.4 x 7.4	90	2.7	<80
acA640-120um/uc	659 x 494	Sony ICX618	Progressive Scan CCD	1/4	5.6 x 5.6	120	2.2	<80
acA1300-30um/uc	1296 x 966	Sony ICX445	Progressive Scan CCD	1/3	3.75 x 3.75	30	2.4	<80
acA1600-20um/uc	1628 x 1236	Sony ICX274	Progressive Scan CCD	1/1.8	4.4 x 4.4	20	3.2	<80
acA2500-14um/uc	2592 x 1944	Aptina MT9P	CMOS, Rolling Shutter	1/2.5	2.2 x 2.2	14	2.0	<80

Ventajas:

- Cumple con varios de los estándares necesarios de la industria.
- El zoom y framerate (cuadros por segundo)son adecuados para la función de la FMC.
- Interfaz de datos y alimentación por medio de USB 3. la cual es mas veloz que USB 2

Desventajas:

- La resolución es mas baja que la que usa el sistema comercial.*
- Poca flexibilidad en iluminación (requiere una fuente de iluminación externa para un mejor control).

Figura 3.7: Tabla de especificaciones técnicas, ventajas y desventajas de la cámara (National Instruments).

3.9 Selección del tipo de iluminación

Con el equipo de adquisición de imágenes seleccionado se procede a elegir el tipo de iluminación que se aplicara en el módulo. Debido a su enfoque didáctico, es deseable que se configure para una iluminación LED la luz emitida por este tipo de fuente presenta, como ventaja fundamental, que tiene naturaleza monocromática (que solo está compuesta de un solo color, lo que da solo una longitud de onda), estos dispositivos presentan una larga vida útil, alto rendimiento y requieren de una fuente de alimentación de muy baja potencia además son de bajo costo. Sus principales desventajas son que emiten poca intensidad y que en ocasiones dos Leds similares

presentan diferencias en la longitud de onda de la luz que emiten, por eso es importante usar Leds de un solo fabricante en la figura 3.8 se pueden mostrar sus especificaciones.

 	
Características Técnicas	
Alimentación	100 - 220 Vca 60 Hz 22 W
Potencia de la lámpara	20 W
Potencia de iluminación	1400 lúmenes
Eficiencia luminosa	76 lm / W
Ángulo del haz	120°
Color de luz	5000 K – 7000 K
Tiempo de vida	50,000 h
Dimensiones	182mm x 182mm
Ventajas: -La potencia de iluminación es adecuada y con una modificación simple puede ser regulable. -Larga vida útil. -El color de la luz es adecuado. -Puede montarse fácilmente.	
Desventajas: -Para su función es un equipo costoso. -Para el tipo de iluminación "backlight" se tendrá que diseñar una pantalla difusora.	

Figura 3.8: Tabla de especificaciones técnicas, ventajas y desventajas del reflector LED Steren-LAM-820

3.10 Propuesta de la técnica para el procesamiento de imágenes mediante matlab

3.10.1 Clasificador en cascada

Para poder implementar el algoritmo se necesita un clasificador en cascada, Matlab® cuenta con una función para entrenar los clasificadores en la figura 3.9 se puede observar.

Funciones principales del programa "Cascade Training GUI"		
	<code>CascadeTrainGUI</code>	Programa en forma de GUI con los elementos necesarios para crear diferentes tipos de clasificadores incluyendo cascada. Usa funciones que están dentro del toolbox de procesamiento de imágenes de Matlab.
<i>fx</i>	<code>CascadeTrainGUI(varargin)</code>	Esta es la función principal que llama las demás rutinas para construir el clasificador en cascada.
<i>fx</i>	<code>addROI(varargin)</code>	Por medio de un push button nos permite crear un área rectangular para señalar los puntos relevantes de las imágenes.
<i>fx</i>	<code>createButtonLabel(string, varargin)</code>	Esta función permite poner labels a las regiones localizadas que se reconozcan como relevantes.
<i>fx</i>	<code>dir2(dn, varargin)</code>	Comando que hace una lista de los elementos del directorio (en este caso las imágenes positivas o negativas para el entrenamiento del clasificador en cascada).
<i>fx</i>	<code>distributeObjects(nobjects, startpos, endpos, gap, warnoff)</code>	Este commando mantiene la posición de los elementos del GUI (botones de control) a una distancia uniforme.
<i>fx</i>	<code>imgformats(augment)</code>	Hace un chequeo del formato de las imágenes, y las convierte a un formato de fácil reconocimiento para Matlab.
<i>fx</i>	<code>sliderPanel(parent, PanelPVs, SliderPVs, EditPVs, LabelPVs, numFormat, varargin)</code>	Este commando crea todos los sliders del GUI, esto ayuda a cambiar los valores de los diferentes thresholds y tipos de entrenadores a usar (Haar, Adaboost etc.)
<i>fx</i>	<code>uigetvariables(prompt, intro, types, ndimensions)</code>	Esta función limita el tipo de variables para cada tipo de función dentro del GUI. Prompts: Crea una ventana de dialogo con las selecciones dentro del área de trabajo. Intro: Es el texto default de cada tipo de dato según la función. Types: Restringe al tipo de variable que puede seleccionarse en cada "prompt", tiene la misma dimencion que "prompt", y permite datos de tipo: numérico, lógico y string.

Figura 3.9: Tabla de funciones y descripción que integran el entrenador cascado en Matlab

Al ejecutar el programa que contiene el GUI del entrenador se deben seleccionar las imágenes que se consideran "positivas" (las cuales son las que contienen las piezas buenas a identificar), para poder realizar las imágenes integrales y extraer las características deseadas. Una vez realizada la toma de fotografías que no cuenten con defectos, se pararía a agregar imágenes negativas, se deberán seleccionado imágenes que cuenten con defectos, desde porosidades, grietas, excesos de materiales, corazones rotos en las salidas de combustión, fracturas, etc. De igual manera deberá tenerse una buena cantidad de imágenes negativas

Si se tiene una buena cantidad de imágenes positivas, un buen contraste de fondo y una variedad amplia de imágenes negativas, el clasificador es capaz de detectar “irregularidades”, por ejemplo, los defectos en las cabezas de motor. Por eso es de suma importancia tomarse el tiempo necesario para hacer una selección adecuada de las imágenes a utilizar

3.11 Propuesta de comunicación tipo USB

Una parte integral del módulo de visión es la comunicación que debe de tener el software con los actuadores por medio de la interfaz de USB. Así como Matlab® tiene integrado un toolbox de procesamiento de imágenes, también tiene uno dedicado a la adquisición de datos (DAQ). La gran ventaja de este toolbox es la amplia variedad de tarjetas electrónicas para DAQ que maneja, en especial las de National Instruments. En este ámbito no es necesario seleccionar un modelo de tarjeta en específico (siempre y cuando sea de la marca National Instruments), pues el comando es el mismo para todas ellas, lo único que varía es la cantidad de entradas y salidas que maneja la tarjeta.

3.12 Propuesta de la estructura mecánica del módulo de visión

Existen muchos tipos de estructuras que alojan los diferentes elementos de un sistema de visión artificial en la industria en la mayoría de los casos estas configuraciones varían debido a varios elementos, de los cuales se pueden destacar en la figura 3.10:

- La función que tendrá el sistema de visión en el proceso.
- La velocidad de la línea de producción.
- La locación del módulo de visión.

Para el caso del módulo de visión se considera lo siguiente:

- La función principal es la detección de defectos del objeto, pero al ser una celda de manufactura flexible es indispensable que la estructura donde estén los elementos sea modular, pues las condiciones de trabajo pueden variar.

- La velocidad a la que se estará usando será alta, se simulará volúmenes altos de producción en la FMC.
- La locación del módulo será variable, es indispensable que sea capaz de adaptarse a distintos lugares dentro de la celda. A continuación, se muestra un diagrama de una posible configuración de la FMC considerando la ubicación del módulo de visión.

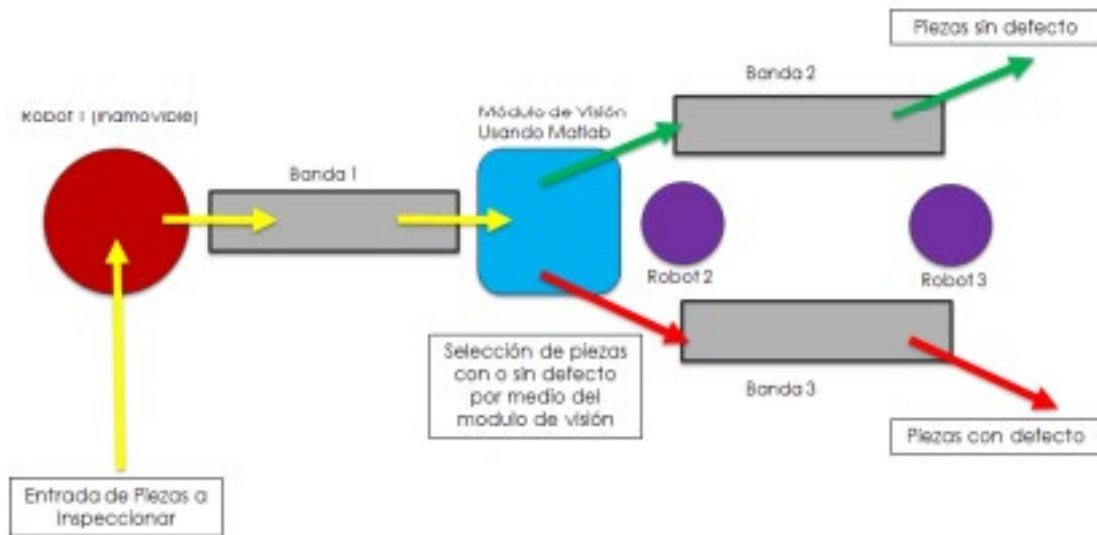


Figura 3.10: Diagrama de una de las configuraciones de la FMC.

Las empresas que producen elementos de sistemas visión generalmente solo venden el equipo que hace el procesamiento de imágenes (COGNEX, Microscan, etc.), por lo que el departamento de ingeniería de la empresa se dedicara a crear e implementar el nuevo equipo en sus líneas de producción.

Las combinaciones son infinitas, se pueden tener configuraciones multipunto, y con varias cámaras a la vez, esto es práctico cuando se requiere controlar parámetros de calidad en distintos puntos del objeto, sin necesidad de tener varios módulos.

La configuración más común es la de “línea” la cual consta en una sola cámara que revisa una sección específica de cada objeto, generalmente se usa para reconocer etiquetas, detección de elementos defectuosos o dimensionamiento.

3.13 Inspección ultrasónica automatizada

3.13.1 Descripción del sistema

Se propone un sistema diseñado para la captura y procesamiento de ecos ultrasónicos, para su posterior clasificación.

Por un lado, se propone un equipo de captura ultrasónica conectado a un palpador. Este, a su vez, estará sujeto al sistema automático de inspección, en cuyo soporte se coloca la pieza a inspeccionar. Por otro lado, se tendrá un computador de sobremesa al cual estarán conectados tanto a un equipo de captura ultrasónica como un sistema de inspección, y desde el cual se podrá manejar el sistema completo. El sistema de inspección se maneja directamente desde el computador con una tarjeta de adquisición de datos mediante una aplicación gráfica de Matlab creada para ello y, el sistema de captura está conectado al computador en red. El esquema concreto del sistema que controla la captura automática de eco pulsos queda representado en la Figura 3.11.

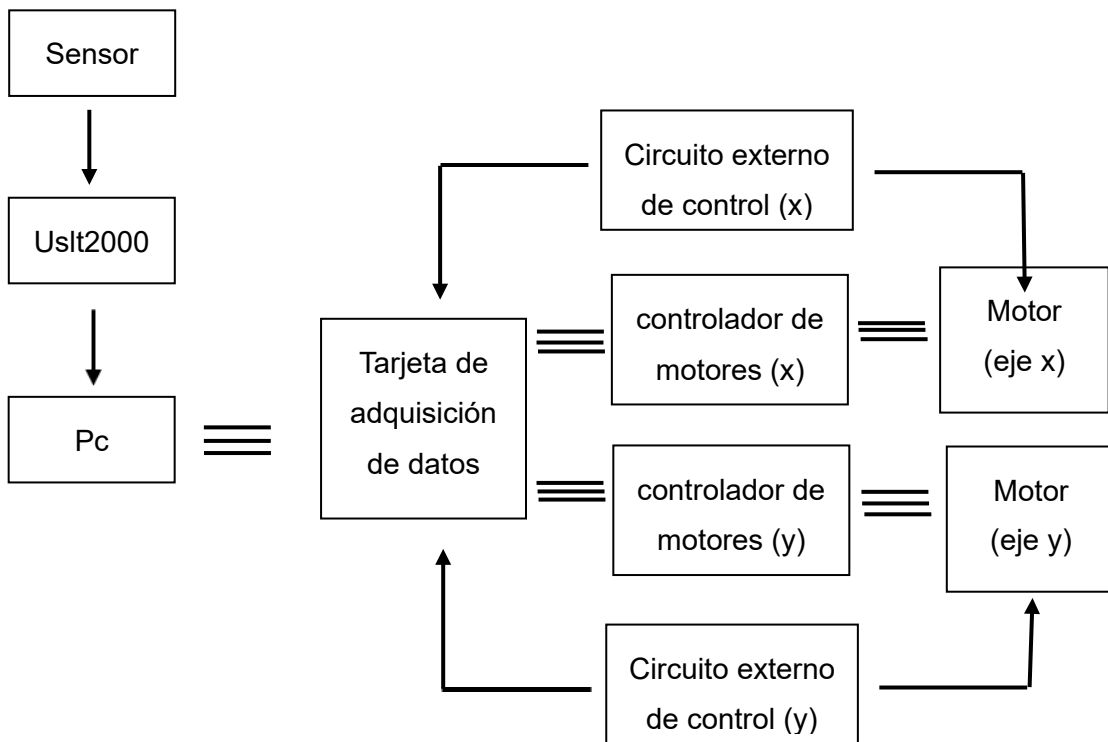


Figura 3.11: Esquema del sistema automatizado de captura

3.13.2 Sistema automatizado de inspección ultrasónica

El sistema diseñado para la exploración ultrasónica de piezas estará constituido por sendas guías lineales a las cuales se acoplarán a dos motores paso a paso de rotación que permiten el movimiento automatizado en el plano XY.

El ajuste en el eje Z se realiza de forma manual, con unas guías roscadas de acero colocadas en sentido vertical, de forma que el sistema se pueda adaptar a piezas de distinto tamaño. En este caso, las dimensiones de la pieza no deben exceder de $65 \times 45 \times 5$ cm. Estas limitaciones de tamaño se deben a la altura de las columnas que controlan la dimensión del eje Z y a la longitud de las guías lineales que controlan el movimiento en el plano XY.

Las guías lineales utilizadas en el sistema automatizado poseen sendos carros. Al carro de la guía del eje X se le acopla la guía del eje Y; y, al carro de esta última, se le acopla el sensor ultrasónico con el que se realiza la captura de los eco pulsos provenientes de las piezas. El movimiento de los carros se acciona on el uso de los motores paso a paso.

Una vez conocida la altura de la pieza, queda fijada la dimensión del eje Z, que permanecerá constante durante todo el proceso por lo que, la superficie que se está reconociendo ha de ser plana para que el sensor pueda desplazarse fácil y libremente sobre el plano de inspección. De esta manera, se tiene un sistema totalmente automatizado que permite realizar una inspección completa de la pieza en el plano XY.

3.13.3 Equipo para la captura ultrasónica

Para visualizar y capturar los ecos ultrasónicos se propuso utiliza el equipo USLT2000 de Krautkramer con el cual, se podrá obtiene la envolvente de los eco pulsos procedentes de la pieza objeto de estudio.

Este es un equipo de exploración ultrasónica instalado en un PC portátil que permite la representación de exploraciones en el monitor del PC con una alta velocidad de actualización, por lo que se podrían visualizan las señales en tiempo real. Posee también diversas características que, usadas adecuadamente, permite adaptar la aplicación al uso que se le esté dando en cada momento.

Posee una pantalla a color, cuyo uso se hace apropiado en aplicaciones que necesiten una gran resolución de imágenes como, por ejemplo, en la detección de defectos en piezas de trabajo.

Se manejará fácilmente a través de una interfaz gráfica en un entorno Windows, muy bien organizada y estructurada. Además, como el equipo de medida está instalado en un PC estándar, se puede instalar cualquier otra aplicación de Windows para emplearla de forma paralela para mejorar el procesamiento de la señal ultrasónica, aunque ello tiene el inconveniente de suponer un exceso de trabajo por parte del PC portátil, que puede llegar a ralentizar la velocidad de trabajo repercutiendo en su uso en tiempo real.

Todas estas propiedades hacen que este equipo de captura sea, al día de hoy, uno de los mejores equipos para realizar exploraciones ultrasónicas no destructivas.

3.13.4 Propuesta de sensor ultrasónico a utilizar.

Se propone un sensor ultrasónico modelo MSEB-4E de Krautkramer en las mediciones en la figura 3.12 se puede mostrar. Este sensor es de contacto, de incidencia normal y de doble cristal (emisor-receptor), con una frecuencia de trabajo de 4 MHz. Se escogió este tipo de sensor debido a su aplicabilidad en inspecciones de piezas con superficies paralelas y problemas de defectología, metrología y caracterización.



Figura 3.12: Sensor MSEB-4E junto con sus dimensiones en mm

El sensor de doble cristal evita el problema de la zona muerta, lo que significa que no se observa el eco de emisión si el equipo está ajustado correctamente. Esto mejora la resolución a corta distancia en comparación con los sensores convencionales, lo que permite medir espesores y detectar defectos cerca de la superficie.

Se utilizó la técnica de pulso-eco mediante contacto directo para la palpación. Este método es común debido a su facilidad de uso y capacidad de interpretación de los ecos generados. En esta técnica, un solo sensor emite y recibe la onda ultrasónica que se propaga a través del material. Se evalúan las discontinuidades presentes, determinando su ubicación, profundidad y dimensión en la pieza.

El procedimiento requiere colocar el sensor y la pieza de estudio en contacto directo, aplicando gel en la superficie del material para mejorar el acoplamiento de impedancias entre el sensor y la pieza en la figura 3.13 se puede mostrar. Esto permite que la señal ultrasónica del sensor penetre en el material para su análisis.



Figura 3.13: Técnica de incidencia normal por contacto directo

3.13.5 Propuesta para el sistema de adquisición de datos

La función principal de un sistema de adquisición de datos es la de permitir trabajar con señales analógicas y digitales que se captan a través de sus canales de entrada, a partir de sensores. Constituyen una combinación hardware y software que permite tratar información con un PC de forma sencilla.

Básicamente el sistema está compuesto por transductores de señal, una tarjeta de adquisición de datos (bloque principal) y un software para el manejo de los datos: adquisición, procesado y representación. La tarjeta de adquisición de datos utilizada corresponde al modelo USB-6008 de National Instruments, la figura 3.14 Proporciona la conexión a ocho entradas analógicas, dos salidas analógicas, doce entradas/salidas digitales y un contador de 32 bits con una completa interfaz USB de alta velocidad conectada al PC.



Figura 3.14: Tarjeta de adquisición de datos (NI-USB6008).

3.14 Contador de piezas y simulación

3.14.1 Descripción del problema

En la línea de producción Ford Mustang encontramos el problema de un mal conteo de piezas por parte de los operarios, el problema se suscita en cada una de las tres jornadas para ello se

propone una la instalación de un contador de piezas al final de la línea para llevar un mejor control de piezas producidas. Esto se podría implementar con PLC utilizando un diagrama de escalera.

3.14.2 Solución del problema

Sensor de proximidad, Se utiliza para detectar las piezas y su salida se utiliza para el contador como entrada para incrementar los datos.

Los sensores de proximidad inductivos y capacitivos son los más utilizados para detectar piezas. Los sensores inductivos se utilizan para detectar objetos metálicos, mientras que los sensores capacitivos se utilizan para detectar otros objetos. El sensor debe montarse de acuerdo con el tamaño de las piezas presentes en el transportador y el ancho del transportador para que el sensor pueda detectar piezas fácilmente.

Contador - se utiliza para incrementar el número de piezas recogidas.

Pantalla BCD - se utiliza para mostrar el número de piezas recogidas.

- ***Lista de entradas/salidas***

Bits de memoria

%M0 - BOBINA_BIT - Bobina auxiliar de ciclo encendido

Lista de entradas digitales

%I0.0 - STOP - Pulsador de parada

%I0.1 - START_ - Pulsador de marcha

%I0.2 - RESET - Pulsador de reset de contador

%I0.3 - SENSOR - Sensor de proximidad

- ***Lista de salidas analógicas***

%QW1.0 - PANTALLA_CONTADOR - Pantalla BCD

- ***Objetos de software***

%C0 - CONTADOR – Contador

3.14.3 Descripción del programa del plc

En esta aplicación, utilizamos PLC y programa EcoStruxure Machine Expert - Basic para la programación.

▪ **Rung0**

Cuando se cierra el contacto %I0.1 (START_), la bobina auxiliar %M0 (BOBINA_BIT) se activa. La bobina %M0 permanece activada ya que el contacto de la bobina está en paralelo con el contacto %I0.1. De esta forma el sistema se activa y se puede volver a detener abriendo el contacto %I0.0 (STOP).

Cuando se presiona el pulsador de marcha, el sistema se inicia y se detiene al presionar el pulsador de parada.

▪ **Rung1**

Cuando el contacto %I0.3 (SENSOR) se activa, el valor del contador %C0 CONTADOR aumenta en 1. Si el contacto %I0.2 (RESET) se activa, el valor del contador se reinicia a 0.

Cada vez que el sensor de proximidad detecta la pieza, el valor del contador aumenta en 1. Este rung sirve para contar el número de piezas recogidas. El contador se puede reiniciar con el pulsador de reset.

▪ **Rung2**

Este bloque de operación se utiliza para mostrar el conteo de piezas recolectadas en una pantalla QW1.0 (PANTALLA_CONTADOR). El valor del conteo %C0 (CONTADOR) convertido en el número BCD equivalente se envía a la pantalla.

La pantalla está conectada al módulo de salida analógica del PLC. Muestra el conteo de piezas recolectadas. La función BTI convierte números decimales en decimales codificados en binario y luego la pantalla decodifica el número BCD convertido. El valor actual del contador se muestra en la pantalla.

CAPITULO 4

4 Analisis y resultados

Para empezar, se analizó la información sobre el estado actual que se encuentra dicha línea de producción, podemos observar en las siguientes figuras, que tenemos cuatro mesas de inspección visual por cada operario de las cuales solo se ocupan tres mesas, desde este punto presenta un déficit de producción de la pieza.

Se puede observar que en las figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 el proceso de inspección visual sigue siendo una inspección análoga “hecha por humanos” donde se busca crear una propuesta de inspección visual digital “hecha por visión artificial” que tengan un alto nivel de eficiencia para la detección de defectos que puedan presentar las piezas.



Figura 4.1: Estado actual del inicio de la línea. Cortesía (NEMAK)



Figura 4.2: Estado actual de la salida de la línea. Cortesía (NEMAK)



Figura 4.4: Estado actual de rechazos de piezas de manera manual. Cortesía (NEMAK)



Figura 4.3: Estado actual de la banda transportadora por rodillos. Cortesía (NEMAK)

Visto esto se creó una simulación o render de la línea donde se puede mostrar un rediseño de la línea para poder llevar a cabo la propuesta de la implementación del detector de defectos, se pudo realizar dicha simulación con la ayuda el software Factory IO

A continuación, se puede observar la simulación de la propuesta a implementar dentro de la empresa en las figuras 4.5 y 4.6 se puede visualizar de diferentes ángulos la simulación.

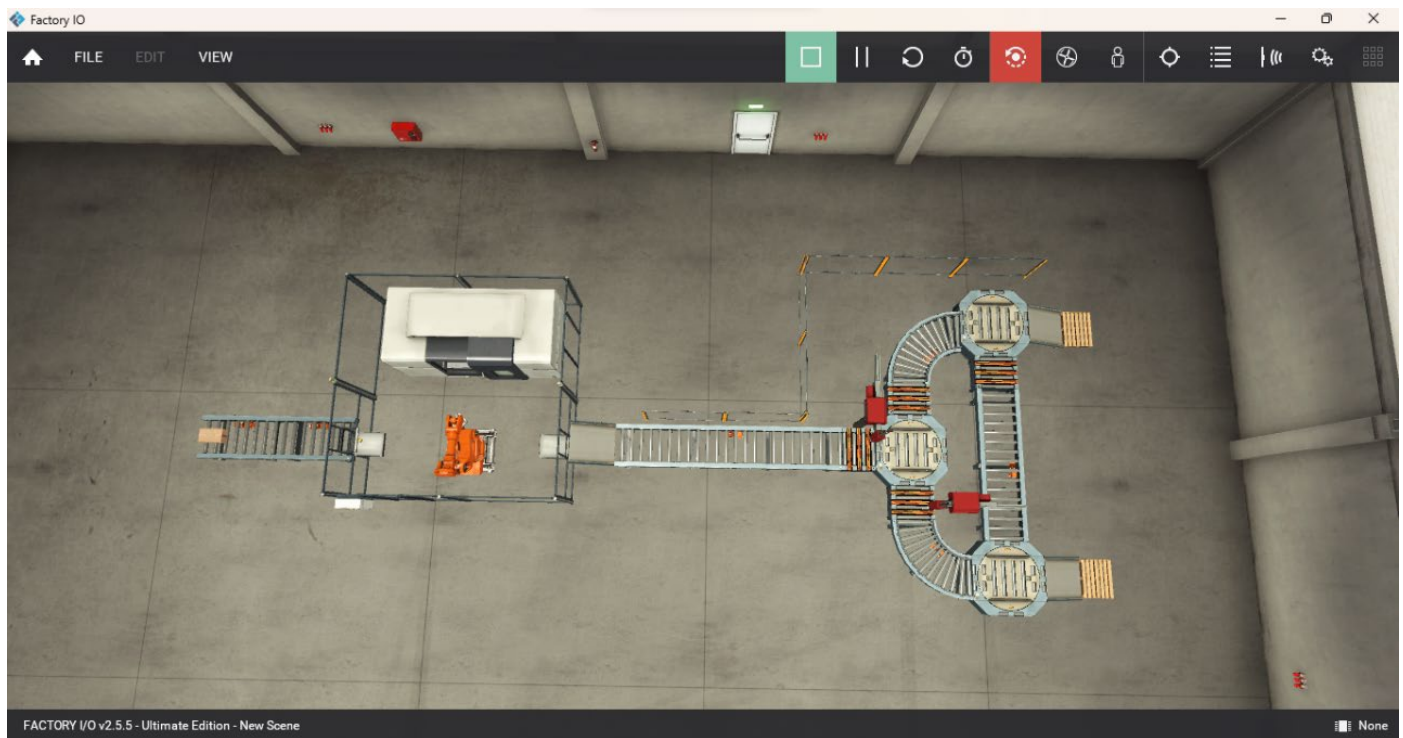


Figura 4.6: Diseño de la línea vista superior

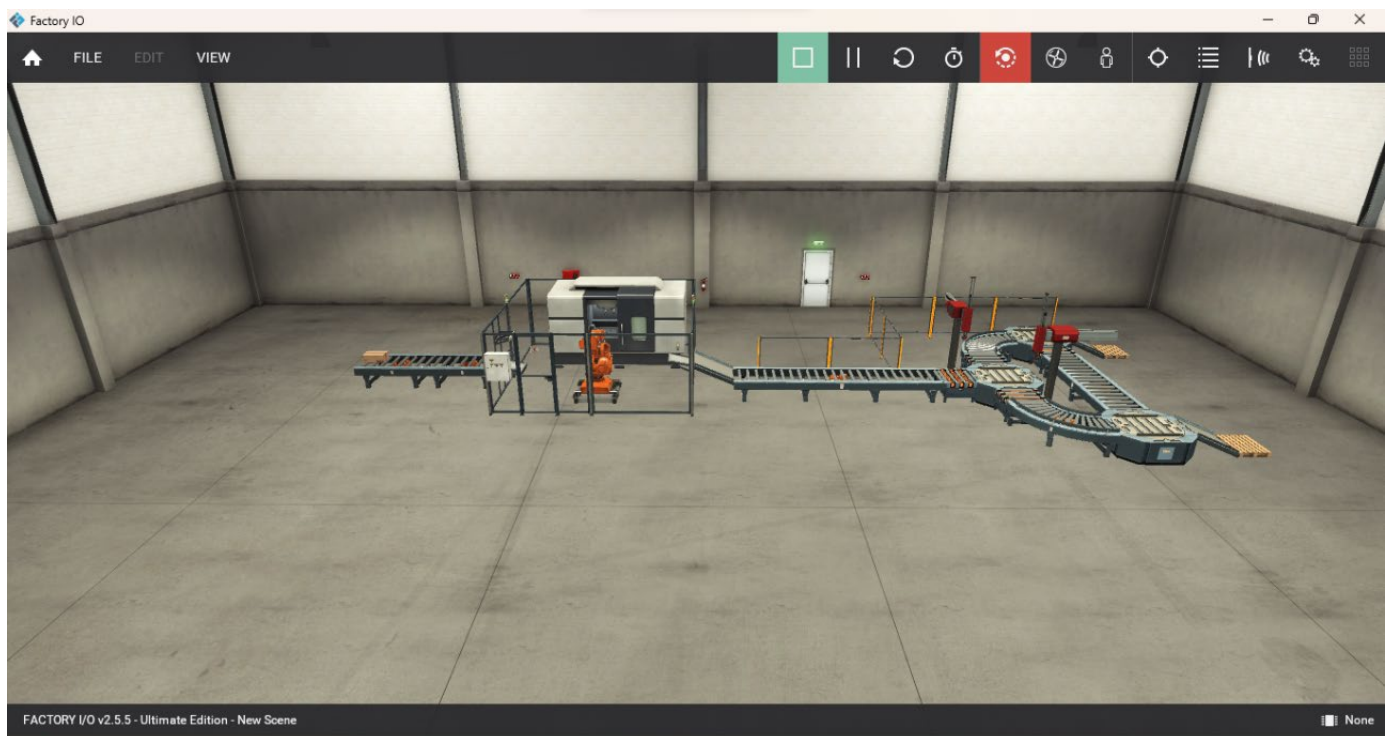


Figura 4.5: Diseño de la línea vista derecha

Al enfocarnos en el diseño e implementación que pudiera ser la adecuada para llevar a cabo este proyecto se puede explicar a detalle cómo sería el recorrido, la selección de piezas y funcionamiento del detector de defectos.

En la figura 4.7 se observa el primer recorrido de las piezas en este caso pasar al primer detector de defectos qué sería por medio de cámaras de visión artificial, si dichas cámaras no detectan ninguna anomalía o defecto en la pieza esta pasaría al segundo filtro.

Este segundo filtro o detector realizaría una prueba mediante ultrasonido, esta prueba ara un escaneo un poco más profundo sobre la pieza para verificar que no cuente con ningún defecto o falla que no se haya podido ser detectada con las cámaras de visión artificial



Figura 4.7: Primer recorrido de las piezas

Sí el segundo detector no encuentra ningún defecto en la pieza entonces dicha pieza será dirigida a la salida de las piezas OK figura 4.8, en este caso que cuenten con el estándar de calidad de cero defectos.

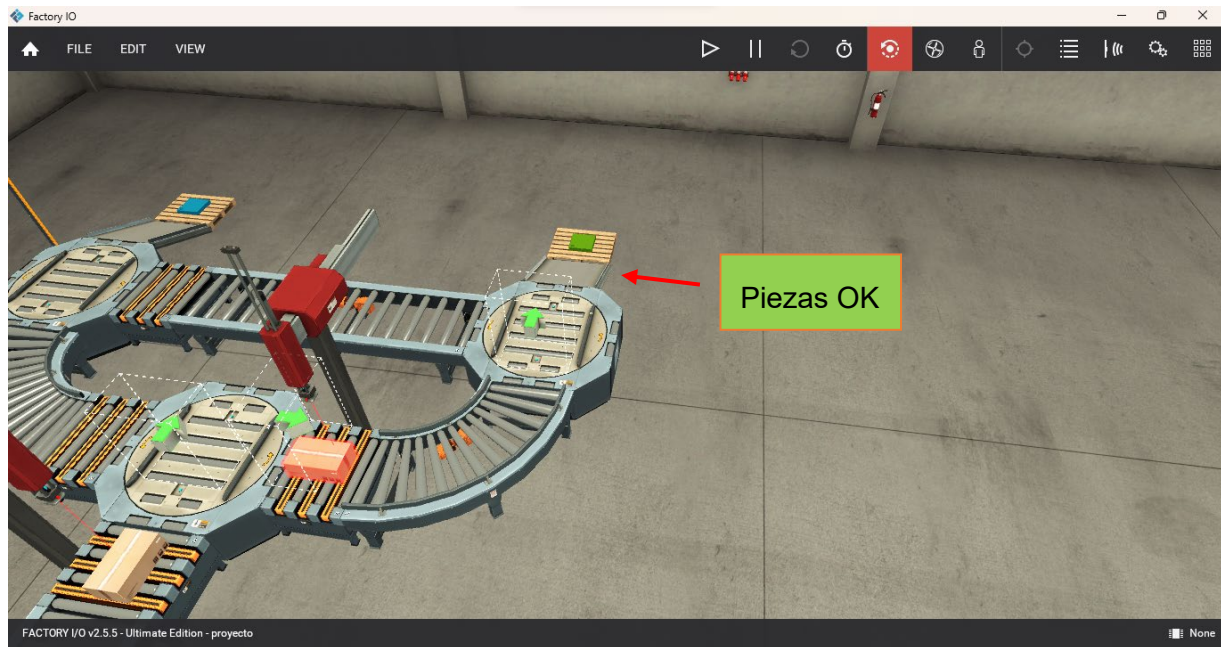


Figura 4.8: Salida de piezas con cero defectos

El segundo recorrido que hará la pieza es que el primer detector en este caso las “cámaras de visión artificial” detectan que la pieza cuenta con un defecto dicha pieza será dirigida a la salida de piezas NO OK, En este caso que cuenten con ciertos defectos o anomalías, En su caso dichas piezas serán dirigidas a un lote de retrabajo o de scrap según el análisis de los detectores en las figuras 4.9 y 4.10 se puede observar el recorrido.

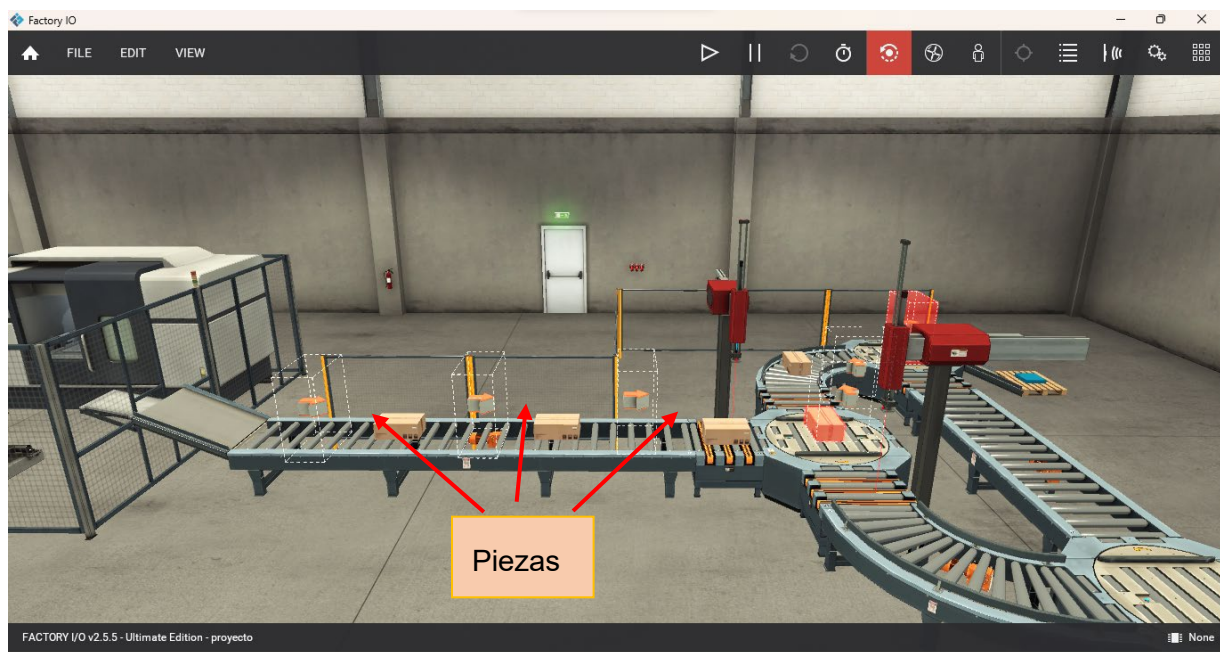


Figura 4.9: Segundo recorrido de las piezas

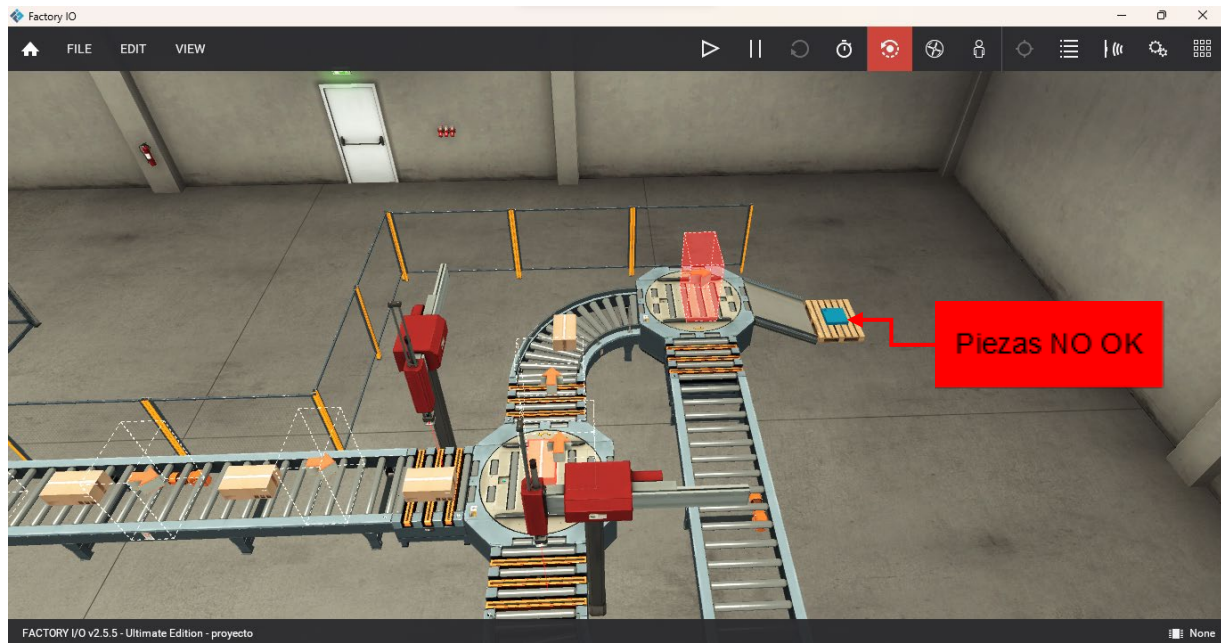


Figura 4.10: Tarima de piezas rechazadas.

Por último, el tercer recorrido sería. Si la pieza llega al primer detector y este detecta que la pieza es OK la mandaría al segundo filtro de verificación, si este segundo filtro detecta que la pieza es NO OK la redirigirá a las piezas que cuentan con defectos y, así cerrando el ciclo de funcionamiento de la línea con los detectores de defectos

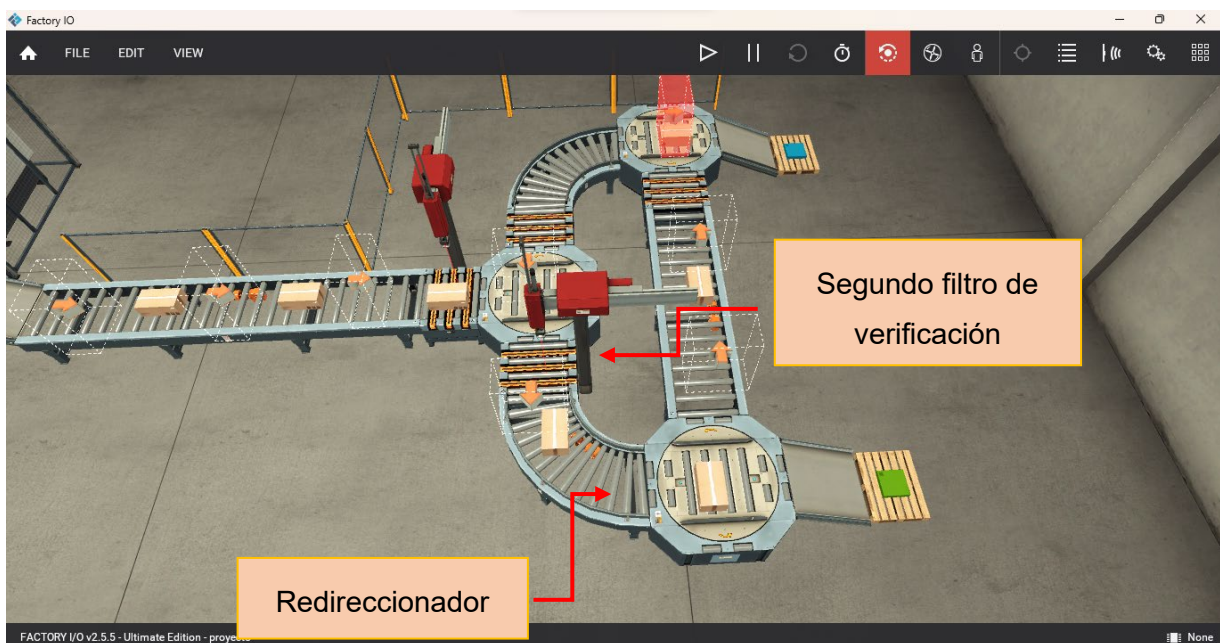


Figura 4.11: Tercer recorrido de piezas rechazadas

Se puede decir que como probable resultado de la propuesta de implementación de tecnologías de visión artificial y de pruebas de ultrasonido en una línea de producción de cabezas de motor puede presentar un avance significativo en el proceso industrial. Estos sistemas permiten la detección de defectos, inspección de calidad y optimización de la producción, lo que conduce a una mayor eficiencia y reducción de costos en la fabricación. Este análisis de resultados examina el impacto de la aplicación de detectores en la línea de producción Ford Mustang de cabezas de motor, evaluando los aspectos clave y los probables beneficios obtenidos.

Detección de Defectos y Control de Calidad:

Uno de los principales beneficios de los detectores es su capacidad para detectar defectos con alta precisión y rapidez. Los detectores pueden inspeccionar cada cabeza de motor en busca de defectos como fisuras, grietas, desalineaciones y anomalías en las superficies. Comparado con los métodos de inspección tradicionales, los sistemas de visión artificial pueden realizar esta tarea con una mayor tasa de detección y un menor margen de error. Como resultado, se logra un control de calidad más riguroso y se reducen las piezas defectuosas que llegan al cliente final.

Optimización del Proceso de Producción:

Juegan un papel fundamental en la optimización del proceso de producción. Los sistemas pueden monitorear continuamente la línea de inspección y analizar datos en tiempo real. Los operadores pueden tomar decisiones más informadas basadas en los datos generados por los detectores, ajustando parámetros de producción y maximizando el rendimiento general de la línea.

Reducción de Costos y Ahorro de Tiempo:

Al mejorar la detección de defectos y la eficiencia del proceso, la implementación de la visión artificial y ultrasonido conlleva una reducción de costos significativa. La disminución de piezas defectuosas y los tiempos de inactividad reducidos aumentan la rentabilidad de la producción. Además, la automatización proporcionada por los detectores de visión disminuye la necesidad de

intervención humana en ciertas etapas, lo que ahorra tiempo y recursos en el proceso de inspección y montaje.

Seguridad y Confiabilidad:

Otro aspecto clave es el aumento en la seguridad y confiabilidad del producto final. La detección temprana de defectos críticos en las cabezas de motor garantiza que solo las piezas que cumplen con los estándares de calidad sean utilizadas en la fabricación de automóviles. Esto ayuda a prevenir posibles fallas en el motor y, por ende, reduce los riesgos de accidentes o averías costosas.

Adaptabilidad y Escalabilidad:

Los sistemas de detección de defectos de piezas son altamente adaptables y escalables. Pueden ajustarse para abordar nuevos desafíos de calidad o modificaciones en el diseño de las cabezas de motor. Además, si se requiere expandir la producción o agregar nuevas líneas, la tecnología de visión y ultrasonido se puede implementar fácilmente en estas áreas adicionales.

En la parte de la simulación, también se logró la realización del contador de piezas usando en conjunto los programas Factory IO y TIA Portal, con lo cual, nos trae grandes ventajas de cómo sería el panorama en entornos industriales en la que podemos hacer control de ciertos procesos que tienen en la mayoría de las industrias y por tal modo poder trabajar con un PLC para desarrollar el programa y ver la funcionalidad y efectividad para luego trasladarlo hacia un ambiente de acción real; simplemente esto nos da la ventaja de poder simular el proceso como si estuviéramos dentro de la industria y así ver todo lo que sucedería con la programación que se realice y con los equipos que se manejan en ese entorno

Al proponer la implementación del contador al final de la línea lo que se hizo fue la realización del tablero de control donde tenemos, un botón de arranque, display, botón de paro, botones de paro de emergencia en la figura 4.12 se puede mostrar los tableros de control.

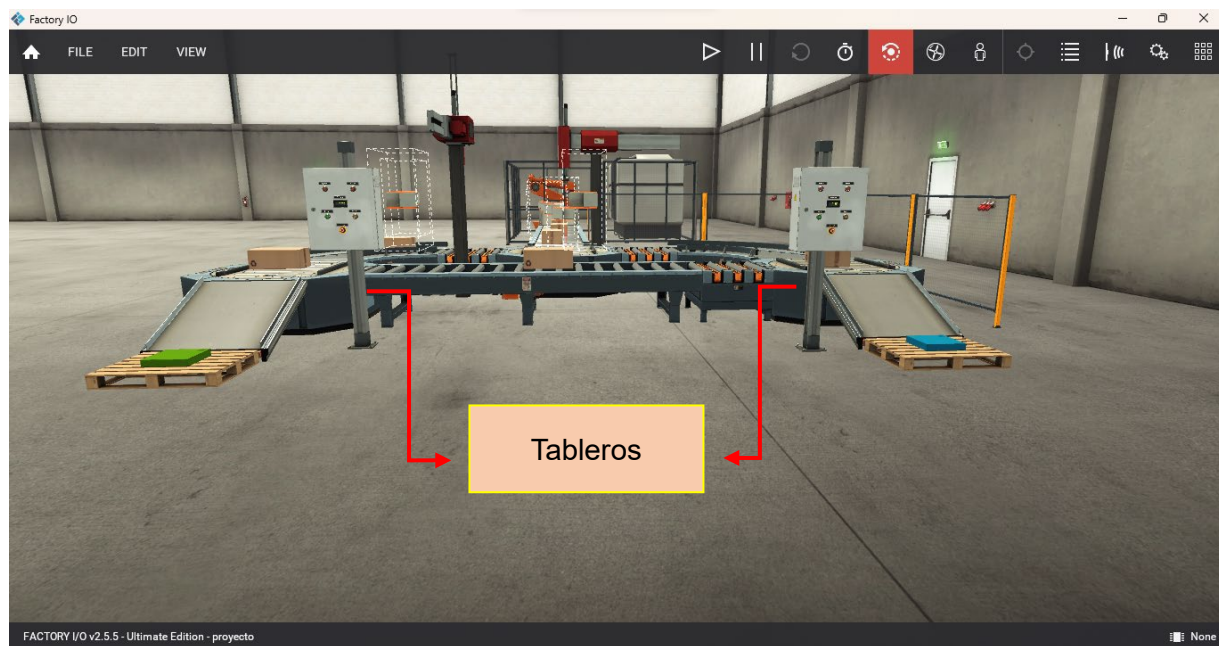


Figura 4.12: Tableros de control del sistema

En el tablero se podrá visualizar un display este display indicara cuántas piezas han llegado, después de que llegue a un número determinado se detendrá la banda transportadora y se encenderá una luz piloto, la cual indicara que se llegó al número exacto de piezas que deben contener cada tarima y a subes nos indicara que se debe resetear este proceso

A continuación, se explicará los pasos y resultados que se obtuvieron en la realización de la programación de un contador de piezas en el programa TIA Portal utilizando el lenguaje de programación Ladder. TIA Portal es un software de Siemens utilizado para programar controladores lógicos programables (PLC)

- Paso 1: Configuración del hardware

Se configuran las entradas y salidas digitales del PLC. se tiene un sensor de proximidad conectado a la entrada digital I0.0 y un display digital conectado a la salida digital Q0.0 en la figura 4.13 se muestra el procedimiento.

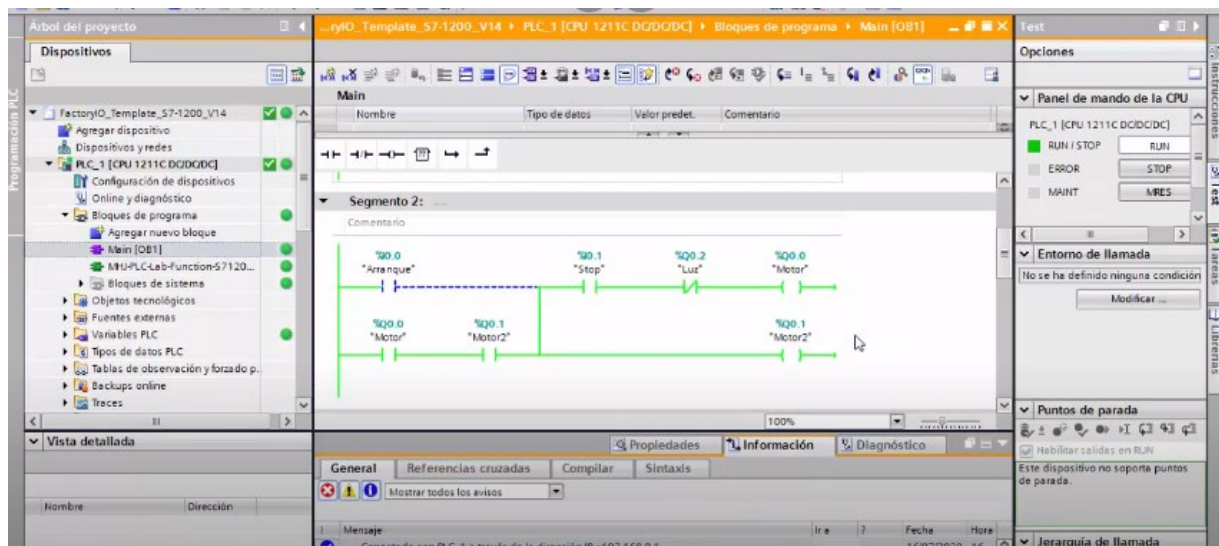


Figura 4.13: Realización de programación Ladder

- Paso 2: Crear el contador En TIA Portal

se crea un contador que incremente cada vez que se detecte una pieza. Utilizaremos un contador de tipo "CTU" (Contador Up).

Dentro del programa, se crea un contador (CTU) utilizando la función "CTU" en el cuadro de herramientas de lógica Ladder.

Se configura la dirección de la entrada del sensor de proximidad (I0.0) como la entrada del contador en las figuras 4.14 y 4.15 se puede visualizar la colocación del contador.

Por último, se define la dirección de la salida digital (Q0.0) como la salida del contador.

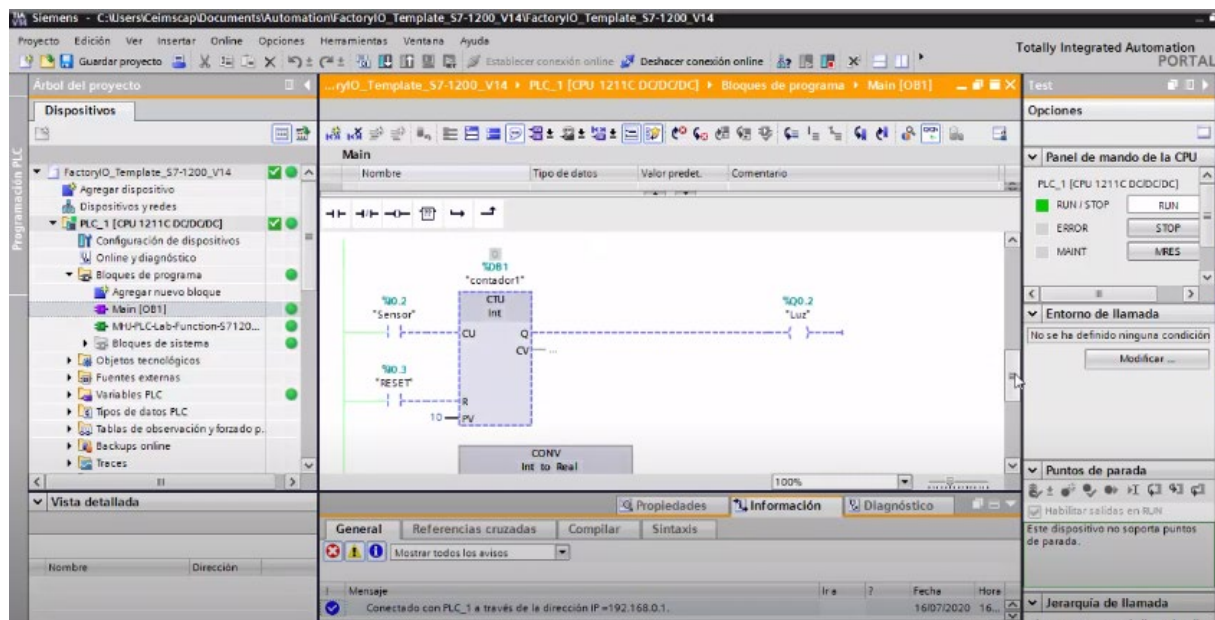


Figura 4.14: Definición del tipo de contador

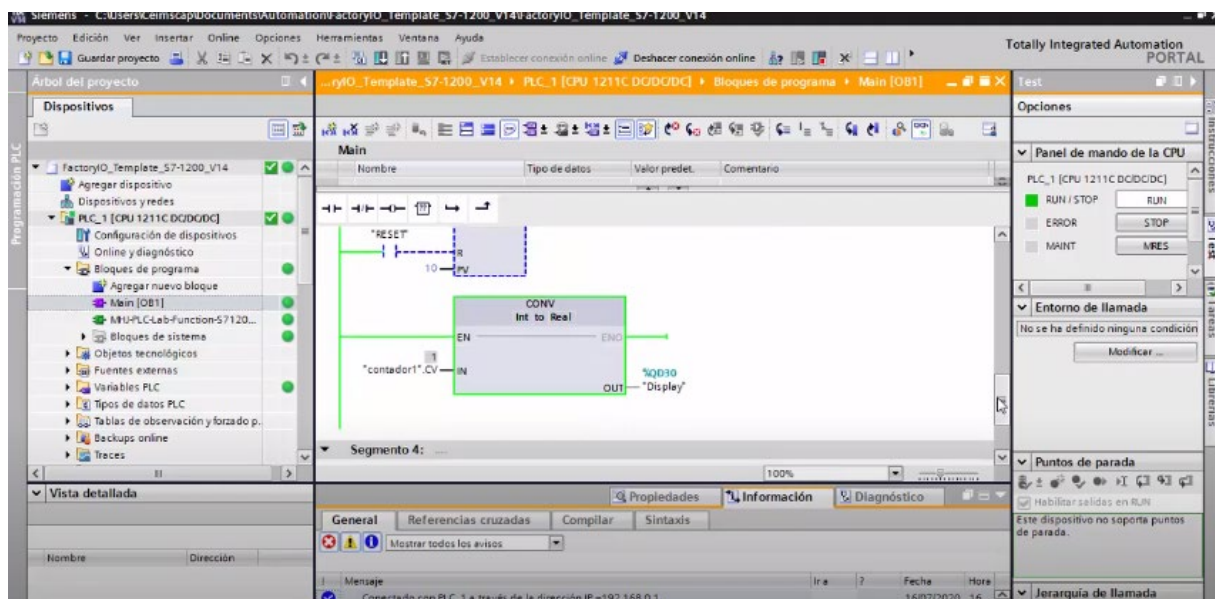


Figura 4.15: Definición del programa

- Paso 3: Configurar los parámetros del contador

Se configuran los parámetros del contador según las necesidades en la figura 4.16 se puede apreciar. Se establece el valor máximo del contador (la cantidad de piezas que deseas contar) y el valor de preselección para contar una cantidad específica.

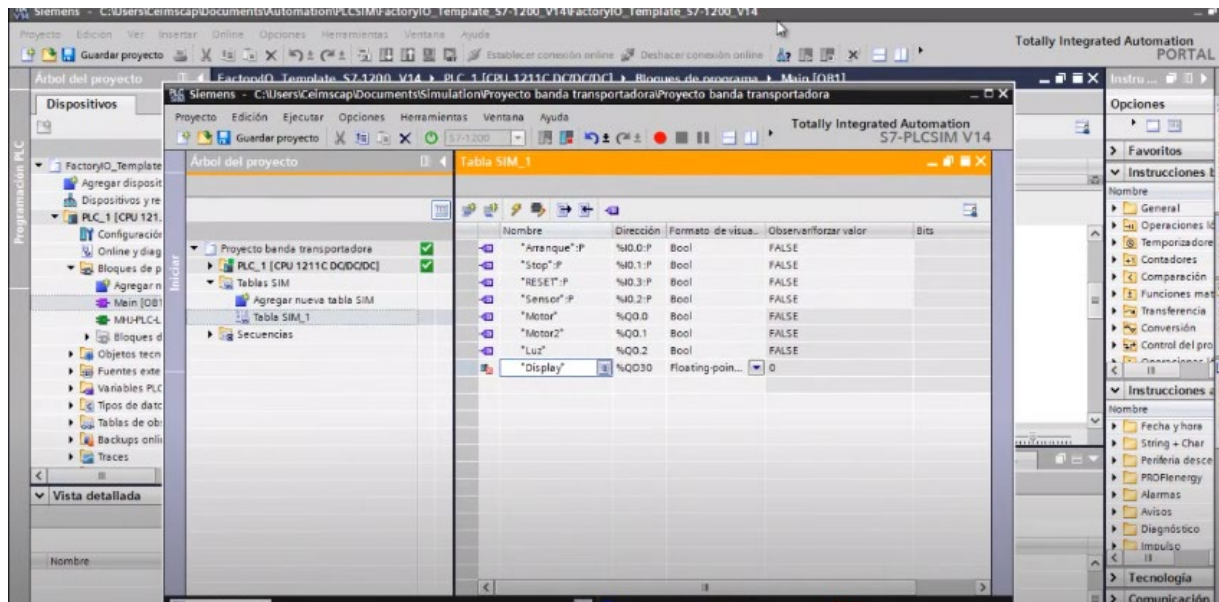


Figura 4.16: Definición de cada variable

- Paso 4: Crear la lógica de detección de piezas

Se utilizan una bobina de contacto normalmente abierto (NO) para monitorear la entrada del sensor (I0.0). Conecta esta bobina a la entrada del contador (CTU).

Se aseguro de que la lógica de detección del sensor sea adecuada para la aplicación, como utilizar temporizadores o condiciones adicionales según sea necesario.

Paso 5: Visualizar el contador

Se utiliza la función "S" (Set) para asignar el valor del contador al display digital conectado a la salida Q0.0. De esta manera, se podrá visualizar la cantidad de piezas contadas en la figura 4.16 se puede apreciar el tablero de control.

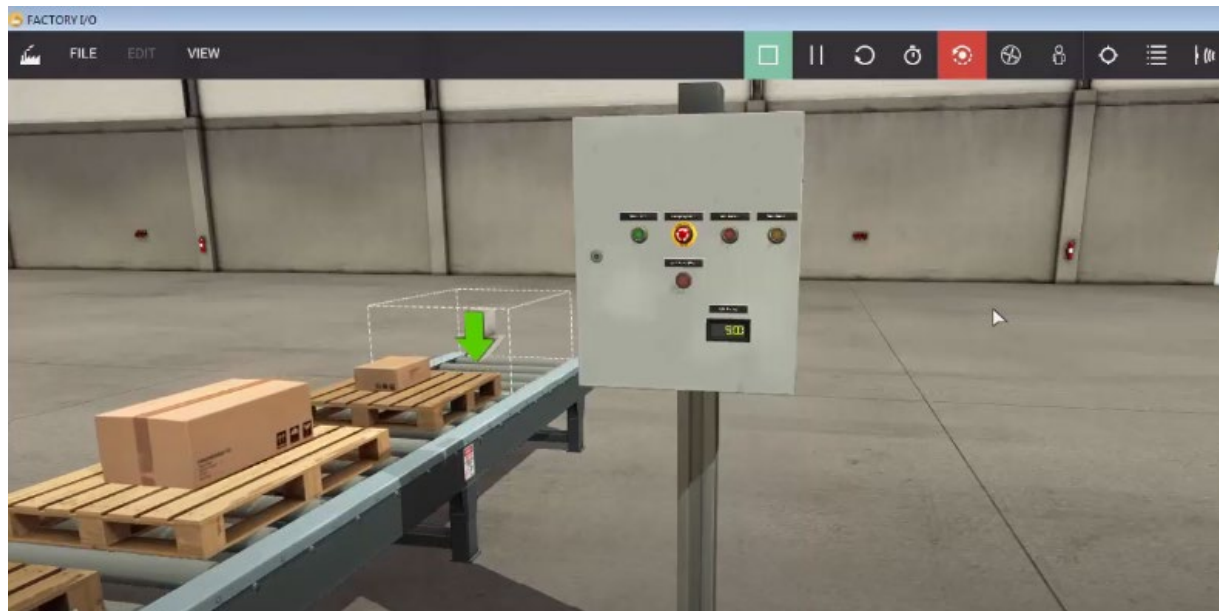


Figura 4.18: Tablero de control

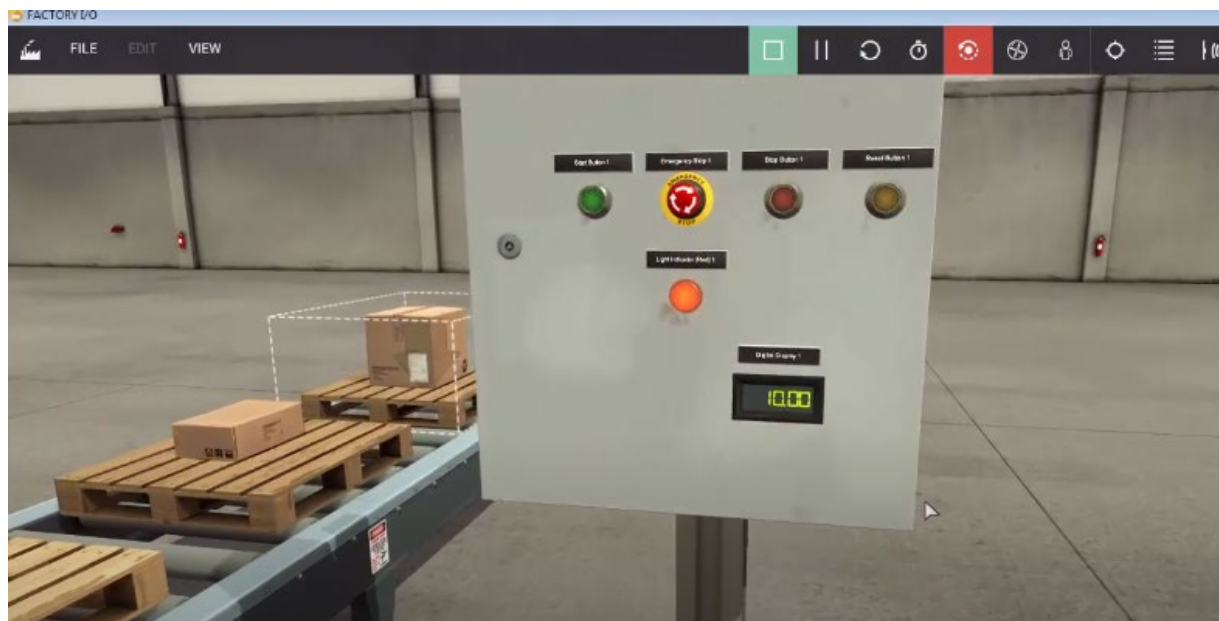


Figura 4.17: Definición de botones de paro normal, paro de emergencia, reset, y display de contador

Con esto, se tiene un contador de piezas funcional en el programa TIA Portal. Cada vez que se detecte una pieza a través del sensor de proximidad, el contador se incrementará y mostrará la cantidad de piezas contadas en el display digital. Ojo recordar que los detalles específicos pueden variar según el modelo de PLC y la versión del TIA Portal que estés utilizando.

CAPITULO 5

5 Conclusiones y recomendaciones

La implementación de detectores de defectos ya sea mediante sistemas de visión artificial o tecnologías de ultrasonido, ha revolucionado la industria en términos de control de calidad y eficiencia en la producción. Estas tecnologías avanzadas permiten una detección precisa y automatizada de defectos en diversos productos y componentes, brindando beneficios significativos para la calidad del producto y la optimización del proceso de fabricación.

La visión artificial ofrece la capacidad de analizar rápidamente objetos en busca de irregularidades mediante cámaras y algoritmos de procesamiento de imágenes. Esto ha demostrado ser especialmente efectivo en la inspección de superficies, colores y formas en tiempo real. La flexibilidad de la visión artificial permite detectar defectos de diferentes tipos en una variedad de productos, desde electrónica hasta alimentos y automóviles. Sin embargo, su precisión puede verse afectada por condiciones ambientales y variaciones en la iluminación.

Por otro lado, los sistemas de ultrasonido son excepcionales para la detección de defectos internos y estructurales en materiales sólidos, líquidos y compuestos. Son ideales para la inspección de soldaduras, estructuras metálicas y componentes electrónicos. Los detectores de ultrasonido emiten ondas que rebotan en las interfaces y defectos, proporcionando información detallada sobre la ubicación y la naturaleza del defecto. Aunque requieren un conocimiento técnico especializado para su configuración y análisis de datos, los sistemas de ultrasonido son cruciales en la identificación temprana de fallas internas que podrían comprometer la integridad de los productos.

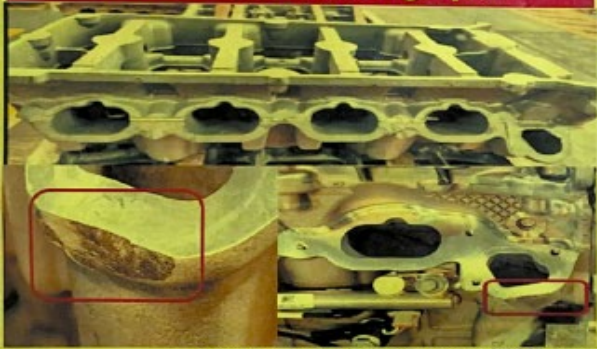
En última instancia, la elección entre la visión artificial y los sistemas de ultrasonido depende de la naturaleza del producto y el tipo de defecto que se debe detectar. Ambas tecnologías han demostrado ser herramientas invaluable para mejorar la calidad, reducir el desperdicio y aumentar la eficiencia en la producción industrial. Integrar estas tecnologías de detección de defectos en los procesos de fabricación no solo garantiza productos de mayor calidad, sino que también mejora la competitividad de las empresas al minimizar los costos de retrabajo y garantizar la satisfacción del cliente.

Fuentes de información.

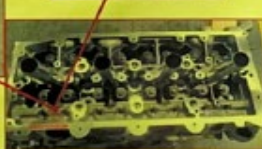
Referencia corta	Referencia completa
(D. H. Ballard and C. M. Brown, 1982)	D. H. Ballard and C. M. Brown, Computer Vision, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1982. 1-12p.
(Torres, 2002)	Torres et al., 2002 Torres, F.; Pomares, J.; Gil, P.; Puente, S. y Aracil, R., (2002) Robots y sistemas sensoriales. Automática y robótica. 2ª edición, Madrid España. pp. 189 – 246.
(Newman y Jain, 1995)	Newman y Jain, 1995 Newman, T. y Jain, A., (1995) A survey of automated visual inspection. Computer Vision and Image Understanding. V° 61, Marzo pp. 231-262.
(Groover, 1989)	Groover et al., 1989 Groover, M.; Weiss, M.; Ángel, R. y Odrey, N., (1989) Robótica Industrial. Tecnología, programación y aplicaciones. Mc Graw – Hill Interamericana.
(Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, 2000)	Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid. (2000). Manufacturing Engineering and Technology. United States of America: Prentice Hall, 2000. 1086-1087p.
(M. Sonka, 1999)	M. Sonka, V. y R. Hlavac Boyle, Image Processing, Analysis, and Machine Vision, Cole Publishing Company, 1999. 57-58p.
(De La Fraga, 2001)	de la Fraga, H., (2001) Curso: Procesamiento digital de imágenes.

(González y Woods, 2002)	González, R. y Woods, R., (2002) Digital image processing. Prentice Hall. 25-26p.
(Rose, J. L. 2004)	Rose, J. L. (2004). Ultrasonic waves in solid media. Cambridge University Press.
(Ensminger, 2013)	Ensminger, D. (2013). Introduction to the theory and application of ultrasonic phased arrays. In Ultrasonic Phased Array Testing (pp. 3-39). Springer.
(Lowe, M. J. S, 2012)	Lowe, M. J. S. (2012). Understanding ultrasonic phased arrays. Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring, 54(2), 104-109.

Anexos

Nemak		ALERTA DE CALIDAD		NO. DE CONTROL INTERNO: A2-23- 31 Q	
X Calidad	PLANTA: Planta 2 PROCESO: Ford 5.0 2021 DEFECTO: Daño mecánico CLIENTE: PLANTA DE MOTORES: Windsor	INCIDENTE INTERNO X	FECHA DE LA ALERTA: 15-Mar-23 FECHA DE RECIBO DE LA ALERTA: 15-Mar-23 FECHA DE RESOLUCIÓN: 29-Apr-23	Aprobaciones: <i>[Firmas]</i> INCIDENTE DE CALIDAD: Adriano Ramirez INCIDENTE DE PRODUCCIÓN: <i>[Firma]</i> INCIDENTE DE LOGÍSTICA: <i>[Firma]</i>	
Problema/Defecto: Daño mecánico IMPACTO CON CLIENTE: Afectación de entrega por alto rechazo ¿Qué tiene que hacer el operador? Garantizar que las piezas FORD 5.0 2021 se encuentren libres del defecto de daño mecánico en cara de admisión. ¿Cómo lo va hacer el operador? Asegurar la inspección en cara de admisión para evitar el envío a cliente de piezas con daños mecánicos en cara Admisión ¿Dónde (Área / estaciones / celdas)? Inspección Visual Línea # 3 ¿Porqué la condición no afecta al cliente? Partes fuera de especificación		¿Debe haber sido detectado? No ¿Cuánto tiempo que recibir (frecuencia)? 100% del material FORD 5.0 2021 / 2018 ¿Con qué herramientas? Visual y Alerta ¿Quién tiene que hacer el trabajo? Inspector Visual Punto de Certificación: N/A Destino de Piezas no conformes: SCRAP			
CONDICIÓN "NO OK" DE ACCESO A CUERPO DE RECHAZO NO OK pieza con golpes 		CONDICIÓN "OK" DE ACCESO A CUERPO DE RECHAZO OK pieza libre de golpes 			
Nota: Las fotos deben ser de ángulos iguales para piezas OK/NO OK. Agregar en imágenes el método de certificación y zonas adicionales a defecto (cuando aplique) El Escalamiento al primer hallazgo de los defectos mencionados en la alerta, se deberá realizar de acuerdo al EV-07 Nivel 3					

Anexo 1.A: Daño mecánico

Nemak		ALERTA DE CALIDAD		NO. DE CONTROL INTERNO: A2-23- 15 Q	
X Calidad	PLANTA: NA PROCESO: PLANTA 2 DEFECTO: Falta de material OG CLIENTE: PLANTA DE MOTORES: Windsor	INCIDENTE EXTERNO	FECHA DE LA ALERTA: 14-Feb-23 FECHA DE RECIBO DE LA ALERTA: 31-Mar-23 FECHA DE RESOLUCIÓN:	Aprobaciones: <i>[Firmas]</i> INCIDENTE DE CALIDAD: <i>[Firma]</i> INCIDENTE DE PRODUCCIÓN: <i>[Firma]</i> INCIDENTE DE LOGÍSTICA: <i>[Firma]</i>	
Problema/Defecto: Falta de material en mamelon del SAI IMPACTO CON CLIENTE: Rechazos en planta motores ¿Qué tiene que hacer el operador? Certificar que no falte material en mamelon del SAI ¿Cómo lo va hacer el operador? Durante inspección visual ¿Dónde (Área / estaciones / celdas)? Línea 3 Planta 2 ¿Porqué la condición no afecta al cliente? Rechazos en planta motores		¿Debe haber sido detectado? No ¿Cuánto tiempo que recibir (frecuencia)? 100% producción ¿Con qué herramientas? Alerta de calidad e inspección visual ¿Quién tiene que hacer el trabajo? Inspector visual Punto de Certificación: PUNTO DE CERTIFICACIÓN VER FIG. OK Destino de Piezas no conformes: Scrap			
CONDICIÓN "NO OK" DE ACCESO A CUERPO DE RECHAZO Piezas NO OK Falta de material en mamelones SAI   		CONDICIÓN "OK" DE ACCESO A CUERPO DE RECHAZO Piezas OK Mamelones SAI completos 			
Nota: Las fotos deben ser de ángulos iguales para piezas OK/NO OK. Agregar en imágenes el método de certificación y zonas adicionales a defecto (cuando aplique) El Escalamiento al primer hallazgo de los defectos mencionados en la alerta, se deberá realizar de acuerdo al EV-07 Nivel 3					

Anexo 2.A: Falta de material en mamelón.

Nemak		ALERTA DE CALIDAD		NO. DE CONTROL INTERNO: A2-23- 28 Q	
Calidad	NA	PLANTA: Planta 2	FECHA DE INICIO DE LA ALERTA: 9-Mar-23	FECHA DE VENCIMIENTO: 23-Apr-23	FECHA DE VENCIMIENTO RENOVACIÓN: 23-Apr-23
PRODUCTO: Ford 5.0 2023	DEFECTO: Corazón Roto Windsor				
Producto: RH LH		Ingeniero de Calidad: <i>Cori6t</i> Ingeniero de Procesos: <i>[Signature]</i> Ingeniero Lean: <i>[Signature]</i>			
Problema/defecto: Corazón Roto		¿Debó haber sido detectado? ☒ Si ☐ No			
IMPACTO CON CLIENTE Afectación de entrega por alto rechazo Garantizar que las piezas FORD 5.0 2023 se encuentren libre de defecto de corazón roto Al realizar la inspección Visual, utilizar lampara para inspeccionar el interior de los ductos de Admisión y Escape y certifica piezas OK Libres de Corazón Roto en Interior de Ductos Inspección Visual línea # 3 Planta 2 Afectación por fugas		¿Cuánto tiempo que revisar (frecuencia)? 100% del material ¿Con que herramientas?: Inspección visual y Alerta de Calidad ¿Quién tiene que hacer el trabajo?: Inspector Visual Punto de Certificación Colocar punto certificación en piezas OK Destino de Piezas no conformes Scrap			
CONDICIÓN "NO OK" DE ACUERDO A CRITERIO DE RECHAZO		CONDICIÓN "OK" DE ACUERDO A CRITERIO DE ACEPTACION			
 PIEZA CON CORAZON ROTO		 PIEZA OK Libre de Corazón Roto			
Nota: Las fotos deben ser de ángulos iguales para piezas OK/NO OK. Asegurar en imágenes el método de certificación y zonas adicionales a defecto (cuando aplique) El Escalamiento al primer hallazgo de los defectos mencionados en la alerta, se deberá realizar de acuerdo al KY-DT Nivel 3					

Anexo 3.A: corazón roto

Nemak		ALERTA DE CALIDAD		NO. DE CONTROL INTERNO: A2-23- 25 Q	
Calidad	NA	PLANTA: Planta 2	FECHA DE INICIO DE LA ALERTA: 6-Mar-23	FECHA DE VENCIMIENTO: 20-Apr-23	FECHA DE VENCIMIENTO RENOVACIÓN: 20-Apr-23
PRODUCTO: Ford 5.0 RH	DEFECTO: Junta Fria Windsor				
Producto: RH LH		Ingeniero de Calidad: <i>Adriana emz</i> Ingeniero de Procesos: <i>[Signature]</i> Ingeniero Lean: <i>[Signature]</i>			
Problema/defecto: Junta fria		¿Debó haber sido detectado? ☒ Si ☐ No			
IMPACTO CON CLIENTE Afectación de entrega por alto rechazo Garantizar que las piezas FORD 5.0 2021 se encuentre libre de defecto de junta fría en el lado escape. Al realizar La Inspección Visual, utilizar lampara para ver zona del defecto y certificar piezas OK Empacador segregar toda la producción del Molde 402 en tarima aparte. Empaque línea # 3 Planta 2 Afectación por fugas		¿Cuánto tiempo que revisar (frecuencia)? 100% del material ¿Con que herramientas?: Inspección visual al 100% del material. Material segregado de molde 402 con líquidos penetrantes en zona del defecto ¿Quién tiene que hacer el trabajo?: Inspector Visual / Empacador Punto de Certificación Colocar punto certificación en piezas OK Destino de Piezas no conformes Scrap			
CONDICIÓN "NO OK" DE ACUERDO A CRITERIO DE RECHAZO		CONDICIÓN "OK" DE ACUERDO A CRITERIO DE ACEPTACION			
 PIEZA CON JUNTA FRÍA		 PIEZA OK Libre de junta Fría, colocar Punto de certificación			
Nota: Las fotos deben ser de ángulos iguales para piezas OK/NO OK. Asegurar en imágenes el método de certificación y zonas adicionales a defecto (cuando aplique) El Escalamiento al primer hallazgo de los defectos mencionados en la alerta, se deberá realizar de acuerdo al KY-DT Nivel 3					

Anexo 4.A: Junta fría

Nemak		ALERTA DE CALIDAD				NO. DE CONTROL INTERNO		A2-59 Q	
APLICAR: ☒ Calidad		NO. DE GUÍA DE CLIENTE: N.A. PLANTA: 2		INCIDENTE INTERNO ☒		FECHA DE LA GUÍA: N.A. 27-Oct-20 11-Dec-20		FECHA DE REMEDIACIÓN: 17-Feb-23	
PRODUCTO: Ford 5.0L MY21 DEFECTO: Piezas con golpes Windsor		CLIENTE / PLANTA DE MOTORES: Windsor		FECHA DE INICIO DE LA ALERTA: 27-Oct-20 FECHA DE VENCIMIENTO: 11-Dec-20		FECHA DE VENCIMIENTO REMEDIACIÓN: 3-Apr-23 PÁGINA 22 DE CALIDAD (30 en máximo)		Aprobaciones: <i>[Signature]</i> INGENIERO DE PROCESOS: <i>[Signature]</i> INGENIERO LEAN: <i>[Signature]</i>	
Problema / defecto: Piezas con tallón en cara front 5.0L MY21		¿Debió haber sido detectado?		Este defecto se detecta en Inspección Visual		¿Recurrente? si			
MÉTODO DE CERTIFICACIÓN									
IMPACTO CON CLIENTE		Queja Interna por Maquinados, el material requiere retrabajo				Todo el material que presente golpes o tallón en la zona reportada			
¿Qué tiene que hacer el operador?		Enviar las Piezas con tallón en cara front 5.0L MY21 a retrabajo				Visualmente			
¿Cómo lo va hacer el operador?		Al realizar la Inspección Visual segregar el material con golpe o tallón en la zona reportada				Inspectores Visuales			
¿Dónde (línea / estación / celosía)?		Inspección Visual Línea #3 Planta 2				N.A.			
¿Por qué la condición no ok afecta al cliente?		Evitar el envío de piezas con condición de retrabajo al siguiente proceso				Enviar piezas a Retrabajo			
CONDICIÓN "NO OK" DE ACUERDO A CRITERIO DE RECHAZO									
									
Condición Nok Pieza con tallón		Condición Ok Pieza sin tallón							
Nota: Las fotos deben ser de ángulos iguales para piezas OK/NO OK. Agregar en imágenes al método de certificación y zonas adicionales a defecto (verando abajo) el Encuentro al primer hallazgo de los defectos mencionados en la alerta, se deberá realizar de acuerdo al F.V-37. Página 2									

Anexo 5.A: Piezas con tallones

Nemak		ALERTA DE CALIDAD				NO. DE CONTROL INTERNO:		A2-23- 26 q							
Calidad	NA PLANTA: Planta 2 PRODUCTO: Ford 5.0 2018 DEFECTO: Junta Fria Windsor	RECHAZADO (PIEZAS) X	FECHA DE LA ALERTA: 7-Mar-23	FECHA DE RECIBO DE LA ALERTA: 21-Apr-23	FECHA DE CANCELACION:	FECHA DEL VERIFICAMIENTO REVISACION: PIEZAS OK (PUNTO OK)	FECHA DE VERIFICACION:	FECHA DE VERIFICACION:	FECHA DE VERIFICACION:						
Calidad	producto: Ford 5.0 2018 RH	producto: Ford 5.0 2018 LH	producto: Ford 5.0 2021 RH	producto: Ford 5.0 2021 LH	INGENIERO DE CALIDAD: Adrian Rm	INGENIERO DE PROCESOS: [Firma]	INGENIERO LEADER: [Firma]	INGENIERO LEADER: [Firma]	INGENIERO LEADER: [Firma]						
Problema/defecto: Junta fria	IMPACTO CON CLIENTE: Afectación de entrega por alto rechazo	¿Qué tiene que hacer el operador?: Garantizar que las piezas FORD 5.0 2018 se encuentren libres de defecto de junta fria en los ductos de Admisión	¿Cómo lo va hacer el operador?: Utilizar lampara para ver zona de los ductos y asegurar que las piezas esten libres del defecto, certificar piezas OK libres de Junta Fria.	¿Dónde (Área / estaciones / celdas): Inspector Visual línea # 3 Planta 2	¿Porque la condición no ok afecta el cliente?:	¿Debí haber sido detectado?: Colores largos que resisten (frecuente):	¿Con que herramientas?:	¿Quién tiene que hacer el trabajo?:	Punto de Certificación:	Destino de Piezas no conformes:	100% del material	Inspección visual y Alerta	Inspector Visual	Colocar punto certificación en piezas OK	Scrap
CONDICION "NO OK" DE ACUERDO A CRITERIO DE RECHAZO	CONDICION "OK" DE ACUERDO A CRITERIO DE ACEPTACION	PIEZA CON JUNTA FRÍA	PIEZA OK Libre de junta Fria, colocar Punto de certificación												

Nota: Las fotos deben ser de imágenes originales para darles "CHECK OK". Algorar en imágenes el método de certificación y zonas adicionales a defecto (segundo software) el Encargado al primer hallazgo de los defectos mencionados en la alerta, se deberá realizar de acuerdo al EV-07 Nivel 2

Anexo 6.A: Junta fría en conductos de aire.