



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**SISTEMA DE VERIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS CON
SÓLIDOS NO DISUELTOS EN LÍQUIDOS INCOLOROS MEDIANTE VISIÓN
ARTIFICIAL EN LA EMPRESA LICORES DE AMÉRICA “LICORAM S.A”**

AUTOR: GANDHI FERNANDO VILLALBA MENESES

DIRECTOR: ING. DIEGO TERÁN

IBARRA – ECUADOR

2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401125448		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Villalba Meneses Gandhi Fernando		
DIRECCIÓN:	San Antonio de Ibarra-Calle Ramón Teanga-Barrio Sur		
EMAIL:	fernan17ga@yahoo.es		
TELÉFONO FIJO:	2933613	TELÉFONO MÓVIL:	0993114208

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SISTEMA DE VERIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS CON SÓLIDOS NO DISUELTOS EN LÍQUIDOS INCOLOROS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LA EMPRESA LICORES DE AMÉRICA "LICORAM S.A."
AUTOR (ES):	Villalba Meneses Gandhi Fernando
FECHA: AAAAMMDD	28 de abril de 2015
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Diego Terán

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Villalba Meneses Gandhi Fernando, con cédula de identidad Nro. 0401125448, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de abril de 2015

EL AUTOR:



.....
Villalba Meneses Gandhi Fernando



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Villalba Meneses Gandhi Fernando**, con cédula de identidad Nro. **0401125448**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **“SISTEMA DE VERIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS CON SÓLIDOS NO DISUELTOS EN LÍQUIDOS INCOLOROS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LA EMPRESA LICORES DE AMÉRICA “LICORAM S.A.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero en Mecatrónica** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 28 días del mes de abril de 2015.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gandhi", is written over a horizontal dotted line.

Nombre: Villalba Meneses Gandhi Fernando

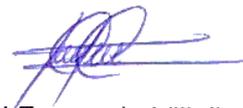
Cédula: 0401125448

DECLARACIÓN

DECLARACIÓN

Yo Gandhi Fernando Villalba Meneses, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.



Gandhi Fernando Villalba Meneses

CERTIFICACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Gandhi Fernando Villalba Meneses, bajo mi supervisión.



Ing. Diego Terán
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Al concluir con esta etapa de mi vida quiero agradecer a Dios que siempre ha sido participe de mis triunfos y derrotas a lo largo de mi vida, a mis amados padres los que nunca me han dejado de apoyar, a mis hermanos los que me animaban constantemente a que continué, a mi cuñada por su valiosa presencia y a mi querido sobrinito por hacerme sonreír para continuar en este duro camino.

Quiero extender un sincero agradecimiento a mis amigos Dario, Jonathan, Josué, Milton por ser parte de este triunfo, los que desinteresadamente influyeron directa o indirectamente en la culminación de este proyecto.

A mi tutor Ing. Terán por sus acertadas recomendaciones y consejos.

Quiero expresar mi agradecimiento también al Ing. Iván Iglesias por brindarme su amistad y sus sabios consejos.

A la empresa patrocinadora LICORAM S.A.

A la Universidad Técnica del Norte, la Facultad de Ingeniería en Ciencias aplicadas y al personal docente.

Fernando V.

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mis amados padres por estar siempre a mi lado con el único propósito de verme triunfar.

Fernando V.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
DECLARACIÓN	v
CERTIFICACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	xxiii
PRESENTACIÓN	xxiv
CAPÍTULO I	1
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.2 IMPORTANCIA.....	2
1.1.3 PROPÓSITO	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 HIPOTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	3
1.5 JUSTIFICACIÓN	4
1.6 VALOR PRÁCTICO DEL ESTUDIO.....	4
CAPITULO II	6
2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 INTRODUCCIÓN	6
2.2 VISIÓN	6
2.2.1 DIFERENCIAS ENTRE LA VISIÓN HUMANA Y VISIÓN ARTIFICIAL.....	7

2.2.2	APLICACIONES DE LA VISION ARTIFICIAL.....	7
2.3	CÁMARAS DE VISIÓN ARTIFICIAL	8
2.3.1	SMART CAMERAS	9
2.3.2	LENTES U ÓPTICAS PARA CÁMARAS	10
2.3.3	ILUMINACIÓN	12
2.3.4	CARACTERISTICAS DE UNA IMAGEN	17
2.3.5	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES (PDI)	20
2.3.6	SÓLIDOS NO DISUELTOS	21
2.3.7	ASPECTOS A CONSIDERAR AL MOMENTO DE ELEGIR EL SOFTWARE DE VISIÓN.....	21
CAPÍTULO III		26
3	DISEÑO DEL SISTEMA DE VERIFICACIÓN DE BOTELLAS CON SÓLIDOS NO DISUELTOS.....	26
3.1	INTRODUCCIÓN	26
3.2	SELECCIÓN DEL TIPO DE FUENTE DE LUZ	26
3.3	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	26
3.4	SELECCIÓN DE LA SMART CAMERA	27
3.4.1	PARA QUE TRABAJAR CON UNA SMART CAMERA	28
3.4.2	CUADRO COMPARATIVO ENTRE SMARTS CAMERAS	28
3.5	IMPLEMENTOS EXTRAS DE LA SMART CAMERA.....	30
3.5.1	CAPACIDAD DE LA CÁMARA	31
3.5.2	CÁLCULO DE LA LENTE DE LA NI 1754 SMART CAMERA	31
3.5.3	VISION BUILDER	33
3.5.4	PROGRAMACION DE LA SMART CAMERA.....	34
3.5.5	DESCARGA DE PROGRAMAS EN LA SMART CAMERA CON LA PC	46
3.5.6	AÑADIR O BORRAR UN PROGRAMA DE LA SMART CAMERA ...	49

3.5.7	HISTOGRAMA.....	49
3.6	CONTRASTE DEL PUNTO DE CONTROL DEL SISTEMA.....	50
3.6.1	SET POINTS DEL SISTEMA.....	50
3.6.2	SET POINT (NIVEL DE GRISES).....	50
3.6.3	SET POINT (TIEMPO DE EXPOSICIÓN)	52
3.6.4	SET POINT (GANANCIA).....	54
CAPÍTULO IV.....		56
4	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE VERIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS	56
4.1	INTRODUCCIÓN	56
4.2	BANDA TRANSPORTADORA.....	56
4.2.1	CARACTERÍSTICAS	56
4.2.2	VELOCIDAD	57
4.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS	57
4.3.1	PARÁMETROS DE DISEÑO	57
4.3.2	CAPACIDAD DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS	60
4.3.3	PROCESO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL SISTEMA	60
4.3.4	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS.....	60
4.3.5	ALTERNATIVAS DE DISEÑO	61
4.3.6	SELECCIÓN DE LA ATERNATIVA ADECUADA	64
4.3.7	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS.....	67
4.3.8	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS	68
4.4	SELECCIÓN DEL SERVOMOTOR.....	71
4.5	SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS..	72
4.5.1	SELECCIÓN DEL PLC LOGO.....	72

4.5.2	SELECCIÓN DE MICROCONTROLADOR	74
4.5.3	TABLERO DE CONTROL	75
CAPÍTULO V		86
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	86
5.1	INTRODUCCION	86
5.2	SISTEMA DE VERIFICACIÓN	86
5.2.1	AJUSTES DE LA SMART CAMERA	89
5.3	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	91
5.4	SISTEMA COMPLETO	92
5.4.1	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA COMPLETO.....	93
5.5	PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO AUTOMATIZADO.....	94
5.6	FUNCIONAMIENTO DE LA DETECCIÓN DE BOTELLAS ANALIZADAS ESTADÍSTICAMENTE.....	100
CAPÍTULO VI.....		103
6	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	103
6.1	INTRODUCCIÓN	103
6.2	ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE LA VISIÓN ARTIFICIAL	103
6.3	PROYECCIÓN DE INGRESOS	104
6.3.1	ANALISIS DE PRODUCCIÓN Y COSTOS EN LA ACTUALIDAD..	104
6.3.2	ANALISIS DE PRODUCCION Y COSTOS ESTIMADOS A OBTENER 105	
6.4	COSTO DEL PROYECTO	106
6.4.1	COSTOS DIRECTOS.....	106
6.4.2	COSTOS INDIRECTOS	107
6.4.3	COSTO TOTAL	108
CAPÍTULO VII.....		109
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109

7.1	CONCLUSIONES.....	109
7.2	RECOMENDACIONES	110
8	BIBLIOGRAFÍA	112
9	ANEXOS	119

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Especificaciones técnicas del PLC	119
ANEXO B: Especificaciones técnicas de la Smart camera	120
ANEXO C: Especificaciones técnicas del módulo de entradas y salidas de la smart camera	121
ANEXO D: Especificaciones técnicas lente computar M1614	122
ANEXO E: Especificaciones técnicas del sistema de soporte de la smart camera	123
ANEXO F: Especificaciones técnicas del sistema de soporte de la smart camera	124
ANEXO G: Especificaciones técnicas del almacenador de botellas.....	125
ANEXO H: Especificaciones técnicas del soporte del almacenador de botellas	126
ANEXO I: Especificaciones técnicas de la palanca lateral	127
ANEXO J: Especificaciones técnicas del servomotor.....	128
ANEXO K: Especificaciones técnicas del microcontrolador PIC16F628A	129
ANEXO L: Circuito de control y potencia diseñado en el software wizard.....	131
ANEXO M: Programa de control del servomotor diseñado en el compilador PIC C	132
ANEXO N: Programa de control del plc sin energizar diseñado en el software LOGOComfort.	134
ANEXO O: Programa de control del plc energizado diseñado en el software LOGOComfort.	135
ANEXO P: Luminaria utilizada en el sistema backlight	136
ANEXO Q: Motor pololu	138
ANEXO R: Manual de Usuario	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistema de visión artificial dependiente	9
Figura 2.2 Sistema de visión artificial independiente.....	10
Figura 2.3 Lente de smart camera	11
Figura 2.4 Iluminación natural	12
Figura 2.5 Retroiluminación.....	12
Figura 2.6 Iluminación frontal	13
Figura 2.7 Iluminación con luz estructurada.....	13
Figura 2.8 Iluminación con luz estroboscópica.....	14
Figura 2.9 Iluminación difusa unidireccional.....	14
Figura 2.10 Iluminación omni-direccional difusa.....	15
Figura 2.11 Iluminación direccional lateral	15
Figura 2.12 Iluminación backlight.....	16
Figura 2.13 Matriz de una imagen digital	17
Figura 2.14 Tamaño de pixel.....	18
Figura 2.15 Profundidad de pixel.....	18
Figura 2.16 Imagen original e imagen con ruido respectivamente	19
Figura 2.17 Resolución de una imagen.....	19
Figura 2.18 Procesamiento digital de imágenes.....	21
Figura 2.19 Smart cameras	22
Figura 2.20 Hardwares.....	22
Figura 2.21 Facilidad y uso del software	23
Figura 2.22 Soporte técnico	25
Figura 3.1 Smart camera 1754.....	31
Figura 3.2 Lente y sus dimensiones.....	31
Figura 3.3 Tamaño de la botella.....	32
Figura 3.4 Software Vision Builder	34
Figura 3.5 Flujograma del programa de detección de sólidos no disueltos.....	35
Figura 3.6 Bloques del programa	36
Figura 3.7 Acquire Image (Smart Camera)	36
Figura 3.8 Tiempo de exposición y ganancia	37
Figura 3.9 Trigger.....	37

Figura 3.10 Internal Lighting Controller	38
Figura 3.11 Calibrate Image	38
Figura 3.12 Nombre de la calibración y tiempo de expiración	39
Figura 3.13 Calibración con la herramienta Curved Objects, Microplanes (Grid) .	39
Figura 3.14 Selección de imagen a calibrar	40
Figura 3.15 Entidad de la cuadrícula	40
Figura 3.16 Parámetros de la cuadrícula.....	41
Figura 3.17 Resultados de la calibración	41
Figura 3.18 Coordenadas de análisis.....	42
Figura 3.19 Resumen de calibración	42
Figura 3.20 Count Pixels	43
Figura 3.21 Selección de la región de interés	43
Figura 3.22 Selección del tipo de análisis y del set point de las imágenes	44
Figura 3.23 Establecemos condiciones de configuración dentro de las herramientas	44
Figura 3.24 Activación del bloque de lectura/escritura de I/O	45
Figura 3.25 Selección de líneas de la salida de la smart camera.....	46
Figura 3.26 Software Measurement & Automation Explorer	46
Figura 3.27 Remote Systems	47
Figura 3.28 Software Vision Builder	47
Figura 3.29 Target.....	48
Figura 3.30 Target Options.....	48
Figura 3.31 Start Inspection	48
Figura 3.32 Selección del programa.....	48
Figura 3.33 Accionamiento del programa.....	48
Figura 3.34 Add/Retrieve Inspections	49
Figura 3.35 Añadir o borrar un programa de la smart camera	49
Figura 3.36 Imagen de un histograma.....	50
Figura 3.37 Sistema de control en lazo cerrado del sistema.....	50
Figura 3.38 Sistema de control en base al nivel de grises	52
Figura 3.39 Set Point (Nivel de grises).....	52
Figura 3.40 Sistema de control en base al tiempo de exposición.....	53
Figura 3.41 Set point (Tiempo de exposición).....	53

Figura 3.42 Sistema de control en base a la ganancia.....	54
Figura 3.43 Set point (ganancia)	55
Figura 4.1 Banda transportadora con botellas de licor	57
Figura 4.2 Sistema progresivo mediante segmentos en forma de dedos.....	63
Figura 4.3 Sistema mediante actuación de palanca lateral	63
Figura 4.4 Sistema mediante aire comprimido	64
Figura 4.5 Palanca lateral	68
Figura 4.6 Microcontrolador PIC16F628A	74
Figura 4.7 Diagrama de control	76
Figura 4.8 Arquitectura del tablero de control en 3D	78
Figura 4.9 Arquitectura interna del gabinete de control.....	78
Figura 4.10 Arquitectura externa del gabinete de control.....	79
Figura 4.11 Control del servomotor con el microcontrolador	80
Figura 4.12 Flujograma para el control del servomotor con el microcontrolador .	81
Figura 4.13 Simulación del control de servomotor	82
Figura 4.14 Simulación de la onda del servomotor en el osciloscopio	82
Figura 4.15 Flujograma del control del sistema con el PLC LOGO	84
Figura 4.16 Circuito de potencia.....	85
Figura 5.1 Soporte de la smart camera	87
Figura 5.2 Diagrama del algoritmo del programa de la smart camera.....	88
Figura 5.3 Sistema de iluminación backlight	88
Figura 5.4 Habilitación de una dirección IP automáticamente.....	89
Figura 5.5 Lente de la smart camera.....	90
Figura 5.6 Tiempo de exposición y ganancia	90
Figura 5.7 Almacenador de botellas.....	91
Figura 5.8 Sistema completo.....	92
Figura 5.9 Botón de encendido general	95
Figura 5.10 Botón de encendido del sistema	95
Figura 5.11 Software de funcionamiento de la smart camera	95
Figura 5.12 Smart camera.....	96
Figura 5.13 Lcd del PLC LOGO 230RC	96
Figura 5.14 Componentes del gabinete de control.....	97
Figura 5.15 Servomotor VIGOR	97

Figura 5.16 Palanca lateral	98
Figura 5.17 Análisis de botellas en la línea de producción.....	98
Figura 5.18 Botellas en el carril con rodamientos.....	99
Figura 5.19 Botellas detectadas	99
Figura 5.20 Motor pololu acoplado a la banda transportadora	100
Figura 5.21 Error porcentual de botellas detectadas en el proceso anterior	101
Figura 5.22 Error porcentual de botellas detectadas en el proceso actual	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Diferencias entre la visión humana y la visión por computadora.....	7
Tabla 2.2 Aplicaciones generales de la visión artificial.....	7
Tabla 2.3 Tipos de lentes	11
Tabla 2.4 Fuentes de luz.....	16
Tabla 2.5 Tamaño de una imagen.....	19
Tabla 3.1 Cuadro comparativo de smart cameras.....	29
Tabla 3.2 Análisis de prueba y error (nivel de grises)	51
Tabla 3.3 Análisis de prueba y error (Tiempo de exposición)	53
Tabla 3.4 Análisis de prueba y error (ganancia).....	55
Tabla 4.1 Cantidad total de botellas con sólidos no disueltos con la smart camera	58
Tabla 4.2 Ventajas y desventajas de las alternativas de diseño	61
Tabla 4.3 Calificación del peso específico para cada criterio	65
Tabla 4.4 Calificación del peso específico del criterio Alta fiabilidad de las alternativas (A)	66
Tabla 4.5 Calificación del peso específico del criterio costo	66
Tabla 4.6 Calificación del peso específico del criterio: facilidad de reparación y mantenimiento.....	66
Tabla 4.7 Calificación del peso específico del criterio tamaño	66
Tabla 4.8 Calificación del peso específico del criterio estética.....	67
Tabla 4.9 Cálculo y conclusiones.....	67
Tabla 4.10 Datos del servomotor vigor precision LTD.....	72
Tabla 4.11 Cuadro comparativo de controladores lógicos programables.....	72
Tabla 5.1 Corrección de los tiempos de accionamiento del PLC	93
Tabla 5.2 Cantidad total de botellas analizadas con sólidos no disueltos con los 4 operadores	100
Tabla 5.3 Cantidad total de botellas detectadas en el proceso anterior	102
Tabla 5.4 Cantidad total de botellas detectadas en el proceso actual.....	103
Tabla 6.1 Cantidad de unidades producidas actualmente.....	104
Tabla 6.2 Costos de producción.....	104
Tabla 6.3 Balance de resultados.....	104

Tabla 6.4 Cantidad de unidades producidas que se obtuvo.....	105
Tabla 6.5 Costos de producción que se obtuvo	105
Tabla 6.6 Balance de resultados que se obtuvieron.....	105
Tabla 6.7 Costos directos.....	106
Tabla 6.8 Costos indirectos	107
Tabla 6.9 Costo total	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1 Fórmula de cálculo de la distancia del objeto a la cámara	10
Ecuación 3.1 Cálculo de la lente	32
Ecuación 4.1 Área de un círculo.....	69
Ecuación 4.2 Masa estimada del total de botellas.....	69
Ecuación 4.3 Peso total de las botellas que se ejerce sobre el almacenador	69
Ecuación 4.4 Área de un ortoedro.....	70
Ecuación 4.5 Cantidad de botellas N que se pueden almacenar	70

RESUMEN

Este proyecto surge a raíz de la necesidad de cubrir el ineficiente sistema de verificación y clasificación de botellas con sólidos no disueltos en la empresa LICORAM S.A ya que el mismo era realizado por un operador que se encontraba sentado al frente del paso de botellas analizando las mismas durante dos horas hasta cambiar al siguiente operador a razón de 96 botellas por minuto, lo cual era causa de poder adquirir una enfermedad visual denominada astenopia y un cansancio físico lo que producía errores que determinaban un costo muy alto a la empresa, por lo cual se implantó un nuevo sistema automático el mismo que funciona mediante una smart camera la que se encarga de verificar si las botellas están o no con sólidos no disueltos y mandar una señal al plc al momento en el cual detecte una, además se acoplo un sistema de clasificación el cual actúa cuando recibe un pulso desde el plc, este clasifica a las botellas detectadas.

Se realizó un tablero de control para el fácil entendimiento de manejo del operador en el mismo que se describe los nombres de los botones, adjuntando un manual de usuario como una mejor guía, en el que se realizó una interfaz con todos los elementos del sistema.

Se seleccionó los elementos del proyecto en base a una cantidad de datos recopilados que daban prueba fehaciente de las debilidades que tenía el anterior sistema.

La visión artificial es una nueva tecnología que permite desarrollar métodos actuales de control, como es el caso del presente proyecto, por lo que esta sirve como base para realizar y mejorar este sistema ya sea para el aula como para la industria de cualquier tipo.

ABSTRACT

This project comes from the need to cover the inefficient system of verification and classification of bottles with undissolved solids in the LICORAM SA company since it was made by an operator who was sitting in front of the passage of bottles, analyzing them for two hours to change to the next operator at the rate of 96 bottles per minute, which caused a disease called visual asthenopia and physical tiredness that produces errors, which determines a high cost for the company, so a new automated system was implemented, it works through a smart camera which is responsible to verify if the bottles have or not undissolved solids and send a signal to the plc, when it detects one, a further classification system was coupled, which acts when it receives a pulse from the plc, this classifies the detected bottles.

A dashboard for easy understanding of operator handling was made, the same has the names of the buttons, attaching a manual as a better guide, wherein an interface with all elements of the described system was performed.

Project elements were based on an amount of data collected which gave proof of the weaknesses that the previous selected system had.

Machine vision is a new technology that enables to current control methods, as this project, so this serves as the basis for making and improving this system either for classroom and any kind Industry.

PRESENTACIÓN

Este proyecto se lo realizó en base a la mejora del proceso de calidad de inspección de botellas dentro de la empresa LICORAM S.A. para lo cual se determinó las debilidades más importantes como eran la visión y la clasificación, de ahí se vio la necesidad de adquirir una smart camera embebida con una resolución de 1280 x 1024 y de diseñar un sistema de clasificación que para lo cual se adquirió un servomotor que contemple esto.

En la empresa LICORAM S.A. se contaba con este proceso manual, es por ello que esto acarrea consecuencias en el ámbito ergonómico de los empleados inmiscuidos en el proceso.

También es muy importante mencionar que este tipo de sistemas no son muy comunes en el país, por lo cual este proyecto resulta innovador y muy atractivo a la industria licorera.

Para la selección de los materiales utilizados en el proyecto se determinó en base a las prestaciones que ofrece cada una de estas como son el soporte técnico, el respaldo de la marca, el fácil acceso, entre otros.

El sistema funciona para detectar la cantidad de botellas que sean necesarios dentro de los parámetros y limitaciones de la smart cámara, la misma que toma 13 fps para analizarlas, procesarlas y ejecutarlas según sea la necesidad.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 ANTECEDENTES

En nuestro país la industria de la producción de licores está creciendo a pasos agigantados, esto se debe en gran parte al incremento de las nuevas tecnologías que están inmiscuidas dentro de estos procesos y al gran interés por acrecentar dentro de las empresas los estándares de calidad de sus productos.

Actualmente en la empresa Licores de América “LICORAM S.A”, se ha implementado un proceso de inspección de calidad en las botellas de licor, para que sus productos tengan y cumplan con las normas vigentes para el caso; pero este proceso se lleva a cabo con un inspector, el mismo que se encuentra sentado frente al paso de las botellas durante dos horas inspeccionando 96 botellas de licor por minuto y separando las botellas detectadas con sólidos no disueltos, lo cual puede producir una enfermedad visual denominada astenopia (condición oftalmológica que tiene síntomas específicos como fatiga, dolor en o alrededor de los ojos, visión borrosa, dolor de cabeza y ocasionalmente visión doble), y cansancio físico con el consiguiente aumento del riesgo de errores.

Para solucionar este problema se propone implementar un sistema de visión artificial compuesto por una cámara inteligente “Smart camera”, que tiene la capacidad de tomar 13 fotografías por segundo y procesarlas para su análisis. Al detectar una botella con un sólido no disuelto, enviará una señal a un controlador lógico programable (PLC), el que a su vez enviará la señal a un sistema de clasificación para que separe dicha botella contaminada.

1.1.2 IMPORTANCIA

El presente trabajo de grado pretende incrementar la calidad del producto final en la empresa, proteger la salud y bienestar de los trabajadores, evitando la asignación de un trabajador para que realice esta tarea y reubicándolo en otras áreas, en las cuales serán de mayor importancia y sobretodo precautelando su salud.

1.1.3 PROPÓSITO

Además de los factores ya mencionados, se incrementaran las ganancias con la reducción de un sueldo en este proceso y los beneficios de ley que conlleva la contratación de un empleado, esto a la larga es un gran ahorro. Utilizando dicha mano de obra para la realización de otras labores más importantes, reduciendo los costos utilizados en los trabajadores inmiscuidos en el proceso de supervisión de las botellas; de la misma manera, la inversión que demande este sistema de visión artificial, será recuperada al cabo de 9 meses, ya que la empresa no tendrá la necesidad de cubrir con los gastos laborales, convirtiéndose en una inversión que a la larga va a ser mínima comparado con las ganancias que se van a obtener con el presente propósito.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa Licores de América "LICORAM S.A" para el proceso de producción de licores se cuenta con una máquina dosificadora y posicionadora de tapas en botellas de vidrio transparentes, las mismas que pasan a una banda transportadora para ser inspeccionadas por un operador.

Actualmente, en el proceso de verificación y clasificación de botellas con sólidos no disueltos, (partículas pequeñas negras que no pudieron disolverse o que provienen de factores externos) se ha solucionado provisionalmente con un inspector, el mismo que se encuentra sentado al frente del paso de las botellas, verificando que no haya sólidos no disueltos de más de 100 mm² y separando las botellas detectadas con sólidos dentro del área de la línea de producción, durante dos horas hasta ser relevado por otro inspector durante el mismo tiempo. Tomando en cuenta que, para este proceso, se lo lleva mediante el ojo humano, tarea que produce una fatiga ocular o astenopia como respuesta del ojo frente al

esfuerzo muscular excesivo durante un largo período de tiempo. Después de 2 horas consecutivas de trabajo detectando y expulsando las botellas con los sólidos no disueltos, es bastante frecuente que aparezcan síntomas de fatiga visual y corporal aumentando la posibilidad de cometer errores en el momento de la inspección.

Al incorporar en este proceso un sistema de visión artificial que identifique los sólidos no disueltos con un tratamiento de imágenes a través de un programa, complementado con un sistema de clasificación de botellas, se lograría aumentar la eficiencia.

Por lo tanto, este trabajo se enfocará en automatizar la verificación y clasificación de botellas detectadas con sólidos no disueltos en líquidos incoloros de la empresa Licores de América "LICORAM S.A" durante todo el evento productivo, con el fin de mejorar la producción y, reducir el número de errores por fallas visuales o cansancio físico.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de verificación y clasificación de botellas detectadas con sólidos no disueltos en líquidos incoloros mediante visión artificial en la empresa Licores de América "LICORAM S.A".

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un programa que permita realizar el proceso de verificación de sólidos no disueltos en líquidos incoloros para implementarlo en el sistema de visión artificial,
- Construir un sistema de clasificación de botellas con sólidos no disueltos en la línea de producción.
- Elaborar un manual del usuario y mantenimiento para el sistema implementado.

1.4 HIPOTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- Automatizando el sistema de detección de sólidos no disueltos se logrará un proceso más eficiente y las ganancias se incrementarán notablemente.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En el sector de la producción de licores, es primordial incrementar la producción de los mismos al menor costo posible. Esto se logra optimizando su elaboración, con productos de calidad que tengan las debidas normas y que los procesos de elaboración sean lo más eficientes posibles, reduciendo las pérdidas y mejorando sus estándares de calidad, tomando en cuenta que sus productos no estén con objetos no deseados como los sólidos no disueltos, para así acelerar su fabricación.

Se resalta los fundamentos y aplicaciones de la visión artificial en la industria fortaleciendo y mejorando el desarrollo de la empresa Licores de América "LICORAM S.A".

El presente proyecto se realizará tomando en cuenta la necesidad que tiene la empresa Licores de América "LICORAM S.A" de aplicar este sistema de automatización para incrementar su producción y disminuir sus costos. Analizando previamente las limitaciones tecnológicas en el sistema de verificación y expulsión de sólidos no disueltos que existen actualmente en la empresa se promoverá el incremento de la eficiencia.

Es muy importante también considerar que la implementación del sistema para la verificación y clasificación de botellas con sólidos no disueltos en líquidos incoloros, eliminará la necesidad de contar con el concurso de cuatro trabajadores que en forma periódica hacen la inspección visual de las botellas, con el consiguiente riesgo, cada vez mayor, de desarrollar fatiga ocular o astenopia, como respuesta del ojo frente al esfuerzo muscular excesivo durante las jornadas de trabajo por períodos de tiempo prolongados.

1.6 VALOR PRÁCTICO DEL ESTUDIO

El sistema de verificación y clasificación de botellas con sólidos no disueltos en líquidos incoloros mediante visión artificial logrará aumentar las ganancias en la empresa y disminuirán las perdidas. Con la implementación de este sistema se lograra aumentar las ganancias con un producto final de calidad, dando al cliente la seguridad de que está consumiendo un licor con los más altos estándares de calidad, por lo tanto las ventas tienden a aumentar porque el producto será

excelente; adicionalmente las perdidas disminuirán ya que al momento de realizar la verificación y clasificación de botellas se detectara eficientemente cada una de ellas.

Con la implementación del presente proyecto, los principales beneficiarios serán los ejecutivos, empleados y trabajadores de Licores de América "LICORAM S.A", y lo más importante, los consumidores y clientes de sus productos, ya que tendrán la seguridad de que los licores de la empresa tiene las más altas normas de calidad y los últimos sistemas tecnológicos para este tipo de aplicaciones, que además será un ejemplo para las demás empresas que producen licor en nuestro país, incrementando así la competitividad y el prestigio de sus productos. Por lo tanto los ejecutivos y trabajadores verán aumentar su productividad, sus utilidades y sus ingresos, lo cual irá en beneficio de sus familias, mejorando la calidad de vida. Es innegable que se verán beneficiados los consumidores de los productos fabricados por Licores de América "LICORAM S.A" y, adicionalmente se verá beneficiado el sector productivo, al contar cada día con más empresas que tecnifican sus procedimientos, aplicando la investigación como método para lograr resolver los problemas.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta toda la información teórica y complementaria relacionada con el tema del proyecto.

2.2 VISIÓN

Aristóteles define a la visión como: “el saber que hay y donde, mediante la vista”. (Visión artificial e interacción sin mandos, 2010).

Los seres humanos tenemos la capacidad de ver mediante nuestros ojos, los mismos que nos permiten captar características del entorno en el cual nos encontramos, dado que la visión es uno de nuestros siete sentidos. Este es muy importante al momento de describir a un objeto como en su forma, su contraste, su tamaño, su color, etc.

- **Visión humana**

Capacidad humana para identificar imágenes, para ello se requiere del ojo, el cerebro y luz. (Fotonostra, 2009).

- **Visión artificial**

Parte de la inteligencia artificial por medio del cual se obtiene, procesa y analiza la información obtenida desde las imágenes digitales. Se requiere de técnicas adecuadas.

Se compone de un conjunto de procesos orientados al análisis de imágenes: captación de imágenes, memorización de la información, procesado e interpretación de los resultados.

2.2.1 DIFERENCIAS ENTRE LA VISIÓN HUMANA Y VISIÓN ARTIFICIAL

En el cuadro siguiente se describe las principales características de la visión humana y la visión artificial (visión por computadora).

Tabla 2.1 Diferencias entre la visión humana y la visión por computadora

Propiedades	Visión humana	Visión por computadora
Procesamiento Serial	-	X
Fácil reconocimiento del color	X	-
Perspectiva Bidimensional	-	X
Procesamiento en paralelo	X	-
Perspectiva Tridimensional	X	-

Fuente: (Ramírez, 2006)

El procesamiento en paralelo denota la actividad cerebral que posee el ser humano para procesar un número infinito de ideas al mismo tiempo, a diferencia de la visión artificial, en la cual esta característica todavía es mínima debido a que los procesadores de las computadoras no tienen la capacidad del cerebro humano.

Los seres humanos tenemos la capacidad de una vista tridimensional con la cual podemos describir muchas características de objetos que a diferencia de la visión por computadora solo puede captar imágenes bidimensionales con las cuales no se puede apreciar con exactitud todo lo deseado.

Al momento de identificar colores los seres humanos podemos distinguir sin mayor complejidad, a diferencia de la visión artificial, que no puede hacer fácilmente esta tarea debido a que existe una mayor cantidad de información al momento de ver a color.

2.2.2 APLICACIONES DE LA VISION ARTIFICIAL

Las siguientes tablas muestran las diferentes aplicaciones y los entornos en los cuales puede aplicarse la visión artificial.

Tabla 2.2 Aplicaciones generales de la visión artificial

Entorno	Aplicación
Aeroespacial	Medidas de stress en fuselaje

Alimentación	Color y medida de fruta
Automoción	Clasificación y medida de autopartes
Biología	Análisis de formas y crecimiento
Biomecánica	Análisis de movimientos en 3D
Construcción	Fugas de calor en edificios
Deporte	Análisis de trayectoria - "hawk eye"
Envase	Detección de impurezas en líquidos
Farmacia	Trazabilidad con códigos matriz 2D
Forense	Identificación de huellas dactilares
Medicina	Sistemas de Oftalmología
Minería	Control 3D de tamaño de rocas
Policía	Huellas/identificación facial
Química	Proporciones en materias primas
Reciclaje	Clasificación de plásticos
Teledetección	Análisis multiespectral
Textil	Determinación de corte automático
Tráfico	Identificación de matrículas

Fuente: (Infaimon S.L.)

2.3 CÁMARAS DE VISIÓN ARTIFICIAL

Las cámaras de visión artificial tienen la capacidad de capturar imágenes, adquirir información y procesarla según la necesidad.

En la Figura 2.1 se puede apreciar un sistema típico de visión artificial, el cual era indispensable realizarlo con una tarjeta capturadora de video, un ordenador y un software de visión.

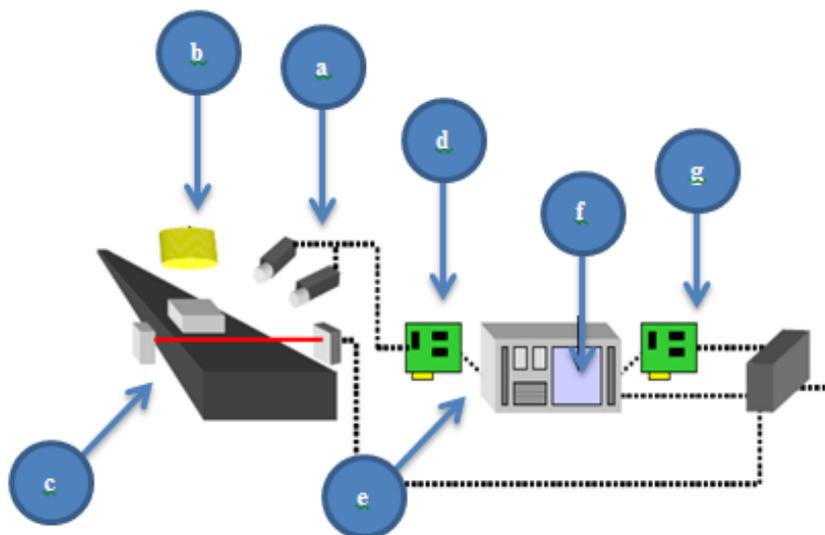


Figura 2.1 Sistema de visión artificial dependiente

Fuente: (Cruz, 2011)

- a. Cámaras
- b. Fuente de iluminación
- c. Sensor
- d. Driver de vídeo
- e. Computador
- f. Software específico para visión
- g. Módulo de entradas y salidas

2.3.1 SMART CAMERAS

Las smart cameras o cámaras inteligentes son dispositivos electrónicos que permiten realizar un trabajo de adquisición, procesamiento y manipulación de imágenes con un mínimo margen de error y con una capacidad de alta velocidad de almacenamiento de datos y procesamiento de los mismos, sin la necesidad de la conexión con una pc como las cámaras tradicionales, ya que vienen con un procesador de gran capacidad que permite realizar la acción de la pc.

En la Figura 2.2 se puede apreciar un sistema de visión artificial con una smart camera (a) la misma que tiene incorporado la tarjeta de video, ordenador y el software de visión, incluso algunas cámaras incorporan E/S (entradas y salidas) y también las configuraciones de red.

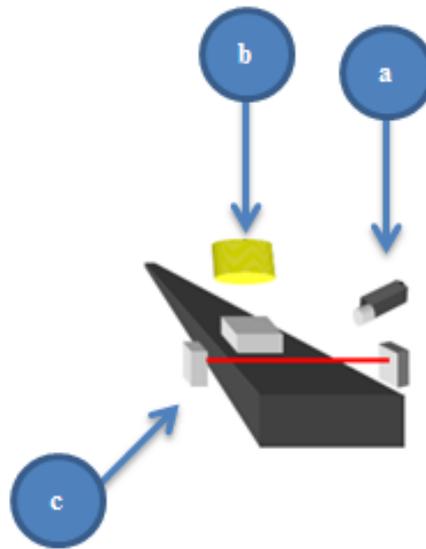


Figura 2.2 Sistema de visión artificial independiente

Fuente: (Cruz, 2011)

- a. Cámara
- b. Iluminación
- c. Sensor de posicionamiento

2.3.2 LENTES U ÓPTICAS PARA CÁMARAS

Los lentes de las cámaras son los encargados de transmitir la señal del sensor que se encuentra en la cámara, con los cuales adquieren imágenes según lo requerido.

Para determinar que lente debemos usar es necesario analizar el tamaño del sensor, la distancia entre la cámara y el objeto, y el campo de visión. Para ello aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Tamaño del sensor} \times \text{Distancia del objeto}}{\text{Tamaño del objeto}}$$

Ecuación 2.1 Fórmula de cálculo de la distancia del objeto a la cámara

2.3.2.1 Elementos que componen los lentes

Los lentes de las cámaras de visión artificial se componen de:

- Anillo de enfoque.- denota la imagen al momento de su acercamiento
- Diafragma.- se agranda o disminuye según la cantidad de luz que se requiera.
- Velocidad de obturación.- esta determina el tiempo que se requiere que este abierto el diafragma.
- Longitud focal.- distancia que existe entre el sensor y el centro del objeto de análisis.
- Profundidad de campo.- momento en el cual la imagen es totalmente clara (nítida).
- Precisión de la medida.- depende de la resolución de la lente y de la distancia a la cual vamos a examinar el objeto. (C.I.P. ETI Tudela, 2011)

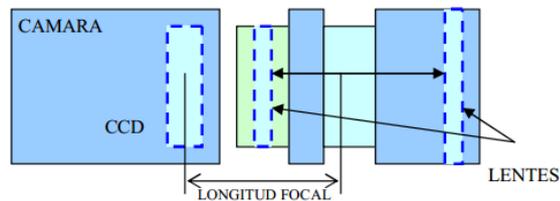


Figura 2.3 Lente de smart camera

Fuente: (C.I.P. ETI Tudela, 2011)

2.3.2.2 Clasificación de los lentes

A continuación se muestra una tabla en la cual se pueden clasificar los lentes de acuerdo a las características más representativas.

Tabla 2.3 Tipos de lentes

Características \ Tamaño	Gran angular (< 50 mm)	Standart (= 50 mm)	Teleobjetivo (> 50 mm)
Ángulo de visión	70°	50°	30°
Posibilidades	Para grandes espacios	Espacios no muy grandes	Para acercar objetos
Perspectiva	Separación de objetos	Reproducción correcta	Objetos próximos
Luminosidad	Alta	Luminoso	Baja
Profundidad de campo	Muy grande	Media	Muy pequeña
Tamaño	Pequeño	Medio	Grande

Fuente: (C.I.P. ETI Tudela, 2011)

2.3.3 ILUMINACIÓN

La iluminación es un conjunto de luces para un determinado objeto, según la necesidad requerida.

Es muy importante tomar en cuenta la iluminación para prevenir posibles fallas y errores.

2.3.3.1 Tipos de iluminación

2.3.3.1.1 Iluminación natural

Es la que el sol nos brinda al transcurso del día, el mismo que no es manipulable pero si podemos controlar dentro de un espacio cerrado la cantidad y la dirección de la luz que deseamos. (Ver Figura 2.4)

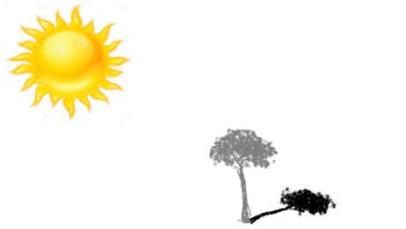


Figura 2.4 Iluminación natural

2.3.3.1.2 Retroiluminación

Este tipo de iluminación permite captar más fácilmente la luz, dado que la circuitería está detrás de los fotodiodos, lo que permite captar directamente la luz para la toma de fotografías, con una calidad mejorada de imagen.

En la imagen de la derecha se puede apreciar un sistema con retroiluminación, y a la izquierda un sistema convencional. (Ver Figura 2.5)

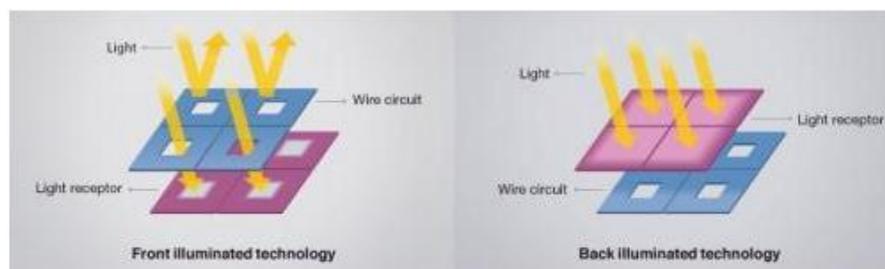


Figura 2.5 Retroiluminación

Fuente: (Xataka, 2010)

2.3.3.1.3 Iluminación frontal

Este tipo de iluminación aporta brillo a los colores de la imagen a capturar y no produce sombras, lo cual permite una mejor captación de las imágenes y muy adecuado para medir la forma de los objetos. (Ver Figura 2.6)

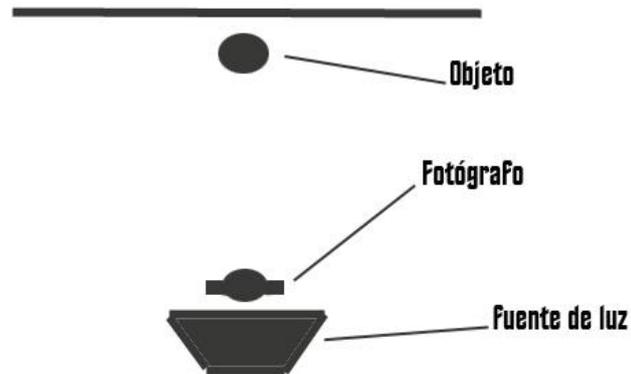


Figura 2.6 Iluminación frontal

Fuente: (Fotografía Perfecta, 2014)

2.3.3.1.4 Iluminación con luz estructurada

Muy utilizado al momento de analizar imágenes en 3d y el cambio en sus patrones o píxeles de la misma. (Ver Figura 2.7)

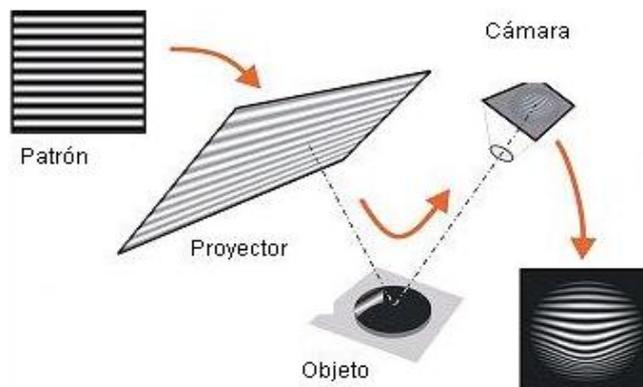


Figura 2.7 Iluminación con luz estructurada

Fuente: (Visión Artificial, 2010)

2.3.3.1.5 Iluminación con luz estroboscópica

La luz estroboscópica es muy apropiada al momento de capturar imágenes que están en movimientos breves, permitiendo una captura apropiada y eficaz. (Ver Figura 2.8)



Figura 2.8 Iluminación con luz estroboscópica

2.3.3.1.6 Iluminación difusa unidireccional

Se asemeja a la luz natural pero sin ningún tipo de variaciones que puedan alterar la imagen a analizar. (Ver Figura 2.9)

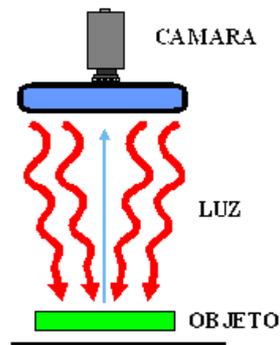


Figura 2.9 Iluminación difusa unidireccional

Fuente: (Visión artificial e interacción sin mandos, 2010)

2.3.3.1.7 Iluminación omni-direccional difusa

Con este tipo de iluminación se eliminan las sombras y se genera un gran contraste, mediante una luz difusa que viene en todas las direcciones gracias a un domo en el cual se refleja la luz y permite acaparar todo el objeto de análisis. (Ver Figura 2.10)

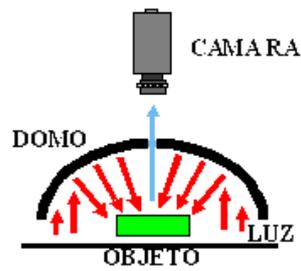


Figura 2.10 Iluminación omni-direccional difusa

Fuente: (Visión artificial e interacción sin mandos, 2010)

2.3.3.1.8 Iluminación direccional lateral

Este tipo de iluminación nos permite captar con más facilidad las protuberancias y hendiduras de la superficie debido al ángulo en el que se encuentra la luz. (Ver figura 2.11)

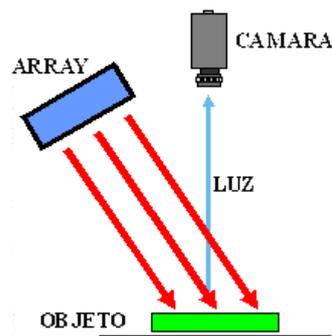


Figura 2.11 Iluminación direccional lateral

Fuente: (Visión artificial e interacción sin mandos, 2010)

2.3.3.1.9 Iluminación posterior (backlight)

Este tipo de iluminación es muy aplicada para brindar un contraste más alto a la figura que se va a analizar, tiende a realzar los bordes de la figura y, permite visualizar imperfecciones dentro de la figura, etc. (Ver Figura 2.12)

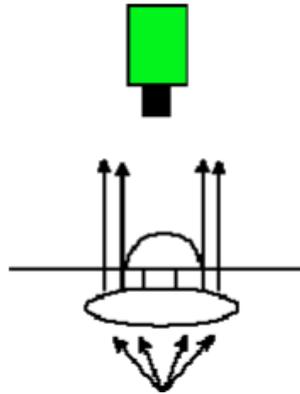


Figura 2.12 Iluminación backlight

Fuente: (Universidad Nacional de Quilmes, 2005)

2.3.3.2 Fuentes de luz

Para una apropiada captura de las imágenes y una buena administración de la energía eléctrica es indispensable analizar el tipo de luz que se va a utilizar en el sistema. Para ello a continuación se muestra una tabla con las diferentes fuentes de luz.

Tabla 2.4 Fuentes de luz

Fuente	Ventaja	Desventaja
Incandescente	Barata Muchas configuraciones	Baja eficacia Corta vida Exceso de calor
Tungsten – Halógeno	Alta potencia de salida	Exceso de calor
Fluorescente	Eficiente Fría	Pocas configuraciones Vibra
He Ne laser	Infinito ancho de campo Óptica simple	Frágil, corta vida Cara, voluminosa Sujeta a regulaciones gubernamentales
IR Laser	Larga vida Buena coincidencia CCD Compacto	Óptica compleja Rayo de luz altamente divergente Sujeta a regulaciones gubernamentales
IR Diodos	Larga vida Buena coincidencia CCD Compacto	Baja potencia de salida
Gas estroboscópico	Alta potencia Alta eficacia	Caro, voluminoso Vida limitada Demasiado azul para CCDs

Fuente: (Urgiles, 2003)

2.3.4 CARACTERISTICAS DE UNA IMAGEN

La imagen es la representación visual de un objeto en tres dimensiones real o falso para luego plasmarlo en una fotografía de dos dimensiones como pinturas, fotos, dibujos, etc.

La imagen digital es la representación bidimensional a partir de una matriz de números mediante una conversión analógica-digital, llegando a producir una imagen vectorial o una imagen bitmap. (Ver Figura 2.13)

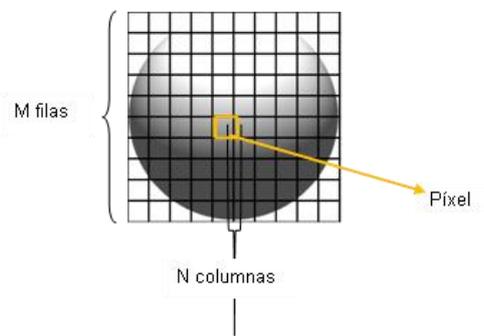


Figura 2.13 Matriz de una imagen digital

Fuente: (Monografias.com, 2011)

Cada imagen digitalizada se compone de píxeles, cientos de ellos, los que contiene información de la imagen e indican la resolución de la misma, entre más píxeles se tengan más clara será la imagen.

2.3.4.1 Tipos de imágenes digitales

2.3.4.1.1 Imágenes rgb

Son imágenes conformadas por los colores primarios rojo, verde y azul, los mismos que son los principales en la conformación de la luz.

2.3.4.1.2 Imágenes indexadas

Esta elimina información del color de la imagen y por lo tanto disminuye el tamaño del archivo a analizar.

2.3.4.1.3 Imágenes en escala de grises

Este tipo de imágenes tienen en cada píxel un rango entre 0 y 255 bits, si es negro se acerca al 0 caso contrario al 255.

2.3.4.1.4 Imágenes binarias

Se pueden representar con valores de verdadero y falso, 0 y 1, o negro y blanco.

2.3.4.2 Calidad de una imagen

Para determinar la calidad de una imagen es muy importante mencionar:

- El tamaño del pixel.
- La profundidad del pixel.
- El ruido.

El tamaño del pixel (Ver Figura 2.14) se determina de acuerdo al rango al cual se determine, entre más grande sea el tamaño del pixel menor será la calidad de la imagen. (García, 2008).

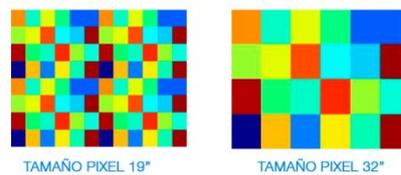


Figura 2.14 Tamaño de pixel

Fuente: (Xataca Smart Home, 2013)

La profundidad del pixel se determina en base a los bits, entre más bits se tengan, mucha mejor será la calidad de la imagen. (Ver Figura 2.15)



Figura 2.15 Profundidad de pixel

Fuente: (Luciano Moreno, 2014)

El ruido a su vez se produce por los dispositivos de entrada con los cuales se está trabajando, o también por la cercanía de los píxeles al momento de la interacción cuando se disminuye el tamaño del pixel. (Ver Figura 2.16)

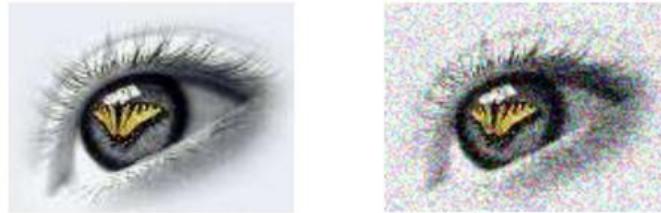


Figura 2.16 Imagen original e imagen con ruido respectivamente

Fuente: (García, 2008)

2.3.4.3 Resolución de una imagen

Es la cantidad de píxeles que contiene cierta imagen para analizar.

Para determinar la resolución de una imagen es necesario multiplicar dos números enteros, en los cuales el primer número representa las filas y el segundo número representa las columnas de la imagen. (Ver Figura 2.17)

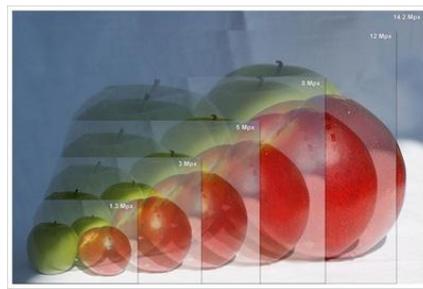


Figura 2.17 Resolución de una imagen

Fuente: (COSAS SENCILLAS, 2010)

2.3.4.4 Tamaño de una imagen

Se calcula multiplicando la cantidad de píxeles de las filas por la cantidad de píxeles de las columnas y por la profundidad de brillo en bits. En la siguiente tabla se muestra ejemplos de las imágenes.

Tabla 2.5 Tamaño de una imagen

Resolución	Profundidad de píxel	Tamaño del archivo			
		Bits	bytes	Kbytes	Mbytes
640 x 480	x 1 bits	= 307.200	=38.400	=37.5	=0.036
640 x 480	x 8 bits	=2'457.600	=307.200	=300	=0.292

640 x 480	x 24 bits	=7'372.800	=921.600	=900	=0.878
640 x 480	x 32 bits	=9'830.400	=1'228.800	=1200	=1.171
Tamaño de una imagen					

Fuente: (García, 2008)

2.3.4.5 Digitalización de una imagen

Se considera digitalización de una imagen al proceso que convierte una imagen de analógica a digital, mediante scanners, cámaras, etc.

2.3.4.5.1 Muestreo

Este proceso es parte de la digitalización de una imagen, la que se convierte de analógica a digital; para lo cual lleva a cabo el proceso denominado muestreo y cuantización.

El muestreo se determina por una cierta cantidad de filas y por cierta cantidad de columnas, en las que denotan los pixeles; en cada pixel existe información como el brillo, color, posición; y mediante el muestreo se determina el tamaño del pixel y el valor del brillo.

2.3.4.5.2 Cuantización

Este proceso también es parte de la digitalización de una imagen, en el que se discriminan valores dentro del rango entre 0(negro) y 255(blanco), lo que determina un número de matrices.

2.3.5 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES (PDI)

Es un proceso que se lleva a cabo en base a una imagen capturada, la cual tendrá que ser encausada de acuerdo a la necesidad requerida, con la cámara inteligente determinada para efectuar los procesos que conlleven su estudio. (Ver Figura 2.18)

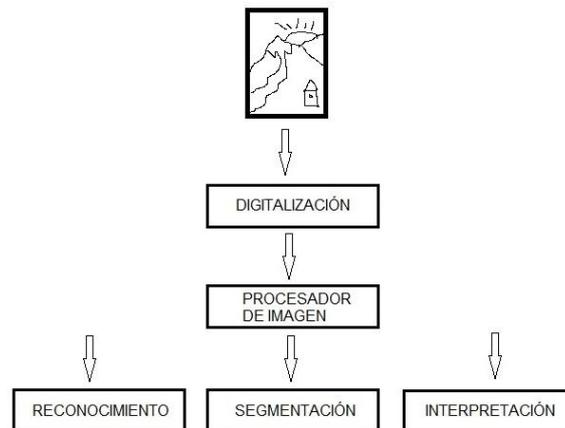


Figura 2.18 Procesamiento digital de imágenes

Se adquiere una imagen mediante algún dispositivo de captura.

- Digitalización.- la imagen capturada se digitaliza con el paso análogo-digital.
- Procesador de imagen.- el dispositivo en el cual estamos dándole un tratamiento a la imagen, dispone de un procesador, el cual se encarga de administrar la información obtenida de la imagen.
- Reconocimiento.- proceso que determina los objetos a analizar.
- Segmentación.- proceso que limita en la imagen lo deseado.
- Interpretación.- analiza los objetos y asigna una característica propia según el análisis.

2.3.6 SÓLIDOS NO DISUELTOS

Se denomina sólidos no disueltos a las turbiedades encontradas en el líquido de las botellas. Como por ejemplo: restos de tapas, resto de plásticos de los materiales de embotellamiento, papeles, moscas, etc.

2.3.7 ASPECTOS A CONSIDERAR AL MOMENTO DE ELEGIR EL SOFTWARE DE VISIÓN

2.3.7.1 Elección de la cámara

La cámara que será elegida para cierta aplicación requerida, tendría que llenar las expectativas del usuario tomando en cuenta su necesidad.

En el mercado existen un sin número de cámaras para diferentes tipos de aplicaciones, para lo cual se debe tomar en cuenta el procesador de la cámara, número de entradas y salidas según sea el caso, los puertos de comunicación, las protecciones que dispone, el número de fotos por segundo, el software con el cual trabaja, la disponibilidad de repuestos, el asesoramiento técnico por parte de los vendedores, el sensor de imagen con el que trabaja, la resolución del lente, las licencias que se deben de pagar para su uso, el costo, la disponibilidad de esa cámara en su país o facilidades de envío y comunicaciones, etc. (Ver Figura 2.19)



Figura 2.19 Smart cameras

Fuente: (National Instruments, 2014)

2.3.7.2 Escalabilidad del hardware

El hardware a adquirirse es de considerar en los casos remotos en los cuales se tendría que aumentar, disminuir o cambiar los dispositivos conectados en el proceso, nuestro hardware debe permitirnos hacer esos cambios sin ningún tipo de alteración en el proceso que se lleva a cabo, adaptándose sin disminuir la calidad del sistema.

Cada uno de los hardwares que se implementaran tendrán que contar con esta disponibilidad para que en futuros cambios o variaciones no afecte a ninguna de las actividades que realizan estos dispositivos. (Ver Figura 2.20)



Figura 2.20 Hardwares

Fuente: (National Instruments, 2014)

2.3.7.3 Facilidad de uso del software

El software con el cual se va a trabajar, debe de ser compatible con el hardware a elegir; por lo cual es muy importante tomar en cuenta al software y sus facilidades, si se tiene experiencia manejando el mismo, o si es nuevo en su manejo.

Se debe de analizar las herramientas que posee el software en base a la aplicación requerida, y la facilidad de adquisición del software, tomando muy en cuenta las licencias que tienen cada una de las marcas, para lo cual se debe asesorar antes de adquirir un software, sus costos, tipo de licencias, etc. (Ver figura 2.21)

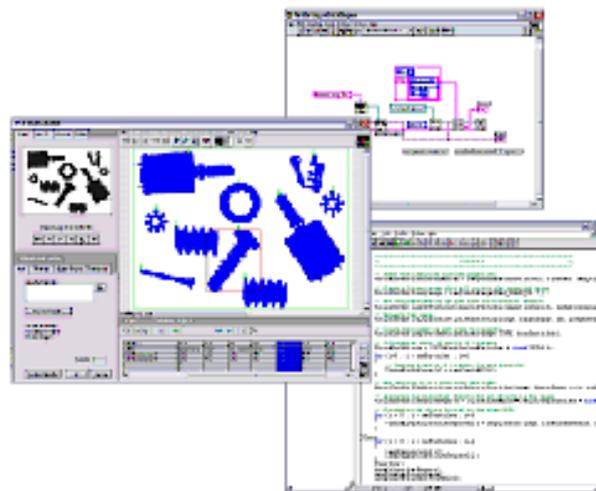


Figura 2.21 Facilidad y uso del software

Fuente: (National Instruments, 2014)

2.3.7.4 Exactitud y cobertura del algoritmo

Al momento de elegir el software del dispositivo de adquisición de imágenes es muy necesario tomar en cuenta la exactitud que tiene este, nuestra aplicación será hecha como se desea, o si la exactitud es mínima al momento de su proceso.

En caso de que se haya escogido un hardware muy eficiente junto con los demás dispositivos también muy eficientes, sería obsoleto un software que no cumpla con las expectativas deseadas al momento de la aplicación.

2.3.7.5 Desempeño del Algoritmo

La exactitud y la cobertura del algoritmo para el software son muy importantes, se debe de tomar en cuenta también la velocidad de compilación, para ello es importante verificar dicha característica antes de su adquisición, ya que la velocidad es un factor de vital importancia para cualquier tipo de aplicación de visión artificial que se requiera, caso contrario podríamos tener los mejores equipos pero si la velocidad del software es mala, los equipos no servirían de nada.

Debe de analizarse en la velocidad del software de visión el histograma, la transformada geométrica, la morfología, OCR, igualación geométrica, clasificación de objetos, entre otros.

2.3.7.6 Integración con Otros Dispositivos

El dispositivo a elegir debe de ser compatible con los elementos de otras marcas, como plc, robot, tarjetas electrónicas, etc., los que permitirán realizar el proceso de la manera deseada, y también el dispositivo debe de integrarse con los diferentes tipos de comunicación rs232, Ethernet, etc.; sino se integra a los demás dispositivos, nuestra adquisición será fallida.

2.3.7.7 Precio

Un punto muy importante al momento de la elección de nuestro dispositivo de adquisición de imágenes es el costo. El costo en el campo de la visión es bastante elevado en lo que refiere a materiales, y aún más en lo que se refiere a softwares debido a las licencias que ahí se administran, también se debe de tomar en cuenta si el producto existe en nuestra región, o si es necesaria su importación, lo cual incrementaría mucho más el costo final debido a los impuestos que se deben de pagar por este lucro; por lo tanto es muy necesario analizar de la mejor manera el costo, y en cuanto tiempo lo podríamos recuperar; si es corto el tiempo para recuperar esta inversión es muy conveniente adquirirlo, caso contrario se debería escoger otra opción.

2.3.7.8 Soporte Técnico

Un punto también muy importante es el soporte técnico, debido a las posibles ausencias de conocimientos en diferentes puntos de la visión artificial, puede ser

en el hardware o en el software, lo cual conlleva una pérdida de tiempo y dinero, siendo realmente importante analizar si existe un asesoramiento en lo que compete a visión en la empresa a la cual se esté adquiriendo el producto, y el tiempo accesibilidad y demora que tienen los mismos. (Ver Figura 2.22)



Figura 2.22 Soporte técnico

Fuente: (Soporte Técnico, 2012)

2.3.7.9 Crecimiento y Estabilidad de la Compañía

La empresa a la cual hayamos escogido para la compra de nuestros productos de visión deberá tener un prestigio y una solidez en el mercado para que sea de mejor confianza la compra, y para tener la tranquilidad de que el producto adquirido es de la mejor calidad y viene de una empresa que tiene su prestigio.

2.3.7.10 Garantía

La empresa escogida para la compra del dispositivo de visión deberá darle una garantía por el mismo, para futuros posibles daños, por diferentes razones, de tal manera que se pueda prevenir en caso de algún daño o por pérdida u otras razones.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DEL SISTEMA DE VERIFICACIÓN DE BOTELLAS CON SÓLIDOS NO DISUELTOS

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el diseño del sistema de verificación de botellas con sólidos no disueltos, el mismo que incluye un análisis de la smart camera utilizada, las razones por las cuales se la seleccionó, una comparación con otras cámaras; también incluye el trabajo que realizan estos dispositivos seleccionados y de las interfaces con los demás equipos.

3.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE FUENTE DE LUZ

De acuerdo a las pruebas realizadas con luminarias tipo led, incandescente, fluorescente, neón, etc.; se determinó trabajar con focos fluorescentes debido a que estos focos brindan aportes relevantes para el sistema tales como:

- Su iluminación es homogénea,
- No producen titilación,
- Se encuentran con facilidad.

Y las demás tipos de luminarias fueron inapropiadas para el sistema ya que producían titilación, no eran homogéneas, tenían tiempos de encendido muy cortos, etc.

3.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El sistema de iluminación tuvo varios conflictos debido a que en base a las pruebas el área de trabajo no era lo suficientemente apropiada para realizar este proyecto, se inició sin iluminación pero esto no abastecía para que la smart

camera realice su trabajo, por lo que se decidió establecer este tipo de iluminación para:

- Resalta los sólidos no disueltos que se encuentran dentro de la botella,
- No genera reflejos,
- Suaviza el brillo generado por la luz, y
- Resalta los bordes.

Además se puso una luminaria en la parte superior del paso de botellas con la intención de eliminar las sombras que dejaba la luminaria trasera.

3.4 SELECCIÓN DE LA SMART CAMERA

Se seleccionó una smart camera porque permite detectar los sólidos no disueltos con la mayor exactitud del caso, es un sistema embebido (autónomo) y permitiendo así desarrollarse sin la necesidad de una PC, y es capaz de procesar información adquirida en tiempo real en el menor tiempo posible en base a herramientas propias de la smart camera. Otros aspectos considerados son:

- Menor Tiempo de Desarrollo

Las smart cameras son dispositivos que permiten realizar aplicaciones de visión con la mayor rapidez y eficacia, debido a su memoria y a sus sensores de visión incorporados que realizan un trabajo con una gran rapidez permitiendo el éxito de la aplicación.

- Costos de Mantenimiento

En los sistemas de visión no es necesario realizar un mantenimiento con frecuencia debido a que son sistemas embebidos (autónomos), solo requiere como mantenimiento, la depuración de datos almacenados en la memoria para que su procesador siga funcionando de la mejor manera.

- Eficaz en su trabajo

Debidos a sus características, mencionadas en el capítulo anterior, las smart cameras tienen la capacidad de trabajar en ambientes sumamente hostiles como en los más adecuados, sin necesidad de disminuir su rendimiento; adicionalmente

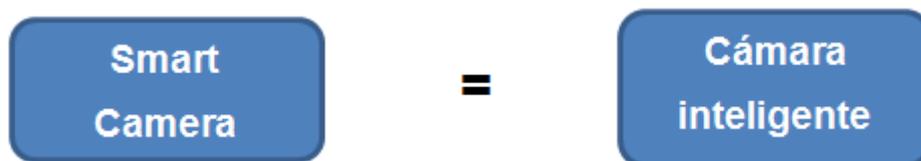
tienen la capacidad de resolver cualquier problema de visión en el menor tiempo posible, siempre y cuando el técnico a cargo de esta tarea realice correctamente cada una de las conexiones, que la programación sea la adecuada, la más corta posible para evitar el uso excesivo de la memoria y así no disminuir la capacidad de trabajo de la smart camera. (National Instruments, 2012)

- Fácil Integración con Dispositivos Automatizados

Las smart cameras nos permiten trabajar con cualquier otro dispositivo mecánico o electrónico sin la necesidad de realizar cambios realmente importantes, ya que tienen un sin número de aplicaciones para las cuales fueron diseñados y tienen la obligación de interactuar con otros dispositivos.

3.4.1 PARA QUE TRABAJAR CON UNA SMART CAMERA

En la actualidad existen una gran cantidad de métodos o dispositivos que realizan tareas de visión artificial, pero sin duda alguna, el líder en este tipo de aplicaciones son las smart cameras, las que nos permiten desarrollar aplicaciones con la certidumbre de que va a realizar el mejor trabajo y lo va a hacer en el menor tiempo posible con un margen de error mínimo. (National Instruments, 2014)



3.4.2 CUADRO COMPARATIVO ENTRE SMARTS CAMERAS

Se realizó una comparación entre las siguientes smart cameras:

- NI 1754
- SICK IVC-2DM1122
- BASLER BIP2-1000c-dn

Estas se seleccionaron para su comparación, dado que son de la misma gama y poseen características semejantes, útiles para el desarrollo del presente proyecto.

Para el efecto analizaron ciertas ventajas que tiene la smart camera de National Instruments (NI) sobre las otras de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Cuadro comparativo de smart cameras

Empresa Características	National Instruments	Sick	Basler
Smart camera	NI 1754	IVC-2DM1122	BIP2-1000c-dn
Procesador	600Mhz	800Mhz	De video multimedia
Memoria RAM	256MB	128MB	256MB
Resolución	1280 x 1024 CCD	1024 x 768 CCD	1024 x 768 CCD
Puertos de comunicación	IP Modbus Modbus/TCP RS-232 TCP-IP	TCP/IP UDP Ethernet/IP	Conector RJ-45 para 10/100 BASE-T Ethernet Full o half dúplex, E/S digital RS-485
Tiempo de ejecución	Tiempo real	Tiempo real	Tiempo real
Factor de forma	Sistema embebido	Sistema embebido	Sistema dependiente
Máximo rango de Frame	13fps	Desconocido	30fps
Control de iluminación	Si	No	No
Monocromática/color	Monocromática	Monocromática	Monocromática
Precio	5300 + IVA	7476,34 + IVA	1500 + IVA

Fuente: (National Instruments, 2014), (SICK AG, 2013), (Basler AG, 2014)

Se consideraron las siguientes características más relevantes para este proyecto:

- Procesador

Como se aprecia en la Tabla 3.1 el procesador de la NI 1754 es de 600Mhz, suficiente para detectar los sólidos no disueltos.

- Memoria

Dado que el programa que se realizó para la smart camera no supera los 100KB, se determinó que las 256MB son idóneas para su correcto funcionamiento.

- Resolución de la cámara

La resolución de la cámara es uno de los factores más importantes para el éxito en el proyecto, entre más pixeles se tenga más clara será la imagen y por ende la cámara tendrá una mejor visión para detectar los sólidos no disueltos, ésta posee 1280 x 1024 pixeles, expresado en Mp Megapíxel (igual a 1.3Mp).

- Factor de forma

Para evitar que la smart camera esté conectada a una computadora al momento de su trabajo y así evitar más gastos, es muy importante que la misma sea un sistema embebido, eso quiere decir un sistema autónomo que no dependa de una pc para su desenvolvimiento, siendo la NI 1754 la ideal.

- Precio

El costo de la NI 1754 en comparación con las otras smart cameras se encuentra en un término medio, considerando también que las ventajas que esta posee frente a la inmediata superior son muy importantes para su selección.

Estas razones fueron las más relevantes para la selección de la NI 1754 de National Instruments, además se tomó en cuenta la facilidad de obtención de información y asesoramiento técnico respecto a las otras marcas, NI ofrece un servicio de asesoramiento técnico inmediato, lo cual permitió tener la seguridad y garantía de cualquier duda que podría presentarse en el transcurso del proyecto; además la marca NI es una de las marcas con mayor respaldo en el mercado, permitiendo tener la seguridad de que nuestro equipo será el que se publicita sin ningún tipo de sorpresa que perjudique al avance del proyecto.

3.5 IMPLEMENTOS EXTRAS DE LA SMART CAMERA

3.5.1 CAPACIDAD DE LA CÁMARA



Figura 3.1 Smart camera 1754

Fuente: (National Instruments, 2014)

La cámara NI 1754 cuenta con un sensor de imagen monocromático 1280 x 1024 CCD, un procesador PowerPC de 600 MHz, RAM de 256 MB de almacenamiento de 512 MB, un controlador de iluminación integrado, un soporte para codificador de cuadratura, E/S digital aislada de manera óptica y doble Gigabit Ethernet, adicionalmente su programación se realiza con el paquete de Desarrollo Vision Builder AI para programar NI Smart Cameras. (National Instruments, 2014). (Ver Anexo B)

3.5.2 CÁLCULO DE LA LENTE DE LA NI 1754 SMART CAMERA

Para calcular la lente de la cámara se analizó las siguientes características:

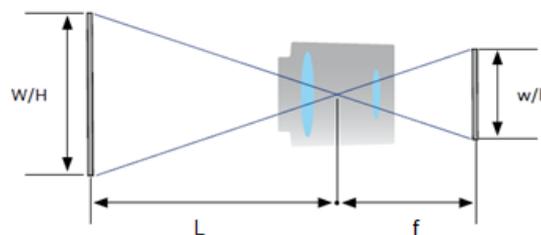


Figura 3.2 Lente y sus dimensiones

Fuente: (Bosch, 2009)

$$\frac{w}{W} = \frac{h}{H} = \frac{f}{L}$$

Ecuación 3.1 Cálculo de la lente

W =	altura del objeto
H =	peso del objeto
w =	altura del formato del sensor de la imagen Formato 1/2 = 6.4 mm , formato 1/3 = 4.8 mm , formato 1/4 = 3.6 mm
h =	peso del formato Formato 1/2 = 4.8 mm , formato 1/3 = 3.6 mm , formato 1/4 = 2.7 mm
f =	distancia focal
L =	distancia del objeto

El cálculo del tamaño del lente se determinó analizando lo siguiente:

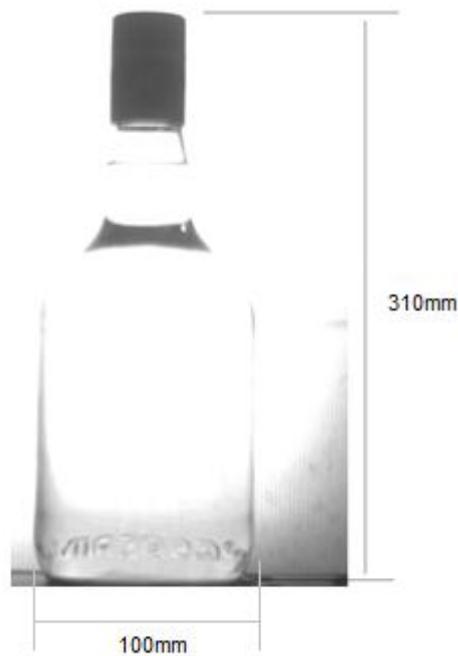


Figura 3.3 Tamaño de la botella

Para este caso sería:

Tamaño de la botella de norteño = $W = 31\text{cm} = 310\text{mm}$

Peso de la botella de norteño = $H = 750\text{cm}^3 = 75000\text{mm}^3$

Altura del formato del sensor de la imagen = $w = 3.6\text{mm}$ (formato 1/4)

Peso del formato del sensor de la imagen = $h = 2.7\text{mm}$ (formato 1/4)

Distancia focal = f = dato a encontrar

Distancia del objeto = $L = 1\text{m} = 1000\text{mm}$

$$\frac{w}{W} = \frac{h}{H} = \frac{f}{L}$$

$$\frac{3.6\text{mm}}{310\text{mm}} = \frac{2.7\text{mm}}{75000\text{mm}^3} = \frac{f}{1000\text{mm}}$$

$$\frac{3.6\text{mm}}{310\text{mm}} = \frac{f}{1000\text{mm}}$$

$$f = 15.62\text{mm}$$

Se requirió de una lente de 16 mm para alcanzar los mayores resultados en esta aplicación, tomando en cuenta que son medidas estandarizadas, por lo cual se escogió el Computar M1614-MP, 16mm, F1.4, Megapíxel, el cual se encuentra dentro del stock de National Instruments y dentro de los accesorios de la NI 1754 smart camera. (Ver anexo D).

3.5.3 VISION BUILDER

El VISION BUILDER es un software de visión artificial que permite desarrollar aplicaciones para emplear en el ámbito industrial y educativo, tomando en cuenta los requerimientos de las nuevas tecnologías. (Ver Figura 3.4)

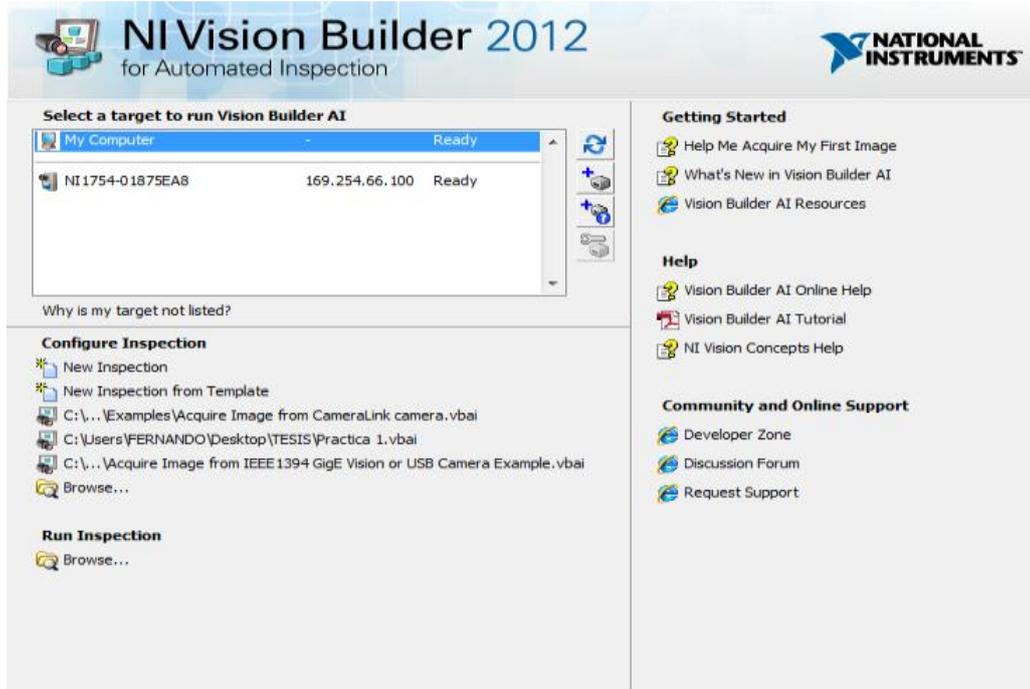


Figura 3.4 Software Vision Builder

3.5.4 PROGRAMACION DE LA SMART CAMERA

La programación se desarrolla en un entorno muy amigable al usuario ya que es en base a bloques con figuras que denotan el funcionamiento de cada uno de estos. (Ver Figura 3.5)

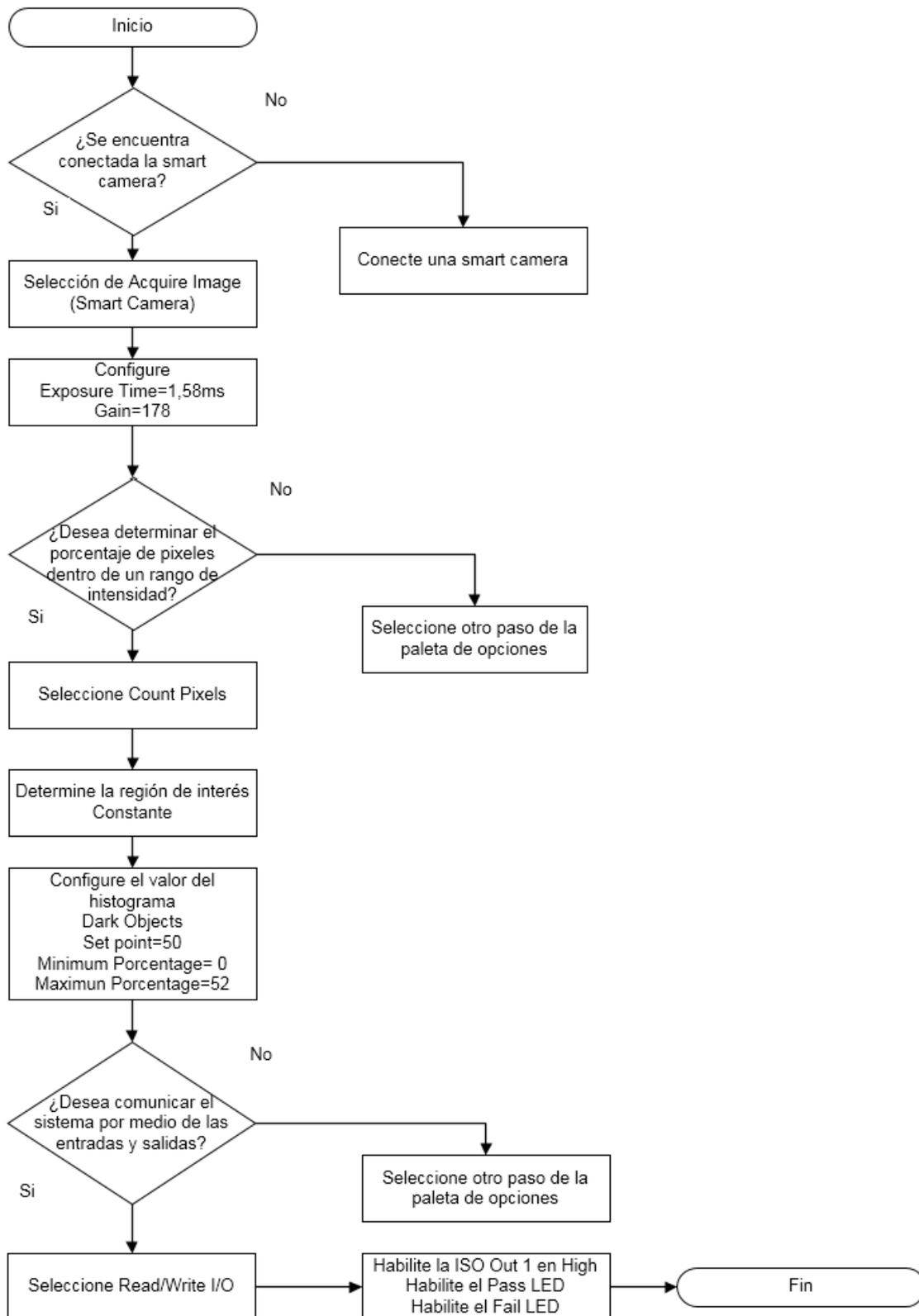


Figura 3.5 Flujograma del programa de detección de sólidos no disueltos

El sistema de verificación de botellas trabaja en base al programa diseñado en VISION BUILDER, dividiéndolo en tres bloques de la siguiente manera:

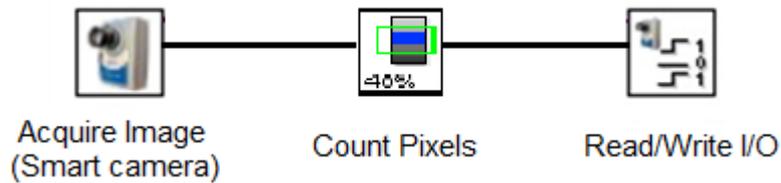


Figura 3.6 Bloques del programa

3.5.4.1 Bloque acquire image

Este bloque sirve para adquirir una imagen con la smart camera seleccionada, con el mismo también se puede configurar características de captura, iluminación, tiempo de exposición, ganancia, etc. (Ver Figura 3.7)

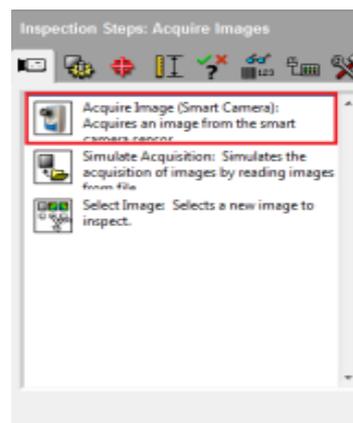


Figura 3.7 Acquire Image (Smart Camera)

Este bloque se configuró de la siguiente manera:

- Se determinó el tiempo de exposición y la ganancia para que la imagen de captura sea lo más clara posible y por lo tanto su análisis sea el adecuado. (Ver Figura 3.8).

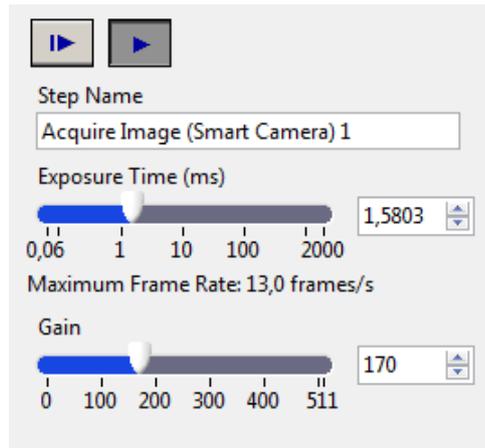


Figura 3.8 Tiempo de exposición y ganancia

- Se deshabilitó el Trigger, dado que esta herramienta solo se utiliza para un control externo de la iluminación. (Ver Figura 3.9)

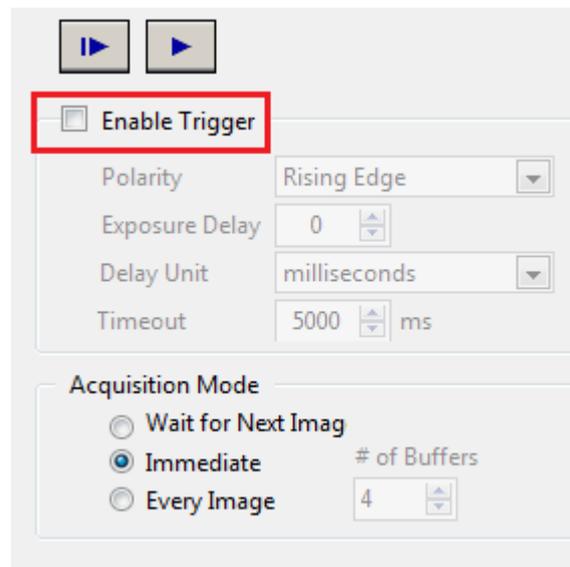


Figura 3.9 Trigger

- Se deshabilito el Internal Lighting Controller, ya que con el tiempo de exposición, la ganancia y el set point del histograma, son suficientes para tener una imagen adecuada para el proyecto. (Ver Figura 3.10)

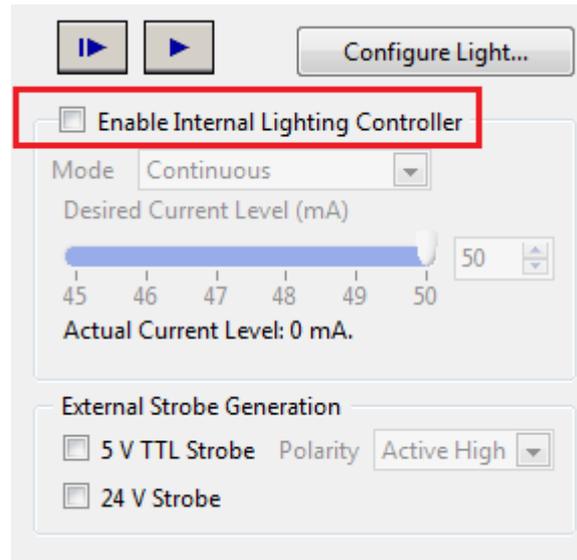


Figura 3.10 Internal Lighting Controller

- Se realizó una calibración del sistema de captura de imágenes a alta velocidad. (Ver Figura 3.11)

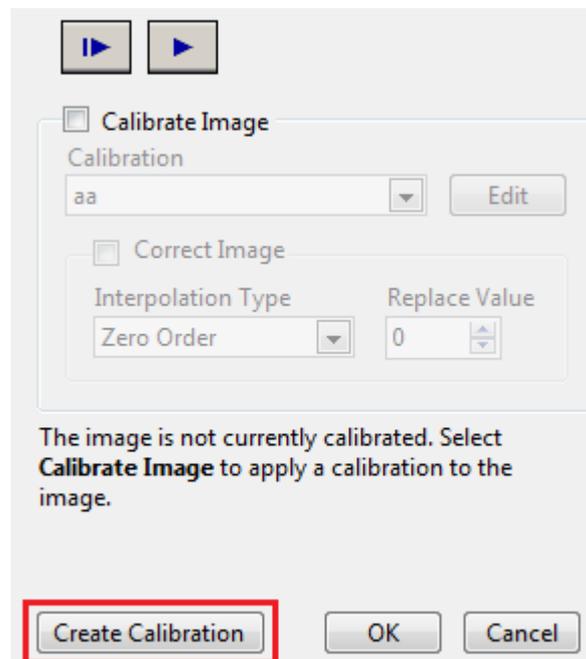


Figura 3.11 Calibrate Image

- Se determinó una nueva calibración en base a las necesidades del proyecto, introduciendo el nombre de la calibración y tiempo de expiración. (Ver Figura 3.12)

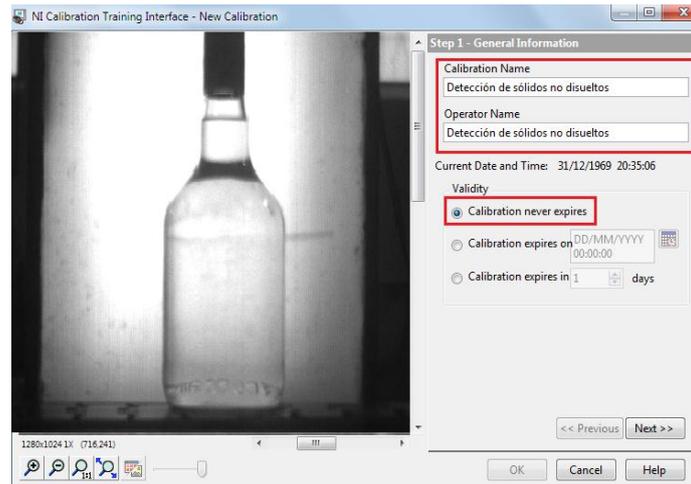


Figura 3.12 Nombre de la calibración y tiempo de expiración

- Se seleccionó el Curved Objects (objetos curvos), ya que el proyecto es para el análisis de botellas y aplicamos al Microplanes (Grid) para calibrar y calcular la distorsión de la superficie curva. (Ver Figura 3.13)

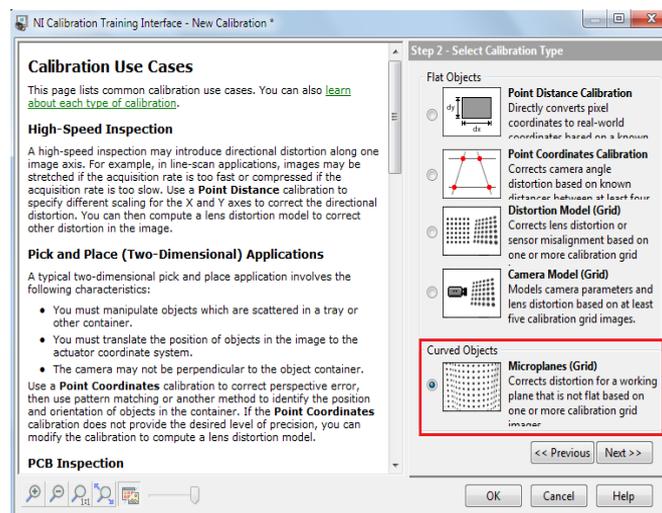


Figura 3.13 Calibración con la herramienta Curved Objects, Microplanes (Grid)

- Seleccionamos la imagen a calibrar. (Ver Figura 3.14)

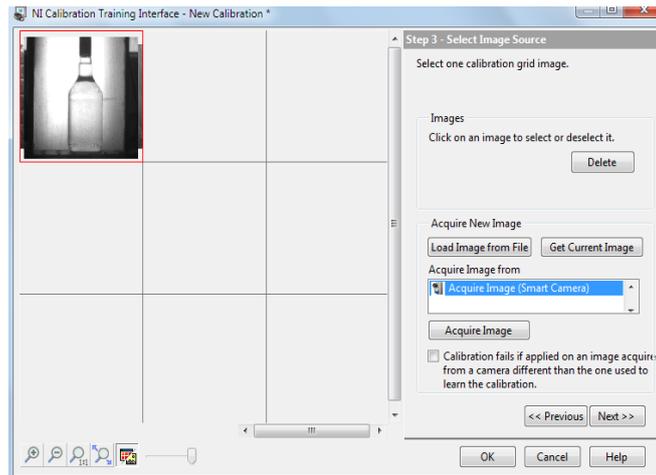


Figura 3.14 Selección de imagen a calibrar

- Determinamos la entidad de la cuadrícula en base a los objetos negros a analizar y al set point determinado, tomando en cuenta el área que no es de analizar, la región de circularidad y se marca la casilla para ignorar a los objetos fuera del borde. (Ver Figura 3.15)

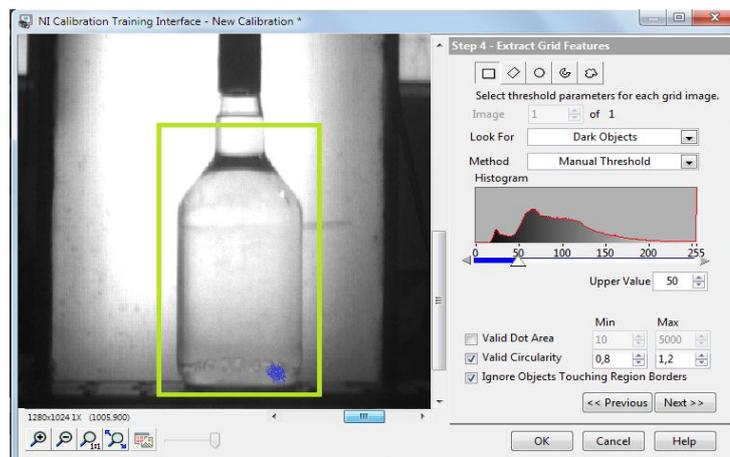


Figura 3.15 Entidad de la cuadrícula

- Especificamos los parámetros de la cuadrícula de análisis. (Ver Figura 3.16)

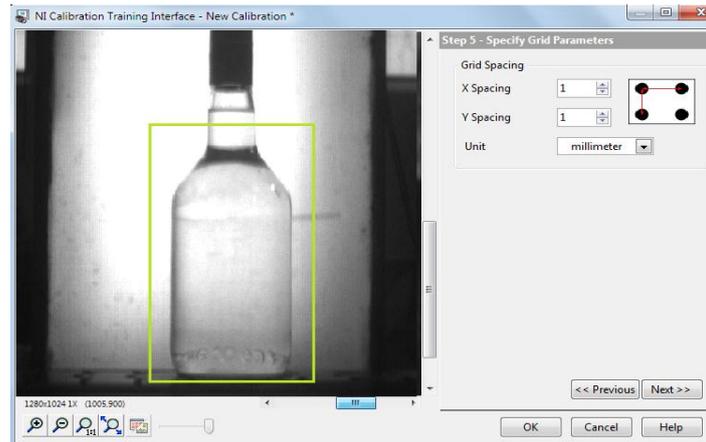


Figura 3.16 Parámetros de la cuadrícula

- En la Figura 3.17 se muestran los resultados de calibración en base a las configuraciones anteriores.

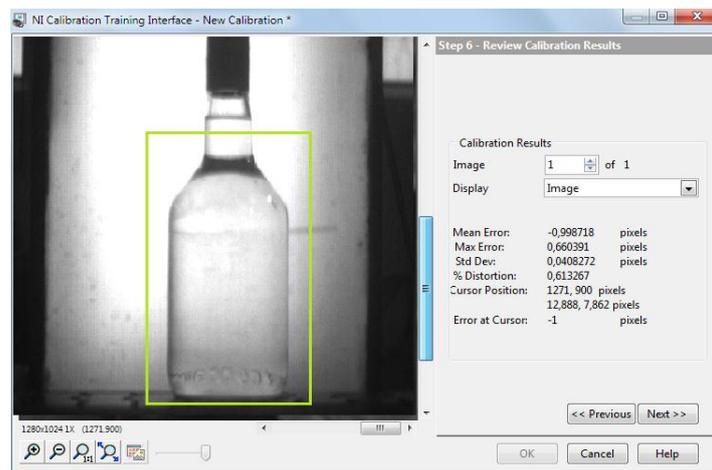


Figura 3.17 Resultados de la calibración

- A continuación procedimos a especificar las coordenadas de análisis de la smart camera. (Ver Figura 3.18)

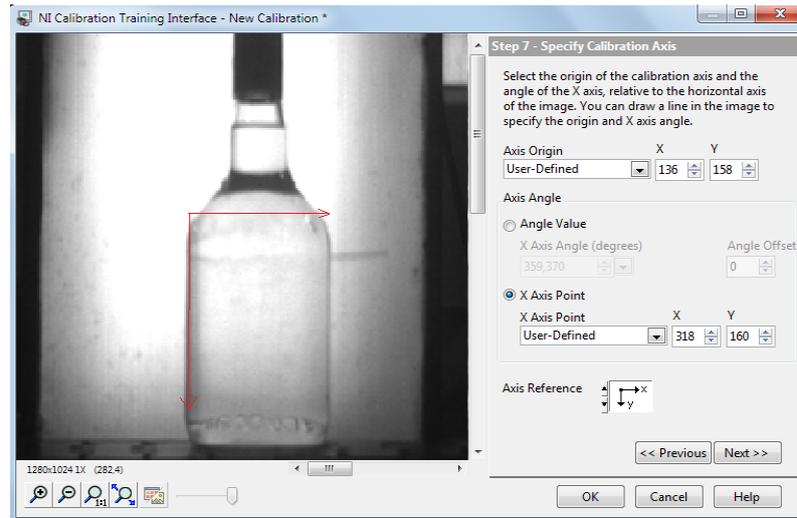


Figura 3.18 Coordenadas de análisis

- Finalmente el sistema de la smart camera da un resumen de la calibración realizada. (Ver Figura 3.19)

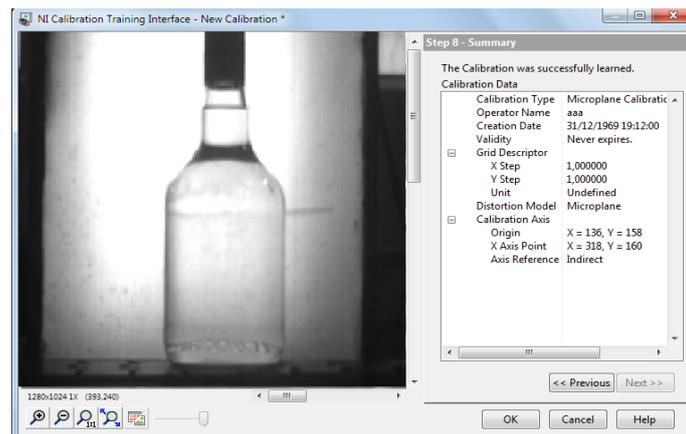


Figura 3.19 Resumen de calibración

3.5.4.2 Count Pixels

Este bloque determina el porcentaje de píxeles dentro de un rango establecido, determinándolas en base a una comparación en el histograma de cada imagen obtenida entre 0(negro) y 255(blanco), también se puede determinar los porcentajes mínimo y máximo de píxeles del rango que se estableció para su análisis. Para finalmente mandar esta señal de los sólidos no disueltos encontrados al siguiente bloque.

En la paleta se selecciona Count Pixels, ubicada en el Check for presence. (Ver Figura 3.20)

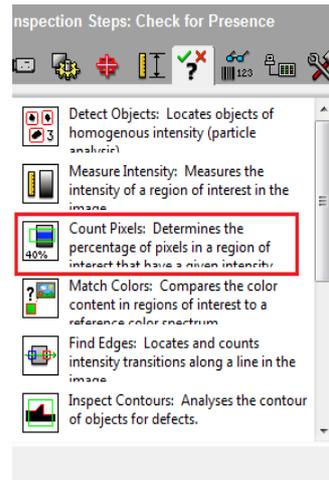


Figura 3.20 Count Pixels

El bloque se estableció de la siguiente manera:

- Determinando el área de análisis o región de interés en base a las necesidades requeridas. (Ver Figura 3.21)

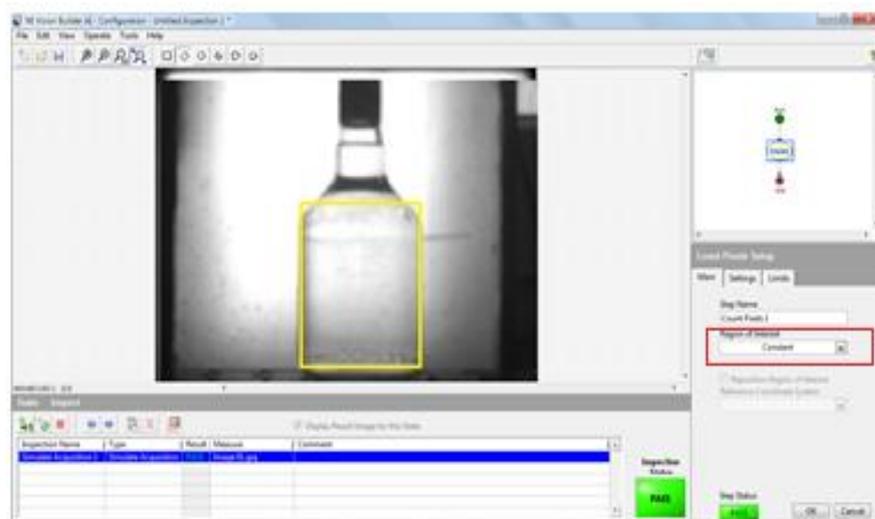


Figura 3.21 Selección de la región de interés

- Determinando el modo de análisis, que para este caso, es el análisis de objetos oscuros mediante un método manual de selección del set point configurado a 50 dentro del histograma. (Ver Figura 3.22).

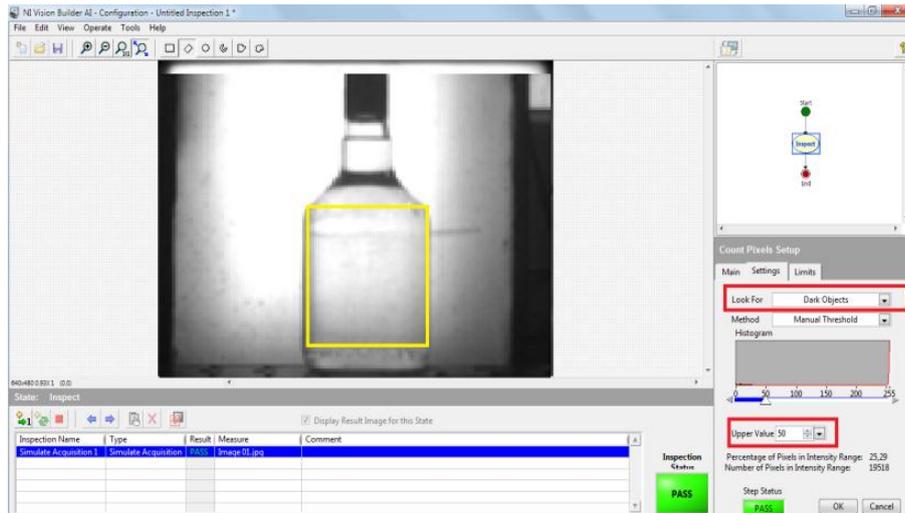


Figura 3.22 Selección del tipo de análisis y del set point de las imágenes

- Seleccionando las casillas estableciendo los límites al máximo y mínimo porcentaje de análisis. (Ver Figura 3.23)

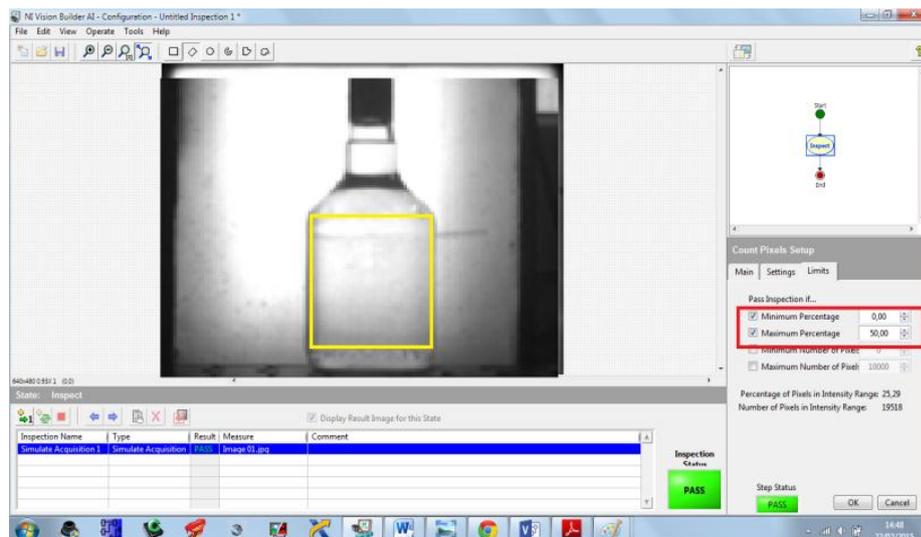


Figura 3.23 Establecemos condiciones de configuración dentro de las herramientas

3.5.4.3 Bloque Read/Write I/O

Este bloque se encarga de leer entradas digitales y envía señales digitales en las salidas desde la smart camera. (Ver Figura 3.24)

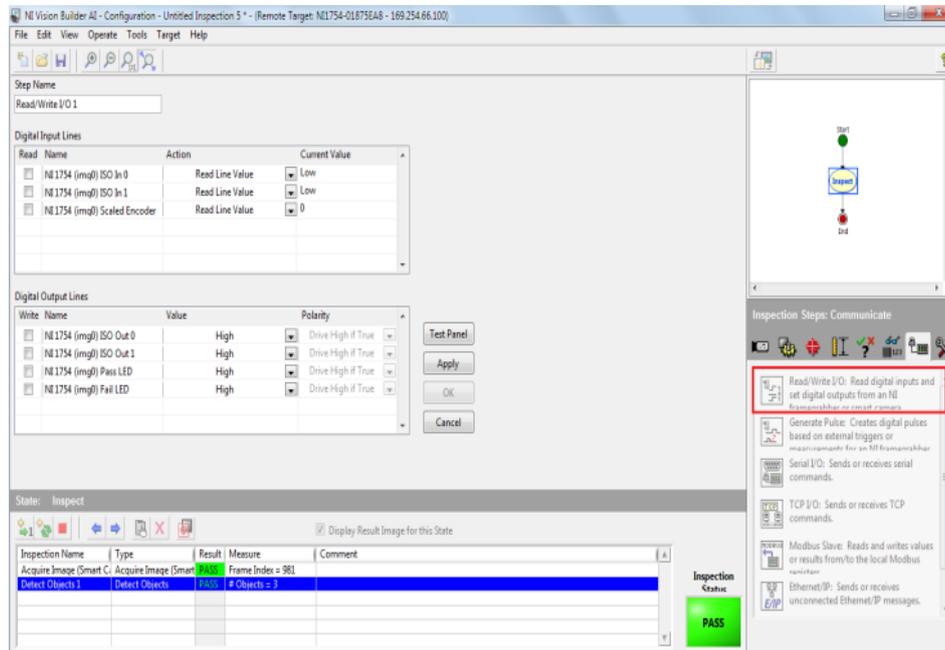


Figura 3.24 Activación del bloque de lectura/escritura de I/O

Por lo tanto a este bloque fue necesario caracterizarlo de la siguiente manera:

- En la línea de entradas digitales no se activa ninguna casilla, puesto que no es necesaria, en la línea de salidas digitales se seleccionan 3 casillas, la ISO out 0 que es la salida con la cual se determinó trabajar, el PASS LED el mismo que indica que la botella se analizó pero se encontró sin ningún sólido no disuelto y el FAIL LED que indica que la botella tiene un sólido no disuelto. (Ver Figura 3.25)

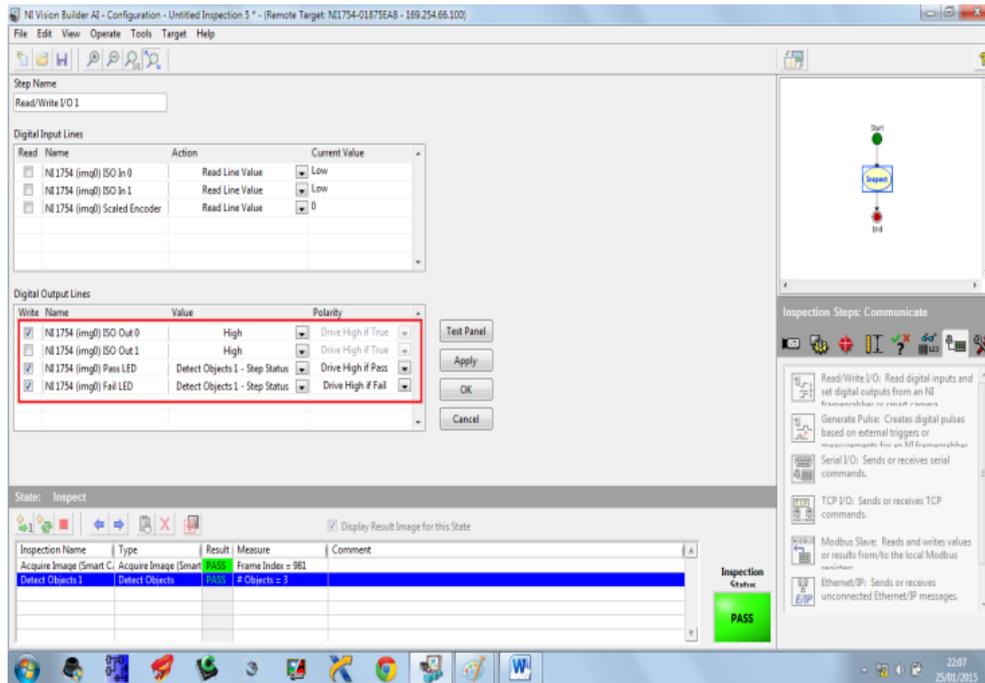


Figura 3.25 Selección de líneas de la salida de la smart camera

3.5.5 DESCARGA DE PROGRAMAS EN LA SMART CAMERA CON LA PC

Para ello utilizando el cable tipo Ethernet se conecta a la PC, configurando los IP automáticamente tanto en la cámara como en la PC, dado el caso si no hubiese otro tipo de interrupciones.

Se inicia el NI MAX MEASUREMENT & AUTOMATION EXPLORER. (Ver Figura 3.26)



Figura 3.26 Software Measurement & Automation Explorer

En el Remote Systems se determina si la cámara está conectada correctamente y se determina su estado, configurando los parámetros a nuestros requerimientos. (Ver Figura 3.27)

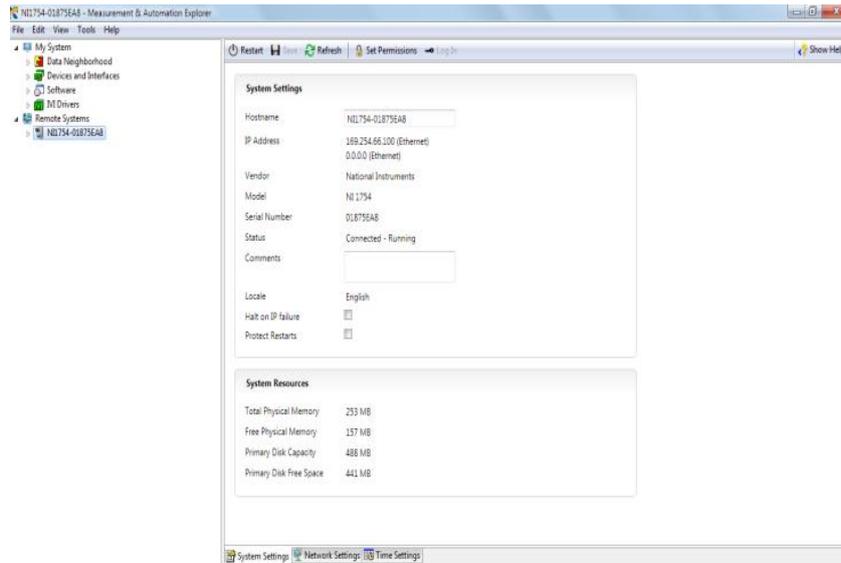


Figura 3.27 Remote Systems

Si la smart camera se encuentra funcionando correctamente, comprobado en el NI MAX, se continúa con el VISION BUILDER en el que se determina la configuración de la tarjeta, poniendo los IPs correctos, estableciendo contraseñas, etc. El primer día de funcionamiento de la smart camera se descarga, en el VISION BUILDER, el software desde la tarjeta a la cámara, comprobando así su excelente funcionamiento, para luego iniciar la programación, finalizando su descarga en la smart camera. La secuencia a seguirse es la siguiente:

- El software Vision Builder. (Ver Figura 3.28)



Figura 3.28 Software Vision Builder

- Se procede a ir a Target. (Ver Figura 3.29)

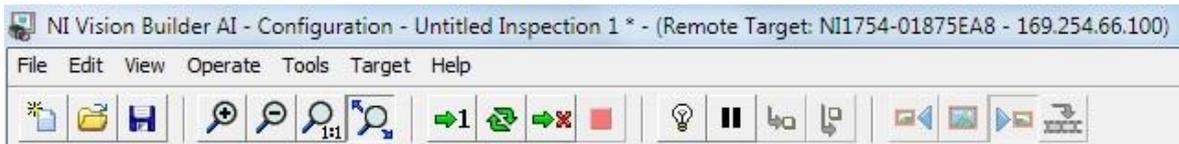


Figura 3.29 Target

- A continuación a Target Options. (Ver Figura 3.30)

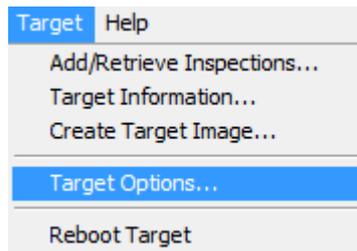


Figura 3.30 Target Options

- Se activa el Start Inspection when Launched. (Ver Figura 3.31)

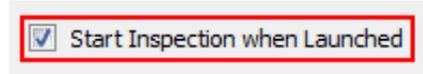


Figura 3.31 Start Inspection

- Se selecciona el programa que diseñamos. (Ver Figura 3.32)

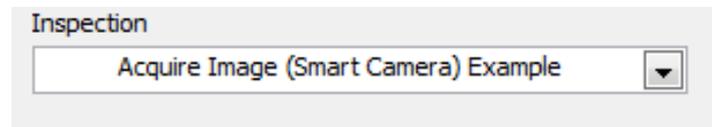


Figura 3.32 Selección del programa

- Se determina como se quiere que el programa realice su accionamiento. (Ver Figura 3.33)

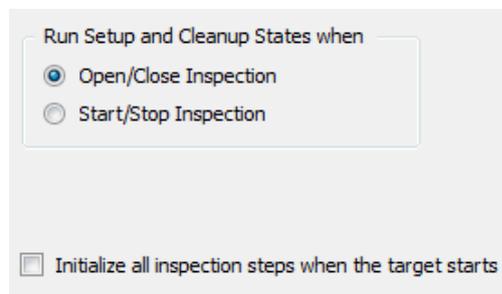


Figura 3.33 Accionamiento del programa

- Y finalmente se selecciona ok.

3.5.6 AÑADIR O BORRAR UN PROGRAMA DE LA SMART CAMERA

Para añadir o borrar un programa de la smart camera se procede de la siguiente manera:

- En el VISION BUILDER, seleccionar Target y Add/Retrieve Inspections. (Ver Figura 3.34)

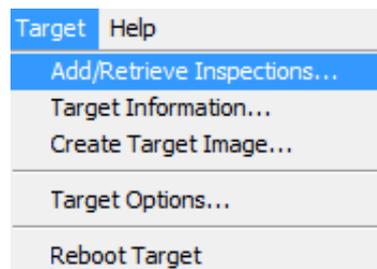


Figura 3.34 Add/Retrieve Inspections

- Se abre el cuadro Inspection Manager en el cual se puede borrar o añadir algún programa y finalmente se selecciona el Done. (Ver Figura 3.35)

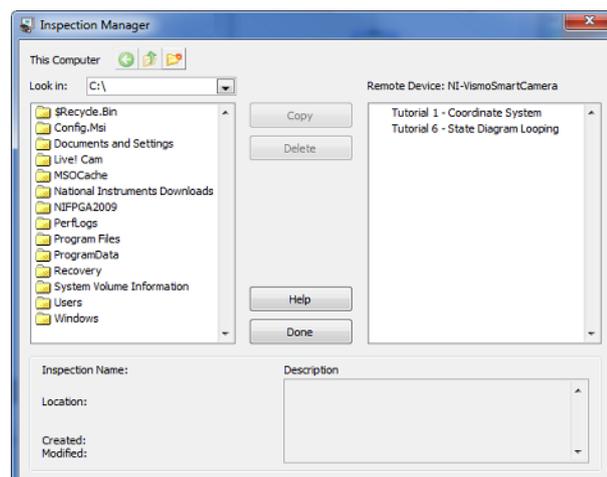


Figura 3.35 Añadir o borrar un programa de la smart camera

3.5.7 HISTOGRAMA

Se considera un histograma (Ver Figura 3.36) a la representación gráfica de la distribución de los distintos tonos de una imagen. (Thewebfoto.com, 2008).

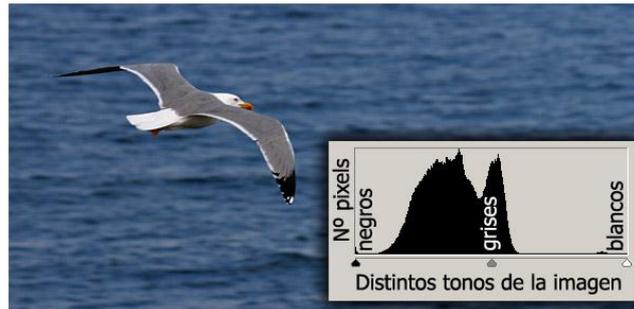


Figura 3.36 Imagen de un histograma

Fuente: (Thewebfoto.com, 2008)

En la imagen anterior se aprecia su histograma, el cual consta de los distintos tonos de la imagen que se refiere al nivel de grises, entre más se acerque a la izquierda es negro y entre más acerque a la derecha es blanco, y también del número de píxeles que posee la imagen.

3.6 CONTRASTE DEL PUNTO DE CONTROL DEL SISTEMA

3.6.1 SET POINTS DEL SISTEMA

Mediante un análisis de prueba y error se determinó que los puntos de control del sistema son:

- El nivel de grises.
- Tiempo de exposición.
- Ganancia.

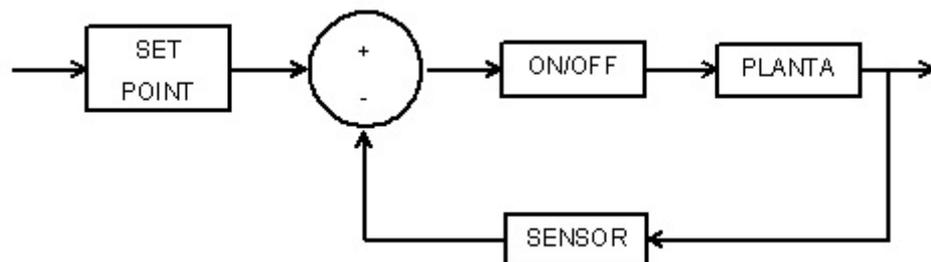


Figura 3.37 Sistema de control en lazo cerrado del sistema

3.6.2 SET POINT (NIVEL DE GRISES)

El punto de control del sistema de acuerdo al nivel de grises se determinó en base a una serie de pruebas realizadas con una botella que contenía el sólido no

disuelto con las características mínimas a las cuales se debe detectar por parte del sistema.

En el histograma de la imagen se fue probando mediante datos de ingreso hasta establecer el valor de 50 mediante un análisis de prueba y error como se indica en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Análisis de prueba y error (nivel de grises)

Nivel de grises	Detección				
0	No detecto	20	No detecto	41	No detecto
1	No detecto	21	No detecto	42	No detecto
2	No detecto	22	No detecto	43	No detecto
3	No detecto	23	No detecto	44	No detecto
4	No detecto	24	No detecto	45	No detecto
5	No detecto	25	No detecto	46	No detecto
6	No detecto	26	No detecto	47	No detecto
7	No detecto	27	No detecto	48	No detecto
8	No detecto	28	No detecto	49	No detecto
9	No detecto	29	No detecto	50	DETECTO
10	No detecto	30	No detecto	51	DETECTO
11	No detecto	31	No detecto	52	DETECTO
12	No detecto	32	No detecto	53	DETECTO
13	No detecto	33	No detecto	54	DETECTO
14	No detecto	34	No detecto	55	DETECTO
15	No detecto	35	No detecto	56	DETECTO
16	No detecto	36	No detecto	57	DETECTO
17	No detecto	37	No detecto	58	DETECTO
18	No detecto	38	No detecto	59	DETECTO
19	No detecto	39	No detecto	60	DETECTO
		40	No detecto		

Una vez encontrada el Set-Point; esta información en modo de nivel de grises, la compara con el valor del sensor (smart camera) dando un pulso al sistema de clasificación para que separe la botella detectada si es mayor a 50. Este sistema se caracteriza por su propiedad de retroalimentación, es un sistema más estable a perturbaciones y variaciones internas. (Ver Figura 3.38)

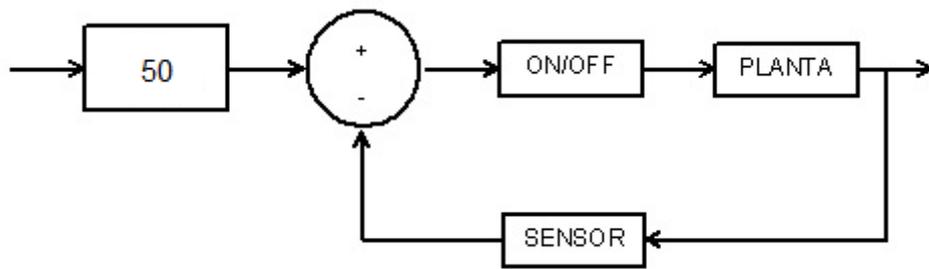


Figura 3.38 Sistema de control en base al nivel de grises

Se configura el set point en el Vision Builder en valor 50 para que inicie la detección de botellas con sólidos no disueltos. (Ver Figura 3.39)

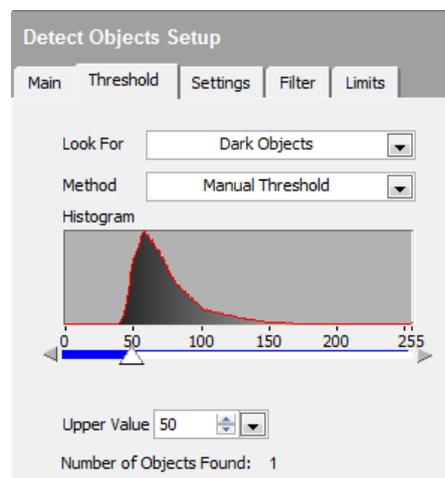


Figura 3.39 Set Point (Nivel de grises)

3.6.3 SET POINT (TIEMPO DE EXPOSICIÓN)

3.6.3.1 Set point

Cuando se estableció este, se analizó el tiempo límite que el rayo de luz penetra en la cámara y alcanza al sensor digital, mediante una análisis de prueba y error, tomando en cuenta que el ambiente de trabajo del sistema es medianamente aceptable en su rango de luz, por lo cual se fijó que el valor del set point para el tiempo de exposición sea igual a 1.5803frames/s, con lo cual la imagen es muy favorable para su análisis. (Ver Figura 3.40)

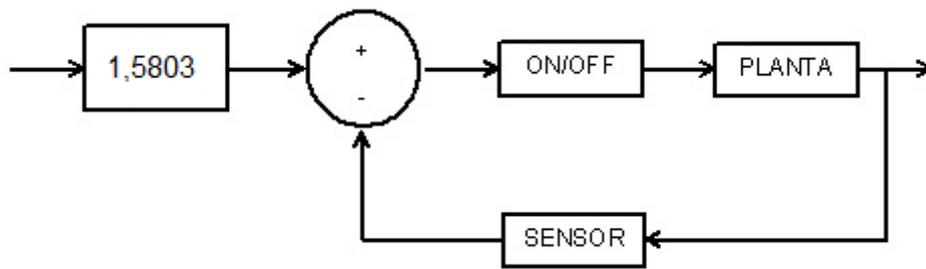


Figura 3.40 Sistema de control en base al tiempo de exposición

En el Vision Builder se establece el tiempo de exposición que para este sistema es 1,5803. (Ver Figura 3.41)

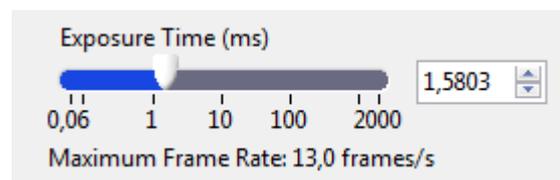


Figura 3.41 Set point (Tiempo de exposición)

Tabla 3.3 Análisis de prueba y error (Tiempo de exposición)

Tiempo de exposición	Imagen clara
0	Oscura
0.06	Oscura
0.13	Oscura
0.18	Oscura
0.23	Oscura
0.28	Oscura
0.33	Oscura
0.38	Oscura
0.48	Oscura
0.53	Oscura
0.58	Oscura
0.63	Oscura
0.68	Oscura
0.73	Oscura
1.13	Oscura
1.18	Oscura
1.23	Oscura
1.28	Oscura
1.33	Oscura
1.38	Oscura
1.43	Oscura
1.48	Oscura
1.53	Oscura
1.58	Correcta
1.63	Clara
1.68	Clara
1.73	Clara
1.78	Clara
1.83	Clara
5.98	Clara
15.98	Clara
25.98	Clara
35.98	Clara
45.98	Clara
55.98	Clara
155.98	Clara
255.98	Clara
355.98	Clara
455.98	Clara
555.98	Clara
655.98	Clara
755.98	Clara
855.98	Clara
955.98	Clara

0.83	Oscura
0.88	Oscura
0.93	Oscura
0.98	Oscura
1.03	Oscura
1.08	Oscura

1.88	Clara
1.93	Clara
1.98	Clara
2.98	Clara
3.98	Clara
4.98	Clara

1055.98	Clara
1155.98	Clara
1255.98	Clara
1355.98	Clara
1455.98	Clara
2000	Clara

En base a los datos recopilados se estableció que el set point es de 1.5803, los valores más pequeños al set point muestran una imagen oscura y, los valores más grandes se tornan blancos sin poder apreciar las botellas de manera correcta al analizarlas.

De tal manera que la imagen que se analiza con este set point es muy favorable y perfectamente visible para su análisis con el set point encontrado.

3.6.4 SET POINT (GANANCIA)

La ganancia se refiere al nivel de luz que requiere la cámara, este set point se determinó al igual que los anteriores set point en base a un análisis prueba - error, lográndose obtener en 170, como el valor de ganancia adecuado para el correcto funcionamiento de la cámara. (Ver Figura 3.42)

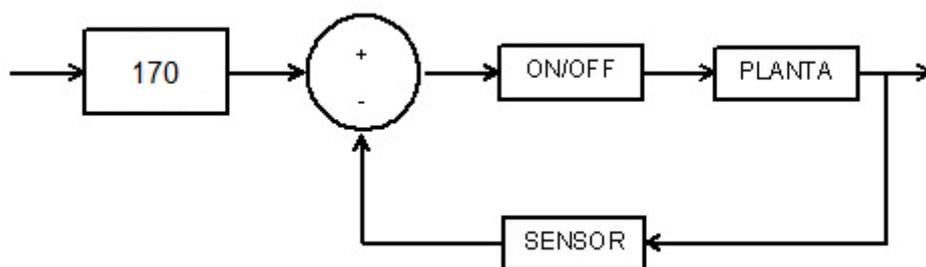


Figura 3.42 Sistema de control en base a la ganancia

El valor de 170 se lo establece en la paleta de herramientas del Vision Builder. (Ver Figura 3.43)

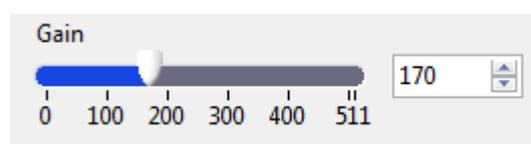


Figura 3.43 Set point (ganancia)**Tabla 3.4** Análisis de prueba y error (ganancia)

Ganancia	Nivel de luz
0	Oscura
10	Oscura
20	Oscura
30	Oscura
40	Oscura
50	Oscura
60	Oscura
70	Oscura
80	Oscura
90	Oscura
100	Oscura
110	Oscura
120	Oscura
130	Oscura
140	Oscura
150	Oscura
160	Oscura
170	Correcto
180	Claro
190	Claro

200	Claro
210	Claro
220	Claro
230	Claro
240	Claro
250	Claro
260	Claro
270	Claro
280	Claro
290	Claro
300	Claro
310	Claro
320	Claro
330	Claro
340	Claro
350	Claro
360	Claro
370	Claro
380	Claro
390	Claro
400	Claro

410	Claro
420	Claro
430	Claro
440	Claro
450	Claro
460	Claro
470	Claro
480	Claro
490	Claro
500	Claro
511	Claro

Con el análisis de prueba - error se determinó que la cámara obtiene un rango de luz adecuado cuando está en 170, bajo a este valor la imagen es confusa y oscura, confundiendo al sistema de visión, y si es mayor la imagen es muy clara lo cual también confunde al programa.

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE VERIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el diseño de la parte mecánica en cuanto al sistema de clasificación como también la parte electrónica en la cual se inmiscuye la verificación de las botellas, la comunicación con todos los dispositivos electrónicos, eléctricos, etc. Estos diseños están dados según los requerimientos de la empresa y de acuerdo a las necesidades de este sistema, analizando las deficiencias y fortalezas del mismo.

4.2 BANDA TRANSPORTADORA

4.2.1 CARACTERÍSTICAS

La banda transportadora que trabaja en la empresa tiene las siguientes características:

- Banda tipo K110,
- Adecuada para la industria de los licores,
- Diseñada para botellas de cristal,
- Dispone de estabilidad óptima para evitar posibles daños,
- Tiene la opción de trabajar con diferentes tipos de envases debido a su flexibilidad, y
- Carece de cables visibles en las guías de soporte y posee zonas de retención de fluidos. (Gebo, 2011).

4.2.2 VELOCIDAD

La banda transportadora utilizada por la empresa Licoram S.A. tiene un motor de marca WEG y funciona a una velocidad constante de 60 RPM, el cual no varía en ningún tipo de circunstancia.



Figura 4.1 Banda transportadora con botellas de licor

Fuente: Licoram S.A.

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS

4.3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros más importantes tomados en cuenta son:

- Eficiencia del sistema

El sistema logra reducir la cantidad de horas-hombre para obtener el nivel de objetivos cumplidos.

- Abastecimiento de la cantidad de botellas detectadas

El sistema asimilará el máximo de 10 botellas detectadas dado que este valor se calculó realizando una prueba que consiste en determinar la cantidad total de botellas con sólidos no disueltos en base al rango de píxeles: de 0-50 no existen sólidos no disueltos, y de 50-255 existen sólidos no disueltos con el Detect Objects de Vision Builder.

Las pruebas fueron realizadas con 9216 botellas diarias durante 4 semanas. Tomando en cuenta el rango de pixeles del histograma, el mismo que va de 0(negro) a 255(blanco), en el cual se determinó un rango dentro de 0 a 255.

Tabla 4.1 Cantidad total de botellas con sólidos no disueltos con la smart camera

PRUEBAS DIARIAS	RANGO DE PÍXELES(0-50)*	RANGO DE PÍXELES(50-255)**
1	9210	6
2	9215	1
3	9206	10
4	9209	7
5	9214	2
6	9206	10
7	9208	8
8	9208	8
9	9211	5
10	9213	3
11	9206	10
12	9211	5
13	9209	7
14	9212	4
15	9213	3
16	9209	7
17	9211	5
18	9206	10
19	9213	3
20	9211	5
MEDIA	9210,05	5,95
MEDIANA	9210,5	5,5
MODA	9206 9211	5 10
VARIANZA	7,94	7,94
ERROR %	99,94	0,06

*Las botellas dentro de este rango no tienen sólidos no disueltos

**Las botellas dentro de este rango tienen sólidos no disueltos

La media, mediana, moda, varianza del rango comprendido entre 0-50 es de 9210.05, 9210.5, 92060, 9211, 7,94 respectivamente y del rango comprendido entre 50-255 es de 5.95, 5.5, 5, 10, 7.94 respectivamente.

Se obtuvo como error porcentual, que la cantidad de botellas con sólidos no disueltos es del 0.06%, representando a una mínima cantidad de botellas, al contrario de las botellas sin sólidos no disueltos que corresponde al 99.94%.

- Reducción de costos

Se reducirá la cantidad de horas-hombre al mínimo de cero ya que este es un sistema embebido, por lo cual este gasto se disminuirá pudiendo aprovechar los recursos de mejor manera y reubicando al personal de esta área en otras de más relevancia.

- Introducción de tecnologías modernas

El sistema es autónomo y requiere de poco mantenimiento con tecnologías modernas para realizarla, aprovechándolas al máximo para el éxito del proyecto.

- Ergonomía

El ambiente ergonómico se encuentra amenazado ya que no se cumple con las debidas normas para que este sea el correcto, por lo cual, se decidió implementar este sistema de tal manera que este parámetro ya no afecte de manera negativa al personal de la empresa.

- Control de las variables analizadas

El sistema analiza y controla el conteo de los sólidos no disueltos y la luminosidad del sistema.

- Confiabilidad

El sistema tiene un alto índice de confiabilidad ya que, mediante la Ingeniería, se implementara de forma correcta todas las técnicas e instrumentos para que el proyecto cumpla con los objetivos planteados.

- Tiempo de ejecución del sistema

Este proceso se lo realizará en un periodo de tiempo aproximado de 645ms, en los cuales se podrán analizar cada botella, detectar, clasificar y almacenar. Se podrán analizar las 96 botellas previstas en 60000ms.

4.3.2 CAPACIDAD DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS

Las botellas verificadas con sólidos no disueltos y posteriormente clasificadas, son separadas por una palanca lateral, la que actúa durante el tiempo de labor del proceso, los 365 días del año, tomando en cuenta los respectivos mantenimientos al sistema.

La palanca lateral es de duralon, un polímero con excelentes propiedades de impermeabilidad, durabilidad y gran resistencia, para evitar el maltrato a las botellas, las cuales después de clasificarlas, se disponen en el almacenador respectivo, pueden acumularse alrededor de 10 botellas, logrando cumplir con el espacio suficiente para almacenar las botellas detectadas, de conformidad con las estadísticas previstas.

Cada botella tiene un volumen de 750cm^3 , por lo tanto el diseño para este almacenaje es de 4144cm^2 , adecuado para la cantidad de botellas detectadas.

4.3.3 PROCESO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL SISTEMA

Luego de la verificación de las botellas, el sistema de visión artificial emite una señal de salida al plc logo, el mismo que se encarga de ejecutar el programa diseñado en lenguaje FUP en el software LOGO! Soft Comfort V6.0, enviando un pulso al microcontrolador PIC16F628A para que se active el servomotor, el cual hace que gire la palanca lateral para separar la botella del paso normal de la banda transportadora a la parte del almacenador de botellas y luego vuelve a girar, el servomotor regresa a su posición inicial para que las botellas no detectadas continúen con su paso.

4.3.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS

- El sistema es un sistema embebido (autónomo), ya que según los requerimientos de la empresa, en este proceso están inmiscuidos 4 personas por día, por lo cual se exponían a desarrollar astenopia o cansancio físico provocándoles enfermedades laborales y no siendo productivos en su trabajo, de la misma manera el proyecto hace que este proceso sea más efectivo, ya que precautela la salud ergonómica de los empleados y hace a esta etapa muy productiva.

- Dentro del sistema de clasificación está el almacenador de botellas, al cual llegan las botellas detectadas, el que tiene la capacidad adecuada de almacenaje según el autor.
- Este sistema está orientado como etapa inicial para botellas con líquidos incoloros y para botellas de 31cm de altura y de 750cm³ de volumen que sean detectados en el sistema de verificación.
- El prototipo no tiene dificultad para implementarse, pero es recomendable que lo haga un experto.

4.3.5 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para determinar el método de clasificación de botellas, se investigaron algunos tipos de procedimientos implementados en sistemas similares que podrían servir en el presente proyecto:

- Alternativa 1 (A1): Sistema de clasificación progresivo mediante segmentos en forma de dedos,
- Alternativa 2 (A2): Sistema de clasificación mediante actuación de palanca lateral,
- Alternativa 3 (A3): Sistema de clasificación mediante aire comprimido.

Tabla 4.2 Ventajas y desventajas de las alternativas de diseño

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
VENTAJAS	Este sistema es muy eficaz.	Es bastante económico.	No maltrata al material a clasificar.
	No maltrata a las botellas a clasificar, permitiendo su reutilización.	Su sistema no maltrata a las botellas.	Actúa en velocidades muy altas como en velocidades muy reducidas.
	Su control no es complejo, dado que actúa al momento que se le da una señal desde el plc, por lo cual transmite movimiento a las levas del mecanismo.	El control del sistema funciona con un pulso que manda el plc al motor el que permite mover al eje al que esta acoplada la	

		palanca.	
	Actúa a grandes velocidades.	No requiere de un operador debido a que es un sistema automático.	
		Su mantenimiento es mínimo.	
DESVENTAJAS	En caso de adquirirla en el mercado su costo es muy elevado.	Se dificulta su trabajo cuando las velocidades de las bandas superan los 2700ms.	Su costo es muy elevado debido a que utiliza aire comprimido.
	Su mecanismo interno tiene una gran dificultad de fabricación debido a los tiempos de actuación ya que tienen que ser exactos.		No puede clasificar elementos de gran peso.
	Tiende a generar ruido por el rozamiento.		

Fuente: (PYG S.A., 2012), (IBERCASSEL, 2010)

4.3.5.1 Sistema de clasificación progresivo mediante segmentos en forma de dedos (alternativa 1)

Este sistema (Ver Figura 4.2) es muy utilizado en las industrias farmacéuticas, de gaseosas, de elementos de limpieza, de licor, etc., actúan en sistemas en los cuales la velocidad es una de sus prioridades en la fabricación de los mismos, y también dispone de una amplia gama de aplicaciones. (PYG S.A., 2012).



Figura 4.2 Sistema progresivo mediante segmentos en forma de dedos

Fuente: (PYG S.A., 2012)

4.3.5.2 Sistema de clasificación mediante actuación de palanca lateral (alternativa 2)

El sistema de clasificación por palanca lateral (Ver Figura 4.3) es muy utilizado en las industrias en las cuales la velocidad para la cual deben funcionar no supera los 2700 milisegundos, permitiendo a este sistema actuar correctamente.

Está diseñado con duralon con la finalidad de no maltratar a las botellas o al producto a clasificar. (IBERCASSEL, 2010).

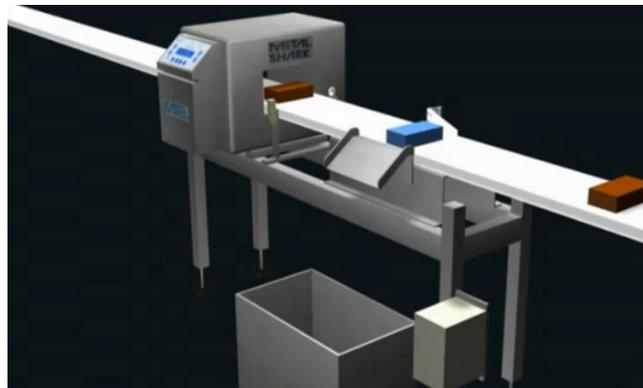


Figura 4.3 Sistema mediante actuación de palanca lateral

Fuente: (IBERCASSEL, 2010)

4.3.5.3 Sistema de clasificación mediante aire comprimido (alternativa 3)

Este sistema (Ver Figura 4.4) es muy utilizado con elementos que no sean muy pesados, ya que el sistema clasifica mediante el aire comprimido, por tal razón se dificulta su accionamiento en elementos de esta índole.

La exactitud en su accionar debe de ser la correcta debido a que si el aire no sale en el momento determinado la clasificación será errónea. (IBERCASSEL, 2010).



Figura 4.4 Sistema mediante aire comprimido

Fuente: (IBERCASSEL, 2010)

4.3.6 SELECCIÓN DE LA ATERNATIVA ADECUADA

Para la selección de la alternativa adecuada se utilizó el método ordinal corregido de criterios ponderados, el mismo que permite obtener resultados globales suficientemente significativos. Dada la necesidad de obtener la mejor decisión en base a las características más importantes de cada una de las alternativas que se mencionaron anteriormente, en base al método descrito, nos permitió seleccionar la mejor alternativa en base a una puntuación que se la da por su significancia:

- 1** Cuando la valoración de las filas es mayor que el de las columnas,
- 0,5** Cuando la valoración de las filas es igual al de las columnas,
- 0** Cuando la valoración de las filas es inferior que el de las columnas

Para cada criterio se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios, debe añadirse una unidad (esto evita que el criterio menos favorable tenga una valoración nula). Luego, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada uno de los criterios.

Para finalizar, la evaluación total de cada criterio es igual a la suma de productos de los pesos específicos de cada criterio por el peso específico de ese criterio. (Riba, 2002).

4.3.6.1 Características técnicas

Las características más importantes que se tomaron en cuenta para escoger la mejor alternativa se dieron entre el autor del proyecto y la empresa Licoram S.A., estas características siendo las siguientes:

- a) **Alta fiabilidad**, de acuerdo a lo requerido con la empresa, este sistema debe brindar confianza con su correcto funcionamiento,
- b) **Costo**, el precio del sistema de clasificación tiene un costo moderado para permitir el ahorro a la empresa,
- c) **Facilidad de reparación y mantenimiento**, el sistema debe tener una facilidad para realizar las reparaciones con el fin de prevenir los futuros daños del mismo,
- d) **Tamaño**, el sistema debe de ser de un tamaño moderado, permitiendo acoplarse a un espacio pequeño,
- e) **Estética**, se analizó que el sistema de clasificación no puede contrarrestar con el resto de maquinaria del sistema.

Tabla 4.3 Calificación del peso específico para cada criterio

<i>alta fiabilidad > costo > facilidad de reparación y mantenimiento > tamaño > estética</i>							
Criterio	<i>fiabilidad</i>	<i>costo</i>	<i>reparación</i>	<i>tamaño</i>	<i>estética</i>	$\Sigma + 1$	Ponderado
<i>fiabilidad</i>		1	1	1	1	5	0,33
<i>costo</i>	0		1	1	1	4	0,27
<i>reparación</i>	0	0		1	1	3	0,20
<i>tamaño</i>	0	0	0		1	2	0,13
<i>estética</i>	0	0	0	0		1	0,07
Total						15	1

Evaluación de los pesos específicos de las diferentes alternativas para cada uno de los criterios:

Tabla 4.4 Calificación del peso específico del criterio Alta fiabilidad de las alternativas (A)

A 2 > A 3 > A 1					
Fiabilidad	A 1	A 2	A 3	$\Sigma + 1$	Ponderado
A 1		0,5	0	1,5	0,25
A 2	0,5		1	2,5	0,42
A 3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Tabla 4.5 Calificación del peso específico del criterio costo

A 2 > A 3 > A 1					
Costo	A1	A2	A3	$\Sigma + 1$	Ponderado
A1		0	0	1	0,17
A2	1		1	3	0,50
A3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Tabla 4.6 Calificación del peso específico del criterio: facilidad de reparación y mantenimiento

A 2 > A 3 > A 1					
Reparación	A1	A2	A3	$\Sigma + 1$	Ponderado
A1		0	0	1	0,17
A2	1		1	3	0,50
A 3	1	0		2	0,33
Total				6	1

Tabla 4.7 Calificación del peso específico del criterio tamaño

A 2 > A 3 > A 1					
Tamaño	A1	A2	A3	$\Sigma + 1$	Ponderado
A 1		0	0	1	0,17
A2	1		1	3	0,50
A3	0	1		2	0,33
Total				6	1

Tabla 4.8 Calificación del peso específico del criterio estética

<i>alternativa 2</i> > <i>alternativa 1</i> > <i>alternativa 3</i>					
Estética	A1	A2	A3	$\Sigma + 1$	Ponderado
A1		0	1	2	0,33
A2	1		1	3	0,50
A3	0	0		1	0,17
Total				6	1

Tabla 4.9 Cálculo y conclusiones

Alternativas	fiabilidad	costo	reparación	tamaño	estética	$\Sigma + 1$	Ponderado
A1	0,25*0,33	0,17*0,27	0,17*0,20	0,17*0,13	0,33*0,07	1,19	3
A2	0,42*0,33	0,50*0,27	0,50*0,20	0,50*0,13	0,50*0,07	1,44	1
A3	0,33*0,33	0,33*0,27	0,33*0,20	0,33*0,13	0,17*0,07	1,31	2

La alternativa A2 es la de mejor valoración, por lo que el sistema de clasificación mediante actuación de palanca lateral es el indicado para efectuar su labor en el proceso de clasificación de las botellas.

4.3.7 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS

El sistema de clasificación mediante actuación de palanca lateral se construyó en acuerdo con la empresa LICORAM S.A cumpliendo con las siguientes características:

- **Velocidad de respuesta**

La velocidad a la cual va a reaccionar el sistema de clasificación de botellas, está diseñada en base a la velocidad de la banda transportadora y a la velocidad del procesador de la cámara.

- **Capacidad de clasificación**

Se podrán clasificar alrededor de 30 botellas por minuto, cumpliendo así los requerimientos de la empresa.

- **Material**

El material está diseñado en base al ambiente de trabajo que posee la empresa, y los requerimientos técnicos necesarios para este proyecto.

- **Capacidad de almacenamiento**

Se podrán almacenar 10 botellas, dando a conocer mediante una señal si el almacenamiento llego a su límite.

- **Facilidad de montaje**

El sistema mediante palanca lateral tiene un diseño sin mayor complejidad al momento de su montaje, es fácil de armar.

4.3.8 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS

Seleccionado el sistema de clasificación de botellas se establece las condiciones por las cuales va a trabajar el mismo. (Ver Figura 4.5)

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="523 846 788 875" style="text-align: center;">PALANCA LATERAL</p> 	<p data-bbox="1098 846 1305 875">Tipo de Proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taladrado • Pulido • Torneado <p data-bbox="1098 1037 1203 1066">Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Duralon <p data-bbox="1098 1131 1262 1160">Dimensiones:</p> <p data-bbox="1098 1176 1225 1205">PALANCA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Largo: 0.25m • Ancho: 0.023m • Espesor: 0.015m

Figura 4.5 Palanca lateral

4.3.8.1 Almacenador de botellas con sólidos no disueltos

Se diseñó el almacenador de botellas en base a lo siguiente:

4.3.8.1.1 Tamaño del almacenador de botellas con sólidos no disueltos

El tamaño del almacenador de botellas se lo determino en base a un cálculo realizado a cada una de estas, analizando su carga, tomando en cuenta que la botella tiene una forma cilíndrica con un diámetro de 8cm y con una altura de 31cm.

En base a los datos proporcionados por la empresa se determinó:

$d = 8 \text{ cm}$ Diámetro de la botella

$h = 31 \text{ cm}$ Altura de la botella

$m = 750 \text{ gr}$ Masa de una botella

$\rho = 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ Densidad del agua desmineralizada

Obtenemos el área que va a ocupar cada botella mediante la fórmula del área de un círculo.

$A_B = \text{área de la botella}$

$$A_B = \Pi r^2$$

Ecuación 4.1 Área de un círculo

$$A_B = \Pi(4\text{cm})^2$$

$$A_B = 50,27\text{cm}^2$$

Factor mínimo de P (capacidad estimada) = 10 botellas

$$m_{\text{Botellas}} = m * P$$

Ecuación 4.2 Masa estimada del total de botellas

$$m_{\text{Botellas}} = 0.75 \text{ kg} * 10 = 7,5 \text{ kg} = 7500\text{gr}$$

$$\text{Peso}_{10 \text{ Botellas}} = 7,5 \text{ kg} * 9.81\text{m/s}^2 = 73,58\text{N}$$

Ecuación 4.3 Peso total de las botellas que se ejerce sobre el almacenador

A continuación multiplicamos el area que ocupa una botella por la cantidad estimada de botellas que se almacenaran.

$$A_{10 \text{ Botellas}} = A * 10 = 50,27 \text{ cm}^2 * 10 = 502,5 \text{ cm}^2$$

Determinamos el área del denominado ortoedro mediante:

$a = 118\text{cm}$ Lado mayor del almacenador

$b = 6\text{cm}$ Lado menor del almacenador

$c = 11 \text{ cm}$ Altura del almacenador

$$A_A = \text{Área total del almacenador}$$

$$A_A = 2(ab + ac + bc)$$

Ecuación 4.4 Área de un ortoedro

$$A_A = 2[(118\text{cm})(6\text{cm}) + (118\text{cm})(11\text{cm}) + (6\text{cm})(11\text{cm})]$$

$$A_A = 2[(708\text{cm}^2) + (1298\text{cm}^2) + (66\text{cm}^2)]$$

$$A_A = 2(2072\text{cm}^2)$$

$$A_A = 4144\text{cm}^2$$

La cantidad de botellas “N” que se pueden almacenar por carga es de:

$$N = \frac{A_A}{A_{10 \text{ Botellas}}} = \frac{4144\text{cm}^2}{502,5\text{cm}^2} = 8 \text{ botellas}$$

Ecuación 4.5 Cantidad de botellas N que se pueden almacenar

Se concluye que el almacenador puede acopiar 8 botellas por carga, sin embargo debe tomarse en cuenta, que en base a pruebas realizadas, por los acabados de este proceso, la capacidad del almacenador varía, determinándose un factor del 120%, por lo tanto la verdadera capacidad del almacenador es de:

$$\text{Numero de botellas real} = 8 * 1.20 = 10 \text{ botellas}$$

4.3.8.1.2 Material del almacenador de botellas con sólidos no disueltos

Factores físicos. El almacenador tiene un área de 4144cm^2 , con una forma de un ortoedro y con un peso adecuado para un fácil transporte.

Factores mecánicos. El material tiene la capacidad de soportar un peso de 73,58N y con propiedades mecánicas tales como: la resistencia, el módulo de elasticidad, la tenacidad, la resistencia a la fatiga, la termofluencia, etc.

Procesamiento y fabricación. El material posee factores que permitan darle forma mediante procesos de fundición, de conformado y con diferentes tratamientos mecánicos.

Factores de vida útil de los componentes. Cumple con propiedades como la resistencia a la corrosión, a la oxidación, al desgaste y propiedades de fatiga ante cargas dinámicas para que sea de larga duración.

Costos y disponibilidad. El material escogido es de fácil acceso y está al alcance económico del autor.

Con las características mencionadas, se determinó que el material a utilizar en este proyecto será el acero AISI 430 ($S_u = 75$ ksi), el cual tiene una buena resistencia a la corrosión, con características de conformado, y con propiedades mecánicas útiles. Además del hierro fundido para disminuir los costos.

4.4 SELECCIÓN DEL SERVOMOTOR

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, (entre -90° y $+90^\circ$) y mantenerse estable en dicha posición. (Llorente, 2010). (Ver Anexo J)

Se seleccionó el servomotor de marca Vigor Precision LTD, debido a las siguientes razones:

- El torque del servomotor es ≥ 9 kgf.cm (124,98oz.in), lo cual permite mover el eje más la palanca de duralon,
- Este servomotor trabaja muy bien en este tipo de ambientes corrosivos, por su resistencia al agua o a líquidos similares para evitar posibles fallas y daños del mismo,
- El espacio físico para instalar el servomotor es el adecuado, incluyendo sus conexiones para su buen funcionamiento,
- El servomotor va a estar encendido durante toda la jornada laboral, pero trabajará en promedio 5 minutos, debido a que solo actuara en los instantes que se haya detectado sólidos no disueltos, acumulando hasta

10 botellas con estas características, realizando el trabajo por cada botella en menos de 1 segundo,

- La velocidad del servomotor es de 0,2 seg / 60° sin carga, la misma que permite dar el movimiento al eje acoplado para que actúe la palanca lateral.

Tabla 4.10 Datos del servomotor vigor precision LTD

DATOS DE FABRICANTE	
Marca	VIGOR PRECISION LTD
Alimentación	6 V
Velocidad	0,2 seg / 60°
Consumo sin carga	0.30A
Consumo con carga	0.25A
Torque máximo	9 kgf.cm
Dimensiones	49.2x25x42.5mm

Fuente: (VIGOR PRECISION LTD)

4.5 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

4.5.1 SELECCIÓN DEL PLC LOGO

Para determinar el PLC del el sistema se analizaron las principales características comparándolas con otros autómatas similares.

Tabla 4.11 Cuadro comparativo de controladores lógicos programables

Características \ Marca	Siemens	Telemecanique	Siemens
Plc	Logo! 0BA6 230RC	Twido TWDLCAA10DRF	S7 200
Número de E/S	8/4	6/4	8/6
Alimentación	110/220v C.A.	100/240V C.A.	24 VDC
Software	LOGOComfort	TwidoSoft	STEP 7-Micro/WIN
Comunicación	LOGO! TD	RS485 Modbus (maestro/esclavo) 200 metros de distancia máxima	Puerto estándar RS- 485, Protocolo PPI, PROFIBUS, bus AS- Interface, Ethernet, OPC
Soporte Técnico	Si	Si	Si

In analógicas/digitales	Digitales	Digitales	Digitales
Visualizador/Teclado	Si/Si	No/No	No/No
Precio	\$175	\$275	\$250

Fuente: (Siemens, 2003), (Telemecanique), (Siemens, 2008)

Analizando la tabla anterior se determinó que el PLC LOGO! 0BA6 230RC es el adecuado y el más idóneo para el proyecto tanto por su costo económico como por la visualización externa que posee, permitiendo aprovechar al máximo esta característica, lo cual evita la compra de otros componentes. Además no es necesaria una fuente puesto que me permite realizar una conexión directa a 110 en AC. (Ver Anexo A)

Adicionalmente, se seleccionó este PLC debido a las siguientes razones:

- Para el sistema se requiere de 4 entradas para el encendido general y para el encendido del PLC, para el encendido de la cámara y para el paro de emergencia y 4 salidas una para el motor y las demás para las luces de los controles del gabinete,
- Este PLC es de gran ayuda, tiene 8 entradas y 4 salidas, las que son suficientes para desarrollar este proyecto, sería sobredimensionar el utilizar un PLC de gama más alta,
- Tiene la ventaja de manejar algunos programas (200),
- El PLC permite incrementar su capacidad, si así se lo requiere, mediante módulos de acoplamiento,
- Tiene un sistema de control por pulsos,
- Posee un IP20, el primer dígito es la protección contra el polvo. El segundo dígito indica que el agua entrará en el equipo, para evitar esto el PLC está dentro de un gabinete de control, (AENOR, 2012)
- Su precio es bastante cómodo,
- El lenguaje de programación es en ladder o en forma de bloques, lo cual permite una fácil accesibilidad al mismo y a sus futuros cambios.
- Tiene el respaldo de la compañía SIEMENS fabricante del PLC,
- La fuente de alimentación es directa a 110v, lo que evita la compra de una fuente,
- Tiene una unidad de procesamiento central apta para este proyecto,

- Tiene una pantalla lcd que permite visualizar la cantidad de botellas detectadas, y
- Posee botones para manipular el sistema completo de encendido y apagado, visualizándose en la lcd.

4.5.2 SELECCIÓN DE MICROCONTROLADOR

Se decidió trabajar con el microcontrolador 16F628A por su tamaño, precio, diversidad y por su facilidad de adquisición. (Ver Anexo K)

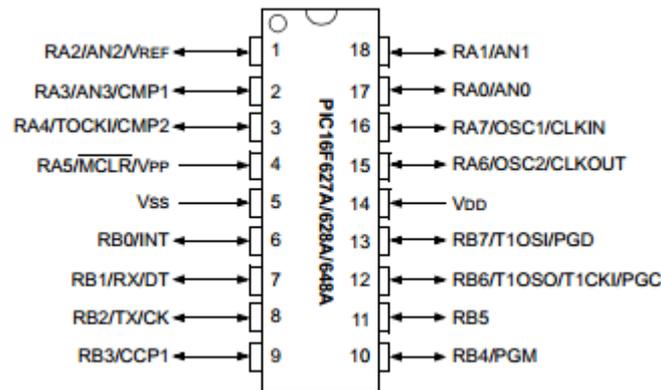


Figura 4.6 Microcontrolador PIC16F628A

Fuente: (Microchip, 2004)

4.5.2.1 Características del microcontrolador

- Arquitectura de 8 bits, con velocidad de operación desde DC hasta 20MHz,
- Hasta 16 pines I/O disponibles,
- Memoria de programa flash de 2048 words (2k @ 14bits),
- SRAM de 224 Bytes,
- EEPROM de datos de 128 Bytes,
- Oscilador interno de 4MHz y de 37kHz para modo de bajo consumo,
- Tecnología nanoWatt que brinda características y funciones de bajo consumo y por lo tanto ahorra energía,
- Voltaje de operación 3 a 5.5 V,
- 2 módulos de captura/comparación/PWM,
- 2 timer de 8 bits y 1 de 16 bits,
- EUSART para comunicaciones seriales,
- Referencia interna de voltaje,
- 10 fuentes de interrupciones,
- Resistencias de pull-ups en el puerto B programables,

- Power-on Reset,
- Power-up Timer y Oscillator Start-up Timer,
- Brown-out Reset,
- Soporta 100,000 ciclos de escritura en memoria flash,
- Soporta 1, 000,000 ciclos de escritura en memoria EEPROM,
- Retención de datos de 100 años,
- Protección de código, y
- Encapsulado DIP de 18 pines. (Microchip, 2004)

4.5.3 TABLERO DE CONTROL

Es una caja (gabinete) con los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización. Cumple con funciones específicas dentro de un sistema eléctrico. (Tableros Eléctricos)

El tablero eléctrico se diseñó en base a las normas IEC 60529 y normas Europeas.

4.5.3.1 Diagrama de control del sistema completo

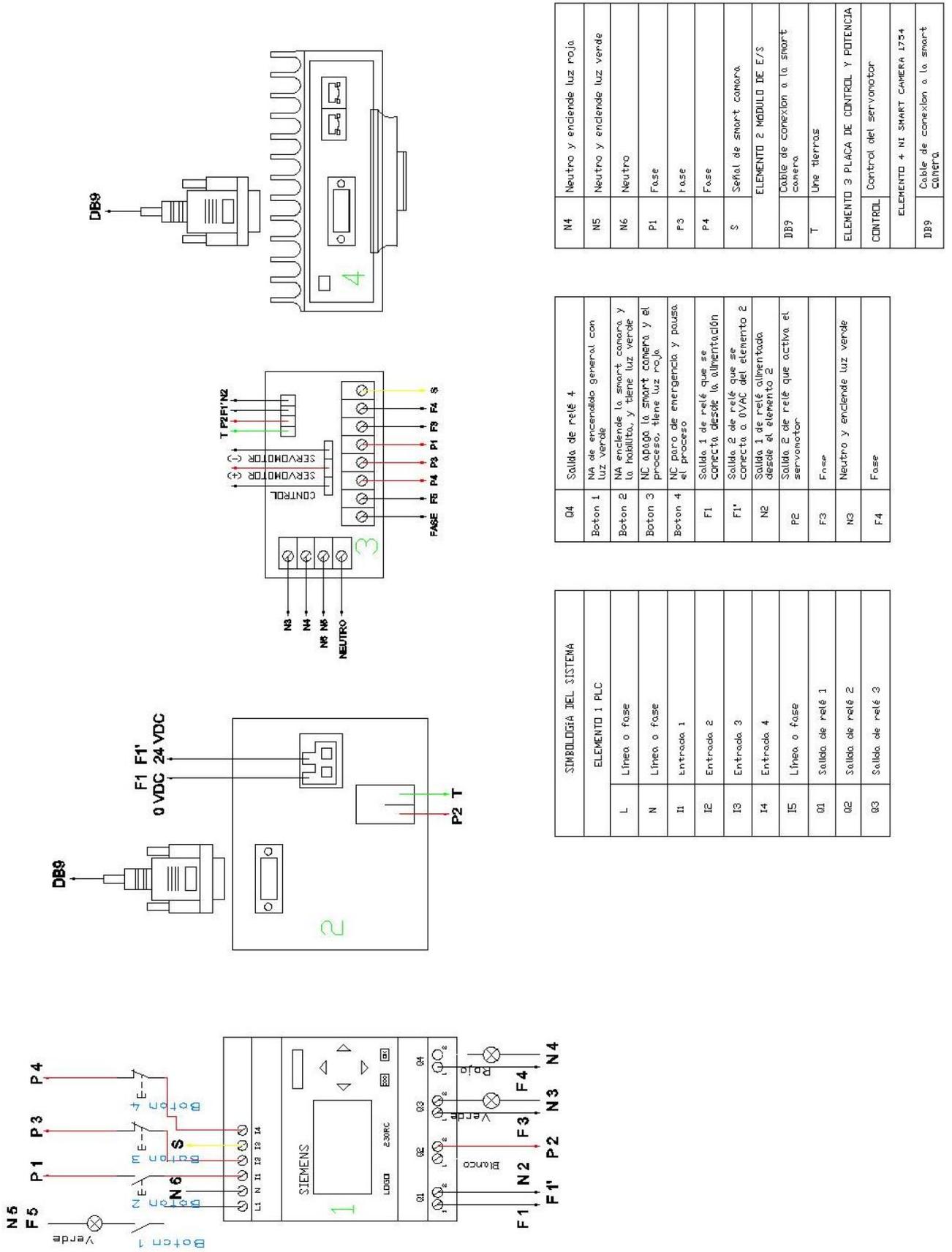


Figura 4.7 Diagrama de control

En base a las normas alemanas DIN los cables se clasificaron de la siguiente manera:

- Cable de color blanco para neutro, en este caso se puso el nombre BLANCO para poder diferenciar con el de color negro,
- Cable de color negro se refiere a la fase,
- Cable de color verde se refiere a la tierra,
- Cable de color rojo es el positivo,
- Cable de color azul es el negativo, y
- Cable de color amarillo se refiere a la señal de la smart camera.

En la Figura 4.7 del diagrama de control se puede apreciar cuatro botones:

BOTON 1 normalmente cerrado con luz de color verde y de perilla, es el encendido general, el mismo que al momento de accionarlo enciende el PLC y activa la Q4 encendiendo la luz roja del BOTON 3, que señala que el proceso está apagado. A continuación se activa el pulsador del BOTON 2, normalmente abierto con luz de color verde, el cual energiza a la smart camera con la Q1 y la Q3 enciende la luz verde y el motor pololu, de esta forma, que el proceso se encuentra activo. En caso de requerirlo se activa el pulsador del BOTON 3 normalmente cerrado con luz de color roja, el mismo que se activa con la Q4 y resetea el proceso de conteo en el PLC con la señal de la smart camera.

El BOTON 4 se utiliza en casos de emergencia este es tipo hongo y está normalmente cerrado, al momento de accionarlo detiene el proceso de conteo del PLC y desactiva al servomotor en caso de que esté funcionando en ese momento. La Q2 es la salida que da un pulso al microcontrolador para el accionamiento del servomotor, esta se activa cada vez que exista un sólido no disuelto mandando una señal al PLC desde la smart camera.

4.5.3.2 Arquitectura del tablero

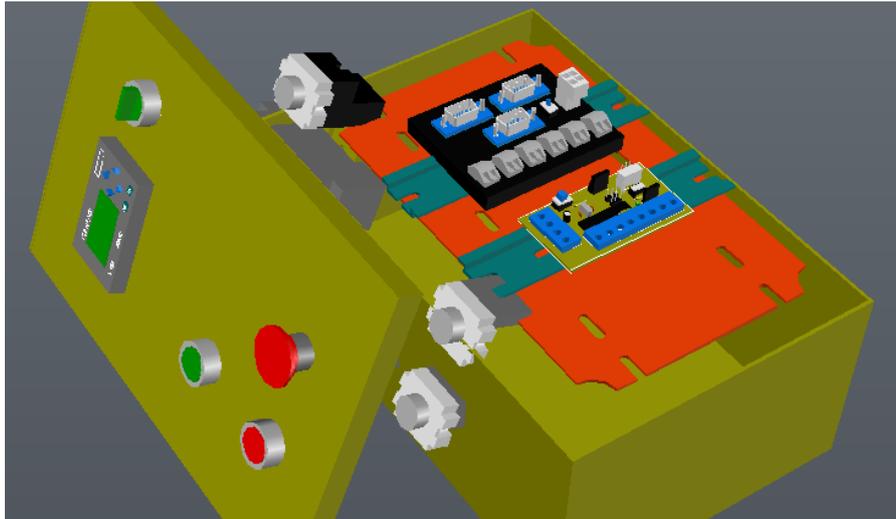


Figura 4.8 Arquitectura del tablero de control en 3D

4.5.3.2.1 Arquitectura interna

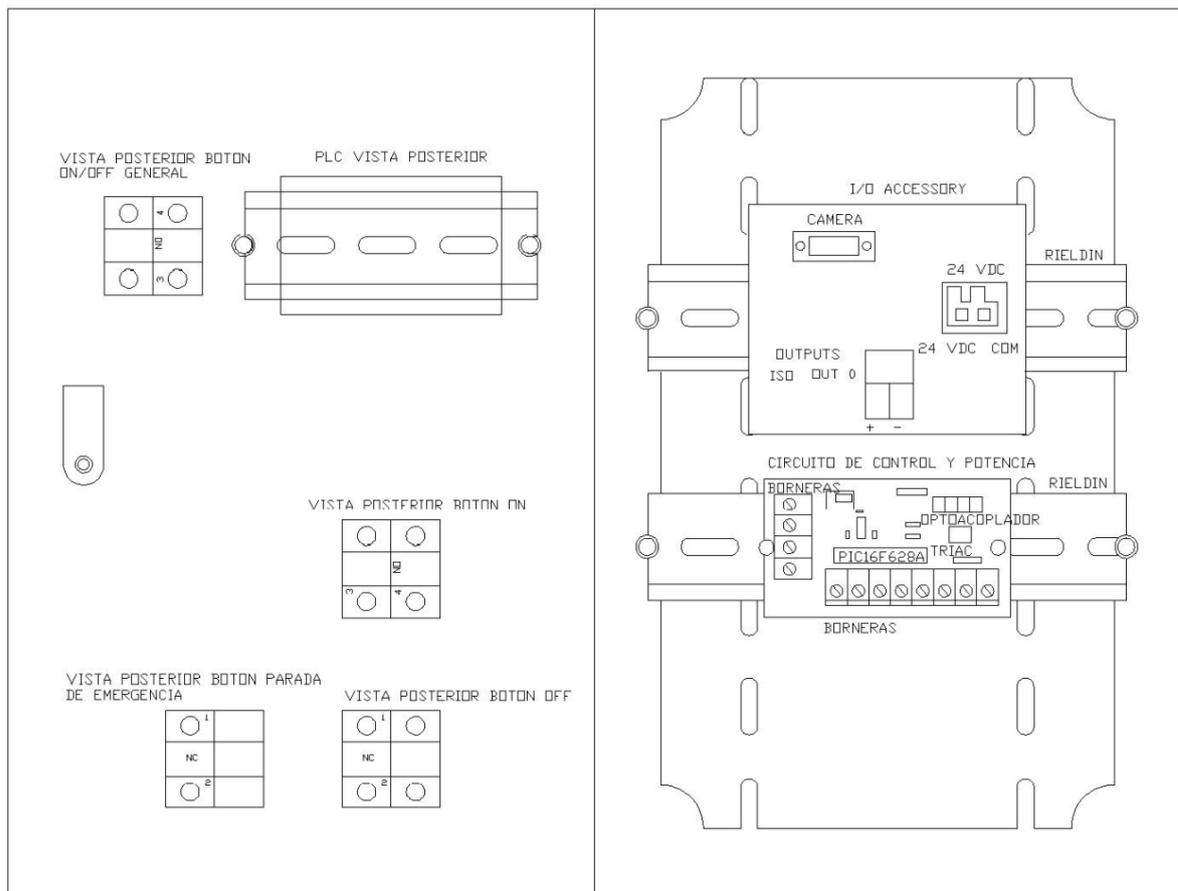


Figura 4.9 Arquitectura interna del gabinete de control

La arquitectura interna determina las características internas del tablero de control. En la parte izquierda se encuentra la parte trasera del PLC con un riel din

para sujetarlo y la parte trasera de los cuatro botones de funcionamiento. En la parte derecha se aprecia en dos rieles DIN el módulo de entradas y salidas, en la parte inferior está el circuito de control y de potencia del sistema.

4.5.3.2.2 Arquitectura externa

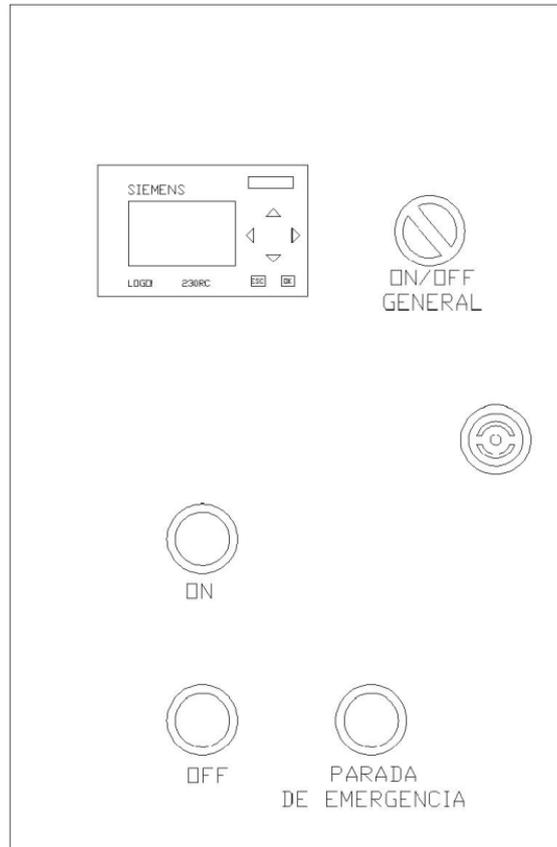


Figura 4.10 Arquitectura externa del gabinete de control

En la Figura 4.10 se puede apreciar la parte externa del tablero de control, observándose la pantalla LCD del PLC cuyo logo mostrará la cantidad de botellas que se han encontrado con sólidos no disueltos diariamente. También se aprecia el botón ON/OFF GENERAL que es el sistema de accionamiento de todo el sistema, el botón ON enciende la smart camera, el botón OFF resetea al conteo de las botellas detectadas y desactiva al motor y al botón de parada de emergencia, el cual se activa solo cuando sea necesario deteniendo los procesos momentáneamente.

4.5.3.3 Control del servomotor

4.5.3.3.1 Empleo en el proyecto

Para que se active la palanca lateral se utiliza un servomotor que al girar el eje este se mueve, clasificando así a las botellas y enviándolas al almacenador de las mismas.

4.5.3.3.2 Descripción de funcionamiento

La velocidad del servomotor es controlada por el microcontrolador 16F628A. (Ver Figura 4.11)

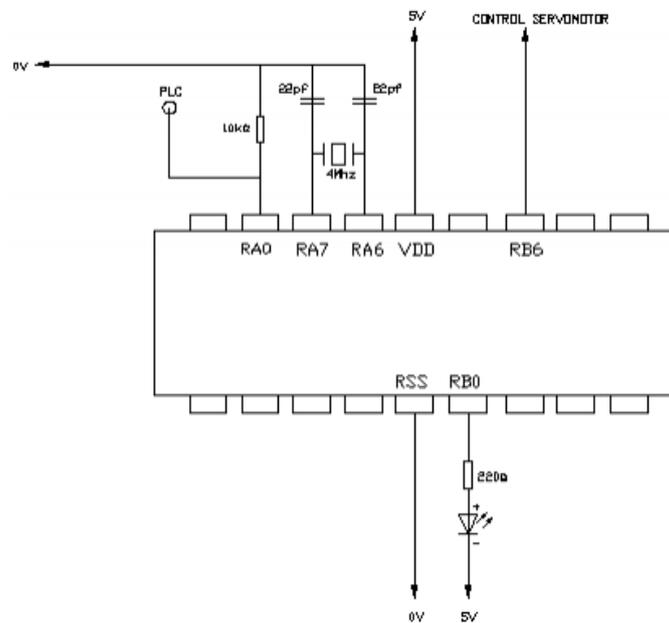


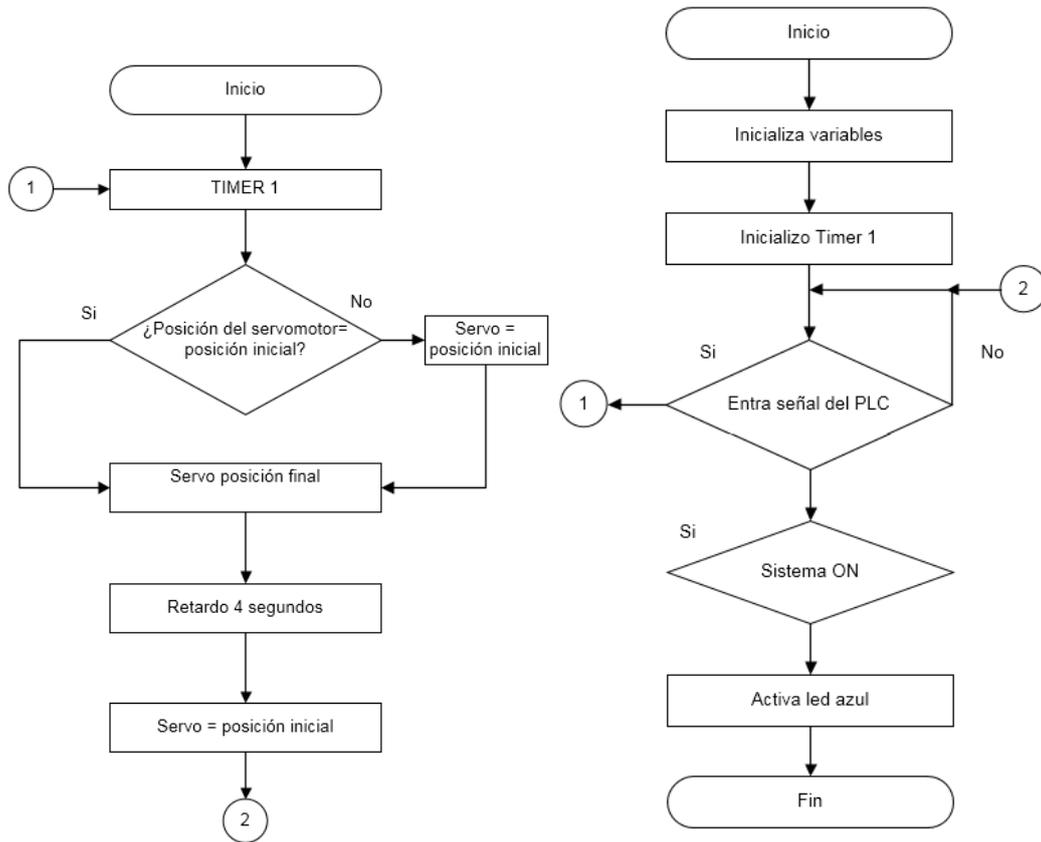
Figura 4.11 Control del servomotor con el microcontrolador

4.5.3.3.3 Programación

Para el control del servomotor se utilizó el microcontrolador PIC16F628A en el cual se usó 7 pines de las siguientes características:

- PIN RA0, a este pin llega la señal eléctrica del PLC dando la orden al pin RB6 para que se active el servomotor al encontrar un sólido no disuelto en la botella,
- PIN RA7, se conecta a un capacitor de 22pf,
- PIN RA6, se conecta a un capacitor de 22pf al igual que el anterior pin, y estos a su vez a un oscilador de 4 MHz,
- PIN VDD, a 5 voltios,

- PIN RB6, controla el servomotor activándose en el momento de una detección,
- PIN RSS, se conecta a tierra,
- PIN RB0, se conecta a un led azul para señalar que el microcontrolador está funcionando. (Ver Anexo M)



(a) Función de Interrupción del timer 1

(b) Programa principal

Figura 4.12 Flujograma para el control del servomotor con el microcontrolador

En el diagrama se describe el control del servomotor VIGOR mediante el microcontrolador PIC16F628A, tomando en cuenta que este trabaja a 800-2200us ajustándose a la posición requerida. (Ver Figura 4.12)

4.5.3.3.4 Simulación en proteus

A continuación se presenta la simulación en el software Proteus 8 Professional, que sirve para apreciar el funcionamiento del microcontrolador, llegando por la RA0 la señal del PLC y este a su vez activa y desactiva al servomotor debido al pin RB6. (Ver Figura 4.13)

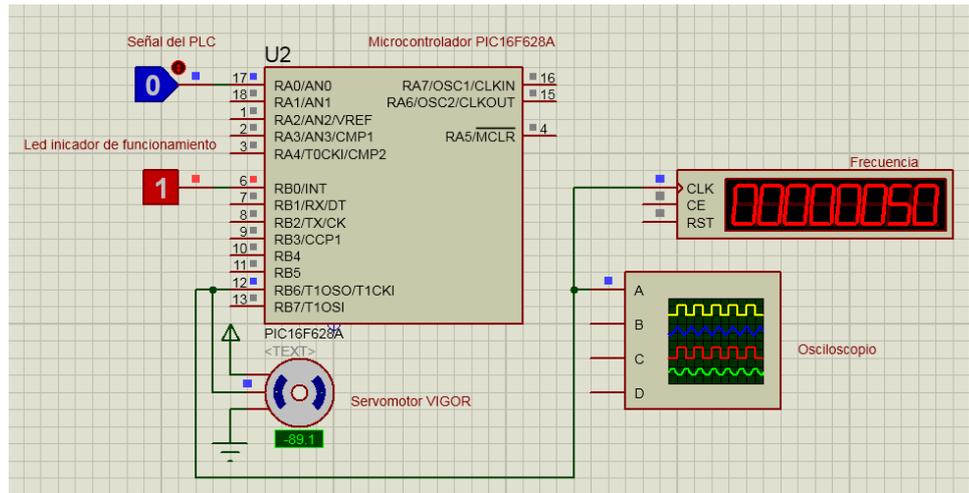


Figura 4.13 Simulación del control de servomotor

La onda que se genera llega a 800us, correspondiendo al periodo de duración del tiempo en alto del servomotor VIGOR con un movimiento de 180°, esto se aprecia en la figura 4.14 del osciloscopio de la simulación en proteus.

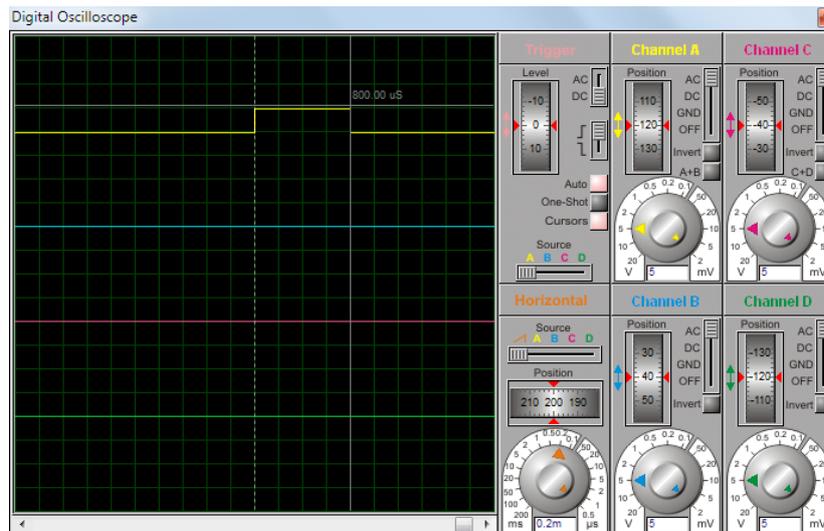


Figura 4.14 Simulación de la onda del servomotor en el osciloscopio

4.5.3.4 Control del PLC

Para el control del PLC se empleó el software LOGO!Soft Comfort V6.0, el mismo que se lo programo mediante lenguaje FUP de la siguiente manera:

- BLOQUE I1 (ON), un pulsador normalmente abierto, el mismo que enciende la smart camera,
- BLOQUE B004, este es un relé que autoenclava el encendido,

- BLOQUE B001, es un retardo a la conexión para que el sistema tenga un rango de espera al encenderse, mandando una señal a un borne de salida Q1,
- BLOQUE B002, este actúa como una compuerta NOT, cambiando el estado de la Q4 (luz roja),
- BLOQUE I2 (OFF), es un pulsador que actúa como un “normalmente cerrado” el mismo que apaga la cámara y detiene el proceso de conteo del PLC,
- BLOQUE B007, actúa como una función AND para determinar cuándo debe contar, comparando la señal de la cámara (I3), el stop o botón de emergencia (I4) en estado normal y el pulsador verde que se encuentre activado,
- BLOQUE B003, este es un contador que se activa cuando cumple las tres condiciones del bloque 007;
- BLOQUE I3, representa la señal de la smart camera,
- BLOQUE I4, es el botón de emergencia, tipo hongo;
- BLOQUE 005, funciona igual que el bloque 007,
- BLOQUE B008, relé autoenclavador,
- BLOQUE B009, retardo a la conexión,
- BLOQUE 010, retardo a la desconexión,
- BLOQUE Q2, representa la señal del movimiento del servomotor,
- BLOQUE B011, contador con límite de 10, cada vez que llega a este valor se activa la Q4,
- BLOQUE B014, la salida se activa y desactiva en función del bloque B011 y del bloque M2, puesto que son dos frecuencias parametrizables,
- BLOQUE M2, los bloques de marcas devuelven en su salida la señal que está aplicada en su entrada,
- BLOQUE B015, retardo a la desconexión,
- BLOQUE B017, not que actúa a la señal del bloque B013 negando su entrada,
- BLOQUE B018, and que interactúa con los bloques B017, B010 y Q2,
- BLOQUE B013, generador de impulsos asíncrono, y

- BLOQUE B016, si hay algún bloque energizado este también se energiza.

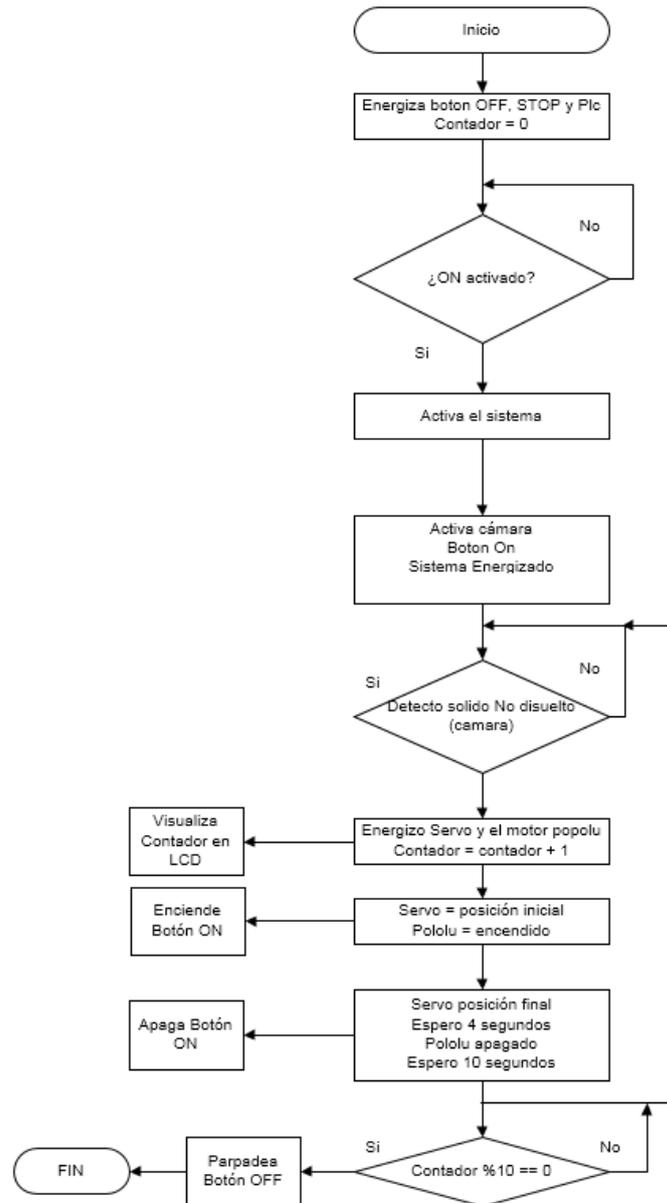


Figura 4.15 Flujograma del control del sistema con el PLC LOGO

El programa diseñado en lenguaje FUP (Ver Anexo O), tiene la finalidad de controlar todo el sistema de verificación y clasificación.

4.5.3.5 Control del circuito de potencia

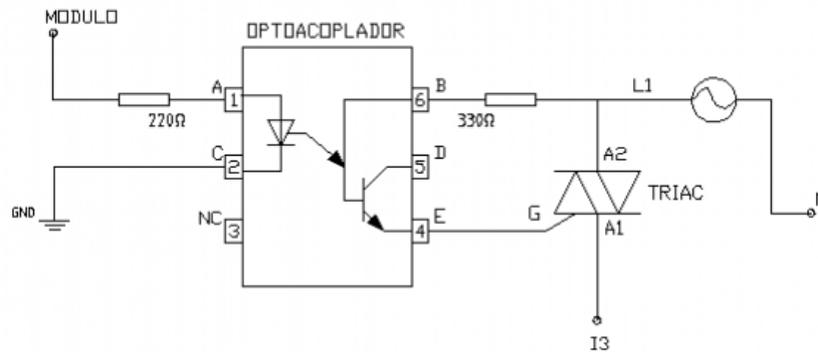


Figura 4.16 Circuito de potencia

En la Figura 4.16 se puede apreciar la interfaz de la parte de control con la de potencia. Debido a que la smart cámara funciona a 24v en continua y el plc trabaja a 110v en alterna, (Ver Anexo L) se toma en cuenta las siguientes características:

- El circuito del optoacoplador triac se utiliza comúnmente para el control de líneas AC desde señales DC,
- El optoacoplador aísla electrónicamente la etapa de control (5v) con la de potencia (110v),
- El optoacoplador tiene un fotodiodo que emite rayos infrarrojos al fototriac,
- Salida de la cámara a 5v, entradas del PLC 110,
- El optoacoplador permite que el triac se cierre para que circule la corriente alterna por el circuito, y
- El optoacoplador sirve como aislante para proteger la cámara.

CAPÍTULO V

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 INTRODUCCION

Analizando e interpretando los resultados que se obtuvieron durante la etapa de pruebas, en este capítulo se presentan los resultados finales del desarrollo e implementación del sistema de verificación y clasificación de botellas con sólidos no disueltos, se incluye la verificación de su funcionamiento

5.2 SISTEMA DE VERIFICACIÓN

El sistema de verificación se lo estableció en base a los requerimientos de la empresa y con las debidas condiciones para su correcto funcionamiento.

Se implementó la smart camera con un soporte que tiene la posibilidad de moverse tanto de, forma vertical como de forma horizontal, lo que permite enfocar según las necesidades; también se implementó un soporte para esta estructura y la smart camera, dando al sistema un puntal rígido sin posibles movimientos que dañen lo enfocado, deteriorando así el análisis de la smart camera. Adicionalmente se puso una bisagra en la estructura que permita su movimiento, evitándose que estorbe en los respectivos mantenimientos y en los demás análisis. (Ver Figura 5.1)



Figura 5.1 Soporte de la smart camera

El sistema detectará alrededor de 10 botellas con sólidos no disueltos diariamente, este valor se obtuvo en base a las estadísticas calculadas con 9216 botellas diarias durante 4 semanas, esta información estadística permite tomar decisiones en cuanto a los márgenes de error dentro de un marco de incertidumbre. Esto significa que diariamente no se van a encontrar más de 10 botellas con sólidos no disueltos, el programa en la smart camera se lo diseñó en base a estas condiciones.

Para determinar la captura de las imágenes y su análisis, es muy importante tomar en cuenta el programa con el cual se trabaja con la smart camera, entre más grande sea el algoritmo del programa, más tiempo se demorará su procesador en realizar su labor; por lo que se comprendió la necesidad de realizar un algoritmo lo más pequeño posible para que la smart cámara realice su operación correctamente. (Ver Figura 5.2)

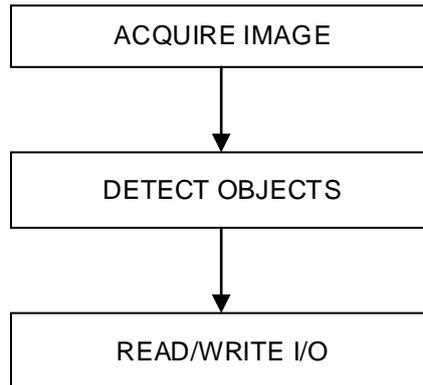


Figura 5.2 Diagrama del algoritmo del programa de la smart camera

Se detectó también la necesidad muy importante, de añadir a la iluminación existente, otro sistema de iluminación, ya que al momento de la captura, las imágenes tenían sombras lo que producía que la smart cámara active una señal de salida, confundiendo con la existencia de un sólido no disuelto. Fue necesario entonces añadir un sistema de iluminación backlight para eliminar las sombras que involucraban a la smart cámara en el proceso. (Ver Figura 5.3).



Figura 5.3 Sistema de iluminación backlight

También existió un titileo en la luz al momento de la captura de video, lo cual se daba porque la luz estaba conectada a corriente alterna lo que producía una onda senoidal que producía este titileo, de tal manera se determinó que la solución a ello era linealizar la curva, concluyendo así con el fin de este inconveniente.

Fue también necesario implementar un circuito de potencia debido a que la smart cámara funciona a 24v en continua y el PLC trabaja a 110v en alterna, las salidas

de la smart cámara daban una señal de salida de 24v y el PLC tiene entradas a 110v.

Al momento de la comunicación entre la smart cámara y la pc se tuvo un inconveniente con las direcciones IP; según la información proporcionada de la NI smart cameras, se recomienda que se le debe asignar una dirección IP estática para que se quede siempre conectada con la misma dirección y de esta manera se pueda acceder desde cualquier lugar. Para resolver este inconveniente se procedió a realizar esta acción de la manera recomendada, surgiendo un nuevo inconveniente, de que la smart camera no comunicaba con la pc, frente a este escenario se procedió a configurar como DHCP, esto significa que cada que se conecta la cámara a la pc, la red le asignará una dirección IP que este libre automáticamente, este procedimiento fue efectivo para el funcionamiento de la camera. (Ver Figura 5.4).

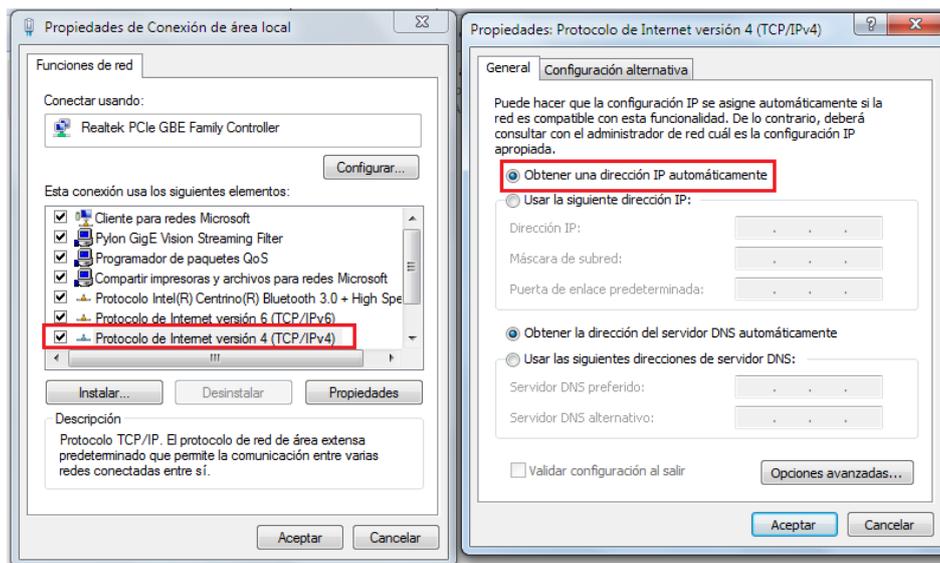


Figura 5.4 Habilitación de una dirección IP automáticamente

5.2.1 AJUSTES DE LA SMART CAMERA

Para que funcione correctamente la camera es de vital importancia aflojar las perillas en la lente, con la primera se puede calibrar el anillo del diafragma el mismo que agudiza la intensidad de luz encontrándose al inicio de la lente y, la segunda perilla afloja al anillo de foco, el mismo que determina el contraste de la imagen, ésta se encuentra al final de la lente y depende de la distancia a la cual se ejecute el trabajo de la smart camera. (Ver Figura 5.5)



Figura 5.5 Lente de la smart camera

1	Anillo de diafragma
2	Anillo de foco

Se tomó en cuenta también la ganancia y el tiempo de exposición que tiene la camera por ser factores muy importantes para la nitidez de la imagen; previamente antes de su ajuste, se analiza el entorno a la cual se va a exponer la camera. No es lo mismo trabajar en un ambiente oscuro a que sea en un ambiente más claro, ello depende si se incremente o disminuyen estos factores, se incrementa cuando está expuesta a un ambiente oscuro y ocurre lo otro en el caso contrario, se configura estas opciones en el programa Vision Builder como se aprecia en la Figura 5.6.

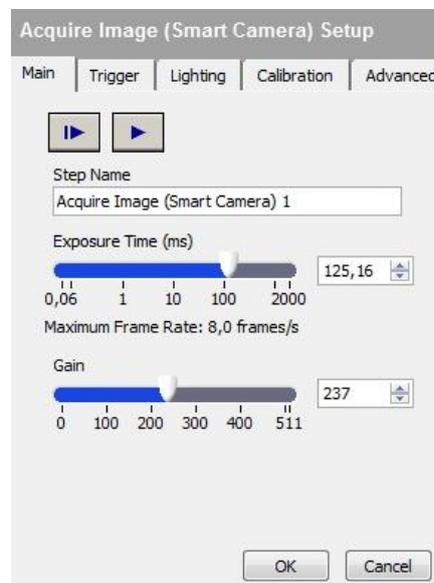


Figura 5.6 Tiempo de exposición y ganancia

La luz utilizada es otro de los factores más importantes a tomar en cuenta, si se utiliza un tipo de luminarias que generan titilación estas confunden a la smart camera generando errores. La luminaria seleccionada para el sistema fue de color blanco, fluorescente y tipo led. (Ver Anexo P).

Debe tomar en cuenta que el programa que se desarrolle y a su vez se descargue en la smart camera, no sea muy pesado dado que la smart camera tiene un procesador con una memoria de 256MB, si el programa es muy pesado, la cámara no procesa rápidamente la información (el programa) y por ende no actúa como se lo diseñó.

5.3 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

El sistema de clasificación se lo implementó de acuerdo a las condiciones establecidas por la empresa y por los análisis realizados por el autor.

Se adicionó a la banda transportadora un carril con rodamientos, los 20 primeros acoplados a una cinta transportadora y a un motor para agilizar su movimiento, llevando a las botellas al carril con rodamientos, y a su vez este tiene un soporte. (Ver Figura 5.7)

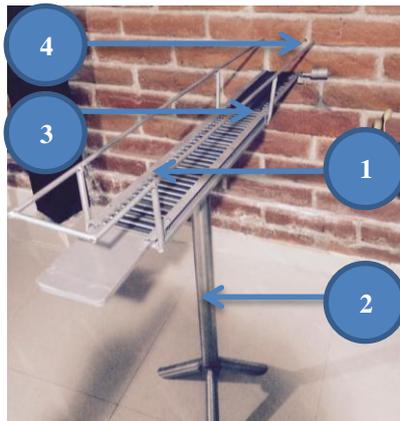


Figura 5.7 Almacenador de botellas

1	Carril con rodamientos
2	Soporte del almacenador
3	Cinta transportadora de caucho
4	Motor pololu

Este sistema actúa de la mano con el sistema descrito anteriormente, es por ello que también se lo diseñó para 10 botellas, analizando los rangos de tolerancia se pueden almacenar más botellas con un máximo de 12, lo que sucedería en el peor de los casos.

5.4 SISTEMA COMPLETO

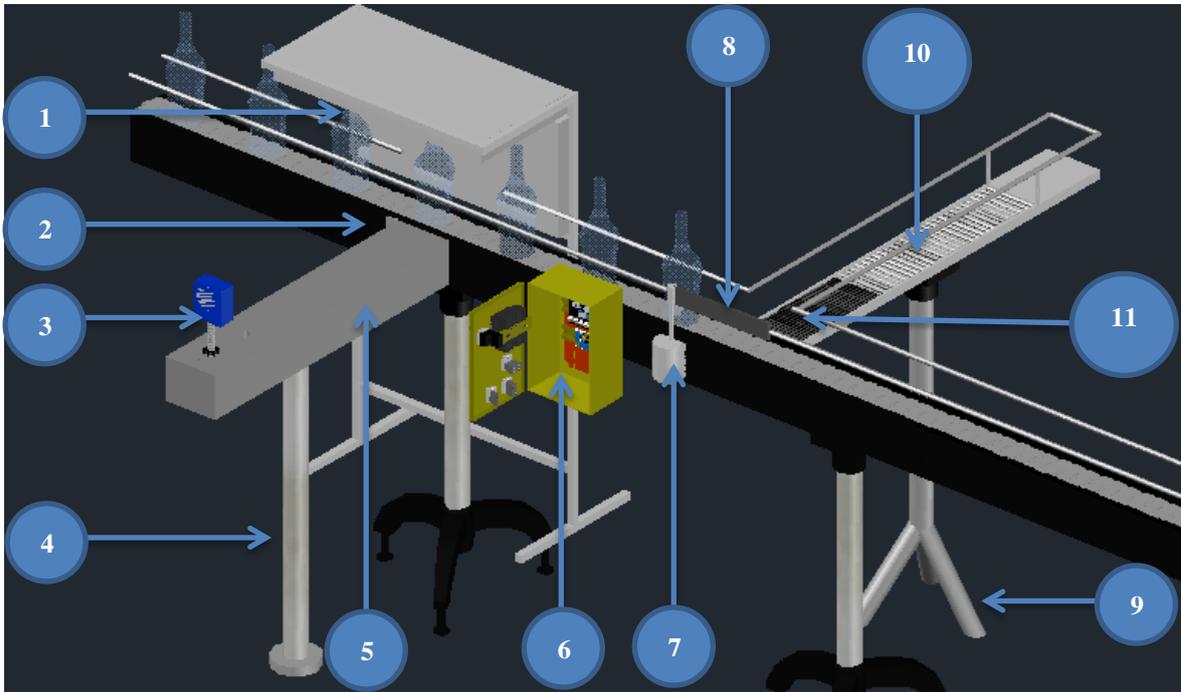


Figura 5.8 Sistema completo

1	Luminaria tipo backlight
2	Bisagra
3	NI smart camera 1754
4	Soporte del puntal de la smart camera
5	Puntal de la smart camera
6	Tablero de control
7	Servomotor
8	Palanca lateral
9	Soporte del almacenador de botellas
10	Carril con rodamientos
11	Cinta transportadora de caucho

La NI smart camera 1754 manda una señal al PLC LOGO 230RC cuando detecte una botella con sólido no disuelto; este PLC envía una señal al microcontrolador PIC16F628A y este a su vez al servomotor VIGOR, el que se encarga de mover la

palanca lateral clasificando las botellas y destinándolas hacia el almacenador de botellas. (Ver Anexo Q y R)

5.4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA COMPLETO

El sistema completo se implementó tomando en cuenta lo siguiente:

- Se procedió a ajustar la estructura que soporta a la smart camera y la estructura que almacenará a las botellas detectadas,
- Se energizó todos los elementos electrónicos y se verificó su correcto funcionamiento,
- En el tablero de Control se activó el sistema,
- Se encendió la smart camera y se procedió a ajustar el programa al ambiente de la empresa, analizando la luminosidad del lugar y fijando el set point para este análisis,
- Se activó la banda transportadora con botellas conteniendo sólidos no disueltos y sin sólidos no disueltos,
- Al inicio del análisis el set point fue el incorrecto ya que no detectó algunas botellas con sólidos no disueltos, corregido este inconveniente, el sistema inicio su análisis correctamente,
- A continuación el sistema de clasificación no funcionaba correctamente, puesto que el servomotor no se activaba al momento de la señal del microcontrolador, por lo tanto se procedió a corregir este inconveniente, encontrándose con una configuración en el ángulo de giro del servomotor,
- Una vez que el sistema funcionó correctamente, se detectó que los tiempos no eran los correctos con respecto al tiempo de actuación de la palanca lateral desde que la smart camera había detectado un sólido no disuelto; cuando el sistema de clasificación actuaba, la palanca lateral funcionaba pero se demoraba en hacerlo, por lo que se realizó un análisis en los tiempos para su respectiva corrección de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 5.1 Corrección de los tiempos de accionamiento del PLC

Retardo	Palanca lateral	Pruebas realizadas
2 segundos	No funciona correctamente	7 botellas
3 segundos	Funcionó correctamente	9206 botellas

10 segundos	No funciona correctamente	3 botellas
15 segundos	No funciona correctamente	0 botellas
17 segundos	No funciona correctamente	0 botellas

- Con estos resultados se configuro en el bloque de retardo a la conexión a 3 segundos, este tiempo se lo determino en base a las pruebas realizadas determinando que con 9216 botellas analizadas a diario tan solo 10 no correspondían a la activación de la palanca lateral, debido a las distancias entre botellas,
- Al cumplirse con las 10 botellas detectadas, el botón con iluminación de color rojo comienza a parpadear indicando de esta manera que el almacenador de botellas se encuentra al tope, sin embargo este sistema tuvo el inconveniente de que no iniciaba con el parpadeo como se lo había programado en el PLC; se detectó que éste problema surgió debido a que en el bloque de retardo a la desconexión la entrada R se encontraba en “negado” por lo que no permitía que se realice esta acción; corregido este impase se procedió a realizar las respectivas pruebas.

5.5 PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO AUTOMATIZADO

Las pruebas se las realizó durante 20 días analizando un total de 184320 botellas.

Para realizar las pruebas del sistema completo se acopló el sistema de verificación con la NI smart camera 1754 con el sistema de clasificación, el almacenador de botellas, el servomotor, el plc logo 230RC, el gabinete de control, etc., de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- a) Encendido general del sistema. (Ver Figura 5.9)



Figura 5.9 Botón de encendido general

b) Encendido del sistema. (Ver Figura 5.10)



Figura 5.10 Botón de encendido del sistema

c) Verificación del correcto funcionamiento del software. (Ver Figura 5.11)

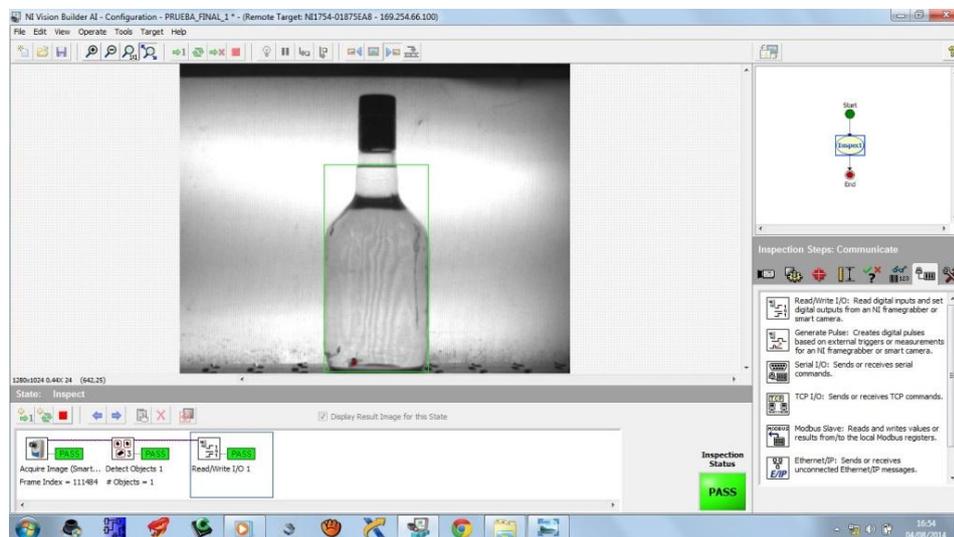


Figura 5.11 Software de funcionamiento de la smart camera

d) Comprobación del correcto funcionamiento de la smart camera. (Ver Figura 5.12)



Figura 5.12 Smart camera

- e) Revisión de la correcta lectura en la lcd del PLC LOGO 230RC. (Ver Figura 5.13)



Figura 5.13 Lcd del PLC LOGO 230RC

- f) Comprobación de la labor de los componentes del gabinete de control. (Ver Figura 5.14)



Figura 5.14 Componentes del gabinete de control

g) Verificación del accionar del servomotor VIGOR. (Ver Figura 5.15)



Figura 5.15 Servomotor VIGOR

h) Funcionamiento positivo de la palanca lateral. (Ver Figura 5.16)



Figura 5.16 Palanca lateral

i) Análisis de las botellas. (Ver Figura 5.17)



Figura 5.17 Análisis de botellas en la línea de producción

j) Análisis del paso de botellas detectadas por el carril con rodamientos. (Ver Figura 5.18)



Figura 5.18 Botellas en el carril con rodamientos

- k) Controlar la llegada de las botellas detectadas al almacenador. (Ver Figura 5.19)



Figura 5.19 Botellas detectadas

- l) Verificación del correcto accionar del motor pololu acoplado a la cinta transportadora del almacenador de botellas.



Figura 5.20 Motor pololu acoplado a la banda transportadora

5.6 FUNCIONAMIENTO DE LA DETECCIÓN DE BOTELLAS ANALIZADAS ESTADÍSTICAMENTE

En el transcurso de la detección de botellas con sólidos no disueltos con el anterior proceso se encontró los siguientes resultados:

Tabla 5.2 Cantidad total de botellas analizadas con sólidos no disueltos con los 4 operadores

PRUEBAS DIARIAS	RANGO DE PÍXELES(0-50)*	RANGO DE PÍXELES(50-255)**
1	9211	5
2	9206	10
3	9216	0
4	9213	3
5	9215	1
6	9216	0
7	9210	6
8	9213	3
9	9208	8
10	9206	10
11	9208	8
12	9212	4
13	9214	2
14	9208	8
15	9211	5

16	9213	3
17	9216	0
18	9211	5
19	9216	0
20	9208	8
MEDIA	9211,55	4,45
MEDIANA	9211,5	4,5
MODA	9208 9216	2 1
VARIANZA	11,52	11,52
ERROR %	99,95	0,048

*Las botellas dentro de este rango no tienen sólidos no disueltos

**Las botellas dentro de este rango tienen sólidos no disueltos

En las pruebas diarias se determinó que la mediana, moda, varianza del rango comprendido entre 0-50 es de 9211.55, 9211.5, 9208, 9216, 11.52 respectivamente y del rango comprendido entre 50-255 es de 4.45, 4.5, 2, 1, 11.52 respectivamente. (Ver Figura 5.21)

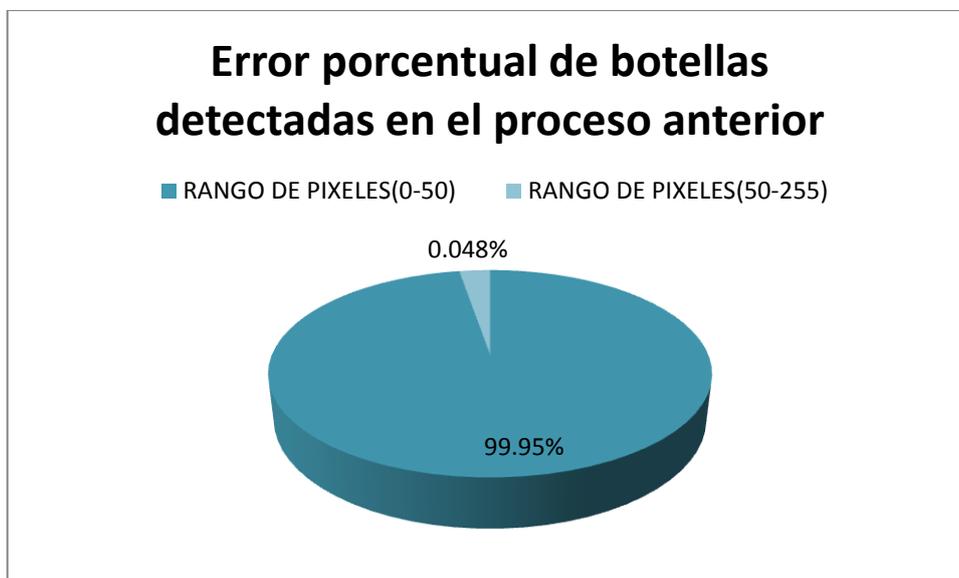


Figura 5.21 Error porcentual de botellas detectadas en el proceso anterior

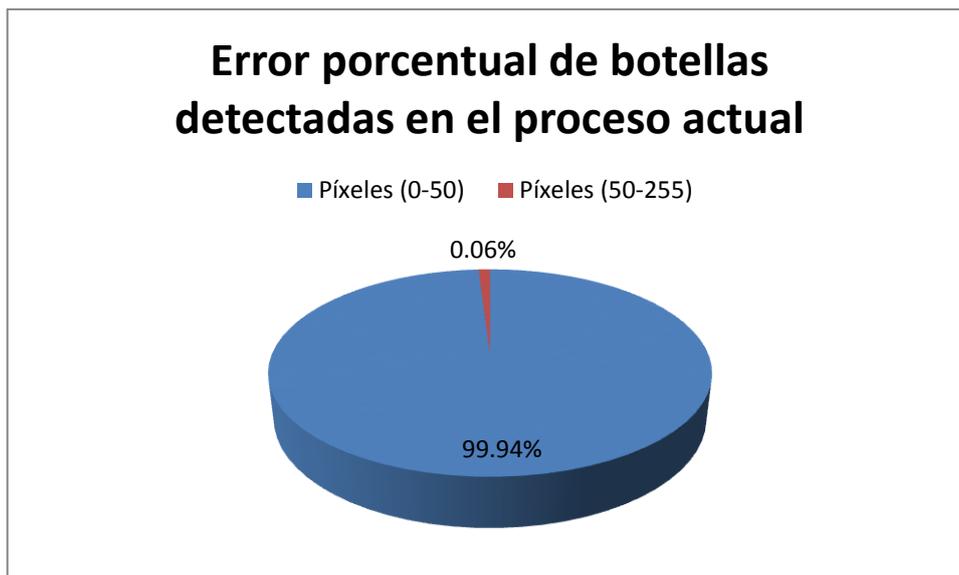


Figura 5.22 Error porcentual de botellas detectadas en el proceso actual

Realizando una comparación entre el proceso anterior (Ver Tabla 5.2) con el proceso actual (Ver Tabla 4.1), es evidente que con el presente proceso se incrementó la cantidad de botellas dentro del rango de píxeles (50-255), lo cual quiere decir que el sistema ha detectado más botellas con sólidos no disueltos lo que anteriormente no se detectaba, desarrollando de esa manera la calidad del producto de la empresa.

En el proceso anterior de detección de los sólidos no disueltos, se llegaron a detectar en el transcurso de 4 semanas un valor de 89 botellas. (Ver Tabla 5.3)

Tabla 5.3 Cantidad total de botellas detectadas en el proceso anterior

PROCESO ANTERIOR	
OPERADORES	CANTIDAD DE BOTELLAS DETECTADAS
OPERADOR 1	22
OPERADOR 2	24
OPERADOR 3	18
OPERADOR 4	25
TOTAL	89

Con el proceso actual se detectaron 119 botellas de un total de 184320 utilizando la smart camera.

Tabla 5.4 Cantidad total de botellas detectadas en el proceso actual

PROCESO ACTUAL	
SMART CAMERA	CANTIDAD DE BOTELLAS DETECTADAS
1	119
TOTAL	119

Finalmente se concluyó que el sistema actual versus el sistema anterior se incrementa la cantidad de botellas detectadas con sólidos no disueltos en un 33.71%.

CAPÍTULO VI

6 ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presenta un enfoque del análisis económico, el mismo que se realizó en base a la experiencia de cada una de las partes del proyecto, tomando en cuenta cada necesidad. Para el efecto se describe cada material con sus respectivos costos, detallando las partes y sus respectivos costos del presente trabajo.

Según (Gerencie, 2013), el análisis financiero es imprescindible para que la contabilidad cumpla con su finalidad, esto es el de servir para la toma de decisiones. Este tipo de estudio permite conocer las falencias económicas o las fortalezas que existen, por lo tanto se analizan los costos de fabricación y los ingresos, determinando si este proyecto es rentable o no.

6.2 ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE LA VISIÓN ARTIFICIAL

La visión artificial hoy en día es una de las cúspides de la tecnología, ya que la misma tiene una infinidad de aplicaciones, como es en la semaforización vial grabado y detectando a los conductores que infringen las leyes, en los cajeros automáticos bancarios, en el campo automotriz con la clasificación y medida de autopartes, hasta en la misma NASA como medidas de stress de fuselaje y, como no mencionar para detectar objetos en las botellas de licor, como es el presente proyecto.

Con estos antecedentes se puede afirmar que la visión artificial hace de nuestra existencia más fácil y más eficiente, demostrándolo en las diferentes áreas de su aplicación.

6.3 PROYECCIÓN DE INGRESOS

Se consideró las siguientes razones para demostrar los costos de la presente tesis.

6.3.1 ANALISIS DE PRODUCCIÓN Y COSTOS EN LA ACTUALIDAD

Actualmente en este proceso intervienen 4 personas diariamente, las mismas que perciben un sueldo de 400,00 USD, dando un total de 1600,00 USD mensuales.

Tomando la información proporcionada por la empresa, es importante mencionar que actualmente laboran 17 personas.

Tabla 6.1 Cantidad de unidades producidas actualmente

UNIDADES PRODUCIDAS (Promedio MENSUAL)	260926	UNIDADES
P.V.P. (DOLARES)	\$ 3,70	

Fuente: Licoram S.A.

6.3.1.1 Costos de producción

Tabla 6.2 Costos de producción

COSTOS DE PRODUCCIÓN (POR UNIDAD PRODUCIDA)		
MATERIA PRIMA	\$	0,188
MANO DE OBRA DIRECTA	\$	0,064
COSTOS INDIRECTOS	\$	0,145
MATERIAL DE EMPAQUE	\$	0,417
COSTO UNITARIO TOTAL	\$	0,814

Fuente: Licoram S.A.

Tabla 6.3 Balance de resultados

BALANCE DE RESULTADOS				
SITUACIÓN ACTUAL				
VENTAS	\$965.426,20			
INGRESOS		\$965.426,20		
COSTO MATERIA PRIMA	\$49.054,09			
MANO DE OBRA DE OBRA DIRECTA	\$16.699,26			
COSTOS INDIRECTOS	\$37.834,27			
MATERIAL DE EMPAQUE	\$108.806,14			
TOTAL EGRESOS		\$212.393,76		
UTILIDAD BRUTA			\$753.032,44	
15% PARTICIPACION			\$112.954,87	

TRABAJADORES				
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO A LA RENTA			\$640.077,57	
22% IMPUESTO A LA RENTA			\$140.817,07	
UTILIDAD NETA				\$499.260,51

Fuente: Licoram S.A.

6.3.2 ANALISIS DE PRODUCCION Y COSTOS ESTIMADOS A OBTENER

Se considera que en la empresa laborarán 16 personas, disminuyendo así el costo por mano de obra.

Tabla 6.4 Cantidad de unidades producidas que se obtuvo

UNIDADES PRODUCIDAS (Promedio MENSUAL)	260926	UNIDADES
P.V.P. (DOLARES)	\$ 3,70	

Tabla 6.5 Costos de producción que se obtuvo

COSTOS DE PRODUCCIÓN (POR UNIDAD PRODUCIDA)	
MATERIA PRIMA	\$ 0,188
MANO DE OBRA DE OBRA DIRECTA	\$ 0,060
COSTOS INDIRECTOS	\$ 0,145
MATERIAL DE EMPAQUE	\$ 0,417
COSTO UNITARIO TOTAL	\$ 0,810

Tabla 6.6 Balance de resultados que se obtuvieron

BALANCE DE RESULTADOS				
SITUACIÓN PROPUESTA				
VENTAS	\$965.426,20			
INGRESOS		\$965.426,20		
COSTO MATERIA PRIMA	\$49.054,09			
MANO DE OBRA DE OBRA DIRECTA	\$15.716,95			
COSTOS INDIRECTOS	\$37.834,27			
MATERIAL DE EMPAQUE	\$108.806,14			
TOTAL EGRESOS		\$211.411,45		
UTILIDAD BRUTA			\$754.014,75	
15% PARTICIPACION TRABAJADORES			\$113.102,21	
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO A LA RENTA			\$640.912,53	
22% IMPUESTO A LA RENTA			\$141.000,76	

UTILIDAD NETA				\$499.911,78
---------------	--	--	--	--------------

Excedente de ganancia = \$651,27

Tiempo de recuperación del costo de la implementación del sistema = 13 meses.

6.4 COSTO DEL PROYECTO

(Definición.de, 2008) El costo es el gasto económico que demanda la fabricación de productos o la prestación de servicios.

De esta manera se puede decir que el costo son los valores económicos que se tomaron en cuenta para la fabricación e implementación del proyecto.

Los costos según su tipo se clasifican en: directos e indirectos

6.4.1 COSTOS DIRECTOS

Son aquellos que se incurren en la fabricación de un bien o la prestación de un servicio, se identifican directamente con un objeto de costos, sin necesidad de ningún tipo de reparto. Los costos directos se obtienen del costo ya sea de un producto, un servicio, una actividad. Ejemplo: los materiales directos, mano de obra directa involucrados en la fabricación de un producto, gastos de publicidad efectuados directamente para promocionar los productos (Contabilidad, 2006).

A continuación se detallan los costos directos en base al diseño, fabricación e implementación del mismo.

Tabla 6.7 Costos directos

DETALLE	CANTIDAD (DÍAS)	COSTO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
MANO DE OBRA			
Construcción del almacenador	30	100	100
Instalación del sistema de verificación	15	50	50
Diseño y construcción del sistema	30	15	450
Instalación del equipo completo	7	15	105
Transporte de material			30
TOTAL DE MANO DE OBRA			735
MATERIA PRIMA			

Estructura y protección			
Puntales de la estructura	4	3	12
Perfiles	3	30	90
Acero inoxidable	12	10	120
Sistema de Verificación			
NI Smart Camera 1754	1	4800	4800
Módulo E/S	1	0	0
Lente M16mm	1	400	400
Cables rs232/otros	1	0	0
Software Vision Builder	1	0	0
Sensor infrarrojo	1	100	100
Sistema de clasificación			
Motor pololu	1	300	300
PLC logo	1	150	150
Cable comunicación/otros	1	100	100
Material electrónico	1	100	100
Cableado	1	30	30
TOTAL MATERIA PRIMA		6202	
TOTAL COSTOS DIRECTOS		6937	

6.4.2 COSTOS INDIRECTOS

En este tipo de costos la identificación con un objeto de costos específico es muy difícil, o no vale la pena realizarla. Es necesario, normalmente, recurrir a algún tipo de mecanismo de asignación, distribución o reparto. Son también costos indirectos los costos comunes a varios productos, o costos conjuntos. (Contabilidad, 2006).

Tabla 6.8 Costos indirectos

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
Silicona líquida	2	3	6
Sellos de caucho	10	0,25	2,5
Estilete	1	1	1
Tijeras	1	1,5	1,5
Electrodos	6	1	6
Clavos (libras)	3	1,5	4,5
Remaches	50	0,10	5

TOTAL COSTOS INDIRECTOS	26,5
--------------------------------	-------------

6.4.3 COSTO TOTAL

Se denomina costo total a la sumatoria en los costos directos más los costos indirectos.

Tabla 6.9 Costo total

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Costos directos	6937,0
Costos indirectos	26,5
Ingeniería (112 días x 10)	1120,0
COSTO TOTAL	8083,5

CAPÍTULO VII

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Inicialmente se tenía una estructura rígida para el soporte de la cámara, pero se modificó a una estructura de fácil movilidad, evitando así la dificultad de trabajo y de mantenimiento de los operarios.
- Se logró automatizar el sistema de detección de sólidos no disueltos consiguiendo disminuir el riesgo de que los trabajadores involucrados desarrollen la astenopia como enfermedad profesional debida factor de riesgo ergonómico.
- La implementación del sistema permite un excedente de ganancia de alrededor de \$651,27 mensualmente y adicional a este se estima un tiempo de recuperación del costo de la implementación del sistema en alrededor de 13 meses.
- En la detección de las botellas se encontró con un problema en la iluminación, ya que no abastecía con la iluminación del lugar, por lo que se implementó un nuevo sistema denominado backlight.
- De acuerdo al estudio estadístico realizado en la detección de botellas con sólidos no disueltos se obtuvo una media de 10 botellas diarias detectadas.
- La velocidad de la palanca del servomotor es proporcional a la velocidad de las botellas transportadas, así no se tendrá problemas con la velocidad del servomotor.
- Con el método de criterios ponderados se seleccionó el sistema de palanca lateral para clasificar las botellas, el cual fue implementado en la línea de producción de la empresa de acuerdo a lo requerido.

- El sistema de verificación y clasificación de botellas se probó y verificó su correcto funcionamiento en la empresa LICORAM como un sistema profesional que mejora la producción del proceso, cumpliendo con las expectativas de la empresa patrocinadora.

7.2 RECOMENDACIONES

- Para obtener una buena comunicación entre la smart camera y la pc se debe de configurar como DHCP.
- Es necesario configurar la ganancia y el tiempo de exposición en el software de la smart camera, determinando los set points de cada uno, para que la captura de imagen sea nítida.
- Tomar en cuenta el tipo de luminaria de acuerdo a la necesidad del programa a ejecutar, para este caso se utilizó la tipo fluorescente debido a la no emisión de titilación.
- Simular en todo el sistema en el peor de los casos, para así verificar que este esté actuando de manera correcta.
- Es muy importantes que las empresas que llevan a cabo procesos industriales de productos para el consumo humano mantengan datos estadísticos de la eficiencia del mismo, para facilitar la implementación de nuevos proyecto, caso contrario esto es muy dificultoso.
- Se aconseja que cada vez que se pretenda seleccionar una maquina mecánica ya existente en el mercado, se lo haga en base al método ordinal de criterios ponderados.
- Si va utilizar botellas de dimensiones menores (altura) debe procurarse calibrar antes el sistema de verificación, tomando en cuenta las características técnicas de la smart camera y así obtener un buen funcionamiento del punto de ataque.
- Es recomendable que las empresas nacionales inviertan en sistemas electro mecánicos de última tecnología para así mejorar la calidad de sus productos y para incrementar sus ganancias.

- Se recomienda también que se implemente un sistema tipo domo para mejorar la iluminación, con la intención de que no se intervenga ninguna luz externa en el proceso.

8 BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2012). *Cámaras climáticas*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2014, de Cámaras climáticas: <http://cci-calidad.blogspot.com/2014/07/ensayos-de-estanqueidad-polvo-y.html>
- Basler AG. (2014). *Basler AG*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Basler AG: <http://www.baslerweb.com/products/Fixed-Box.html?model=176&language=en>
- Bosch. (Marzo de 2009). *Bosch*. Obtenido de Bosch: <https://es.scribd.com/doc/187583136/Nota-Como-seleccionar-la-camara-correcta-Marzo2009>
- C.I.P. ETI Tudela. (2011). *Visión Artificial*. Recuperado el 2014 de Octubre de 15, de [Visión Artificial: http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf](http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf)
- Choice International. (s.f.). *REFLECTOR RECARGABLE*. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de <http://choice.en.e-cantonfair.com/products/lontor-rechargeable-powerful-led-searchlight-ctl-sl006-526865.html>
- Construcciones Arquitectonicas. (s.f.). *Luminotecnica*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2014, de [Luminotecnica: http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%C3%ADculo%20docente%20C%C3%A1lculo%20m%C3%A9todo%20de%20los%20%20%C3%BAmenes.pdf](http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%C3%ADculo%20docente%20C%C3%A1lculo%20m%C3%A9todo%20de%20los%20%20%C3%BAmenes.pdf)
- Contabilidad. (8 de Junio de 2006). *Costos directos e indirectos*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de [Costos directos e indirectos: http://www.contabilidad.com.py/interna.php?id=73](http://www.contabilidad.com.py/interna.php?id=73)
- COOKINGIDEAS. (2011). *Resolución simulada del NanoRetina*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de [Resolución simulada del NanoRetina: http://www.cookingideas.es/avances-y-desafios-en-ojos-bionicos-20120904.html/resolucionnanoretina](http://www.cookingideas.es/avances-y-desafios-en-ojos-bionicos-20120904.html/resolucionnanoretina)

- COSAS SENCILLAS. (2010). *Los megapíxeles, el tamaño no siempre es lo más importante*. Recuperado el 6 de Febrero de 2015, de Los megapíxeles, el tamaño no siempre es lo más importante: <http://www.cosassencillas.com/articulos/los-megapxeles-el-tamao-no-siempre-es-lo-ms-importante>
- Cruz, J. (28 de Julio de 2011). *Clasificador automático de tapas rosca de plástico para proceso de producción continua, basado en la inspección de defectos superficiales*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Clasificador automático de tapas rosca de plástico para proceso de producción continua, basado en la inspección de defectos superficiales.: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/750/1/04%20MEC%20001%20TESIS.pdf>
- definición abc. (s.f.). *Definición de Mantenimiento Preventivo*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de Definición de Mantenimiento Preventivo: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/mantenimiento-preventivo.php>
- Definición.de. (2008). *Definición de costo*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Definición de costo: <http://definicion.de/costo/>
- Fotografía Perfecta. (2014). *Fotografía Perfecta*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Fotografía Perfecta: <http://fotografiaperfecta.wordpress.com/>
- Fotonostra. (2009). *Funcionamiento del ojo*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de Funcionamiento del ojo: <http://www.fotonostra.com/digital/ojohumano.htm>
- García, I. (2008). *Visión Artificial y Procesamiento digital de Imágenes usando Matlab*. Ibarra.
- Gebo. (2011). *ClubDarwin.net*. Recuperado el 22 de 12 de 2014, de ClubDarwin.net: <http://www.clubdarwin.net/seccion/maquinaria/gebo-lanzados-nuevas-cintas-transportadoras-para-la-industria-cervecera>

- Gerencie. (10 de Septiembre de 2013). *¿Que es el análisis financiero?*
Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de *¿Que es el análisis financiero?*:
<http://www.gerencie.com/que-es-el-analisis-financiero.html>
- Gordillo Erazo, L. E., & Yáñez Roca, J. L. (2009). *“Aplicación de visión con LabVIEW para la detección de frascos con turbiedades”*. Guayaquil.
- IBERCASSEL. (1 de Junio de 2010). Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de
<https://www.youtube.com/watch?v=BAuTFdGThGE>
- Iluminacion interior ejercicios*. (s.f.). Recuperado el 1 de Diciembre de 2014, de
Iluminacion interior ejercicios:
<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint3.html>
- Infaimon S.L. (s.f.). *Infaimon S.L.* Obtenido de Infaimon S.L.:
<http://www.infaimon.com/es/boa-1024-idr>
- Kanopia. (s.f.). Recuperado el 1 de Diciembre de 2014, de
<http://www.kanopia.com.ar/tutoriales>
- Llorente, D. (2010). *Control de servomotores*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de Control de servomotores.
- Luciano Moreno. (2014). *Gráficos Digitales (V)*. Recuperado el 6 de Enero de 2015, de Gráficos Digitales (V):
http://usuaris.tinet.cat/acl/html_web/disenio/graficos_digitales/graficos_5.html
- Mi Contactólogo.com. (s.f.). *Astenopia*. Recuperado el 21 de Enero de 2015, de Astenopia: <http://micontactologo.com/25-enterate/36-astenopia>
- Microchip. (2004). *PIC16F627A/628A/648A Data Sheet*. Recuperado el 22 de 12 de 2014, de PIC16F627A/628A/648A Data Sheet:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044b.pdf>
- Monografias.com. (2011). *Técnicas de procesamiento digital de imágenes aplicadas al análisis de microestructuras*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Técnicas de procesamiento digital de imágenes aplicadas al

análisis de microestructuras:
[http://www.monografias.com/trabajos94/tecnicas-procesamiento-digital-
imagenes-aplicadas-al-analisis-microestructuras/tecnicas-procesamiento-
digital-imagenes-aplicadas-al-analisis-microestructuras.shtml](http://www.monografias.com/trabajos94/tecnicas-procesamiento-digital-imagenes-aplicadas-al-analisis-microestructuras/tecnicas-procesamiento-digital-imagenes-aplicadas-al-analisis-microestructuras.shtml)

National Instruments. (30 de Marzo de 2006). *¿Cómo configuro mi VBAI Inspección para ejecutarse al iniciar On My CVS, EVS o cámara inteligente?* Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de *¿Cómo configuro mi VBAI Inspección para ejecutarse al iniciar On My CVS, EVS o cámara inteligente?*:
[http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/F79D691691FE564A86257141007A1B9
3?OpenDocument](http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/F79D691691FE564A86257141007A1B93?OpenDocument)

National Instruments. (8 de Agosto de 2008). *NI Smart Camera I/O Accessory*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de *NI Smart Camera I/O Accessory*:
<http://www.ni.com/pdf/manuals/372578a.pdf>

National Instruments. (20 de Diciembre de 2011). *Adición y eliminación de Vision Builder para Inspección Automatizada (VBAI) Inspecciones hacia y desde un NI Smart Camera*. Recuperado el 2014 de Octubre de 2014, de *Adición y eliminación de Vision Builder para Inspección Automatizada (VBAI) Inspecciones hacia y desde un NI Smart Camera*:
<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/594DD854CD659B34862576F1005DBC>
A8

National Instruments. (2012). *USER GUIDE NI Smart Camera I/O Accessory*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de *USER GUIDE NI Smart Camera I/O Accessory*: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372578a.pdf>

National Instruments. (2014). *10 Aspectos a Considerar al Elegir Software de Visión*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de *10 Aspectos a Considerar al Elegir Software de Visión*: [http://www.ni.com/white-
paper/5603/es/](http://www.ni.com/white-paper/5603/es/)

National Instruments. (2014). *NI 1754 Smart Camera*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de NI 1754 Smart Camera: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/211077>

Norma española UNE-EN 12464-1. (s.f.). *Iluminación*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2014, de Iluminación: file:///C:/Users/FERNANDO/Downloads/UNE-EN_12464-1_2003.pdf

PYG S.A. (31 de Enero de 2012). *Expulsor progresivo de Botellas de 8 dedos*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Expulsor progresivo de Botellas de 8 dedos: <https://www.youtube.com/watch?v=zT1xvJhj8So>

Ramírez, A. (Junio de 2006). Desarrollo de una aplicación de inspección visual, utilizanso visión por computadora. Guatemala.

Riba, C. (2002). Diseño Concurrente. En C. Riba, *Diseño Concurrente* (págs. 47-51). Barcelona: EDICIONS UPC.

SICK AG. (27 de Agosto de 2013). *SICK AG*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de SICK AG: <http://sensorstrade.com/media/pdf/36962/sick-ivc-2dm1122-datasheet.pdf>

Siemens. (Junio de 2003). *Manual*. Recuperado el 8 de Enero de 2015, de Manual: https://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf

Siemens. (Agosto de 2008). *Manual del sistema de automatización s7-200*. Recuperado el 8 de Enero de 2015, de Manual del sistema de automatización s7-200: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200ManualSistema.pdf>

Soporte Técnico. (2012). *SOPORTE TECNICO DE MANERA PRESENCIAL*. Recuperado el 6 de Febrero de 2015, de SOPORTE TECNICO DE MANERA PRESENCIAL: <http://soport-tecnico.blogspot.com/p/soporte-tecnico-de-manera-presencial.html>

- Tableros Eléctricos*. (s.f.). Recuperado el 2 de Diciembre de 2014, de Tableros Eléctricos: <http://es.scribd.com/doc/16155171/tableros-electricos>
- TecnologiaArea. (s.f.). *COMO SE HACE EL VIDRIO*. Recuperado el 2014 de Noviembre de 2014, de COMO SE HACE EL VIDRIO: <http://www.areatecnologia.com/videos/COMO%20SE%20HACEN%20LAS%20BOTELLAS%20DE%20VIDRIO.htm>
- Telemecanique. (s.f.). *Autómata Twido*. Recuperado el 08 de Enero de 2015, de http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/4eso/archivos/3eva/presentacion_caracteristicas_fisicas_PLCS.pdf
- Thewebfoto.com. (2008). *El histograma*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de El histograma: <http://www.thewebfoto.com/2-hacer-fotos/217-el-histograma>
- Universidad Nacional de Quilmes. (Agosto de 2005). *Iluminación para las aplicaciones de visión artificial*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Iluminación para las aplicaciones de visión artificial: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Tipos%20de%20Iluminaci%C3%B3n.pdf>
- Urgiles, P. (2003). *Visión Artificial*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Visión Artificial: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/2/Capitulo%201.pdf>
- VIGOR PRECISION LTD. (s.f.). *VS-10A SERVO*. Recuperado el 22 de 12 de 2014, de VS-10A SERVO: <http://www.vigorprecision.com.hk/uploadfile/20120530/20120530150147413.pdf>
- Visión Artificial*. (2010). Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de Visión Artificial: <http://visionartificial.wordpress.com/>
- Visión artificial e interacción sin mandos*. (2010). Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de

<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>

Xataca Smart Home. (2013). *Televisores Full HD cómo monitor de ordenador ¿buena o mala ideal?* Recuperado el 6 de Febrero de 2015, de Televisores Full HD cómo monitor de ordenador ¿buena o mala ideal?: <http://www.xatakahome.com/televisores/televisores-full-hd-como-monitor-de-ordenador-buena-o-mala-ideal>

Xataka. (2010). *Xataka*. Recuperado el 21 de 10 de 2014, de Xataka: <http://www.xataka.com/analisis/sensores-retroiluminados-que-son-y-que-beneficios-tienen>

9 ANEXOS

ANEXO A: Especificaciones técnicas del PLC



Módulo lógico programable LOGO!

Guía de selección

Descripción				
				
	LOGO! 0BA6		LOGO! ETHERNET	
Modelo	12/24RC	230RC	12/24 RCE	230 RCE
Alimentación	12/24VDC	110/220VAC	12/24VDC	110/220VAC
MLFB	6ED1052-1MD00-0BA6	6ED1052-1FB00-0BA6	6ED1052-1MD00-0BA7	6ED1052-1FB00-0BA7
Ancho	72mm	72mm	108mm	108mm
Interfaz de comunicación / programación	Serial (LOGO!)	Serial (LOGO!)	Ethernet RJ45	Ethernet RJ45
Memoria externa	LOGO! Memory Card	LOGO! Memory Card	SD Card (estándar) ó SIMATIC Memory Card	SD Card (estándar) ó SIMATIC Memory Card
Súper capacitor interno	80 horas de backup de programa	80 horas de backup de programa	480 horas de backup de programa	480 horas de backup de programa
Funcionalidad				
Bloques de programa (máximo)	200	200	400	400
Funciones definidas por el usuario (UDF)	-	-	•	•
Datalogging	-	-	•	•
Comunicaciones				
Redes de comunicación	-	-	Si. Hasta 8 dispositivos Ethernet	Si. Hasta 8 dispositivos Ethernet
Modo Maestro/Esclavo	-	-	Si. Hasta 7 LOGO! Ethernet en modo esclavo	Si. Hasta 7 LOGO! Ethernet en modo esclavo
Conectividad a HMI	LOGO!TD	LOGO!TD	LOGO! TD / SIMATIC HMI (con puerto Ethernet)	LOGO! TD / SIMATIC HMI (con puerto Ethernet)
Entradas/salidas integradas				
Entradas Digitales (DI)	8	8	8	8
Entradas analógicas (de las DI integradas)	4 (entradas 0-10VDC): 11, 12, 17, 18	-	4 (entradas 0-10VDC): 11, 12, 17, 18	-
Entradas rápidas	4 (hasta 5KHz): 13, 14, 15, 16 configurables	-	4 (hasta 5KHz): 13, 14, 15, 16 configurables	-
Salidas Digitales (DO) a relé	4	4	4	4
Software de programación	LOGO!Soft Comfort V6 ó superior	LOGO!Soft Comfort V6 ó superior	LOGO!Soft Comfort V7	LOGO!Soft Comfort V7
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Nomenclatura: DI : Entrada Digital AI : Entrada Analógica DO: Salida Digital AO: Salida Analógica</p> <p>Mayor Información: Principal: www.siemens.com/logo Manual: www.siemens.com/simatic-docu</p> </div>		• Disponible - No disponible	

Automatización Industrial

ANEXO B: Especificaciones técnicas de la Smart camera

NI 1754 Smart Camera

Solución de Visión Artificial con Controlador de Iluminación Integrado

[Enviar esta Página](#) | [Imprimir](#) | [PDF](#) | [Texto](#)



[\[+\] Ampliar Imagen](#)

- Sensor de imagen monocromático 1280 x 1024 CCD
- PowerPC de 600 MHz, RAM de 256 MB, almacenamiento de 512 MB
- Controlador de iluminación integrado
- Soporte para codificador de cuadratura, E/S digital aislada de manera óptica y doble Gigabit Ethernet
- Programe con el Paquete de Desarrollo de Visión con NI LabVIEW Real-Time o configure con Vision Builder AI
- Incluye Vision Builder AI para programar NI Smart Cameras

Información General	Especificaciones	Precios	Recursos
---------------------	------------------	---------	----------

Documentos con Especificaciones

- [Especificaciones \(2\)](#)
- [Ver Hoja de Especificaciones \(inglés\)](#)

Resumen de Especificaciones

General	
Familia de Productos	Smart Cameras
Form Factor	Embedded Vision
Sistema Operativo / Objetivo	Real-Time
Certificaciones de Productos	C-Tick CE FCC RoHS
Smart Camera	
Procesador	600 MHz PowerPC
Memoria del Sistema	256 MB
Soporte de protocolo industrial	Ethernet / IP Modbus Modbus / TCP RS-232 TCP / IP
Sensor	
Máxima Velocidad de Cuadro (a la Máx. Resolución)	13 fps
Resolución	1280 x 1024
Tipo de Color	monocromático
Agrupamiento de Píxeles	Yes
Iluminación	
Iluminación Directa	Sí
E / S Digital	
Número de Canales de Entrada Aislada	2
Número de Canales de Salida Aislada	2
Información del Puerto	
Número de Puertos para Ethernet	2
Especificaciones Físicas	
Longitud	8.58 cm
Altura	11.77 cm
Temperatura de Operación	0 °C - 45 °C

ANEXO C: Especificaciones técnicas del módulo de entradas y salidas de la smart camera

USER GUIDE NI Smart Camera I/O Accessory

This document describes the features of the NI Smart Camera I/O Accessory, what you need to get started, installation and operation instructions, and accessory specifications.

The NI Smart Camera I/O Accessory features the following:

- Spring terminals for two isolated inputs
- Spring terminals for two isolated outputs
- Spring terminals for the quadrature encoder inputs
- Two power connection options
- An RS-232 connector to communicate with the smart camera serial port
- User-replaceable fuses for isolated outputs, RS-232, and accessory power
- Built-in DIN rail clips for easy mounting

Figure 1 shows the accessory circuit board parts locator diagram.

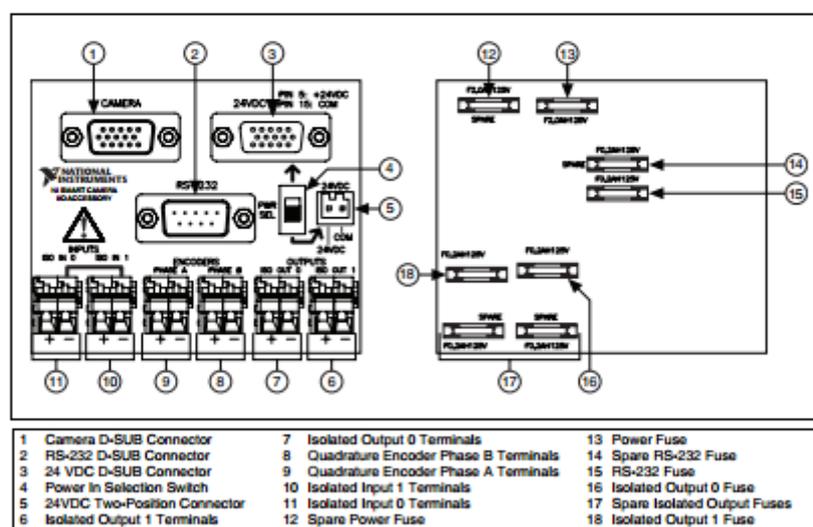


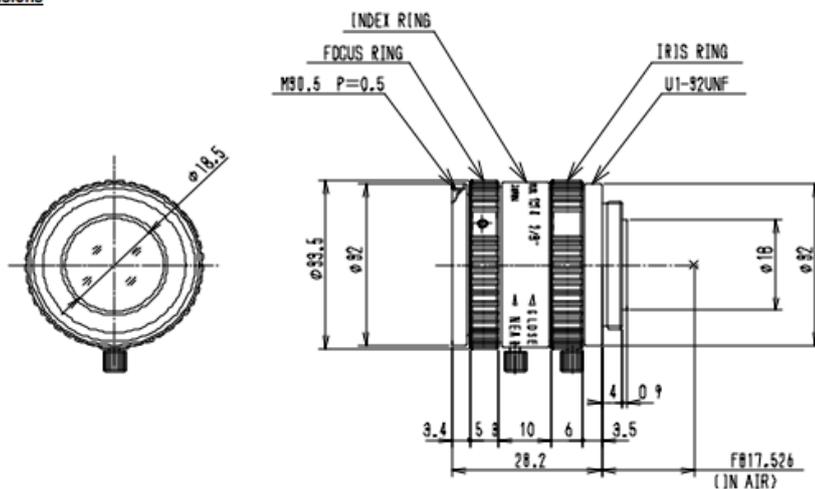
Figure 1. Front and Back Views of the NI Smart Camera I/O Accessory Circuit Board

ANEXO D: Especificaciones técnicas lente computar M1614

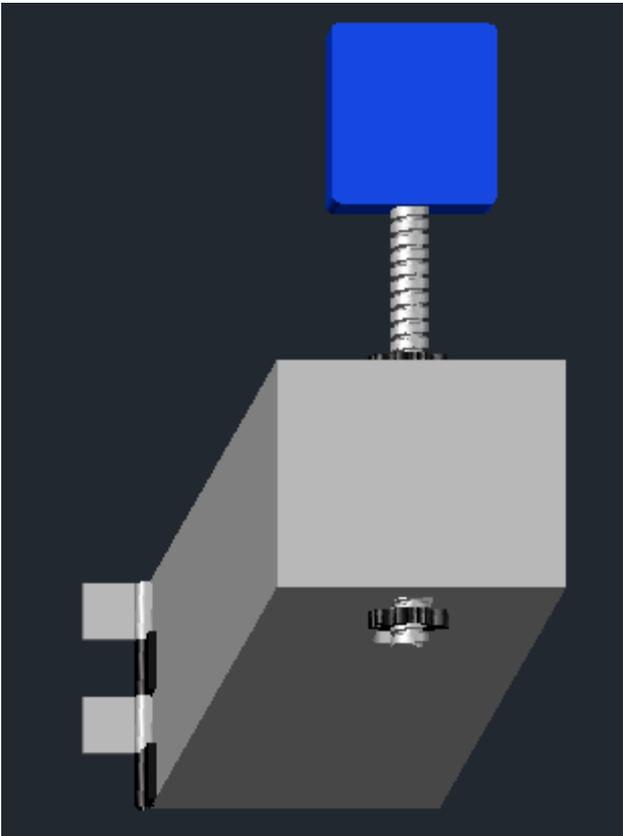
computer**Factory Automation Lenses****M1614-MP****16mm F1.4****for 2/3" format cameras****C-Mount**

Model No.	M1614-MP	Effective	Front	f 18.5mm	2/3
Focal Length	16mm	Lens Aperture	Rear	f 13.2mm	
Max. Aperture Ratio	1 : 1.4	Distortion		-0.3%(y=4.0)	C
Max. Image Format	8.8 x 6.6mm (f11mm)	Back Focal Length		13.1mm	
Operation Range	Iris	F1.4 - 16C	Flange Back Length	17.526mm	C
	Focus	0.3m - Inf.	Mount	C-Mount	
Control	Iris	Manual	Filter Size	M30.5 P=0.5mm	C
	Focus	Manual	Dimensions	φ33.5 x 28.2mm	
Object Dimension at M.O.D.	16.5 x 12.4cm	Weight		65g	C
Angle of View	D	38.0°	1/2"	28.2°	
	H	30.8°		22.7°	
	V	23.4°		17.1°	
Operating Temperature	-20°C ~ +50°C				

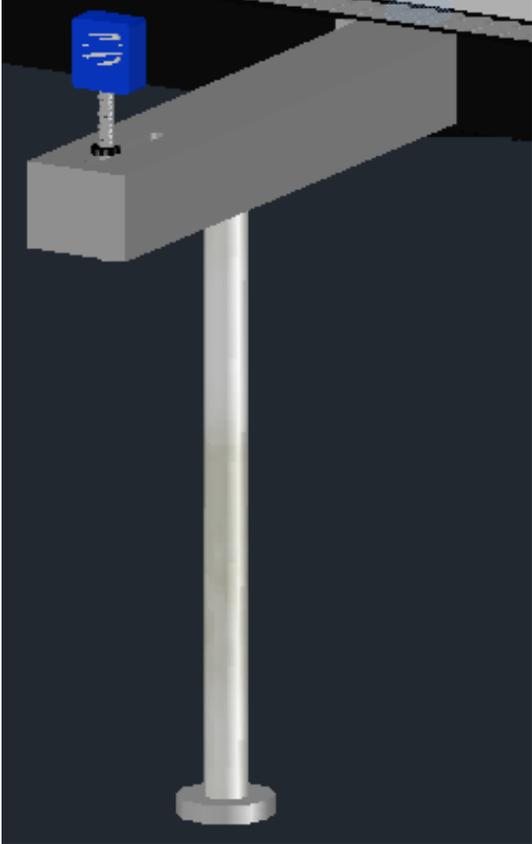
M.O.D. : Minimum Object Distance

Dimensions**F**

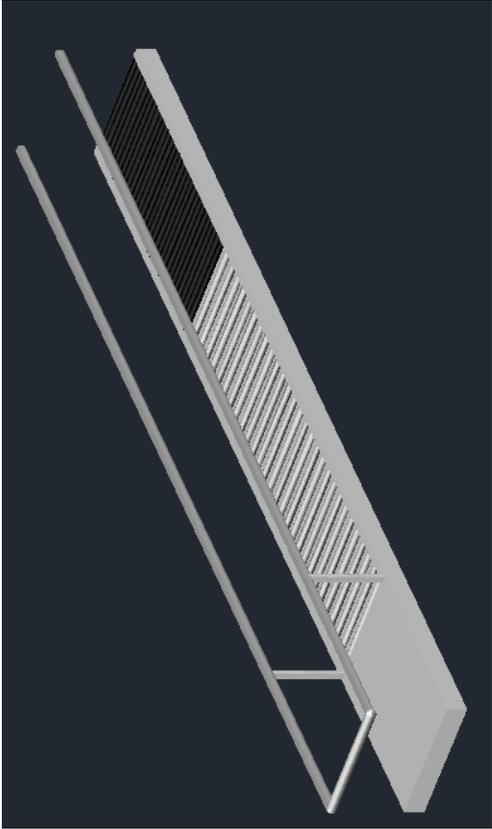
ANEXO E: Especificaciones técnicas del sistema de soporte de la smart camera

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="344 376 772 405">PUNTAL DE LA SMART CAMERA</p> 	<p data-bbox="911 376 1118 405">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="959 423 1147 640" style="list-style-type: none"> • Doblado • Pulido • Taladrado • Troquelado • Corte <p data-bbox="911 703 1018 732">Material:</p> <ul data-bbox="959 750 1321 826" style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable AISI 430 • Hierro <p data-bbox="911 889 1075 918">Dimensiones:</p> <p data-bbox="911 936 1193 965">SOPORTE DE ACERO</p> <ul data-bbox="959 983 1209 1059" style="list-style-type: none"> • Largo: 0.9m • Diámetro: 0.06m <p data-bbox="911 1122 1214 1151">SOPORTE DE CAMARA</p> <ul data-bbox="959 1169 1337 1245" style="list-style-type: none"> • Diámetro pequeño: 0.08m • Diámetro grande: 0.16m <p data-bbox="911 1308 1134 1337">Tipo de soldadura:</p> <ul data-bbox="959 1355 1198 1384" style="list-style-type: none"> • Soldadura 308L

ANEXO F: Especificaciones técnicas del sistema de soporte de la smart camera

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="264 376 893 405">SOPORTE DEL PUNTAL DE LA SMART CAMERA</p> 	<p data-bbox="943 376 1150 405">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="991 427 1118 501" style="list-style-type: none"> • Corte • Pulido <p data-bbox="943 562 1050 591">Material:</p> <ul data-bbox="991 613 1209 642" style="list-style-type: none"> • Hierro fundido <p data-bbox="943 703 1107 732">Dimensiones:</p> <p data-bbox="943 748 1075 777">SOPORTE</p> <ul data-bbox="991 799 1241 873" style="list-style-type: none"> • Largo: 0.9m • Diámetro: 0.06m <p data-bbox="943 934 1219 963">SOPORTE REDONDO</p> <ul data-bbox="1007 985 1369 1059" style="list-style-type: none"> • Diámetro pequeño: 0.08m • Diámetro grande: 0.16m <p data-bbox="943 1120 1166 1149">Tipo de soldadura:</p> <ul data-bbox="991 1171 1230 1200" style="list-style-type: none"> • Soldadura 308L

ANEXO G: Especificaciones técnicas del almacenador de botellas

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="400 320 815 349" style="text-align: center;">ALMACENADOR DE BOTELLAS</p> 	<p data-bbox="1023 320 1225 349">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="1070 367 1257 539" style="list-style-type: none"> • Taladrado • Dobladora • Torneadora • Corte <p data-bbox="1023 602 1126 631">Material:</p> <ul data-bbox="1070 649 1222 678" style="list-style-type: none"> • AISI 430 <p data-bbox="1023 741 1182 770">Dimensiones:</p> <p data-bbox="1023 788 1134 817">VARILLA</p> <ul data-bbox="1070 835 1182 864" style="list-style-type: none"> • De ¼ <p data-bbox="1023 927 1177 956">ORTOEDRO</p> <ul data-bbox="1070 974 1299 1146" style="list-style-type: none"> • Altura: 0.11m • Largo: 1.18m • Ancho: 0.16m • Área: 4144cm² <p data-bbox="1023 1209 1246 1238">Tipo de soldadura:</p> <ul data-bbox="1070 1256 1310 1339" style="list-style-type: none"> • Soldadura 308L • Con electrodos

ANEXO H: Especificaciones técnicas del soporte del almacenador de botellas

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="355 320 770 349">SOPORTE DEL ALMACENADOR</p> 	<p data-bbox="919 320 1126 349">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="967 367 1094 443" style="list-style-type: none"> • Pulido • Corte <p data-bbox="919 506 1023 535">Material:</p> <ul data-bbox="967 553 1326 582" style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable AISI 430 <p data-bbox="919 645 1086 674">Dimensiones:</p> <p data-bbox="919 692 1198 721">SOPORTE DE ACERO</p> <ul data-bbox="967 739 1214 815" style="list-style-type: none"> • Largo: 0.9m • Diámetro: 0.06m <p data-bbox="919 878 1278 907">TRIPODE DE SOPORTE C/U</p> <ul data-bbox="967 925 1342 1001" style="list-style-type: none"> • Diámetro pequeño: 0.08m • Diámetro grande: 0.16m <p data-bbox="919 1064 1142 1093">Tipo de soldadura:</p> <ul data-bbox="967 1111 1206 1140" style="list-style-type: none"> • Soldadura 308L

ANEXO I: Especificaciones técnicas de la palanca lateral

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
PALANCA LATERAL	Tipo de Proceso: <ul style="list-style-type: none"> • Taladrado • Pulido • Torneado Material: <ul style="list-style-type: none"> • Duralon Dimensiones: PALANCA <ul style="list-style-type: none"> • Largo: 0.25m • Ancho: 0.023m • Espesor: 0.015m
	

ANEXO J: Especificaciones técnicas del servomotor


VIGOR PRECISION LTD.

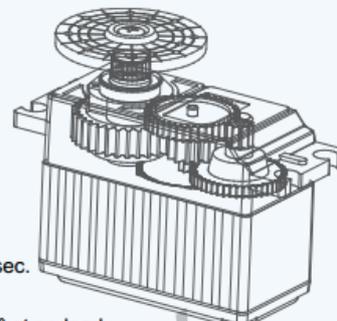
力嘉精密有限公司

VS-10A SERVO

FOR REFERENCE

TECHNICAL DATA

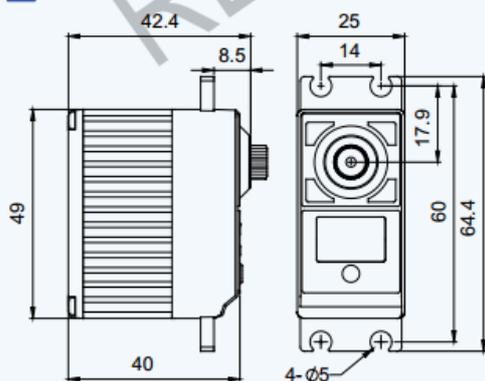
Control System:	Pulse width control, 1500 μ s neutral	
Operating Voltage:	4.8V~6.0V (DC)	
STD Direction:	Counter clockwise/pulse traveling 800 to 2200 μ sec.	
Test Voltage:	at 4.8V	at 6.0V
Operating Speed:	0.23sec/60° at no load	0.20sec/60° at no load
Stall Torque:	\geq 7.5kgf.cm(104.15oz/in)	\geq 9.0kgf.cm(124.98oz/in)
Running Current:	\sim 0.25A	\sim 0.30A
Stall Current:	\sim 2.6A	\sim 3.3A
Output Angle:	\geq 170°	
Dead Band Width:	5 μ sec	


FEATURES

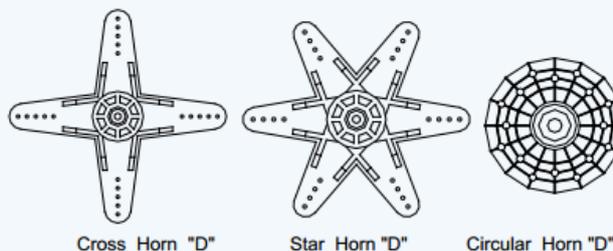
Motor Type:	3poles metal brush motor (Normal Motor)
Potentiometer Life:	1,000,000 cycles
Bearing:	2pcs Ball bearing
Gear Material:	Resin and Heavy Duty Resin
Spline Horns:	Spline type for FUTABA style
Connector Wire Length:	250mm(9.84in), 22AWG(Connector for FUTABA or JR style)
Other Features:	Heat Sink(Aluminium middle case), Water Resistance

DIMENSIONS

Size :	49.2 \times 25 \times 42.5mm(2.54 \times 1.0 \times 1.67in)
Weight:	60g (2.12 oz)

CASE AND HORN DRAWING


STD ACCESSORIES: Horn Screw \times 1pc
 Cross Horn "D" \times 1pc
 Star Horn "D" \times 1pc
 Circular Horn "D" \times 1pc


OPTION ACCESSORIES:

 Servo Mounter "Set-A": Rubber Mounter \times 4pcs and Metal Sleeve \times 4pcs

REMARKS:


ANEXO K: Especificaciones técnicas del microcontrolador PIC16F628A



MICROCHIP PIC16F627A/628A/648A

18-pin Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology

High-Performance RISC CPU:

- Operating speeds from DC – 20 MHz
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- 35 single-word instructions:
 - All instructions single cycle except branches

Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options:
 - Precision internal 4 MHz oscillator factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Low-power internal 48 kHz oscillator
 - External Oscillator support for crystals and resonators
- Power-saving Sleep mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low-voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range (2.0-5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High-Endurance Flash/EEPROM cell:
 - 100,000 write Flash endurance
 - 1,000,000 write EEPROM endurance
 - 40 year data retention

Low-Power Features:

- Standby Current:
 - 100 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
 - 12 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
 - 120 μ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current:
 - 1 μ A @ 2.0V, typical
- Timer1 Oscillator Current:
 - 1.2 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
- Dual-speed Internal Oscillator:
 - Run-time selectable between 4 MHz and 48 kHz
 - 4 μ s wake-up from Sleep, 3.0V, typical

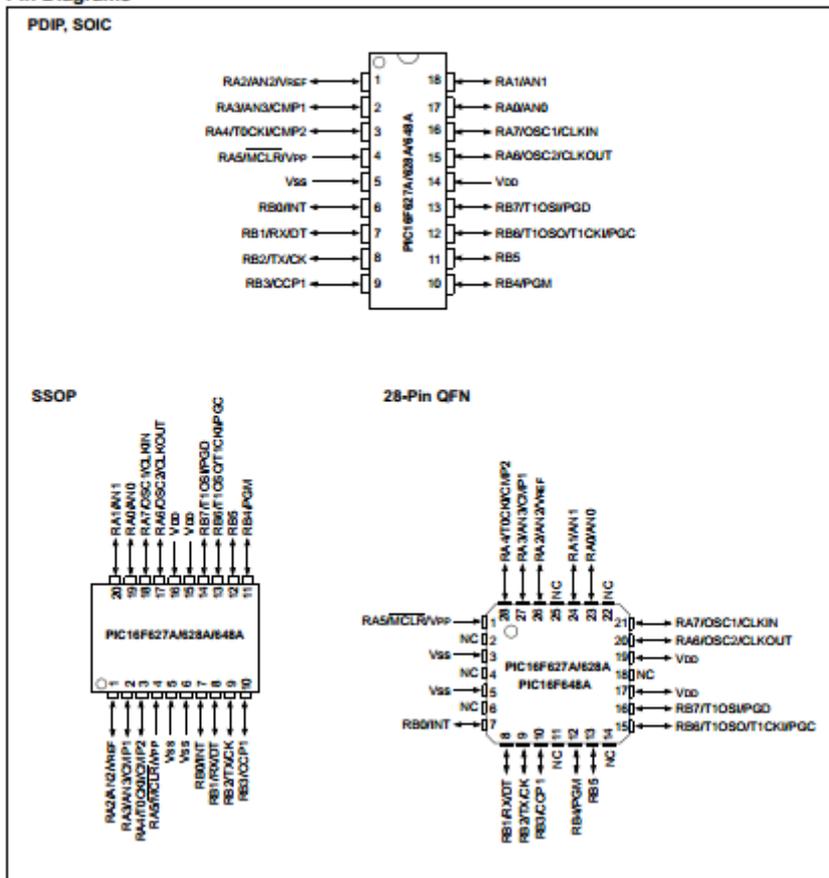
Peripheral Features:

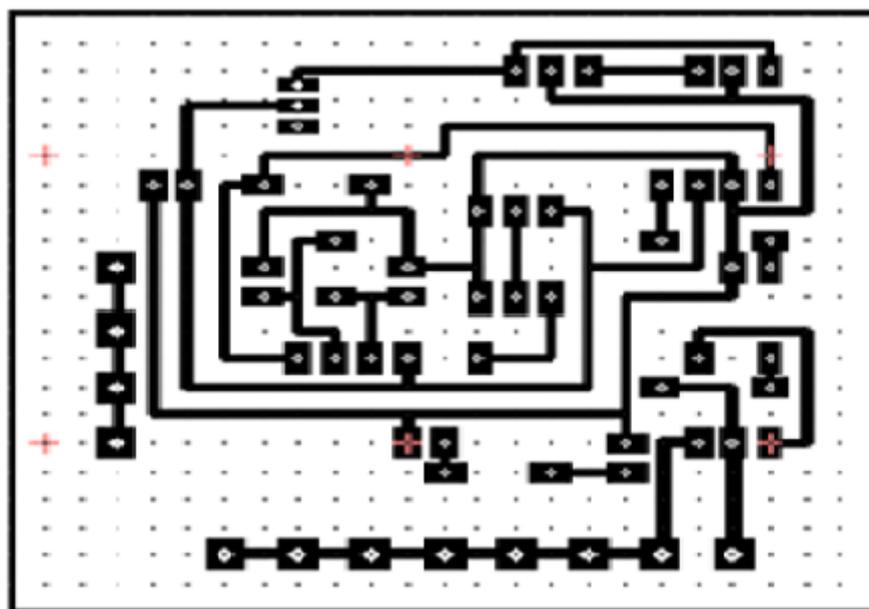
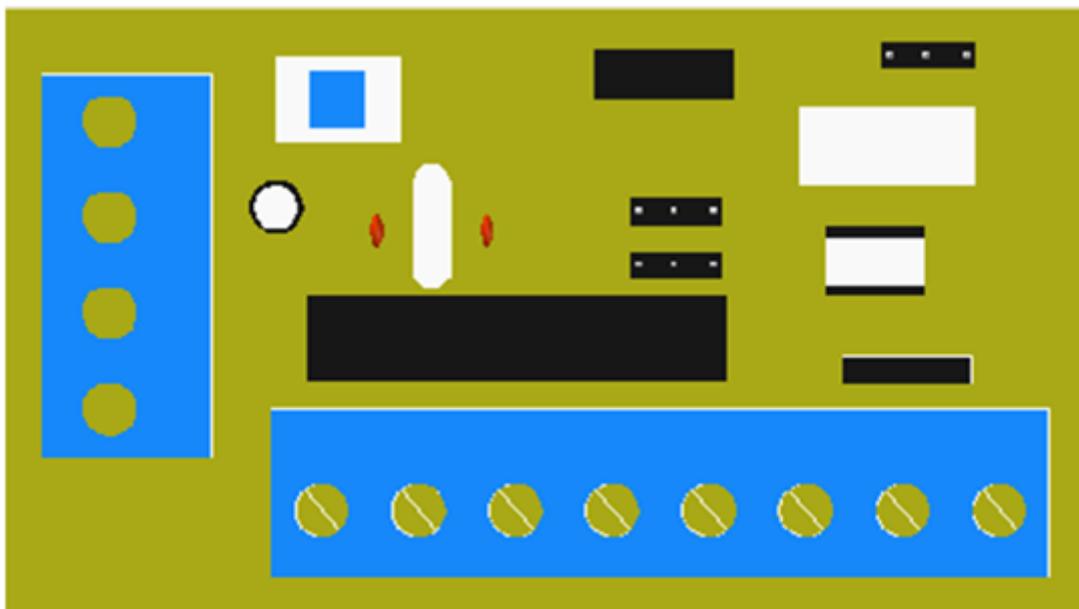
- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Selectable internal or external reference
 - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module:
 - 16-bit Capture/Compare
 - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

PIC16F627A/628A/648A

Pin Diagrams



ANEXO L: Circuito de control y potencia diseñado en el software wizard

ANEXO M: Programa de control del servomotor diseñado en el compilador PIC**C**

```

#include <16f628a.h> //Pic utilizado
#fuses NOMCLR,NOWDT,NOPROTECT, //Configuración de fusibles
NOLVP,NOBROWNOUT,XT
#use delay(clock=4M) //Oscilador
#use standard_io(B) //Opcional
#include <math.h> //Librería Math

//DECLARACIÓN DE VARIABLES

signed int16 ta=0; //tiempo en alto
int posicion=0,estado_servo=0;

//INTERRUPCIÓN
//(TIMER1)

#int_TIMER1
TIMER1_isr(){

if(posicion==0) //Servo a -800°
{
if(estado_servo==0) //Verifica estado del RB6 sea 0
{
output_high(PIN_B6); //Si RB6 cumple condición activa PIN_B6
estado_servo=1; //Si RB6 cumple condición estado_RB6=1
set_timer1(65536-(800+ta)); //Se recarga el tiempo en alto=800+ta
}

else //Caso contrario
{
output_low(PIN_B6), //Si RB6 no cumple condición desactiva
PIN_B6
estado_servo=0; //Asigna 0 al PIN_B6
set_timer1(65536-(19200-ta)); //Se recarga el tiempo en bajo=19200-ta
}

}

return 0; //Retorna 0
} //Fin de la función de interrupción

//PROGRAMA PRINCIPAL

void main(){

setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_1); //Se configura el timer
1,interno,preescaler=1
enable_interrupts(INT_TIMER1); //Se habilita interrupciones del timer1
enable_interrupts(GLOBAL); //Se habilita interrupciones globales
set_timer1(0); //Recargamos cualquier valor

while(TRUE){

if(input(PIN_A0)==1){ //Si la entrada del PIN_A0=1
delay_ms(20); //Retardo 0,02 segundos
ta=1380; //Tiempo en alto del servo=1380
}
}
}

```

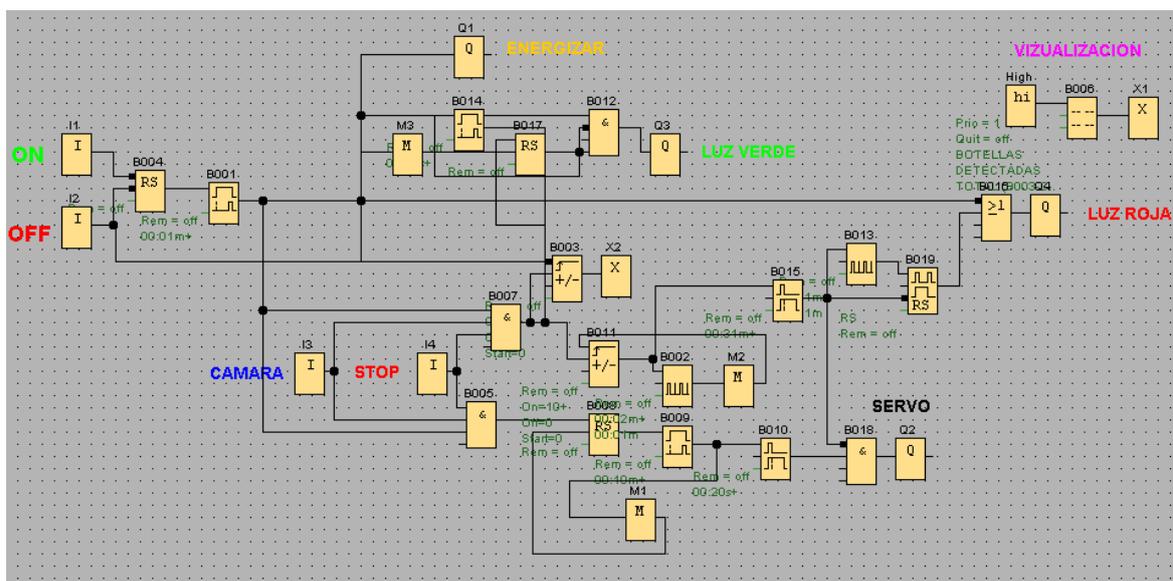
```
delay_ms(4000);           //Retardo 4 segundos
ta=0;                    //Tiempo en alto del servo=0
}

output_high(PIN_B0);     //Se pone en alto el PIN_B0
delay_ms(100);          //Retardo 0,1 segundos
output_low(PIN_B0);     //Se pone en bajo el PIN_B0
delay_ms(100);          //Retardo 0,1 segundos

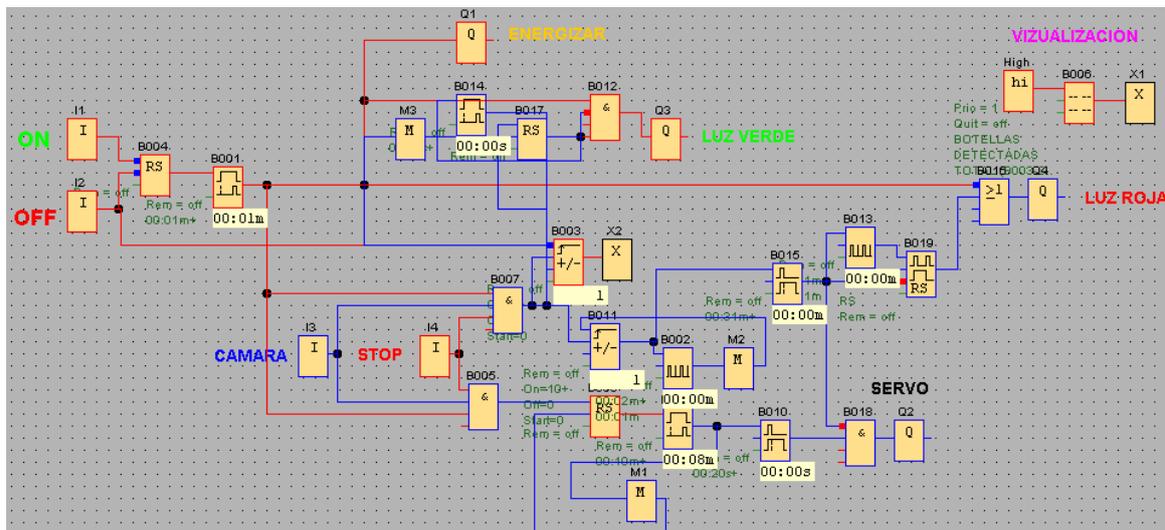
}                          //Fin del while

}                          //Fin del programa principal
```

ANEXO N: Programa de control del plc sin energizar diseñado en el software LOGOComfort.



ANEXO O: Programa de control del plc energizado diseñado en el software LOGOComfort.



ANEXO P: Luminaria utilizada en el sistema backlight

Hoja de datos de producto



DST MITW 12 W/827 B22D

OSRAM DULUXSTAR MINI TWIST | Compact fluorescent integrated, spiral shape



Áreas de aplicación

- Iluminación general
- Aplicaciones domésticas
- Ahí donde se requieren lámparas compactas y eficientes
- Ahí donde se requieren colores de luz fría
- Uso en exteriores solo en luminarias cerradas y ventiladas

Beneficios del producto

- Rápida amortización de la inversión
- Dimensiones compactas
- Hasta un 80 % menos de consumo de energía en comparación con los bulbos de luz convencionales

Características del producto

- Disponible en 2 colores de luz: 827 y 865
- También disponible en color de luz de activación LUMILUX Luz natural fría
- Vida útil media: 6.000 h

Datos eléctricos

Potencia nominal	12.0 W
Potencia nominal	12.00 W
Tensión nominal	220...240 V
Flujo luminoso	650 lm
Potencia equivalente lámpara	54 W
Factor de potencia A	0.55
Corriente nominal	0.12 A
Frecuencia de funcionamiento	50...60 Hz

Datos Fotométricos

Flujo luminoso nominal	650 lm
Temperatura de color	2700 K
Tono de luz	827
Tono de luz según EN 12464-1	Warm White
Índice de reproducción cromática Ra	≥80
Nivel de reproducción cromática	1B

Datos técnicos de iluminación

Tiempo de precalentamiento (60 %)	20.00 s
Tiempo de arranque	0.3 s

Dimensiones y peso

Diámetro máximo	41.0 mm
Longitud total	101.0 mm
Peso del producto	50.00 g

CTL-SL006

ARTÍCULO MODELO	CTL-SL006
CATEGORIA DEL PRODUCTO	REFLECTOR RECARGABLE
PASO NUMERO	2
CANTIDAD LED	19
VOLTAJE	AC110-220V
TIPO DE BATERIA	PLOMO
CAPACIDAD DE LA BATERIA	1600mAh
TIEMPO DE ILUMINACIÓN	08.12 HORAS
TIEMPO DE CARGA	06.12 HORAS
CICLO RECHARGED	350 veces
CERTIFICACIÓN	CE
DISTANCIA DE ILUMINACIÓN	1.000 METROS
EMPAQUE	1pc / box, 60PCS / CTN
CBM / CTN	0.148
PESO NETO / CTN (KG)	27.3
PESO BRUTO / CTN (KG)	25.3
TAMAÑO / CTN	56.5X54.5X48CM

ANEXO Q: Motor pololu

DATOS DE FABRICANTE	
Marca	
Alimentación	12 V
Revoluciones	150 RPM
Consumo sin carga	300 mA
Consumo con carga	5A
Torque máximo	(14 kg-cm)
Dimensiones	37D X 54L mm

ANEXO R: Manual de Usuario



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DE VERIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS
CON SÓLIDOS NO DISUELTOS EN LÍQUIDOS INCOLOROS
MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LA EMPRESA LICORES DE
AMÉRICA “LICORAM S.A”

AUTOR: GANDHI FERNANDO VILLALBA MENESES

Ibarra-2015

INDICE

1	MANUAL DE USUARIO.....	3
1.1	INTRODUCCIÓN	3
1.2	TABLERO DE CONTROL.....	4
1.2.1	VISTA FRONTAL.....	4
1.2.2	VISTA INTERIOR	5
1.2.3	ARQUITECTURA INTERNA DEL TABLERO DE CONTROL (DIBUJO EN AUTOCAD DEL NI SMART CAMERA I/O ACCESSORY).....	6
1.2.4	ARQUITECTURA INTERNA DEL TABLERO DE CONTROL (DIBUJO EN AUTOCAD DE LA PLACA DE CONTROL Y POTENCIA).....	7
1.2.5	ARQUITECTURA EXTERNA DEL TABLERO DE CONTROL (DIBUJO EN AUTOCAD DE LA TAPA DEL TABLERO DE CONTROL)....	8
1.2.6	PLC LOGO 230 RC	9
1.2.7	SMART CAMERA NI 1754	10
1.3	PRECAUCIONES DE SEGURIDAD	14
1.3.1	PRECAUCIONES GENERALES DEL SISTEMA.....	15
1.4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	16
1.4.1	MANTENIMIENTO DE LOS ACCESORIOS QUE SOPORTAN EL SISTEMA	16
1.4.2	MANTENIMIENTO DE LA ETAPA DE CONTROL	17
1.4.3	MANTENIMIENTO GENERAL.....	17

1 MANUAL DE USUARIO

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente manual tiene la finalidad de prevenir posibles accidentes, para lo cual se recomienda poner en practica cada una de las recomendaciones que se detallan a continuación, además debe tomarse en cuenta que para manipular el sistema debe realizarlo personal calificado para su correcto funcionamiento.

El autor no se responsabiliza por inconvenientes y accidentes en caso de no seguir estrictamente este manual, por ello es muy importante que los operadores del sistema sean personal debidamente calificado.

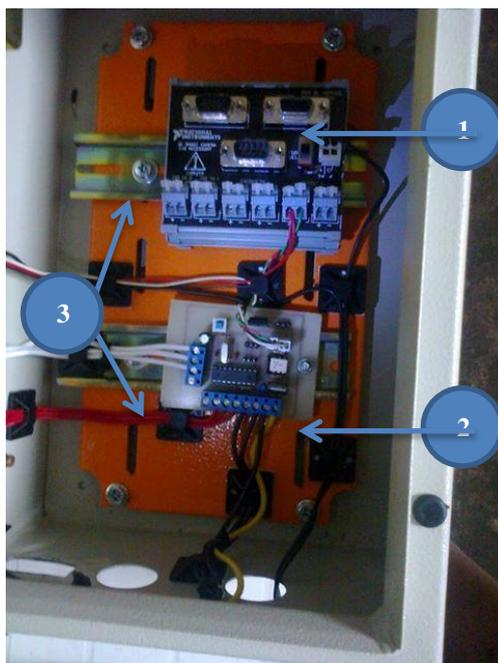
1.2 TABLERO DE CONTROL

1.2.1 VISTA FRONTAL



1	PLC LOGO 230RC en el cual se visualiza la cantidad de botellas que se han detectado.
2	Botón ON GENERAL para el encendido general del sistema.
3	Botón ON enciende la smart camera 1754 NI.
4	Botón OFF el mismo que resetea el conteo de botellas detectadas y desactiva el servomotor.
5	Botón tipo hongo actúa como PARO DE EMERGENCIA el cual detiene el proceso hasta que se lo vuelva a pulsar.

1.2.2 VISTA INTERIOR



1	Módulo de entradas y salidas de National Instruments.
2	Placa de control y potencia del sistema.
3	Rieldines.

1.2.2.1 Funcionamiento

A continuación se detallan los mandos de control del sistema completo:

1.2.2.1.1 Encendido general

Para encender el sistema debe de moverse el botón normalmente abierto de perilla con luz verde de encendido ON/OFF GENERAL, en ese momento se enciende el PLC LOGO 230 RC y al mismo tiempo se enciende la luz roja del botón OFF.

1.2.2.1.2 Encendido on

Al momento en el que se presiona el botón normalmente abierto de ON se enciende la SMART CAMERA 1754 NI y el servomotor, apagándose la luz roja de OFF.

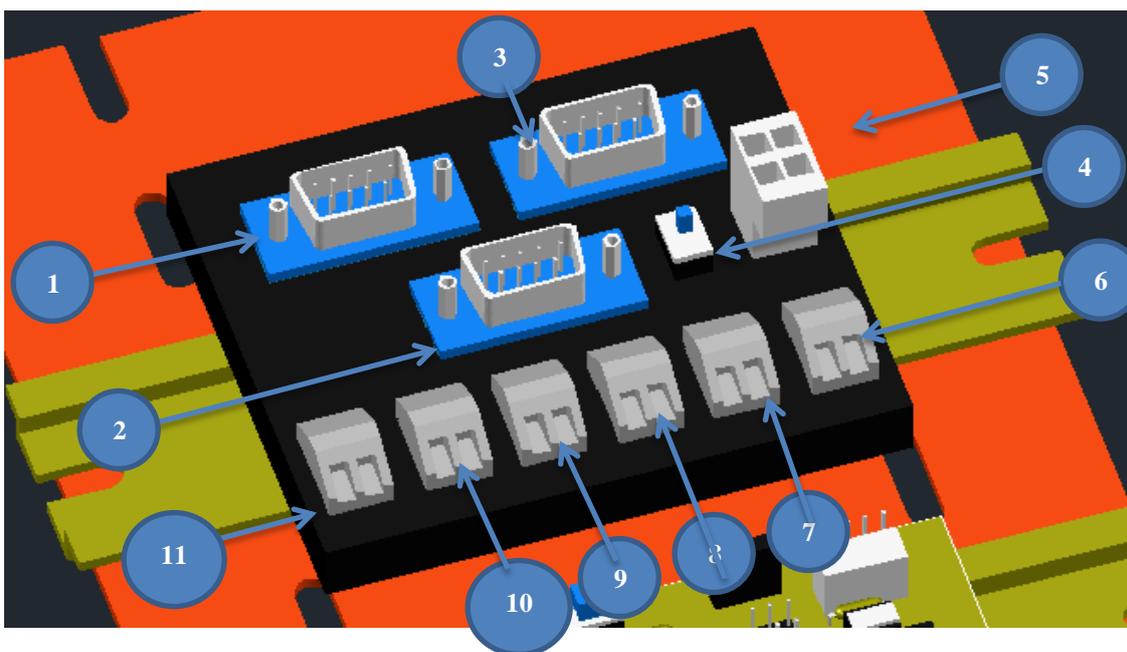
1.2.2.1.3 Apagado off

El sistema se resetea y desactiva al servomotor cuando se presiona el botón normalmente cerrado OFF de luz roja, este botón también inicia un parpadeo en el momento en el que el almacenador se encuentre lleno; deteniendo así la inspección de las botellas; cuando ocurre esto se dispone de 10 minutos para mover las botellas del almacenador y continuar con la detección, puede esperarse este tiempo para que el sistema vuelva a funcionar correctamente o se presiona el botón verde.

1.2.2.1.4 Paro de emergencia

Este botón normalmente cerrado detiene el proceso de funcionamiento hasta que se vuelve a accionar.

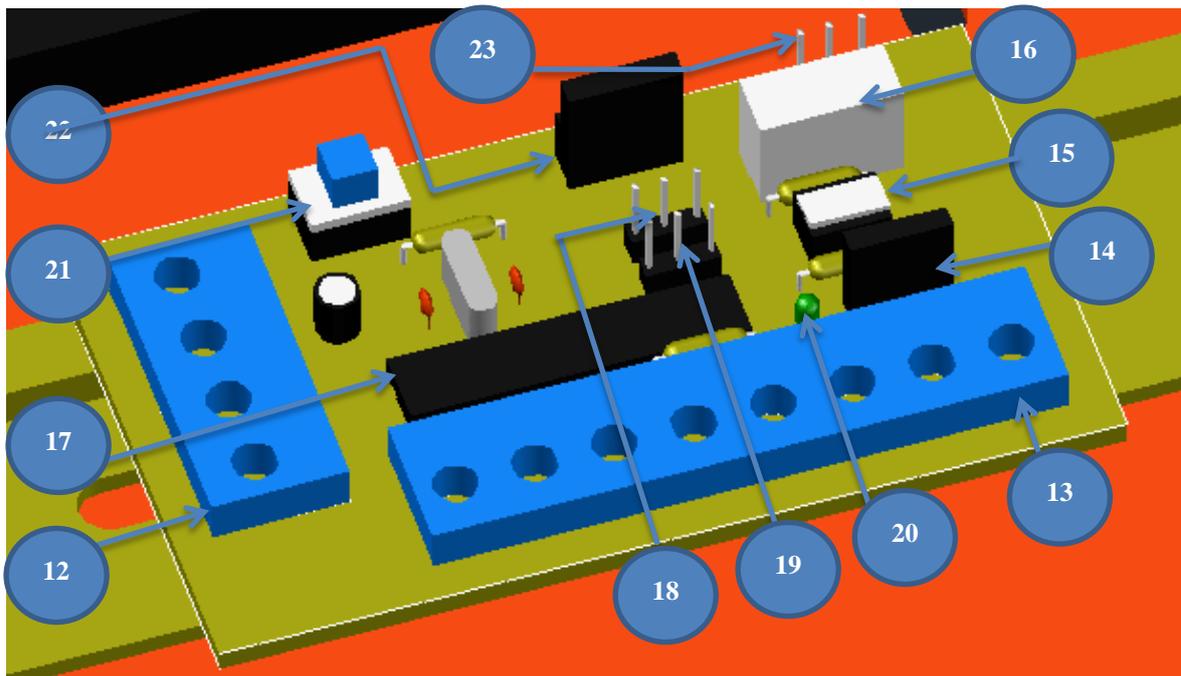
1.2.3 ARQUITECTURA INTERNA DEL TABLERO DE CONTROL (DIBUJO EN AUTOCAD DEL NI SMART CAMERA I/O ACCESSORY)



ELEMENTOS DEL MÓDULO NI SMART CAMERA I/O ACCESSORY	
1	Conector de smart camera DB9
2	Conector D-SUB RS-232
3	Conector D-SUB 24VDC
4	Interruptor de selección de power
5	Conector de dos posiciones 24VDC
6	Salida aislada Terminal 1

7	Salida aislada Terminal 0
8	Terminales Cuadratura Encoder Fase B
9	Terminales Cuadratura Encoder Fase A
10	Entrada Aislada Terminal 1
11	Entrada Aislada Terminal 0

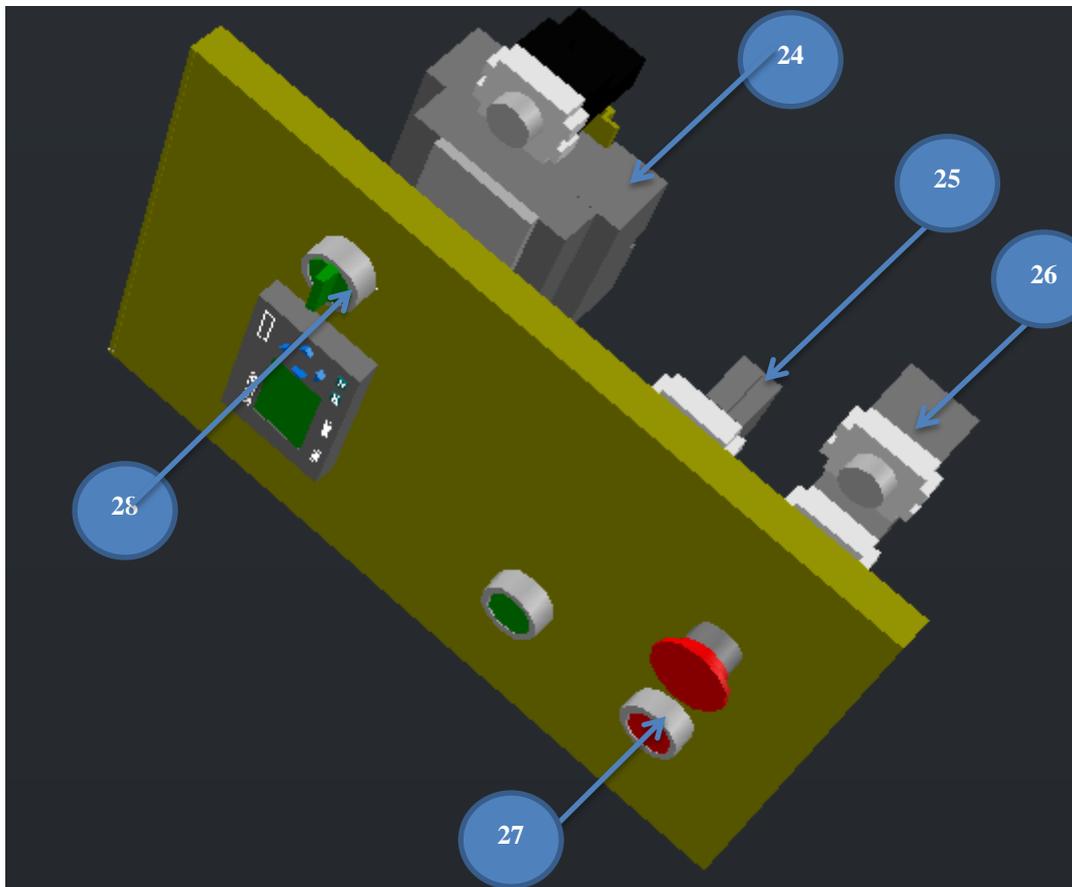
1.2.4 ARQUITECTURA INTERNA DEL TABLERO DE CONTROL (DIBUJO EN AUTOCAD DE LA PLACA DE CONTROL Y POTENCIA)



ELEMENTOS DE LA PLACA DE CONTROL Y POTENCIA	
12	Bornera del neutro
13	Bornera de la fase y de la señal de la smart camera
14	Triac BTA10 600B
15	Optoacoplador MOC3011
16	Molex para la interfaz entre los elementos
17	Microcontrolador PIC16F628A
18	Espadines tipo macho para conexión del servo
19	Espadines tipo macho para alimentar el microcontrolador
20	Led de funcionamiento del microcontrolador
21	Switch para encender la placa de control y potencia
22	Regular 7805 de 5v
23	Espadines tipo macho para alimentación con una fuente

	externa o con la fuente del micro
--	-----------------------------------

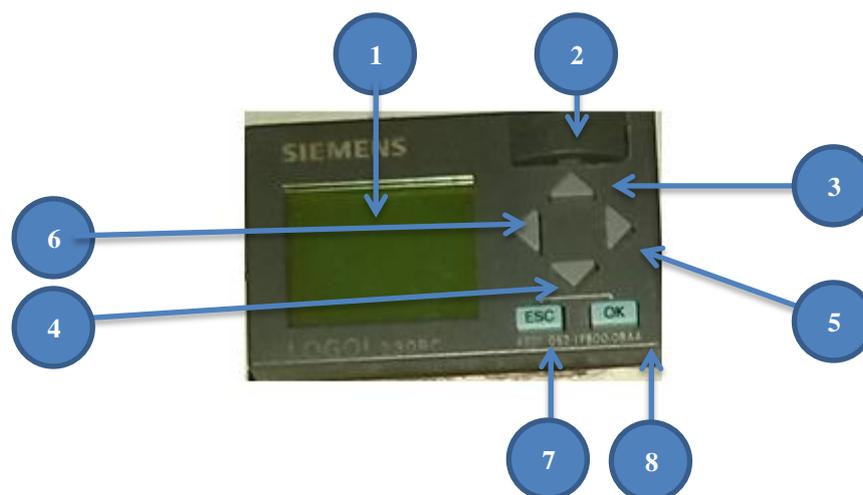
1.2.5 ARQUITECTURA EXTERNA DEL TABLERO DE CONTROL (DIBUJO EN AUTOCAD DE LA TAPA DEL TABLERO DE CONTROL)



ELEMENTOS DE LA TAPA DEL TABLERO DE CONTROL	
24	PLC LOGO 230RC
25	Botón normalmente abierto iluminado de color verde
26	Botón normalmente cerrado tipo hongo
27	Botón normalmente cerrado iluminado de color rojo
28	Botón normalmente abierto de perilla iluminado de color verde

ELEMENTOS DE LA TAPA DEL TABLERO DE CONTROL	
24	PLC LOGO 230RC
25	Botón normalmente abierto iluminado de color verde
26	Botón normalmente cerrado tipo hongo
27	Botón normalmente cerrado iluminado de color rojo
28	Botón normalmente abierto de perilla iluminado de color verde

1.2.6 PLC LOGO 230 RC



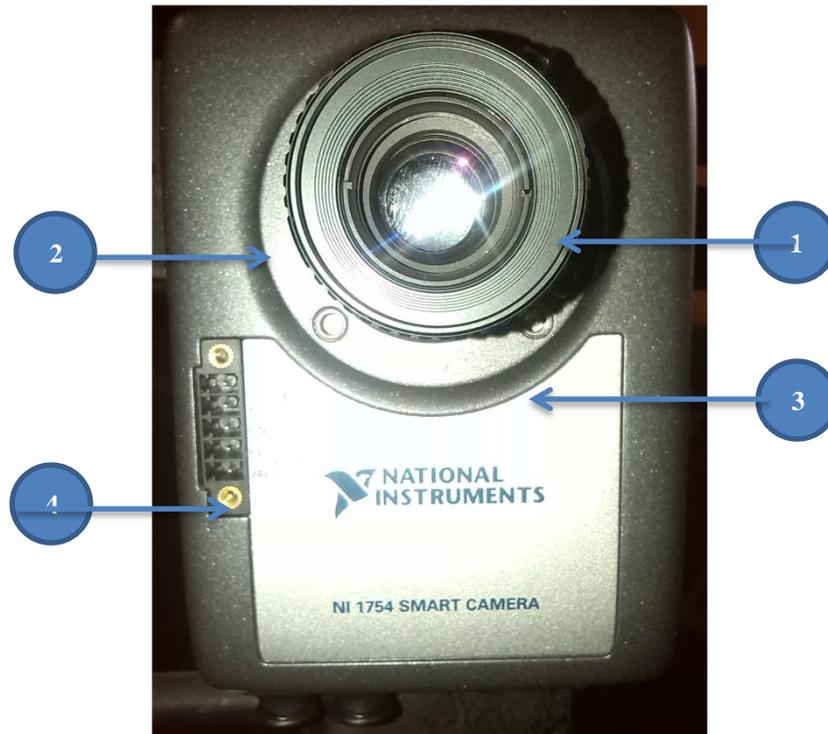
1	Lcd de visualización del conteo de botellas
2	Ranura para memoria externa
3	Botón arriba
4	Botón abajo
5	Botón derecha
6	Botón izquierda
7	Botón escape
8	Botón OK

1.2.6.1 Grabación de un programa mediante su cable

- Se energiza el PLC,
- En el PLC LOGO en su menú principal pone en modo STOP, de manera que el modo RUN cambie,
- Se conecta el cable de grabación con la PC,
- En el software LOGO! Soft Comfort se presiona el icono con una flecha roja para abajo, el cual inicia la transferencia del programa,
- En el momento en el cual salga el mensaje de éxito de transferencia del programa, se tendrá la seguridad de que el mismo ya se grabó en el PLC.
- A continuación con las teclas del PLC se procede a seleccionar en el menú principal START, con lo cual el programa grabado iniciara su proceso.

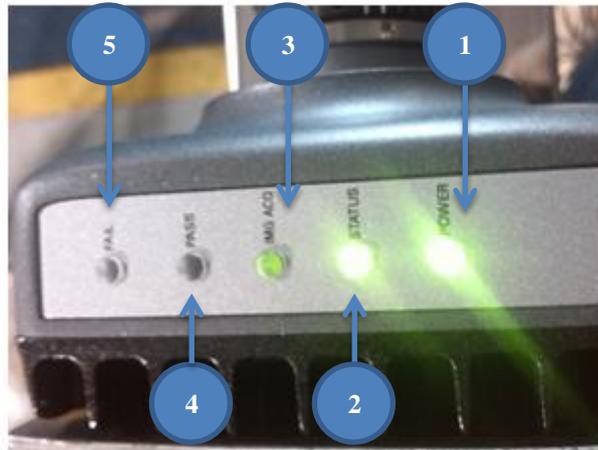
1.2.7 SMART CAMERA NI 1754

1.2.7.1 VISTA FRONTAL



1	Lente computar M1614-MP
2	Sensor de Imagen
3	Standard C para montaje de la lente
4	Conector de iluminación

1.2.7.2 VISTA SUPERIOR



1	Led POWER
2	Led STATUS
3	Led IMG ACQ
4	Led PASS
5	Led FAIL

1.2.7.3 Funcionamiento

A continuación se describe el funcionamiento de los leds de la NI SMART CAMERA 1754:

1.2.7.3.1 Led POWER

Este led indica que la alimentación es la correcta, si es de color verde quiere decir que la cámara está alimentada correctamente y si el led es de color rojo por más de un segundo quiere decir que la tensión esta fuera de rango.

1.2.7.3.2 Led STATUS

Si este led es de color verde su funcionamiento es normal, caso contrario no está funcionando bien.

1.2.7.3.3 Led IMG ACQ

Este led se enciende brevemente en color verde cuando se captura una imagen, en velocidades altas de captura tiene la apariencia de estar

continuamente encendido y si este led se enciende de color rojo indica que se ha sobrepasado la temperatura interna máxima.

1.2.7.3.4 Led PASS

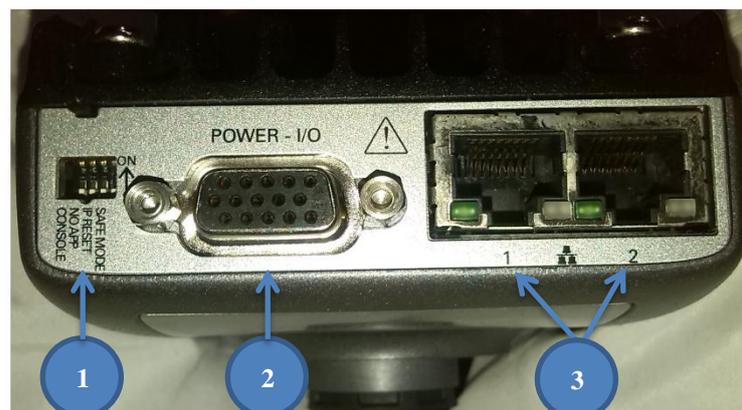
Este es un led de color verde que es configurable por el usuario a través del modo de propiedades del software de National Instruments.

1.2.7.3.5 Led FAIL

Este led de color rojo es configurable por el usuario a través del modo de propiedades del software de National Instruments.

Si el led IMG ACQ y el led FAIL parpadean en rojo, indica que la NI Smart Camera se ha cerrado porque se ha sobrepasado la temperatura interna máxima.

1.2.7.4 VISTA INFERIOR



1	Interruptores DIP
2	Conector de poder de entradas y salidas
3	Puertos Ethernet

1.2.7.5 FUNCIONAMIENTO

A continuación se detalla el funcionamiento:

1.2.7.6 INTERRUPTORES DIP

1.2.7.6.1 Interruptores en modo seguro

Para iniciar la smart camera en modo seguro ponga en ON.

Utilice el modo seguro para configurar la cámara inteligente cuando sea una configuración TCP / IP, o para actualizar el firmware y para instalar o actualizar el software de la cámara inteligente.

El led STATUS parpadea tres veces en verde cuando la cámara inteligente está en modo seguro. Mantenga el Interruptor de modo seguro en la posición de apagado durante el funcionamiento normal. (National Instruments, 2014).

1.2.7.6.2 Interruptores en modo reset

Ponga en modo ON para borrar los ajustes de NI Smart Camera IP y reinicie la cámara inteligente.

Puede usarse el interruptor RESET IP para restablecer la configuración de TCP / IP al mover la cámara de una subred a otra o cuando la configuración actual de TCP / IP son de otra manera válida.

Al iniciar la cámara con el interruptor RESET IP en la posición ON, la cámara intenta conectarse a la red mediante DHCP, si la cámara no puede obtener una dirección IP, se conecta a la red con una dirección IP de enlace local, en este caso trate con la forma 169.254.x.x; una vez que la tenga, restablezca la dirección IP. Puede configurar una nueva configuración de red para la cámara inteligente de un equipo de desarrollo de la misma subred, o puede utilizar un cable Ethernet para conectar la cámara inteligente directamente al equipo de desarrollo.

Para reanudar las operaciones normales, mueva el interruptor RESET IP a la posición OFF y conecte el suministro o reinicie la cámara inteligente. Mantenga el interruptor RESET IP en la posición OFF durante la operación normal. (National Instruments, 2014).

1.2.7.6.3 Interruptores en modo no app

Mueva el interruptor NO APP en la posición ON para evitar una puesta en marcha, esta aplicación se ejecuta al encender la cámara.

Si quiere desactivar permanentemente la aplicación, ejecute cuando la cámara inteligente puede desactivar la aplicación desde el inicio en el software.

Para ejecutar automáticamente una aplicación al encender, la smart camera debe de mantener el interruptor NO APP en la posición OFF.

Mantenga el interruptor NO APP en la posición de apagado durante el funcionamiento normal. (National Instruments, 2014).

1.2.7.6.4 Interruptores en modo console

Con un programa de terminal de puerto serie, puede utilizar el conmutador de consola para leer la información del dispositivo de la NI Smart Camera durante el inicio, tales como la dirección IP y la versión del firmware.

Cuando el interruptor consola está en la posición ON, el puerto serie envía información del dispositivo y no está disponible para las aplicaciones. La cámara inteligente lee este interruptor sólo al encender o reiniciar y sólo mostrará la información del dispositivo durante el inicio.

Cuando el conmutador de consola está en la posición OFF, se puede utilizar el puerto serie de la cámara inteligente y el Software controlador NI-Serial para enviar y recibir datos en serie. El software NI-Serial se instala al instalar NI-IMAQ.

Al utilizar el controlador NI-Serial, mantenga el conmutador de consola en la posición de apagado durante el funcionamiento normal. (National Instruments, 2014).

1.2.7.7 CONECTOR DE PODER DE ENTRADAS Y SALIDAS

Como conector de poder debe utilizarse un cable DB9, puesto que este se utiliza tanto en la smart camera como en el módulo de entradas y salidas.

PUERTOS ETHERNET

La conexión es vía Ethernet, se debe de conectar en el puerto 2 para la transmisión de datos entre la smart camera y la pc.

1.3 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

En este manual están las consideraciones más importantes de seguridad que se tomaron en cuenta para evitar posibles accidentes.

El usuario u operador del sistema es el responsable directo para evitar accidentes tomando en cuenta las recomendaciones del manual y por su sentido común precautelando su bienestar y salud.

Los siguientes símbolos de seguridad tienen la finalidad de precautelar el bienestar del usuario.



No tocar



Protección obligatoria del oído



Tener cuidado

1.3.1 PRECAUCIONES GENERALES DEL SISTEMA

- Utilice siempre protector auditivo debido al ruido que genera el rozamiento de las botellas.
- ▲ Al momento de levantar las botellas del almacenador para su transporte, hágalo con mucha precaución y si fuera el caso, utilice técnicas ergonómicas adecuadas de levantamiento de cargas.
- ▲ No manipular el canal que va al almacenador de botellas por el riesgo de accidentes laborales.
- ⊘ No tapan la visión de la smart camera, caso contrario ésta no funcionará correctamente.
- ⊘ No tocar ni desconectar los mandos en la smart camera para su correcto accionar.
- ⊘ No subir, bajar, adelantar ni retrasar la smart camera, puede deteriorarse su visión, puesto que previamente se la direccionó en cierta posición, por ello no se debe de mover del sitio colocado.
- ⊘ Al momento de mover el soporte de la smart camera para la inspección de otro tipo de botellas, debe tenerse mucha precaución en no mover la dirección de la smart camera.

- ⊗ No abra la tapa del gabinete de control, podría alterar las conexiones establecidas.
- ⊗ No manipule los botones del tablero sin la respectiva información.
- ⊗ No utilice el paro de emergencia si no fuera estrictamente necesario.
- ⊗ No utilice los botones del PLC.
- ⊗ No desconecte el sistema directamente, puesto que causa desconfiguración del sistema.
- ⊗ No intervenga en el movimiento de la palanca lateral porque podría quemar el servomotor.
- ⊗ No manipule el canal sobre el almacenador ya que podría desajustarse.

NOTA: Las recomendaciones dadas se deben de tomar en cuenta en el mantenimiento del sistema.

1.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Actividad para mantener en óptimas condiciones ya sea un producto, una máquina, un equipo, entre otros, y de esta manera asegurar su funcionamiento correcto. Permite practicar reparaciones necesarias si el caso amerita para que funciones normalmente. (definición abc).

Este tipo de mantenimiento puede ser de dos tipos: de control y de accesorios.

La etapa de mantenimiento de control se da a los elementos electrónicos, eléctricos, actuadores, etc., y la etapa de los accesorios lo que corresponde a los elementos que soportan el sistema.

NOTA: En el mantenimiento que corresponde al gabinete de control, la smart camera y el servomotor debe ser realizado por un técnico calificado, para los demás equipos lo puede realizar el operador.

1.4.1 MANTENIMIENTO DE LOS ACCESORIOS QUE SOPORTAN EL SISTEMA

TIEMPO	ACTIVIDADES A REALIZAR
MENSUAL	1. Correcta lubricación
	2. Verificar las correctas uniones y conexiones
SEMESTRAL	1. Revisión de las soldaduras
	2. Verificación de las sujeciones

	3.Verificar que se estén en óptimas condiciones los materiales expuestos a rozamiento
--	---

1.4.2 MANTENIMIENTO DE LA ETAPA DE CONTROL

TIEMPO	ACTIVIDADES A REALIZAR
MENSUAL	1. Verificar los mensajes de la pantalla del PLC LOGO
	2. Verificar que las luces del tablero funcionen correctamente
	3. Verificar si el led azul del micro este encendido, si no lo está el micro ha dejado de funcionar
	4. Verificar que la smart camera funcione correctamente mediante los leds de estado.
	5.Revizar el servomotor y su correcto accionar
SEMESTRAL	1.Conectar la smart camera a la PC para análisis
	2.Comprobar el calibrado del módulo de entradas y salidas
	3.Verificar continuidad dentro del gabinete
	4.Revizar la placa de control y potencia y sus elementos
	5.Revizar el cableado y las terminales de este

NOTA: El mantenimiento de las etapas mencionadas se ajusta a las necesidades o requerimientos de la empresa, por lo tanto puede realizarse mensualmente y semestralmente tomando en cuenta las precauciones indicadas anteriormente.

1.4.3 MANTENIMIENTO GENERAL

El mantenimiento general se lo realizará analizando los problemas, las posibles causas sus soluciones destinadas para un correcto funcionamiento.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
Los equipos no se encienden	-No existe alimentación -Las terminales se desconectaron -Cortos circuitos	-Verificar continuidad -Verificar conexiones
No se puede visualizar en la pantalla de la lcd del plc	-Fuente del plc -Desconfiguración de los botones del plc	-Verificar que la fuente este trabajando -Verificar los botones del sistema
La smart camera no detecta	-Alteración del set point	-Corregir el set point

botellas	de acuerdo a la iluminación -Smart camera fuera de rango de trabajo	-Verificar con una pc el rango de trabajo de la smart camera
La smart camera detecta todas las botellas estén o no con sólidos no disueltos	-Iluminación inadecuada -Programa alterado -Smart cámara fuera de rango	-Verificar con pc la iluminación correcta -Comprobar el buen funcionamiento del programa -Con pc determinar los rangos de la smart camera
La smart camera se sobrecalienta	-Corto circuito -Corriente excesiva	-Verificar que todos los elementos estén adecuados -Tomar continuidad
El servomotor no se mueve a la velocidad correcta	-Falla interna del servomotor -Pwm no se ajustó a los parámetros necesarios	-Verificación dentro del plan de mantenimiento
El servomotor tambalea	-La frecuencia esta fuera del rango de operación adecuada	-Ajustar su frecuencia de forma correcta
Los rodamientos se trabaron	-Falta de lubricación -Materiales ajenos entre los rodamientos	-Lubricación y revisión de los materiales de acuerdo al plan de mantenimiento
La palanca lateral no se mueve	-No se ajustó correctamente con el servomotor -Servomotor no funciona	-Verificar de acuerdo al plan de mantenimiento

Seguir el presente manual evita posibles daños en el funcionamiento del sistema.

En caso de que hubiese inconvenientes con la smart camera, el PLC o el servomotor, se recomienda que sea revisado por el técnico que diseño e implemento o un técnico previamente calificado. Esto evitará desarreglos importantes del sistema.