



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en  
Electrónica e Instrumentación

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO MEDIANTE UNA CÁMARA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS EN PROCESOS AUTOMATIZADOS EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA.

#### **Autores:**

Alcoser Pinda, Rubén Efraín  
Pila Aynuca, Brayan Daniel

Ing. Ivón Escobar, **Directora**



# AGENDA

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN
- 3 RESULTADOS
- 4 CONCLUSIONES
- 5 RECOMENDACIONES



# AGENDA

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN
- 3 RESULTADOS
- 4 CONCLUSIONES
- 5 RECOMENDACIONES



# INTRODUCCIÓN

## VISIÓN ARTIFICIAL

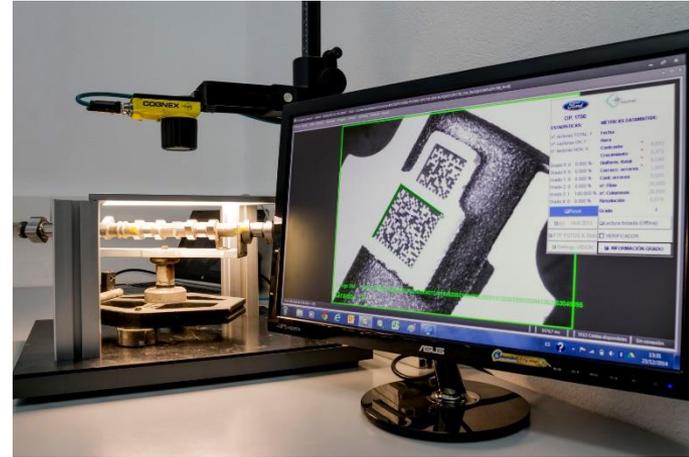
Funcionalidad de una cámara de visión artificial:

Capturar una imagen de un objeto real.

Conversión de imagen a formato digital.

Procesamiento mediante ordenador (software).

Resultados del proceso tras el análisis.



# INTRODUCCIÓN

## INSPECCIÓN DE CALIDAD EN PRODUCTOS

Examinar y medir las características de calidad de un producto.

Instrumentos de medición.

¿Por qué efectuar una inspección de productos en una industria?

Tipos de inspección de calidad



# INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES



### Artesanal (XVIII)

- Producir sin tomar en cuenta los Costos y el esfuerzo.



### Revolución industrial (1780)

- Producir en gran cantidad sin tomar en cuenta la calidad.



### SGM (1939)

- Asegurar la eficacia del armamento sin importar el costo, con la mayor y mas rápida producción.



### 1946

- Surge el interés de hacer las cosas bien y a la primera vez.



### Aseguramiento de la calidad (1961)

- Cero defectos, dar a conocer que las fallas son casi exclusivamente de seres humanos.



### ACTUALIDAD

- Existen sistemas de visión artificial encargados del control de calidad.



# INTRODUCCIÓN

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Proceso de inspección manual y laborioso de productos en una industria

Profesional capacitado en nuevas tecnologías industriales.

Inexistencia de módulo didáctico de visión artificial.



# INTRODUCCIÓN

## JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La Visión Artificial permite su adaptabilidad y escalabilidad para adaptarse a los cada vez más cambiantes procesos productivos.

El proyecto proporcionará a los estudiantes de las carreras técnicas de un sistema didáctico el cual permitirá determinar la inspección y verificación de la calidad de un producto por medio de una cámara de visión artificial siendo este elemento una de las nuevas tecnologías de la industria y así dar a conocer y comprender las nuevas tecnologías que se están implementando, haciendo que el aprendizaje del área de automatización sea más comprensible y afín.

# INTRODUCCIÓN

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema didáctico mediante una cámara de visión artificial para la inspección y verificación de productos terminados en procesos automatizados simulados en entornos virtuales.

# INTRODUCCIÓN

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los sistemas de inspección y verificación para el control de calidad de producción mediante el uso de una cámara industrial de visión artificial.
- Desarrollar los entornos virtuales de procesos automatizados que nos permita obtener información para la inspección y verificación de productos terminados.
- Realizar la configuración y programación de una cámara de visión artificial, para la inspección de los productos terminados en los entornos virtuales de procesos automatizados.
- Diseñar un HMI que proporcione información del entorno simulado en el proceso de medición y supervisión.
- Realizar las pruebas funcionales del sistema didáctico, para la verificación de su desempeño y analizar los resultados obtenidos.

# AGENDA

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN
- 3 RESULTADOS
- 4 CONCLUSIONES
- 5 RECOMENDACIONES



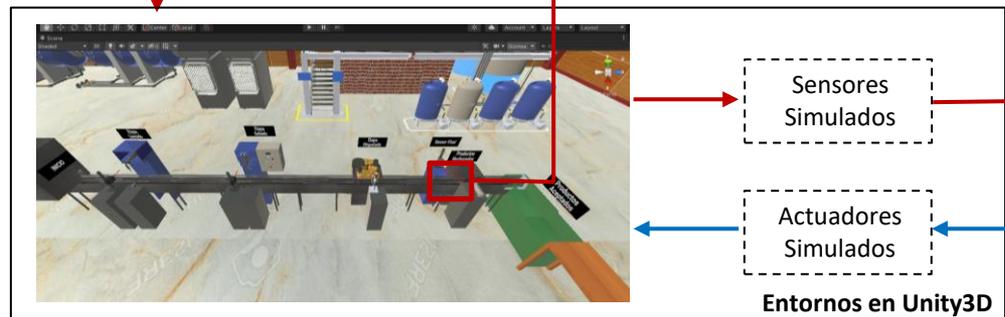
# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

Entornos virtuales



Configuración de la cámara de visión artificial



ETAPA 1

Entornos virtuales

ETAPA 2

Protocolo de comunicación industrial

ETAPA 3

Configuración de la cámara de visión artificial

ETAPA 4

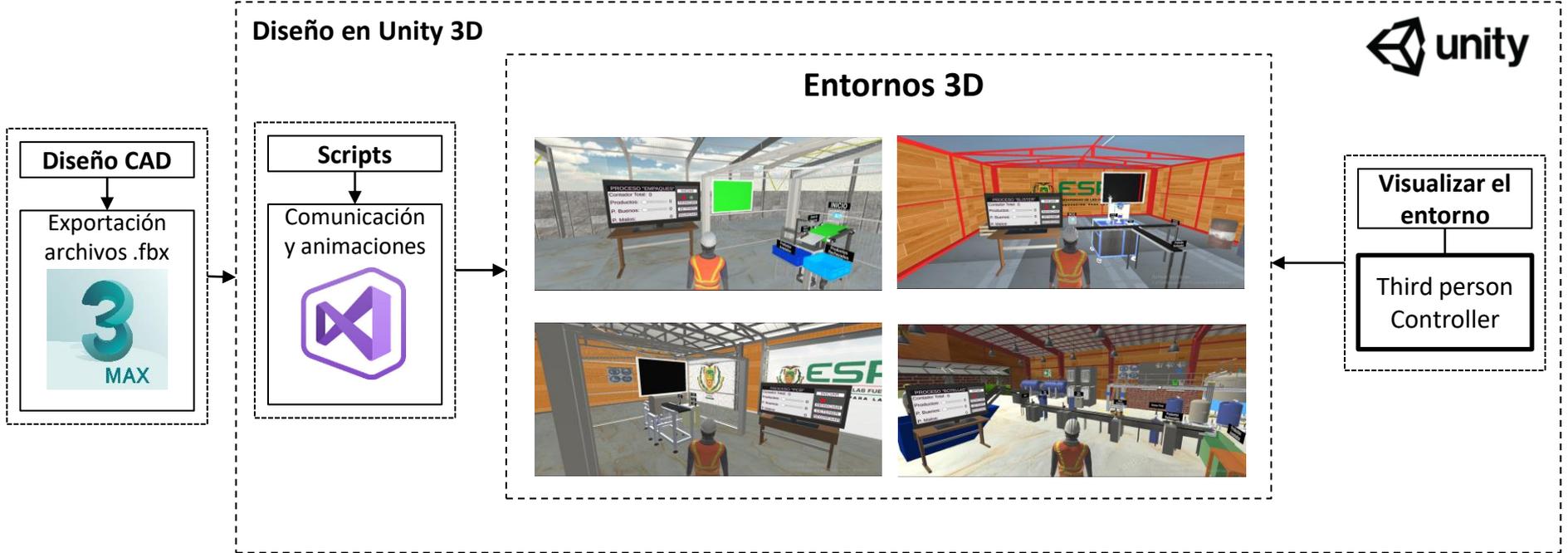
HMI para supervisión de procesos



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## DISEÑO DE ENTORNOS VIRTUALES

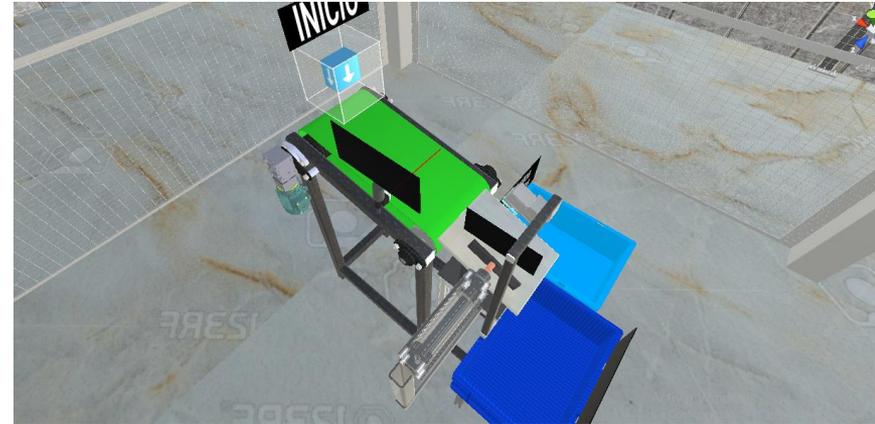


# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN PLANTAS VIRTUALIZADAS EN UNITY3D

Línea de producción de envasado de agua-embotelladora



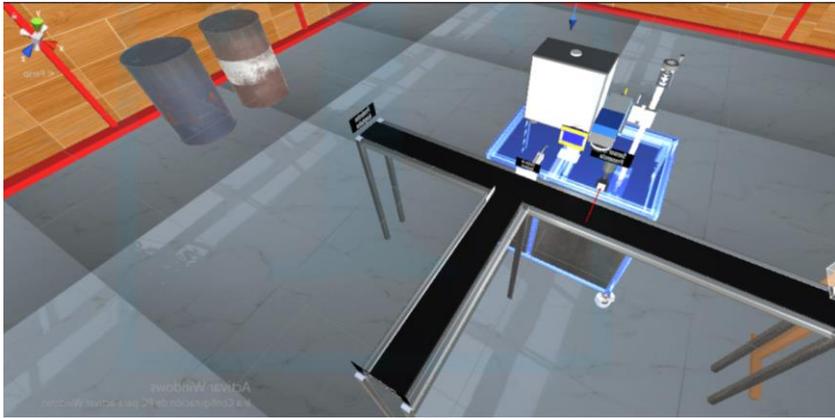
Línea de producción de paquetes de motor para automóviles



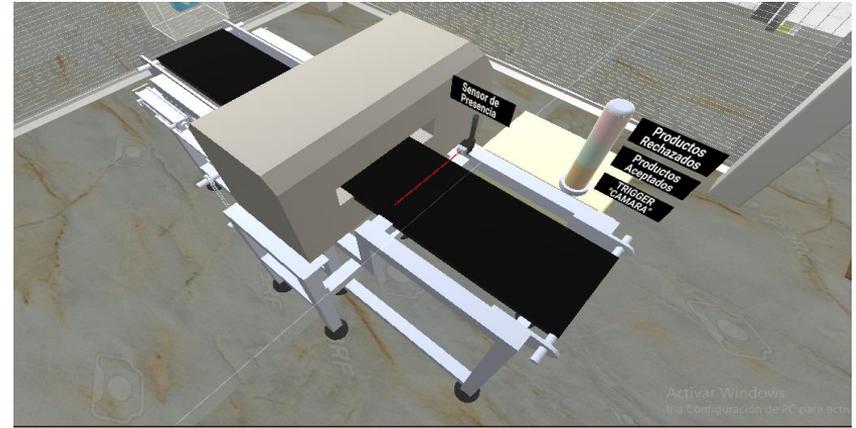
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN PLANTAS VIRTUALIZADAS 3D EN UNITY3D

Línea de producción farmacéutica-blister



Línea de producción de placas de circuito impreso



# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## PRODUCTOS VIRTUALIZADOS EN UNITY3D

PRODUCTO: Botella de agua

PLANTA: Envasado de agua-embotelladora



Error	Nombre	Especificación	Factor de Aceptación	Factor de Rechazo
Error 1	Nivel de líquido	Falla en la existencia de mayor o menor cantidad de líquido	Nivel de líquido correcto: 600 ml aprox.	Mayor a 600 ml Menor a 600 ml aprox.
Error 2	Ubicación de la tapa	Falla en la mala colocación de la tapa en la botella	Grados de ubicación correcta: 180 grados aprox.	Mayor a 180° aprox.
Error 3	Código en etiqueta	Falla en la impresión del código QR de la etiqueta	Información almacenada correcta: Fresca	Información almacenada errónea: Sprite

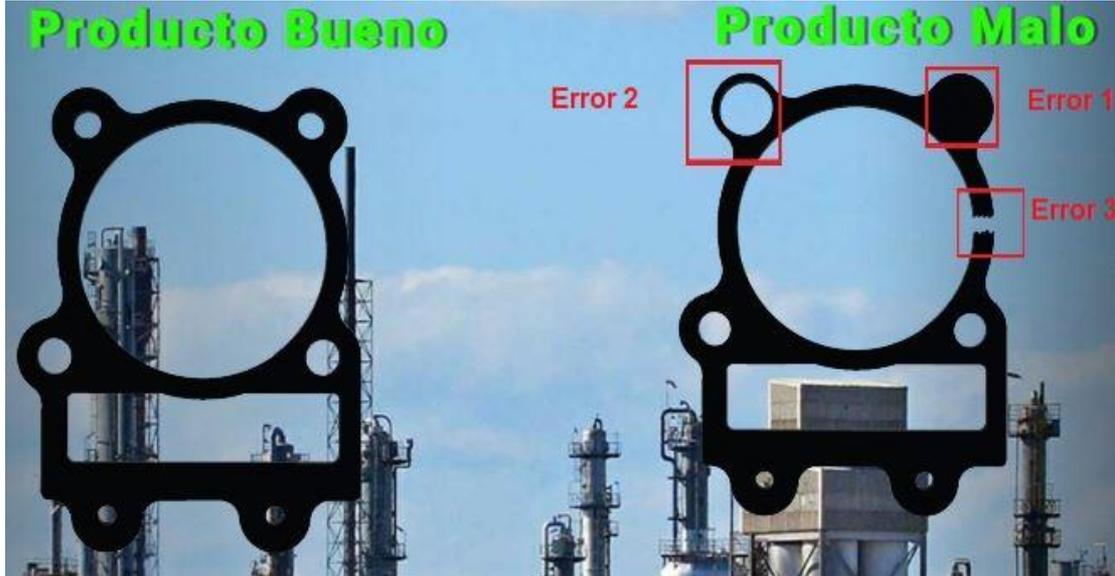


# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## PRODUCTOS VIRTUALIZADOS EN UNITY3D

PRODUCTO: Empaque de motor de automóvil

PLANTA: Fabricación de empaques de motor



Error	Nombre	Especificación	Factor de Aceptación	Factor de Rechazo
Error 1	Presencia de orificios	Falla en la existencia del orificio superior derecho	Presencia de orificio	Ausencia de orificio
Error 2	Dimensiones de orificios	Falla en el dimensionamiento del orificio superior izquierdo	Dimensionamiento de radio correcto: 100 mm aprox.	Mayor a 100 mm aprox.
Error 3	Fisura	Falla ocasionada por corte mal elaborado en el lateral derecho	Sin fisura en el lateral	Una fisura o corte en el lateral

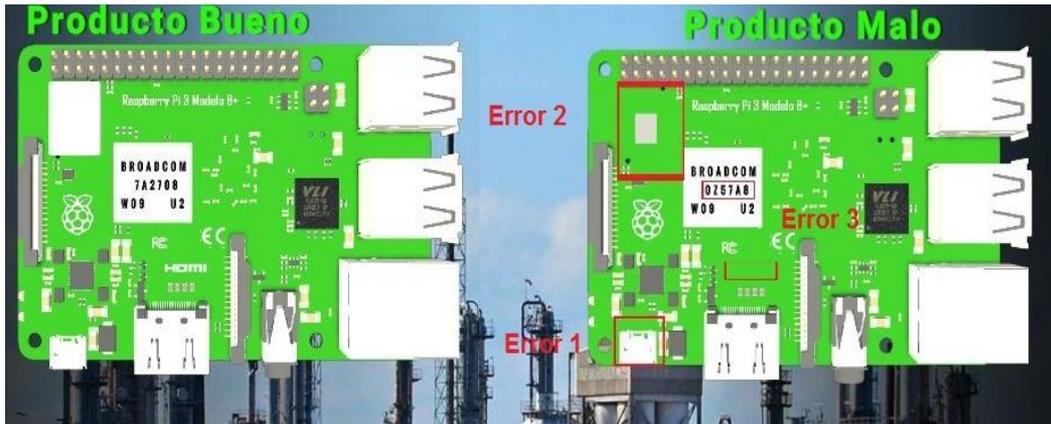


# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## PRODUCTOS VIRTUALIZADOS EN UNITY3D

PRODUCTO: Placa de circuito impreso (PCB)

PLANTA: Fabricación de placas PCB



Error	Nombre	Especificación	Factor de Aceptación	Factor de Rechazo
Error 1	Ubicación de elementos	Falla en la colocación de micro-USB	Colocada a 4 mm aprox. del case	Colocada a 0 mm aprox. del case
Error 2	Presencia de elementos	Falla en la inexistencia de módulo wifi	Presencia de módulo wifi	Ausencia de módulo wifi
Error 3	Código y serigrafía	Falla en impresión del código de fabricación del microprocesador y en la impresión de la serigrafía de la placa	Código correcto: 7A2708 Texto impreso correcto: HDMI	Código incorrecto: 0Z57A8 Texto impreso incorrecto:



# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## PRODUCTOS VIRTUALIZADOS EN UNITY3D

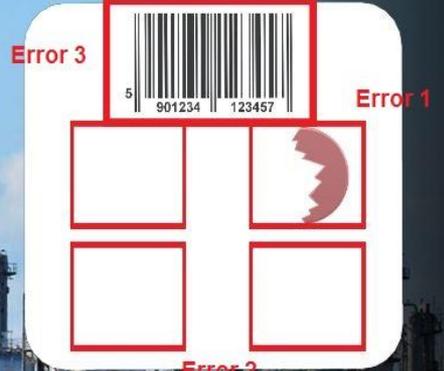
PRODUCTO: Blíster de pastillas

PLANTA: Fabricación de blíster de pastillas

Producto Bueno



Producto Malo



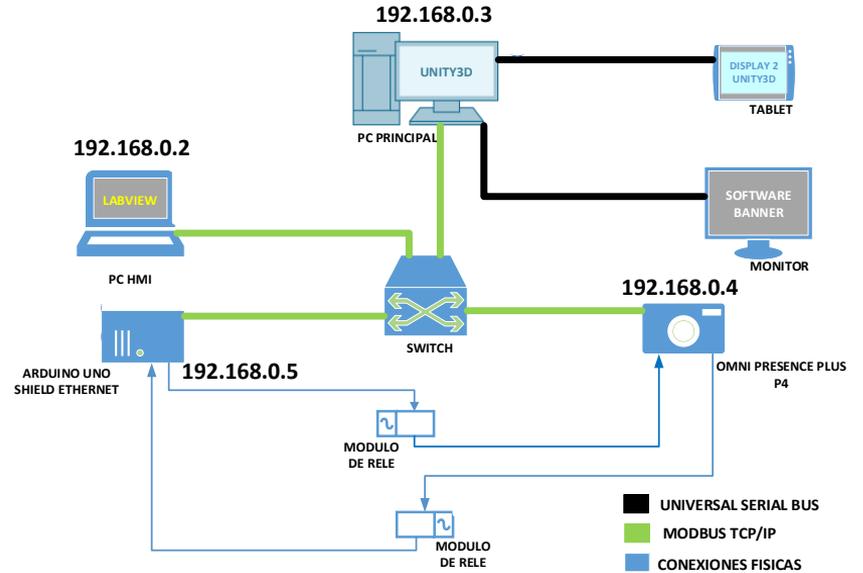
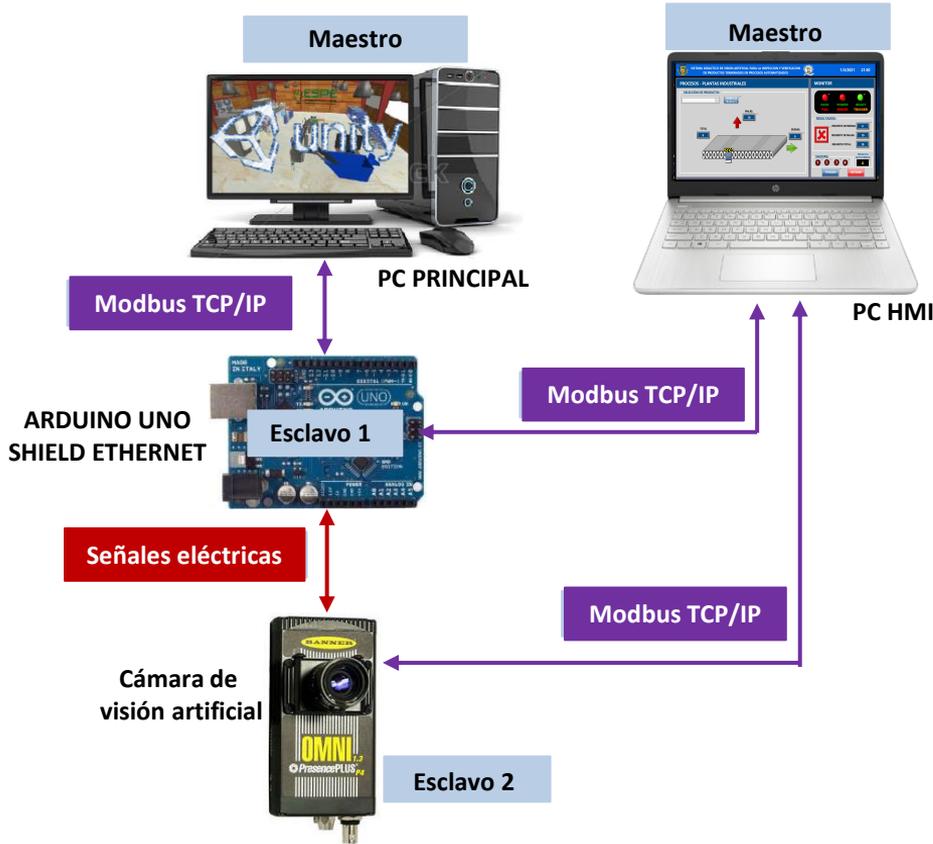
Error	Nombre	Especificación	Factor de Aceptación	Factor de Rechazo
Error 1	Fisuras en pastillas	Fisura en la pastilla superior derecha	Ninguna fisura en la pastilla	Fisura en la pastilla
Error 2	Presencia de pastillas	Falla en la inexistencia de cualquier pastillas	Presencia de pastillas	Ausencia de pastillas
Error 3	Código de barras	Falla en impresión del código de barras en el blíster de pastillas	Código de barras correcto: 5901234000017	Código de barras incorrecto: 5901234123457



**E S P E**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL - ARQUITECTURA DE RED



# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## CONFIGURACIÓN DE LA CÁMARA DE VISIÓN ARTIFICIAL

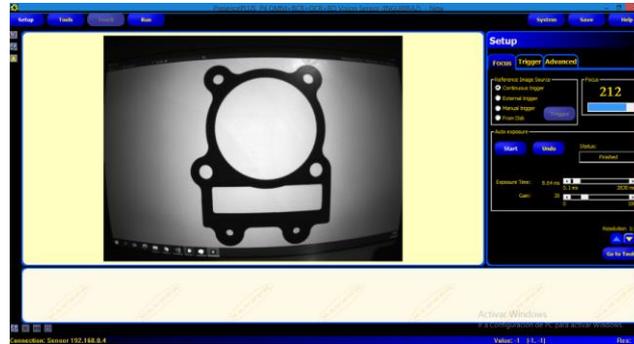
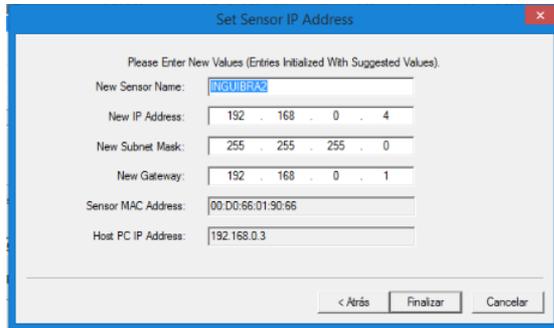
Asignar dirección IP



Capturar imagen de referencia



Añadir herramientas de inspección visual



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

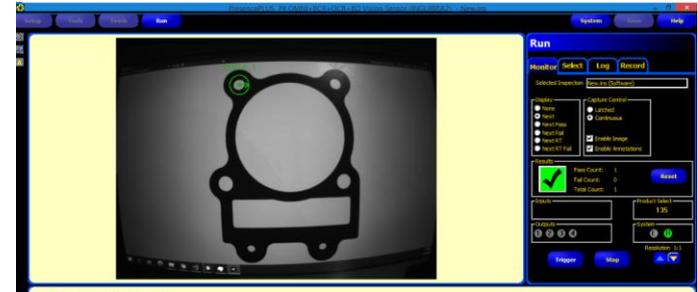
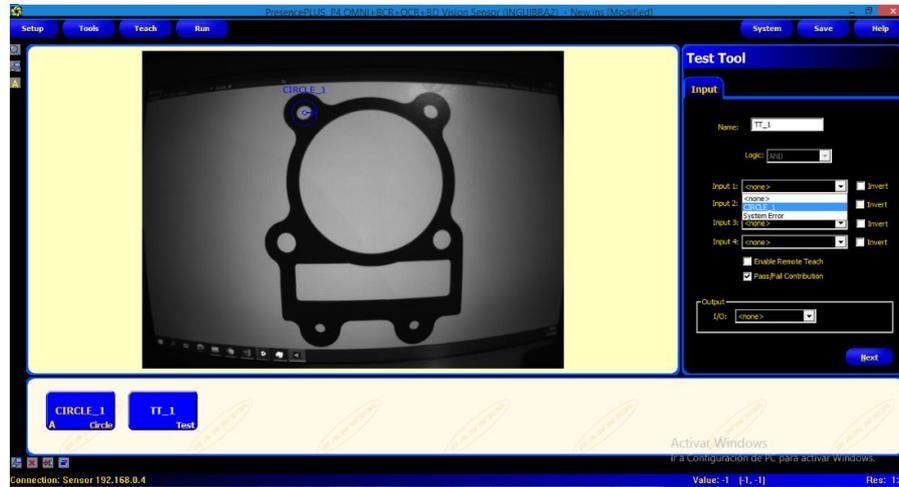
# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## CONFIGURACIÓN DE LA CÁMARA DE VISIÓN ARTIFICIAL

Añadir herramientas  
de prueba



Comenzar inspección  
en modo RUN



# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## DISEÑO DEL HMI

 SISTEMA DIDACTICO DE VISION ARTIFICIAL PARA LA INSPECCION Y VERIFICACION DE PRODUCTOS TERMINADOS EN PROCESOS AUTOMATIZADOS  1/3/2021 21:50

### PROCESOS - PLANTAS INDUSTRIALES

SELECCIÓN DE PRODUCTO:

TOTAL:

MALAS:

BUENAS:



### MONITOR

**PASS**  
 **FAIL**

**POWER**  
 **ERROR**

**READY**  
 **TRIGGER**

RESULTADOS:

RECUENTO DE BUENAS:

RECUENTO DE MALAS:

RECUENTO TOTAL:

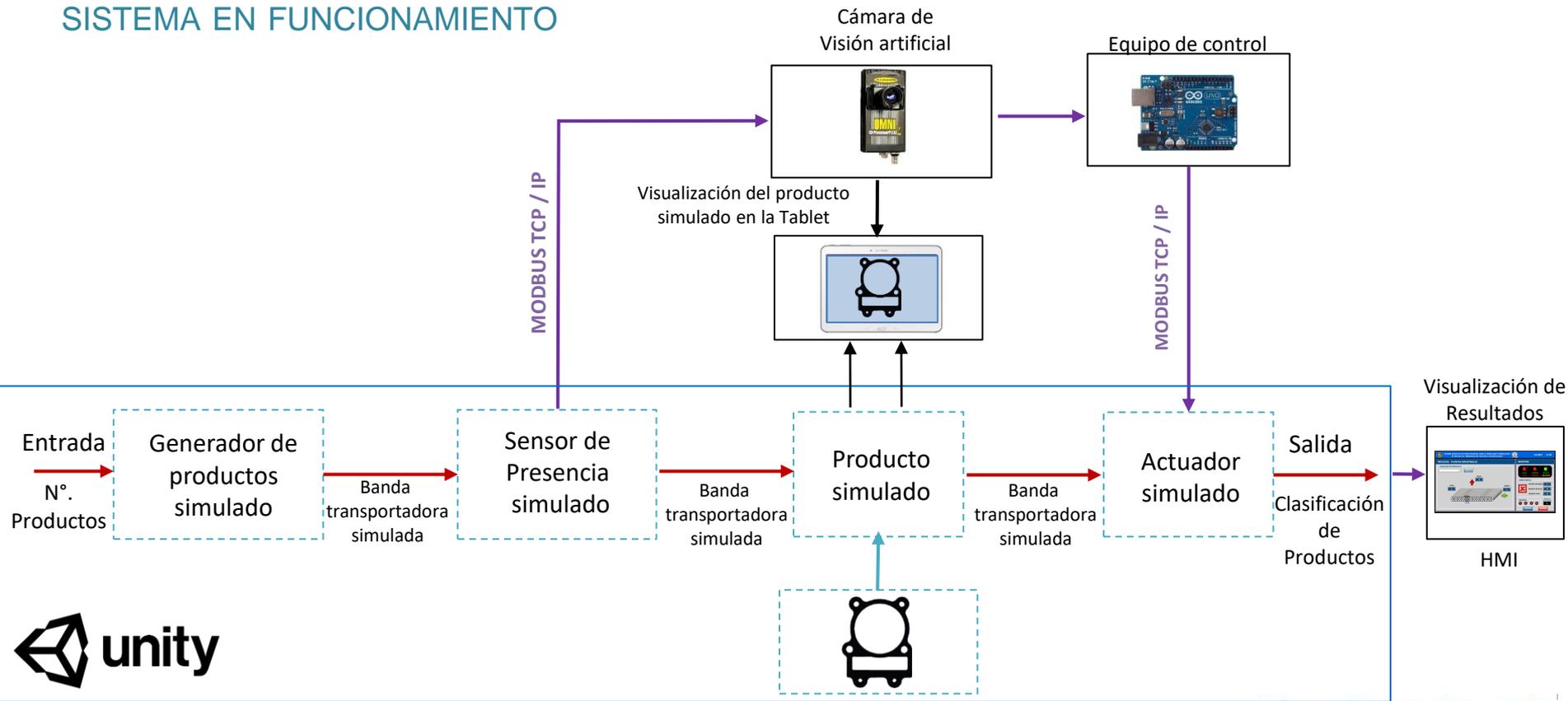
SALIDAS:

PRODUCTO SELECCIONADO:



# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

## SISTEMA EN FUNCIONAMIENTO



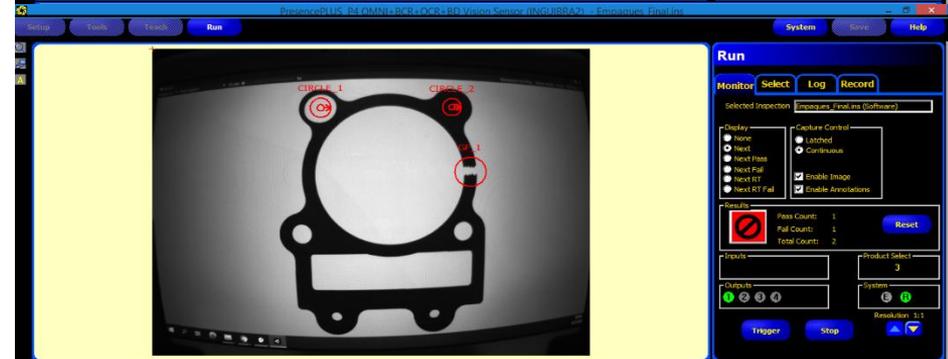
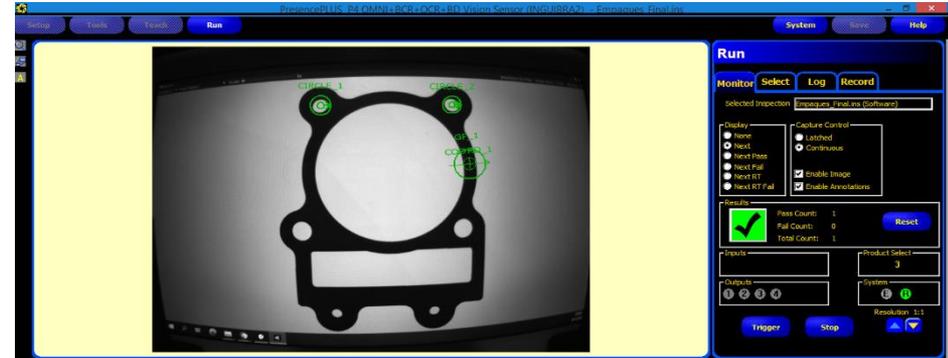
# AGENDA

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN
- 3 RESULTADOS
- 4 CONCLUSIONES
- 5 RECOMENDACIONES



# RESULTADOS

## CÁMARA DE VISIÓN ARTIFICIAL



# RESULTADOS

## CÁMARA DE VISIÓN ARTIFICIAL

Selected Inspection: Fiscal\_Finanzas (Software)

Display:  None  Latched  Continuous

Capture Control:  Latched  Continuous

Results:  Pass  Fail

Pass Count: 1  
Fail Count: 0  
Total Count: 1

Selected Inspection: Fiscal\_Finanzas (Software)

Display:  None  Latched  Continuous

Capture Control:  Latched  Continuous

Results:  Pass  Fail

Pass Count: 1  
Fail Count: 0  
Total Count: 1

Selected Inspection: Fiscal\_Finanzas (Software)

Display:  None  Latched  Continuous

Capture Control:  Latched  Continuous

Results:  Pass  Fail

Pass Count: 1  
Fail Count: 1  
Total Count: 2

Selected Inspection: Fiscal\_Finanzas (Software)

Display:  None  Latched  Continuous

Capture Control:  Latched  Continuous

Results:  Pass  Fail

Pass Count: 1  
Fail Count: 1  
Total Count: 2



# RESULTADOS

## PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

### PLANTA: Envasado de agua-embotelladora

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (Botellas)	Cámara	HMI
P. Buenos	12	12	12
P. Malos	8	8	8
P. Total	20	20	20

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (Botellas)	Cámara	HMI
P. Buenos	10	10	10
P. Malos	10	10	10
P. Total	20	20	20

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (Botellas)	Cámara	HMI
P. Buenos	18	18	18
P. Malos	2	2	2
P. Total	20	20	20

### PLANTA: Fabricación de empaques de motor

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (EMPAQUES)	Cámara	HMI
P. Buenos	10	10	10
P. Malos	9	9	9
P. Total	19	19	19

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (EMPAQUES)	Cámara	HMI
P. Buenos	7	7	7
P. Malos	8	8	8
P. Total	15	15	15

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (EMPAQUES)	Cámara	HMI
P. Buenos	14	14	14
P. Malos	3	3	3
P. Total	17	17	17



# RESULTADOS

## PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

### PLANTA: Fabricación de placas PCB

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (PCB)	Cámara	HMI
P. Buenos	11	11	11
P. Malos	9	9	9
P. Total	20	20	20

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (PCB)	Cámara	HMI
P. Buenos	10	10	10
P. Malos	10	10	10
P. Total	20	20	20

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (PCB)	Cámara	HMI
P. Buenos	16	16	16
P. Malos	4	4	4
P. Total	20	20	20

### PLANTA: Fabricación de blíster de pastillas

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (BLISTER)	Cámara	HMI
P. Buenos	10	10	10
P. Malos	8	8	8
P. Total	18	18	18

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (BLISTER)	Cámara	HMI
P. Buenos	6	6	6
P. Malos	9	9	9
P. Total	15	15	15

Productos generados	PRODUCCIÓN ESPERADA	PRODUCCIÓN REAL	
	Entorno virtual (BLISTER)	Cámara	HMI
P. Buenos	14	14	14
P. Malos	3	3	3
P. Total	17	17	17



# AGENDA

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN
- 3 RESULTADOS
- 4 CONCLUSIONES
- 5 RECOMENDACIONES



# CONCLUSIONES

- De la investigación realizada se obtienen cuatro líneas de producción: embotelladora, empaques de motor, placas PCB y blíster, las mismas que por sus características requieren la inspección de calidad de los productos terminados, permitiendo la configuración y programación de la cámara de visión artificial en sistema didáctico implementado.
- Los entornos virtuales desarrollados presentan un funcionamiento adecuado, y generan un alto nivel de realismo ya que la cámara de visión artificial detecta todos los detalles diseñados, y permite realizar el análisis como si de un proceso real se tratara.
- La iluminación es de gran importancia en la configuración de la cámara de visión artificial, para el sistema implementado se generó la iluminación mediante la regulación del brillo de la Tablet, lo que permitió la correcta detección y análisis de imágenes, presentando un porcentaje de eficiencia del 100 %.

# CONCLUSIONES

- La interfaz HMI implementada proporciona al sistema didáctico una similitud con la línea de inspección y verificación de procesos productivos reales; ya que mencionada interfaz humano máquina proporciona información clara y precisa del funcionamiento en los procesos productivos virtualizados, así como permite su inspección y análisis.
- Se realizó la comunicación industrial entre la cámara de visión artificial, el equipo de control (Arduino Uno), computadores con los entornos virtuales, mediante el protocolo de comunicación industrial Modbus TCP/IP, el mismo que proporciona una conectividad en tiempo real y permite establecer una correcta transferencia de datos entre los dispositivos del sistema didáctico sin pérdida de información.
- Se validó el funcionamiento del sistema didáctico sometiénolo a varias pruebas experimentales para cada uno de los entornos virtuales, y verificando que el resultado final de la cámara de inspección visual avanzada y el HMI generen y reciban respectivamente la misma cantidad de datos de los procesos virtualizados.

# AGENDA

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN
- 3 RESULTADOS
- 4 CONCLUSIONES
- 5 RECOMENDACIONES



# RECOMENDACIONES

- Verificar que los elementos que vayan a formar parte del sistema sean parte de la red privada Ethernet antes de ejecutar el proceso virtual.
- Para que el entorno virtual trabaje de manera correcta el computador en el cual se ejecutara debe tener las características mínimas de software y hardware siguientes: procesador Core I7, 8 Gb de memoria RAM y 4 Gb de memoria en la tarjeta de video.
- Si se va a analizar otro producto que no esté dentro de los entornos simulados recordar que la iluminación juega un papel importante en el proceso de inspección al usar una cámara de inspección visual avanzada.

# AGRADECIMIENTOS

Extendemos nuestro agradecimiento:

