

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

# **Detección de faltante de pernos mediante visión artificial**

Diego Alejandro Herrera Jaramillo

Ingeniería Mecatrónica

Julio Alberto Casas Monroy

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**2017**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## RESUMEN

---

Durante el ejercicio de la práctica profesional en Renault SOFASA se detectó un problema que afectaba notablemente la producción cuando éste aparecía, el cual es conocido como “faltante de pernos”, cuyo proceso se ubica en el área de soldadura, es una serie de instalaciones por soldadura de unos tornillos guías en el cofre del motor, guías que más adelante serán utilizadas para la instalación del motor y todos sus componentes que pueda contener el cofre.

Cuando este problema aparecía, se detenía la línea de producción y se desmontaba la cabina para ser devuelta al inicio del proceso en soldadura, cabe resaltar que la cabina ya había pasado por el taller de pintura y se detectaba en un puesto del taller de ensamble donde usaban estos pernos para instalar las respectivas partes que la gama del automóvil en el cofre del motor, dicho problema se hacía muy complicado de detectar manualmente y sobrepasaba el ciclo de inspección de calidad que tiene un operario.

Para lo enunciado anteriormente se desarrolló una inspección de pernos en el cofre del motor utilizando un controlador industrial (PLC) con su diseño de programación en TIA V13, éste a su vez conectado a una cámara de visión artificial como tarjeta de adquisición de datos y un computador portátil para analizar y visualizar el proceso de inspección, dichos componentes comunicados bajo la topología de red PROFINET.

*Palabras clave:* Pernos, PLC, TIA V13, cámara de visión artificial, PROFINET

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## RECONOCIMIENTOS

---

Primeramente, agradezco a mi padre y a mi madre por infundirme la educación y el conocimiento como la mejor herencia que me pudieran dar, a su sacrificio y apoyo durante toda la vida para formarme como ingeniero que era un sueño de mi padre.

A mi abuela paterna Maria Teresa Zapata de Herrera que me apoyó en una época difícil de mi vida y mantenía pendiente de mi progreso académico.

Al profesor Wimar Moreno, quien fuera de su amistad, impulsó mi deseo de aprender y desarrollar una mente crítica.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## ACRÓNIMOS

---

PLC, Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).

TIA V13, Totally Integrated Automation (Automatización total integrada) Versión 13

H79, Código interno para describir a la camioneta urbana Renault Duster

B52, Código interno para describir al automóvil Renault Sandero

L52, Código interno para describir al automóvil Renault Logan

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

# TABLA DE CONTENIDO

## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN .....	6
1.1.	Generalidades.....	6
1.2.	Objetivo General.....	7
1.2.1.	Objetivos específicos.....	7
2.	MARCO TEÓRICO .....	8
2.1.	Sistema de la visión artificial.....	10
2.1.1.	Etapas de captura.....	10
2.1.2.	Etapas de pre-procesamiento.....	11
2.1.2.1.	Técnicas de pre-procesamiento.....	11
2.1.3.	Etapas de segmentación.....	16
2.1.3.1.	Segmentación por discontinuidad.....	16
2.1.3.2.	Segmentación por umbral.....	17
2.1.4.	Técnicas de iluminación.....	17
2.2.	Sistema de control industrial.....	19
2.2.1.	Tipo de controlador.....	19
2.2.2.	Lenguaje de programación.....	20
2.2.2.1.	TIA Portal (Totally Integrated Automation).....	21
2.2.3.	Instrumentación.....	22
2.2.4.	Tipo de red.....	22
2.2.4.1.	Comunicación Profinet.....	24
2.3.	Sistema eléctrico y dispositivos.....	24
2.3.1.	Elementos de protección eléctrica.....	24
2.3.2.	Dispositivos.....	26
3.	METODOLOGÍA .....	28
3.1.	Situación antes de la intervención.....	28
3.2.	Sistema de visión artificial.....	29
3.3.	Diseño de control de PLC.....	31
3.4.	Visualización de la inspección.....	31
3.5.	Diseño Eléctrico.....	32
3.6.	Diseño Mecánico.....	32
3.7.	Modo de operación.....	32
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	39
5.1.	Recomendaciones.....	40
5.2.	Trabajo Futuro.....	40
	REFERENCIAS.....	41
	APÉNDICE .....	43

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Generalidades.

Las cámaras de visión artificial son parte clave de la rama de la inteligencia artificial y es de las aplicaciones más comunes que se encuentran para el campo industrial, ya que por su fácil implementación e instalación permiten servir como apoyo a un puesto de operación, o bien sea, confiarle toda una operación a este sensor óptico, su versatilidad le permite operar desde procesos de producción en masa pasando por industria alimenticia y operaciones tan críticas como en el campo clínico en la detección de imágenes microscópicas.

Por lo que la industria automotriz no se hizo ajena a esta tecnología y la ha venido adaptando a sus necesidades, ya que éstas optimizan y aceleran procesos de producción y calidad (Industrial Photonics, 2016) en procesos tan comunes como la detección de imperfecciones en superficies o piezas deformes que pasen imperceptibles al ojo humano, como el caso de la fábrica Almussafes en Valencia – España, ensambladora de la marca Ford en 2008, donde se desarrolló un puesto de calidad por visión artificial para la pintura y se detecta más del 90% de defectos que manualmente antes no (Infaimon Vision Artificial, 2016), situaciones como las descritas anteriormente suceden en la fábrica ensambladora de automóviles Renault en Colombia, uno de estos ocurre al finalizar todo el proceso de soldadura en la primera etapa de la construcción de un automóvil, allí se ubica un puesto de calidad donde se buscan imperfecciones y uno de ellos es verificar el número y la posición de los pernos soldados en el cofre del motor, para lo que un operario le tomaría mucho tiempo analizar, cabe resaltar que no es solo una gama de automóvil por lo que las condiciones de número y posición varían para cada uno de ellos, este proceso ocupaba mucho tiempo del ciclo establecido para el operario del puesto, debido a que se debía inspeccionar, además de dicho problema, abolladuras, piezas mal encajadas, etc.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

Situación que obligaba a contratar un operario adicional dedicado a la inspección de los pernos o bien extender el ciclo de operación de todo el taller de soldadura para abarcar todas las necesidades de este puesto y no generar una desincronización entre puestos de operación.

## **1.2 Objetivo general.**

Detectar faltante de pernos.

### **1.2.1 Objetivos Específicos.**

- Diseñar el sistema de control en el PLC.
- Diseñar el control de detección en el software de la cámara.
- Adecuar el puesto de operación para el correcto funcionamiento del proyecto.

## **1.3 Organización de la tesis.**

Este documento se compone de cinco apartados que describen el desarrollo de un sistema de visión artificial apoyado de un controlador industrial que se compone de:

En el primer apartado se muestra la introducción que describe y justifica el desarrollo del proyecto

A continuación, en el apartado dos, se muestra el marco teórico donde se explica académicamente los conceptos, teorías y componentes electrónicos utilizados para llevar a cabo la solución

Para el apartado número tres, se detalla la metodología que abarca desde el planeamiento, cotizaciones y desarrollo de software

En el cuarto apartado se muestran los resultados del proyecto y sus similares realizados por otras personas en el mundo

Por último, en el quinto apartado se exponen tanto conclusiones como recomendaciones y los posibles desarrollos para mejorar la robustez del proyecto

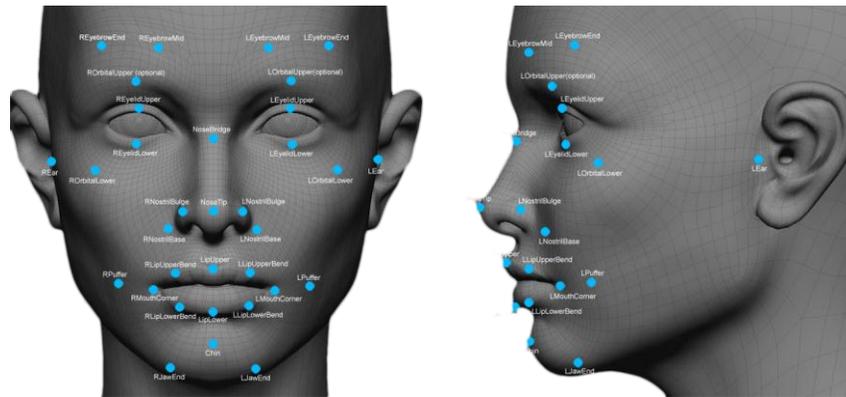
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## 2. MARCO TEÓRICO

---

La visión artificial o visión por computador como rama tecnológica de la inteligencia artificial, surge primeramente en la década de los 60 al conectar una simple cámara de video a un computador y visualizarlo, a partir de allí, al ver que se podía manipular la información proveniente de la cámara, empiezan a aparecer investigadores como Larry Roberts, a quien se le conoce como pionero de esta ciencia, que usó una cámara de video para hacer las veces de ojos en un robot para reconstruir el espacio en el que se ubicara, éste gran avance ocurrido en 1961 se conoce como el “mundo de los microbloques” (Universidad Rey Juan Carlos, 2006), Años más tarde, precisamente en 1982, dos miembros de la IEEE Roland T. Chin y Charles A. Harlow mostraron al mundo numerosos documentos que comprendían artículos, reportes y aplicaciones de la que se destaca la inspección automatizada en la producción en masa de tarjetas electrónicas, alineaciones de ensamble, etc. Donde en este estudio se resaltaba la aceleración de la producción con mayor calidad, la eliminación de la mano de obra y la obtención de información que arrojarían datos estadísticos de la producción (Chin & Harlow, 1982), de esta manera no habría un gran avance en este campo hasta 10 años más tarde donde en el “boom” del desarrollo de computadoras con mejor rendimiento en procesamiento de información, permitiría a su vez el avance en desarrollo de procesamiento de imágenes para diferentes aplicaciones académicas e industriales, como por ejemplo el inicio de la detección de rostros y huellas dactilares.

Para la última década, la visión artificial ya es una tecnología con un enorme desarrollo y aplicado para diversos espacios de la sociedad como lo es la ciencia, la industria y el entretenimiento, en soluciones como seguridad biométrica, reconocimiento facial, detección de partículas cancerígenas, apoyo para la decisión en un deporte, etc.



**Figura 1.** Reconocimiento Facial. **Fuente:** HKSL Soluciones

Al mirar más detenidamente en la industria se encuentran procesos similares al que se expone en este trabajo, como lo es la planta de producción de automóviles en conjunto con el Instituto de Diseño y Fabricación de Automoción (IDF) en Valencia – España, quienes resaltan la importancia y la necesidad de aplicaciones por visión artificial, que en este caso lo desarrollan para el control de calidad de pintura aplicado en las carrocerías, “En las factorías de coches de hoy en día, operarios especializados inspeccionan las carrocerías pintadas buscando defectos sobre las mismas. Se estima que más de un 50% de los defectos menores no son detectados en el corto tiempo de paso de las carrocerías por la zona de inspección. Los defectos no detectados constituyen fuentes de corrosión que reducen la vida de la carrocería. No obstante, si los defectos se detectan fuera de la factoría, ya en los concesionarios o por el cliente, su reparación es muy costosa” (Instituto de Diseño y Fabricación de automoción, 2014), este proyecto trataba sobre la detección de imperfecciones en la aplicación de la pintura en la carrocería, haciéndolo pasar por un túnel con cámaras de visión artificial e iluminación ubicadas estratégicamente (Véase figura 2).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24



**Figura 2.** Túnel para el control de calidad de la pintura. **Fuente:**

[http://controlcalidad.institutoidf.com/descargas/folleto\\_control\\_calidad.pdf](http://controlcalidad.institutoidf.com/descargas/folleto_control_calidad.pdf)

De esta misma manera la industria automovilística se apoya con la visión artificial no solo en aplicaciones de pintura, sino en soldadura, donde ya sea para inspeccionar puntos de soldadura como este proyecto lo expone o para soldar piezas metálicas por ayudado de brazos robóticos.

## **2.1 Sistema de Visión Artificial.**

A continuación, se explicará la teoría necesaria para comprender el funcionamiento del sistema de adquisición de visión artificial, se hablará de las etapas de procesamiento y las técnicas de iluminación.

### **2.1.1 Etapa de Captura.**

Esta primera etapa es la primordial para que el procesamiento digital de la imagen sea sencillo, donde la correcta selección de iluminación y la cámara en sus características de velocidad de captura, envío de datos y resolución juegan un papel importante para el funcionamiento óptimo, cabe resaltar que la cámara no es el único medio de obtención de imágenes, pues también existen scanner.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

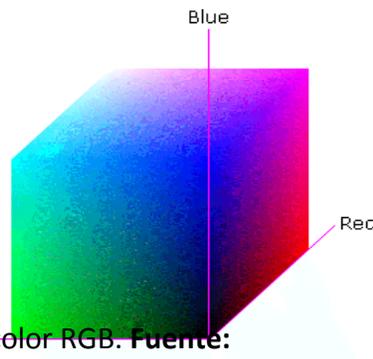
## 2.1.2 Etapa de pre-procesamiento.

En esta etapa se comienzan con las técnicas de mejoramiento de imagen para extraer la información de manera más sencilla, donde se pueden aplicar técnicas para realzar bordes, para suavizar texturas, filtrar ruidos, cambiar el espacio de color, etc.

### 2.1.2.1 Técnicas de pre-procesamiento.

Para iniciar, se define el espacio de color en el que se va a trabajar una imagen, que por lo general es en un espacio de color llamado, Escala de grises, aunque también existen otros espacios muy conocidos como el RGB, HSV, entre otros.

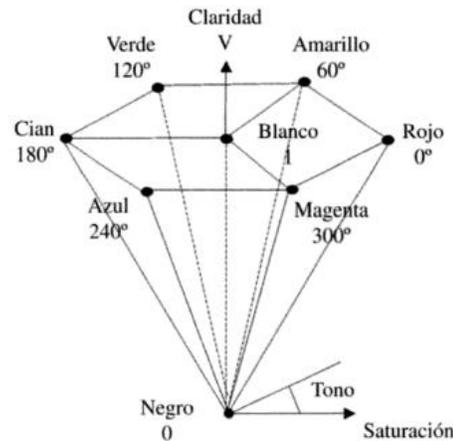
- RGB (Red, Green, Blue): espacio de color (Véase figura 3) estandarizado internacionalmente en el año 1931 por la CIE (Commission Internationale pour l'Éclairage), y es conocido como la representación aditiva de los colores por superposición (Muñoz, 2008).



**Figura 3.** Espacio de color RGB. Fuente:

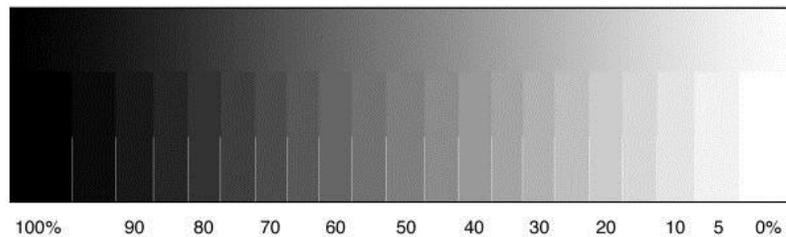
<https://msdn.microsoft.com/ko-kr/dd372185>

- HSV (Hue, Saturation, Value): En castellano sería Tono, saturación, luminosidad, es un espacio de color desarrollado en 1978 por Alvey R. Smith, quien se inspiró en la manera como los pintores le daban el toque realístico a través de los pilares que rigen este espacio (Tono, saturación, luminosidad) (Artigas, Pascual, & Jaume, 2002)(Véase figura 4).



**Figura 4.** Espacio de color HSV representado en un cono hexagonal donde cada arista es una característica. **Fuente:** Fundamentos de Colorimetría, 2002, p.114.

- Escala de grises: describe un vector que empieza desde 0 (Negro) hasta 255 (Blanco) donde cada pixel de la imagen a color tiene una representación de gris en sus colores (Véase figura 5).



**Figura 5.** Escala de grises. **Fuente:**

<https://www.inksupply.com/quadtone.cfm>

Una vez se tiene el espacio de color definido, las técnicas de pre-procesamiento aparecen para resaltar las características necesarias en la imagen, algunas de ellas son:

- Operaciones morfológicas: las primeras operaciones conocidas parten de la teoría de operaciones matriciales, donde al aplicar una trasposición de imagen a partir de su matriz de pixeles, éste se va a ver reflejado en una imagen girada

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

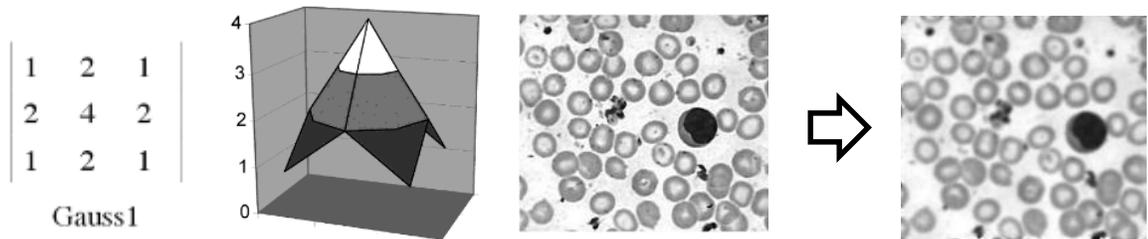
tantas veces como el valor haya sido, además de trasponer, también existe el escalado, la traslación y rotación de imágenes donde el usuario conjuga estas operaciones para darle la posición que se desee, por otro lado también se pueden agregar efectos visuales conocidos como la erosión que trata de la eliminación de píxeles en las fronteras de la imagen, estas fronteras hacen referencia a un cambio abrupto en la tonalidad del color, por otro lado, está la dilatación, técnica opuesta a la mencionada anteriormente, pues esta adiciona píxeles a las fronteras de la imagen, además de lo mencionado anteriormente hay operaciones aritméticas entre imágenes (Véase figura 6) que son muy comunes para comparar y resaltar diferencias entre una u otra imagen, también se utiliza para aumentar o disminuirle brillo a una imagen con una simple suma o resta de una constante a toda la imagen (Elizondo & Luis Enrique, 2005).



**Figura 6.** Suma de imágenes. **Fuente:** Fundamentos para el procesamiento de imágenes, 2005, p.20.

- Filtro de ruidos: el ruido para cualquier campo tecnológico es conocido como información no deseada, para lo cual se diseñaron filtros dependiendo del patrón que identificara el ruido, para el caso del pre-procesamiento de imágenes hay tres tipos de ruidos muy comunes
  - I. Ruido Gaussiano: Como su nombre lo indica, este ruido denota un comportamiento de distribución probabilística gaussiana (Martínez, s.f.) (Véase figura 7). Existe un filtro diseñado para este tipo de ruido conocido como filtro

gaussiano, el cual se ejecuta con una matriz cuadrada (Véase figura 7) donde la posición central tiene mayor peso y a partir de allí las posiciones empiezan a tener un peso menor al central, dicha matriz recorre toda la imagen analizando pixel a pixel con sus vecinos cercanos aplicando la media gaussiana en el pixel de la posición central de la matriz (Grau, 2011), cuyo efecto sobre la imagen es una atenuación o degradación visual, con efecto similar a los filtros pasa baja o de media aritmética lineal, pues aproxima pixeles muy diferentes en relación a su vecindad.



**Figura 7.** Ejemplo de mascara gaussiana para aplicar sobre imagen. **Fuente:** Técnicas de análisis de imagen, (2a ed.): Aplicaciones en Biología, 2011, p. 147-148.

- II. Ruido Sal y pimienta: es denominado así debido a su aparición de puntos blancos y negros aleatoriamente (Véase figura 8).



**Figura 8.** Imagen <sup>(a)</sup> sin ruido, <sup>(b)</sup> con ruido sal y pimienta.

**Fuente:** [http://dmi.uib.es/~ygonzalez/VI/Material\\_del\\_Curso/Teoria/Tema5\\_Filtrado.pdf](http://dmi.uib.es/~ygonzalez/VI/Material_del_Curso/Teoria/Tema5_Filtrado.pdf)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

Cuando dicho ruido se presenta, hay una opción muy utilizada en el procesamiento de imágenes, conocido como el filtro de la mediana, cuya función consiste en analizar todos los valores de la vecindad del pixel de interés, ordenarlos en orden creciente y tomar el valor  $(N-1) / 2$  y reemplazarlo por el pixel en cuestión (Gian Franco Passariello & Fernando )

- III. Ruido Uniforme: posee una distribución uniforme en la imagen, resultado de la superposición de pixeles o la interferencia de una señal periódica (Universidad de las islas Baleares, 2012) (Véase figura 9).



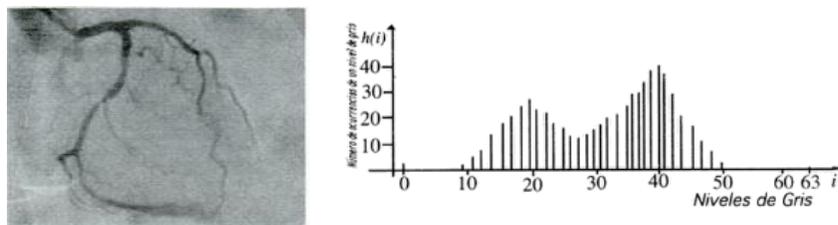
**Figura 9.** Imagen (a) sin ruido, (b) con ruido uniforme. **Fuente:** [http://dmi.uib.es/~ygonzalez/VI/Material\\_del\\_Curso/Teoria/Tema5\\_Filtrado.pdf](http://dmi.uib.es/~ygonzalez/VI/Material_del_Curso/Teoria/Tema5_Filtrado.pdf)

Dicho ruido, también se contrarresta con el filtro no lineal de la mediana, ya que este ruido presenta un comportamiento parecido al de Sal y pimienta.

- Histograma: el manejo del histograma es una herramienta muy útil a la hora de darle nitidez a una imagen, consiste en una distribución de la intensidad de los pixeles que contiene una imagen (Gian Franco Passariello & Fernando ), ésta

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

herramienta es bidimensional, por lo que se utiliza generalmente en una imagen en escala de grises, pero, se puede aplicar de igual manera para imágenes en otro espacio de color, solo que existiría un histograma por dimensión del espacio (Ej. Espacio de color RGB, Histograma para R “Red”, otro para G “Green” y finalmente para B “Blue”), sus principales aplicaciones para el mejoramiento de imágenes consiste en el control del brillo, binarización de imágenes, obtener el negativo de la imagen y mejorar contrastes(Véase figura 10).



**Figura 10.** Histograma de una radiografía digitalizada. **Fuente:** Fundamentos para el procesamiento de imágenes, 2005, p.62.

### 2.1.3 Etapa de segmentación.

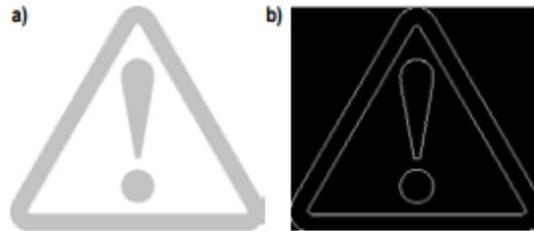
En esta etapa se detecta las regiones de interés de la imagen binarizada a través de algoritmos discriminatorios enfocados en la detección de bordes, en la segmentación se decide el éxito o fracaso del análisis por visión artificial ya que se considera la etapa más difícil en el procesamiento de imágenes y depende mucho del pre-procesamiento o bien de un buen algoritmo de detección de regiones, aquí se presenta las técnicas más comunes para la segmentación de imágenes, que se agrupan en dos maneras de segmentar.

#### 2.1.3.1 Segmentación por discontinuidad.

Trata sobre analizar una imagen y detectar cambios abruptos en el nivel de gris, por medio de uno de los métodos más comunes para esta tarea conocido como la detección de bordes, más específicamente, el operador gradiente o derivada de primer orden(Véase figura 11), cuyo funcionamiento permite encontrar, a través de una sub-matriz conocida normalmente

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

como “Kernel”, lugares de la imagen que cambian rápidamente de intensidad comparado a un umbral determinado por el usuario (Palomino & Concha, 2007).



**Figura 11.** Detección de bordes por el método del gradiente. **Fuente:** [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2009\\_n2/v6n2/a02v6n2.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2009_n2/v6n2/a02v6n2.pdf)

### 2.1.3.2 Segmentación por Umbral.

Esta técnica es la más común y la más rápida de ejecutar, puesto que, a través de un kernel, se recorre toda la imagen y se binariza según la condición de umbral que se haya seleccionado en la escala de grises entre un rango de 0 a 255 (0 para negro y 255 para blanco) (Véase figura 12).



**Figura 12.** Umbralización de imagen. **Fuente:** <http://docplayer.es/12217467-Sistema-de-vision-por-computador-para-detectar-hierba-no-deseada-en-prototipo-de-cultivo-de-frijol-usando-ambiente-controlado.html>

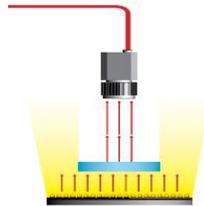
### 2.1.4 Técnicas de Iluminación.

La iluminación juega un papel crucial para el buen funcionamiento de la cámara de visión artificial, ya que éste se ve afectado por la varianza en la intensidad de luz y puede o no funcionar en ciertos rangos de iluminación y es difícil y casi un error compensarlo con

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

técnicas y algoritmos de mejoramiento de imagen , además puede afectar la fiabilidad del sistema, la exactitud y el tiempo de respuesta (Universidad Nacional de Quilmes, 2005) y no todo tipo de iluminación favorece el óptimo funcionamiento de un sistema, por lo que a continuación se mostrará los tipos de iluminación más empleados en la industria para la visión artificial.

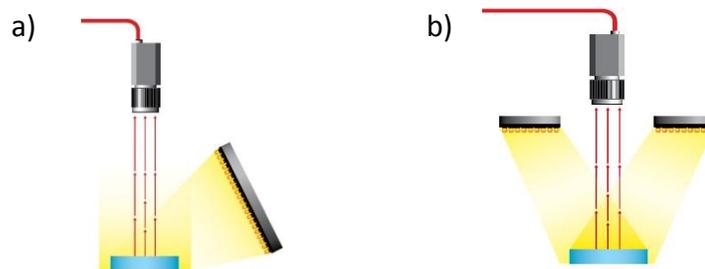
- Backlight (Iluminación por contraste): es una iluminación ubicada detrás del objeto para resaltar su contorno y sus agujeros con un contraste muy alto (Universidad Nacional de Quilmes, 2005) (Véase figura 13).



**Figura 13.** Iluminación Backlight. **Fuente:**

<http://www.infaimon.com/es/iluminacion-por-contraste-backlight>

- Axial u Oblicua: este método utiliza la iluminación frontal hacia el objeto sea axial donde la iluminación va en la misma dirección que el vector del lente u oblicua donde se posiciona la iluminación con un ángulo o dirección diferente al que tiene el lente (Véase figura 14).

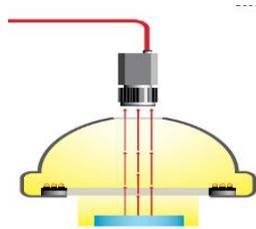


**Figura 14.** A) Iluminación Oblicua, B) Iluminación axial. **Fuente:**

<http://www.infaimon.com/es/iluminacion-frontal>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

- Cloudy Day Illumination (CDI): consta de un domo que propaga la iluminación en todas las direcciones para disminuir lo máximo posible la presencia de sombras, por lo general este tipo de iluminación es para aplicaciones tan críticas que una sombra arrojaría errores en el sistema (Véase figura 15).



**Figura 15.** Iluminación CDI. **Fuente:**

<http://www.infaimon.com/es/iluminacion-difusa-tipo-domo>

- Otros tipos: las anteriores técnicas de iluminación fueron aplicadas bajo el mismo principio de frecuencia de onda, pero también existen otras frecuencias de iluminación implementadas en la industria como la Infrarroja, ultravioleta que ambas resaltan aspectos que bajo la frecuencia de onda que normalmente se utiliza para la vida diaria no aparecerían y la iluminación láser que se utiliza para aplicaciones en 3D, donde surge la necesidad de determinar profundidades.

## 2.2 Sistema de control Industrial.

En esta sección se contempla la teoría necesaria para comprender el funcionamiento del proyecto presentado visto desde el controlador industrial en sus componentes de Tipo de controlador, lenguaje de programación, instrumentación y tipo de red.

### 2.2.1 Tipo de controlador.

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo modular que se encarga de gobernar un conjunto de actuadores y sensores para imitar un proceso anteriormente

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

manual, que gracias a su robustez ante ruidos y perturbaciones ambientales logra mantener el propósito de su programación.

Hoy en día existe una gran variedad de controladores industriales como lo son Allen Bradley, Rockwell, Schneider, Mitsubishi y Siemens, que para este caso se implementó Siemens en su gama de PLC's "S7-1200" (Véase figura 16) debido a que su configuración es la ideal para el dimensionamiento del proyecto, dicha gama se alimenta desde 110 VAC hasta 220 VAC y se compone de un conjunto de 8 entradas y 6 salidas digitales, 2 entradas y 2 salidas análogas además de un puerto de comunicación RS232 el cual es llamado PROFINET y una ranura de memoria extraíble (Siemens Industry, 2009), como se dijo anteriormente, los PLC's son modulares lo que significa que se le pueden agregar otros bloques que pueden ser extensión de módulos de entradas y salidas tanto análogos como digitales, además de módulos de diferente protocolo de comunicación siendo el más común PROFIBUS.



**Figura 16.** PLC S7-1200 Siemens. **Fuente:**

<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

### **2.2.2 Lenguaje de programación.**

Los PLC's SIEMENS son programados bajo dos softwares de la misma marca conocidos como STEP 7 y TIA Portal (Totally Integrated Automation) que para el caso de la gama S7-1200 solo es posible programarse en TIA Portal, ambos softwares están diseñados para programar de igual manera y a través de la opción de migración se puede visualizar un programa en uno u otro software de los anteriores mencionados, la diferencia radica en las

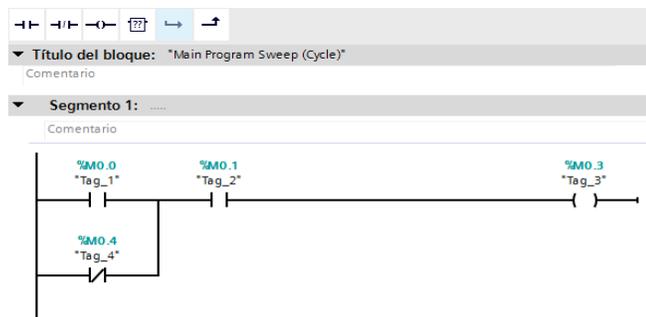
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

herramientas para visualizar y monitorear el proceso en curso ya que STEP 7 es una extensión de programación de TIA Portal.

### 2.2.2.1 TIA Portal (Totally Integrated Automation).

Este software es la principal plataforma de programación de Siemens para PLC's y HMI's (Human Machine Interface) además, te permite visualizar en tiempo real la ejecución de la programación y si es necesario la intervención en tiempo real a través de una nueva programación y su diseño de control se puede definir bajo tres lenguajes de programación los cuales son:

- KOP o Ladder (Véase figura 17): Siendo este el lenguaje de programación preferido en la industria por su amigable interfaz y su sencillez para comunicar la lógica del programador, ya que el entorno de programación es a través de bloques que se conectan con líneas y se compara con planos eléctricos por la existencia de elementos básicos de esta programación como lo son contactos y bobinas (Vásquez, 2010).



**Figura 17.** Lenguaje KOP. **Fuente:** Autor

- AWL (Véase figura 18) : Es el lenguaje de programación universal dentro de los 3 tipos, ya que cualquier tipo de lenguaje que se use, finalmente será traducido por el PLC a AWL, este entorno requiere un poco más de experticia y orden, ya que a diferencia de KOP, éste es programación alfanuméricamente y al ser universal significa que puedes hacer instrucciones que en otro tipo de lenguaje

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

no se podría como por ejemplo utilizar apuntadores para una base de datos que en KOP o FUP no es posible, para este tipo de lenguaje de programación se tiene manual de instrucciones y de parámetros debido a su extenso conjunto de comandos.

```

FB77 : Titulo:
FB para hacer reportes con el numero de cabinas

[Segm. 1]: FC de tiempo y fecha
CALL "READ_CLK"          SFC1          -- Read System Clock
RET_VAL:=#Auxiliares.Error_reloj  #Auxiliares.Error_reloj
CDT :=#Tiempo            #Tiempo
NOP 0

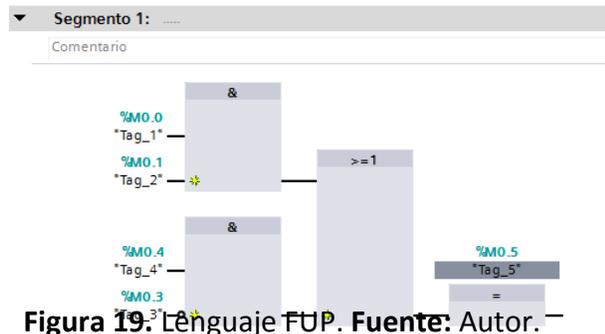
[Segm. 2 : Apuntadores para Hora min y seg

LAR1 P##Tiempo
L B [AR1,P#3.0]
T #Auxiliares.Hora_BCD #Auxiliares.Hora_BCD
L B [AR1,P#4.0]
T #Auxiliares.Minuto_BCD #Auxiliares.Minuto_BCD
L B [AR1,P#5.0]
T #Auxiliares.Seg_BCD #Auxiliares.Seg_BCD

```

**Figura 18.** Lenguaje AWL. Fuente: Autor

- FUP (Véase figura 19): Tiene el mismo alcance de la programación KOP con la diferencia de ser conocido como el lenguaje gráfico de la lógica booleana, debido a su gran similitud con los planos electrónicos de compuertas lógicas.



**Figura 19.** Lenguaje FUP. Fuente: Autor.

### 2.2.3 Instrumentación.

Dentro de todo el conjunto de control automático, constituye la parte sensorial y de medición para el correcto funcionamiento de un sistema autómatas, esto ha favorecido tanto la evolución de la industria en cuanto a calidad y producción que hoy en día es

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

inimaginable la industria moderna sin instrumentos (Solé, 2011), ya que se logra un nivel de trabajo constante y más eficaz que la producción neta de la mano de obra.

Dentro de un sistema de control, son los sensores quienes dan información sobre la situación actual del sistema a controlar y es por ello que forman parte fundamental dentro del diseño de sistemas autómatas y parte del gran desarrollo en masa que hoy el mundo industrial experimenta es gracias al avance en paralelo de los sensores.

Hay gran variedad de sensores conocidos, entre ellos, los digitales, análogos, scanner y cámaras

- Digital: Son los sensores que solo presentan dos estados de información y mandan la señal eléctricamente (24 VDC o 0 VDC) interpretándose como un uno “1” o un cero “0” lógico, dentro de estos se destacan tres grandes conjuntos que son los sensores reflectivos, capacitivos e inductivos donde el primero detecta cualquier objeto que interrumpa su emisión de rayo láser al receptor, el segundo conjunto a diferencia del tercero se destaca por detectar en su área de trabajo cualquier objeto de cualquier material que se cruce, mientras que el tercero solo detecta material de conducción eléctrica.
- Análogos: estos por otro lado son sensores de información continua y tienen un amplio rango de información eléctrica sea por tensión o por corriente, ya que donde se implementan este tipo de sensores es porque se desea saber magnitudes físicas como distancias, velocidades, fuerza, presión, temperatura, etc.
- Scanner y cámaras: son sensores dedicados exclusivamente a emular la visión humana, son utilizados para digitalizar la información de manera gráfica, estos a diferencia de los anteriores enunciados, necesitan otro protocolo de envío y recepción de información diferente de la eléctrica.

Para el caso de este proyecto el tipo de sensor utilizado fue una cámara cuya referencia es BOA del fabricante TELEDYNE DALSA, que se comunica a través de RS232.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

#### **2.2.4 Tipo de red.**

Existen varios protocolos de comunicación industrial como el profibus, profinet, AS-I, DeviceNet, etc. Donde se implementan dependiendo de su jerarquía de información, el que presenta este proyecto se puede catalogar como una comunicación profinet con una topología de red en anillo, ya que se conecta un computador portátil, un PLC y una cámara de visión artificial.

##### **2.2.4.1 Comunicación Profinet.**

Perteneciente al conjunto de protocolo de ethernet industrial, profinet utiliza una comunicación basada en TCP/IP (Siemens Industry, 2017), que permite una comunicación en tiempo real ya que su ciclo de envío y recepción de datos para un arreglo de topología de red en anillo es menor a 200ms y permite una configuración robusta hasta de 50 dispositivos enlazados a esta red.

#### **2.3 Sistema eléctrico y dispositivos.**

En esta última sección se describe los componentes eléctricos y dispositivos que interactúan con los sistemas previamente descritos, se hablará principalmente de los elementos de protección eléctrica, simbología de cableado eléctrico y de los dispositivos utilizados que complementan los sistemas anteriores.

##### **2.3.1 Elementos de protección eléctrica.**

Las protecciones eléctricas en los sistemas de control fueron diseñadas para absorber el daño que pudieran sufrir dispositivos eléctricos fundamentales para el funcionamiento básico de un sistema de control, también se protege cuando los dispositivos son altamente costosos y comparado con el elemento de protección instalado para este, el costo es relativamente bajo y se reemplaza fácilmente.

Los principales elementos de protección eléctrica son disyuntores térmicos o como son más conocidos “breakers”, guardamotors, fusibles y relevos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

- Disyuntor térmico o Breaker (Véase figura 21): es de los más utilizados en la industria debido a su principio funcional de temperatura, pues éste dispositivo interrumpe el paso de corriente eléctrica al exceder el umbral de potencia, la cual a su vez emite energía calórica con el cual se mide el umbral.



**Figura 21.** Disyuntor Térmico. **Fuente:**

<http://www.electricasbc.com/detalles/breakers-para-montaje-en-riel/4874-09290>

Cabe resaltar que los disyuntores diferentes al térmico funcionan de igual manera, incluso para los guardamotores, solo que medido es de otra característica física, como magnética o la corriente eléctrica.

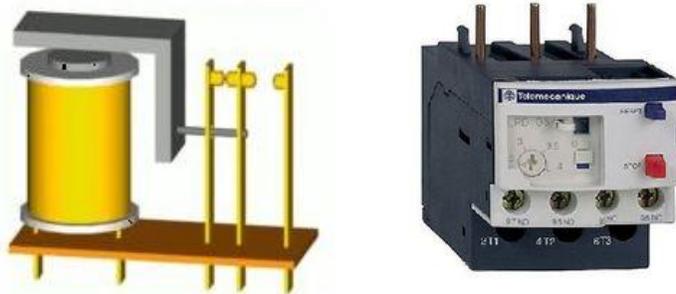
- Fusibles (Véase figura 22): Consta de un hilo de cobre con un calibre dimensionado para permitir un límite máximo de corriente eléctrica, si se llega a exceder este límite el hilo simplemente se rompe abriendo el circuito en este punto a diferencia de los disyuntores que se pueden volver a rearmar para que sigan funcionando.



**Figura 22.** Fusible 1 Amperio. **Fuente:** [www.censa.mx](http://www.censa.mx)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

- Relé o Relevos (Véase figura 23): Son dispositivos que controlan, a través de una señal eléctrica, un circuito eléctrico, aislando el circuito que emite la señal para evitar retorno de corrientes. Existen dos configuraciones para este tipo de relevos los cuales son normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC). Se conocen diferentes tipos de relés que entre los más comunes se encuentran los de armadura cuyo funcionamiento es a través de un electroimán que por magnetismo cierra el contacto y permite el paso de corriente, hay otro tipo como el de estado sólido el cual funciona por medio de un optoaclopador y la diferencia en cuanto al electroimán es la frecuencia de trabajo para abrir y cerrar contactos del relevo (Área Tecnología, 2009).



**Figura 23.** Principio de funcionamiento de un relé electromecánico. **Fuente:** <http://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html> y <http://www.schneider-electric.es/es/product-category/1500-contactores-y-reles-de-proteccion/>

### 2.3.2 Dispositivos.

Son el complemento, pero también hacen parte indispensable del correcto funcionamiento del sistema, los dispositivos utilizados fueron una baliza y una botonera.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

- Baliza (Véase figura 24): es un elemento de información visual a través de sus estados de iluminación por lo general verde y rojo indicando correcto o error respectivamente.



**Figura 24.** Baliza de tres luces marca Siemens. **Fuente:**  
<http://www.automation24.es/mando-y-senalizacion/baliza-de-senalizacion-eaton-171425-sl7-100-l-ryg-24led-i136-1210-0.htm>

- Botonera: dispositivo que en su arreglo de pulsadores indica una señal eléctrica, normalmente a 24 VDC, que el PLC en su diseño de control entenderá como un comando.



**Figura 25.** Botonera de tres señales. **Fuente:**  
<http://prodelec.mx/automatizaciondistribucion-y-control/1913-botonera-2-pulsador-no-nc-1-piloto-120v.html>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## 3 METODOLOGÍA

---

En la fábrica ensambladora de automóviles Renault en Colombia surge la necesidad de intervenir el proceso de calidad en soldadura, ya que en el análisis gerencial que se hace semanalmente se encuentra que desde el taller de Ensamble se han sacado cabinas debido a faltante de pernos para la instalación de elementos dentro del cofre de motor, situación que se volvió crítica en la planta, puesto que si se tiene en cuenta que el minuto de paro dentro de esta fábrica está valorado por alrededor de 550.000 (quinientos cincuenta mil) pesos colombianos, el proceso de devolución hacia el taller de soldadura para un reproceso con cada cabina costaba alrededor de 3'850.000 (tres millones ochocientos cincuenta mil) pesos colombianos, pues no solo se debía sacar de línea sino incluirlo en un reproceso, una vez identificada esta situación se plantea apoyar al puesto de calidad de soldadura con un sistema de visión artificial, puesto que incluir un nuevo operario o agregar una operación de inspección al operario del sitio sacaría de sincronización a toda la línea de producción de este taller.

A continuación, se describirá el diseño de los sistemas de control y visión artificial implementados para este proyecto.

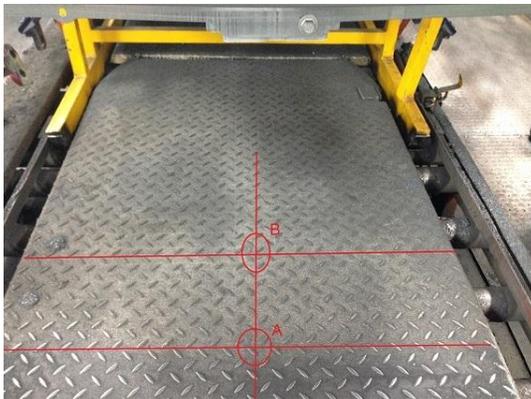
### **3.1 Situación antes de la intervención.**

En su proceso de inspección de calidad para el puesto final del taller de soldadura, se ubicaban dos operarios dedicados a encontrar imperfecciones, resultado del proceso de soldar las piezas metálicas de la carrocería, entre su labor se debía inspeccionar puntos de soldadura, abolladuras y encaje de piezas para lo que tenían 251 segundos o 4.1 minutos, tiempo de ciclo que era bastante ajustado y siempre se veían alcanzados de tiempo para cumplir su labor, las imperfecciones que allí se encontraban eran retocados dos puestos más adelante para finalmente entregar la carrocería al taller de pintura, en cuanto a la situación de los pernos, no había una vigilancia de que notificara el incorrecto proceso ni había tiempo para inspeccionar el ya conocido problema.

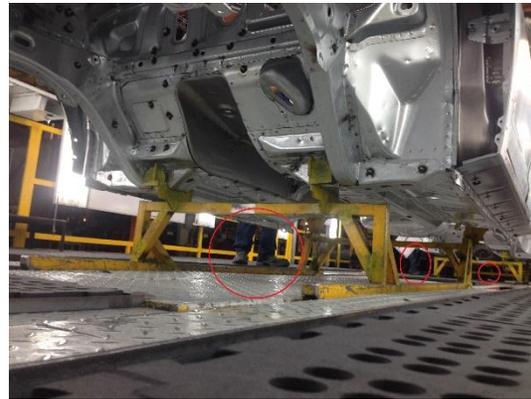
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

### 3.2 Diseño del sistema de visión artificial.

Para conocer la viabilidad del desarrollo de todo el sistema de visión artificial se tuvo en cuenta aspectos del entorno al cual iba a ser sometida la cámara como la iluminación que al ser un área de inspección de calidad ya se contaba con una iluminación especialmente diseñada para este puesto, con lámparas de iluminación LED que posicionadas estratégicamente emulaban la técnica de iluminación tipo domo que disminuía al máximo la presencia de sombras, la protección a golpes y la ubicación debido a que se iba a instalar en suelo y por encima pasaban carretas con las cabinas o carrocerías y se debía asegurar que no se golpeará con ninguna, cabe resaltar que las carretas no están estandarizadas por lo que se tuvo que estudiar las dimensiones de cada carreta para evitar el choque con la ubicación de la cámara (Véase figura 26 y 27).



**Figura 26.** Suelo donde se analizan posibles ubicaciones de la cámara. **Fuente:** Autor



**Figura 27.** Distancias a tener en cuenta para evitar golpes con la cámara. **Fuente:** Autor

Luego de comprobar la instalación e iluminación de la cámara se procede a tomar imágenes de referencia para cada tipo de cabina que en total son tres: H79, B52 y L52, imágenes con las cuales se empezaría a diseñar el programa para detectar los pernos (Véase Figura 28).



**Figura 28.** Imágenes de referencia del cofre motor de las cabinas H79, B52 y L52 respectivamente, imágenes con los pernos y el área de inspección resaltados para facilitar al lector la visualización. **Fuente:** Autor

Al obtener la cámara de visión artificial BOA de TELEDYNE DALSA, éste vino con su software de programación llamado iInspect Express con su debido manual de uso, herramientas que se pueden obtener de su página web gratuitamente y que a continuación se mostrará la parametrización e instrucciones para desarrollar el programa de este proyecto (TELEDYNE DALSA, 2017). Para comenzar se hizo la salvedad en el puesto de aplicación de este proyecto que no se debía mover la ubicación de la cámara ya que esto generaba una descalibración y al volver a parametrizarla se necesitaría nuevamente una imagen de referencia.

El software iInspect Express tiene un menú de herramientas para agilizar todo el pre-procesamiento y para el caso de este proyecto se usa la herramienta de “Match” el cual compara la región seleccionada con la misma región de la imagen referencia y entrega un porcentaje de compatibilidad y al seleccionar todas las regiones de interés para comparar se hace implícitamente el conteo de los pernos que deben estar soldados (Véase figura 29).



**Figura 29.** Herramientas para el procesamiento de imágenes en iInspect Express. **Fuente:** Manual de uso Teledyna Dalsa, 2010, p.8

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

Una vez se termina el etiquetado de las regiones de cada referencia de cabina, se procede a parametrizar la comunicación vía profinet con el PLC, para ello se continua en el software iNspect Express y se selecciona tanto el tipo de comunicación como la variable y su tipo que servirá tanto de envío como de recepción para cámara y PLC.

### **3.3 Diseño de control de PLC.**

una vez se termina la configuración del sistema de visión artificial, se continua con el diseño de control del PLC y su configuración profinet, para comenzar se debe agregar a la librería del software de programación TIA Portal V13 un archivo conocido como “GSD” para reconocer la cámara como una periferia de diferente fabricante a Siemens.

El control se diseña con cuatro (4) entradas físicas al PLC para indicarle, a través de la botonera, cuando hacer la inspección y a qué referencia de cabina debía hacerse la inspección, por medio de comandos numéricos para simplificar la comunicación entre PLC y cámara, se comienza con el número cero (0) para la referencia H79, uno (1) para L52 y dos (2) para B52 y un cuarto comando con el número cinco (5) para reiniciar el proceso en caso de que el operario futuramente capacitado se equivocase.

La salida física que entrega el PLC es la señal para la iluminación de la baliza que indica con verde la correcta inspección y con rojo la falta de calidad.

### **3.4 Visualización de la inspección.**

Una vez se finaliza el diseño de control y de visión, se decide visualizar este desarrollo en un computador portátil, debido a que el software de la cámara (iNspect Express) requiere un sistema operativo Windows PC con navegador WEB, lo cual para una HMI que tenga Sistema Operativo Windows, se le dificulta la manipulación y la navegación dentro del portal del software.

En el software se logra visualizar la inspección en vivo y señala tanto los pernos correctos como los que deberían existir para la referencia seleccionada, es allí donde el operario del puesto debe informar en la hoja de vida que lleva cada cabina la falta de calidad por pernos para más adelante el operario del puesto de retoques de calidad pueda eliminar este problema.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

### **3.5 Diseño eléctrico.**

El sistema se diseña para alimentar y proteger dispositivos tanto costoso como críticos, donde se trabaja inicialmente a una tensión de 110VAC de allí en adelante se protege con un Disyuntor térmico totalizador a 10 A, el PLC y el computador portátil se alimentan a partir de allí, luego se tiene una fuente de conversión eléctrica de 110VAC a 24VDC para alimentar la baliza que a su vez está protegida por un relé de estado sólido, la cámara de visión artificial también se beneficia de esta tensión con su debida protección de fusible, también se instaló una fuente de conversión de 110VAC a 12VDC pensando en una posible expansión del proyecto donde allí se alimentará un sistema de iluminación, todo este montaje eléctrico viene embebido en un tablero de control.

### **3.6 Diseño Mecánico.**

Este diseño fue únicamente para el soporte de la cámara, pues se debía abrir un agujero en el suelo metálico y fijarse en un ángulo y altura tal que la posición de la cabina permitiera a la cámara detectar la imagen de referencia dentro de su campo de visualización y por último la debida protección mecánica en forma de cubo rectangular para evitar golpes en la cámara.

### **3.7 Modo de operación.**

Inicialmente se debe pulsar una de las tres opciones ubicada en la botonera, se presiona el cuarto botón en caso de equivocarse en la referencia, una vez la baliza ilumine sea verde para correcto o rojo para incorrecto, se observa en el software del computador portátil el análisis hecho por la cámara. Se hace la operación de manera sencilla y simplificada para efectos de ahorro de tiempo, también se ubica la botonera al lado del computador portátil para evitar tiempos muertos en el desplazamiento del operario.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se mostrará el resultado de la metodología expresada en el índice anterior,

### 4.1 Implementación del sistema de visión artificial.

En cuanto al desarrollo del sistema de visión artificial se obtienen los siguientes resultados (Véase figura 30).

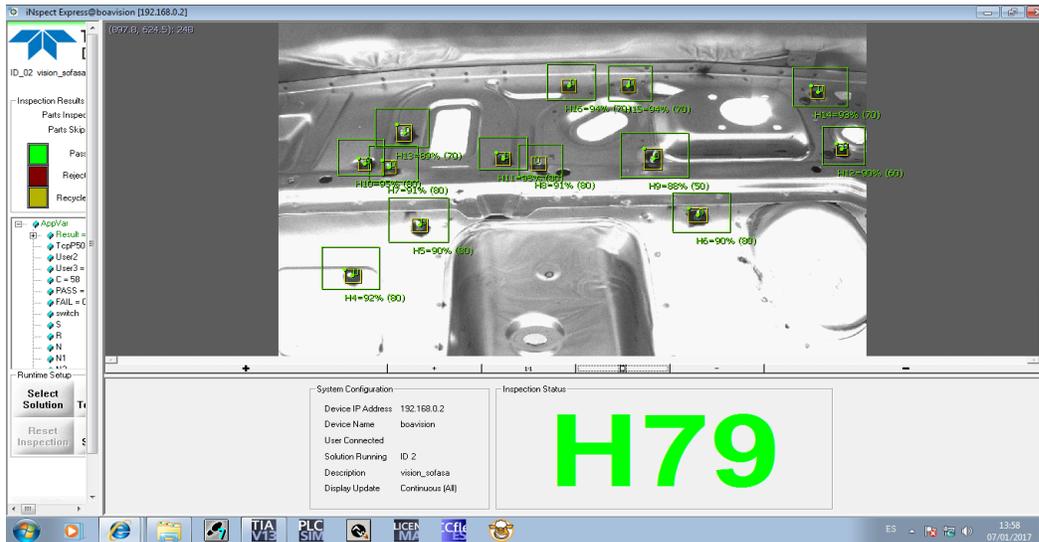


**Figura 30.** Puesta a punto de la detección de faltante de pernos. **Fuente:** Autor

Como se evidencia en la figura 30, al estar posicionada la nueva cabina en el puesto de trabajo, el recuadro de “Inspection Status” informa con el texto “Nueva cabina”, que está a la espera de un nuevo pulso para recibir la referencia a comparar.

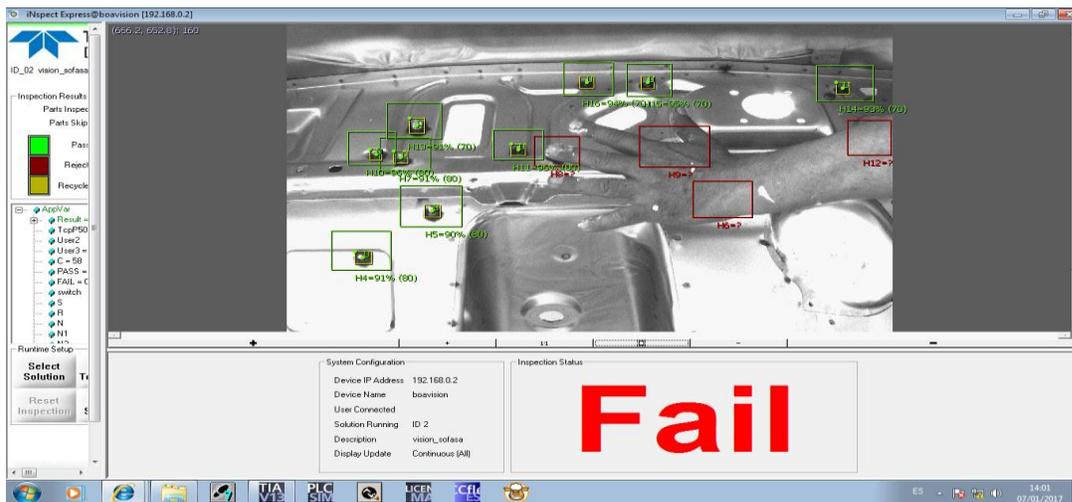
 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

Una vez pulsado la referencia de la cabina para comparar con la presente, el software indicará con el texto “H79” (Véase figura 31) que efectivamente la cabina cumple con los pernos en cuanto a cantidad y posición.



**Figura 31.** Correcta inspección frente a la referencia H79. **Fuente:** Autor

Por otro lado, se emuló un error para demostrar que en caso de que no fuese correcta la inspección para la referencia H79, mostrase en el “Inspection status” el texto “Fail” (Véase figura 32), ya que para el momento de pruebas y puesta a punto por políticas de la fábrica no se permitió modificar el curso de las cabinas.



**Figura 32.** Emulación de error de calidad para la referencia H79. **Fuente:** Autor

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

#### 4.2 Implementación del sistema de control industrial.

Para el sistema de control industrial quien comparte información con la cámara para apoyar lumínicamente al operario al efectuar el sistema de inspección, se llegó a los siguientes resultados (Véase figura 33).



**Figura 33.** Botonera para indicar al PLC y cámara la referencia de cabina. **Fuente:** Autor.

Donde la por medio de la botonera con pilotos incorporados, ilustrada en la figura anterior, se puede observar la comprobación por parte del PLC de que fue correctamente pulsado y que la información llegó, para luego de la inspección la baliza instalada justo al lado de la botonera informe visualmente del resultado de la inspección (Véase figura 34 y 35).



**Figura 34.** Inspección correcta por parte de Baliza. **Fuente:** Autor.



**Figura 35.** Inspección incorrecta por parte de la baliza. **Fuente:** Autor.

### 4.3 Implementación eléctrica.

Para llevar a cabo la correcta instalación eléctrica se diseñó un plano y se tomaron las debidas precauciones de protección a la hora de desarrollar el tablero de control, además de las normas colombianas (RIETE) acerca de la implementación de cableado y colores para instalaciones eléctricas (Ministerio de Minas y Energía, 2005) (Véase figura 36).

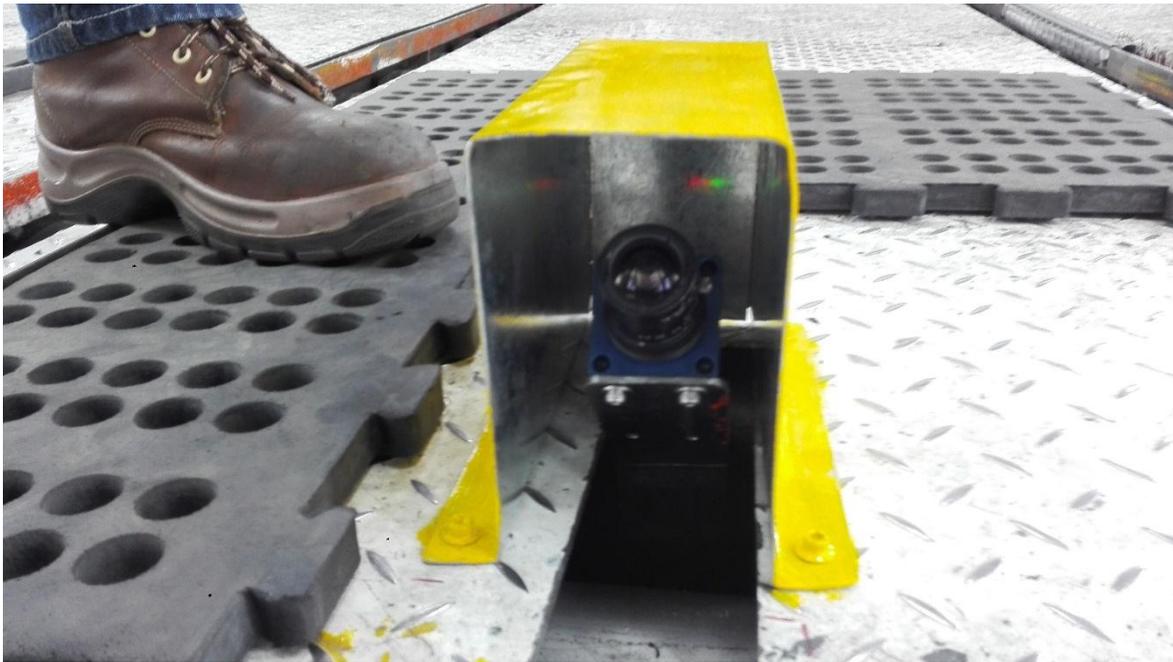


**Figura 36.** Instalación del tablero de control. **Fuente:** Autor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

#### 4.4 Implementación Mecánica.

Se obtuvo el soporte metálico en almacenes industriales de cadena con su debida protección construida empíricamente, para lo cual se tuvo que modificar el suelo metálico del puesto de operación de calidad sin alterar el curso normal del funcionamiento de la cadena ni tampoco alterando la situación actual de ergonomía del operario ya que se debía intervenir en donde estaba instalado un tapete ergonómico (Véase figura 37).



**Figura 37.** Instalación del soporte y protección de la cámara. **Fuente:** Autor.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

#### 4.5 Costo del proyecto.

A continuación, se mostrará la orden de compra aprobada por el centro de costos y finanzas de Renault – Sofasa (Véase figura 38).

SOCIEDAD DE FABRICACION DE AUTOMOTORES S.A. NIT. 860.025.792-3 Dirección General Planta Ensambladora-Envigado Carrera 49 No. 39S-100 Autopista Sur Envigado, Antioquia Tel: 2760022		 		Página 1 / 1 <b>ORDEN DE COMPRA DE BIENES Y SERVICIOS</b> <b>No. 4503725784</b>				
				CIUDAD	DIA	MES	AÑO	
				Envigado, Antioquia	27	11	16	
<b>NOMBRE PROVEEDOR</b>		<b>NIT O.C.C.PROV</b>		<b>DIRECCION</b>		<b>TELEFONO</b>	<b>FAX</b>	
Integración Tecnológica Industrial		811041410		CRA 64 A N° 39-42		3163322	3163322	
<b>CIUDAD</b>	<b>PAIS</b>	<b>A.AEREO</b>		<b>PARA DESPACHAR A</b>		<b>GERENTE COMPRAS</b>		
MEDELLIN	COLOMBIA	AEREO NACIONAL				RUBEN BRAVO		
<b>PLAZO PARA LA ENTREGA</b>				<b>CONDICIONES DE PAGO</b>		<b>FLETE X CUENTA DE</b>		
				CONDICION DE PAGO 30 DIAS				
<b>REFERENCIA SOFASA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCION DEL BIEN O SERVICIO</b>	<b>IVA</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>		
823901312	1.00		SUMINISTRO CAMARA BOA 1280M	16%	3'840.000.00	3'840.000.00		
	1.00		BREAKER TOTALIZADOR 10A	16%	42.500.00	42.500.00		
	2.00		BREAKER TOTALIZADOR 4A	16%	16.000.00	32.000.00		
	1.00		FUENTE 12V	16%	125.000.00	125.000.00		
	1.00		FUENTE 24V	16%	235.000.00	235.000.00		
	5.00		BORNERA PORTA FUSIBLES 1A	16%	15.000.00	75.000.00		
	5.00		BORNERA GENERAL	16%	20.000.00	100.000.00		
	4.00		RELEVO ESTADO SOLIDO A 24V	16%	22.000.00	88.000.00		
	1.00		BOTONERA A 24V	16%	78.000.00	78.000.00		
	1.00		PLC SIEMENS S7-1200	16%	626.000.00	626.000.00		
<b>DESCUENTO</b>						<b>VIGENCIA</b>		
<b>IMP.A VENTAS</b>								
938.800.00						DESDE	<b>DIA</b>	
<b>VALOR TOTAL</b>							<b>MES</b>	
Cinco millones ochocientos sesenta y siete mil quinientos pesos colombianos						5'867.500.00		<b>AÑO</b>
<b>OBSERVACIONES</b>						HASTA	26	
							11	
							2016	
							26	
							12	
							2016	
ACEPTACION DEL PROVEEDOR La presente Orden de Compra de Bienes y Servicios se entiende aceptada de conformidad con la previa Declaración hecha por el Representante Legal del Proveedor de conocer y aceptar los términos de la Circular No. 001-05, relacionada con la inclusión de las CONDICIONES GENERALES DE LA ORDEN DE COMPRA y las condiciones de Aceptación de las Ordenes de Compra por medios electrónicos.								
R-001-SC 61007								

**Figura 38.** Orden de compra para el desarrollo del proyecto. **Fuente:** Autor.

Se destaca que se ahorra el desarrollo ingenieril estimado en alrededor de 4'000.000 de pesos colombianos.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## 5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

- ✓ Se desarrolla exitosamente el proyecto, donde en el primer día de trabajo de la fábrica se incorpora dicha solución como parte de las operaciones del puesto y se ejecuta sin ninguna interferencia con otros procesos, la posición de la cámara enfoca adecuadamente cada cabina nueva y analiza los pernos de cada referencia indicada en el tiempo de respuesta esperado.
  
- ✓ El sistema de control responde como fue planteado, con estabilidad en la red Profinet y sin conflicto de comunicación entre cámara y PLC, indica la respuesta de pulso en la botonera y alerta debidamente con la baliza si hay o no hay algún defecto de calidad relacionado a la posición y número de pernos.
  
- ✓ El sistema de visión artificial detecta cada cabina y cuenta los pernos y la posición de cada referencia, además la cámara mantiene dentro del rango de tolerancia dispuesto para la posición de cada cabina entrante, la visualización muestra debidamente el monitoreo en tiempo real y el resultado de la detección siendo este el paso final del proyecto.
  
- ✓ El acondicionamiento ambiental no presenta mayor contratiempo, excepto para la referencia B52 donde se visualiza un exceso de luz en el cuadro de interés de la cámara, aun así, no presenta ningún conflicto con el normal análisis del proyecto.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

### **5.1 Recomendaciones.**

- ✓ Es situación crítica no modificar la posición de estacionamiento de la cabina frente a la cámara, ya que esto provocaría una descalibración.
- ✓ En caso de hacer modificaciones en el diseño de control del PLC, asegurarse de no descargar configuración de Hardware, ya que esto cambiaría el área de memoria asignado para la comunicación del PLC con la cámara y podría mandar a “Stop” el sistema.
- ✓ A la hora de hacer mantenimiento a la cadena que arrastra las cabinas en el puesto donde se integró el proyecto, evitar mover el soporte ni desajustar el ángulo fijado para la correcta visualización.
- ✓ Mantener encendida la iluminación instalada para el proyecto, aunque se perciba que el día provee luz suficiente para el puesto donde se instaló el proyecto.

### **5.2 Mejoras Futuras.**

- ✓ Durante el desarrollo del proyecto, se observa que se pudo haber eliminado la interacción con la botonera, ya que se descubren más herramientas en el software de visión artificial que permitían extraer características de medición entre perno y perno suficientes para discriminar entre cada referencia.
- ✓ Desarrollar un control para volver el soporte de la cámara dinámico donde se lograría agregarle robustez al sistema y así amortiguar la criticidad de la posición de la cabina frente a la cámara.
- ✓ Para generar ahorros de iluminación que se traducen a menos costos, se podría instalar un sensor de luz que con un umbral establecido que controle la cantidad de luz necesaria para el correcto funcionamiento de la cámara.
- ✓ Enlazar el sistema de visualización de calidad a un lugar remoto a través de la red interna de la fábrica.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## REFERENCIAS

- 
- Área Tecnología. (2009). *Relés*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>
- Artigas, J. M., P. C., & J. P. (2002). *Fundamentos de colorimetría*. Universitat de Valencia.
- Chin, R. T., & Harlow, C. A. (1982). Automated visual inspection: A survey. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence vol PAM1-4 No 6*, 556-573.
- Elizondo, J. J., & L. P. (2005). Operaciones aritmeticas de imagenes. En *Fundamentos para el procesamiento de imagenes* (págs. 18-20). UABC.
- Gian Franco Passariello, P., & F. M. (s.f.). *Imágenes médicas, adquisición y análisis*. Equinoccio.
- Grau, J. .. (2011). *Técnicas de analisis de imagen (2da ed.) : Aplicaciones en Biología*. En J. .. Grau. Universitat de València.
- Industrial Photonics. (Enero de 2016). *www.photonics.com*. Obtenido de <https://www.photonics.com/Article.aspx?AID=58196>
- Infaimon Vision Artificial. (3 de Agosto de 2016). *Infaimon Blog*. Obtenido de <http://blog.infaimon.com/2016/08/ford-utiliza-sistema-vision-artificial-detectar-defectos-pintura-coches/>
- Instituto de Diseño y Fabricacion de automoción. (2014). Obtenido de [http://controlcalidad.institutoidf.com/descargas/folleto\\_control\\_calidad.pdf](http://controlcalidad.institutoidf.com/descargas/folleto_control_calidad.pdf)
- Martínez, E. S. (s.f.). *Diccionario Español de Ingeniería*. Obtenido de <http://diccionario.raing.es>
- Ministerio de Minas y Energía. (2005). Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla\\_Retie.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla_Retie.pdf)
- Muñoz, A. V. (2008). *Principios de color y holopintura*. Editorial Club Universitario.
- Palomino, D. N., & Concha, L. U. (2007). *Biblioteca Virtual Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Obtenido de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2009\\_n2/v6n2/a02v6n2.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2009_n2/v6n2/a02v6n2.pdf)
- Siemens Industry. (2009). *Manual S7-1200*. Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

Siemens Industry. (2017). *Comunicacion Profinet*. Obtenido de <http://w3.siemens.com/mcms/automation/es/industrial-communications/profinet/pages/default.aspx>

Solé, A. C. (2011). Prólogo. En *Instrumentación Industrial 8va Ed.* Marcombo.

TELEDYNE DALSA. (2017). Obtenido de <http://www.teledynedalsa.com/imaging/products/vision-systems/cameras/-boa-overview/>

Universidad de las islas Baleares. (2012). *Filtrado de imagenes*. Obtenido de [http://dmi.uib.es/~ygonzalez/VI/Material\\_del\\_Curso/Teoria/Tema5\\_Filtrado.pdf](http://dmi.uib.es/~ygonzalez/VI/Material_del_Curso/Teoria/Tema5_Filtrado.pdf)

Universidad Nacional de Quilmes. (Agosto de 2005). *Iluminacion para las aplicaciones de Vision artificial*. Obtenido de <http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Tipos%20de%20Iluminaci%C3%B3n.pdf>

Universidad Rey Juan Carlos. (2006). Obtenido de <https://gsync.urjc.es/jmplaza/pfcs/pfc-atencion3d-2006.pdf>

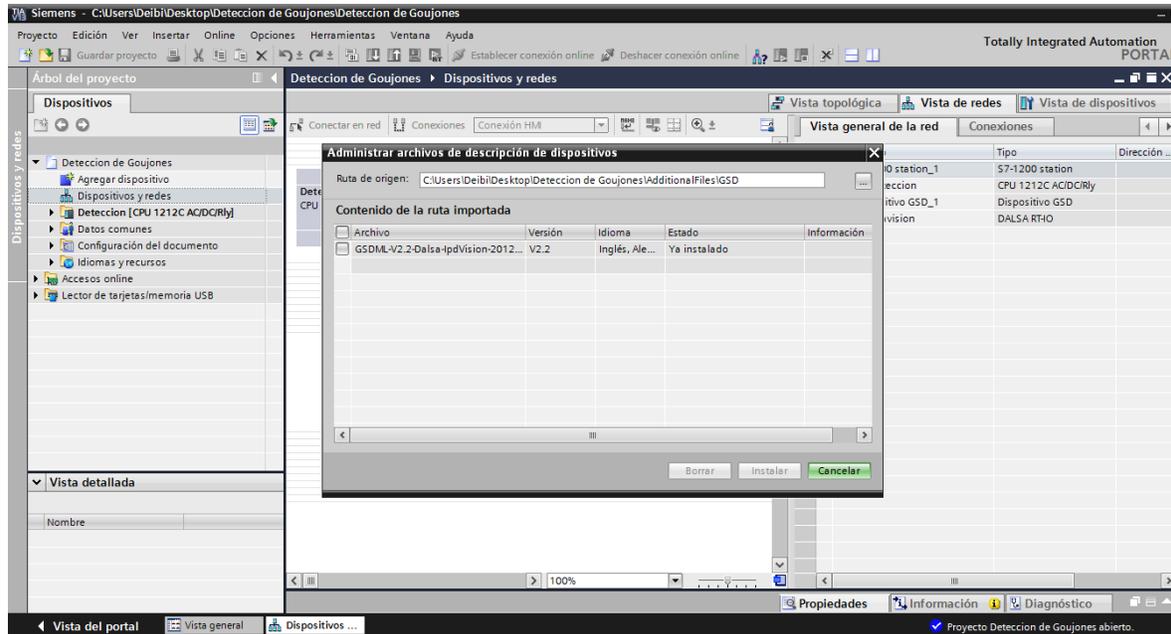
Vásquez, S. G. (2010). *Sistemas Basados en Autómatas programables*. En T. y. automáticas. Ediciones Paraninfo S.A.

# APÉNDICE

## Apéndice A.

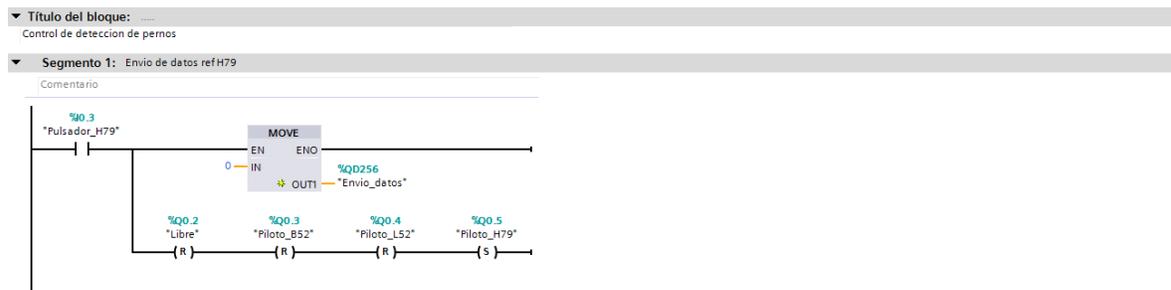
Configuración de la librería para reconocer la cámara como una perifera descentralizada.

Clic en Opciones -> Administrar archivos de descripción de dispositivos.



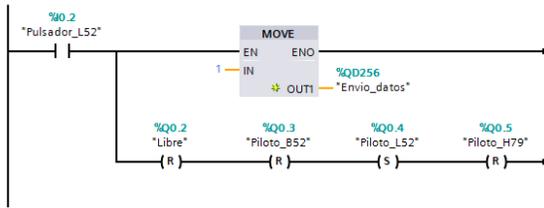
## Apéndice B.

Programación en TIA Portal V13 lenguaje KOP.



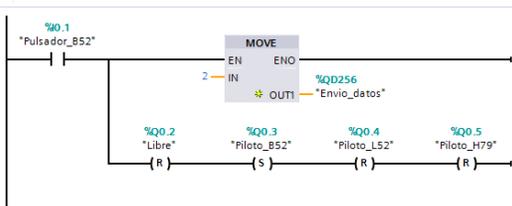
**Segmento 2: Envío de datos ref L52**

Comentario



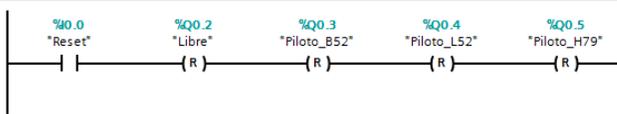
**Segmento 3: Envío de datos ref B52**

Comentario



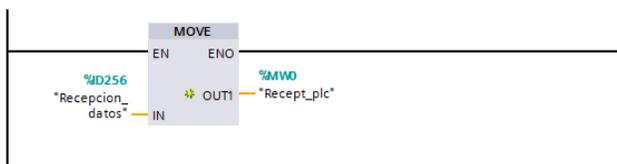
**Segmento 4: Envío de datos Reset**

Comentario



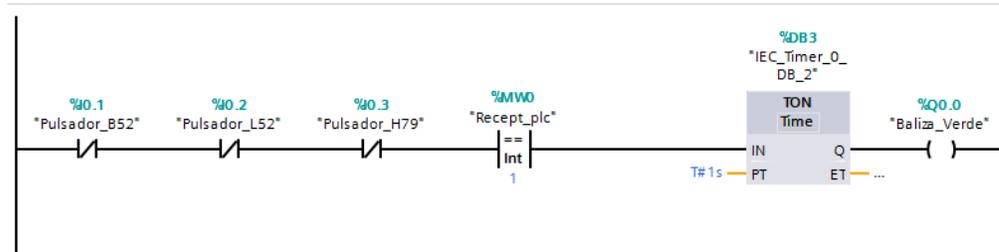
**Segmento 5: Espacio de memoria reservado para la recepción de datos de la camara al PLC**

Comentario



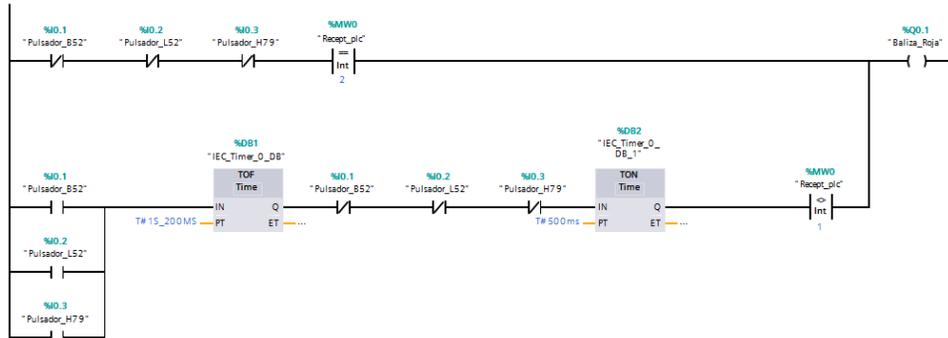
**Segmento 6: Condicion para iluminar baliza verde**

Comentario



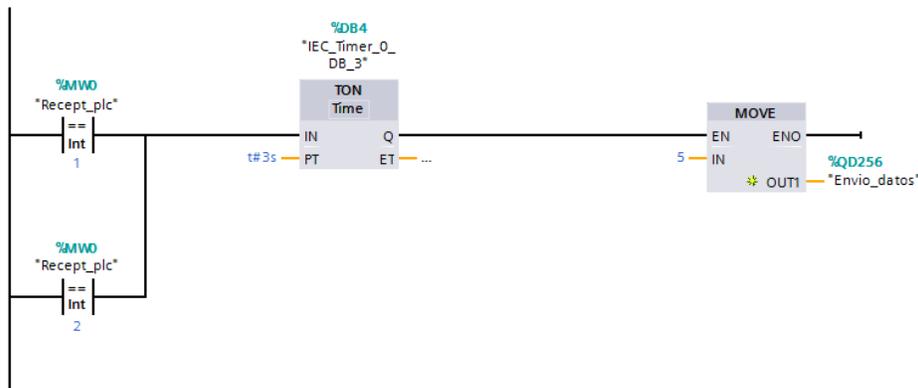
▼ **Segmento 7: Condicion para iluminar baliza roja**

Comentario



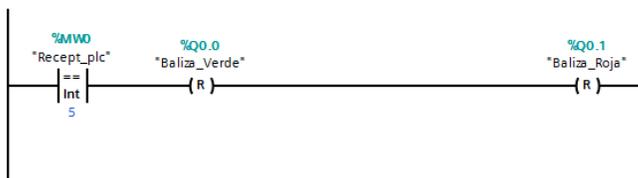
▼ **Segmento 8: Interferencia para dejar de mandar datos de la camara al PLC**

Comentario



▼ **Segmento 9: Recepcion de datos de camara para reiniciar baliza**

Comentario



Por último, se llama en el Main la programación anterior.

▼ **Título del bloque: "Main Program Sweep (Cycle)"**

Comentario

▼ **Segmento 1: Llamado de funcion 1 donde se programa la comunicacion con la camara**

Comentario

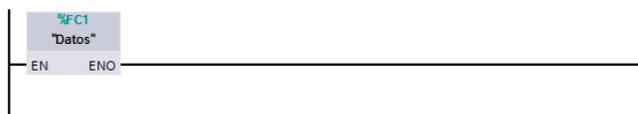
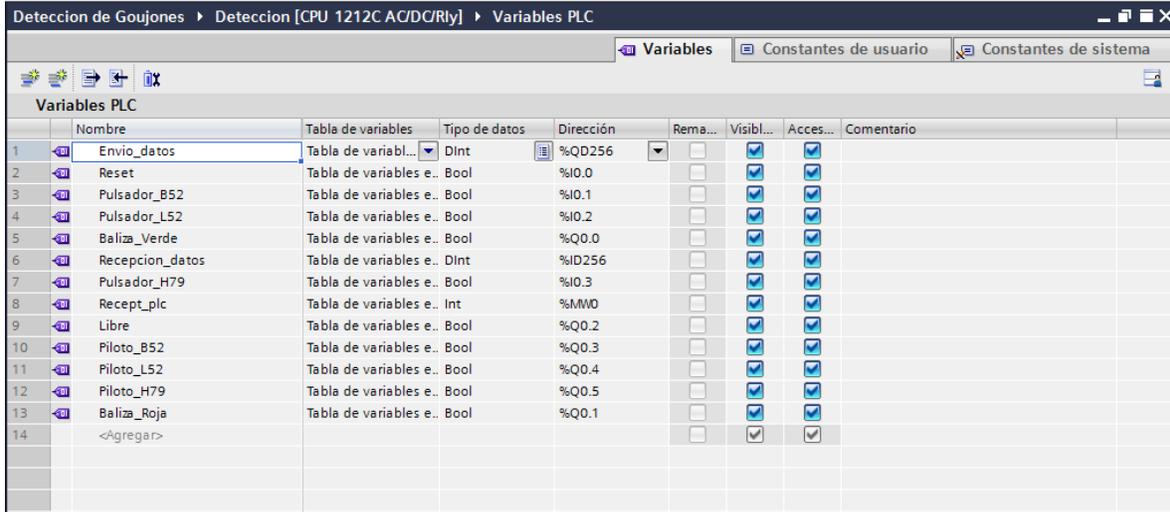


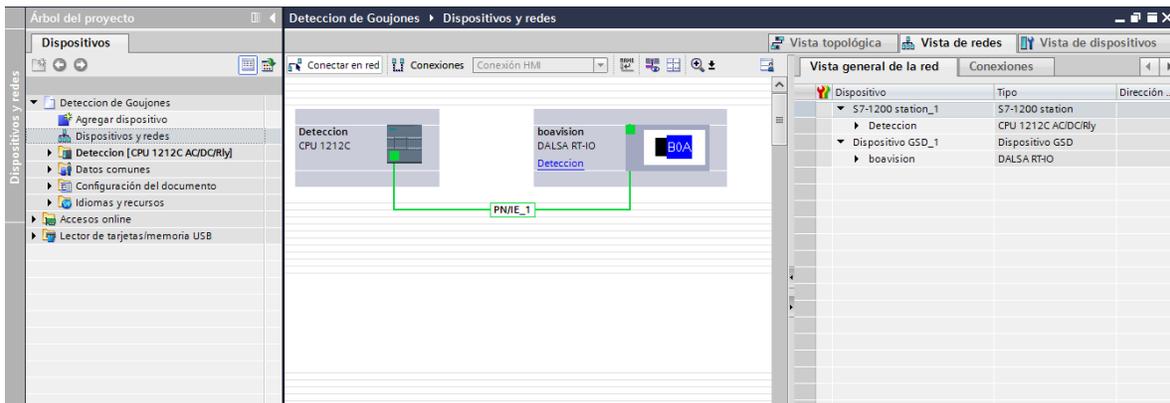
Tabla de variables.



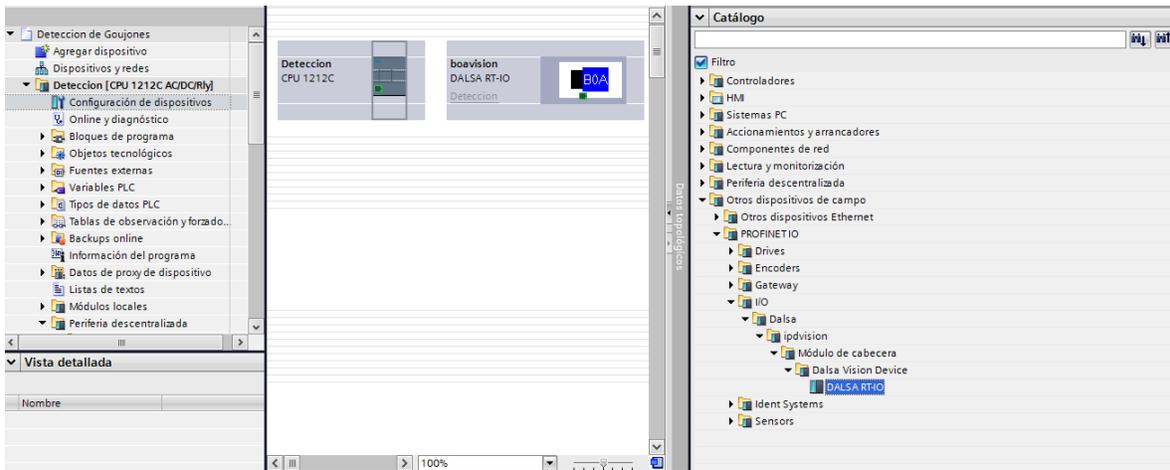
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	Envio_datos	Tabla de variabl...	Dint	%QD256		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Reset	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Pulsador_B52	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Pulsador_L52	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Baliza_Verde	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Recepcion_datos	Tabla de variables e..	Dint	%ID256		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Pulsador_H79	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Recept_plc	Tabla de variables e..	Int	%MWO		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Libre	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Piloto_B52	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Piloto_L52	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Piloto_H79	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Baliza_Roja	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	<Agregar>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## Apéndice C.

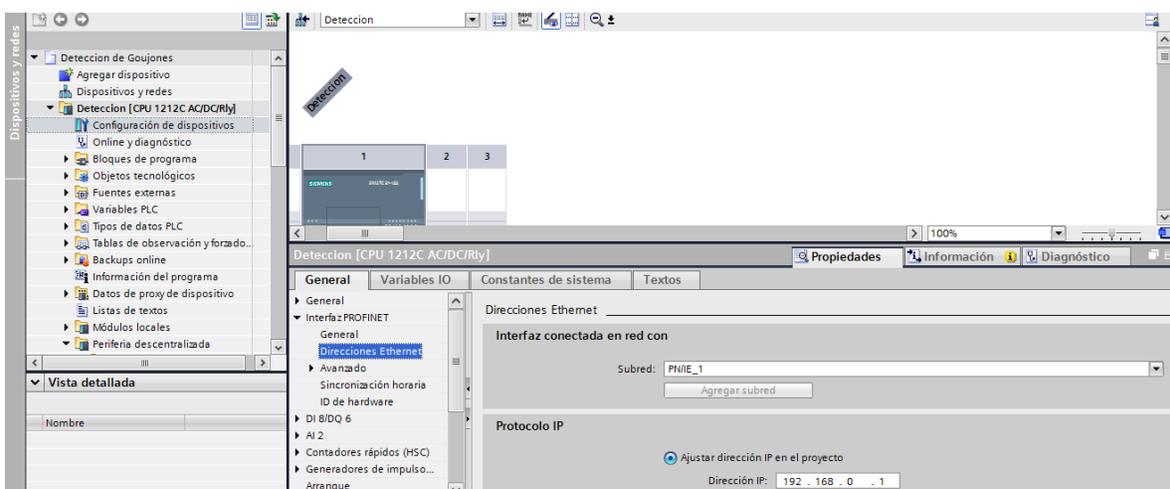
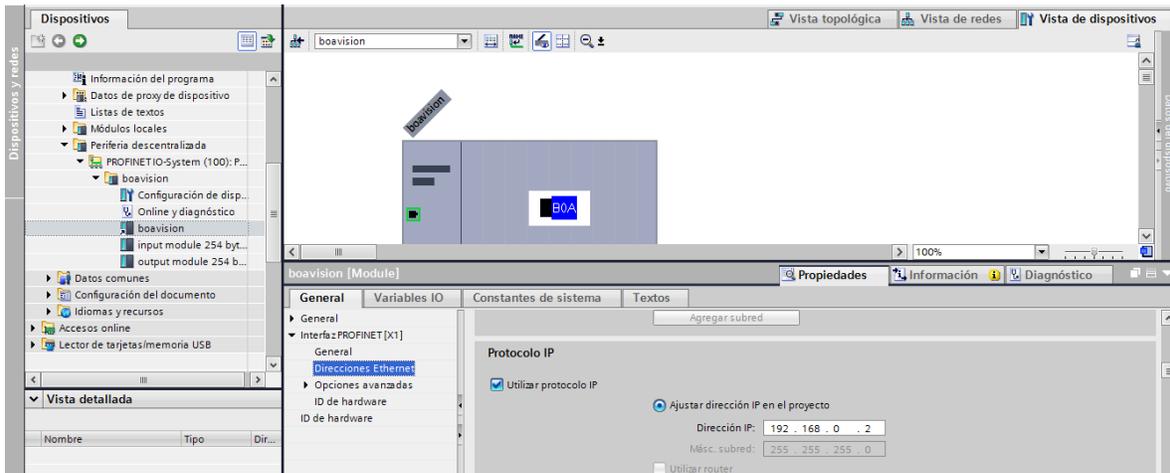
Configuración de la topología Profinet.



Una vez se instala el archivo de extensión “. GSD” que viene con la cámara en la librería del proyecto, se busca en los hardware que se pueden agregar a la red Profinet.



Se configura la dirección IP de cada uno de los dispositivos para conectarse



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

## Apéndice D.

### Programación de la cámara.

```

VIScmd = VISdint[0]
if(VISdint=0)
Resultado = H1.Result+H2.Result+H3.Result+H4.Result+H5.Result+H6.Result+H7.Result+H8.Result+H9.Result+H10.Result+H11.Result+H12.Result
+H13.Result+H14.Result+H15.Result+H16.Result
if( Resultado=16)
Result.0
VISdint[0] = 1
SetDisplayStatus( "H79","green")
else
VISdint[0] = 2
SetDisplayStatus( "fail","red" )
Endif
Endif
if(VISdint=2)
R_B52 = B1.Result + B2.Result + B3.Result + B4.Result + B5.Result + B6.Result + B7.Result + B8.Result + B9.Result + B10.Result + B11.Result +
B12.Result + B13.Result + B14.Result + B15.Result
if(R_B52=15)
Result.0
VISdint[0] = 1
SetDisplayStatus( "B52","green")
else
VISdint[0] = 2
SetDisplayStatus( "fail","red" )
Endif
Endif
if(VISdint=1)
Logan = B1.Result + B2.Result + B3.Result + B4.Result + B5.Result + B6.Result + B7.Result + B8.Result + B9.Result +
B10.Result + B11.Result + B12.Result + B13.Result + B14.Result + B15.Result
if(Logan=15)
Result.0
VISdint[0] = 1
SetDisplayStatus( "Logan","green")
else
VISdint[0] = 2
SetDisplayStatus( "fail","red" )
Endif
Endif

```

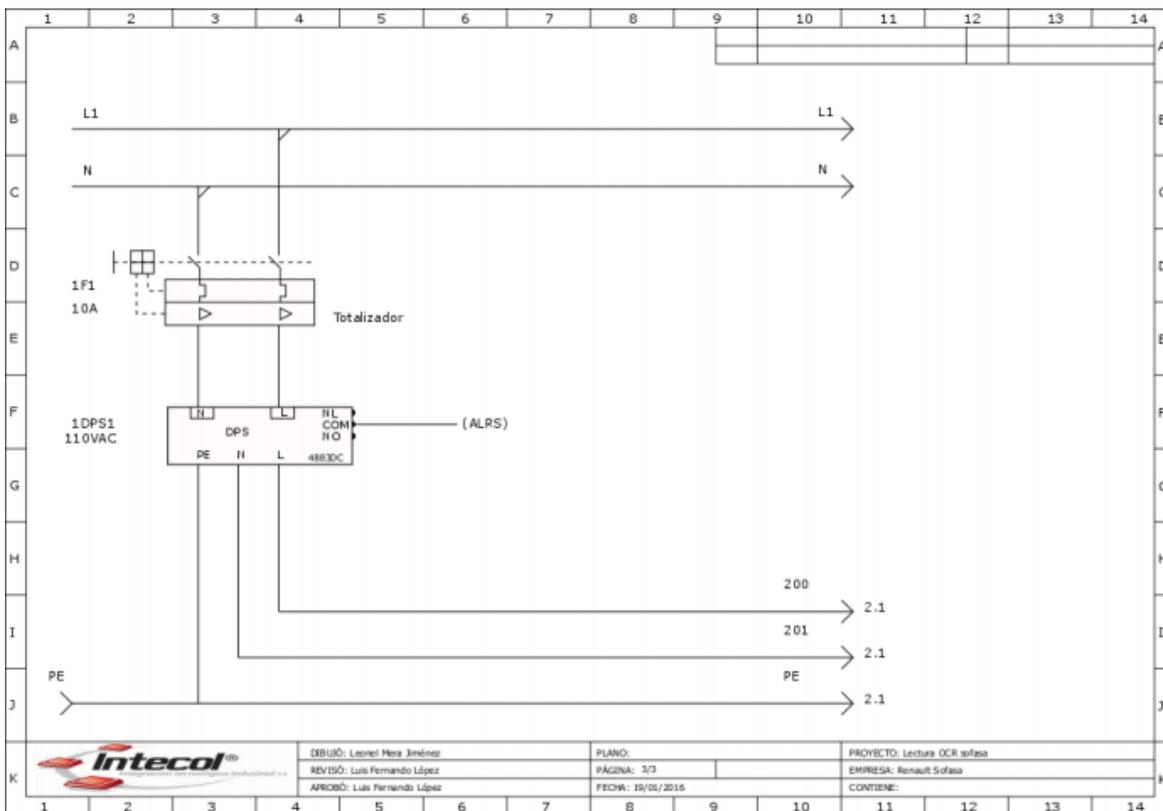
Programación que dentro de la interfaz del software iNpect Express comprueba cada uno de los tags y los consulta para dar su resultado final.

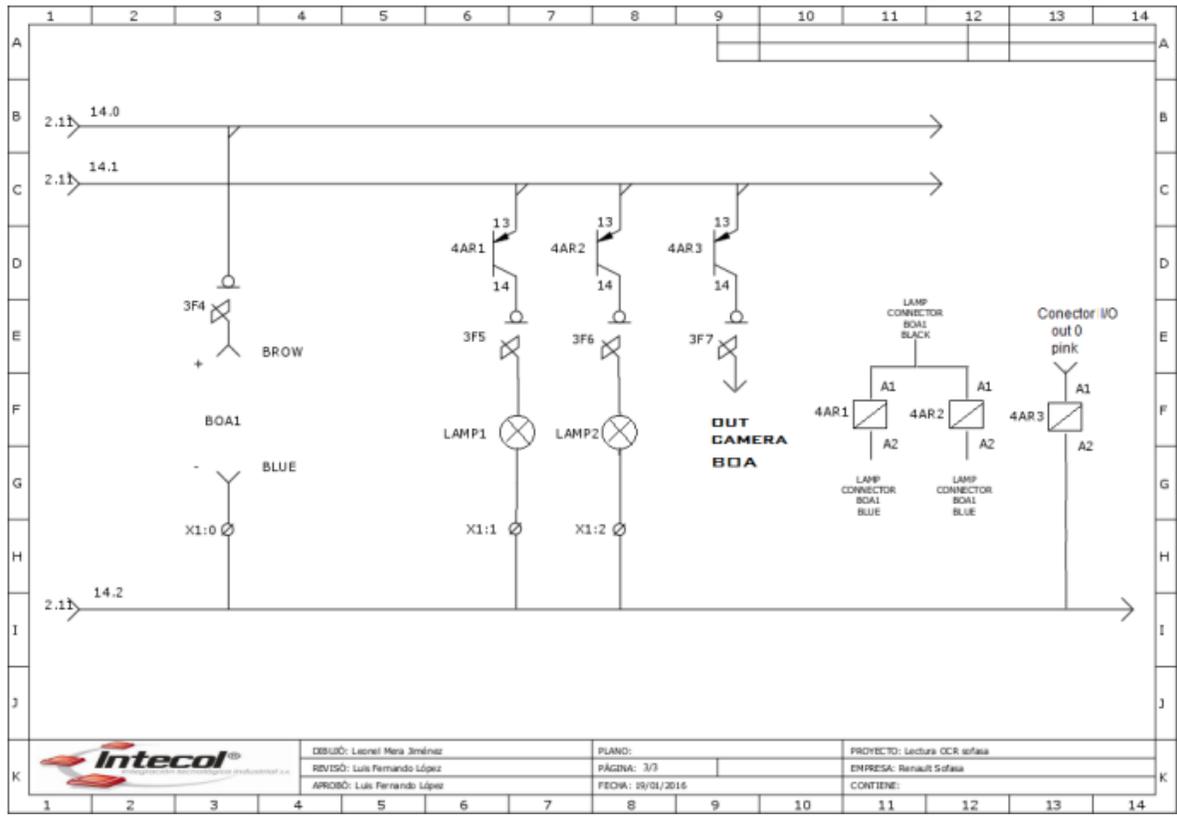
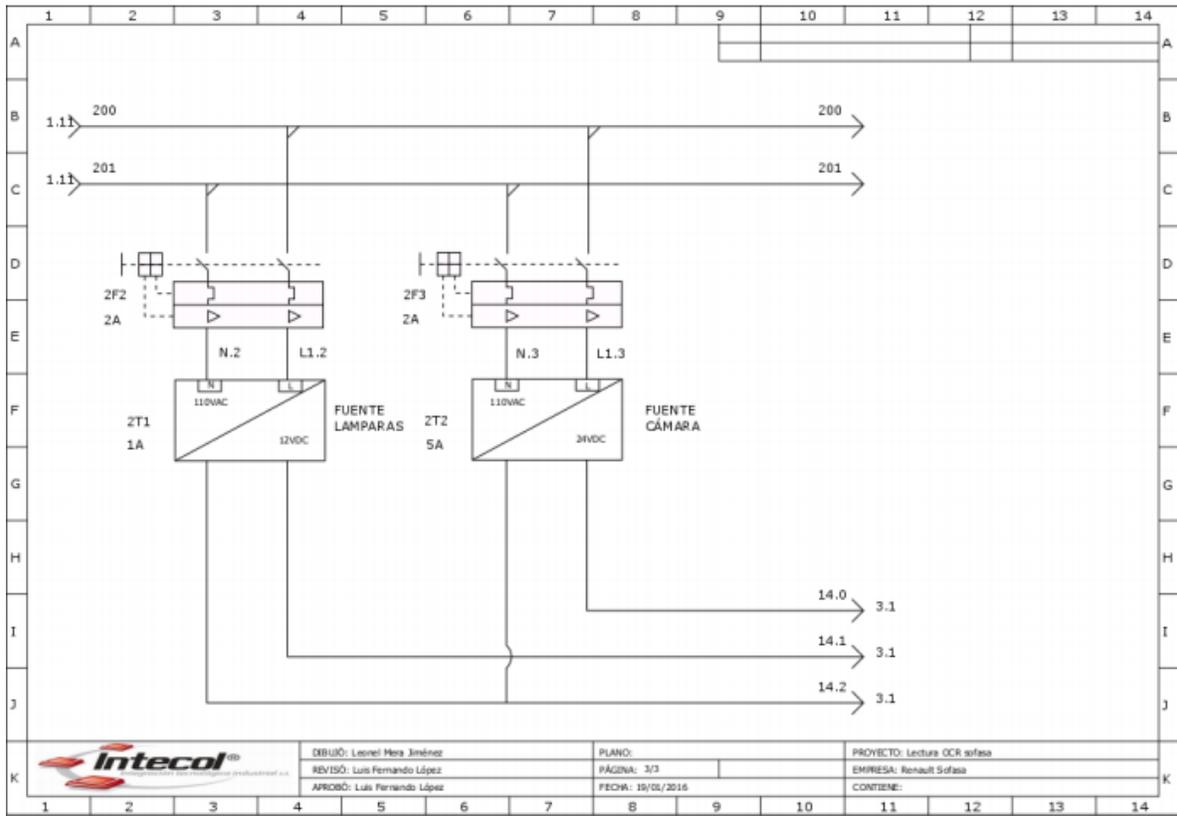
 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

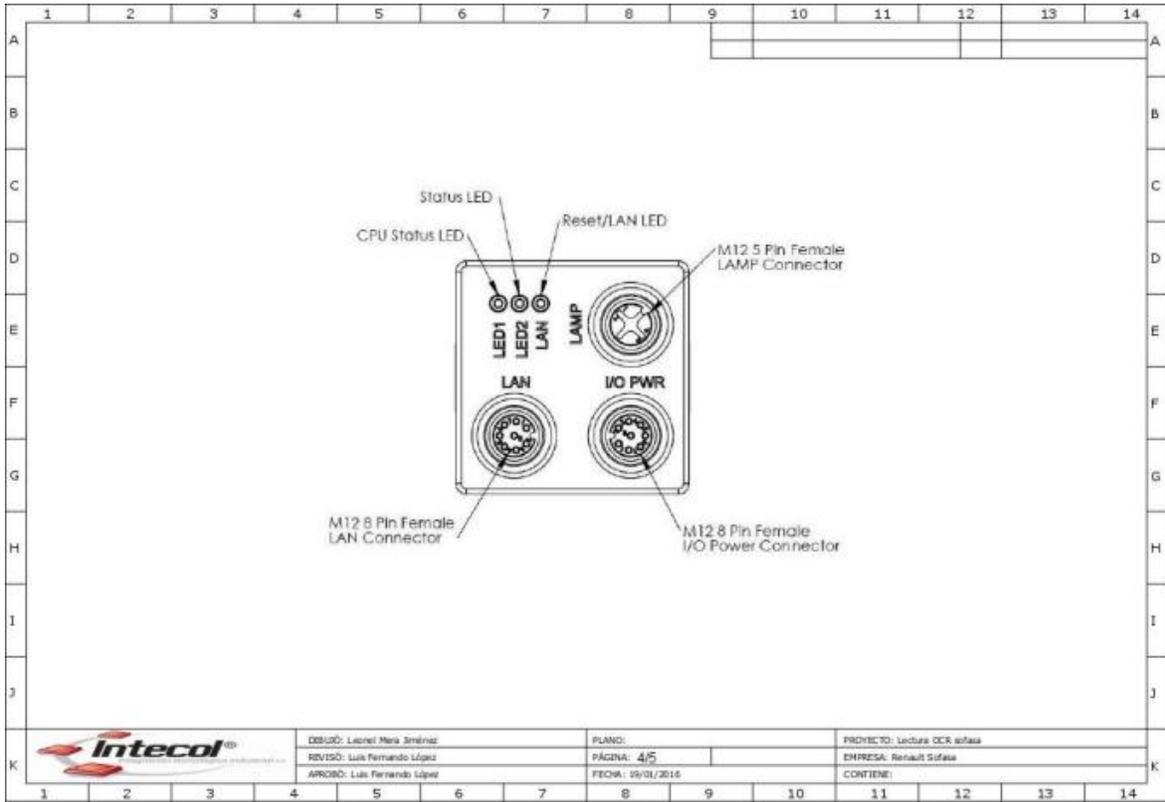
## Apéndice E.

Planos eléctricos elaborados por la empresa INTECOL.

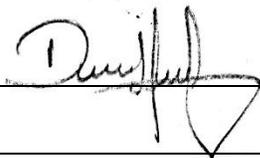
Índice	Referencia	Cantidad	Marca
1F1	Minibreakers totalizador de 10A	1	Allen-Bradley
1DPS1	DPS de 110VAC	1	Allen-Bradley
2F2 2F3	Minibreakers totalizador de 4A	2	Allen-Bradley
2T1	Fuente de 12V	1	Allen-Bradley
2T2	Fuente de 24V	1	Allen-Bradley
3F4 3F5 3F6 3F7	Bornera porta fusibles de 1A	4	Allen-Bradley
X1:0 X1:1 X1:2 X1:3	Borneras generales	4	Allen-Bradley
4AR1 4AR2 4AR3	Relevos de estado sólido A 24V	3	Allen-Bradley
	Stratix a 24V	1	
	Botonera a 24V	1	
	PLC	1	
LAMP1 LAMP2	Lámpara IR a 24V	2	
BOA1	Cámara BOA 1280M	1	







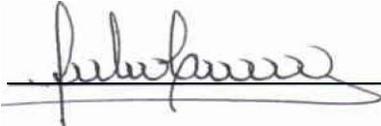
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-01-24

FIRMA ESTUDIANTES 

---



---

FIRMA ASESOR 

Apruebo entrega de informe final.

FECHA ENTREGA: 27/02/17

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_      ACEPTADO \_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_