



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

CONTROL E INSPECCIÓN DE LLENADO BOTELLAS APLICANDO HERRAMIENTAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA E HIDRÓNICA DE LA ESPE SEDE LATACUNGA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECÁNICA

MURILLO QUISHPE GLORIA ELIZABETH

MONTALUISA PILATASIG SEGUNDO DAVID

Latacunga, Julio 2010

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

ING. MARCO SINGAÑA (DIRECTOR)
ING. WASHINGTON FREIRE (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “CONTROL E INSPECCIÓN DE LLENADO BOTELLAS APLICANDO HERRAMIENTAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA E HIDRÓNICA DE LA ESPE SEDE LATACUNGA.” realizado por los señores: MURILLO QUISHPE GLORIA ELIZABETH y MONTALUISA PILATASIG SEGUNDO DAVID ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en forma portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: MURILLO QUISHPE GLORIA ELIZABETH y MONTALUISA PILATASIG SEGUNDO DAVID que lo entregue al ING. JIMENEZ MARIO, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, julio del 2010

Ing. Marco Singaña
DIRECTOR

Ing. Washington Freire
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, MURILLO QUISHPE GLORIA ELIZABETH
MONTALUISA PILATASIG SEGUNDO DAVID

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado "CONTROL E INSPECCIÓN DE LLENADO BOTELLAS APLICANDO HERRAMIENTAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA E HIDRÓNICA DE LA ESPE SEDE LATACUNGA." ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Julio del 2010

MURILLO QUISHPE GLORIA E.
CI: No.- 0502586514

MONTALUISA PILATASIG SEGUNDO D.
CI: No.- 0502658461

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, MURILLO QUISHPE GLORIA ELIZABETH
MONTALUISA PILATASIG SEGUNDO DAVID

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “CONTROL E INSPECCIÓN DE LLENADO BOTELLAS APLICANDO HERRAMIENTAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA E HIDRÓNICA DE LA ESPE SEDE LATACUNGA.” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Julio del 2010

MURILLO QUISHPE GLORIA E.
CI: No.- 0502586514

MONTALUISA PILATASIG SEGUNDO D.
CI: No.- 0502658461

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por cada día de vida brindado, a mis padres, hermanos y esposo quienes siempre estuvieron a mi lado apoyándome incondicionalmente en todo momento.

¡Gracias!

Gloria Murillo

Agradezco primero a Dios por darme salud y fortaleza durante los años de estudio, a mis padres por la comprensión y ayuda brindada durante toda mi vida, a mis hermanos, cuñadas y sobrinas, quienes siempre me dan lo mejor de sí y son la alegría de mi vida gracias por todo.

David Montaluisa

DEDICATORIA

El presente proyecto dedico con mucho amor a las personas más importantes en mi vida. A mis padres Guillermo y Gloria, que con su paciencia y enseñanza hicieron de mi una mejor persona. A mis hermanos Diego, Guillo y Alexander, quienes con su apoyo y confianza me ayudaron a culminar esta etapa. A mi esposo Christian, que con su amor, comprensión y confianza fue un pilar muy importante para finalizar mi carrera académica.

Gloria Murillo

Este proyecto lo dedico con cariño, admiración y respeto a quienes hicieron realidad este sueño, que son mis padres Galo y Lucrecia que son el ejemplo de vida, a mis hermanos Milton, Fabián y Edison con su ayuda supe sobresalir en los momentos más difíciles en mis años de estudio, y a todas aquellas personas que estuvieron conmigo durante esta etapa de mi vida.

David Montaluisa

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	- ii-
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	- iii-
AUTORIZACIÓN.....	- iv-
AGRADECIMIENTO.....	- v-
DEDICATORIA.....	- vi-
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	- vii-
ÍNDICE DE FIGURAS.....	- xiii-
ÍNDICE DE TABLAS.....	- xx-
ANEXOS.....	- xxi-
ANTECEDENTES.....	- xxii-
OBJETIVO GENERAL.....	- xxiii-
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- xxiii-
JUSTIFICACIÓN.....	- xxiii-
METAS DE PROYECTO.....	- xxiv-

ÍNDICE

I. CAPÍTULO

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.- Automatización industrial con PLCs.....	- 1 -
1.1.1.- Descripción de un PLC.....	- 1 -
1.1.1.1.- Principios básicos	- 2 -
1.1.1.2.- Campos de aplicación de los PLCs	- 4 -
1.2.- LabVIEW.....	- 5 -
1.2.1.- Panel frontal	- 6 -
1.2.2.- Diagrama de bloques	- 6 -
1.2.3.- Tipos de datos en LabVIEW.....	- 7 -
1.2.4.- Ventajas de LabVIEW	- 10 -
1.3.- Comunicación PC-PLC	- 12 -
1.3.1.- Conexión de LabVIEW mediante Lookout.....	- 14 -
1.3.1.1.- Configuración Lookout	- 14 -
1.4.- Fundamentos de la Visión Artificial	- 18 -
1.4.1.- Objetivo de la visión artificial	- 19 -
1.4.2.- Imagen	- 21 -
1.4.2.1.- Construcción de imagen en la pantalla del ordenador... ..	- 22 -
1.4.2.2.- Tipos de imagen	- 22 -
1.4.2.3.- Resolución de la imagen.....	- 24 -
1.4.3.- Procesamiento digital de imágenes.....	- 25 -
1.4.3.2.- Segmentación o aislamiento de los objetos de interés ...	- 26 -
1.4.3.3.- Selección de características	- 28 -
1.4.4.- Iluminación para Visión Artificial	- 29 -
1.4.4.1.- Fundamentos de la iluminación.	- 29 -
1.4.4.2.- Tipos de Reflexión	- 30 -
1.4.4.3.- Técnicas de iluminación.....	- 31 -

1.4.5.- IMAQ VISION en LabVIEW	- 36 -
1.4.5.1.- Image Display	- 36 -
1.4.5.2.- IMAQ Create	- 37 -
1.4.5.3.- IMAQ USB Init.vi	- 37 -
1.4.5.4.- IMAQ USB Configure Grab Setup.vi	- 37 -
1.4.5.5.- IMAQ USB Grab Acquire.vi.....	- 38 -
1.4.5.6.- IMAQ USB Stop.vi	- 38 -
1.4.5.7.- IMAQ USB Close.vi.....	- 38 -
1.4.5.8.- IMAQ Write File 2.....	- 39 -
1.4.5.9.- IMAQ Read File	- 39 -
1.4.5.10.- IMAQ Extract.....	- 39 -
1.4.5.11.- IMAQ MathLookup	- 40 -
1.4.5.12.- IMAQ Equalize	- 40 -
1.4.5.13.- IMAQ Clamp Vertical Max.....	- 40 -
1.4.5.14.- IMAQ Remove Particle.....	- 41 -
1.5.- Principios del Control Oleo-Neumático.	- 41 -
1.5.1.- Neumática	- 41 -
1.5.1.1.- Ventajas y Desventajas de la Neumática.....	- 42 -
1.5.1.2.- Aplicaciones de la Neumática.....	- 43 -
1.5.1.3.- Válvulas	- 44 -
1.5.1.3.1.- Válvulas de vías o distribuidoras manuales .	- 46 -
1.5.1.3.2.- Válvulas reguladoras de caudal	- 51 -
1.5.1.3.3.-Válvulas reguladoras de presión.	- 52 -
1.5.1.4.- Actuador Neumático	- 52 -
1.5.1.4.1.- Cilindros	- 53 -

II. CAPÍTULO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1.- Descripción del sistema de transporte y llenado de botellas	- 58 -
2.1.1.- Accionamiento del motor	- 59 -
2.1.2.- Posicionamiento de la botella.....	- 62 -
2.1.3.- Accionamiento del sistema neumático	- 65 -
2.1.4.- Adquisición de imagen	- 68 -
2.1.5.- Control de nivel de llenado	- 69 -
2.1.5.1.-TwidoSoft.....	- 71 -
2.1.5.2.- Objetos del Lenguaje TwidoSoft	- 74 -
2.1.5.3.- Direccionamientos de Objetos en TwidoSoft	- 76 -
2.2.- Diseño y construcción del sistema mecánico	- 78 -
2.2.1.- Mesa.....	- 78 -
2.2.2.- Sistema de transporte de las botellas.....	- 79 -
2.2.3.- Soporte del pistón.....	- 81 -
2.2.4.- Soporte de la cámara	- 82 -
2.2.5.- Soporte de las lámparas.....	- 82 -
2.3.- Diseño e implementación del sistema electro-neumático	- 83 -
2.3.1.- Implementación de la electroválvula 5/2 con el piston.....	- 83 -
2.3.2.- Implementación de la electroválvula líquido ON/OFF.....	- 84 -
2.4.- Implementación del sistema eléctrico	- 84 -
2.5.- Programación del sistema de llenado de botellas.....	- 88 -
2.5.1.- Programación del PLC, para el control del proceso	- 89 -
2.5.2.- Descarga del programa para el PLC TWIDO LCAA16DRF.....	- 90 -
2.5.3.- Configuración de comunicación Lookout.....	- 91 -

III. CAPÍTULO

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

3.1.- Descripción del procesamiento de imágenes con LabVIEW.....	- 97 -
3.1.1.- Escena	- 98 -
3.1.2.- Adquisición de imagen	- 99 -
3.1.2.1.- Cámara	- 99 -
3.1.2.2.- Software.....	- 100 -
3.1.2.3.- Fondo.....	- 101 -
3.1.2.4.- Iluminación.....	- 101 -
3.1.3.- Preprocesamiento	- 102 -
3.1.4.- Contraste	- 103 -
3.1.5.- Segmentación.....	- 104 -
3.1.6.- Extracción de partículas	- 104 -
3.1.7.- Interpretación de la escena	- 105 -
3.2.- Programa de adquisición y procesamiento de la imagen.....	- 106 -
3.2.1.- Herramientas empleadas en el programa de adquisición y procesamiento	- 106 -
3.2.2.- Diagrama de bloques para la adquisición de la imagen	- 108 -
3.2.3.- Diagrama de bloques del procesamiento de la imagen	- 115 -
3.2.4.- Diagrama de bloque para el contraste de la imagen	- 121 -
3.2.5.- Diagrama de bloque para segmentación de la imagen	- 124 -
3.2.6.- Diagrama de bloque para la extracción de partículas.....	- 127 -
3.2.7.- Diagrama de bloques interpretación de la imagen	- 130 -
3.3.- Visualización de la imagen	- 134 -

IV. CAPÍTULO

PRUEBAS EXPERIMENTALES

4.1.- Sistema de transporte de botellas.....	- 136 -
4.1.1.- Pruebas eléctricas	- 136 -
4.1.1.1.- Pruebas de accionamiento del motor para el movimiento del sistema de transporte de botellas	- 136 -
4.1.1.2.- Prueba electroválvula on-off para el paso de líquido	- 137 -
4.1.1.3.- Pruebas de la bomba para el llenado del líquido	- 137 -
4.1.1.4.- Pruebas electroválvula 5/2 para el accionamiento del pistón.....	- 139 -
4.1.1.5.- Pruebas del sensor tipo herradura.....	- 140 -
4.1.2.- Pruebas neumáticas.....	- 141 -
4.1.2.1- Pruebas electroválvula 5/2 y pistón de doble efecto	- 141 -
4.1.3.- Datos óptimos del funcionamiento.....	- 142 -
4.2.- Comunicación PC-PLC	- 143 -
4.2.1- Pruebas de cambios de velocidad de transmisión de datos.....	- 143 -
4.3.- Adquisición y procesamiento de la imagen	- 144 -
4.4.-Sistema de control e inspección de llenado de botellas. Manual de Operación.	- 149 -

V. CAPÍTULO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones	- 158 -
5.2.- Recomendaciones	- 159 -
Bibliografía	- 161 -

INDICE DE FIGURA

I. CAPÍTULO

Figura 1.1 Partes de un PLC.....	- 3 -
Figura 1.2 Partes del CPU	- 3 -
Figura 1.3 Panel Frontal de LabVIEW.....	- 6 -
Figura 1.4 Diagrama de bloques de LabVIEW	- 7 -
Figura 1.5 Diagrama de bloques del OPC	- 13 -
Figura 1.6 Ejecución de Lookout.....	- 15 -
Figura 1.7 Creación de un nuevo proyecto	- 15 -
Figura 1.8 Creación de objetos.	- 16 -
Figura 1.9 Configuración del objeto	- 16 -
Figura 1.10 Guardar archivo	- 17 -
Figura 1.11 Cuadro de dialogo para cerrar Lookout	- 17 -
Figura 1.12 Método de comunicación de LabVIEW-Lookout.....	- 18 -
Figura 1.13 Ejemplo de Detección de botellas.....	- 19 -
Figura 1.14 Ejemplos de Aplicaciones de Visión Artificial.....	- 19 -
Figura 1.15 Elementos de un sistema de visión artificial.....	- 21 -
Figura 1.16 Ejemplo de Imagen Vectorial	- 23 -
Figura 1.17 Ejemplo de Imagen de bits.....	- 24 -
Figura 1.18 Ejemplos de Resolución de Imagen.....	- 24 -
Figura 1.19 Etapas de aplicación de Visión Artificial.....	- 25 -
Figura 1.20 Ejemplo de Método Otsu.....	- 27 -
Figura 1.21 Detección de Bordes.....	- 28 -
Figura 1.22 Ejemplo de Iluminación	- 30 -
Figura 1.23 Reflexión Especular	- 31 -
Figura 1.24 Reflexión Difusa.....	- 31 -
Figura 1.25 Iluminación posterior difusa	- 32 -
Figura 1.26 Iluminación posterior paralela	- 32 -

Figura 1.27 Iluminación Frontal Oblicua.....	- 33 -
Figura 1.28 Iluminación Frontal Direccional	- 33 -
Figura 1.29 Iluminación Frontal Axial	- 34 -
Figura 1.30 Iluminación Fluorescente	- 34 -
Figura 1.31 Iluminación por LED.....	- 35 -
Figura 1.32 Iluminación LÁSER	- 36 -
Figura 1.33 Despliegue de Imagen	- 36 -
Figura 1.34 Diagrama de IMAQ Create.....	- 37 -
Figura 1.35 Diagrama de IMAQ USB Init.vi.....	- 37 -
Figura 1.36 Diagrama de IMAQ USB Configure Grab. Setup.vi.....	- 37 -
Figura 1.37 Diagrama de IMAQ USB Grab Acquire.vi	- 38 -
Figura 1.38 Diagrama de IMAQ USB Stop.vi	- 38 -
Figura 1.39 Diagrama de IMAQ USB Close.vi	- 38 -
Figura 1.40 Diagrama de IMAQ Write File 2.	- 39 -
Figura 1.41 Diagrama de IMAQ Read File	- 39 -
Figura 1.42 Diagrama de IMAQ Extract	- 39 -
Figura 1.43 Diagrama de IMAQ MathLookup.....	- 40 -
Figura 1.44 Diagrama de IMAQ Equalize.....	- 40 -
Figura 1.45 Diagrama de IMAQ Clamp Vertical Max	- 41 -
Figura 1.46 Diagrama de IMAQ Remove Particle	- 41 -
Figura 1.47 Tipos de Válvulas de un sistema Neumático	- 44 -
Figura 1.48 Válvula 2/2	- 46 -
Figura 1.49 Esquema interno de una válvula 2/2	- 47 -
Figura 1.50 Símbolo de una válvula 2/2.....	- 47 -
Figura 1.51 Válvula 2/2 conectada a un cilindro simple efecto	- 47 -
Figura 1.52 Válvula 4/2	- 48 -
Figura 1.53 Esquema interno de una válvula 4/2.....	- 48 -
Figura 1.54 Símbolo de una válvula 4/2.....	- 49 -
Figura 1.55 Válvula 4/3	- 49 -
Figura 1.56 Esquema interno de una válvula 4/3.....	- 49 -
Figura 1.57 Símbolo de una válvula 4/3.....	- 50 -
Figura 1.58 Válvula 5/2	- 50 -

Figura 1.59 Esquema interno de una válvula 5/2	- 50 -
Figura 1.60 Símbolo de una válvula 5/2	- 51 -
Figura 1.61 Estructura física de una válvula de caudal	- 51 -
Figura 1.62 Esquema interno de una válvula de caudal	- 51 -
Figura 1.63 Válvula de presión	- 52 -
Figura 1.64 Funcionamiento de la válvula de presión	- 52 -
Figura 1.65 Partes de un cilindro	- 53 -
Figura 1.66 Cilindro de simple efecto	- 54 -
Figura 1.67 Funcionamiento de un cilindro de simple efecto	- 54 -
Figura 1.68 Cilindro de doble efecto	- 55 -
Figura 1.69 Accionamiento de un cilindro de doble efecto	- 55 -
Figura 1.70 Salida del vástago	- 56 -
Figura 1.71 Retorno del vástago	- 56 -
Figura 1.72 Cilindro de doble vástago	- 56 -
Figura 1.73 Accionamiento del vástago hacia la derecha	- 57 -
Figura 1.74 Accionamiento del vástago hacia la izquierda	- 57 -

II. CAPÍTULO

Figura 2.1 Diagrama de bloques del sistema de transporte y llenado de botella	- 58
Figura 2.2 Motorreductor	- 60 -
Figura 2.3 Sensor Infrarrojo	- 62 -
Figura 2.4 Circuito de acondicionamiento de señal	- 63 -
Figura 2.5 Electroválvula 5/2	- 65 -
Figura 2.6 Electroválvula ON/OFF	- 66 -
Figura 2.7 Pistón doble efecto	- 67 -
Figura 2.8 Bomba de agua	- 67 -
Figura 2.9 Cámara WEBCAM	- 68 -
Figura 2.10 PLC Twido	- 69 -
Figura 2.11 Partes del PLC Twido	- 69 -
Figura 2.12 Icono TwidoSoft	- 71 -

Figura 2.13 Pantalla de Presentación TwidoSoft	- 72 -
Figura 2.14 Pantalla de Programación Ladder Logic	- 72 -
Figura 2.15 Pantalla de Ayuda del TwidoSoft	- 73 -
Figura 2.16 Ladder Logic del PLC Twido	- 74 -
Figura 2.17 Formato de direccionamiento de objetos de bits.....	- 76 -
Figura 2.18 Formato de Direccionamiento de Objetos de Palabras.....	- 77 -
Figura 2.19 Diseño de la Mesa	- 78 -
Figura 2.20 Diseño del Cilindro.....	- 79 -
Figura 2.21 Disco de Sujeción	- 79 -
Figura 2.22 Eje de Sujeción	- 80 -
Figura 2.23 Brazo de Sujeción.....	- 80 -
Figura 2.24 Sistema de Transporte de Botellas	- 81 -
Figura 2.25 Soporte del Pistón.....	- 81 -
Figura 2.26 Soporte de la Cámara.....	- 82 -
Figura 2.27 Soporte de las Lámparas	- 82 -
Figura 2.28 Conexión Electroválvula 5/2-Pistón	- 83 -
Figura 2.29 Conexión Electroválvula de Líquido ON/OFF	- 84 -
Figura 2.30 Diseño del Sistema Eléctrico	- 85 -
Figura 2.31 Electroválvula para el paso de liquido.....	- 86 -
Figura 2.32 Electroválvula control del pistón.....	- 86 -
Figura 2.33 Bomba control de líquido	- 86 -
Figura 2.34 Control del Motor	- 87 -
Figura 2.35 Posicionamiento de la botella	- 87 -
Figura 2.36 Diagrama de flujo.....	- 88 -
Figura 2.37 Programación del Sistema de Llenado de Botellas.....	- 90 -
Figura 2.38 Ejecución de Lookout.....	- 91 -
Figura 2.39 Creación de un nuevo proyecto	- 92 -
Figura 2.40 Creación del protocolo Modbus.	- 92 -
Figura 2.41 Configuración del Modbus.	- 93 -
Figura 2.42 Guardar archivo	- 93 -
Figura 2.43 Cuadro de diálogo para cerrar Lookout	- 94 -
Figura 2.44 Método de comunicación de LabVIEW-Lookout	- 94 -

Figura 2.45 Configuración de parámetros en LabVIEW	- 95 -
Figura 2.46 Dirección del control de Lookout.....	- 95 -

III. CAPÍTULO

Figura 3.1 Diagrama de bloques del Procesamiento de Imágenes.....	- 97 -
Figura 3.2 Elementos del sistema de Visión	- 99 -
Figura 3.3 Ubicación de la Cámara.....	- 100 -
Figura 3.4 Software LabVIEW.....	- 100 -
Figura 3.5 Fondo para la adquisición de la imagen.....	- 101 -
Figura 3.6 Iluminación de la botella.....	- 101 -
Figura 3.7 Imagen Adquirida	- 102 -
Figura 3.8 Preprocesamiento de la Imagen	- 103 -
Figura 3.9 Contraste de la Imagen.....	- 103 -
Figura 3.10 Segmentación de la Imagen	- 104 -
Figura 3.11 Extracción de partículas.....	- 105 -
Figura 3.12 Interpretación de la escena.....	- 105 -
Figura 3.13 Funciones para la Visualización de la Imagen	- 109 -
Figura 3.14 Creación de la referencia de la Cámara.....	- 109 -
Figura 3.15 Conexión para la Visualización de la Cámara.....	- 110 -
Figura 3.16 Selección de IMAQ Create.....	- 110 -
Figura 3.17 Conexión de la Función IMAQ Create	- 110 -
Figura 3.18 Creación de la Función Imagen Display.....	- 111 -
Figura 3.19 Creación de la Función IMAQ WriteFile2	- 111 -
Figura 3.20 Espacio de almacenamiento de la Imagen	- 112 -
Figura 3.21 Diagrama de bloques para la Adquisición de la Imagen	- 112 -
Figura 3.22 Lazo While Loop	- 113 -
Figura 3.23 Activación de la Cámara	- 113 -
Figura 3.24 Adquisición de la Imagen	- 114 -
Figura 3.25 Visualización de la Imagen Adquirida	- 114 -
Figura 3.26 Creación de las Funciones IMAQ Create e Image Display	- 115 -

Figura 3.27 Direcccionamiento de la Imagen a Visualizar	- 115 -
Figura 3.28 Conexión para la visualización de la Imagen	- 116 -
Figura 3.29 Espacio de memoria para la Imagen	- 116 -
Figura 3.30 Funcionamiento de IMAQ Read File	- 116 -
Figura 3.31 Visualización de la Imagen guardada	- 117 -
Figura 3.32 Funciones para la adquisición de la Imagen cortada	- 117 -
Figura 3.33 Creación de la Función IMAQ Extract	- 118 -
Figura 3.34 Función Property Node	- 118 -
Figura 3.35 Función Unbundle by name	- 119 -
Figura 3.36 Programación del Preprocesamiento	- 119 -
Figura 3.37 Espacio creado por la Función IMAQ Create	- 120 -
Figura 3.38 Identificación de la Región de Interés	- 120 -
Figura 3.39 Visualización de la Imagen copiada	- 121 -
Figura 3.40 Funciones IMAQ Create e Image Display	- 121 -
Figura 3.41 Función IMAQ Math Lookup	- 122 -
Figura 3.42 Función para el contraste de la Imagen	- 122 -
Figura 3.43 Programación Contraste de imagen	- 123 -
Figura 3.44 Activación de la Función IMAQ Create	- 123 -
Figura 3.45 Modificación del brillo y contraste de la Imagen.....	- 123 -
Figura 3.46 Visualización de la Imagen	- 124 -
Figura 3.47 Creación de IMAQ Create e Image Display	- 124 -
Figura 3.48 Creación Función IMAQ Equalize	- 125 -
Figura 3.49 Función IMAQ Equalize	- 125 -
Figura 3.50 Programación de Segmentación de la imagen	- 126 -
Figura 3.51 Activación de IMAQ Create de nombre BINARIA	- 126 -
Figura 3.52 Modificación de la Imagen adquirida en IMAQ Equalize	- 126 -
Figura 3.53 Visualización de la nueva Imagen.....	- 127 -
Figura 3.54 Creación de IMAQ Create e Image Display para la extracción de partículas	- 127 -
Figura 3.55 Creación de la función IMAQ RemoveParticle	- 128 -
Figura 3.56 Control de las Partículas a eliminar	- 128 -
Figura 3.57 Programación de Extracción de Partículas	- 128 -

Figura 3.58 Activación Función IMAQ Create de nombre EXTRACCIÓN.....	- 129 -
Figura 3.59 Eliminación de las Partículas de la Imagen.....	- 129 -
Figura 3.60 Visualización de la Imagen	- 130 -
Figura 3.61 Creación de IMAQ Clamp Vertical Max.....	- 130 -
Figura 3.62 Despliegue de la función ROI	- 131 -
Figura 3.63 Función Unbundle By Name	- 131 -
Figura 3.64 Creación de funciones Build Array y Array To Cluster	- 132 -
Figura 3.65 Número de elementos del Cluster.....	- 132 -
Figura 3.66 Programación interpretación de la Imagen	- 133 -
Figura 3.67 Identificación de la distancia entre bordes	- 133 -
Figura 3.68 Adquisición del nivel de llenado	- 134 -
Figura 3.69 Panel Frontal de la Programación.....	- 134 -
Figura 3.70 Imagen Final de llenado.....	- 135 -

IV. CAPÍTULO

Figura 4.1 Tiempo de Llenado vs Altura	- 138 -
Figura 4.2 Salida del pistón.....	- 139 -
Figura 4.3 Ingreso del vástago al cilindro.....	- 140 -
Figura 4.4 Sensado de la Botella	- 141 -
Figura 4.5 Brillo y contraste de la Imagen modificada.....	- 146 -
Figura 4.6 Binarización de la Imagen.....	- 147 -
Figura 4.7 Extracción de partículas.....	- 148 -
Figura 4.8 Funcionamiento del programa	- 149 -
Figura 4.9 Alerta de Comunicación LabVIEW-PLC.....	- 149 -
Figura 4.10 Botón para el inicio de funcionamiento del sistema	- 150 -
Figura 4.11 Valores seteados	- 150 -
Figura 4.12 Activación del RUN	- 150 -
Figura 4.13 Accionamiento de sistema	- 151 -

Figura 4.14 Posicionamiento de la botella	- 151 -
Figura 4.15 Activación del pistón	- 152 -
Figura 4.16 Llenado de la botella.....	- 152 -
Figura 4.17 Control de nivel de llenado.....	- 153 -
Figura 4.18 Retorno del pistón.....	- 153 -
Figura 4.19 Ubicación de la botella.....	- 154 -
Figura 4.20 Detección del nivel de llenado	- 154 -
Figura 4.21 Activación de la bomba para llenado	- 155 -
Figura 4.22 Comprobación del nivel de llenado	- 156 -
Figura 4.23 Finalización de comunicación	- 156 -
Figura 4.24 Parada del Programa	- 157 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Partes de un archivo de LabVIEW	- 5 -
Tabla 1.2 Tipos de datos en LabVIEW.....	- 7 -
Tabla 2.1 Asignación de Entradas digitales	- 70 -
Tabla 2.2 Asignación de Salidas tipo relé	- 71 -
Tabla 2.3 Partes del Editor Ladder Logic.....	- 73 -
Tabla 2.4 Objetos del lenguaje TWIDOSOFT	- 75 -
Tabla 2.5 Elementos de direccionamiento de bits.....	- 76 -
Tabla 2.6 Elementos de Direccionamiento de Palabras.....	- 77 -
Tabla 2.7 Direccionamiento Modbus para controladores TWIDO	- 96 -
Tabla 4.1 Pruebas de selección de voltaje.....	- 137 -
Tabla 4.2 Prueba de llenado de la Bomba	- 138 -
Tabla 4.3 Pruebas Funcionamiento Electroválvula-Pistón	- 142 -
Tabla 4.4 Pruebas de funcionamiento del sistema de llenado de botellas.....	- 143 -
Tabla 4.5 Pruebas de la velocidad de Comunicación	- 144 -
Tabla 4.6 Distancia y altura de ubicación de la WEBCAM.....	- 145 -
Tabla 4.7 Prueba contraste de la Imagen	- 146 -
Tabla 4.8 Prueba de rangos para Binarizar la Imagen.....	- 147 -
Tabla 4.9 Prueba eliminación de Partículas.....	- 148 -

ANEXOS

Anexo A: Datos transistor 2n3906

Anexo B: Datos regulador 7805

Anexo C: Datos Electroválvula 5/2

Anexo D: Datos Electroválvula ON-OFF

Anexo E: Datos pistón doble efecto

Anexo F: Datos web cam delux dlv-b522

Anexo G: Datos PLC twido TWDLCAA16DRF

Anexo H: Programación del sistema de llenado de botellas del PLC

Anexo I: Programación del sistema de llenado de botellas en LabVIEW

ANTECEDENTES

En la actualidad, la visión artificial es una ciencia que está permitiendo desarrollar aplicaciones como control de calidad de un producto mediante la búsqueda de fallas, automatización de procesos para la elaboración de un producto, mediante la adquisición y análisis automático de imágenes con el fin de extraer información que permita controlar un proceso o una actividad, prácticamente cualquier sector industrial puede beneficiarse de esta tecnología para acelerar sus procesos, para reducir sus costes de producción o para mejorar la calidad de sus productos finales.

A medida que la tecnología avanza, las industrias tienen la necesidad de modernizarse y automatizarse. Esto implica la búsqueda de nuevas alternativas de sistemas de control para usarse en diferentes aplicaciones. Las áreas de control y automatización de las industrias han evolucionado de forma que el Reconocimiento de Imágenes se ha vuelto clave en los procesos de control de calidad, y constituyen una parte importante del proceso de industrialización de cualquier producto.

La inspección de botella (o cualquier otra pieza) forma parte de la cadena productiva de un proceso industrial. Sin embargo se conoce que esta etapa del proceso no genera valor agregado al producto y generalmente es costoso. La definición de calidad del producto final para este proceso, se convierte en el análisis de la variación de llenado que presenta cada botella, para determinar si el producto es aceptado o rechazado.

Actualmente existen muchas herramientas para inspeccionar, la presente propuesta apunta hacia el uso de una máquina con visión, desarrollada sistemática y específicamente para las necesidades de inspección (a parte del control de llenado), y con la funcionalidad obtenida al utilizar tanto software como hardware, característico de este tipo de máquina.

La forma de inspección propuesta involucra la integración y el uso de una interfaz gráfica de usuario (HMI) y un arreglo de adquisición de imágenes por medio de una cámara CCD (WEBCAM); todo residiendo en un Computador Personal (PC), con la confiabilidad y robustez necesaria.

OBJETIVO GENERAL

Controlar e inspeccionar el llenado de botellas aplicando herramientas de Visión Artificial para el Laboratorio de Neumática e Hidrónica de la ESPE Sede Latacunga

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un prototipo de llenado semiautomático de botellas.
- Realizar la inspección y llenado de botellas, mediante la técnica de visión artificial para la toma de decisiones.
- Seleccionar las electroválvulas adecuadas para el prototipo.
- Utilizar dispositivos neumáticos para el movimiento del prototipo.
- Seleccionar el PLC adecuado para el control y manejo del prototipo.
- Desarrollar en LabVIEW un programa que permita la detección de niveles de llenado, usando el paquete IMAQ Visión de LabVIEW.
- Diseñar la interfaz visualización de la imagen.

JUSTIFICACIÓN

El proyecto de control e inspección del llenado de botellas, aplicando herramientas de visión artificial para el Laboratorio de Neumática e Hidrónica de la ESPE Sede Latacunga, se justifica porque facilitará el aprendizaje del Procesamiento Digital de Imágenes, aplicado a procesos industriales.

En el área del control de calidad del producto, que es un parámetro primordial en el sector empresarial; el proyecto de estudio e implementación es muy importante, porque permitirá mejorar el llenado de envase, con un error mínimo.

Además, el resultado principal de esta inspección, será de gran utilidad; ya que con la información proporcionada por el software de adquisición y procesamiento de la imagen, se podrá generar de forma simultánea e instantánea datos del volumen del líquido llenado en la botella, y otro tipo de información, necesaria para la toma de decisiones.

METAS DE PROYECTO

- Implementar un prototipo de llenado e inspección de botellas, para el Laboratorio de Neumática e Hidrónica.
- Utilizar un PLC como dispositivo de control del sistema de transporte y llenado de líquido en la botella.
- Utilizar una WEBCAM con buena resolución, para determinar el nivel de líquido en la botella.
- Manipular líquidos no transparentes, para el llenado de la botella, con el fin de facilitar la adquisición de imagen.
- Utilizar botellas transparentes en el proceso

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.- AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON PLCs.¹

Automatización Industrial (automatización; del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos.

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

1.1.1.- DESCRIPCIÓN DE UN PLC²

Un PLC o “autómata” es un dispositivo electrónico programable por el usuario que se utiliza para controlar, dentro de un entorno industrial, máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales.

¹http://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n_industrial

²http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/plcautomatizacion/

Normalmente se requiere un PLC para:

- Reemplazar la lógica de relés para el comando de motores, máquinas, cilindros, neumáticos e hidráulicos, etc.
- Reemplazar temporizadores y contadores electromecánicos.
- Actuar como interface entre una PC y el proceso de fabricación.
- Efectuar diagnósticos de fallas y alarmas.
- Controlar y comandar tareas repetitivas y peligrosas.
- Regulación de aparatos remotos desde un punto de la fábrica.

Sus principales beneficios son:

- Menor cableado, reduce los costos y los tiempos de parada de planta.
- Reducción del espacio en los tableros.
- Mayor facilidad para el mantenimiento y puesta en servicio
- Flexibilidad de configuración y programación, lo que permite adaptar fácilmente la automatización a los cambios del proceso.

1.1.1.1.- Principios básicos

Básicamente un PLC es el cerebro de un proceso industrial de producción o fabricación, reemplazando a los sistemas de control de relés y temporizadores cableados. Se puede pensar en un PLC como una computadora desarrollada para soportar las severas condiciones a las que puede ser sometida en un ambiente industrial.

Un Controlador Lógico Programable o PLC está compuesto por dos elementos básicos: la CPU o Unidad Central de Procesamiento y la interface de Entradas y Salidas, como se indica en la Figura 1.1.

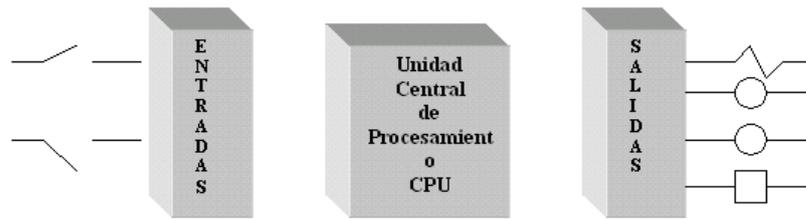


Figura 1.1 Partes de un PLC

En la Figura 1.2, se puede observar un esquema simplificado que representa las partes principales de una CPU: El procesador, la memoria y la fuente de alimentación. Este conjunto de componentes le otorgan la inteligencia necesaria al CPU para que lea la información de las entradas provenientes de diferentes dispositivos sensados (pulsadores, finales de carrera, sensores inductivos, medidores de presión, etc.), ejecuta el programa almacenado en la memoria y envía los comandos a las salidas para los dispositivos de control (pilotos luminosos, contactores, válvulas, solenoides, etc.).

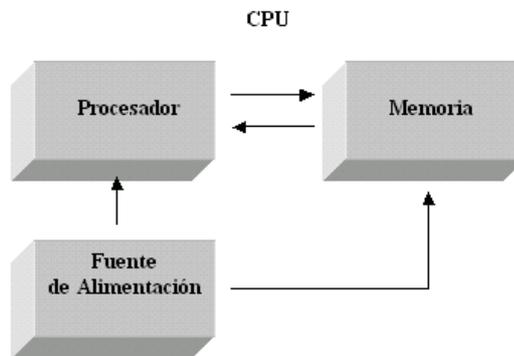


Figura 1.2 Partes del CPU

El proceso de lectura de entradas, ejecución del programa y control de las salidas se realiza en forma repetitiva y se conoce como SCAN o scanning. Finalmente la fuente de alimentación suministra todas las tensiones necesarias para la correcta operación de la CPU y el resto de los componentes.

Según el tipo de PLC que se escoja, podrá tener uno o más de estos lenguajes. Escalera (ladder), Lista de instrucciones (Assembler), Estructurado (Similar al Pascal), Bloques de Función y Diagrama Flujo de Secuencial (SFC o Graficet).

Cuando la aplicación crece en complejidad dado el tipo de señales a manejar, es posible incrementar la capacidad de Entradas/Salidas. Además permite el control de señales, tanto digitales como analógicas.

1.1.1.2.- Campos de aplicación de los PLCs

Hoy la tecnología ofrece PLCs acorde las necesidades de cada usuario y cada aplicación. Para automatizaciones de pequeña escala, como dosificadores, alimentadores para máquinas, montacargas, lavadoras industriales y de automóviles, control de barreras, calefacción, vidrieras, etc., casos de mediana complejidad donde se necesitan además señales analógicas y comunicación, por ejemplo máquinas inyectoras, cintas transportadoras, etc.; se utilizan por lo general PLCs compactos.

En aplicaciones de mayor complejidad como supervisión remota de subestaciones de energía, estaciones de bombeo, plantas potabilizadoras de agua, sistemas de control de luces en aeropuertos, líneas de producción en la industria automotriz, procesos de chancado y molienda en la industria cementera, etc.; se utilizan PLCs modulares.

Cuando la complejidad del proceso requiere gran velocidad de procesamiento del programa, manejo de lazos de control, alta prestación en múltiples protocolos de comunicación, elevada cantidad de entradas/salidas controladas en forma remota y descentralizada, como por ejemplo en la automatización de una planta siderúrgica, de un oleoducto, de una refinería, de una planta minera completa, de una planta de extracción de aceites, etc.; se utilizan por lo general grandes PLCs modulares.

La supervisión se puede realizar en dos niveles diferentes de complejidad:

- A nivel del operador, empleando terminales de diálogo hombre - máquina del tipo XBT Magelis.
- A nivel de planta, empleando una PC con un software de supervisión, comúnmente denominado SCADA, como por ejemplo el software PCIM.

1.2.- LABVIEW³

Este programa fue creado por National Instruments en 1976, en primera instancia para funcionar sobre máquinas Macintosh, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, Mac y Linux, la última versión que lanzó al mercado es la 8.5 con soporte para Windows Vista.

Su nombre proviene de las siglas en inglés Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW).

- LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos.
- LabVIEW es un programa construido sobre la base de objetos, la manera de construir aplicaciones es a través de una metodología de programación estructurada, utilizando como recurso la implementación de funciones que en este caso se denominan “SubVI”.
- Los programas en LabVIEW son llamados Instrumentos Virtuales y poseen la extensión .VI, los programas de LabVIEW constan de un panel frontal y de un diagrama de bloques. En el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y en el diagrama de bloques se programa en lenguaje G el funcionamiento del VI.

En la Tabla 1.1 se describe las partes principales que consta en un archivo LabVIEW

LabVIEW	
<i>Panel Frontal</i>	<i>Diagramas de Bloques</i>
Diseño de Interfaz	Lenguaje G
Fachada del Instrumento Virtual	Lógica del Programa

Tabla 1.1 Partes de un archivo de LabVIEW

³ <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
<http://www.scribd.com/doc/17335733/In-for-Me>

1.2.1.- PANEL FRONTAL⁴

El panel frontal (Figura 1.3) de un VI es una combinación de controles e indicadores. Los controles son aquellos elementos que entregan datos al diagrama de bloques, por entrada de datos desde el teclado o con el ratón, simulan los dispositivos de entrada de datos del VI y pasan los datos al diagrama de bloques del VI. Los indicadores son aquellos elementos que entregan datos al panel frontal desde el diagrama de bloque del VI, simulan los dispositivos de salida de datos.

Para adicionar controles o indicadores al panel frontal se seleccionan éstos de la paleta de controles, que se encuentra en una ventana flotante, y a la cual se accede presionando el botón derecho del ratón sobre el panel frontal; a los controles e indicadores se les puede cambiar el tamaño y la posición.

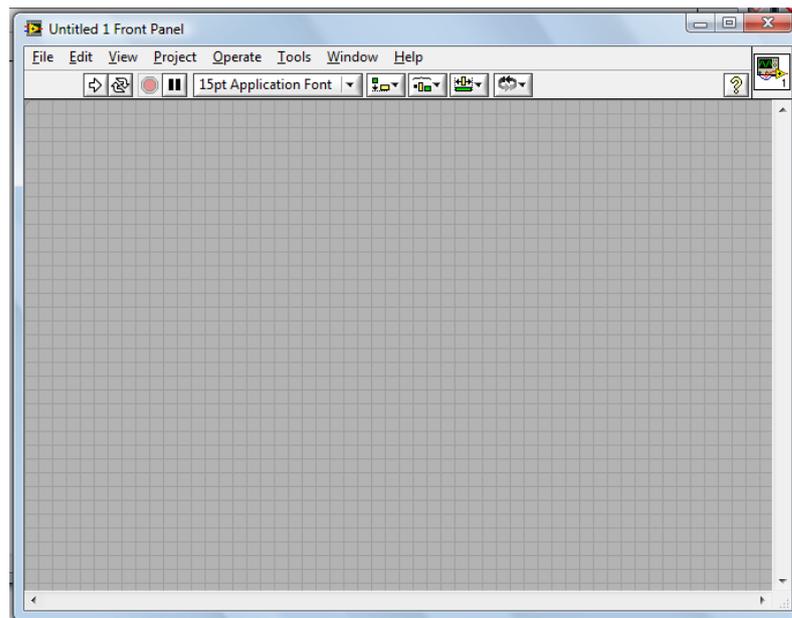


Figura 1.3 Panel Frontal de LabVIEW

1.2.2.- DIAGRAMA DE BLOQUES

Como se observa en la Figura 1.4, esta ventana almacena el código fuente gráfico (**Lenguaje G**) del Instrumento Virtual. Se construye este diagrama con bloques funcionales denominados nodos, conectándose o uniéndose entre sí según sea el

⁴ <http://148.202.148.5/cursos/17721/ModuloIII/tutoriallabview.pdf>

objetivo. Estos nodos realizan las funciones específicas necesarias para el VI y controlan el flujo de la ejecución del VI.

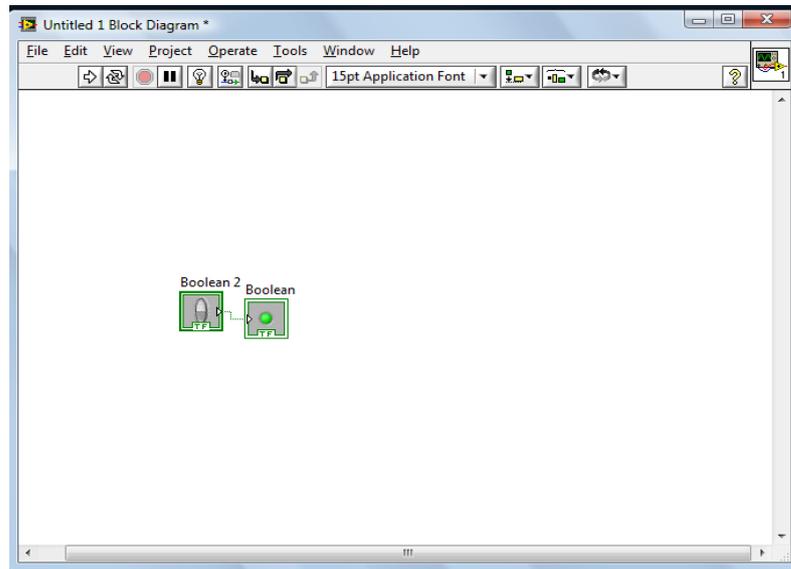


Figura 1.4 Diagrama de bloques de LabVIEW

1.2.3.- TIPOS DE DATOS EN LABVIEW

LabView ofrece una gran variedad de tipos de datos con los que se puede trabajar correspondiendo a las necesidades reales. En la Tabla 1.2 se indica los tipos de datos con los que trabaja LabView.

Variable	Representación	Tamaño
Long	I32	32 (4 bytes)
Word	I16	16(2 bytes)
Byte	I8	8 (1 byte)
Long Unsigned	U32	32 (4 bytes)
Word Unsigned	U16	16(2 bytes)
Byte Unsigned	U8	8 (1 byte)
Extended	EXT	96 (12 bytes)
Double	DBL	64 (8 bytes)
Single	SGL	32 (4 bytes)
Complex Extended	CXT	192 (24 bytes)
Complex Double	CDB	128 (16 bytes)
Complex Single	CSG	64 (8 bytes)
Cadena (String)	abc	1 byte/caracter
Arreglos (Cluster)	Según el tipo de los elementos del arreglo	
Path		
Device		

Tabla 1.2 Tipos de datos en LabVIEW

Se distingue los siguientes tipos, los cuales pueden funcionar tanto como controles como indicadores:

- **Boolean**

Los tipos de datos booleanos son enteros de 16 bits. El bit más significativo contiene el valor Booleano. Si el bit 15 se pone al 1, entonces el valor del control o indicador es true (Verdadero) por el contrario, si este bit 15 vale 0, el valor de la variable booleana será false (falso).

- **Numéricos:** Hay diferentes tipos

- **Extended**

Según el modelo de ordenador que se utilice los números de coma flotante con precisión extendida presentan el siguiente formato: Macintosh: 96 bits (formato precisión extendida MC68881- MC68882), Windows: 80 bits (formato precisión extendida 80287):128 Bits HP-UX son almacenados como números en coma flotante de doble Precisión.

- **Double**

Los números en coma flotante de doble precisión cumplen con el formato de doble precisión IEEE de 64 bits. Es el valor por defecto de LabVIEW.

- **Single**

Los números en coma flotante de precisión simple cumplen con el formato de precisión simple IEEE de 32 bits.

- **Long integer**

Los números enteros largos tienen un formato de 32 bits, con o sin signo.

- **Word integer**

Tiene un formato de 16 bits, con o sin signo.

- **Byte Integer**

Tienen un formato de 8 bits, con o sin signo.

- **Unsigned Long**

Entero largo sin signo.

- **Unsigned Word**

Palabra sin signo.

- **Unsigned Byte**

Byte sin signo.

- **Complex Extended**

Número complejo con precisión extendida.

- **Complex Double**

Complejo con precisión doble.

- **Complex Single**

Complejo con precisión simple.

- **Arrays** (depende del tipo de datos que contenga).

LabVIEW almacena el tamaño de cada dimensión de un array como long Integer seguido por el dato.

- **Strings**

LabVIEW almacena los strings como si fuera un array uni-dimensional de bytes enteros (caracteres de 8 bits).

- **Handles**

Un handle es un puntero que apunta a un bloque de memoria relocalizable. Un handle solo apunta a datos definidos por el usuario. LabVIEW no reconoce que es lo que hay en ese bloque de memoria. Es especialmente útil para pasar un bloque de datos por referencia entre nodos de interface de código (code interface Nodes o CInS).

- **Paths**

LabVIEW almacena las componentes tipo y número de un path en palabras enteras, seguidas inmediatamente por las componentes del path. El tipo de path es 0 para un path absoluto y 1 para un path relativo. Cualquier otro valor indicaría que el path no es válido. Cada componente del path es una cadena pascal (P-string), en la cual el primer byte es la longitud de la Pstring (sin incluir el byte de longitud).

- **Clusters**

Un clusters almacena diferentes tipos de datos de acuerdo a las siguientes normas: Los datos escalares se almacenan directamente en el cluster; los arrays, strings, handles y paths se almacenan indirectamente. El cluster almacena un handle que apunta al área de memoria en la que LabVIEW ha almacenado realmente los datos.

1.2.4.- VENTAJAS DE LABVIEW

Algunas de las ventajas que proporciona LabVIEW son las siguientes:

- Es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC, sin embargo LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los mencionados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o Lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.
- Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean íconos y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.
- Posee extensas librerías de funciones y subrutinas, además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías

específicas para la adquisición de datos, controles de la instrumentación, interfaces de comunicaciones: puerto serie, puerto paralelo, GPIB, PXI, VXI, TCP/IP, UDP, DataSocket, Irda, Bluetooth, USB, OPC.

- Integra gran variedad de Hardware y Software, está altamente integrado, por lo que se puede configurar y usar rápidamente cualquier dispositivo de medida que se tenga. Con LabVIEW puede conectarse a miles de instrumentos para construir sistemas de medida completos, incluyendo desde cualquier tipo de instrumento autónomo hasta dispositivos de adquisición de datos, controladores de movimiento y sistemas de adquisición de imagen. Además trabaja con más de 1000 librerías de instrumentos de cientos de fabricantes, y muchos fabricantes de dispositivos de medida incluyen herramientas de LabVIEW con sus productos.
- Puede construir sistemas definidos por el usuario mucho más rápidamente que con métodos tradicionales, ya que las necesidades de las aplicaciones cambian, los sistemas definidos por el usuario de LabVIEW tienen la flexibilidad necesaria para poder modificarlos sin la necesidad de incorporar equipos nuevos. Utilizando un sistema basado en LabVIEW, tiene acceso a sistemas de instrumentación completos con un coste mucho más bajo que un único instrumento comercial. National Instruments también asegura que los programas que desarrolla hoy pueden migrar para aprovechar las tecnologías del futuro.
- Está optimizado para el desarrollo de las aplicaciones de medida y automatización más exigentes. Debido a que la instrumentación virtual está basada en la tecnología informática estándar, se puede disfrutar de un crecimiento exponencial en el rendimiento. Con LabVIEW puede desarrollar sistemas con el rendimiento necesario para las aplicaciones más exigentes, tanto en laboratorio como en producción, un sistema de medida más rápido se traduce en un aumento de la producción.
- En pruebas de producción, se ha convertido en una herramienta de desarrollo estándar en la industria para aplicaciones de monitoreo, combinado con el

entorno ejecutor de pruebas TestStand de National Instruments y la librería de controladores de instrumentos más amplia de la industria proporciona una plataforma de pruebas consistente e integrada para un sistema completo.

- Para investigación y análisis; para registrar y analizar resultados reales para aplicaciones en sectores como el de investigación, de energía y muchos otros. Para las aplicaciones que requieren sonido y vibración, procesamiento de imagen, análisis de tiempo y frecuencia conjunta y diseño de filtros digitales, LabVIEW ofrece software extra especialmente diseñado para aumentar la velocidad de desarrollo del sistema.
- Se pueden realizar medidas y control de alta velocidad con muchos canales. Para aplicaciones de automatización industrial complejas y a gran escala National Instruments ha desarrollado el módulo de Datalogging and Supervisory Control, con el que se puede monitorear un gran número de puntos de E/S, comunicarse con controladores industriales, redes y proporcionar un control basado en PC.
- Es ideal para monitorear maquinarias y para aplicaciones de mantenimiento predictivo que necesitan de análisis de vibraciones, análisis de imágenes o control de movimiento.

1.3.- COMUNICACIÓN PC-PLC⁵

Este tipo de comunicación se basa en la comunicación OPC (OLE for Process Control) que es el nombre original para el estándar desarrollado en 1996 por una fuerza de automatización industrial.

El estándar especifica la comunicación de los datos de la planta en tiempo real entre dispositivos de control a partir de diferentes fabricantes. El estándar ahora es mantenido por la Fundación OPC y ha sido renombrada a Acceso estándar de Datos OPC.

⁵ <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6296>

OPC fue diseñado para cubrir la brecha entre las aplicaciones basadas en Windows y las aplicaciones del hardware de control de procesos. Es un estándar abierto que permite una metodología consistente para tener acceso a datos de campo a partir de dispositivos en la planta.

Esta metodología continúa siendo la misma a pesar del tipo y fuente de datos, tradicionalmente cuando un paquete de software requería acceso a los datos a partir de un dispositivo, una interface o dispositivo de comunicación, debía escribirse.

El propósito de la OPC es definir una interface común escrita una sola vez para usarse posteriormente en paquetes de software SCADA, HMI, o estándar. En la Figura 1.5 se presenta la estructura de un sistema OPC.

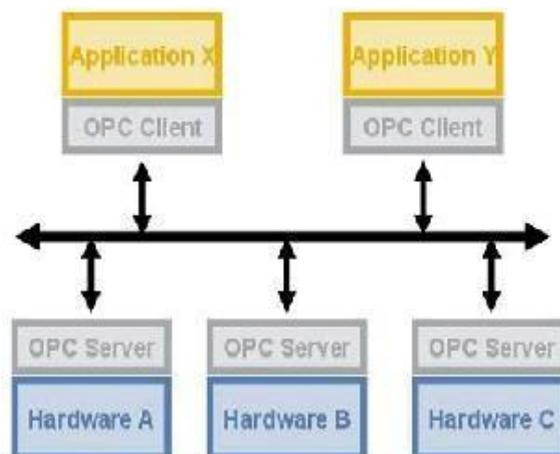


Figura 1.5 Diagrama de bloques del OPC

Una vez que el servidor OPC está escrito para un dispositivo en particular, puede ser utilizado nuevamente por una aplicación capaz de actuar como un cliente OPC. Los servidores OPC utilizan la tecnología OLE de Microsoft (también conocida como Componente del Modelo de Objeto, o COM) para comunicarse con clientes.

Con LabVIEW 8.5 y versiones más actuales, se puede publicar cualquier tipo de datos que tenga un servidor nativo OPC utilizando una variable compartida. Por lo

que se puede publicar cualquier dato que tenga LabVIEW en cualquier aplicación que pueda actuar como Cliente OPC.

1.3.1.- CONEXIÓN DE LABVIEW MEDIANTE LOOKOUT.

Mediante el software de LabVIEW es posible controlar cualquier PLC (Controlador Lógico Programable) en una variedad de formas.

Lookout Protocol Drivers OPC Server, define el estándar para comunicar datos en tiempo real entre los dispositivos de control y las interfaces hombre-máquina (HMI). Los servidores OPC están disponibles virtualmente para todos los PLCs.

Para utilizar el Lookout OPC Server, todo lo que se necesita hacer es crear un proceso de archivo para ejecutar una o más de los drivers, y luego se podrá acceder al PLC de hardware a través de una conexión OPC entre el software de aplicación y el servidor OPC.

Para utilizar este conjunto de Drivers en LabVIEW u otro software, se debe configurar primero uno o varios objetos del controlador como se describirá más adelante.

1.3.1.1.- Configuración Lookout.⁶

Para configurar el Protocolo de Lookout OPC, se realizará los siguientes pasos:

1. Ingresar al menú Inicio, ejecutar la carpeta National Instruments, abrir Lookout Protocolo de drivers OPC Application Server, como se muestra en la Figura 1.6. En el Lookout, seleccionar **File »New** para crear un nuevo proceso (Figura 1.7)

⁶ Lookout Protocol Drivers OPC Server 4.5 Help

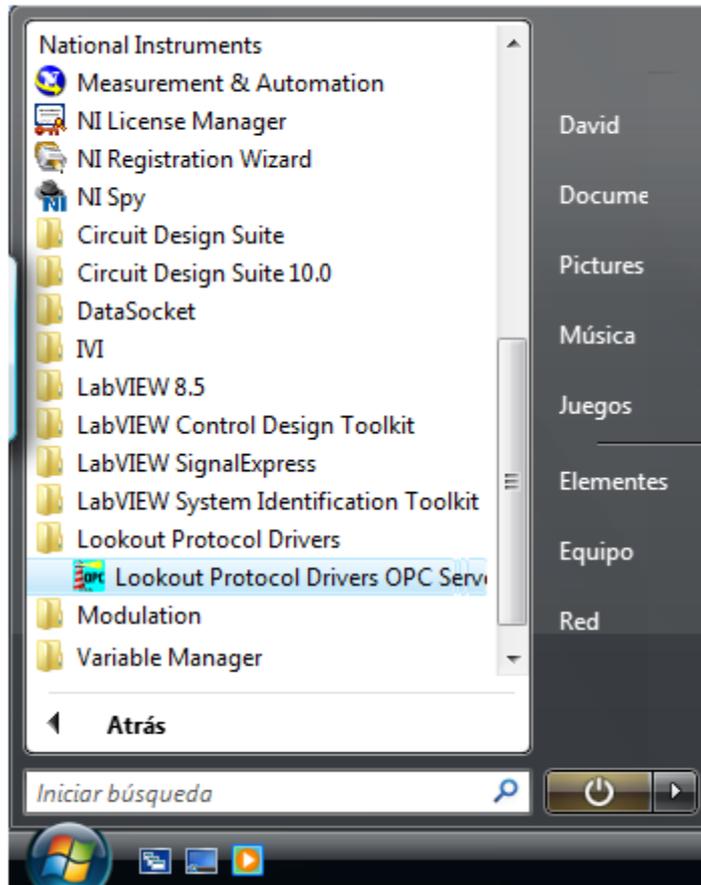


Figura 1.6 Ejecución de Lookout.

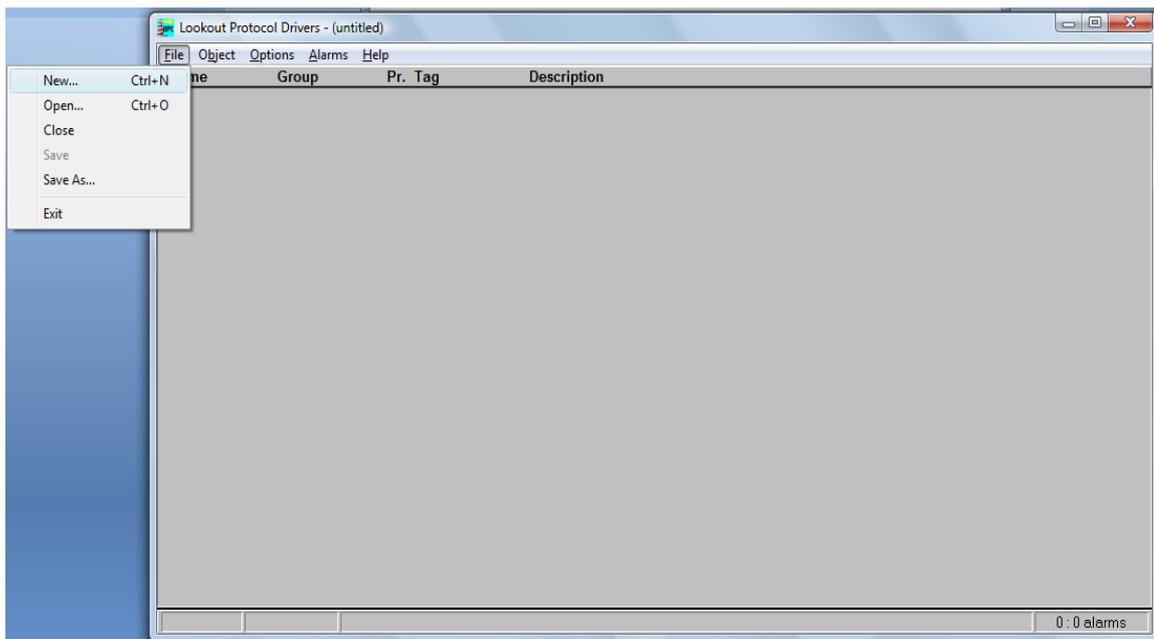


Figura 1.7 Creación de un nuevo proyecto

2. Para crear un nuevo objeto, seleccione en la barra principal **Objet »Create** y seleccionar la clase de objeto a escoger en la ventana (Figura 1.8).

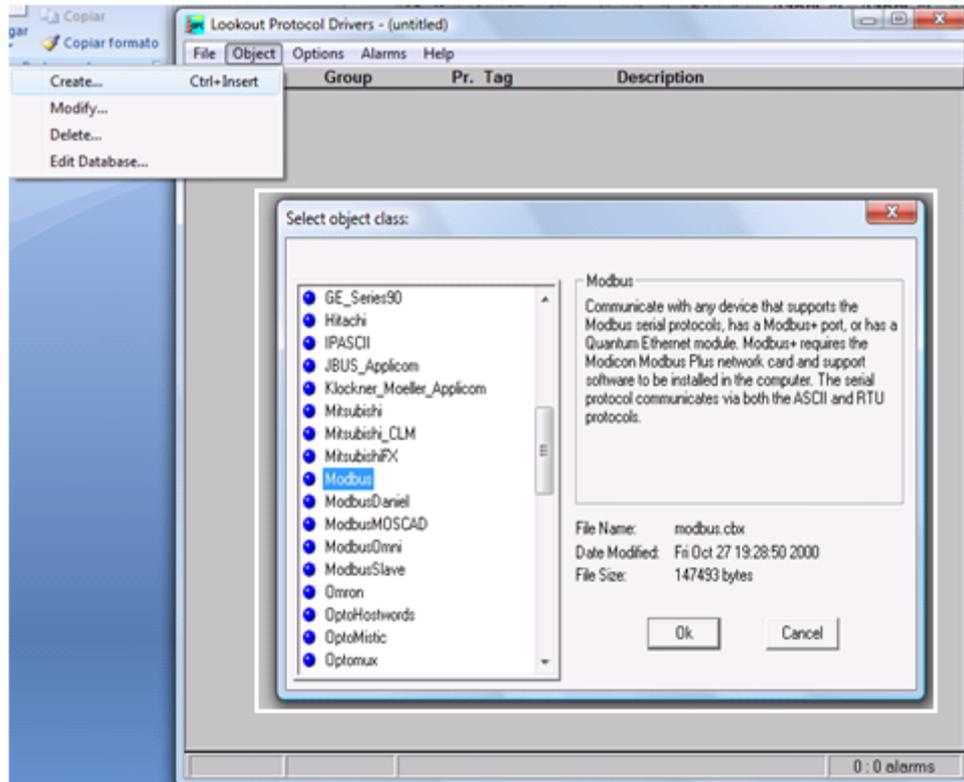


Figura 1.8 Creación de objetos.

3. Configurar el objeto, darle un nombre, seleccionar la interfaz de conexión, para que pueda ser leído como se muestra en la Figura 1.9.

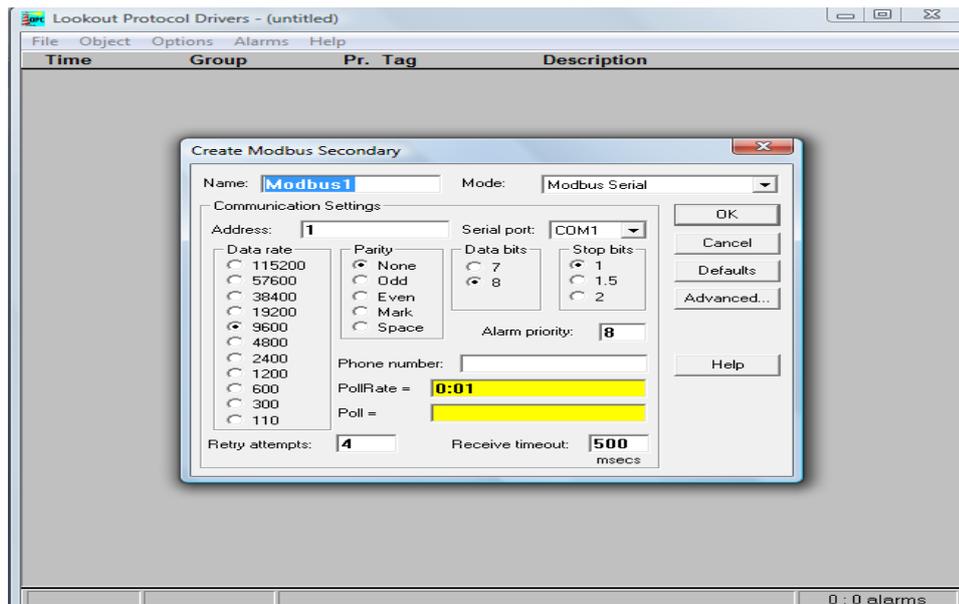


Figura 1.9 Configuración del objeto.

4. Seleccione **File » Save** para salvar el proceso (Figura 1.10).

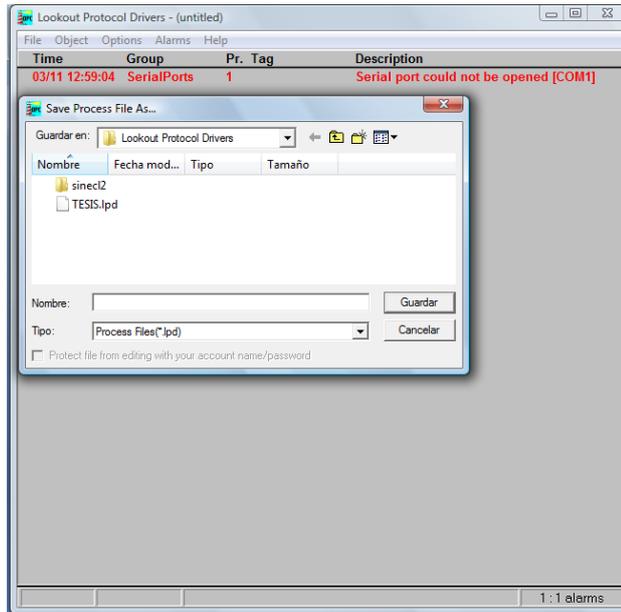


Figura 1.10 Guardar archivo.

5. Cerrar el Lookout, seleccionando **File » Exit**. Antes de cerrar, un cuadro de diálogo preguntará si desea que el archivo actual esté en proceso. Si selecciona Sí, en cualquier momento el servidor utilizará automáticamente el archivo del proceso (Figura 1.11).

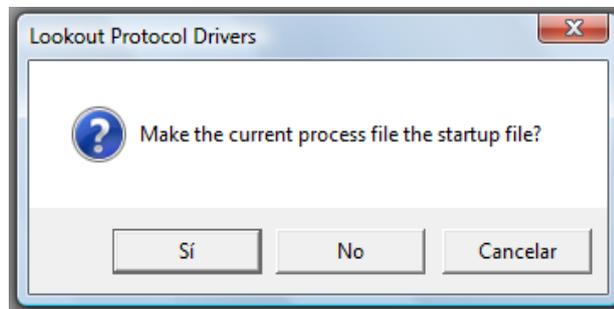


Figura 1.11 Cuadro de dialogo para cerrar Lookout.

Después de haber creado, configurado y guardado el proceso del Lookout OPC Server, la siguiente operación de servidor OPC se debe llevar a cabo a través de LabVIEW.

6. En LabVIEW se puede crear enlaces de datos con Lookout, seleccionando con clic derecho sobre el control que contiene los datos a utilizar, en el menú se elige **Properties » Data Binding** como se observa en la Figura 1.12 en la que se

podrá elegir si los datos se leerán, se escribirán, y cuál es la dirección del servidor.⁷

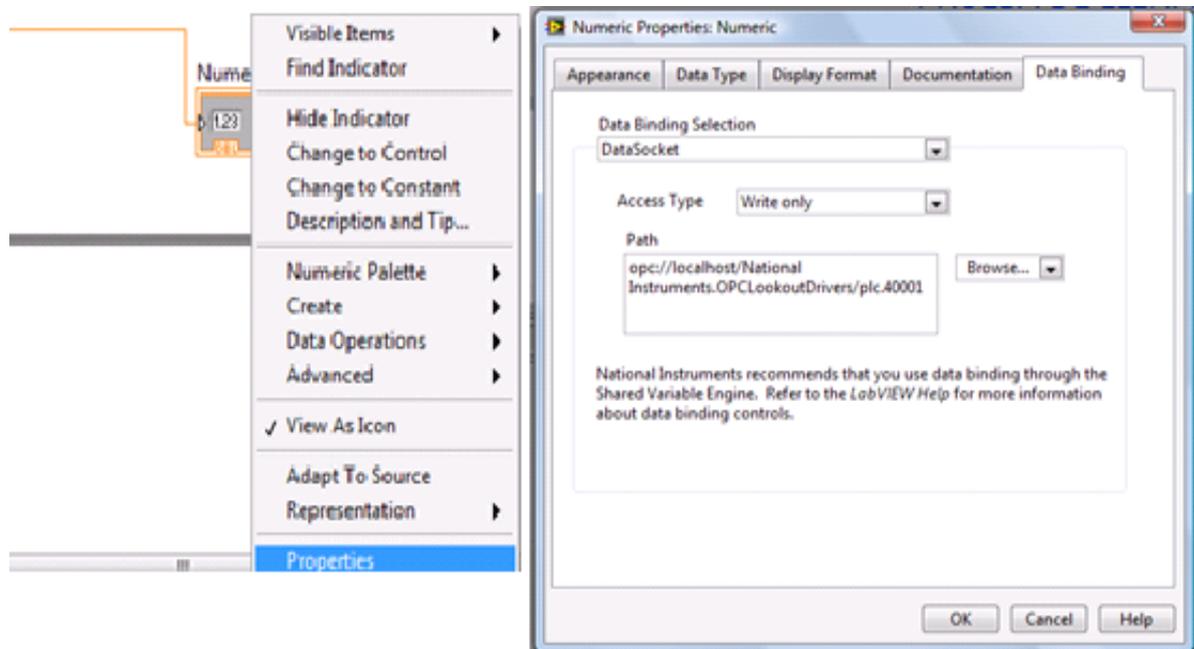


Figura 1.12 Método de comunicación de LabVIEW-Lookout

1.4.- Fundamentos de la Visión Artificial⁸

La visión artificial o la visión robótica es la adquisición automática de imágenes sin contacto y su análisis es también automático con el fin de extraer la información necesaria para controlar un proceso o una actividad como:

- Control de calidad.
- Ordenamiento por calidades.
- Manipulación de materiales.
- Test y calibración de aparatos.
- Monitoreo de procesos.
- Llenado de botella, etc.

⁷ <http://books.google.com.ec/books?id=ZYAYyO8CmilC&pg=PA212&lpg=PA212&dq=data+binding+labview>

⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n_artificial

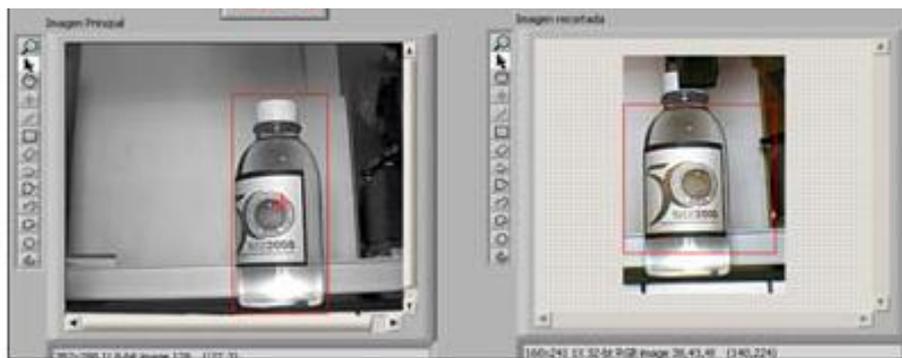


Figura 1.13 Ejemplo de Detección de botellas

La Visión artificial, también conocida como Visión por Computador o Visión técnica, es un subcampo de la inteligencia artificial.

El propósito de la visión artificial es programar un computador para que entienda una escena o las características de una imagen. Como se puede observar en la Figura 1.13 un ejemplo de visión y detección de botellas.

1.4.1.- Objetivo de la visión artificial⁹

Con visión artificial, se puede inspeccionar cada pieza en lugar de muestrear en forma aleatoria y esperando que el resto de las piezas estén bien.

Debido a que las herramientas de visión artificial no son destructivas, se puede asegurar que ninguna de las piezas sea dañada en el proceso de medición, mientras que logra mediciones de alta precisión, en la Figura 1.14 se puede observar que mediante la visión artificial se detecta imágenes semejantes.



Figura 1.14 Ejemplos de Aplicaciones de Visión Artificial

⁹ <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6908>

Muchas otras tareas no pueden ser realizadas efectivamente o no pueden ser realizadas del todo con sensores tradicionales. Verificar etiquetas, contar píldoras que entran a una botella, monitoreo de velocidad de balas, leer o verificar textos en empaques, leer códigos de barra de una y dos dimensiones, y muchas otras aplicaciones son tareas simples si se cuenta con software y hardware de Visión Artificial lo suficientemente poderoso para realizar las mediciones.

Se puede implementar muchas otras aplicaciones utilizando herramientas tradicionales, pero la Visión Artificial hace que esas tareas sean mucho más fáciles.

En el proceso de la visión artificial incluyen:

- La detección, segmentación, localización y reconocimiento de ciertos objetos en imágenes (por ejemplo, caras humanas).
- La evaluación de los resultados (por ejemplo, segmentación, registro).
- Registros de diferentes imágenes de una misma escena u objeto, hacer concordar un mismo objeto en diversas imágenes.
- Seguimiento de un objeto en una secuencia de imágenes.
- Seguimiento o mapeo de una escena para generar un modelo tridimensional de la escena.
- Búsqueda de imágenes digitales por su contenido.

Estos procedimientos se consiguen por medio de reconocimiento de patrones, aprendizaje estadístico, geometría de proyección, procesado de imágenes, teoría de gráficos y otros campos.

Un sistema de visión artificial se compone básicamente de los siguientes elementos (Figura 1.15):

- **Fuente de luz:** Es un aspecto de vital importancia ya que debe proporcionar unas condiciones de iluminación uniformes e independientes

del entorno, facilitando además, si es posible, la extracción de los rasgos de interés para una determinada aplicación.

- **Sensor de imagen:** Es el encargado de recoger las características del objeto bajo estudio.
- **Tarjeta de captura o adquisición de imágenes:** Es la interfaz entre el sensor y la computadora o módulo de proceso que permite al mismo disponer de la información capturada por el sensor de imagen.
- **Algoritmos de análisis de imagen:** Es la parte inteligente del sistema. Su misión consiste en aplicar las transformaciones necesarias y extracciones de información de las imágenes capturadas, con el fin de obtener los resultados para los que haya sido diseñado.
- **Computadora o módulo de proceso:** Es el sistema que analiza las imágenes recibidas por el sensor para extraer la información de interés en cada uno de los casos implementando y ejecutando los algoritmos diseñados para la obtención de los objetivos.
- **Sistema de respuesta en tiempo real:** Con la información extraída, los sistemas de visión artificial pueden tomar decisiones que afecten al sistema productivo con el fin de mejorar la calidad global de producción.

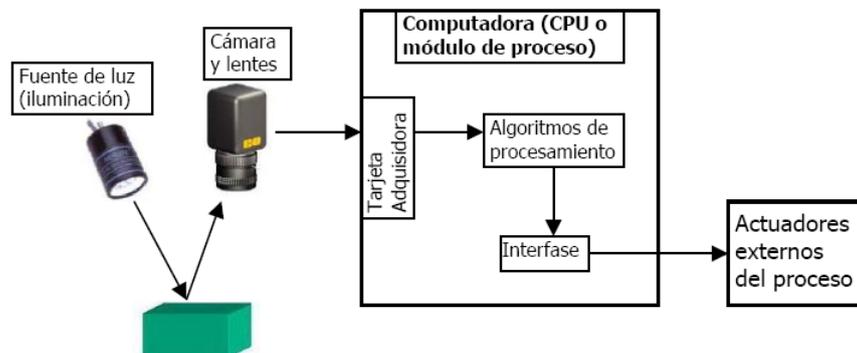


Figura 1.15 Elementos de un sistema de visión artificial.

1.4.2.- IMAGEN¹⁰

Una imagen digital es una representación bidimensional de una imagen utilizando bits, dependiendo de si la resolución de la imagen es estática o dinámica. Una

¹⁰ http://www.ieschirinos.com/index.php?module=mosaico10_08a

imagen digital suele estar representada por miles de píxeles (llamado raster) que, vistos en conjunto, forman una fotografía, un gráfico, o pueden estar hechos por vectores.

Las imágenes digitales se pueden obtener de varias formas:

- Por medio de dispositivos de conversión analógica-digital como los escáneres y las cámaras digitales.
- Directamente mediante programas informáticos, como por ejemplo realizando dibujos con el mouse en Autocad o Paint.

Las imágenes digitales se pueden modificar mediante filtros, añadir o suprimir elementos, modificar su tamaño, etc. y almacenar en un dispositivo de grabación de datos.

1.4.2.1.- Construcción de la imagen en la pantalla del ordenador

Podría considerarse la pantalla del ordenador como un panel formado por celdas cuadradas (píxel). Cada píxel es un elemento fotosensible de estado sólido que genera y almacena una carga eléctrica cuando es iluminado. El píxel o sensor es el bloque básico constructivo de una imagen CCD. En la mayoría de configuraciones el sensor incluye una circuitería que almacena y transfiere su carga hacia un registro de desplazamiento. Éste convierte la matriz de cargas espaciales de la imagen CCD en una imagen de vídeo variable en el tiempo

1.4.2.2.- Tipos de imagen ¹¹

A grandes rasgos se puede dividir las imágenes digitales en dos grandes grupos:

a. Imágenes vectoriales.

En las que la información de cada uno de los puntos se recoge en forma de ecuación matemática, que lo relaciona con el resto de los puntos que forman la imagen.

¹¹ <http://webdelprofesor.ula.ve/humanidades/raymond/computacion2/archivos/ImagenDigital.doc>

Ofrece la gran ventaja de que la calidad de la imagen no varía al modificar el tamaño, ya que la información de cada punto no es absoluta sino relativa al resto de la imagen. Además, debido a su definición matemática apenas ocupa espacio, ya que una fórmula que represente su forma es suficiente para representar todos los puntos que la componen, es el tipo adecuado para el diseño de línea y figura y no es soportado de forma directa por los programas navegadores de Internet (Figura 1.16)

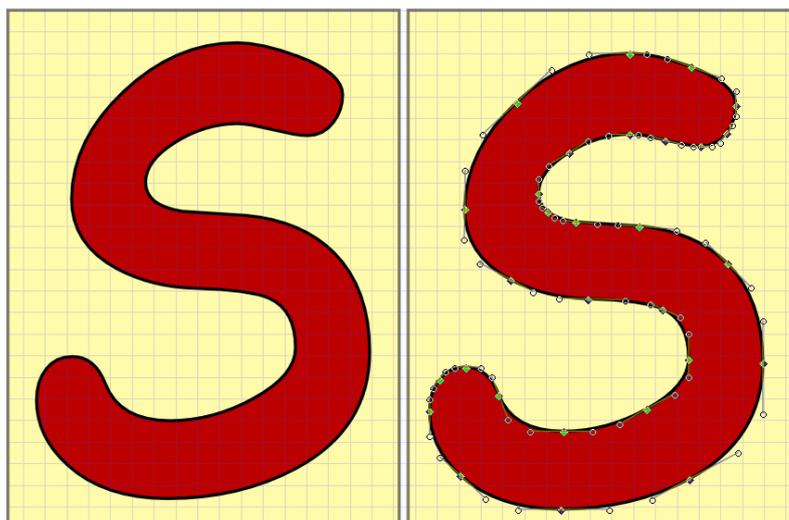


Figura 1.16 Ejemplo de Imagen Vectorial

b. Imágenes de mapa de bits o bitmap

Se construyen describiendo cada uno de los puntos que componen la imagen y llevan, por tanto, información acerca de la posición absoluta y el color de cada uno de ellos (Figura 1.17). La ventaja que presenta este formato es la posibilidad de recoger una amplísima gama tonal, por lo que es el tipo adecuado para representar imágenes captadas de la realidad.

A cambio, la variación de tamaño supondrá modificaciones en la calidad, ya que el número de celdas que forman la imagen permanece invariable, por lo que un aumento del tamaño hace que el único recurso posible sea ampliar el tamaño de cada una de ellas. Dentro de este tipo se encuentran muchos formatos, algunos de los cuales son soportados directamente por los navegadores.

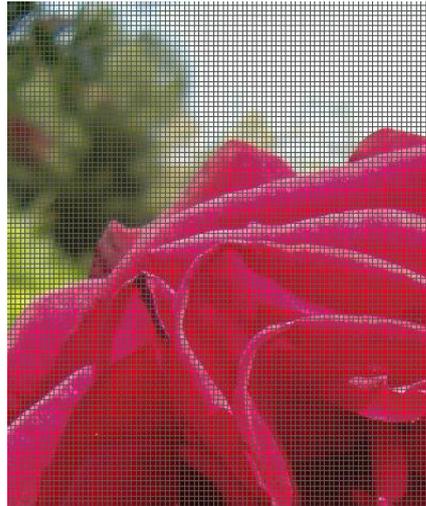


Figura 1.17 Ejemplo de Imagen de bits

1.4.2.3.- Resolución de la imagen

Es el número de píxeles mostrados por unidad de longitud impresa en una imagen, que normalmente se mide en píxeles por pulgada (ppi, pixels per inch) (ppp, píxeles por pulgada).

La resolución de imagen y las dimensiones en píxeles son interdependientes. La cantidad de detalle de una imagen depende de sus dimensiones en píxeles, mientras que la resolución de imagen controla el espacio que ocupan los píxeles impresos, como se puede observar en la Figura 1.18.

Dimensión = 150x150 píxeles	Dimensión = 150x150 píxeles	Dimensión = 150x150 píxeles
Resolución = 96 ppp	Resolución = 150 ppp	Resolución = 200 ppp
Tamaño = 4 cm.	Tamaño = 1 pulgada = 2,54 cm	Tamaño = 2 cm.
		

Figura 1.18 Ejemplos de Resolución de Imagen

1.4.3.- PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.¹²

El procesamiento digital de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información como se puede observar en la Figura 1.19.

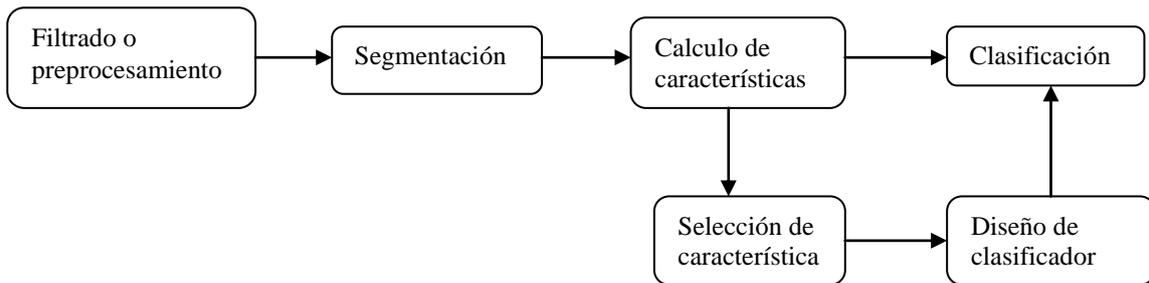


Figura 1.19 Etapas de aplicación de Visión Artificial.

1.4.3.1.- Filtrado o Pre-procesamiento

Cuando se adquiere una imagen mediante cualquier sistema de captura, por lo general esta no es directamente utilizable por el sistema de visión. La aparición de variaciones en intensidad debidas al ruido, por deficiencias en la iluminación, o la obtención de imágenes de bajo contraste, hace necesario un preprocesamiento de la imagen con el objetivo fundamental de corregir estos problemas, además de aplicar aquellas transformaciones a la imagen que acentúen las características que se deseen extraer de las mismas, de manera que se facilite las operaciones de las etapas posteriores.

Algunas de las técnicas más habituales son:

- **Conversión de los niveles de gris:** su objetivo es la mejora de la calidad de la imagen.

¹² http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_arquivos/8/TDE-2007-05-21T07:07:47Z-264/Publico/Betania%20Bellera%20Parte%20I.pdf

- **Transformaciones geométricas:** los objetivos de ésta son la corrección de la perspectiva y la reconstrucción tridimensional de los objetos de la escena.
- **Transformación del histograma:** las transformaciones del histograma pueden facilitar la segmentación de objetos de la imagen, aunque habitualmente sólo sirve para modificar el contraste de la imagen y el rango dinámico de los niveles de gris.
- **Filtrado espacial y frecuencial:** dado que pueden suponer una importante modificación de la imagen original, generalmente sólo se consideran filtrados aquellas operaciones realizadas en el dominio espacial o frecuencial que suponen transformaciones pequeñas de la imagen original.

1.4.3.2.- Segmentación o aislamiento de los objetos de interés

Cuando ya se dispone de la imagen capturada y filtrada, es necesario aislar o separar los objetos de interés de la escena. Se pretende por tanto dividir una imagen en diferentes regiones, o dicho de otra forma, detectar automáticamente los bordes entre los elementos o regiones. Las operaciones de segmentación de una escena dependen de la propia escena y de la información que se busque dentro de la imagen.

Por ejemplo en una imagen médica se usa para aislar zonas enfermas de los órganos, o para detectar y contar microorganismos en microscopia. Industrialmente, se usa como primer paso para la medición de piezas, para determinar la correcta disposición del etiquetado de los envases (aislar el envase, aislar la etiqueta, determinar si la relación entre estos dos objetos es correcta), para la medición de irregularidades en superficies homogéneas, etc.

Las técnicas básicas de segmentación se pueden dividir en dos grupos:

- Aplicación de umbrales de niveles de gris (**“Segmentación por umbralización - Método de Otsu.”**).

- Extracción de bordes.

a. Segmentación por Umbralización- Método de Otsu¹³

La umbralización es una técnica de segmentación ampliamente utilizada en las aplicaciones industriales. Se emplea cuando hay una clara diferencia entre los objetos a extraer respecto del fondo de la escena.

Los principios que rigen son la similitud entre los píxeles pertenecientes a un objeto y sus diferencias respecto al resto. Por tanto, la escena debe caracterizarse por un fondo uniforme y por objetos parecidos.

Al aplicar un umbral, T , la imagen en escala de grises, $f(x,y)$, quedará binarizada; etiquetando con '1' los píxeles correspondientes al objeto y con '0' aquellos que son del fondo (Figura 1.20)

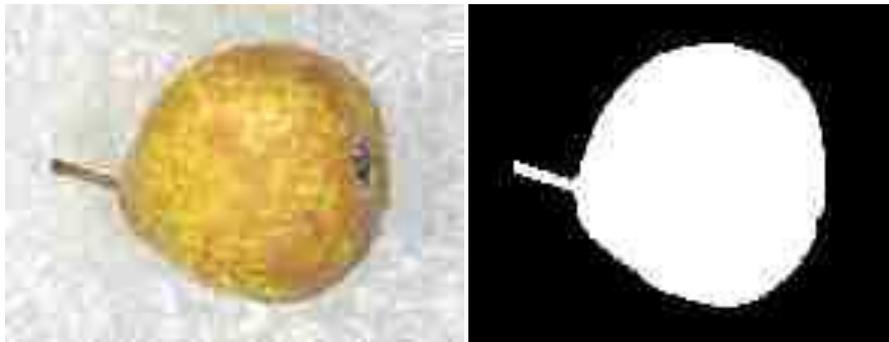


Figura 1.20 Ejemplo de Método Otsu

b. Extracción y detección de bordes

La detección de bordes es usada en las aplicaciones en donde se requiera identificar y localizar discontinuidades en la intensidad de los píxeles de la imagen. A un borde se le conoce como un cambio significativo de valores en escala de grises entre los píxeles adyacentes de una imagen.

El detector de bordes de IMAQ Visión trabaja usando un arreglo de una sola dimensión como se muestra en la Figura 1.21.

¹³ http://newton.azc.uam.mx/mcc/01_esp/11_tesis/tesis/terminada/080513_garcia_santillan_elias.pdf



Figura 1.21 Detección de Bordes

La fuerza del borde define la diferencia mínima en escala de grises entre el fondo y el borde. La fuerza de borde también se le conoce como contraste de borde, y ésta puede variar por condiciones de iluminación o por diferencias en las características de la escala de grises.

Si la luz de iluminación es baja, la fuerza de borde tiende a ser pequeña y difícil de detectar. Por otro lado la presencia de objetos brillantes hace que otros objetos en la imagen aparezcan con poca intensidad

1.4.3.3.- Selección de características

Con los objetos a estudiar, es necesario extraer una serie de medidas que los caractericen adecuadamente, en forma de vector de características.

Como norma general, para la elección de características se intenta que:

- Sean discriminantes, es decir, tengan valores numéricos diferentes para clases diferentes.
- Sean fiables, es decir, tengan valores *parecidos* dentro de una misma clase.

- Se calculen en un tiempo aceptable, de manera que sea utilizable en problemas de tiempo real.

Dado que las características relevantes son a menudo desconocidas a priori, habitualmente se introducen muchas características candidatas para intentar representar mejor las clases, aún cuando muchas de ellas puedan ser parcial o completamente redundantes o irrelevantes.

1.4.4.- ILUMINACIÓN PARA VISIÓN ARTIFICIAL ¹⁴

La iluminación es el aspecto más decisivo de cualquier aplicación de visión artificial. Eligiendo la técnica adecuada de iluminación se puede lograr un aumento en la exactitud, en la fiabilidad del sistema y en su tiempo de respuesta. Es un error muy serio y costoso asumir que se puede compensar una iluminación inadecuada con un algoritmo.

El desarrollo constante de nuevas tecnologías de visión artificial ha permitido a tales sistemas ser utilizados en aplicaciones como medición, inspección y monitoreo de procesos en la industria. La llegada de las computadoras rápidas, los circuitos integrados de procesamiento digital de señales y los lenguajes de nivel más alto han incrementado la capacidad de la visión artificial.

Sin embargo, aún hay un área que sigue siendo indefinida y poco equipada: la iluminación. La iluminación es un problema único en el desarrollo de la aplicación de visión artificial.

1.4.4.1.- Fundamentos de la iluminación.

Existen reglas bien establecidas para la elección de un tipo de lente. Por el contrario, son mucho menos las reglas establecidas para la elección de una buena iluminación, aún cuando esta última es tan importante como la elección adecuada de la lente para obtener imágenes utilizables. Para que una

¹⁴ http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_arquivos/8/TDE-2007-05-21T07:07:47Z-264/Publico/Betania%20Bellera%20Parte%20I.pdf

característica aparezca en una imagen, la luz debe venir de la fuente de iluminación, reflejarse en el objeto y ser recolectada por la lente (Figura 1.22)



Figura 1.22 Ejemplo de Iluminación

1.4.4.2.- Tipos de Reflexión

La luz es reflejada por los objetos de dos maneras llamadas **reflexión especular** y **reflexión difusa**. En la reflexión especular, cada rayo incidente se refleja en una única dirección (los rayos reflejados son paralelos). Una pista de estaño en un circuito o un espejo exhiben reflexión especular. Por otro lado, en la reflexión difusa los rayos incidentes son dispersados en un rango de ángulos salientes.

En realidad, los objetos exhiben todas las clases de conductas entre los extremos de la reflexión especular y la difusa. Los rayos de luz reflejados por una superficie pulida de metal tienen una componente direccional dominante (reflexión especular) pero que es difundida parcialmente por irregularidades de la superficie (reflexión difusa).

a. Reflexiones Especulares

Las reflexiones especulares son brillantes pero poco confiables. Son brillantes porque la intensidad de la reflexión es comparable con la intensidad de la luz que proviene de la fuente. En muchos casos, las reflexiones especulares saturan al sensor de la cámara. Las reflexiones especulares no son confiables debido a que

un pequeño cambio en el ángulo entre la fuente de luz, el objeto y las lentes puede causar que la reflexión especular desaparezca completamente. A menos que estos ángulos estén bien controlados, es mejor evitar la presencia de este tipo de reflexiones. El mejor método para iluminar partes que producen reflexiones especulares es la iluminación difusa (Figura 1.23)

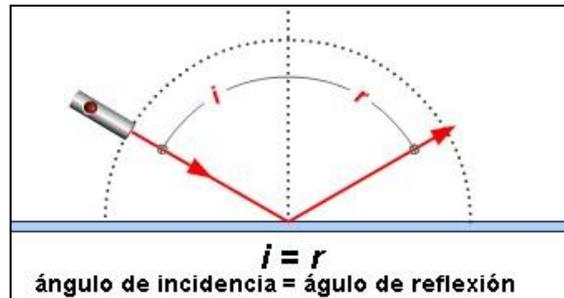


Figura 1.23 Reflexión Especular

b. Reflexiones Difusas

Las reflexiones difusas son tenues pero estables. La intensidad de la reflexión puede ser de 10 a 1000 veces menor que la intensidad de la fuente de luz. La intensidad de la luz reflejada cambia lentamente con el ángulo. Las superficies difusas pueden ser iluminadas correctamente usando fuentes de luz difusas, como así también fuentes de luz puntuales. (Figura 1.24)

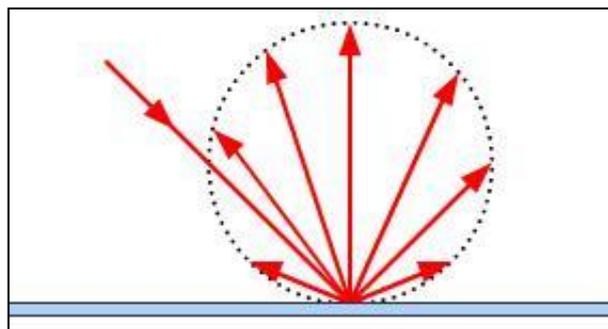


Figura 1.24 Reflexión Difusa

1.4.4.3.- Técnicas de iluminación

a. Iluminación posterior

La iluminación posterior permite delinear el contorno de las piezas, minimiza la visibilidad de gabinetes traslúcidos y permite visualizar perforaciones pasantes.

Esta técnica brinda un contraste muy alto y es fácil de implementar. En las imágenes tomadas bajo esta técnica, el fondo aparece uniformemente blanco y el objeto se visualiza mediante su silueta.

Dentro de las técnicas de iluminación posterior se pueden encontrar la difusa y la direccional. En la iluminación posterior difusa (Figura 1.25) los rayos de luz se transmiten en diversos ángulos, como ya se mencionó. En la iluminación posterior direccional (Figura 1.26), un colimador hace que todos los rayos de luz se propaguen en direcciones paralelas.

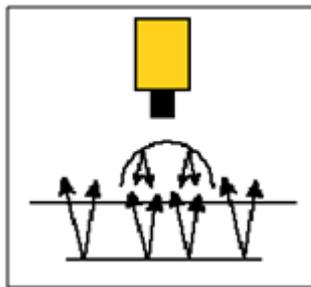


Figura 1.25 Iluminación posterior difusa

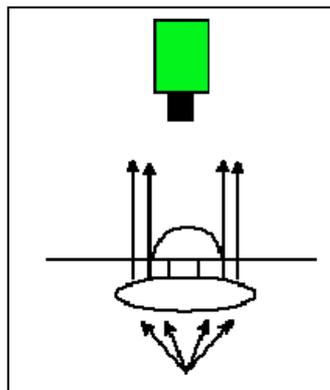


Figura 1.26 Iluminación posterior paralela

b. Iluminación Frontal Oblicua y Direccional

La dirección de la iluminación, conocida como el ángulo de incidencia, es el ángulo formado por el plano normal a la superficie y el rayo incidente. Cuando los haces de luz forman un ángulo de 20 grados con la superficie (Figura 1.27), se puede maximizar el contraste en objetos con relieves de manera que los bordes

aparezcan brillantes frente al fondo oscuro que forman las superficies planas del objeto.

En la iluminación frontal direccional (Figura 1.28), el ángulo entre los rayos incidentes y la superficie son de 30° , lo que reduce un poco el contraste pero incrementa la cantidad de información obtenible de las superficies planas.

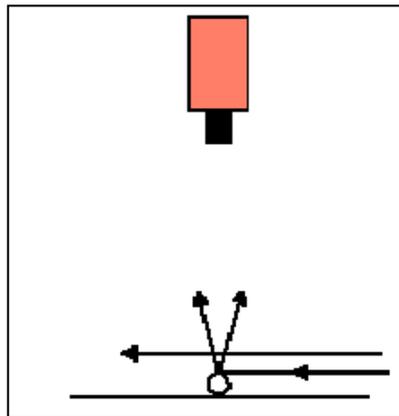


Figura 1.27 Iluminación Frontal Oblicua

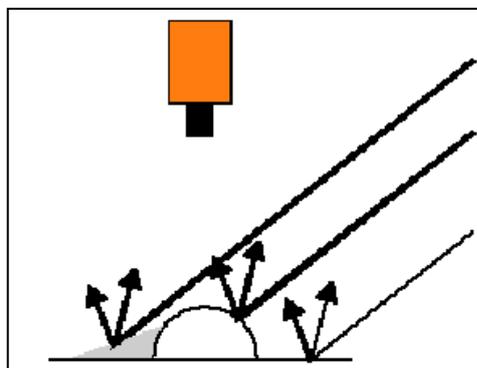


Figura 1.28 Iluminación Frontal Direccional

C. Iluminación Frontal Axial

Mediante esta técnica se puede iluminar desde el mismo eje de la cámara con luz uniforme, incluyendo el centro de la imagen. Permite iluminar uniformemente superficies reflectivas, realza detalles grabados y crea contraste entre superficies especulares y difusas / absorbentes (Figura 1.29)

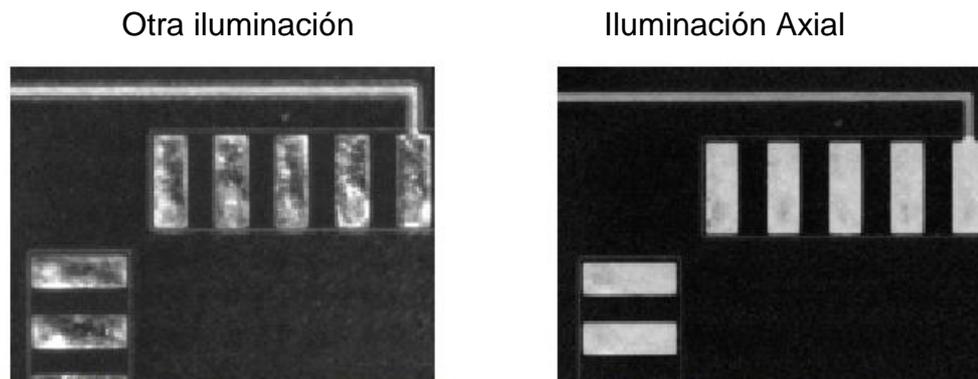


Figura 1.29 Iluminación Frontal Axial

d. Iluminación por Fluorescente.

Los tubos fluorescentes se usan en muchas ocasiones en aplicaciones de visión artificial, aunque debido a su limitada variedad de formas, también es limitada su utilización. Para las aplicaciones industriales es importante que los fluorescentes funcionen a alta frecuencia al menos a 25kHz.

En aplicaciones de visión no pueden utilizarse fluorescentes estándar debido a su efecto de parpadeo, que dependiendo de la velocidad a la que la cámara funcione, puede verse reflejado en la intensidad de la imagen capturada.

Los tubos fluorescentes (Figura 1.30) estándar no presentan un balance de color uniforme, incorporando longitudes de onda mayoritariamente azules. Para aplicaciones de visión artificial es necesario utilizar fluorescentes con espectro conocido.

Así es habitual utilizar según qué aplicaciones, fluorescentes casi monocromáticos: ultravioletas, amarillos, verdes, azules, etc.



Figura 1.30 Iluminación Fluorescente

e. Iluminación por LED.

Para aplicaciones donde no se requiera una gran intensidad de iluminación se puede utilizar la iluminación por LED (Light Emitting Diodes) (Figura 1.31).

Los LED proporcionan una intensidad de iluminación relativa a un coste muy interesante, y además tienen una larga vida, aproximadamente 100.000 horas. Otra consideración a tener en cuenta es que sólo requieren un cable de alimentación y no un haz de fibra óptica que en ocasiones es muy delicado.

La intensidad de la iluminación continua por LED no es tan intensa como otros tipos de iluminación pero actualmente se están introduciendo los LED de alta intensidad que empiezan a proporcionar una iluminación mucho más potente. Si los LED se conectan a un sistema estroboscópico se pueden alcanzar potencias lumínicas muy similares a los de la luz halógena.



Figura 1.31 Iluminación por LED

f. Iluminación por LÁSER.

La iluminación mediante láser (Figura 1.32) o luz estructurada se utiliza normalmente para resaltar o determinar la tercera dimensión de un objeto. El método utilizado es colocar la fuente de luz láser en un ángulo conocido con respecto al objeto a iluminar y con respecto a la cámara. Viendo la distorsión de la luz puede interpretarse la profundidad de los objetos a medir. La luz estructurada se utiliza en muchas aplicaciones para obtener la percepción de profundidad y para inspecciones en 3D. Para hacerse una idea, se genera una línea de luz y se

visualiza de forma oblicua. Las distorsiones en la línea se traducen en variaciones de altura.

Y de aquí se puede desprender los cambios de profundidad o altura de un objeto. Por tanto se puede también determinar la falta o exceso de material, o bien se puede llegar a hacer una reconstrucción en tres dimensiones del objeto.



Figura 1.32 Iluminación LÁSER

1.4.5.- IMAQ VISION EN LabVIEW¹⁵

IMAQ Vision es una nueva librería para LabVIEW que permite implementar aplicaciones inteligentes de imagen y visión.

Dentro de las aplicaciones que se realizan en IMAQ Vision se tienen que tomar en cuenta una serie de conceptos y de pasos para lograr un mejor desempeño en la elaboración de sistemas de reconocimiento de imágenes.

A continuación se describirá las herramientas utilizadas por IMAQ Vision.

1.4.5.1.- Image Display¹⁶

Es la pantalla donde se visualizara la imagen a ser monitoreada. (Figura 1.33)

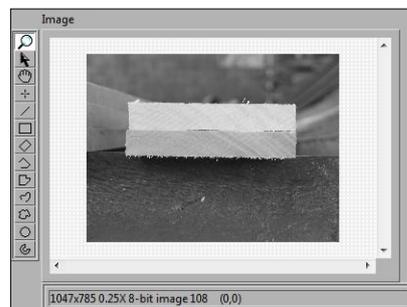


Figura 1.33 Despliegue de Imagen

¹⁵ <http://www.ni.com/pdf/manuals/371970a.pdf>

¹⁶ LabVIEW AYUDA

1.4.5.2.- IMAQ Create

Libera la memoria asignada para la imagen, al crear temporalmente un espacio en el disco duro del CPU. (Figura 1.34)

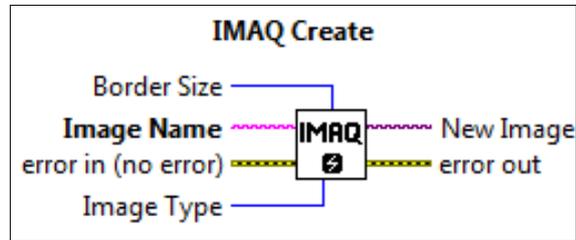


Figura 1.34 Diagrama de IMAQ Create

1.4.5.3.- IMAQ USB Init.vi

El icono (Figura 1.35) abre, pregunta y carga un archivo de configuración al crear una sesión de IMAQ USB, para la cámara USB especificado mediante la computadora, creando una única referencia para la misma.

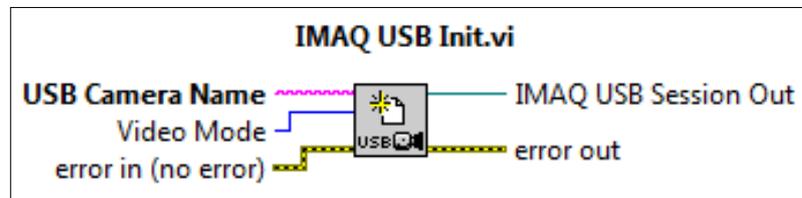


Figura 1.35 Diagrama de IMAQ USB Init.vi

1.4.5.4.- IMAQ USB Configure Grab Setup.vi

Mediante el icono de la Figura 1.36, se configura y comienza una adquisición continua de la imagen a ser monitoreada, se usa la función Grab, para adquisición de imágenes de alta velocidad.

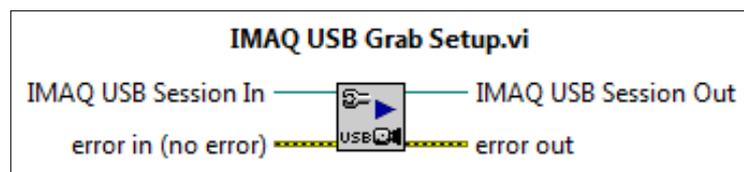


Figura 1.36 Diagrama de IMAQ USB Configure Grab. Setup.vi

1.4.5.5.- IMAQ USB Grab Acquire.vi

Adquiere los cuadros más recientes y la envía hacia **Image Out**. Se llama este VI solamente después de haber llamado a IMAQdx Configure Grab. Vi. Si el tipo de imagen no corresponde con el formato de la cámara de video, este VI cambia al tipo de imagen para el formato complementario (Figura 1.37)

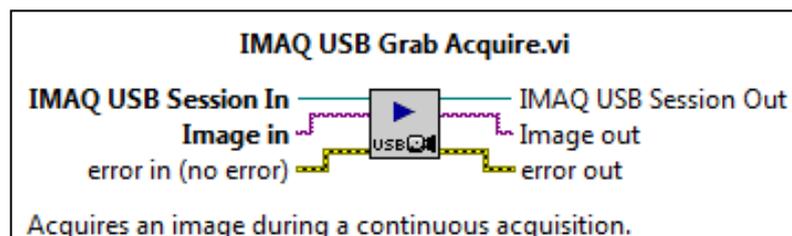


Figura 1.37 Diagrama de IMAQ USB Grab Acquire.vi

1.4.5.6.- IMAQ USB Stop.vi

Detiene la adquisición continua de la imagen (Figura 1.38)

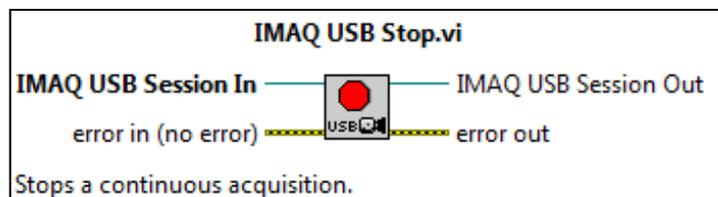


Figura 1.38 Diagrama de IMAQ USB Stop.vi

1.4.5.7.- IMAQ USB Close.vi

Envía una señal para cerrar la Sesión a la cámara USB que se abrió con el IMAQ USB Init.vi. (Figura 1.39)

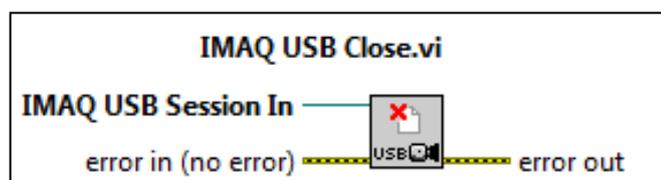


Figura 1.39 Diagrama de IMAQ USB Close.vi

1.4.5.8.- IMAQ Write File 2

Mediante el icono de la Figura 1.40, es posible guardar como imagen en un formato de archivo seleccionado, a la información que envía la Web Cam.

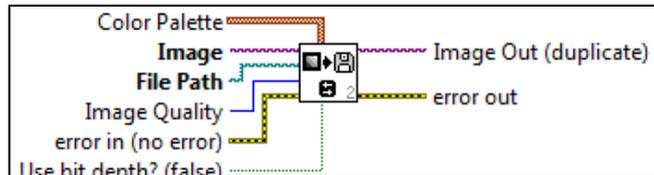


Figura 1.40 Diagrama de IMAQ Write File 2.

1.4.5.9.- IMAQ Read File

Lee un archivo de imagen, para luego ser mostrada, esto se lo realiza mediante la función de la Figura 1.41.

El formato de archivo puede ser estándar como los siguientes (BMP, TIFF, JPEG, JPEG2000, PNG y AIPD) o un formato no estándar conocido para el usuario.

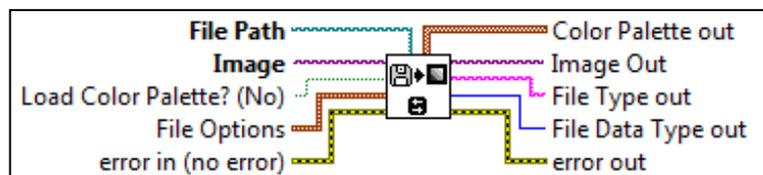


Figura 1.41 Diagrama de IMAQ Read File

1.4.5.10.- IMAQ Extract

Reduce una imagen o parte de una imagen con el ajuste de la resolución horizontal y vertical mediante. (Figura 1.42).

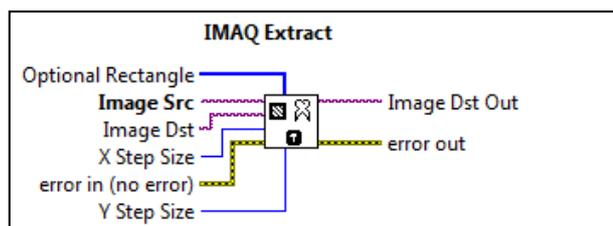


Figura 1.42 Diagrama de IMAQ Extract

1.4.5.11.- IMAQ MathLookup

El icono de la Figura 1.43, convierte el valor de los píxeles de una imagen, mediante la sustitución de ellos con valores de una tabla de búsqueda definida.

Este VI modifica el rango dinámico de cualquier parte de una imagen completa, dependiendo del tipo de curva elegida.

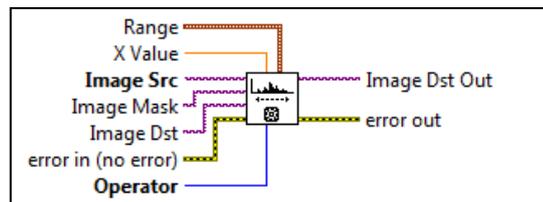


Figura 1.43 Diagrama de IMAQ MathLookup

1.4.5.12.- IMAQ Equalize

Este Instrumento Virtual redistribuye los valores de los píxeles de una imagen para linealizar el histograma acumulado. La precisión del VI depende de la precisión de histograma, que a su vez depende del número de clases que se utilizan en el histograma (Figura 1.44)

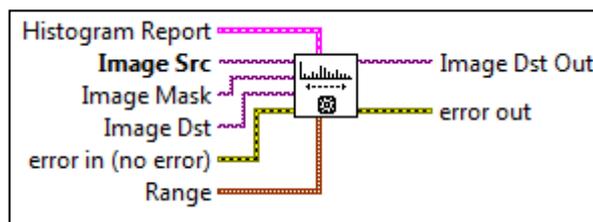


Figura 1.44 Diagrama de IMAQ Equalize

1.4.5.13.- IMAQ Clamp Vertical Max

Este Instrumento Virtual localiza bordes a lo largo de un conjunto de líneas paralelas de búsqueda. Los bordes se determinan en base a su contraste (Figura 1.45).

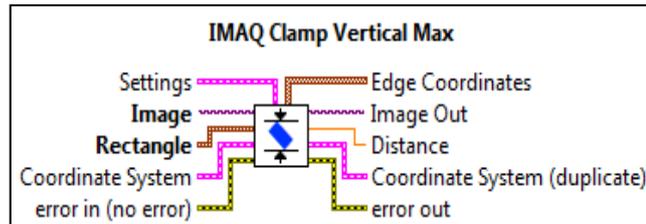


Figura 1.45 Diagrama de IMAQ Clamp Vertical Max

1.4.5.14.- IMAQ Remove Particle

Elimina o mantiene las partículas resistentes a un número determinado. Las partículas que se mantienen son exactamente la misma forma que los encontrados en la imagen de la fuente original. La imagen de origen debe ser una imagen binaria de 8-bits. Se debe tener en cuenta que este VI modifica la imagen original. Si se necesita la imagen original, se creará una copia de la imagen utilizando el VI **IMAQ Copy**, antes de usar este VI (Figura 1.46).

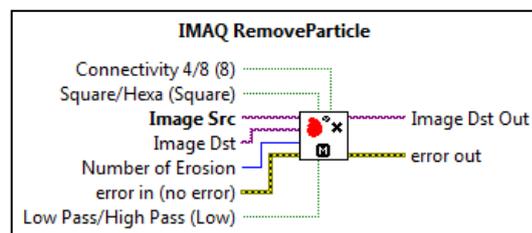


Figura 1.46 Diagrama de IMAQ Remove Particle

1.5.- Principios del Control Oleo-Neumático.

1.5.1.- NEUMÁTICA¹⁷

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse.

¹⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tica>

El aire comprimido es una fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación, almacenaje y utilización del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo en relación a otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos. Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas.

En los sistemas neumáticos, el aire comprimido se produce en un elemento llamado compresor, que es una bomba de aire comprimido accionada normalmente por un motor eléctrico. Este aire se almacena en un depósito denominado receptor. Desde éste, el aire es conducido a través de válvulas a los cilindros, que son los componentes encargados de realizar el trabajo.

Los sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos lo que les permite obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Utilizan válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. El PLC permite programar la lógica de funcionamiento de un cilindro o de un conjunto de cilindros realizando una tarea específica.

1.5.1.1.- Ventajas y Desventajas de la Neumática¹⁸

Entre las ventajas, figura:

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.
- Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y es de fácil regulación.
- El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por el efecto de golpes de ariete.
- Elasticidad, puesto que puede ser almacenada en recipientes una vez comprimido.

¹⁸ <http://electroneumatica.blogspot.com/2008/03/que-es-la-neumatica.html>

- No posee características explosivas, aun habiendo sido comprimido.
- Los cambios de temperatura no alteran sus prestaciones.
- Es una técnica limpia.
- Cambios instantáneos de sentido.
- Su coste no es elevado.
- Simplifica enormemente la mecánica.

Entre las desventajas, figura:

- La imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire.
- Los altos costos de la energía neumática.
- Las posibles fugas que reducen el rendimiento.
- En circuitos muy extensos se produce perdidas de cargas considerables
- Las presiones a las que trabajan normalmente no permiten aplicar grandes fuerzas.
- Altos niveles de ruido generados por la descarga del aire hacia la atmosfera sino se utiliza silenciadores.

1.5.1.2.- Aplicaciones de la Neumática¹⁹

Se aplica la Neumática en:

- Movimientos de aproximación rápido y avance lento de varios dispositivos accionados por aire comprimido, como pistones, válvulas neumáticas, válvulas distribuidoras, válvulas de bloqueo, válvulas de presión, válvulas de cierre, etc., típicos de las fresadoras y rectificadoras, en la sujeción de piezas utilizada en los cortes a alta velocidad sobre materiales duros y en la automatización de procesos de producción, se combinan la neumática y la electricidad en un circuito electro-neumático, utilizando la parte eléctrica para el accionamiento y control y la parte neumática para el actuador.

¹⁹ <http://www.crouzet.es/html/es/crouzet-neumatica-aplicaciones.htm>

- La apertura de las puertas de trenes está gobernada por un sistema neumático que permite una apertura directa y un cierre temporizado (en hasta 30 segundos). Bajo demanda, el sistema neumático puede sustituirse por un sistema electroneumático.
- El embotellado de productos, ya sean o no peligrosos, habitualmente puede tratarse de cadenas todo neumático. Fases como el llenado, la detección de las botellas vacías, las aperturas de las válvulas o la evacuación se tratan cómodamente mediante elementos neumáticos.

Para el funcionamiento de la neumática en el ámbito de la industria se utiliza variedad de dispositivos los cuales permiten un buen manejo.

A continuación se detallarán algunos de los dispositivos básicos para el funcionamiento de un circuito neumático.

1.5.1.3.- Válvulas.²⁰

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo. Los elementos de señalización y mando, modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas. A continuación en la Figura 1.47 se representa varias Válvulas que se utilizan en un sistema Neumático.



Figura 1.47 Tipos de Válvulas de un sistema Neumático

²⁰ <http://automatastr.galeon.com/a-valvulas.htm>

Los sistemas neumáticos están constituidos por:

- Elementos de información.
- Órganos de mando.
- Elementos de trabajo.

Para el tratamiento de la información de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el fluido de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

En los principios de la automatización, los elementos rediseñados se comandaban manual o mecánicamente, actualmente, además de los mandos manuales para la actuación de estos elementos, se emplean para el comando procedimientos electro-neumáticos y automáticos que efectúan en su totalidad el tratamiento de la información y de la amplificación de señales.

La evolución de la neumática y la hidráulica han hecho, a su vez evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades.

Hay veces que el comando se realiza manualmente, y otras obliga a recurrir a la electricidad para automatizar por razones diversas, sobre todo cuando las distancias son importantes y no existen circunstancias adversas.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por el compresor o almacenado en un depósito.

Existen tres tipos de válvulas dependiendo de la aplicación:

- Distribuidoras
- Reguladoras de caudal
- Reguladoras de presión

De la misma manera que existen válvulas para el trabajo que se desea hacer, también existe válvulas que son accionadas de dos maneras, manualmente o por electricidad (Electro-válvulas).

1.5.1.3.1.- Válvulas de vías o distribuidoras manuales

Estas válvulas inician, paran y dirigen el fluido a través de las diferentes conducciones de la instalación para hacer posible el control de los actuadores (cilindros o motores). Éstas pueden ser manuales y accionadas por electricidad (electro-válvulas).

A continuación se explicará las válvulas direccionales más usuales:

- **Válvula distribuidora 2/2:**

Estas válvulas abren y cierran el paso por medio de conos, discos, placas y bolas, evitando cualquier fuga. Estas válvulas son de concepción muy simple, pequeña y económica. Son ideales para gobernar cilindros de simple efecto.

En la Figura 1.48 se muestra la estructura física de una válvula 2/2, y en la Figura 1.49 se muestra internamente su funcionamiento, 2/2 la cual es accionada manualmente.

En la Figura 1.50 se encuentra la símbolo estándar de cómo se representa a la válvula 2/2.



Figura 1.48 Válvula 2/2

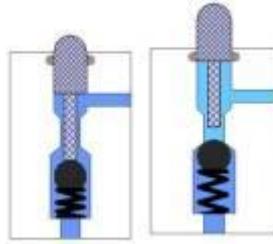


Figura 1.49 Esquema interno de una válvula 2/2

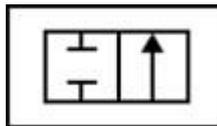


Figura 1.50 Símbolo de una válvula 2/2.

Como se puede observar en la Figura 1.49 el muelle mantiene apretada la bola contra la apertura, obstruyendo el paso del aire (posición de cerrado). Cuando se presiona sobre la bola, entonces el muelle se encoje provocando el paso del aire (posición de apertura).

Estas válvulas son distribuidoras 2/2, porque tienen dos posiciones abierta y cerrada, y dos orificios la entrada y la salida del aire

En la Figura 1.51 se muestra la conexión de una válvula 2/2 a un cilindros de simple efecto.



Figura 1.51 Válvula 2/2 conectada a un cilindro simple efecto

- **Válvula distribuidora 4/2:**

Esta válvula permite que pase el aire por los dos sentidos ya que tiene dos entradas de aire y dos salidas. Dependiendo de la posición cerrada o abierta, de las válvulas algunas vías cambian de sentido del aire. Por eso se llama válvula 4/2, 4 vías, 2 posiciones. La válvula 4/2 es muy utilizada para gobernar cilindros de doble efecto.

En la Figura 1.52 se muestra la estructura física de una válvula 4/2. En la Figura 1.53 se muestra internamente su funcionamiento, la cual es accionada manualmente y se encuentra conectada a un cilindro de doble efecto.

En la Figura 1.54 se encuentra la símbolo estándar de cómo se representa a la válvula 4/2.



Figura 1.52 Válvula 4/2

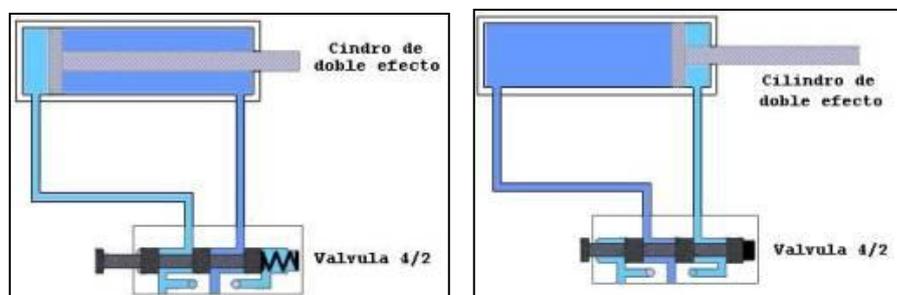


Figura 1.53 Esquema interno de una válvula 4/2

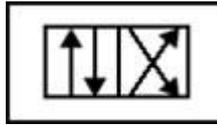


Figura 1.54 Símbolo de una válvula 4/2.

- **Válvula distribuidora 4/3:**

La válvula 4/3 funciona casi igual que la 4/2, pero con la ventaja que tiene una pausa entre las posiciones del cilindro. Ésta se acciona manualmente o por pedal, dando mayor posibilidad de gobernar el cilindro a controlar, podemos conectar el cilindro cuando queremos. Estas válvulas se usan para gobernar tanto cilindro de doble efecto, como motores neumáticos.

A continuación en la Figura 1.55 se observa la estructura física de una válvula 4/3. En la Figura 1.56 se identifica las 3 posiciones de la válvula 4/3 que está conectada a un cilindro de doble efecto. Se representa la simbología de la válvula 4/3 en la Figura 1.57.



Figura 1.55 Válvula 4/3

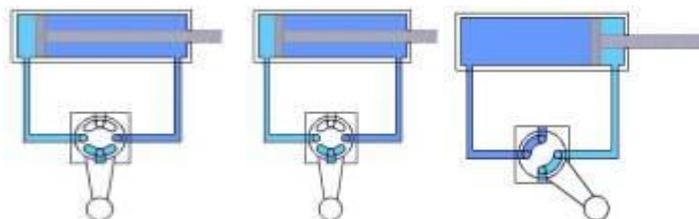


Figura 1.56 Esquema interno de una válvula 4/3

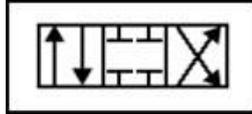


Figura 1.57 Símbolo de una válvula 4/3.

- **Válvula distribuidora 5/2.**

La válvula 5/2 permite que circule el aire por los dos sentidos ya que tiene una entradas de aire y dos salidas hacia el cilindro. Dependiendo de la posición cerrada o abierta, el aire saldrá de la válvula haciendo que el pistón del cilindro salga o entre.

A continuación en la Figura 1.58 se observa la estructura física de una válvula 4/3.

Cuando el pulsador es accionado la vía 1 se conecta a la 2 y la salida 4 al escape por la vía 5 haciendo que el cilindro salga, cuando se deja de pulsar la vía 1 se conecta a la vía 4 y la 2 a la 3 haciendo que el cilindro ingrese como se muestra en la Figura 1.59. En la Figura 1.60 se indica el símbolo estándar de cómo se representa a la válvula 5/2.



Figura 1.58 Válvula 5/2

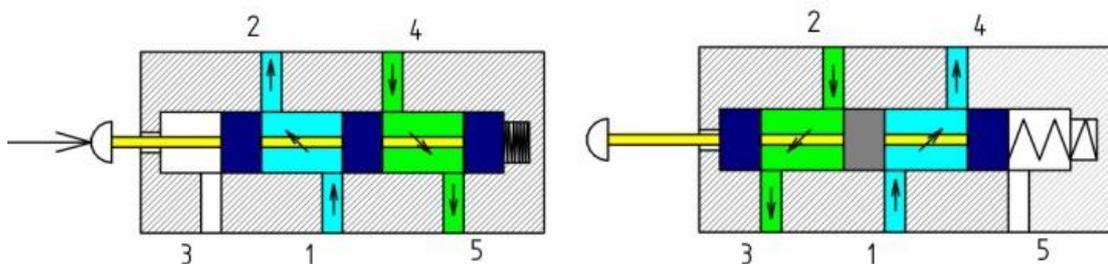


Figura 1.59 Esquema interno de una válvula 5/2

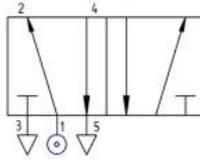


Figura 1.60 Símbolo de una válvula 5/2.

1.5.1.3.2.- Válvulas reguladoras de caudal

Cuando se genera mucho aire a presión y éste va a mucha velocidad y se desea reducir el caudal para que funcione bien el cilindro, para eso se usará una válvula reguladora de caudal como se puede observar en la Figura 1.61. Ésta funciona de tal forma cuando se enrosca el “caracol” el caudal disminuye ya que hace frenar el aire a presión. Normalmente se acopla un anti retorno, para que el fluido solamente vaya estrictamente en un sentido, evitando así grandes problemas, como se muestra en la Figura 1.62.



Figura 1.61 Estructura física de una válvula de caudal

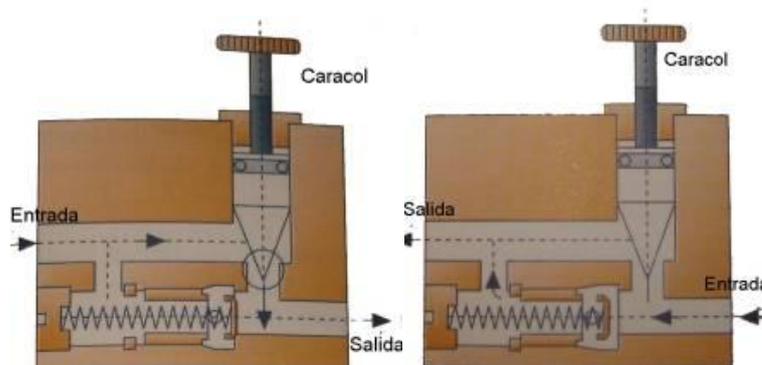


Figura 1.62 Esquema interno de una válvula de caudal

1.5.1.3.3.-Válvulas reguladoras de presión.

Estas válvulas se encargan de regular la presión que recibe para enviar la presión ideal obtenida al actuador (sea cilindro o motor). En la Figura 1.63, se puede observar la estructura física de una válvula de presión.



Figura 1.63 Válvula de presión

En la válvula el aire ingresa por la entrada y si la presión es más elevada de la que se desea, entonces la fuerza del muelle hace reducirla mediante un movimiento de una rosca, luego el aire comprimido sale hacia el actuador (Figura 1.64)

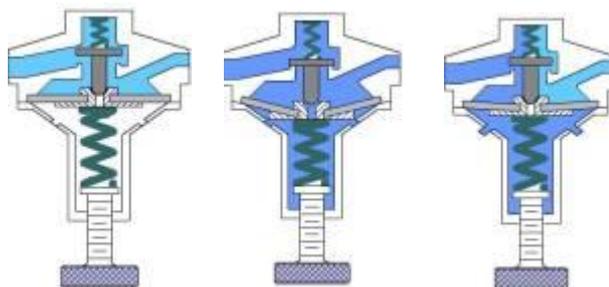


Figura 1.64 Funcionamiento de la válvula de presión

1.5.1.4.- Actuador Neumático

Los actuadores neumáticos son mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico por medio de un movimiento lineal de vaivén.

A continuación se detallará uno de los más utilizados en los sistemas neumáticos.

1.5.1.4.1.- Cilindros

Los cilindros neumáticos producen un trabajo, transforman la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según el modo en que se realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en tres grupos:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto
- Cilindro de rotación

Antes de explicar cada tipo de cilindro, hay que tener claras los elementos que componen un cilindro.



Figura 1.65 Partes de un cilindro.

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas como se observa en la Figura 1.65, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido a un vástago que saliendo a través de una o ambas tapas, permite utilizar la fuerza

desarrollada por el cilindro gracias a la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo.

- **Cilindro de simple efecto**

El cilindro de simple efecto (Figura 1.66) realiza el trabajo en un solo sentido. Por regla general la longitud de la carrera no supera los 10 cm, que el diámetro de los cilindros es pequeño y el consumo de aire es muy poco, entonces suelen aplicarlos como elementos auxiliares en las automatizaciones.

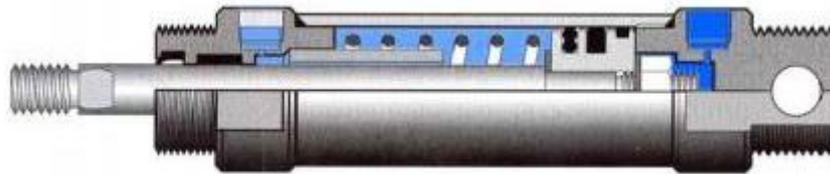


Figura 1.66 Cilindro de simple efecto

El funcionamiento del cilindro de embolo se explica a continuación:

El ingreso de aire comprimido empuja el vástago, y comprime el muelle. Como se muestra en la Figura 1.67. Después de cumplir su trabajo el muelle hace volver el vástago a su estado inicial.



Figura 1.67 Funcionamiento de un cilindro de simple efecto

Este cilindro tan simple se usa para frenar objetos rotativos con mucha velocidad, se aplica sobre todo en los frenos de camiones y trenes, ya que se usa de frenado instantáneo de emergencia.

- **Cilindro de doble efecto**

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial, ya

que hay un esfuerzo neumático en ambos sentidos. Se dispone de una fuerza útil en ambas direcciones. En la Figura 1.68 se visualizará la estructura interna de un cilindro de doble efecto.

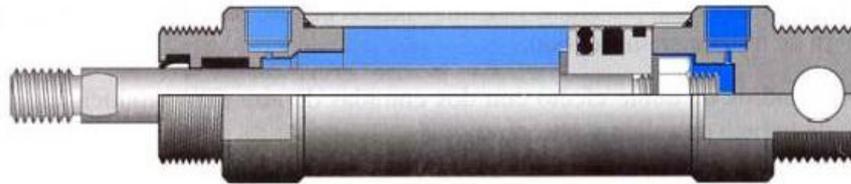


Figura 1.68 Cilindro de doble efecto.

Mediante el ingreso de aire comprimido, éste empuja el émbolo hacia afuera, si se desea que retorne nuevamente a la posición inicial el aire se lo hace ingresar por el otro orificio, así el embolo regresará hacia dentro (Figura 1.69).

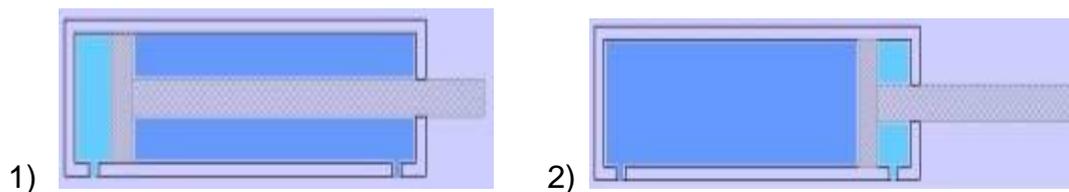


Figura 1.69 Accionamiento de un cilindro de doble efecto

Se puede encontrar varios tipos de cilindros de doble efecto como los siguientes:

- Con amortiguación interna
- De vástago pasante

Para entender bien el cilindro de doble efecto, se explicará cómo funciona y como se aplica cada tipo de este actuador.

- **Cilindros con amortiguación interna:**

Si el cilindro tiene que trasladar masas grandes, para evitar choques bruscos y daños se usa un amortiguador que funciona antes de acabar “la carrera” del émbolo.

Se introduce aire comprimido por la parte del amortiguador, el vástago se empuja hacia fuera (Figura 1.70).

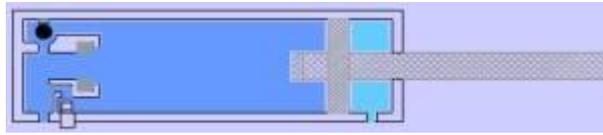


Figura 1.70 Salida del vástago.

Se introduce aire comprimido por la parte opuesta al amortiguador, obligando al vástago volver a su posición inicial (Figura 1.71).



Figura 1.71 Retorno del vástago

El aire comprimido se comprime más en la última parte de la cámara del cilindro.

Esta sobrepresión producida se disminuye gracias al escape de aire (la sección de escape es muy pequeña).

- **Cilindros de doble vástago**

Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. Dando la posibilidad de dar trabajo por cada lado. Solo dispone de dos cojinetes facilitando el movimiento del vástago (Figura 1.72).



Figura 1.72 Cilindro de doble vástago.

En la Figura 1.73, el aire comprimido ingresa por la izquierda entonces el vástago se mueve hacia la derecha.

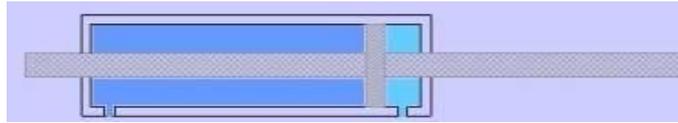


Figura 1.73 Accionamiento del vástago hacia la derecha

En la Figura 1.74, entra aire comprimido por la derecha, entonces el vástago se mueve hacia la izquierda.

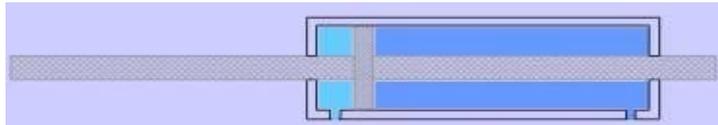


Figura 1.74 Accionamiento del vástago hacia la izquierda

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y LLENADO DE BOTELLAS

En el siguiente diagrama de bloques (Figura 2.1) se describe el funcionamiento del sistema de transporte de botellas.

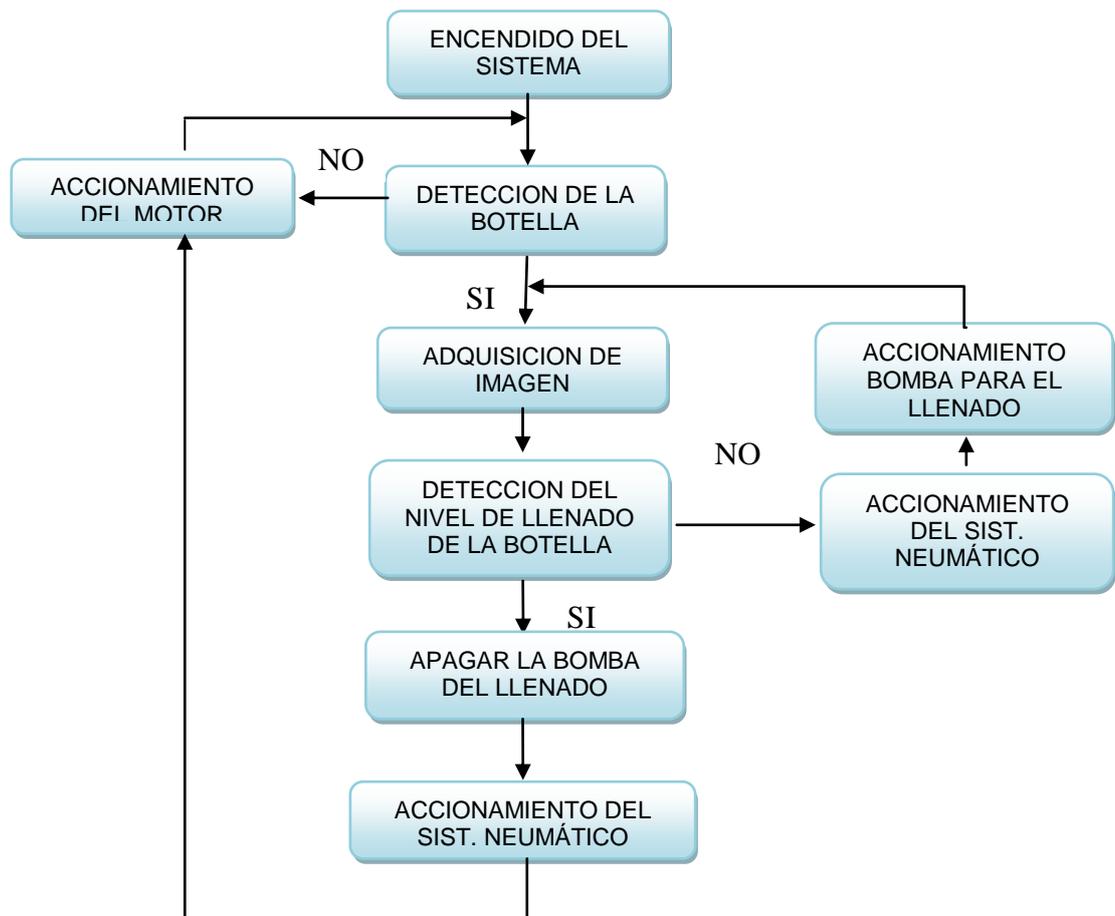


Figura 2.1 Diagrama de bloques del sistema de transporte y llenado de botella

Para el llenado de las botellas el primer paso es el encendido del sistema mediante los pulsadores ubicados en la mesa, el cual permite energizar los elementos que se utilizan en el prototipo.

El segundo paso es la detección de la botella, se realiza mediante el sensor infrarrojo ubicado en el brazo que sujeta el pistón, si la botella está en el lugar correcto se pasará al siguiente paso; y si no está la botella, se acciona mediante el PLC al motor el cual hace girar el eje que sujeta las botellas, hasta que la botella más próxima es detectada por el sensor, deteniéndose el motor.

Una vez detectada la botella; el tercer paso, es la adquisición de la imagen mediante la Webcam, esta imagen es enviada al computador y procesada mediante el Software LabVIEW 8.5, el que permite visualizar y controlar el nivel de llenado, si el nivel del líquido está en el parámetro establecido pasará al siguiente paso; caso contrario, si el nivel del líquido está bajo el parámetro establecido se acciona mediante el PLC la electroválvula la que permite bajar el vástago del pistón y ubicarlo en el pico de la botella, el PLC activa la bomba para el llenado de la botella.

En el cuarto paso, una vez que el líquido esté en el nivel correcto de llenado, se desactiva la bomba y se activa la electroválvula haciendo que el vástago del pistón regrese a la posición inicial y de esta manera se realiza el proceso de llenado de forma repetitiva.

Para el funcionamiento del prototipo es necesario la selección y diseño de varios elementos los cuales se detalla a continuación.

2.1.1.- ACCIONAMIENTO DEL MOTOR

Para el sistema de transporte de botellas se selecciona un motorreductor (Figura 2.2). Sus características técnicas son:

Datos Técnicos:

Voltaje: 24 V DC

Corriente: 150 mA

Rpm: 90

Potencia: 3.6 Watt



Figura 2.2 Motorreductor

Para la selección del motorreductor se tomó en cuenta la potencia que se necesita para poder mover el eje, el mismo que sujeta al disco donde se ubicarán las botellas, este eje está conectado al motor por medio de un juego de engranes, el que permite un mejor acople para el giro del eje.

Se utiliza las siguientes ecuaciones para el cálculo de la potencia que se necesita para el movimiento.

Potencia

$$P = \frac{F \times \pi \times d \times n}{60} \tag{Ec 2.1}$$

Donde:

P= Potencia (Wattios)

F= Fuerza(N)

d= diámetro (m)

n = revoluciones por minuto (rpm).

Fuerza

$$F = \frac{m \times V^2}{r} \tag{Ec 2.2}$$

V= Velocidad de giro

Velocidad

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{60} \quad (\text{Ec 2.3})$$

Cálculo de velocidad

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{60}$$
$$V = 0,037 \text{ m/s}$$

Cálculo de Fuerza

$$F = \frac{m \times V^2}{r}$$
$$F = 0,21 \text{ N}$$

Cálculo de potencia requerida para el movimiento de la estructura.

$$P = \frac{F \times \pi \times d \times n}{60}$$

$P = 0,079 \text{ Watios}$ es la Potencia calculada con la que será posible mover el sistema de llenado.

Para controlar el posicionamiento de las botellas se disminuye el voltaje de alimentación del motorreductor a 6 V, para así disminuir la velocidad de giro del disco, también con el juego de engranes se logra bajar la velocidad a 11 rpm.

Este motorreductor consume 150 mA, el cual es adecuado para trabajar con el PLC, que se seleccionó porque las salidas utilizadas soporta hasta 2 A.

Datos Técnicos con los que se va a trabajar:

Voltaje: 6 V DC

Corriente: 150 mA

Rpm: 22 sin el acople de engranes

Potencia: 0.9 Watt

Rpm: 11 con el acople de engranes entre el motor y el eje de sujeción de las botellas.

2.1.2.- POSICIONAMIENTO DE LA BOTELLA

Para el posicionamiento de la botella se selecciona un sensor electrónico infrarrojo tipo herradura (Figura 2.3). Sus características técnicas son:

Datos Técnicos:

Voltaje de alimentación: 5VDC



Figura 2.3 Sensor Infrarrojo

Este sensor se seleccionó porque no necesita un accionamiento mecánico para su funcionamiento, simplemente envía una señal cuando el pico de la botella cruce la línea infrarroja que se encuentra entre el emisor – receptor, permitiendo así cortar la energía del motor y posicionar la botella para el llenado, sin interferencias al obtener la imagen.

Circuito de acondicionamiento de señal para el sensor infrarrojo

En la Figura 2.4 se observa el circuito de acondicionamiento de señal para el sensor infrarrojo que se emplea en el sistema de llenado de botellas.

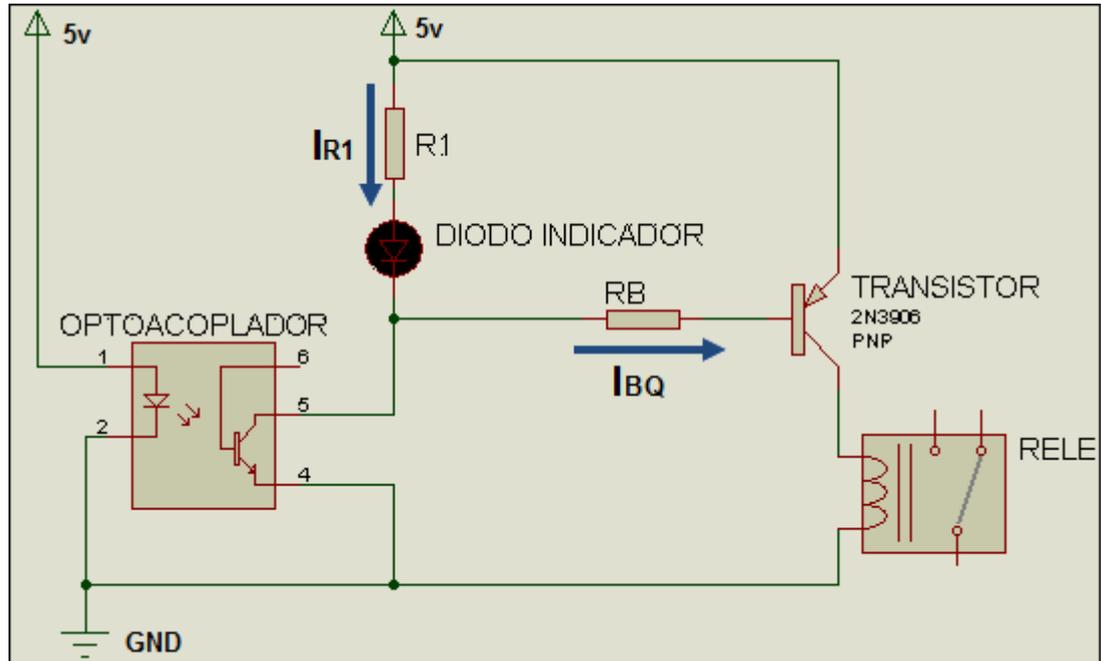


Figura 2.4 Circuito de acondicionamiento de señal

Datos técnicos del transistor 2n3906:

Máxima corriente del colector (Ic):	1A
Voltaje Colector-Base (BVCBO):	80 V
Voltaje Colector-Emisor (BVCEO):	80 V
Voltaje Emisor-Base (BVEBO):	5V
Ganancia (hFE):	180
Máxima potencia Colector:	0,625 watts
Frecuencia:	200 MHz

Para mayor información ver Anexos A y B.

Se utiliza las siguientes ecuaciones para el cálculo de las resistencias:

$$R_B = \frac{V_B}{I_{BQ}} \quad (\text{Ec 2.3})$$

$$\beta = \frac{I_{C \max}}{I_{B \max}} \quad (\text{Ec 2.4})$$

Cálculo de la resistencia RB:

$$R_B = \frac{V_B}{I_{BQ}}$$

Se debe calcular VB y IB max:

$$V_B = V_E - V_{EB} \quad (\text{Ec 2.5})$$

$$V_B = 5 - 0,7$$

$$V_B = 4,3 \text{ V}$$

$$I_{B \max} = \frac{I_{C \max}}{\beta}$$

$$I_{B \max} = \frac{1A}{180}$$

$$I_{B \max} = 5,55 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} = 25\% I_{B \max}$$

$$I_{BQ} = 1,38 \text{ mA}$$

$$R_B = \frac{4,3 \text{ V}}{1,38 \text{ mA}}$$

$$R_B = 3099 \Omega$$

El valor aproximado de la resistencia es:

$$R_B = 3300 \Omega \text{ con la que se realizará la prueba.}$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{R1}}$$

$$R_1 = \frac{(5-2,1)V}{1 \text{ mA}}$$

$$R_1 = 2900 \Omega \text{ se aproxima a un valor de } 3300 \Omega.$$

2.1.3.- ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Para el accionamiento del sistema neumático se selecciona una electroválvula 5/2, una electroválvula ON/OFF, un pistón doble efecto y una bomba de agua.

- **Electroválvula 5/2**

Se utiliza la electroválvula 5/2 (Figura 2.5) para el accionamiento del pistón de doble efecto porque permite que circule el aire por los dos sentidos dependiendo de la posición en la que se encuentre, mediante el accionamiento de las bobinas que son alimentadas por una fuente de 12V, la electroválvula permite que suba o baje el vástago del pistón. Para mayor información ver Anexo C.

- **Datos técnicos:**⁴¹

Medio: Aire
Presión: 1-10 bares
Temperatura del fluido: Max. 50° C
Tiempo de respuesta: 30ms o inferior (a 5 bares)

Características técnicas (solenoides)

Tensión DC: 12V
Corriente de las bobinas: 170 mA



Figura 2.5 Electroválvula 5/2

⁴¹ <http://docs-europe.origin.electrocomponents.com/webdocs/002a/0900766b8002a991.pdf>

- **Electroválvula ON/OFF**

Se selecciona la electroválvula ON/OFF de líquido (Figura 2.6) para el control del flujo porque permite pasar el líquido solo cuando está activada la bobina la cual se energiza con 24V; al desactivar la alimentación la bobina, regresa a su posición inicial. Para más información ver Anexo D.

Datos Técnicos: ⁴²

Características mecánicas:

Materiales de Construcción:	Cuerpo de latón - Acero Limpio
Los Fluidos compatibles:	Aire, Gases Aéreos, Inertes Non-lubricados, Agua, Fluidos Hidráulicos, Productos de Petróleo
Presión:	60Psi
Voltaje:	12- 24 V DC
Corriente:	500mA
Temperatura máxima:	AC/DC-150°F



Figura 2.6 Electroválvula ON/OFF

- **Pistón doble efecto**

Se selecciona el pistón doble efecto (Figura 2.7) porque es adecuado para el prototipo ya que se necesita que el vástago baje para llenar la botella y retorne a su posición original, éste es el pistón que cumplirá con los requerimientos. Para más información ver Anexo E.

⁴² <http://www.parker.com/parker/jsp/documentdisplay.jsp?mgmtid=b24e6e9fcd83110VgnVCM10000048021dacRCD>

Datos Técnicos:⁴³

Tuerca de montaje (D-1331)

Tubo : Aluminio revestido.

Cilindro : Liso acero inoxidable 304

Pistón : Cromado duro estándar; 303 inoxidable opcional

Lubricación : HT-99 estándar; opción de polímero de grasa

Temperatura : -20 ° a 200 ° F estándar, y de 0 ° a 300 ° F a alta temperatura

Presión nominal: 200 psi, 150 psi con la opción de alta temperatura



Figura 2. 7 Pistón doble efecto

- **Bomba de agua**

Se utiliza la bomba (Figura 2.8) para impulsar el líquido que se encuentra en el tanque, el líquido pasa por la electroválvula ON/OFF luego se dirige al vástago del pistón, el cual baja al pico de la botella para llenarla.

Datos Técnicos:

Voltaje : 12 V

Corriente : 960 mA

Altura del chorro: 1m



Figura 2.8 Bomba de agua

⁴³ http://www.bimba.com/pdf/catalogs/FL_DoubleWallRSS.pdf

2.1.4.- ADQUISICIÓN DE IMAGEN

Para la adquisición de imagen se emplea una (WEBCAM) (Figura 2.9), ésta permite captar la imagen de llenado de la botella en tiempo real reemplazando a un sensor de nivel, esta cámara tiene una resolución de 8 Mega píxeles y muestra una imagen con nitidez; su control es posible mediante el Software LabVIEW 8.5 Para mayor información ver Anexo F.

Datos Técnicos:⁴⁴

Web Cam Marca	:	Delux DLV-B522
Captura de video	:	1280 x 960 píxeles
Captura de imagen fija	:	8 Mega píxeles
Velocidad de cuadros	:	30fps
Conector	:	USB 2.0
Formato de video	:	Color de 24 bits

Conexión directa al CPU sin necesidad de instalación.
Enfoque manual.



Figura 2.9 Cámara WEBCAM

⁴⁴ http://www.sildec.com.bo/index.php?mod=tipo_prod&cod_tipo=7

2.1.5.- CONTROL DE NIVEL DE LLENADO

Para el control de nivel de llenado del líquido en la botella se emplea el PLC Twido (Figura 2.10), éste se encarga de controlar el sistema de llenado de botellas.

Datos Técnicos:⁴⁵

Serie : TWDLCAA16DRF

Alimentación : 100/240 VAC

de Entradas : 9 IN Digitales

de Salidas : 7 O D Relé, 2A

Alimentación de las entradas digitales: 24V

Para mayor información ver Anexo G.

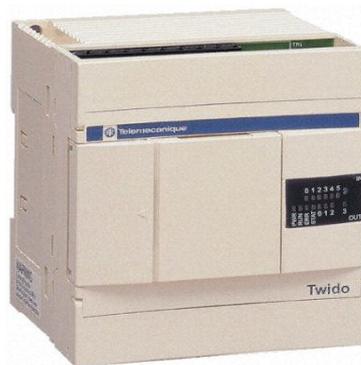


Figura 2.10 PLC Twido

• Partes del PLC

En la Figura 2.11 se identifica las partes físicas del PLC Twido empleado en el prototipo.

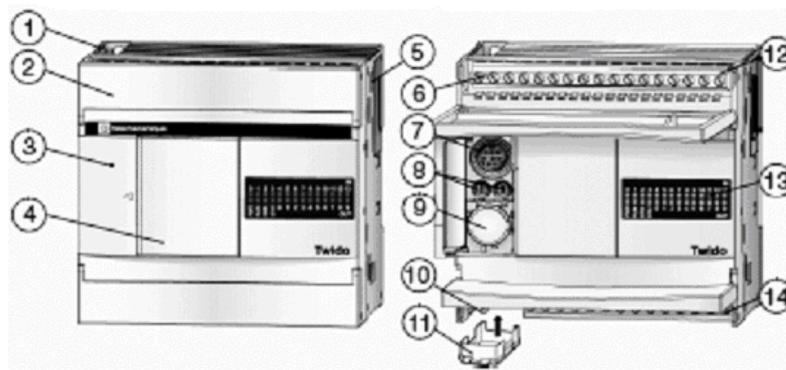


Figura 2.11 Partes del PLC Twido

⁴⁵ http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/4eso/archivos/presentacion_automatas_2.pdf

1. Orificio de montaje.
2. Cubierta de terminales.
3. Tapa con bisagra.
4. Cubierta extraíble del conector de visualización del operador
5. Conector de ampliación para módulos, no existe en éste modelo.
6. Conexiones de las entradas
7. Puerto serie 1.
8. Potenciómetro analógico.
9. Conector de puerto serie 2, no existe en éste modelo
10. Alimentación eléctrica (100/240) VCA.
11. Conector de cartuchos
12. Conexiones de las entradas.
13. LED
14. Conexiones de las salidas.

Este PLC se utiliza para comandar en modo automático las acciones como son: encender / apagar la bomba y electroválvulas, girar el motor, controlar el nivel de líquido a las condiciones que se presentan.

Para el funcionamiento del PLC se emplea las siguientes entradas y salidas que se indica en la Tabla 2.1 y Tabla 2.2 respectivamente.

ENTRADAS DIGITALES	ASIGNACIÓN
Botón de Inicio	%I0.0
Sensor Infrarrojo	%I0.1
Botón de Paro	%I0.2

Tabla 2.1 Asignación de Entradas digitales

SALIDAS TIPO RELÉ	ASIGNACIÓN
Accionamiento del motorreductor	%Q0.6
Accionamiento de la electroválvula 5/2 para la salida del vástago	%Q0.0
Accionamiento de la electroválvula ON/OFF	%Q0.4
Accionamiento de la bomba	%Q0.3
Accionamiento de la electroválvula 5/2 para la retorno del vástago	%Q0.1

Tabla 2.2 Asignación de Salidas tipo relé

Para la programación del PLC se utilizó el Software TwidoSoft.

2.1.5.1.-TwidoSoft⁴⁶

Un controlador programable lee entradas, escribe salidas y resuelve lógica basada en un programa de control. Crear un programa de control para un controlador Twido consiste en escribir una serie de instrucciones en uno de los lenguajes de programación de Twido. Usando TwidoSoft se desarrolla el programa para el PLC, que tiene como objetivo realizar el control del sistema de llenado de botellas.

Para ingresar al programa TwidoSoft se selecciona el icono (Figura 2.12) que se encuentra en el escritorio del PC dando doble clic y se abre la pantalla de presentación del programa (Figura 2.13).



Figura 2.12 Icono TwidoSoft

⁴⁶ http://ww2.estg.ipleiria.pt/~ftadeu/TwidoSoft_V20/Documentacao/spa/TwdoSOFT.pdf



Figura 2.13 Pantalla de Presentación TwidoSoft

Este software despliega una pantalla de programación (Figura 2.14) la que permite elaborar la programación para el sistema de llenado.

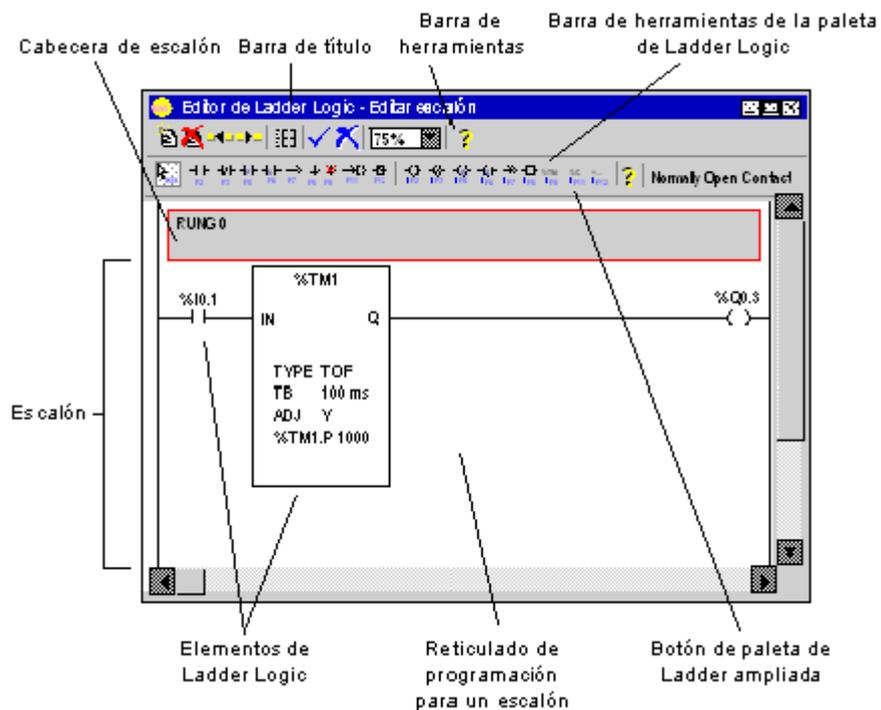


Figura 2.14 Pantalla de Programación Ladder Logic

En la Tabla 2.3 se describe las partes del Editor de Ladder Logic

Elemento	Descripción
Barra de título	Barra situada en la parte superior de la ventana que muestra el nombre del editor o visualizador. Indica si se debe editar o insertar un escalón.
Barra de herramientas	Barra situada en la parte inferior de la barra de título que muestra los botones para los comandos utilizados frecuentemente.
Barra de herramientas de la paleta de Ladder Logic	Barra situada debajo de la barra de herramientas que muestra los botones para los elementos de Ladder Logic utilizados con más frecuencia. Basta con hacer clic sobre un símbolo para seleccionar el elemento y, a continuación, hacer clic con el botón derecho sobre una celda para insertarlo.
Botón de paleta de Ladder ampliada	Una selección especial de la barra de comandos que abre un cuadro de diálogo con opciones adicionales para contactos especiales, bloques de función y bobinas específicas. Consulte Paleta de Ladder ampliada .
Escalón	Panel que contiene elementos gráficos y conexiones para un escalón de Ladder Logic sencillo. El Editor de Ladder Logic muestra el reticulado de programación de un solo escalón cada vez.
Cabecera de escalón	Panel situado inmediatamente encima de un escalón que identifica dicho escalón y que puede incluir comentarios del usuario.
Reticulado de programación	Cada escalón se compone de una matriz de 7 filas y 11 columnas de celdas. Cada celda puede contener un elemento de Ladder Logic. Haga doble clic sobre uno de estos elementos para editar sus propiedades.
Elementos de Ladder Logic	Símbolos para funciones de los programas de Ladder como bobinas, contactos y bloques de función. Cuando se seleccionan en el reticulado de programación, los elementos aparecen rodeados por un rectángulo rojo.

Tabla 2.3 Partes del Editor Ladder Logic

Con la pantalla de ayuda (Figura 2.15) que ofrece TwidoSoft, se obtiene una guía para la programación y así cualquier duda poder consultar en esta ventana.

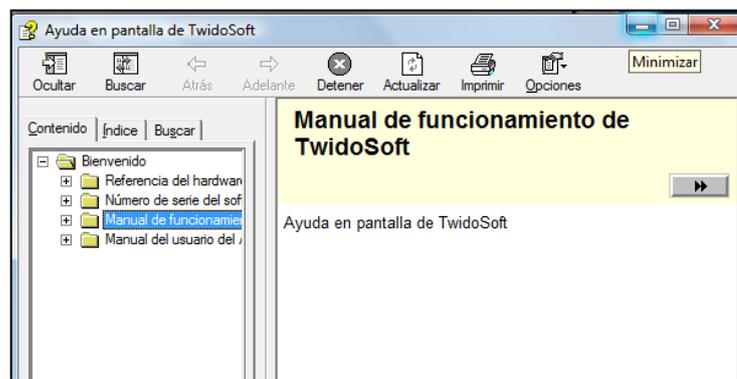


Figura 2.15 Pantalla de Ayuda del TwidoSoft

Para crear el programa de control usando TwidoSoft se utiliza el Lenguaje de Programación Ladder.

- **Lenguaje Ladder Logic**

Un diagrama Ladder Logic es una forma gráfica de mostrar una expresión lógica (Figura 2.16). Los diagramas Ladder Logic emplean la misma representación gráfica que los circuitos en lógica de relé. En dichos esquemas, los elementos gráficos, como las bobinas, los contactos y los bloques, representan las instrucciones del programa. A continuación, se observa un ejemplo de diagrama Ladder Logic.



Figura 2.16 Ladder Logic del PLC Twido

2.1.5.2.- Objetos Del Lenguaje TwidoSoft

En la Tabla 2.4 se muestra los objetos que maneja el software:

APARTADO
Validación de objetos de lenguaje
Objetos de bit
Objetos de palabra
Objetos flotantes y palabras dobles
Direccionamiento de objetos de bit
Direccionamiento de objetos de palabra
Direccionamiento de objetos flotante
Direccionamiento de objetos de palabras flotantes

Direccionamiento de las entradas / salidas
Direccionamiento de red
Objetos de bloques de función
Objetos estructurados
Objetos indexados
Simbolización de objetos

Tabla 2.4 Objetos del lenguaje TWIDOSOFT

De la tabla 2.4 se describe los objetos de lenguaje que se utiliza en la programación del PLC.

- **Objetos de bit**

Los objetos de bit son variables del software de tipo bit que se pueden utilizar como operandos y verificar mediante instrucciones booleanas. A continuación se ofrece una lista de objetos de bit.

- Bits de E/S
- Bits internos (bits de memoria)
- Bits de sistema
- Bits extraídos de palabras

- **Objetos de palabra**

Los objetos de palabras son registros de 16 bits, almacenados en la memoria de datos y que pueden contener un valor entero de entre -32.768 y $+32.767$.

Ejemplos de objetos de palabras:

- Valores inmediatos
- Palabras internas (%MWi) (palabras de memoria)
- Palabras constantes (%KWi)
- Palabras de intercambios de E/S (%IWi, %QWi)

- Palabras de sistema (%SWi)
- Bloques de función (datos de ejecución o configuración)

2.1.5.3.- Direccionamientos de Objetos en TwidoSoft

- **Direccionamientos de objetos de bits**

El siguiente formato se utiliza para direccionar objetos de bit de pasos, de sistema e internos (Figura 2.17)

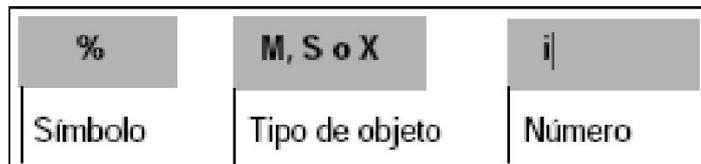


Figura 2.17 Formato de direccionamiento de objetos de bits

En la Tabla 2.5 se describe los elementos en formato de direccionamiento.

Grupo	Elemento	Descripción
Símbolo	%	El símbolo de porcentaje siempre precede a una variable de software.
Tipo de Objeto	M	Los bits internos almacenan valores intermedios mientras se está ejecutando un programa.
	S	Los bits de sistema proporcionan información de control y de estado del controlador
	X	Los bits de pasos proporcionan información de estado de las actividades de pasos.
Número	i	El valor numérico máximo depende del número de objetos configurados.

Tabla 2.5 Elementos de direccionamiento de bits

Ejemplos de direcciones de objetos de bit:

- %M25 = bit interno número 25
- %S20 = bit de sistema número 20
- %X6 = bit de pasos número 6

- **Direccionamientos de objetos de palabras**

El direccionamiento de los objetos de palabras debe contener la sintaxis descrita a continuación (Figura 2.18).

%	M, K o S	W	i
Símbolo	Tipo de objeto	Sintaxis	Número

Figura 2.18 Formato de Direccionamiento de Objetos de Palabras

La Tabla 2.6 describe los elementos en formato de direccionamiento.

Grupo	Elemento	Descripción
Símbolo	%	El símbolo de porcentaje siempre precede a una dirección interna.
Tipo de Objeto	M	Las palabras internas almacenan valores intermedios mientras se está ejecutando un programa.
	K	Las palabras constantes almacenan valores constantes o mensajes alfanuméricos. Su contenido sólo puede sobrescribirse o modificarse utilizando TwidoSoft.
	S	Las palabras de sistema proporcionan información de control y de estado del controlador.
Sintaxis	W	Palabra de 16 bits.
Número	i	El valor numérico máximo depende del número de objetos configurados.

Tabla 2.6 Elementos de Direccionamiento de Palabras

Ejemplos de direccionamiento de objetos de palabra:

- %MW15 = número de palabra interna 15
- %KW26 = número de palabra constante 26
- %SW30 = número de palabra de sistema 30

2.2.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

Para la construcción del sistema mecánico del prototipo es necesario diseñar las siguientes partes para su funcionamiento:

- Mesa
- Sistema de transporte de las botellas
- Soporte para el pistón
- Soporte para la Cámara
- Soporte para las lámparas

2.2.1.- MESA

La mesa es una estructura que sirve de base para la ubicación de los elementos del sistema de llenado de botellas (Figura 2.19). La estructura metálica de la mesa se construyó con tubo cuadrado de acero de 1 pulgada, sus dimensiones son: Altura 750mm, Largo 1050mm, Ancho 850mm.

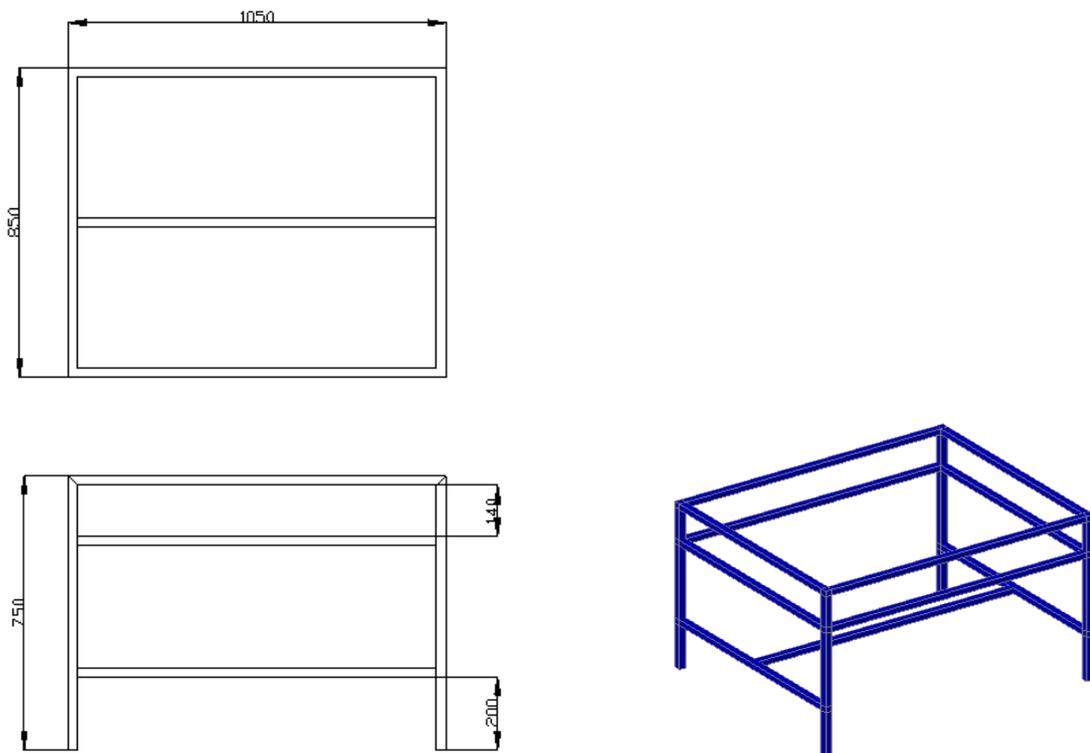


Figura 2.19 Diseño de la Mesa

2.2.2.- SISTEMA DE TRANSPORTE DE LAS BOTELLAS

Para el diseño y construcción del sistema de transportación de las botellas se utiliza:

- **Cilindro.-** Está elaborado con tol de 1.5 mm de espesor (Figura 2.20), sus dimensiones son: Diámetro 150 mm, Altura 250 mm

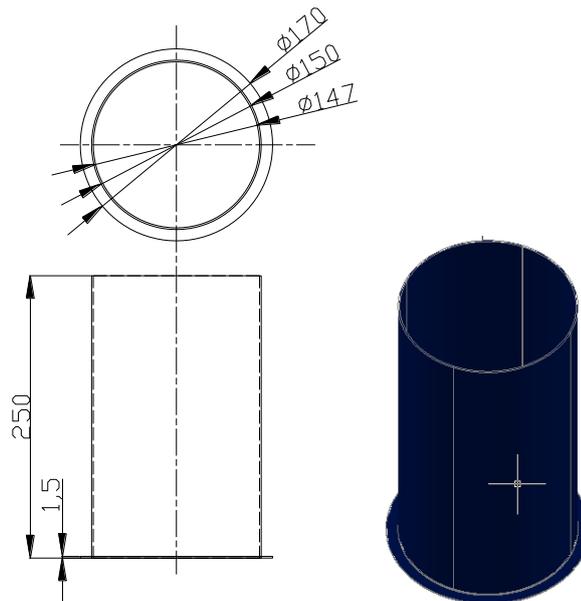


Figura 2.20 Diseño del Cilindro

- **Disco de Sujeción.-** Está elaborado de Mica transparente de 10 mm de espesor (Figura 2.21), sus dimensiones son: Diámetro 300 mm.

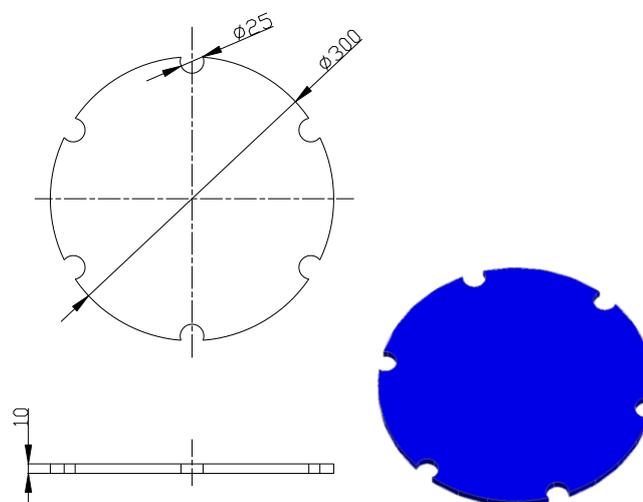


Figura 2.21 Disco de Sujeción

- **Eje.-** Es el encargado de girar el disco de sujeción de botellas, está elaborado de acero inoxidable (Figura 2.22), sus dimensiones son: Diámetro 25.4 mm, Longitud 410 mm.

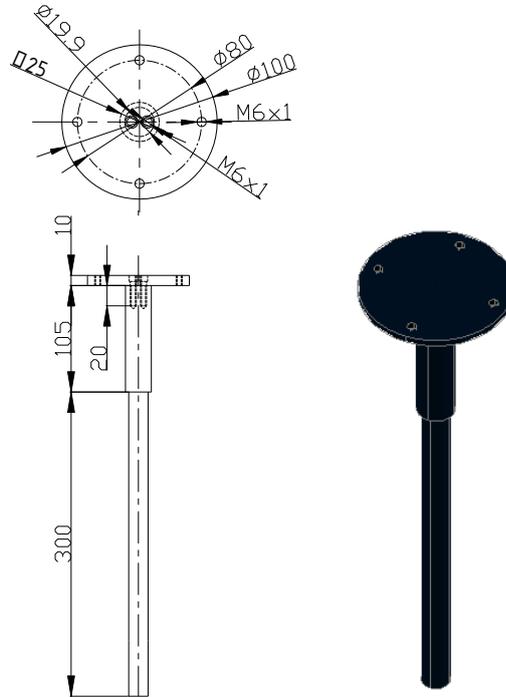


Figura 2.22 Eje de Sujeción

- **Brazo de sujeción entre el eje y el cilindro.-** Tiene la función de unir y sujetar al cilindro con el eje (Figura 2.23).

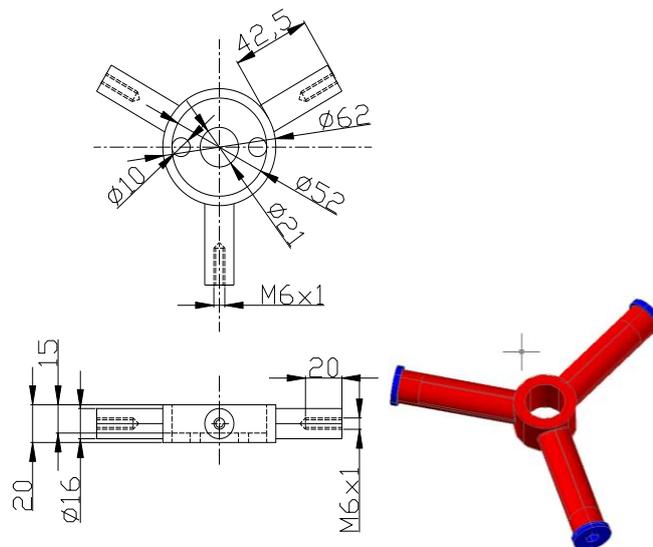


Figura 2.23 Brazo de Sujeción

Una vez finalizada la elaboración de las piezas, se procede a ensamblar el sistema de transporte de botellas (Figura 2.24).

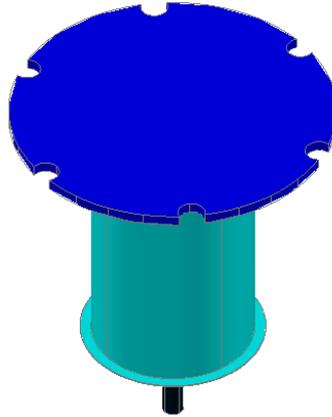


Figura 2.24 Sistema de Transporte de Botellas

2.2.3.- SOPORTE DEL PISTÓN

Para la construcción del soporte del pistón se utiliza tubo cuadrado de Acero 40 mm (Figura 2.25), sus dimensiones son: Altura 460 mm, longitud del brazo 290 mm.

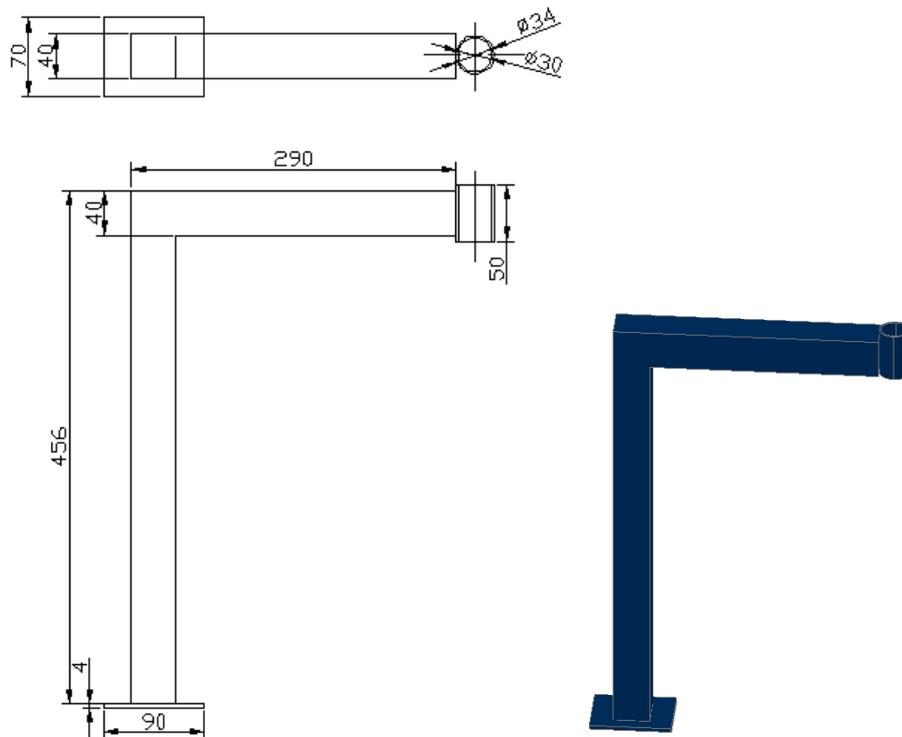


Figura 2.25 Soporte del Pistón

2.2.4.- SOPORTE DE LA CÁMARA

Para la construcción del soporte de la cámara se utiliza tubo cuadrado de Acero de 30 mm (Figura 2.26), sus dimensiones son: Altura 160 mm

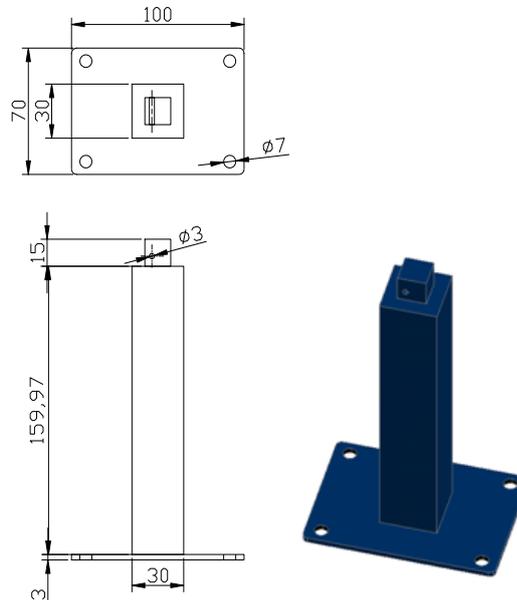


Figura 2.26 Soporte de la Cámara

2.2.5.- SOPORTE DE LAS LÁMPARAS

Para la construcción del soporte de las lámparas se emplea tubo cuadrado de Acero de 40 mm, platina de 3 mm de espesor (Figura 2.27), se elabora dos soportes y sus dimensiones son: Altura 160 mm.

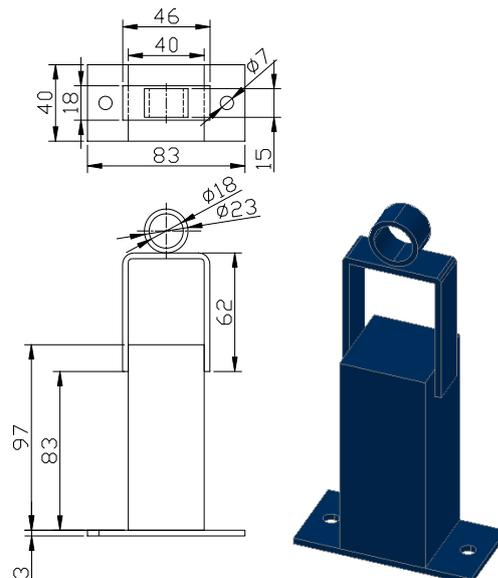


Figura 2.27 Soporte de las Lámparas

2.3.- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRO-NEUMÁTICO

En el diseño e implementación del sistema electro-neumático se utiliza los siguientes elementos:

- Electroválvula 5/2
- Electroválvula de Líquido ON/OFF
- Pistón doble efecto

A continuación se detalla la conexión e implementación de los elementos antes mencionados.

2.3.1.- IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA 5/2 CON EL PISTÓN

Para la conexión entre estos dos elementos se utiliza manguera de presión de 1/4", la misma que permite el paso del aire que proviene del compresor hacia la electroválvula, la que es accionada por pulsos eléctricos para que ésta active y controle la salida o ingreso del vástago del pistón, en las salidas de la electroválvula se utiliza reguladores para controlar el flujo de aire. (Figura 2.28)

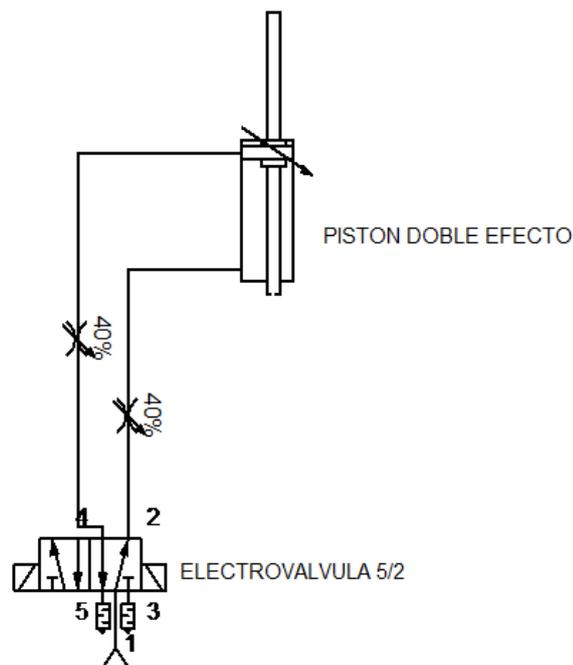


Figura 2.28 Conexión Electroválvula 5/2-Pistón

2.3.2.- IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA LÍQUIDO ON/OFF

En la conexión de la electroválvula y los demás elementos se utiliza manguera de presión de 1/4", la electroválvula ON/OFF permite el paso del líquido que proviene del tanque que es impulsado por la bomba de agua hacia el vástago del pistón, el mismo que tiene un orificio por el que pasa el fluido para el llenado de la botella (Figura 2.29).

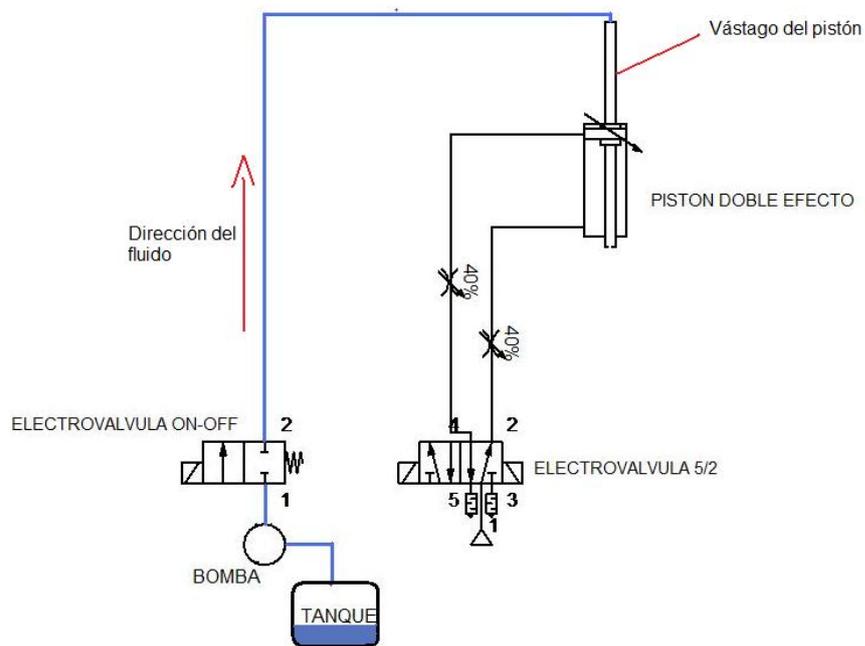


Figura 2.29 Conexión Electroválvula de Líquido ON/OFF

2.4.- IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

En la implementación del sistema eléctrico, se describe cómo se diseñó el circuito que controla el prototipo de llenado de botellas, mediante el siguiente diagrama (Figura 2.30)

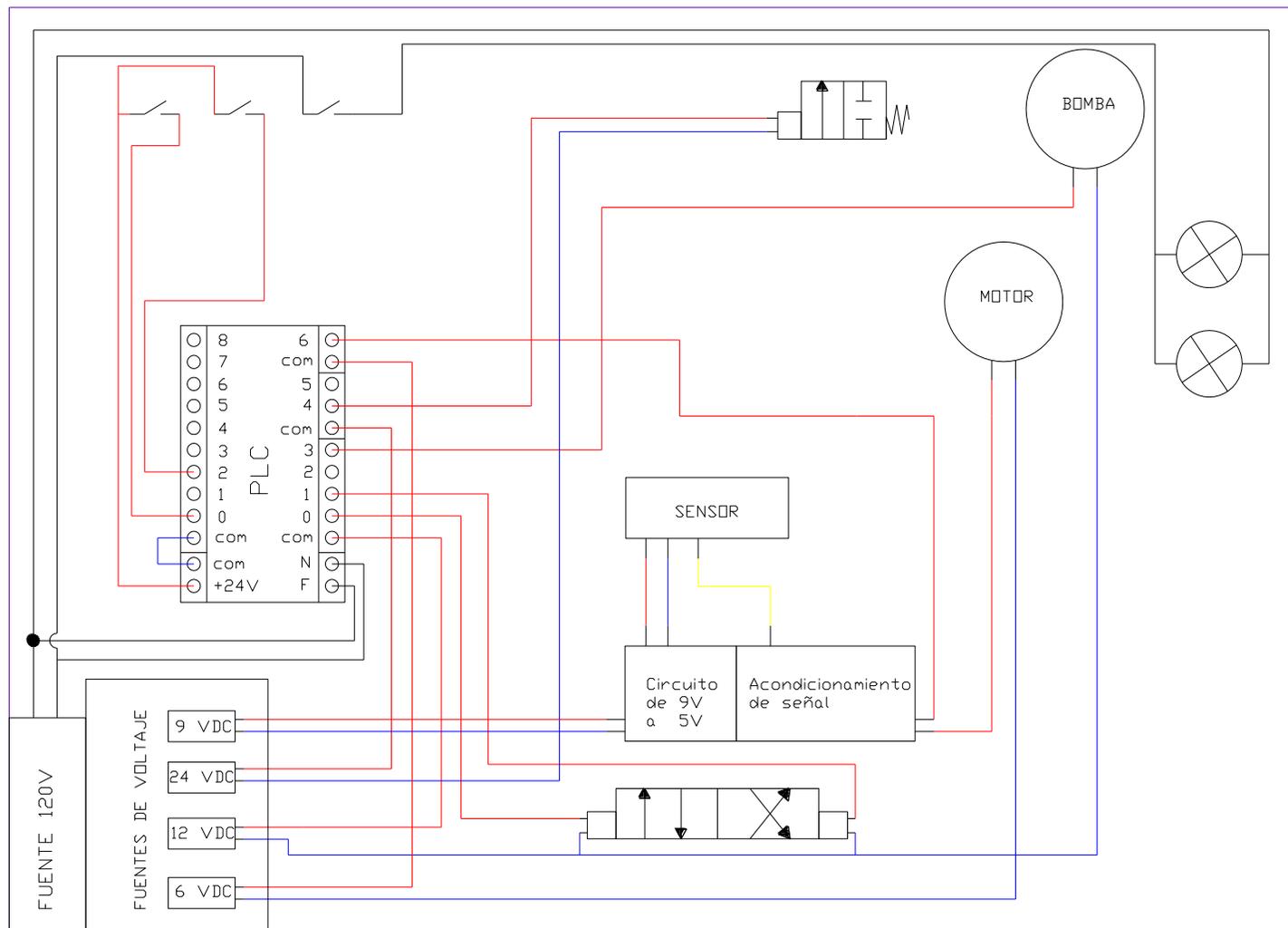


Figura 2.30 Diseño del Sistema Eléctrico

Para el sistema eléctrico se emplea cuatro fuentes:

- La primera fuente es de 24 VDC que se encarga de energizar a la electroválvula de líquido ON/OFF, permitiendo el paso del fluido (Figura 2.31).



Figura 2.31 Electroválvula para el paso de líquido

- La segunda fuente es de 12 VDC que permite energizar la electroválvula 5/2 para el accionamiento del pistón (Figura 2.32), también se encarga de activar la bomba para el impulso del líquido (Figura 2.33).



Figura 2.32 Electroválvula control del pistón



Figura 2.33 Bomba control de líquido

- La tercera fuente es de 6 VDC, que activa al motor el cual hace girar al disco de sujeción de las botellas para el llenado (Figura 2.34).



Figura 2.34 Control del Motor

- La cuarta fuente es de 5 VDC, ésta sirve para energizar al sensor y así controlar el posicionamiento de la botella (Figura 2.35).



Figura 2.35 Posicionamiento de la botella

2.5.- PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE LLENADO DE BOTELLAS

A continuación se explica la programación del sistema de llenado de botellas mediante el diagrama de flujo (Figura 2.36).

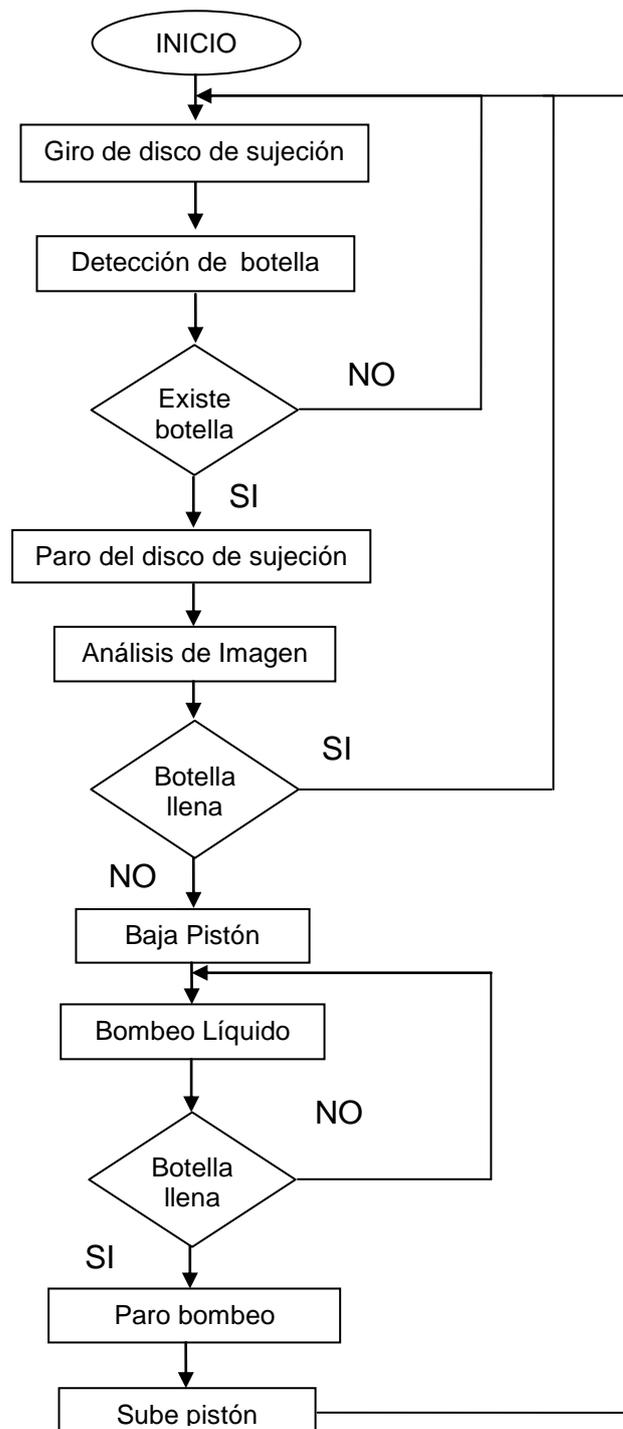
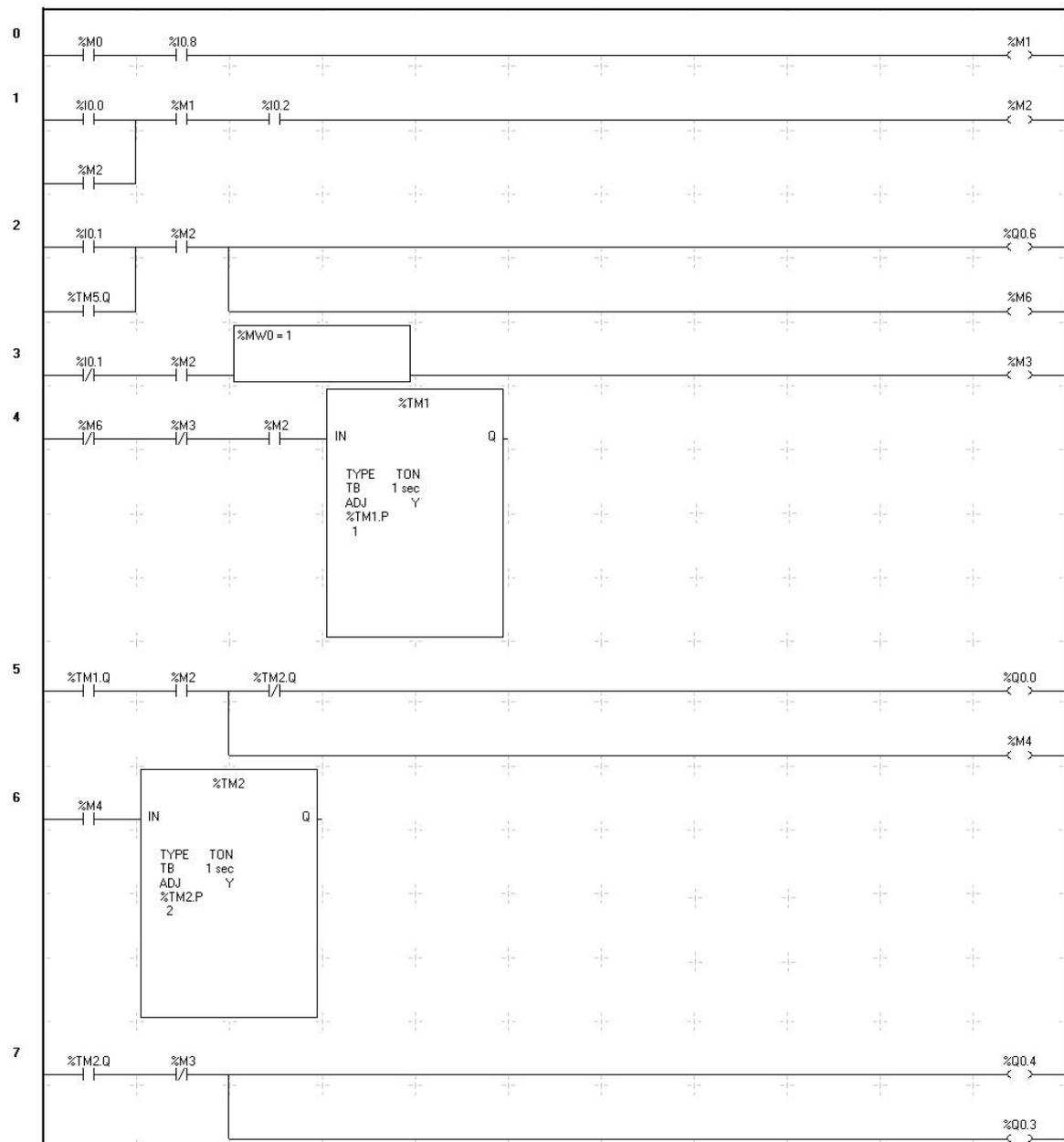


Figura 2.36 Diagrama de flujo

2.5.1.- PROGRAMACIÓN DEL PLC, PARA EL CONTROL DEL PROCESO

En la programación del sistema de llenado de botellas, como ya se explicó anteriormente, se utiliza el software TwidoSoft que trabaja con Lenguaje Ladder Logic. A continuación en la Figura 2.37 y Anexo H se observa la programación del sistema de llenado de botellas.



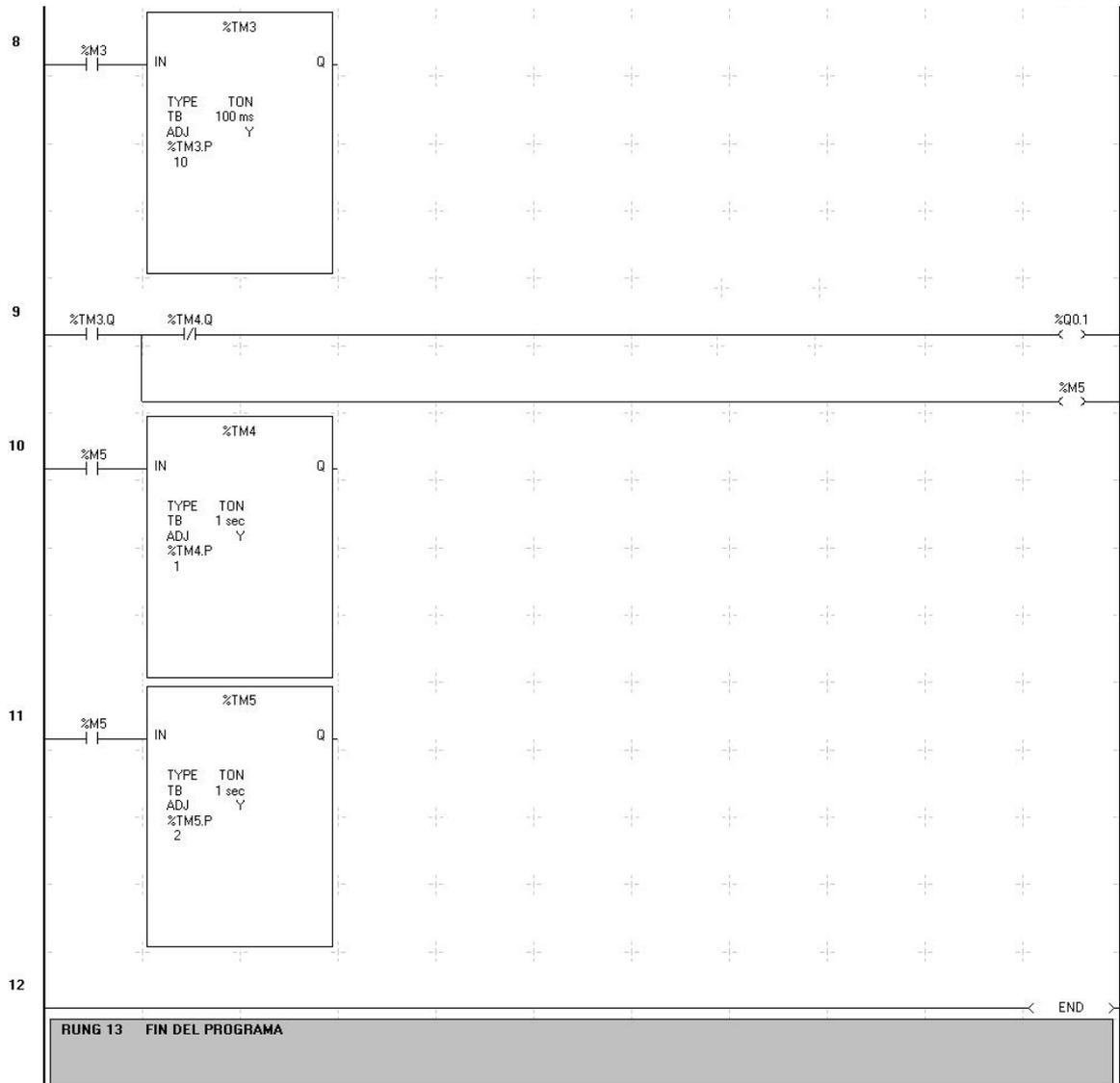


Figura 2.37 Programación del Sistema de Llenado de Botellas

2.5.2.- DESCARGA DEL PROGRAMA PARA EL PLC TWIDO LCAA16DRF

Para que el prototipo entre en funcionamiento se debe descargar el Programa al PLC mediante los siguientes pasos:

- Conectar el cable de extensión DB-9 desde el puerto serial de la PC hasta el conector DB-9 en el Panel de Operador del Módulo.
- Colocar el selector de tres posiciones para elegir el modo de funcionamiento en la posición “Control Remoto” (desde la PC).

- Iniciar el programa TwidoSoft V3.5.
- Abrir el programa guardado, este programa se encarga de activar y controlar el prototipo.
- Descargar el programa al PLC con la opción “Conectar” en la ventana “Autómata”. Se abrirá una ventana con la opción: “Transferir PC Autómata”, con lo que el PLC quedará programado.

Una vez cargado el programa al PLC, está listo para empezar el control de sistema de llenado de botellas.

Para tener una comunicación entre el PC y PLC se utilizó el Lookout Protocolo Drivers OPC Server de National Instruments, el que permite mediante el computador interactuar con el PLC.

2.5.3.- CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN LOOKOUT

Para configurar el Protocolo de Lookout OPC, se realiza los siguientes pasos:

1. Ingresar al menú Inicio, ejecutar la carpeta **National Instruments» Lookout Protocolo Drivers» Lookout Protocolo Drivers OPC Server** como se muestra en la Figura 2.38.

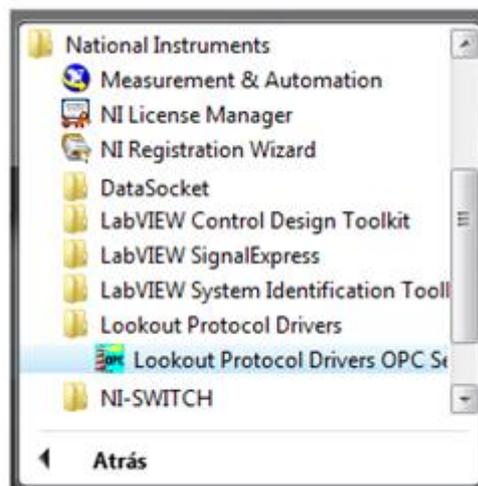


Figura 2.38 Ejecución de Lookout.

2. En la pantalla de inicio de Lookout se selecciona **File»New** para crear un nuevo proceso (Figura 2.39).

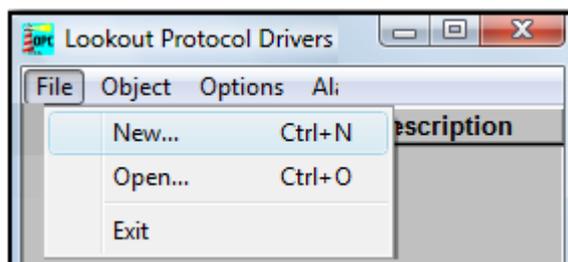


Figura 2.39 Creación de un nuevo proyecto

3. Para crear un nuevo objeto se selecciona en la barra principal **Objet »Create** y se selecciona en la ventana el objeto Modbus. (Figura 2.40), éste es un protocolo maestro/esclavo que permite a un maestro, y sólo a uno, pedir respuestas de los esclavos o realizar acciones dependiendo de las peticiones. El maestro puede dirigirse a los esclavos individuales o iniciar una difusión de mensajes para todos los esclavos. Los esclavos devuelven un mensaje o respuesta a las peticiones que se les envían individualmente. No se devuelven respuestas a las peticiones de difusión general desde el maestro.

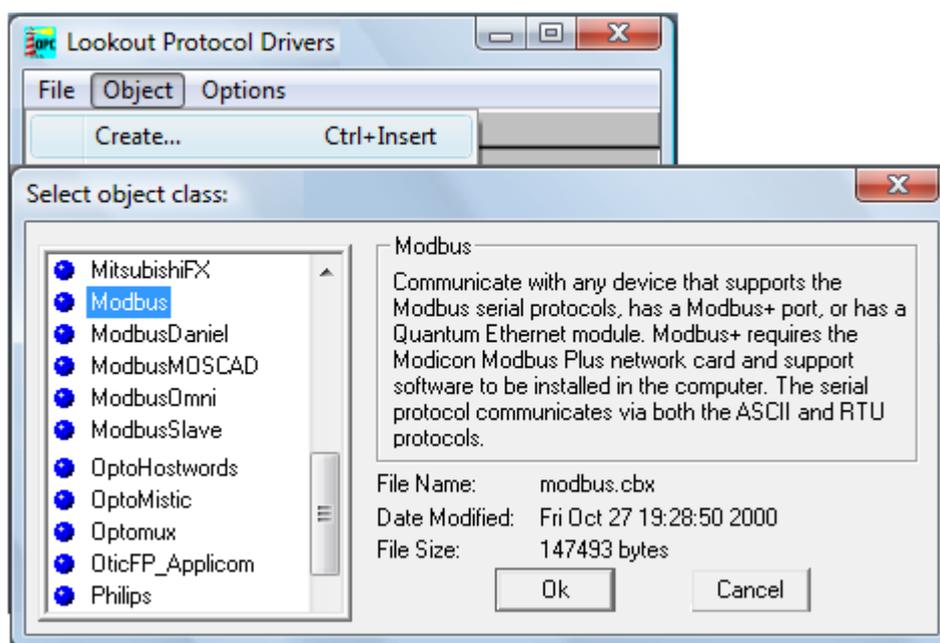


Figura 2.40 Creación del protocolo Modbus.

4. Se configura el Modbus: dando un nombre, seleccionando la interfaz de conexión, para que pueda ser leído, como se muestra en la Figura 2.41.

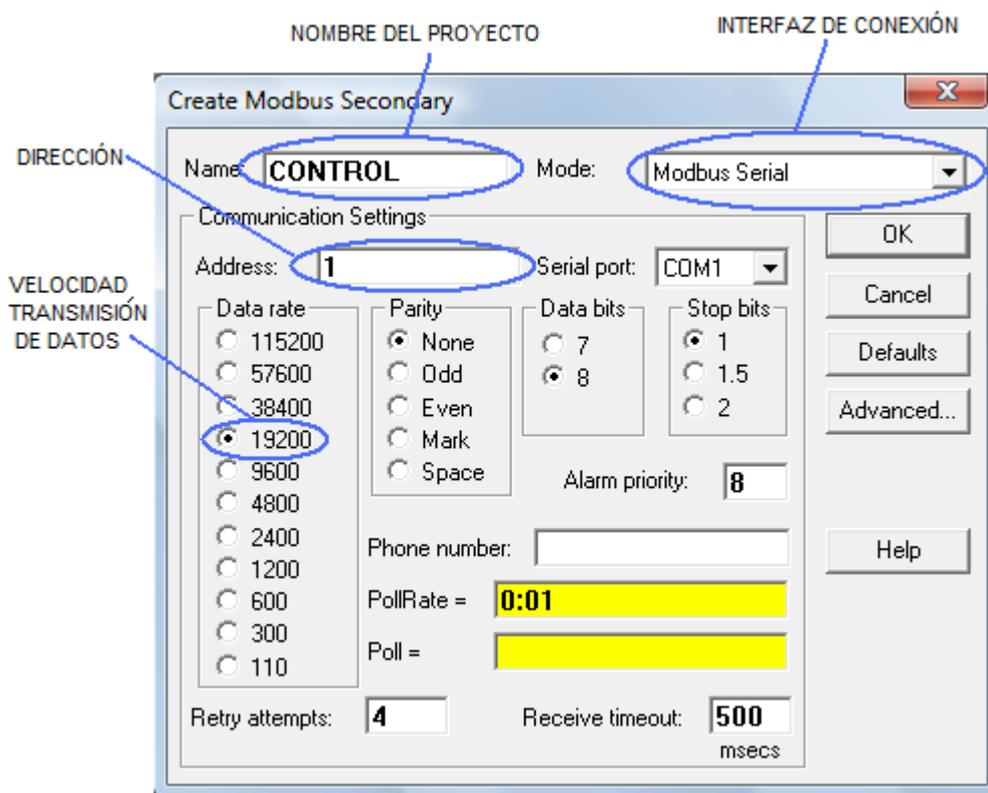


Figura 2.41 Configuración del Modbus.

5. Seleccionar **File »Save** para guardar el proceso (Figura 2.42).

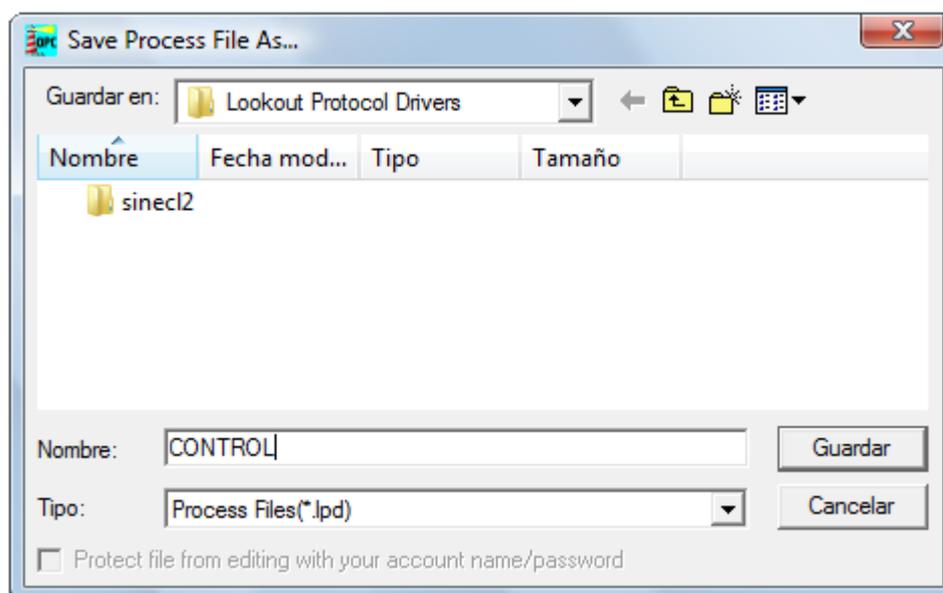


Figura 2.42 Guardar archivo

6. Cerrar el Lookout, seleccionando **File » Exit**. Antes de cerrar, el cuadro de diálogo preguntará si desea que el archivo actual esté en proceso. Si selecciona **Sí**, en cualquier momento el servidor utilizará automáticamente el archivo del proceso (Figura 2.43)

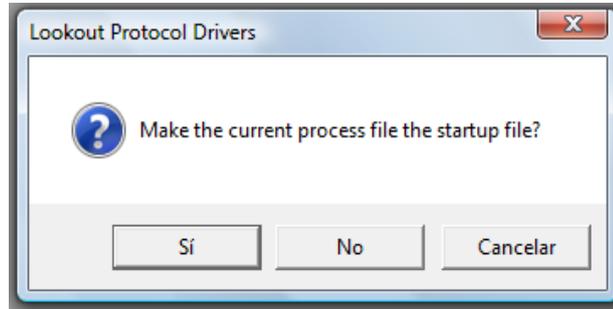


Figura 2.43 Cuadro de diálogo para cerrar Lookout.

7. Establecido el protocolo de comunicación el siguiente paso es crear en LabVIEW el enlaces de datos con Lookout, se selecciona la función de nombre **CONTROL PARA EL LLENADO** este contiene el datos a utilizar para el funcionamiento del prototipo, con el clic derecho se elige **Properties»Data Binding** como se observa en la Figura 2.44.

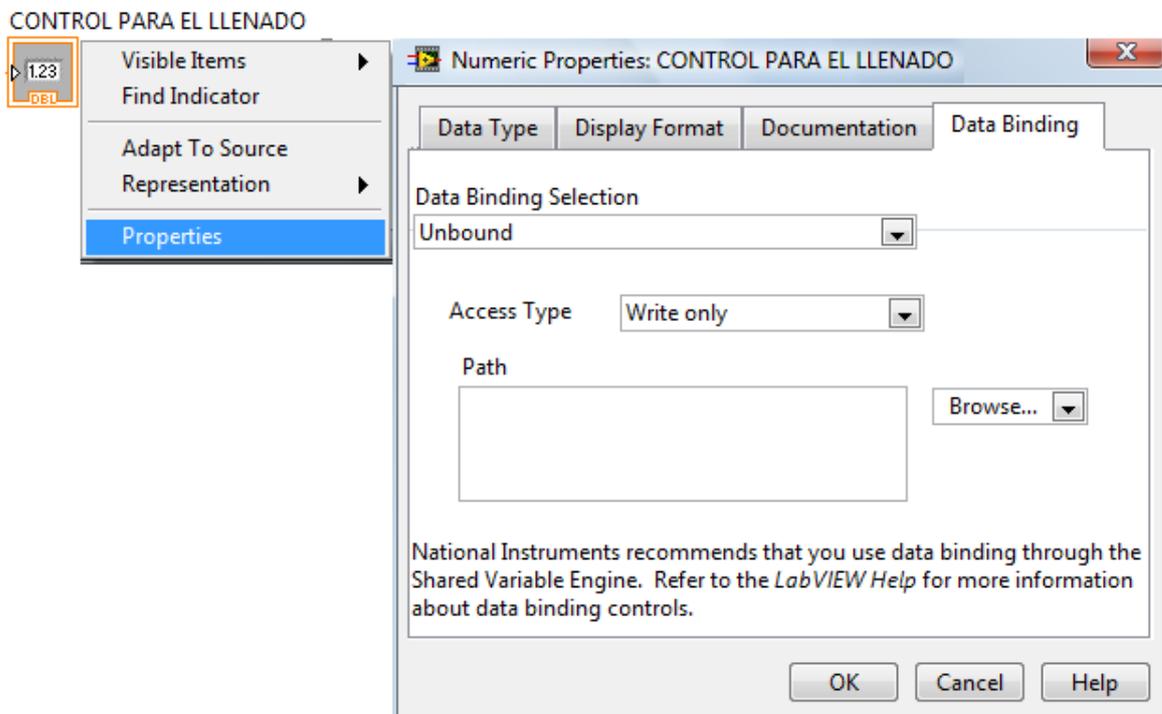


Figura 2.44 Método de comunicación de LabVIEW-Lookout

8. En la pantalla de **CONTROL PARA EL LLENADO** se modifica los siguientes datos (Figura 2.45)

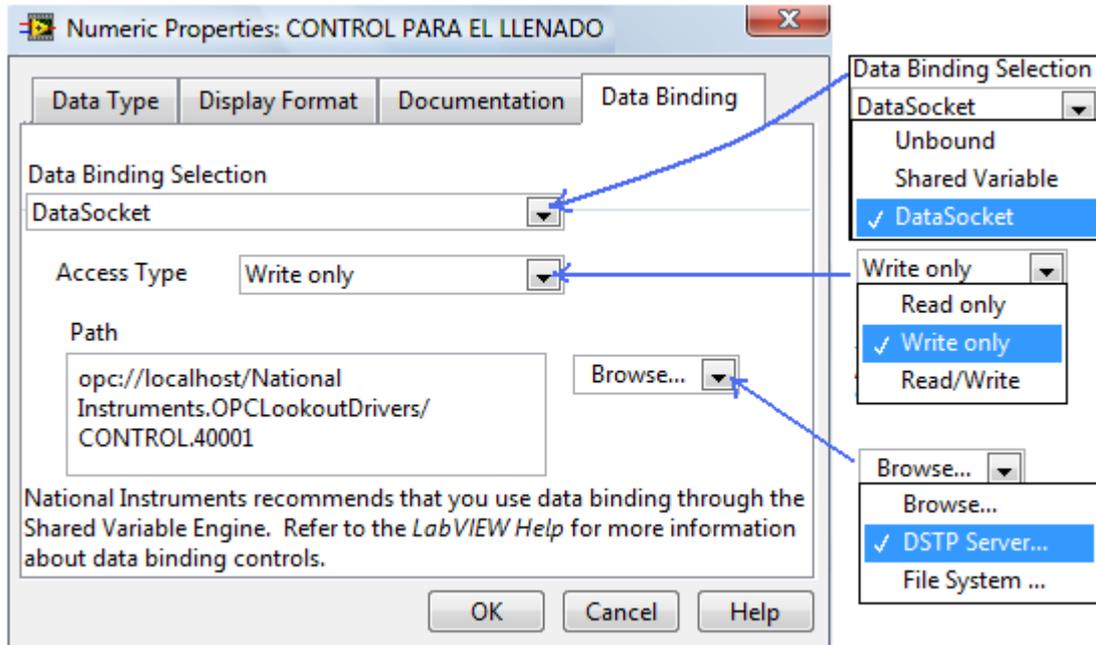


Figura 2.45 Configuración de parámetros en LabVIEW

9. Se carga la dirección donde fue creado el Lookout de nombre **CONTROL** en la dirección **DSTP server** de la pantalla anterior (Figura 2.46).

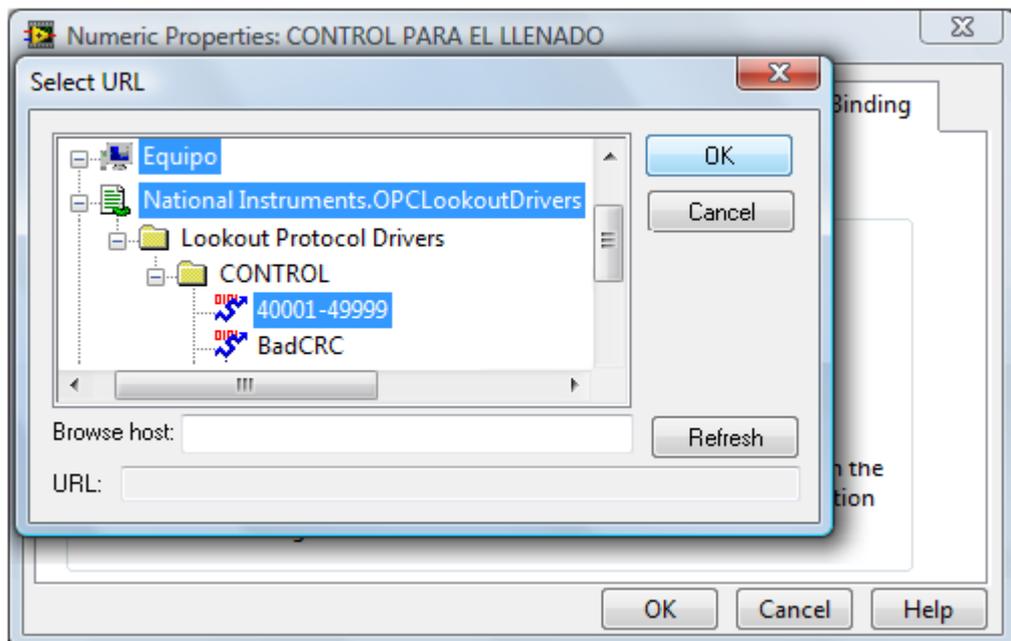


Figura 2.46 Dirección del control de Lookout

Para el direccionamiento Modbus utilizando controladores TWIDO, estos autómatas atienden a las peticiones de un maestro Modbus mediante el manejo de espacios de memoria denominadas marcas, las que pueden ser de tipo digital M (dato con formato booleano) o de tipo de registro MW (dato con formato de palabra). Así se tiene que cada marca digital o tipo palabra posee una dirección particular para el master Modbus, como se observa en la Tabla 2.7.

DIRECCIÓN MODBUS	R	W	DIRECCIÓN TWIDO
.00001	√	√	M0
.00002	√	√	M1
.00003	√	√	M2
.0.....	√	√
.00256	√	√	M255
.10001	√	-	M0
.10002	√	-	M1
.10003	√	-	M2
.1.....	√	-	M...
.10256	√	-	M255
.30001	√	-	MW0
.30002	√	-	MW1
.30003	√	-	MW2
.3.....	√	-	MW....
.33000	√	-	MW2999
.40001	√	√	MW0
.40002	√	√	MW1
.40003	√	√	MW2
.4.....	√	√	MW....
.43000	√	√	MW2999

Tabla 2.7 Direccionamiento Modbus para controladores TWIDO

CAPÍTULO III

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

3.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES CON LABVIEW

El procesamiento de imágenes y el sistema de visión artificial representan una alternativa de alta exactitud para los sistemas de inspección y detección de objetos en la industria actual.

En el siguiente diagrama de bloques (Figura 3.1), se observa los pasos a utilizar en el procesamiento para el llenado de botellas.

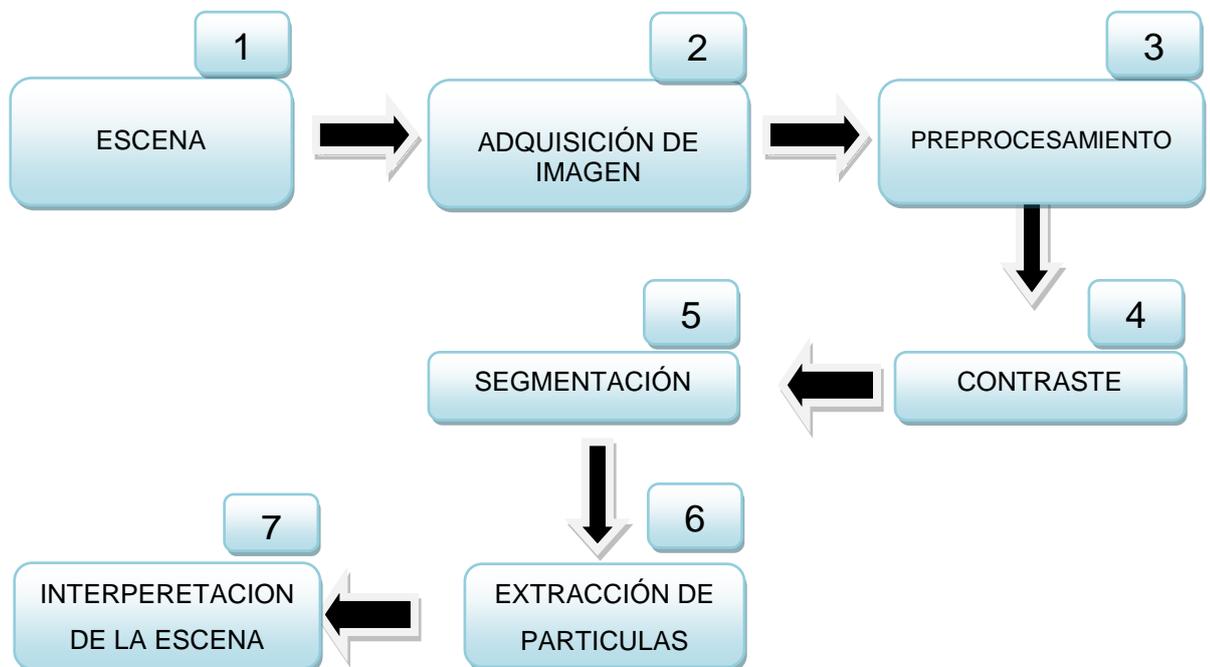


Figura 3.1 Diagrama de bloques del Procesamiento de Imágenes

Como primer paso para la adquisición de la Imagen para el llenado de botellas, es necesario la preparación del ambiente o escena de trabajo, lo cual permite tener una imagen lo más adecuada posible.

El segundo paso es la adquisición de la imagen lo más nítida posible, se realiza con la cámara colocada en el prototipo, esta imagen ingresa al PC para ser visualizada mediante el Software LabVIEW.

Una vez adquirida la imagen, ésta ingresa a la etapa de pre-procesamiento. La imagen original es recortada para así obtener una imagen de la región de interés la que se guarda en la memoria de la PC para su posterior uso.

El cuarto paso es el contraste, se da brillo a la imagen guardada para obtener un mejor contorno de la botella y poder identificar el líquido y así la imagen pase al siguiente paso.

En el quinto paso, se realiza la segmentación, ésta permite tener definido dos colores en la imagen, el color negro que es del líquido y el blanco que es el fondo.

Para el sexto paso, que es extracción de partículas, la imagen del paso anterior por motivos de iluminación tendrá partículas de color blanco en el interior del líquido, este paso permite eliminar estas manchas y tener una imagen lo más homogénea posible.

El último paso es la interpretación de la escena, aquí se obtiene el nivel del líquido que se encuentra en la botella, se detalla cada paso del diagrama de bloque que integra el procesamiento de imagen a continuación.

3.1.1.- ESCENA

Es la preparación del área de trabajo para la adquisición de la imagen como se observa en la Figura 3.2.

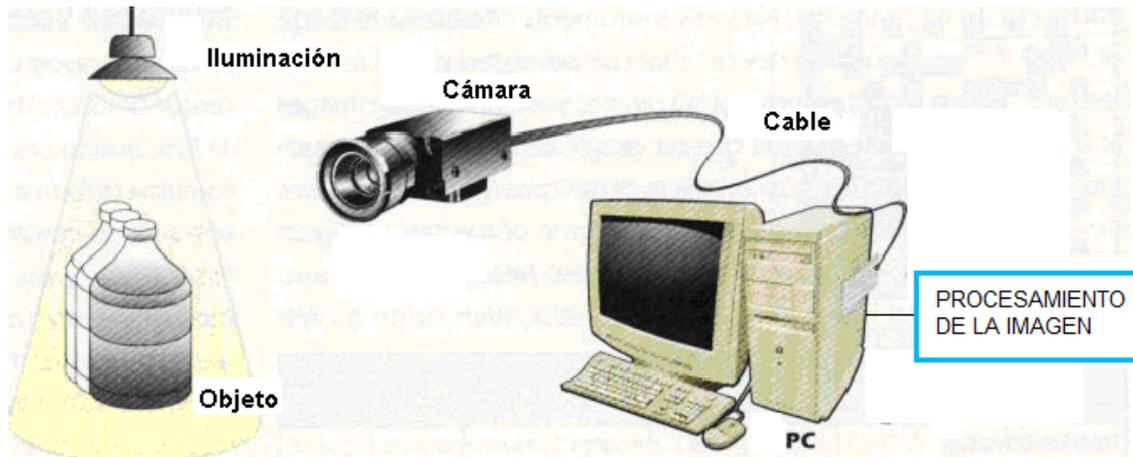


Figura 3.2 Elementos del sistema de Visión

Los elementos descritos en la Figura son fundamentales para la captura de la imagen; así como es la iluminación, ésta permite obtener un buen contraste de la botella; la cámara que adquiere con nitidez y a tiempo real la imagen; el PC procesa la imagen mediante el software.

3.1.2.- ADQUISICIÓN DE IMAGEN

Para la adquisición de la imagen se tomó en cuenta los siguientes factores: cámara, software y el entorno en que se trabajó, como es el fondo e iluminación; todos estos factores son muy importantes e indispensables para la adquisición de la imagen ya que actúan directamente en el proceso.

3.1.2.1.- Cámara

Para una mejor adquisición de imagen se seleccionó una Web Cam Delux que tiene una captura de imagen de 8 mega píxeles como ya se explicó en el capítulo anterior, esta cámara fue ubicada a 530 mm de distancia de la botella y colocada en el soporte construido a una altura de 160 mm (Figura 3.3), estas medidas permiten capturar una imagen completa y nítida del llenado de la botella.

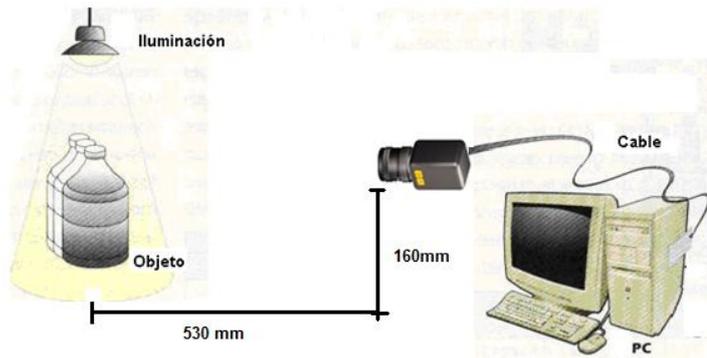


Figura 3.3 Ubicación de la Cámara

3.1.2.2.- Software

Generalmente los programas de visión artificial suelen tener un entorno donde se puede capturar la imagen, uno de ellos es el software LabVIEW 8.5 (Figura 3.4), éste contiene librerías de funciones con las que se creará un programa donde se puede adquirir y procesar la imagen para el sistema de llenado de botellas. Para la instalación de este software se necesita que la PC cumpla varios requerimientos:

- Procesador Pentium IV
- Memoria RAM mínima 1 GB.
- Resolución de la pantalla 1024 x 768 pixeles
- Sistema operativo: Windows Vista/XP
- Espacio libre en disco: 2 Gb
- Puerto USB:
- Puerto Serial
- Unidad de CD-ROM



Figura 3.4 Software LabVIEW

3.1.2.3.- Fondo

El fondo de la escena cumple un papel esencial para la adquisición de la imagen. Éste debe ser lo más homogéneo posible y de un color que permita distinguirlo fácilmente de los objetos. Cualquier mancha o defecto que exista en el fondo, puede ocasionar errores en la etapa de reconocimiento (Figura 3.5)



Figura 3.5 Fondo para la adquisición de la imagen

3.1.2.4.- Iluminación

La iluminación es una parte primordial para la adquisición de la imagen, gracias a la iluminación se podrá obtener una imagen sin sombras de acuerdo a la ubicación de las lámparas. En este prototipo se empleó la iluminación directa, luz alógena (amarilla) y con una potencia de 50W; las lámparas se ubicaron a 500 mm al frente de la botella con un ángulo de 20 grados con referencia a la cámara porque así se logra capturar la imagen del llenado sin sombras, ni manchas (Figura 3.6).

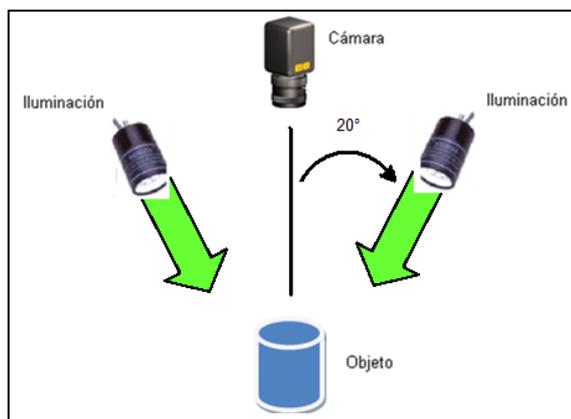


Figura 3.6 Iluminación de la botella

Adecuada la escena y adquirida la Imagen, ésta se visualiza mediante la función **Image Display** (Figura 3.7), para que se pueda diferenciar las pantalla de cada uno de los pasos del proceso, éstos tendrán un nombre diferente, en este primer paso se llama **IMAGEN**.



Figura 3.7 Imagen Adquirida

La imagen visualizada en la pantalla (**IMAGEN**) se envía a guardar en una memoria creada temporalmente, para que ésta pueda ser utilizada en los siguientes pasos del procesamiento de llenado de botellas.

3.1.3.- PREPROCESAMIENTO

En el preprocesamiento la imagen guardada en el primer paso es visualizada en otra pantalla con el nombre de **IMAGEN GUARDADA**, en esta imagen se traza una área rectangular de color verde (Figura 3.8), la que permite recortar lo que se encuentra en el interior del rectángulo y desplegar en otra pantalla llamada

IMAGEN CORTADA mediante la función **IMAQ Extract**  que se encuentra en la librería **Vision and Motion** de LabVIEW, así se obtiene la región de interés o también denominada ROI.

Selección de la
región de interés

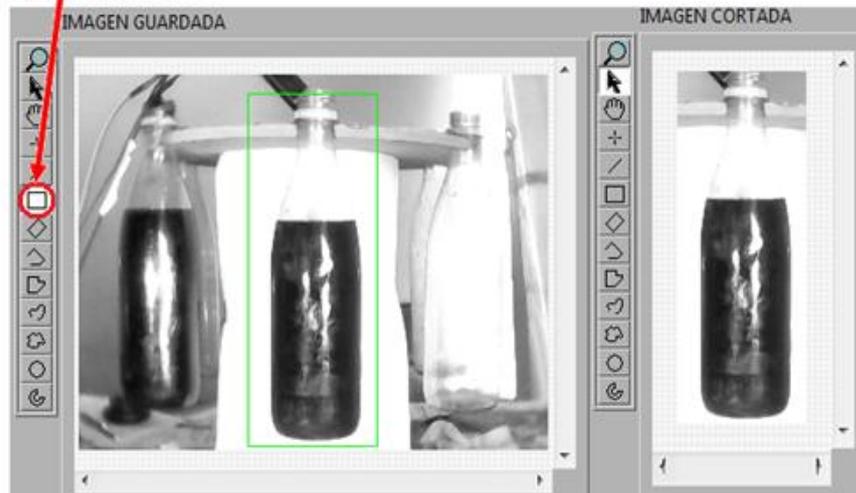


Figura 3.8 Preprocesamiento de la Imagen

3.1.4.- CONTRASTE

En esta etapa se procede a dar contraste y brillo a la imagen que se visualiza en la pantalla con nombre **IMAGEN CORTADA** (Figura 3.9) de acuerdo a la necesidad de la misma, este paso se realiza mediante la función **IMAQ**

MathLookup  de la librería de LabVIEW. Esta función hace que la imagen mejore el contraste y el brillo con una modificación dinámica de la intensidad de las regiones; para ver los cambios que se producen al aplicar la función en la imagen, es necesario crear otra pantalla con el nombre **IMAG. CONTRASTE** y de esta manera observar los cambios.

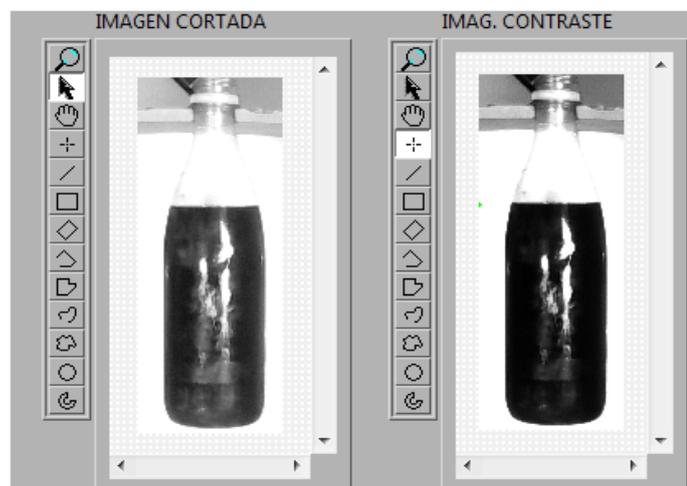


Figura 3.9 Contraste de la Imagen

3.1.5.- SEGMENTACIÓN

Después del contraste de la imagen, se realiza la segmentación utilizando la técnica de la umbralización- método de Otsu; esto quiere decir que se da un rango en escala de grises que permite obtener una imagen binaria (blanco y negro), etiquetando con 1 los píxeles correspondientes al fondo o color blanco y 0 a los píxeles de la botella o color negro; todo esto se realiza mediante la función **IMAQ Equalize**  de la librería de LabVIEW.

Para visualizar la imagen ya segmentada, se utiliza una pantalla con el nombre de **IMAGEN BINARIA** (Figura 3.10).

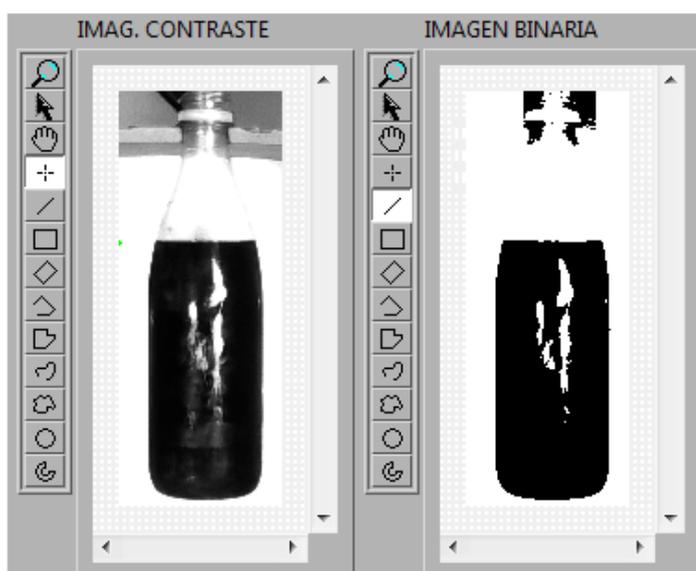


Figura 3.10 Segmentación de la Imagen

3.1.6.- EXTRACCIÓN DE PARTÍCULAS

Después de las etapas ya mencionadas anteriormente el siguiente paso es la extracción de partículas (Figura 3.11) esto quiere decir eliminar las partículas producidas por el reflejo de la iluminación, rellenándolas del mismo color de su alrededor; así se obtiene una imagen homogénea binaria la que será desplegada en la pantalla de nombre **EXTRACCION**.

Esta función se realiza mediante el **IMAQ RemoveParticle**  de la librería de LabVIEW.

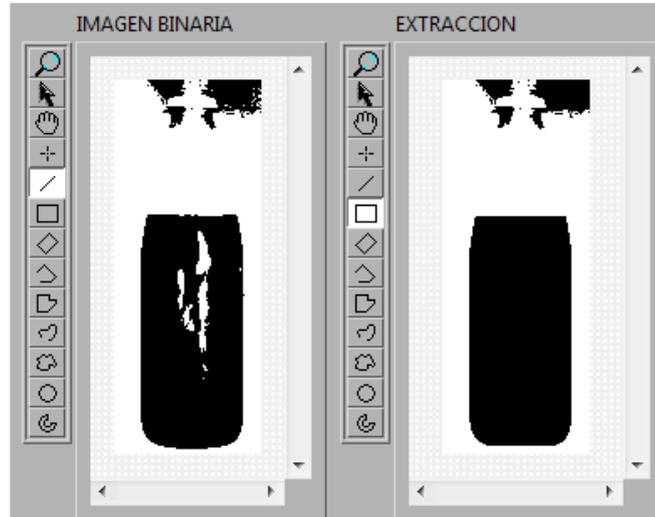


Figura 3.11 Extracción de partículas

3.1.7.- INTERPRETACIÓN DE LA ESCENA

En la pantalla con el nombre **EXTRACCION**, se traza una área rectangular de color verde (Figura 3.12); y mediante la función **IMAQ Clamp Vertical Max**  de la librería LabVIEW, permite localizar los bordes del líquido con el fin de obtener un dato numérico, el que permita observar el nivel de llenado de la botella.

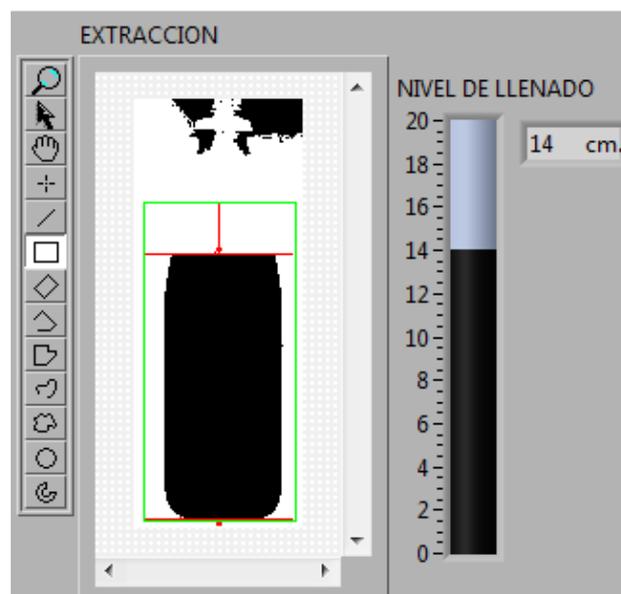


Figura 3.12 Interpretación de la escena

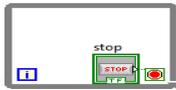
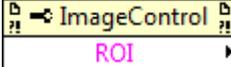
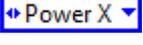
3.2.- PROGRAMA DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

3.2.1.- HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN EL PROGRAMA DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO

Para la programación de adquisición y procesamiento de la imagen se utiliza los instrumentos virtuales del software LabVIEW, a continuación se describirá la función de cada uno de ellos.

- **IMAQ USB Init.vi**  Esta función se encarga de abrir, consultar y cargar un archivo de configuración para crear una sesión de **IMAQ USB** para la cámara y así crear una única referencia para la misma cámara.
- **IMAQ USB Grab Setup.vi**  Configura y permite iniciar la adquisición continua de la imagen a una alta velocidad.
- **IMAQ USB Grab Acquire.vi**  Adquiere la imagen más reciente y envía a **Image Out**.
- **Image Display**  Visualiza la imagen que proviene de **Image Out**.
- **IMAQ Create**  Se encarga de liberar la memoria asignada para la imagen al crear temporalmente un espacio en el disco duro.
- **IMAQ Write File 2**  Guarda como imagen el video que es enviado de la cámara en un formato de archivo seleccionado. En este caso se guardará

en el formato JPEG porque permitirá almacenar la imagen con una mayor profundidad de contraste y sin pérdida de la calidad de la imagen.

- **File Path**  Esta función se encarga de dar la ruta completa (unidad, directorio, nombre del archivo) donde se guarda la imagen adquirida, también se encarga de llamar a la imagen guardada anteriormente.
- **IMAQ USB Stop.vi**  Detiene la adquisición continua de la imagen al finalizar el lazo **While Loop**, y apaga la cámara.
- **While Loop**  Este VI repite la programación que se encuentra en el interior hasta que el terminal de condición cambie de valor mediante un valor booleano dado por el botón **Stop Button**
- **IMAQ Read File**  Lee un archivo de imagen para luego ser mostrada.
- **Property Node**  Obtiene una lectura del recuadro de color verde determinando el punto inicial, la señal de salida es **String**.
- **Unbundle by name**  Se encarga de transformar una señal **String** a una señal **Integer numeric**.
- **IMAQ Extract**  Recorta de la imagen original la región de interés trazando un área rectangular de color verde.
- **Operator Power X**  Se encarga de dar efectos variables que dependen del valor de X.
- **Pointer Slide**  Da el valor a X para el contraste.
- **IMAQ Equalize**  La función redistribuye los valores de los píxeles de una imagen mediante un rango establecido.

- 
Range Da un rango que contiene los valores mínimos y máximos para los valores del píxel a igualar. Con el rango mínimo permitirá cambiar los píxeles que se encuentran dentro del rango del píxel 0 o color negro y con el rango máximo permitirá cambiar los píxeles que se encuentran dentro del rango de píxel 255 o color blanco.
- 
IMAQ RemoveParticle La función elimina las partículas resistentes al reflejo de la iluminación.
- 
Number of Erosion Establece el número de partículas a eliminar.
- 
IMAQ Clamp Vertical Max Localiza los bordes a lo largo de un conjunto de líneas paralelas de búsqueda. Los bordes se determinan en base a su contraste.
- 
Tank Permite visualizar el nivel de llenado.
- 
Numeric Indicator Visualiza el nivel de llenado en forma numérica

3.2.2.- DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN

La adquisición de la imagen se logra mediante la cámara seleccionada anteriormente, conjuntamente con la creación del diagrama de bloques de la programación en LabVIEW.

A continuación se explica el procedimiento para la adquisición de la imagen:

- Para crear las funciones **IMAQ USB Init.vi**, **IMAQ USB Grab Setup.vi**, **IMAQ USB Grab Acquire.vi**, **IMAQ USB Stop.vi**, se selecciona con el botón derecho del mouse en la pantalla de LabVIEW **Vision and Motion»IMAQ USB** (Figura 3.13), estas funciones permiten llamar a la cámara conectada para la adquisición de la imagen.

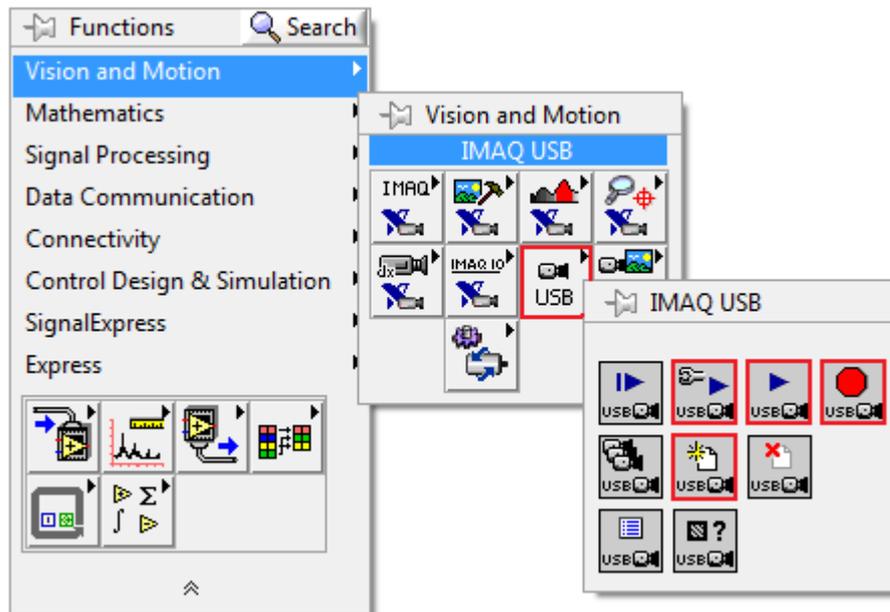


Figura 3.13 Funciones para la Visualización de la Imagen

- Cargado la función **IMAQ USB Init.vi** en la pantalla de LabVIEW, con el clic derecho del mouse sobre la función se selecciona **Create»Constant**, ésta crea una constante que permite tener una referencia para la cámara conectada (Figura 3.14).

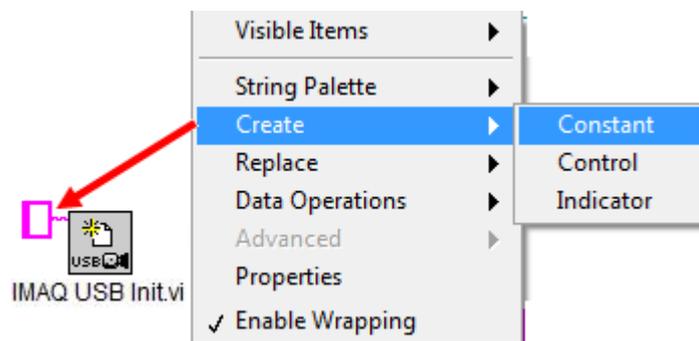


Figura 3.14 Creación de la referencia de la Cámara

- Las funciones ya creadas anteriormente se las conecta entre sí (Figura 3.15).

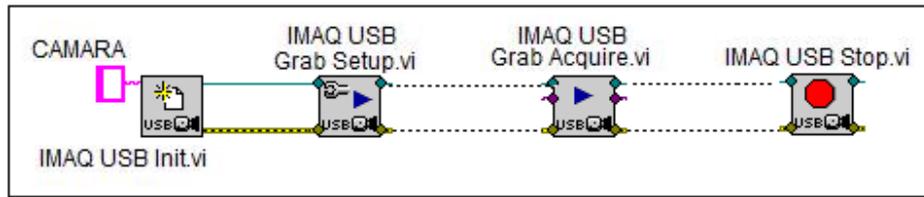


Figura 3.15 Conexión para la Visualización de la Cámara

- La función **IMAQ Create**, crea temporalmente un espacio de memoria para la imagen a ser capturada, se selecciona dando clic derecho del mouse en la pantalla de diagrama de bloques e ingresando al menú **Vision and Motion»VisionUtilities»Image Management»IMAQ Create** (Figura 3.16).

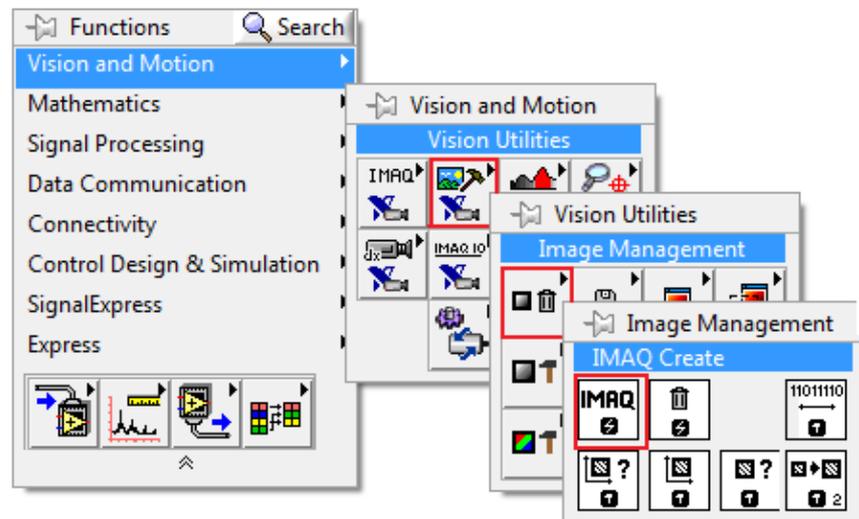


Figura 3.16 Selección de IMAQ Create

- Se crea una constante en la función **IMAQ Create**, para dar un nombre al espacio creado temporalmente en la PC y ésta se conecta a la función **IMAQ USB Grab Acquire.vi** (Figura 3.17).

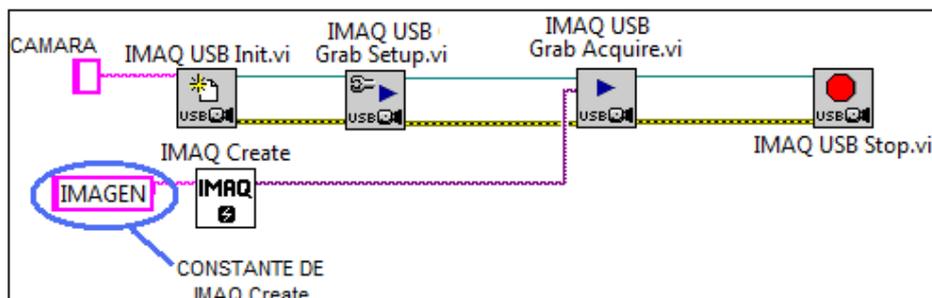


Figura 3.17 Conexión de la Función IMAQ Create

- Para ser visualizada la imagen que proviene de la cámara se utiliza la función **Image Display**, en el panel frontal de LabVIEW con el clic derecho del mouse se selecciona en el menú **Vision» Imagen Display** (Figura 3.18).

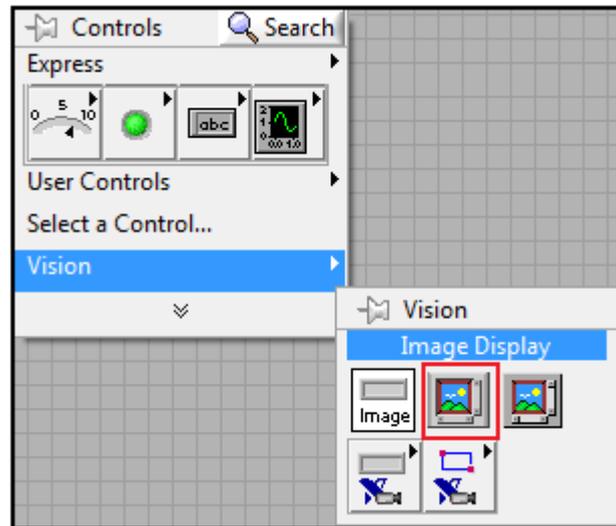


Figura 3.18 Creación de la Función Imagen Display

- La función **IMAQ Write File2**, guarda la imagen que es visualizada con la función **Imagen Display**, para seleccionar esta función se ingresa mediante el clic derecho en el panel de diagrama de bloques en **Vision and Motion» Vision Utilities» Files» IMAQ WriteFile2** (Figura 3.19).

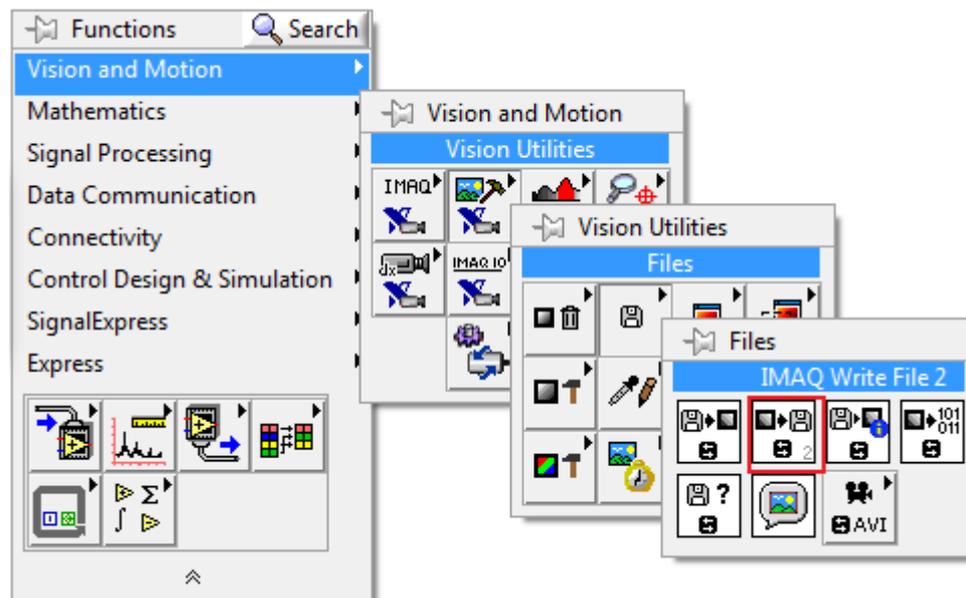


Figura 3.19 Creación de la Función IMAQ WriteFile2

- Para guardar la imagen en **IMAQ WriteFile2**, se crea una constante la que se encarga de direccionar el sitio donde se va a generar un espacio para ser almacenada (Figura 3.20), se guarda con el nombre de **IMAGEN**.

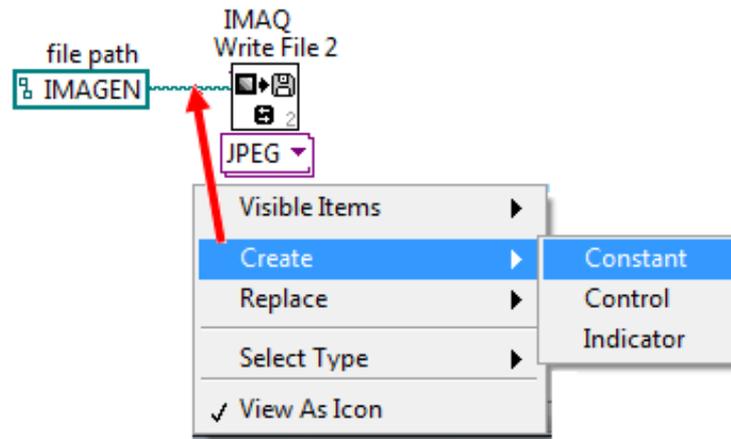


Figura 3.20 Espacio de almacenamiento de la Imagen

- Una vez creado las funciones **Image Display**, **IMAQ WriteFile2**, el siguiente paso es realizar la conexión entre ellos, como se visualiza en la Figura 3.21.

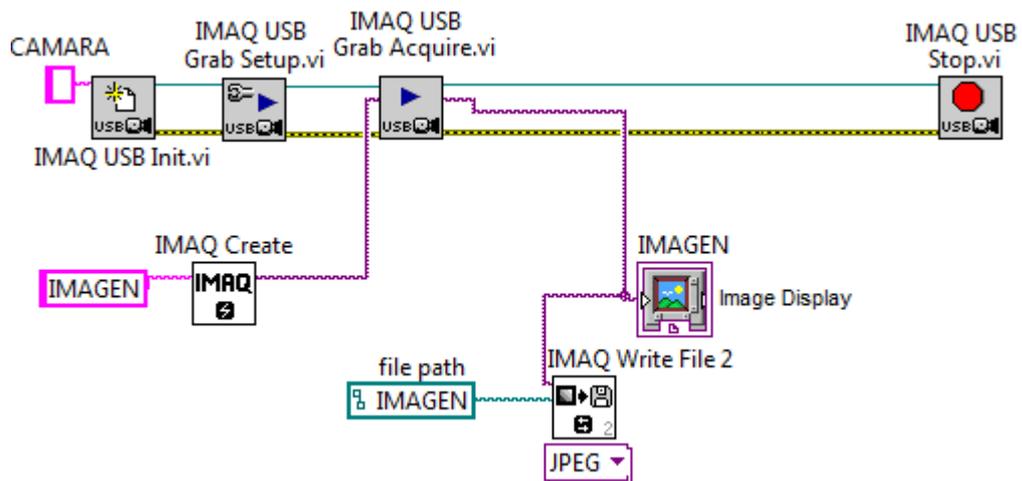


Figura 3.21 Diagrama de bloques para la Adquisición de la Imagen

- Se crea un lazo **While Loop**, el mismo que permite repetir la programación que se encuentra en su interior (Figura 3.22).

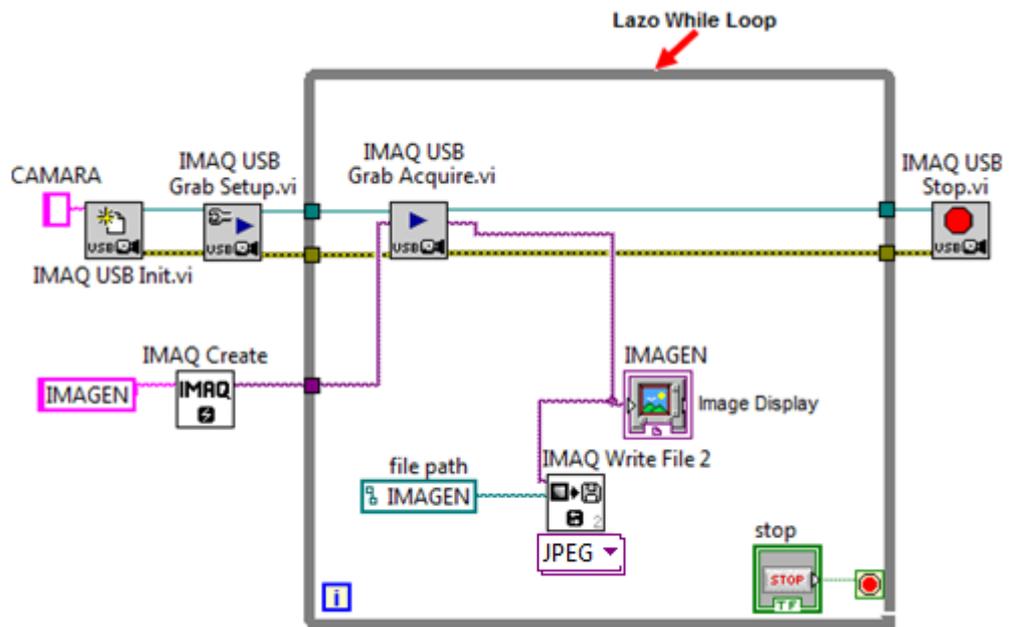


Figura 3.22 Lazo While Loop

Después de haber creado el diagrama de bloques, a continuación se explica su operación:

- La función **IMAQ USB Init.vi** llama a la cámara preseleccionada, esta señal ingresa a la función **IMAQ GrabSetup.vi**, la que activa la cámara y deja lista para que la imagen capturada se pueda visualizar, al mismo tiempo se crea el espacio temporal con la función **IMAQ Create** (Figura 3.23).

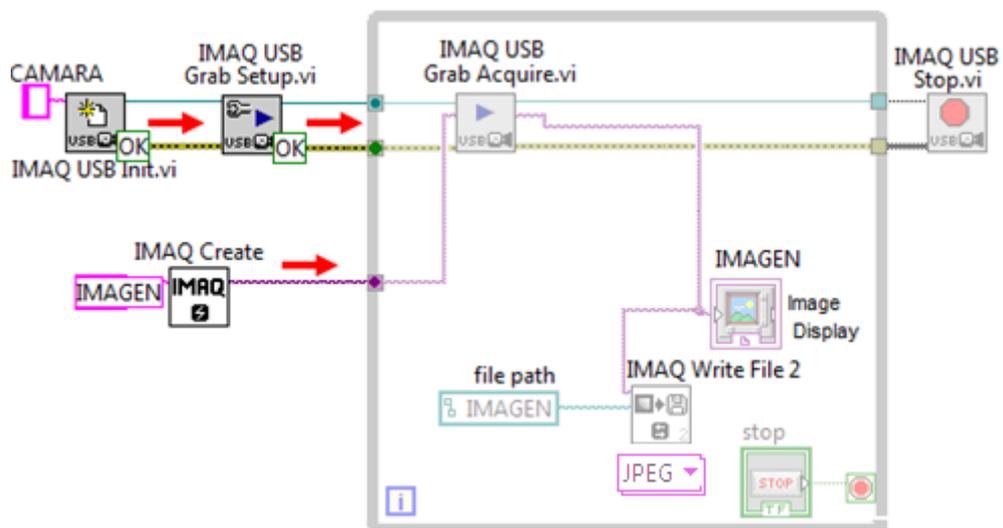


Figura 3.23 Activación de la Cámara

- Las señales de las funciones **IMAQ GrabSetup.vi** e **IMAQ Create** ingresan al lazo **While Loop**, permitiendo a la función **IMAQ GrabAcquire.vi** utilizar el espacio creado y empezar a adquirir la imagen que se visualiza (Figura 3.24).

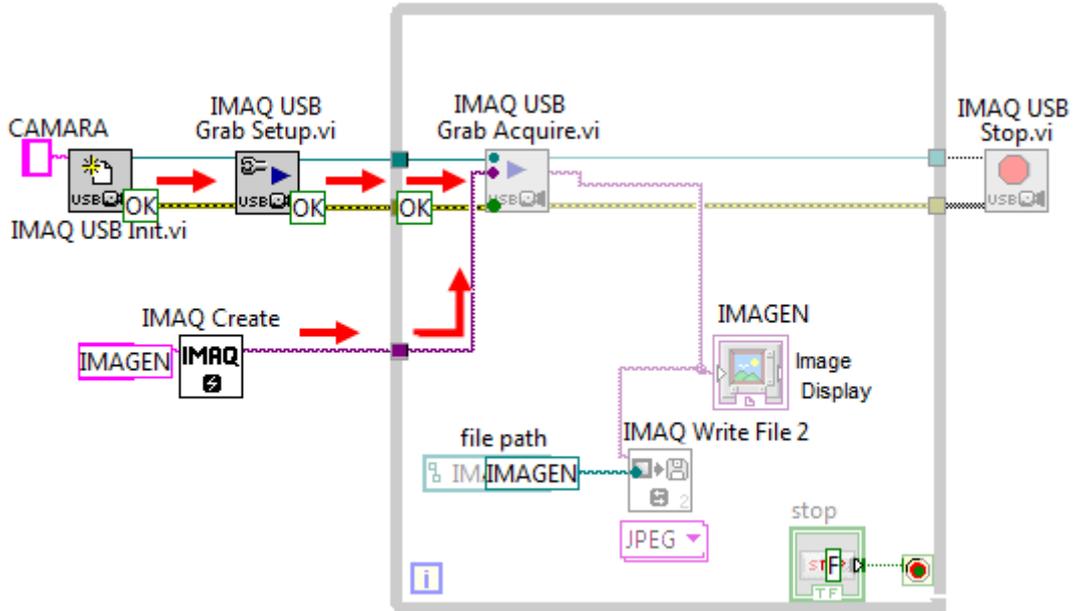


Figura 3.24 Adquisición de la Imagen

- Para ser visualizada la imagen, esta señal se dirige hacia la función **Image Display** y hacia el espacio creado en la función **IMAQ Write File2**, para guardar la imagen en la dirección establecida (Figura 3.25).

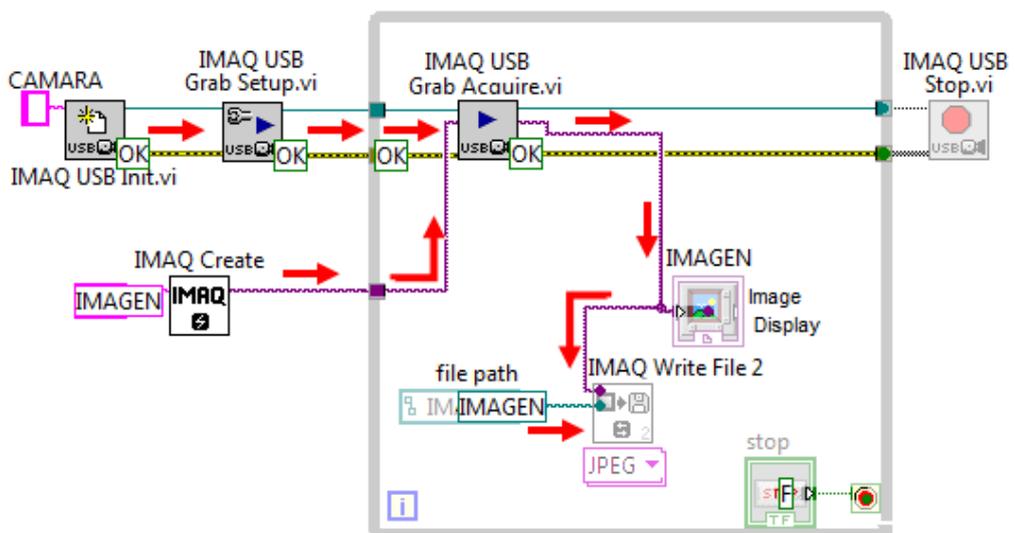


Figura 3.25 Visualización de la Imagen Adquirida

3.2.3.- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

El procesamiento se realiza para mostrar la imagen guardada anteriormente en la adquisición de la Imagen, el procedimiento utilizado es el siguiente:

- La función **IMAQ Create e Image Display**, se genera de la misma manera como para la Adquisición de la Imagen, lo que cambia es el nombre de la constante de **IMAQ Create** que es **IMAGEN GUARDADA**, y para **Image Display** el nombre **IMAGEN GUARDADA** para saber cuál es la imagen que se está visualizando. Esto no permite sobrescribir en memoria asignada anteriormente (Figura 3.26).



Figura 3.26 Creación de las Funciones IMAQ Create e Image Display

- Para visualizar la imagen que se guarda en la Adquisición de la Imagen se utiliza la función **IMAQ Read File**, ésta se encarga de llamar a la imagen para ser mostrada en la función **Image Display** de nombre **IMAGEN GUARDADA**; mediante el clic derecho en el nodo **File Path** de **IMAQ Read File** se crea la constante para guardar la dirección de donde se descarga la imagen (Figura 3.27).

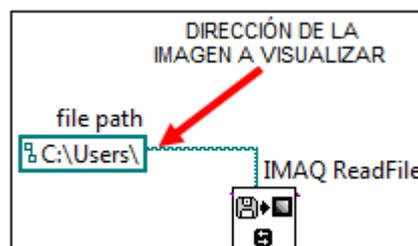


Figura 3.27 Direccionamiento de la Imagen a Visualizar

- Se realiza la conexión entre las funciones anteriormente creadas como se visualiza en la Figura 3.28.

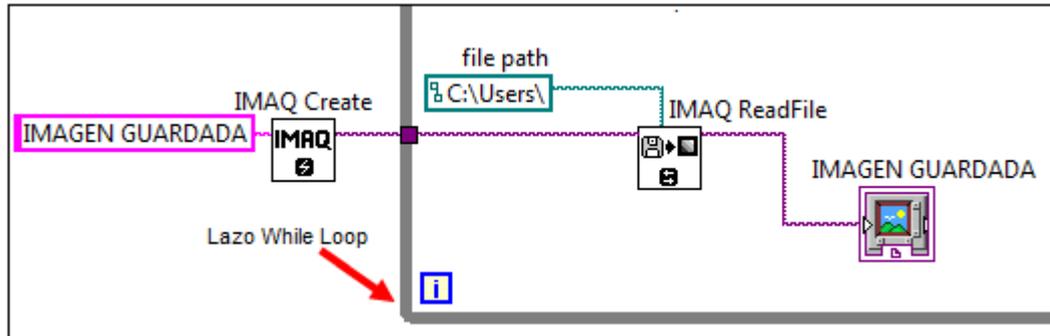


Figura 3.28 Conexión para la visualización de la Imagen

A continuación se describe la programación realizada:

- Se crea el espacio de memoria temporal con la función **IMAQ Create** para guardar la imagen que proviene de **IMAQ Read File** (Figura 3.29).

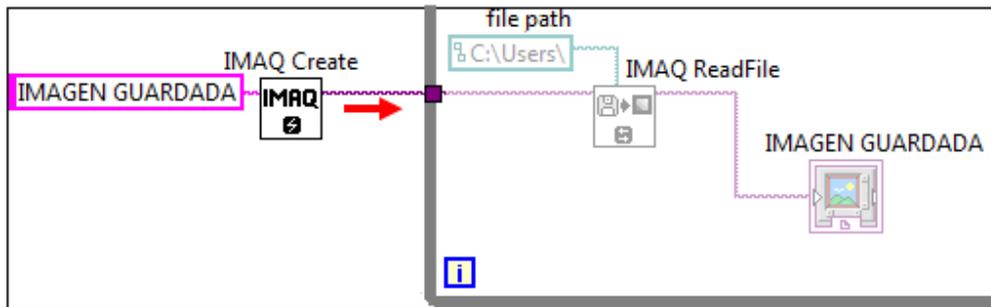


Figura 3.29 Espacio de memoria para la Imagen

- Una vez creado el espacio de memoria, la función **IMAQ Read File** carga la ruta de la imagen guardada anteriormente (Figura 3.30).

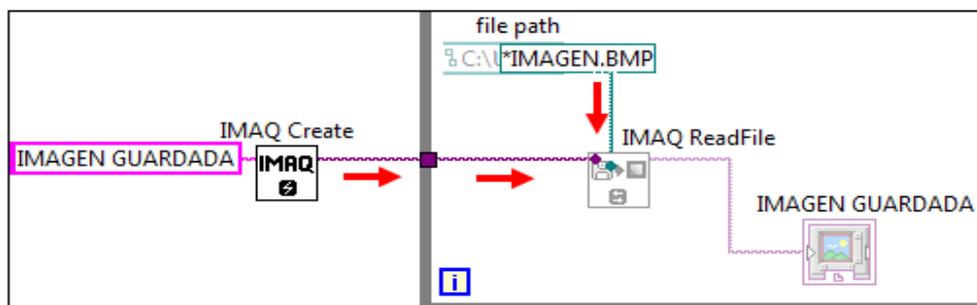


Figura 3.30 Funcionamiento de IMAQ Read File

- Una vez obtenida la imagen se visualiza mediante la función **Image Display** de nombre **IMAGEN GUARDADA** (Figura 3.31).

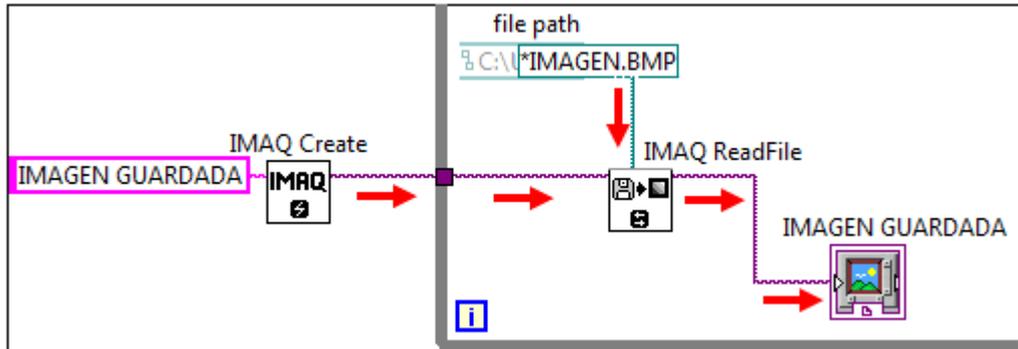


Figura 3.31 Visualización de la Imagen guardada

De esta manera se visualiza la imagen guardada. Para el siguiente paso del procesamiento de la imagen se utiliza las siguientes funciones que permiten copiar la imagen que se muestra en la función **Image Display** de nombre **IMAGEN GUARDADA**, la imagen que está en el interior del recuadro.

Los pasos para el desarrollo del diagrama de bloques en LabVIEW son:

- Se crea una nueva función **Image Display** e **IMAQ Create**, las dos con el mismo nombre **IMAGEN CORTADA**, esto permitirá identificar la nueva imagen y no se sobrescribirá en las otras memorias asignadas respectivamente (Figura 3.32).



Figura 3.32 Funciones para la adquisición de la Imagen cortada

- Para la creación de la función **IMAQ Extract**, se realiza un clic derecho del mouse en la pantalla de diagrama de bloques, se selecciona en el menú **Vision and Motion» Vision Utilities» Image Manipulation» IMAQ Extract**

(Figura 3.33), esta función se encarga de extraer de la imagen capturada, la región de interés para el procesamiento de la imagen.

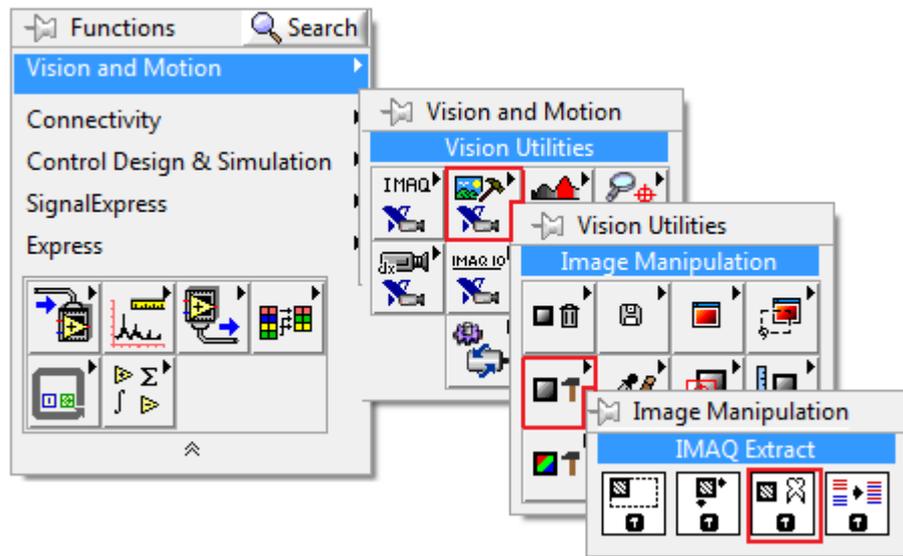


Figura 3.33 Creación de la Función IMAQ Extract

- La función **Property Node**, se obtiene dando clic derecho sobre la función **Image Display** de nombre **IMAGEN GUARDADA** e ingresando al menú **Create» Property Node» ROI** (Figura 3.34), la función obtiene una lectura del recuadro de color verde determinando la región de interés que se va a copiar.

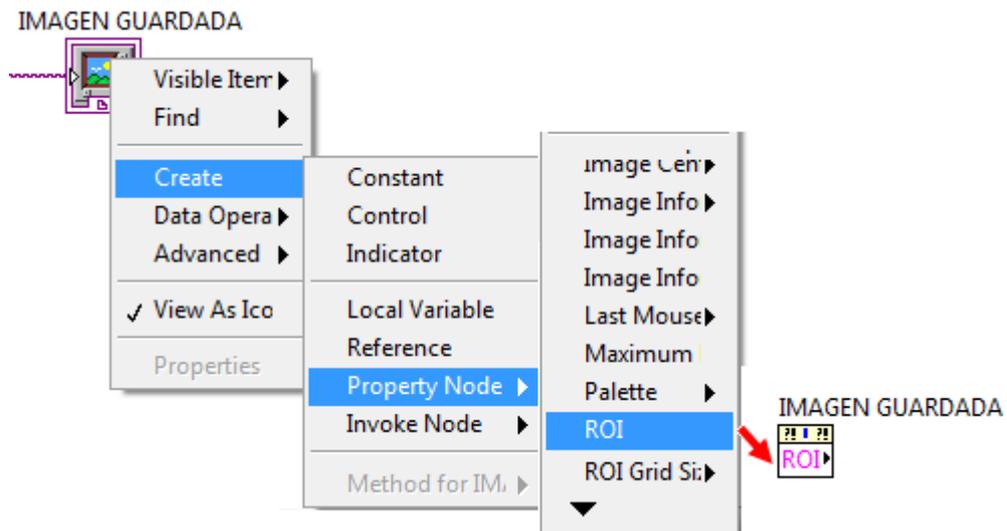


Figura 3.34 Función Property Node

- La señal que proviene de la función **Property Node** es de forma **String**, por lo que se genera la función **Unbundle by name** que se utiliza para transformar a

una señal **Integer numeric**, para que pueda ser leída en **IMAQ Extract** (Figura 3.35).

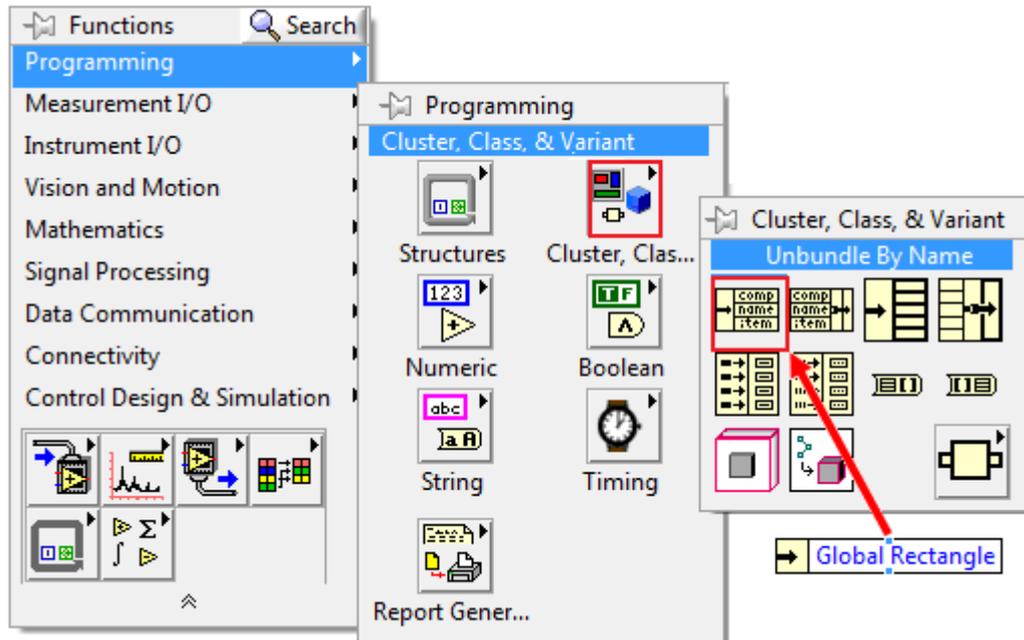


Figura 3.35 Función Unbudle by name

- Se realiza la conexión entre las funciones creadas como se visualiza en la Figura 3.36, la señal que proviene de la función **IMAQ Read File** es la misma que se visualiza en la función **Image Display** de nombre **IMAGEN GUARDADA**.

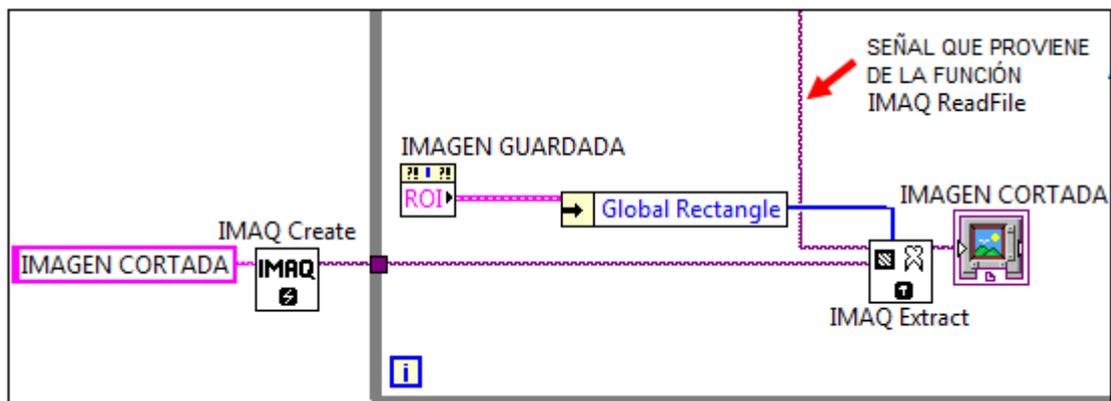


Figura 3.36 Programación del Preprocesamiento

Una vez creada la programación se explica el funcionamiento:

- Se crea el espacio temporal mediante la función **IMAQ Create**, para la adquisición de la imagen proveniente de la función **IMAQ Extract** (Figura 3.37).

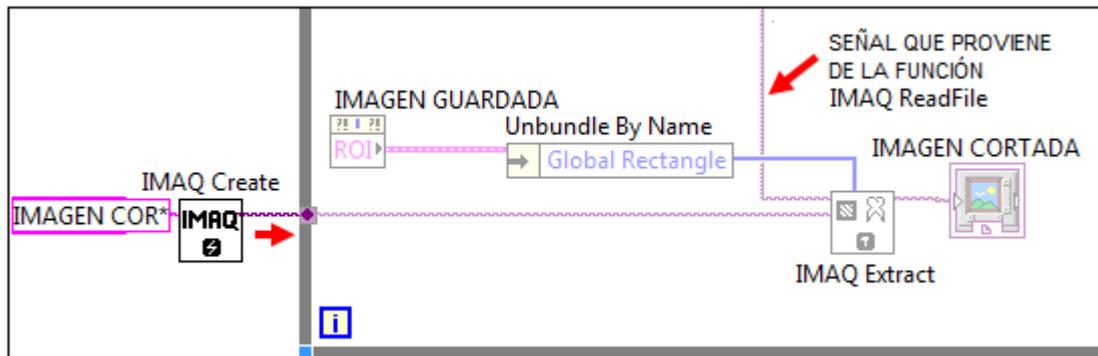


Figura 3.37 Espacio creado por la Función IMAQ Create

- La señal que proviene de la función **IMAQ ReadFile** ingresa conjuntamente con las señales de las funciones **IMAQ Create** y **Unbundle by name**, hacia **IMAQ Extract** la que se encarga de identificar la región de interés, mediante la creación del recuadro verde en la pantalla de la función **Image Display** de nombre **IMAGEN GUARDADA** (Figura 3.38).

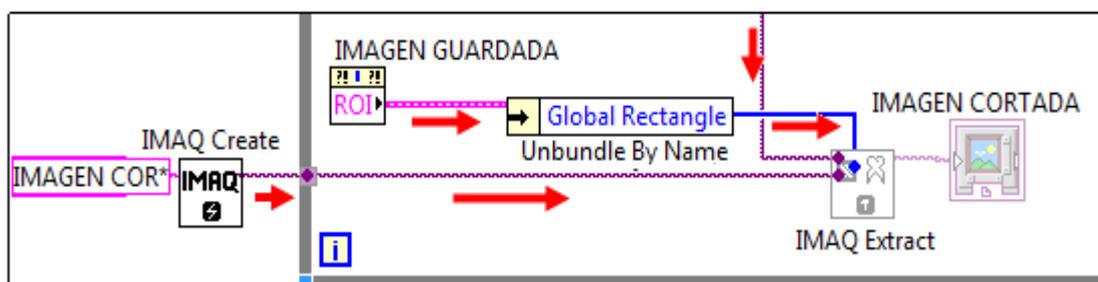


Figura 3.38 Identificación de la Región de Interés

- Una vez que se identifica la región de interés, copia la imagen interna del recuadro de color verde y se visualiza en la función **Image Display** de nombre **IMAGEN CORTADA** (Figura 3.39).

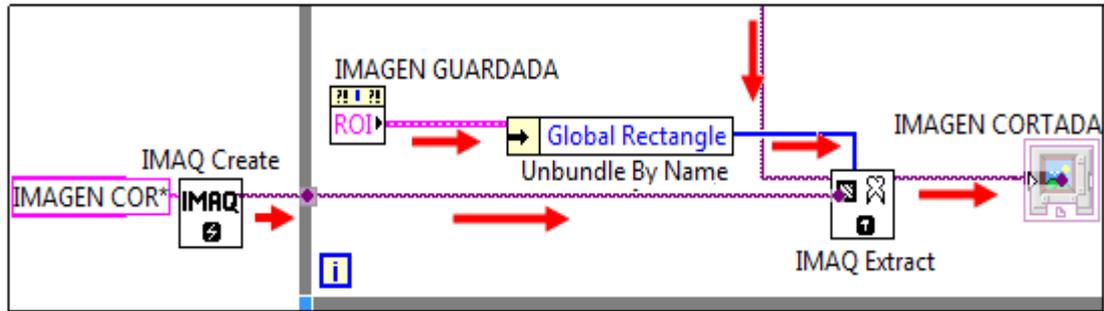


Figura 3.39 Visualización de la Imagen copiada

Al estar las funciones dentro del lazo **While Loop**, estas operaciones se repiten continuamente mientras esté activo el lazo.

3.2.4.- DIAGRAMA DE BLOQUE PARA EL CONTRASTE DE LA IMAGEN

Los pasos para generar el diagrama de bloque del contraste de la imagen en LabVIEW son los siguientes:

- Se crea las funciones **IMAQ Create** de nombre **CONTRASTE** e **Image Display** de nombre **IMAG. CONTRASTE**, éstas permitirán no sobrescribir en las otras memorias e identificar la nueva imagen respectivamente (Figura 3.40).

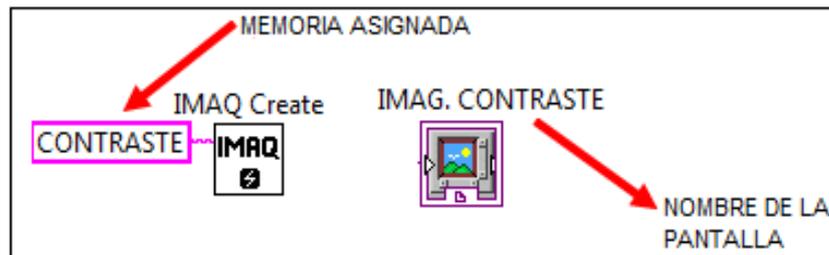


Figura 3.40 Funciones IMAQ Create e Image Display

- La función encargada en la programación para dar contraste a la imagen se llama **IMAQ Math Lookup**, se crea al dar clic derecho del mouse en la pantalla de diagrama de bloques e ingresar al menú **Vision and Motion» Image Processing» Processing» IMAQ Math Lookup** (Figura 3.41).

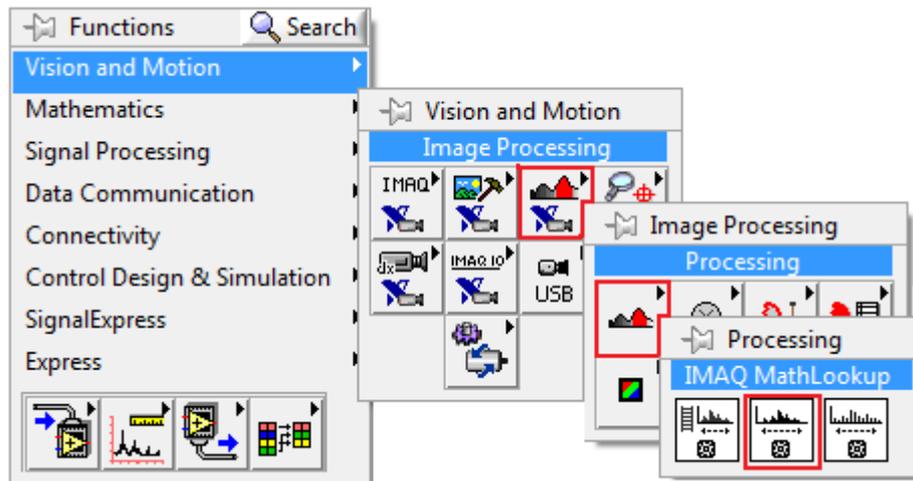


Figura 3.41 Función IMAQ Math Lookup

- Crea la función **IMAQ Math Lookup**, para manipular y adecuar la imagen que ingresa a esta función se genera en el nodo **X Value** un control, es el encargado de dar un valor numérico de acuerdo al contraste que sea necesario, en este caso el valor es 2; para que este valor numérico actúe en la función **IMAQ Math Lookup**, se genera en el nodo **Operator** una constante, de esta manera el valor de **X Value** actúa en la imagen dando brillo y contraste (Figura 3.42).

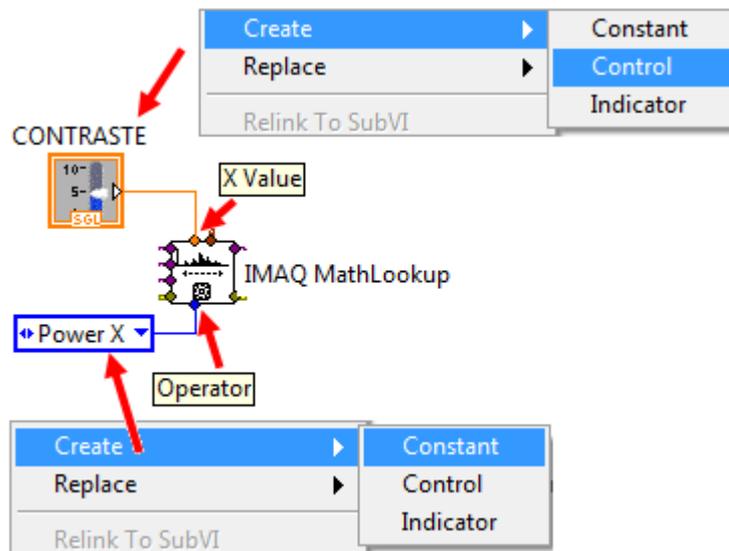


Figura 3.42 Función para el contraste de la Imagen

- Creado las funciones se realiza las conexiones como se indica en la Figura 3.43.

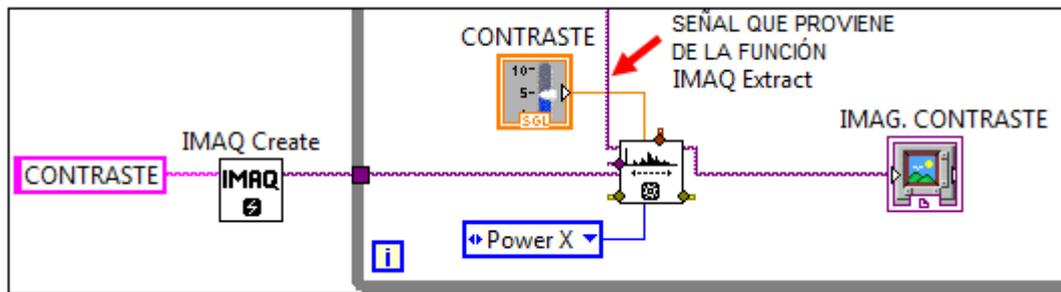


Figura 3.43 Programación Contraste de imagen

A continuación se explica el funcionamiento de esta programación:

- Se genera el espacio temporal para la adquisición de la señal que ingresa en la función **IMAQ Math Lookup** (Figura 3.44).

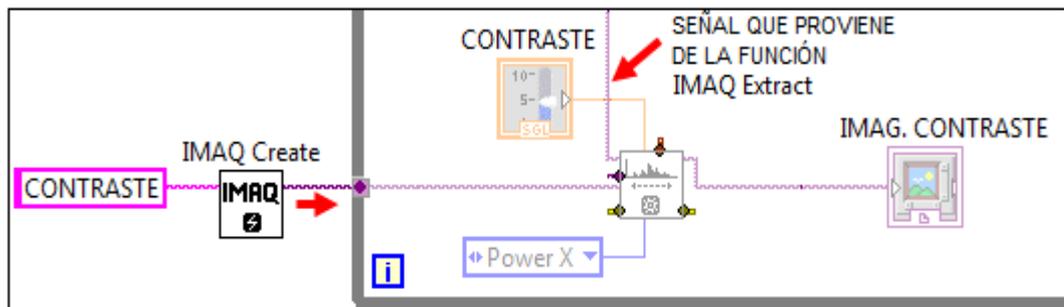


Figura 3.44 Activación de la Función IMAQ Create

- La señal de **IMAQ Create** ingresa conjuntamente con las señales del nodo **Operator**, el valor de **X Value** y de **IMAQ Extract**, hacia la función **IMAQ MathLookup**, esta función se encarga de unir los datos y modificar el contraste y brillo de la imagen de acuerdo al valor ingresado en el nodo **Operator** (Figura 3.45).

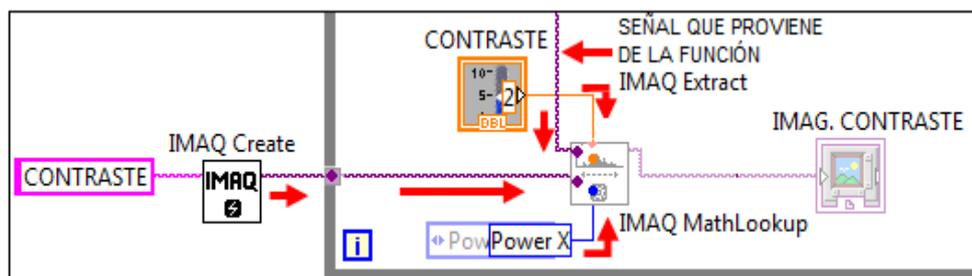


Figura 3.45 Modificación del brillo y contraste de la Imagen

- Modificada la señal, ésta se dirige hacia la función **Image Display** de nombre **IMAG. CONTRASTE**, donde se visualiza la imagen (Figura 3.46).

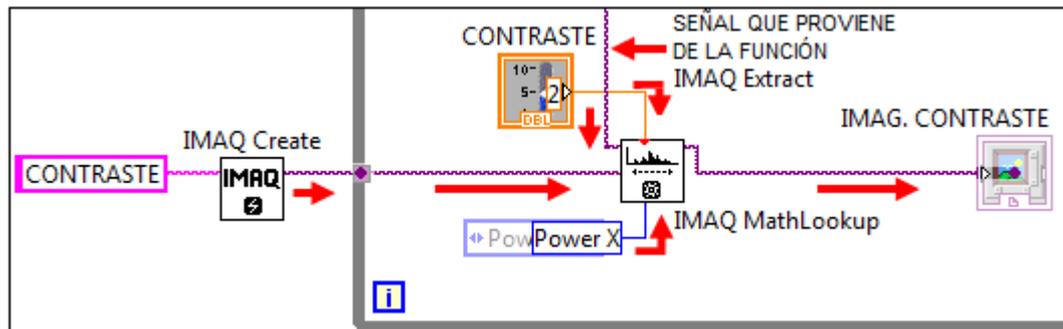


Figura 3.46 Visualización de la Imagen

3.2.5.- DIAGRAMA DE BLOQUE PARA SEGMENTACIÓN DE LA IMAGEN

Después de realizar el contraste en la imagen, el paso siguiente es la segmentación, el procedimiento para segmentar la imagen es el siguiente:

- Las funciones **IMAQ Create** de nombre **BINARIA** e **Image Display** de nombre **IMAGEN BINARIA**, se genera para no sobrescribir en las otras memorias y visualizar la nueva imagen respectivamente (Figura 3.47).



Figura 3.47 Creación de IMAQ Create e Image Display

- La función para segmentar la imagen y poder binarizar es **IMAQ Equalize**, se crea al dar clic derecho del mouse en la pantalla del diagrama de bloques e ingresar al menú **Vision and Motion» Image Processing» Processing» IMAQ Equalize** (Figura 3.48).

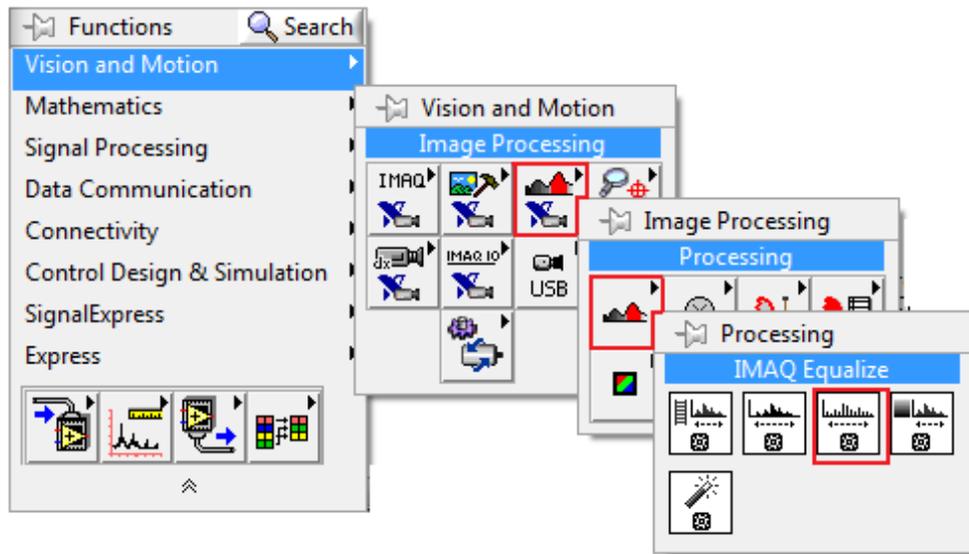


Figura 3.48 Creación Función IMAQ Equalize

- Crea la función **IMAQ Equalize**, se genera en el nodo **Range** una constante dando clic derecho del mouse e ingresando al menú **Create» Constant**, el que permite dar el rango de manipulación de los pixeles, y así binarizar la imagen.

El primer valor numérico permite que todos los pixeles de la imagen visualizada que estén en el rango de 0 a un valor establecido, (en este caso 120) cambien a color negro, y los pixeles que se encuentren en el rango de 121 a 255 cambien a color blanco; y así se obtiene una imagen de dos colores (Figura 3.49), estos cambios se realiza en la señal que ingresa a la función **IMAQ Equalize**.

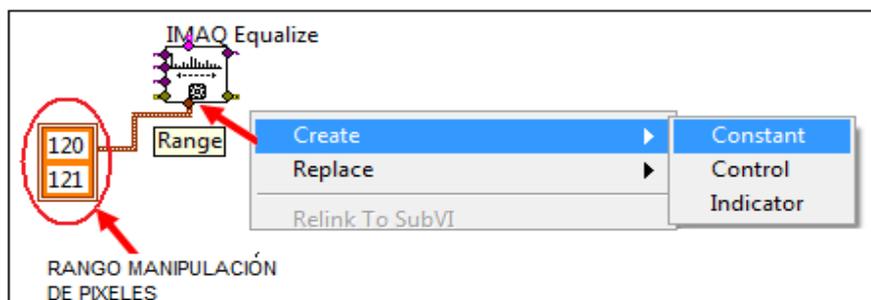


Figura 3.49 Función IMAQ Equalize

- Una vez creada las funciones se realiza las siguientes conexiones (Figura 3.50).

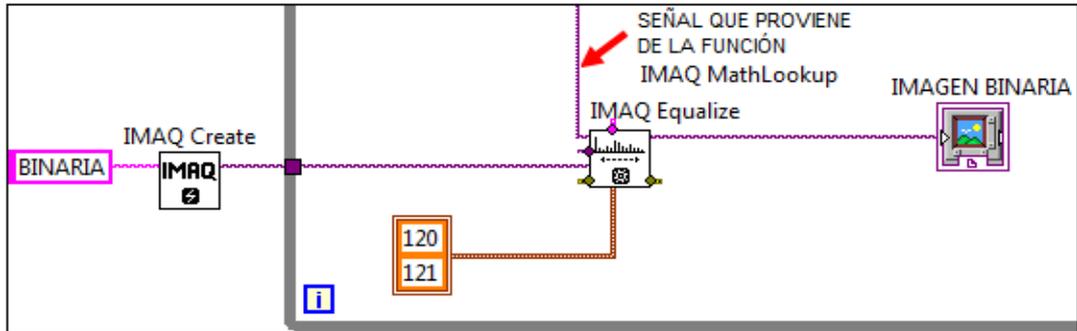


Figura 3.50 Programación de Segmentación de la imagen

A continuación se explica la programación de segmentación:

- Se genera el espacio temporal mediante el **IMAQ Create** para la adquisición de la señal que ingresa en la función **IMAQ Equalize** (Figura 3.51).

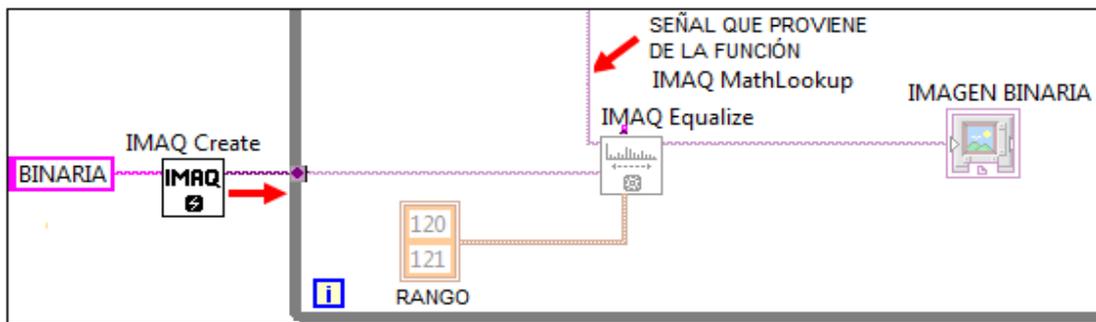


Figura 3.51 Activación de IMAQ Create de nombre BINARIA

- La señal de las funciones **IMAQ MathLookup**, **IMAQ Create** y del nodo **Range** ingresan hacia la función **IMAQ Equalize**, permitiendo modificar a la imagen y segmentar de acuerdo al rango establecido (Figura 3.52).

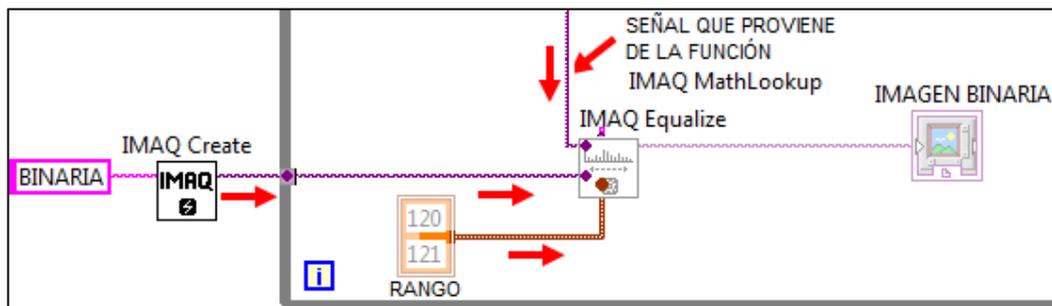


Figura 3.52 Modificación de la Imagen adquirida en IMAQ Equalize

- La imagen segmentada se observa en la función **Image Display** de nombre **IMAGEN BINARIA** (Figura 3.53).

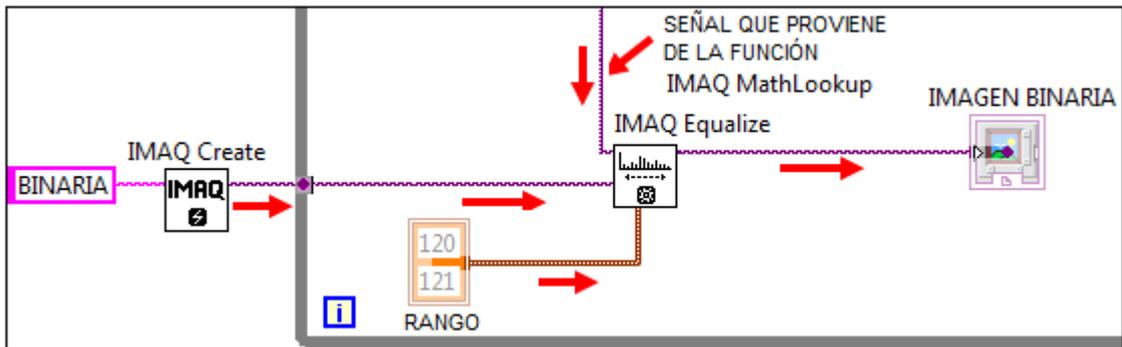


Figura 3.53 Visualización de la nueva Imagen

3.2.6.- DIAGRAMA DE BLOQUE PARA LA EXTRACCIÓN DE PARTÍCULAS

Los pasos para crear la programación de la extracción de partículas se explica a continuación:

- Las funciones **IMAQ Create** e **Image Display** de nombre **EXTRACCION**, se genera para no sobrescribir las memorias anteriores y visualizar la nueva imagen respectivamente (Figura 3.54).

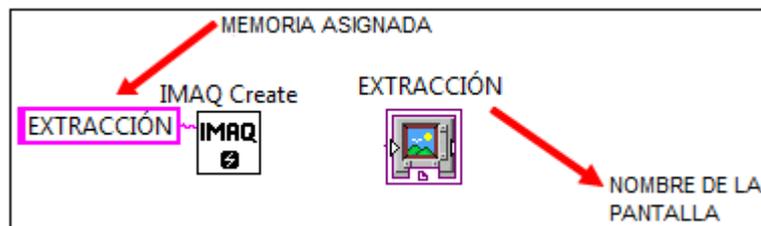


Figura 3.54 Creación de IMAQ Create e Image Display para la extracción de partículas

- La función para remover las partículas existentes en la imagen es **IMAQ RemoveParticle**, se crea al dar clic derecho del mouse en la pantalla del diagrama de bloques e ingresar al menú **Vision and Motion» Image Processing» Morphology» IMAQ RemoveParticle** (Figura 3.55).

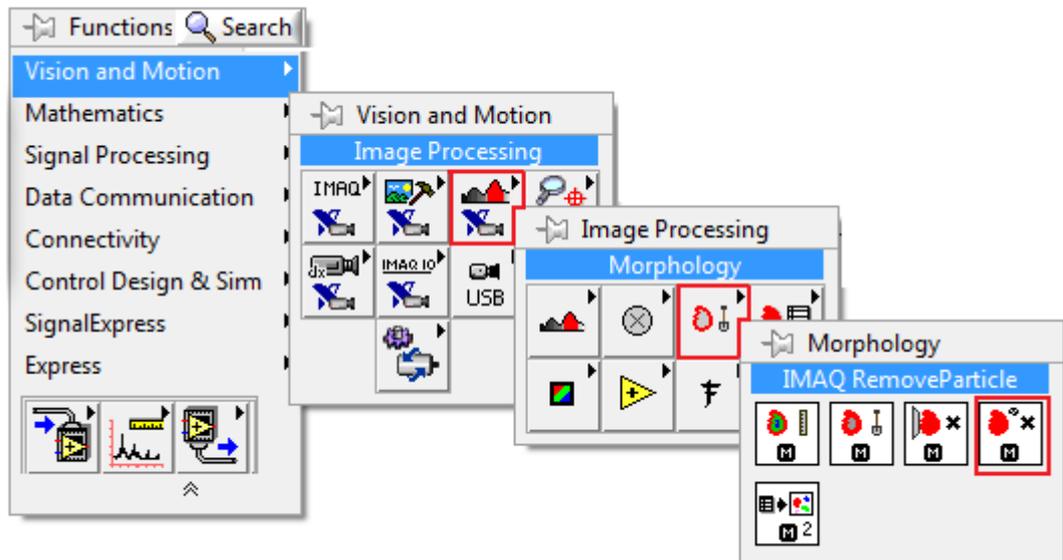


Figura 3.55 Creación de la función IMAQ RemoveParticle

- Creada la función **IMAQ RemoveParticle**, dando clic derecho del mouse en el nodo **Number of Erosion** e ingresando al menú **Create» Control** se genera un controlador, éste determina el número de partículas a remover en la imagen, para este caso el valor numérico es 10 (Figura 3.56).

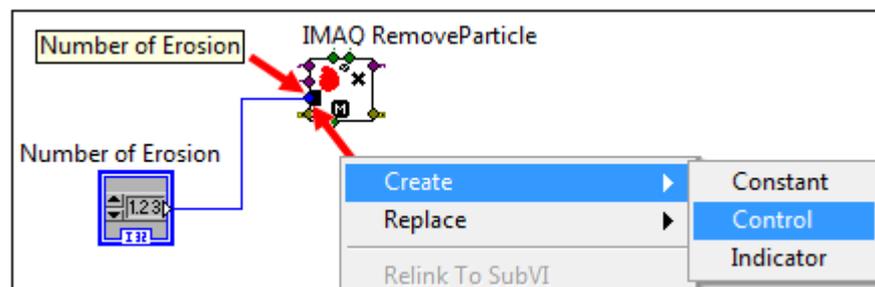


Figura 3.56 Control de las Partículas a eliminar

- Creadas las funciones se realiza las siguientes conexiones (Figura 3.57).

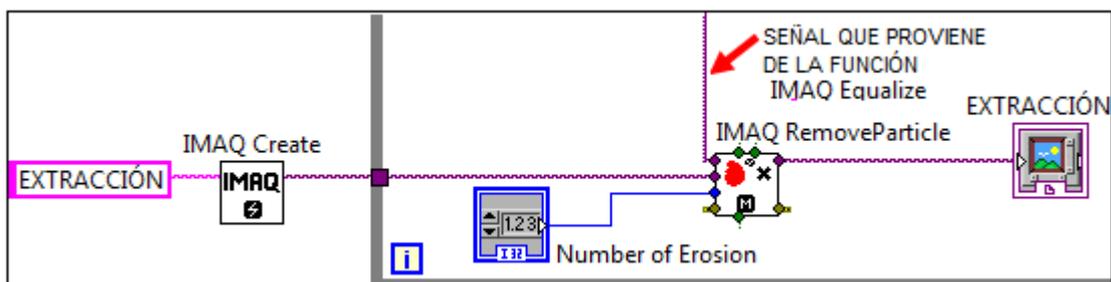


Figura 3.57 Programación de Extracción de Partículas

A continuación se explica su programación:

- Se genera el espacio temporal de **IMAQ Create** para la adquisición de la señal que ingresa en la función **IMAQ RemoveParticle** (Figura 3.58).

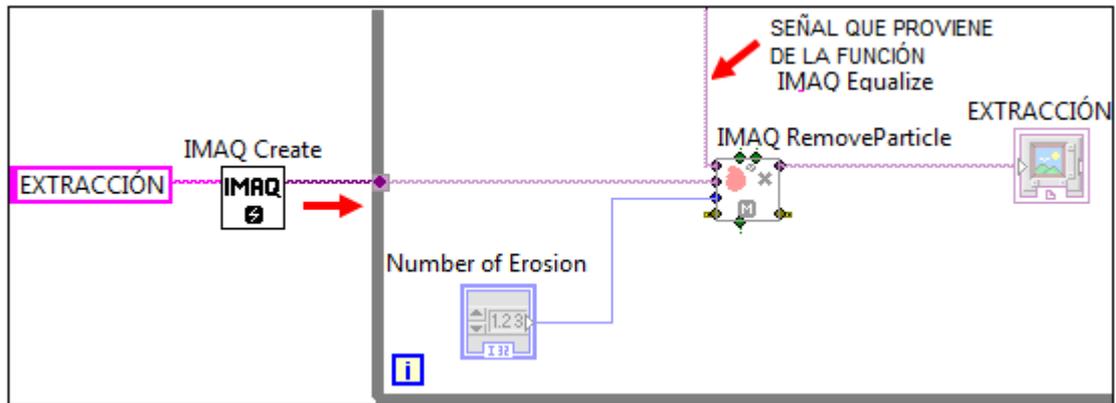


Figura 3.58 Activación Función IMAQ Create de nombre EXTRACCIÓN

- La señal de las funciones **IMAQ Equalize**, **IMAQ Create** y el valor numérico de **Number of Erosion** ingresan hacia la función **IMAQ RemoveParticle**, permitiendo eliminar el número establecido de partículas producidas por el reflejo de la iluminación, de esta manera se modifica la imagen (Figura 3.59).

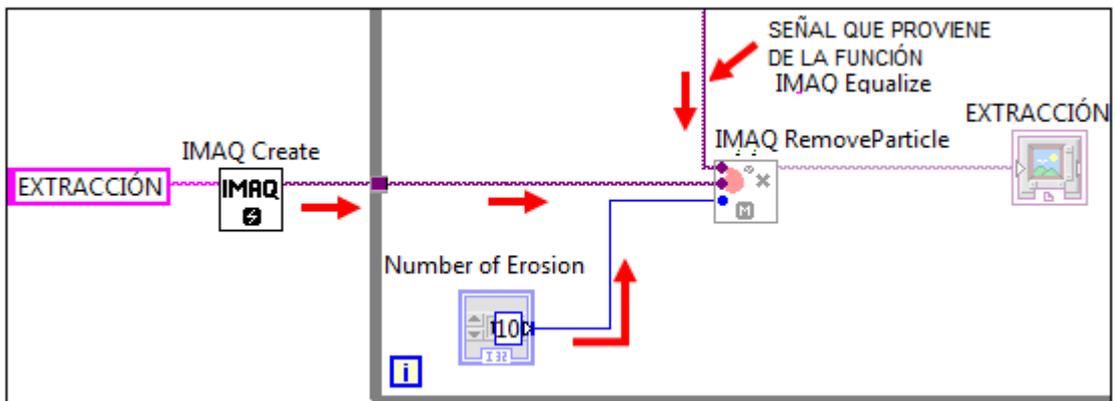


Figura 3.59 Eliminación de las Partículas de la Imagen

- La imagen modificada se observa en la función **Image Display** de nombre **EXTRACCIÓN** (Figura 3.60).

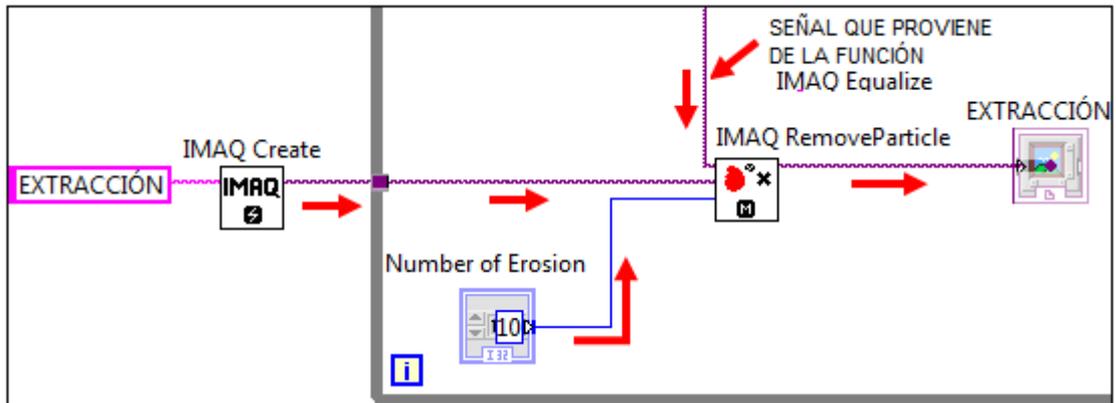


Figura 3.60 Visualización de la Imagen

3.2.7.- DIAGRAMA DE BLOQUES INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN

Para generar el diagrama de bloques que se encarga de visualizar la distancia del líquido en la botella, se procede de la siguiente manera:

- La función que permite medir el nivel de llenado del líquido es **IMAQ Clamp VerticalMax**, se genera mediante el clic derecho del mouse en la pantalla del diagrama de bloques, se ingresa al menú **Vision and Motion» Machine Vision» Measure Distances» IMAQ Clamp Vertical Max** (Figura 3.61).

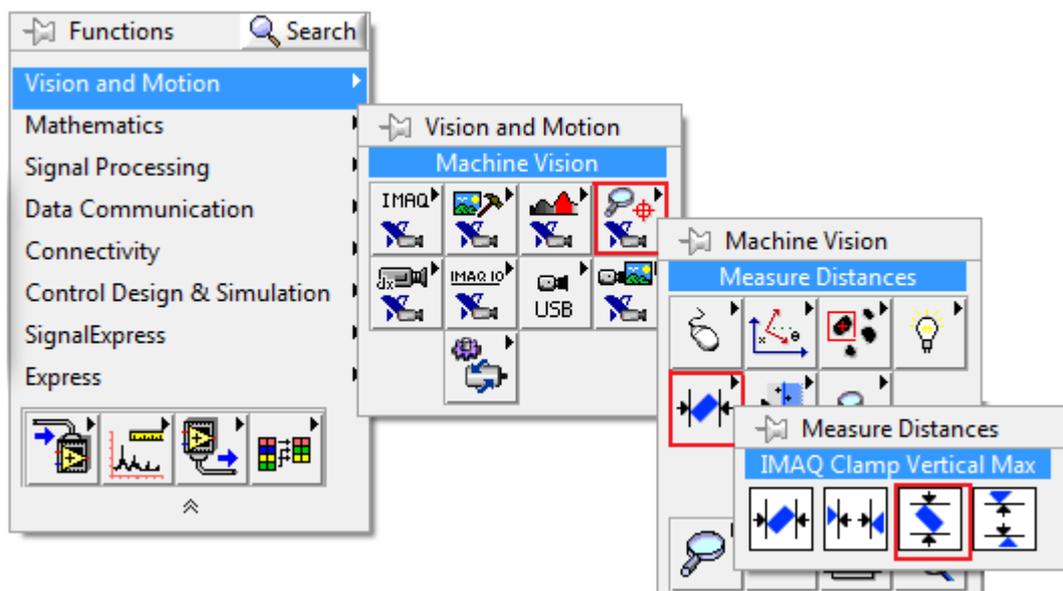


Figura 3.61 Creación de IMAQ Clamp Vertical Max

- La función **Property Node**, se obtiene dando clic derecho del mouse, sobre la función **Image Display** de nombre **EXTRACCIÓN** e ingresando al menú **Create» Property Node» ROI** (Figura 3.62), la función obtiene una lectura del recuadro de color verde.

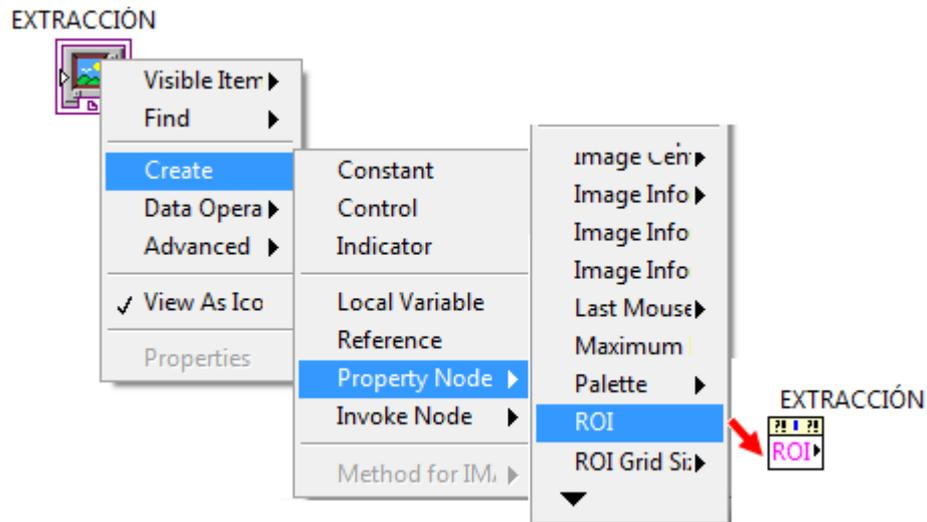


Figura 3.62 Despliegue de la función ROI

- La señal que envía la Región de Interés **ROI** es de forma **String**, por lo que se genera la función **Unbundle by name** que se utiliza para transformar a una señal **Integer numeric** (Figura 3.63).

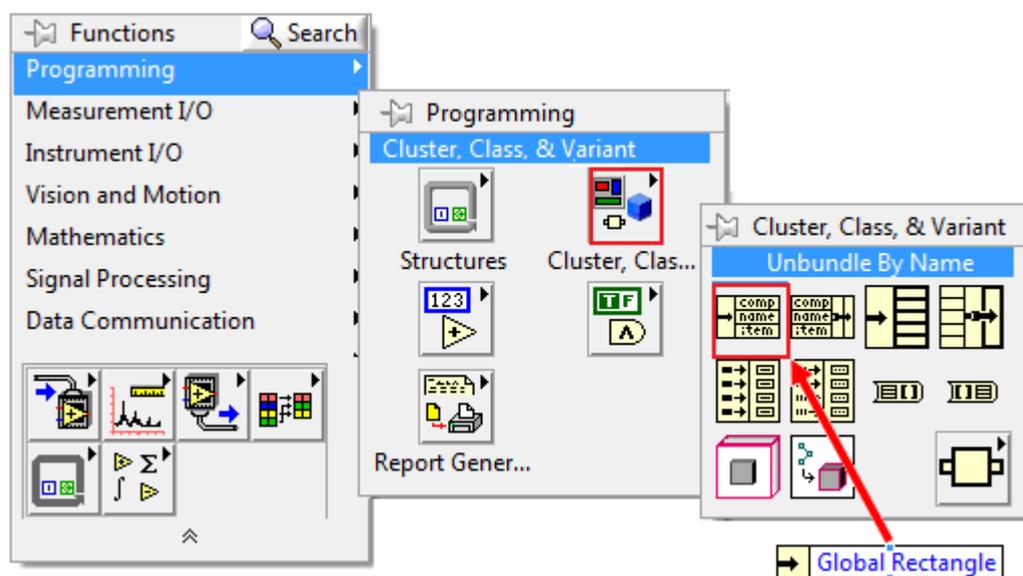


Figura 3.63 Función Unbundle By Name

- Para que la señal ingrese a la función **IMAQ Clamp Vertical Max**, se crean las siguientes funciones **Build Array** y **Array To Cluster**, de esta manera transforma la señal **Integer numeric** a una señal **Cluster** (Figura 3.64).

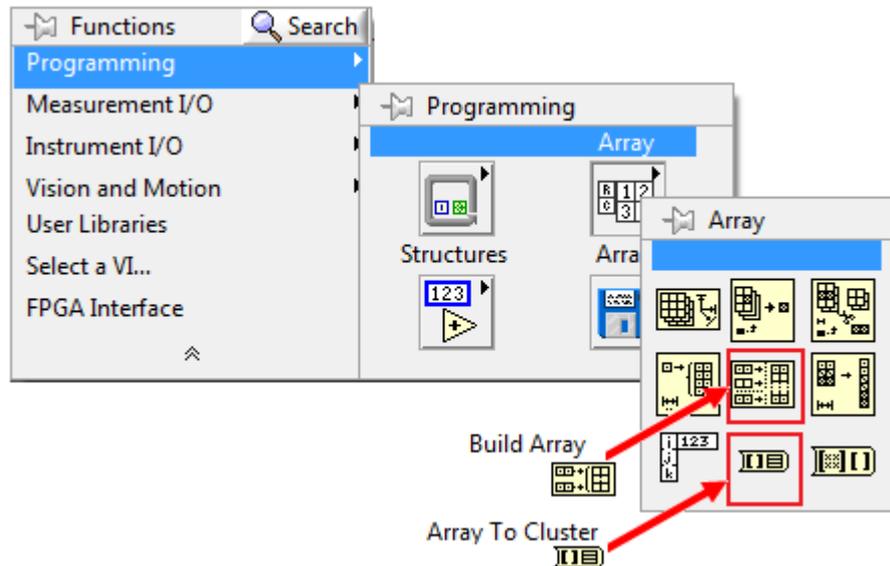


Figura 3.64 Creación de funciones Build Array y Array To Cluster

- Creada la función **Array To Cluster** mediante el clic derecho sobre éste, se selecciona **Cluster Size**, el que permite modificar el número de elementos en el **Cluster**, el valor numérico es 5 (Figura 3.65).

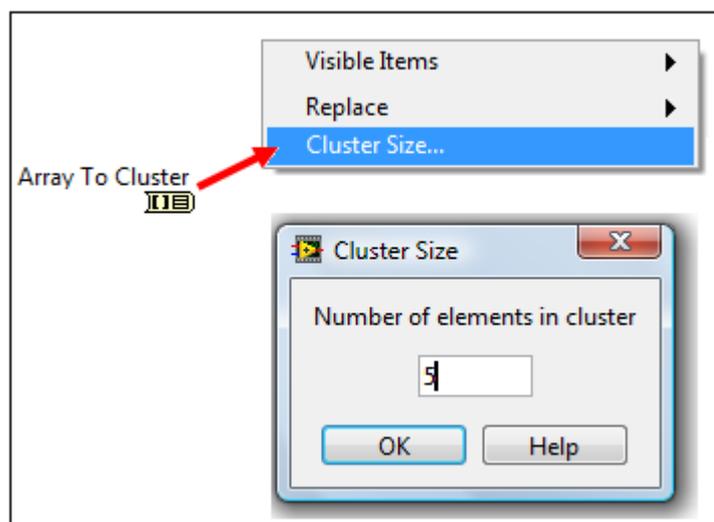


Figura 3.65 Número de elementos del Cluster

- Creado y modificado las funciones se realiza las conexiones como se indica en la Figura 3.66.

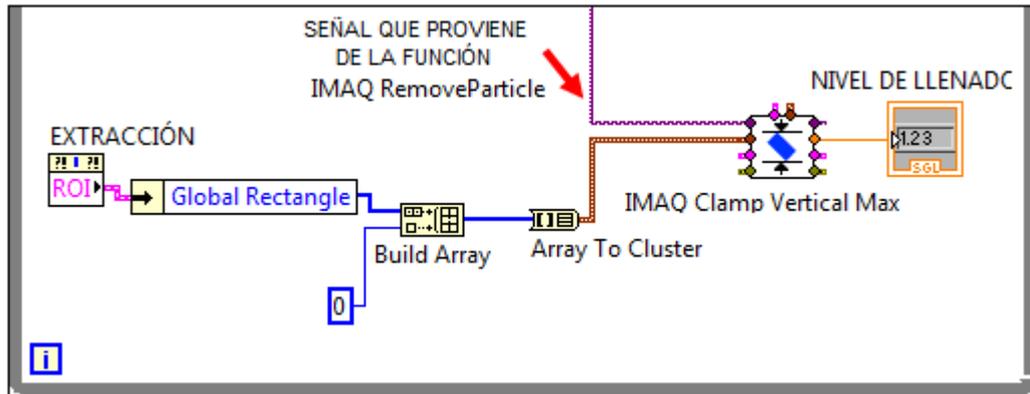


Figura 3.66 Programación interpretación de la Imagen

A continuación se explica la programación implementada:

- Mediante el arreglo de la señal que proviene del **ROI** trazado en **Image Display** de nombre **EXTRACCIÓN**, esta señal ingresa al igual que la señal de la función **IMAQ RemoveParticle** a la función **IMAQ Clamp Vertical Max**, la que identifica la distancia en pixeles desde el borde inferior hasta el superior del líquido (Figura 3.67).

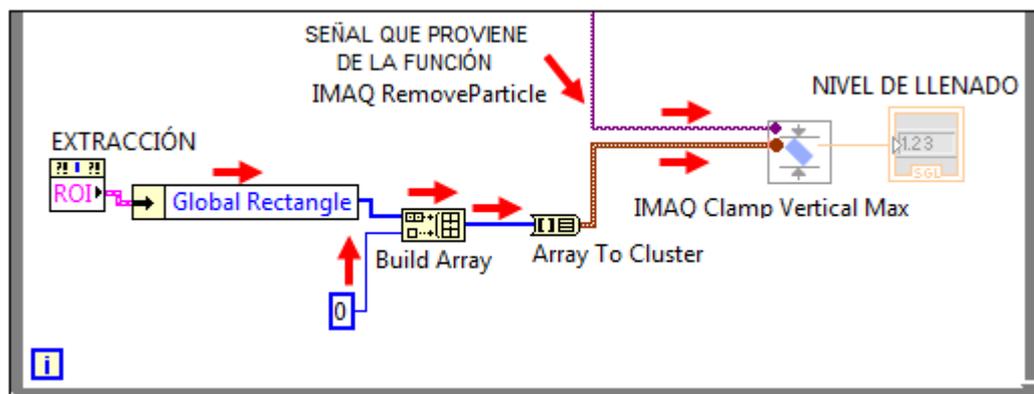


Figura 3.67 Identificación de la distancia entre bordes

- Determinada la distancia entre los bordes, ésta se visualiza mediante un indicador numérico (Figura 3.68).

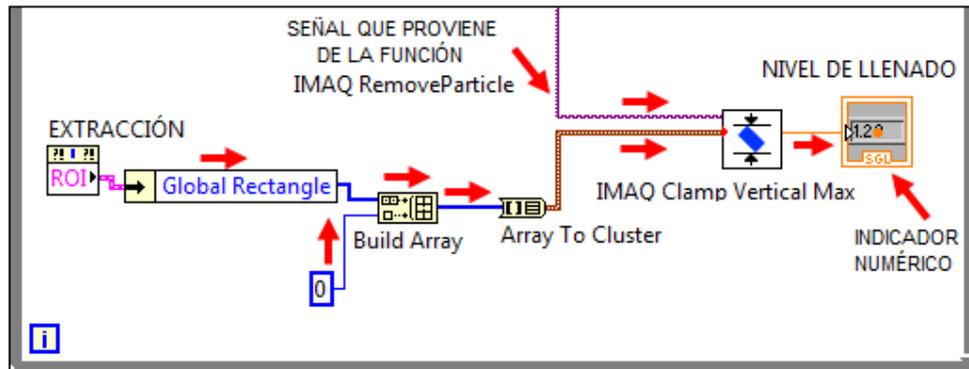


Figura 3.68 Adquisición del nivel de llenado

Al estar las funciones dentro del lazo **While Loop**, estas operaciones se repiten mientras esté activo el lazo y así poder medir en tiempo real el nivel de llenado del líquido. Para más información de la programación ver Anexo I.

3.3.- VISUALIZACIÓN DE LA IMAGEN.

Una vez finalizada la programación se observa en el panel Frontal las imágenes tratadas, desde la imagen original hasta la imagen en la que se visualiza el nivel de llenado del líquido (Figura 3.69).



Figura 3.69 Panel Frontal de la Programación

Mediante los pasos como son el preprocesamiento, contraste, segmentación y extracción de partículas se podrá obtener una imagen que permitirá con exactitud observar tanto física como numéricamente el nivel de llenado de la botella (Figura 3.70).

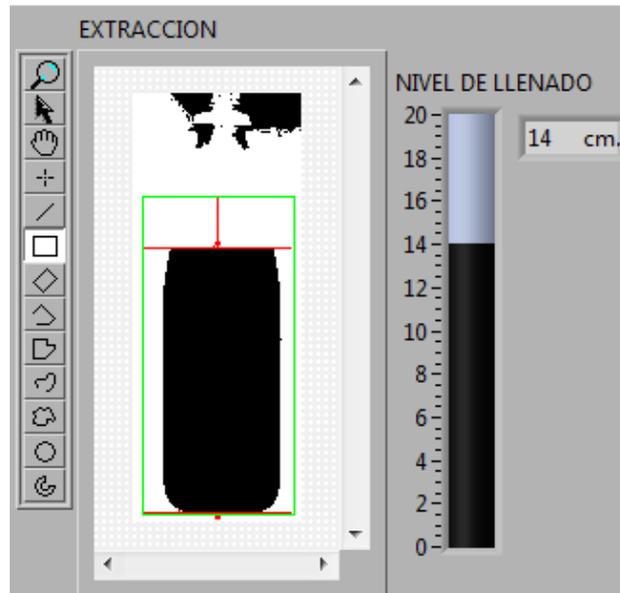


Figura 3.70 Imagen Final de llenado

CAPÍTULO IV

PRUEBAS EXPERIMENTALES

Las pruebas de funcionamiento del sistema de transporte de botellas se realiza para determinar el comportamiento del equipo y sus componentes principales como son: bomba, electroválvulas, pistón, sensor de herradura, motor, comunicación PC-PLC.

4.1.- SISTEMA DE TRANSPORTE DE BOTELLAS

4.1.1.- PRUEBAS ELÉCTRICAS

Las diferentes pruebas eléctricas que se realiza a continuación permitirán determinar si el sistema de transporte de botellas trabaja de una forma óptima.

4.1.1.1.- PRUEBAS DE ACCIONAMIENTO DEL MOTOR PARA EL MOVIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE BOTELLAS

Para activar el motor se selecciona mediante pruebas el voltaje correcto de funcionamiento, este voltaje hace girar al eje del motor del sistema de transporte de botellas a una velocidad constante, al desenergizar el motor en la posición donde el pico de la botella cruce el sensor tipo herradura debe detenerse con exactitud posicionando la botella para el correcto llenado, en la Tabla 4.1 se presentaron datos de las pruebas que permitieron seleccionar el voltaje adecuado para que el sistema de transporte de botellas funcione en optimas condiciones.

Voltaje del motor (V)	Corriente de motor (A)	Velocidad de giro (rpm)	Desplazamiento del pico de la botella con respecto del eje del pistón (cm)
3	0,10	6	0
4,5	0,12	10	0,1
6	0,14	15	0,5
7,5	0,14	20	2
9	0,14	24	No se detiene
12	0,15	30	No se detiene

Tabla 4.1 Pruebas de selección de voltaje

Al detenerse el motor, el centro del pico de la botella debe quedar correctamente alineado con el centro del eje del vástago del pistón por el cual desciende el líquido para el llenado; el desplazamiento del pico de la botella implica que el vástago del pistón no encaje exactamente en la botella ocasionando que el líquido no ingrese y se derrame fuera de ella.

Una vez realizado las pruebas se selecciona el voltaje de 3 VDC, ya que éste permite que la botella se detenga en la posición correcta de llenado.

4.1.1.2.- PRUEBA ELECTROVÁLVULA ON-OFF PARA EL PASO DE LÍQUIDO

En el caso de la electroválvula de paso de líquido su correcto funcionamiento se determina realizando una prueba, se activa energizando con 24 VDC (al mismo instante se activa la bomba de llenado de líquido), si el líquido sale hacia la botella, la electroválvula está funcionando correctamente, y al desactivarle debe restringir el paso del líquido regresando a su posición inicial de cerrado.

Se concluye que la electroválvula está en correcto funcionamiento.

4.1.1.3.- PRUEBAS DE LA BOMBA PARA EL LLENADO DEL LÍQUIDO

La bomba es la encargada de suministrar el líquido del tanque hacia las botellas, determinando su tiempo de llenado. El objetivo de esta prueba es hallar el tiempo

que se tarda la bomba en llenar las botellas a diferentes alturas como se indica en la Tabla 4.2.

PRUEBA DE LLENADO	NIVEL (cm)	TIEMPO (seg)
1	6	13,8
2	8	20,0
3	10	25,4
4	12	29,8
5	14	34,5
6	16	39,5

Tabla 4.2 Prueba de llenado de la Bomba

La figura 4.1 se muestra el tiempo de llenado en función de la altura, se puede apreciar que el tiempo tiene un comportamiento lineal conforme aumenta la altura del llenado del líquido en las botellas, esto quiere decir que las botellas se llenan de forma constante conforme pasa el tiempo.

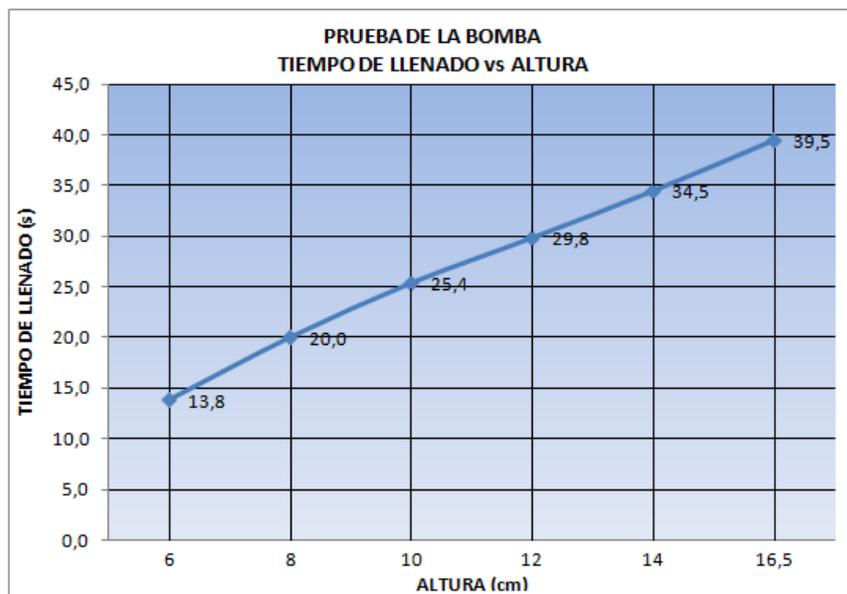


Figura 4.1 Tiempo de Llenado vs Altura

Realizada las pruebas se determina el tiempo que se demora en llenar la botella hasta el punto establecido, en este caso a 16 cm de altura, es de 39,5 segundos.

4.1.1.4.- PRUEBAS ELECTROVÁLVULA 5/2 PARA EL ACCIONAMIENTO DEL PISTÓN

Para la electroválvula 5/2 que permite el control del pistón de doble efecto se realiza dos pruebas para verificar el correcto funcionamiento de las dos bobinas que permiten el paso del aire al pistón.

En la primera prueba se energiza la bobina número 1 de 12VDC permitiendo que el aire ingrese al pistón por la entrada superior y así el vástago proceda a salir (Figura 4.2).

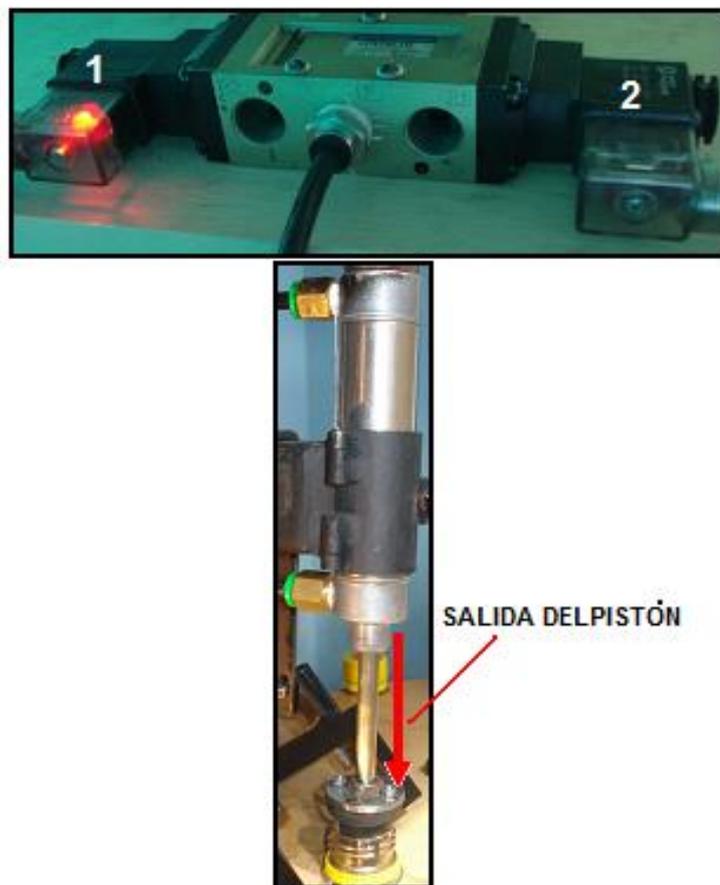


Figura 4.2 Salida del pistón

Para la segunda prueba se energiza la bobina número 2 de 12 VDC, el aire ingresa por la entrada inferior del pistón y hará que el vástago regrese hacia el cilindro (Figura 4.3).

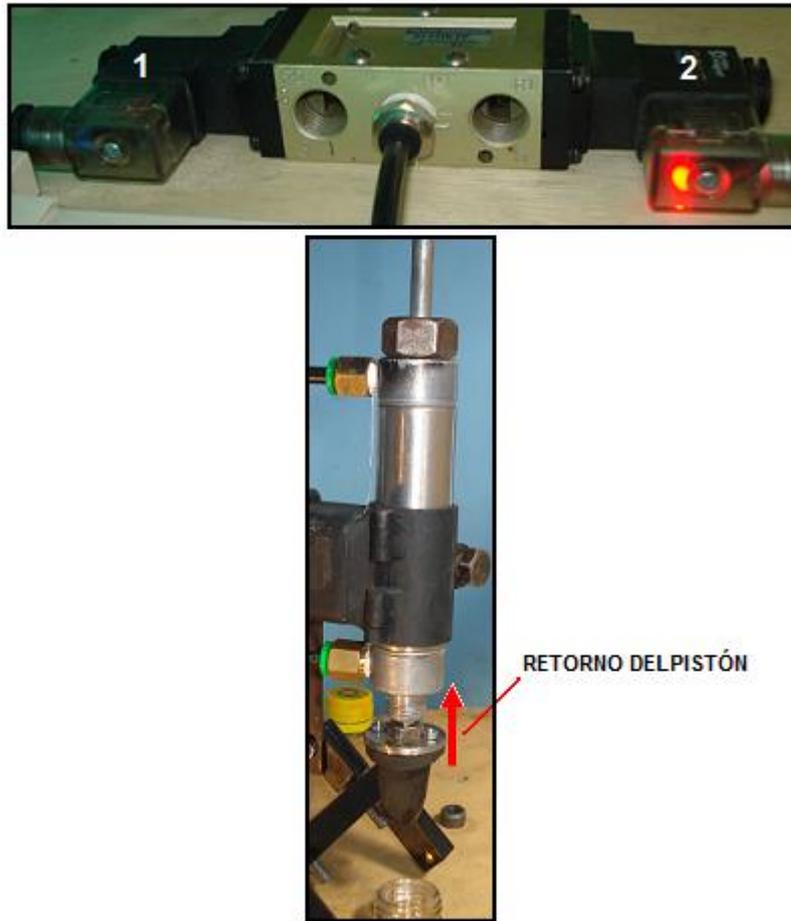


Figura 4.3 Ingreso del vástago al cilindro

Realizadas las dos pruebas se concluye que la electroválvula está en correcto funcionamiento al igual que el pistón.

4.1.1.5.- PRUEBAS DEL SENSOR TIPO HERRADURA

Para verificar si el sensor tipo herradura está funcionado correctamente y si es capaz de detectar el paso de la botella se realiza la siguiente prueba.

Se ubica en la posición donde va a sensar el dispositivo, se acciona el motor que hace girar el sistema donde se encuentra las botellas, al pasar por el centro del sensor éste debe detectar el paso de la botella y enviar una señal al circuito electrónico, activando un led y el relé el que permite enviar una señal al PLC para detener el motor (Figura 4.4).

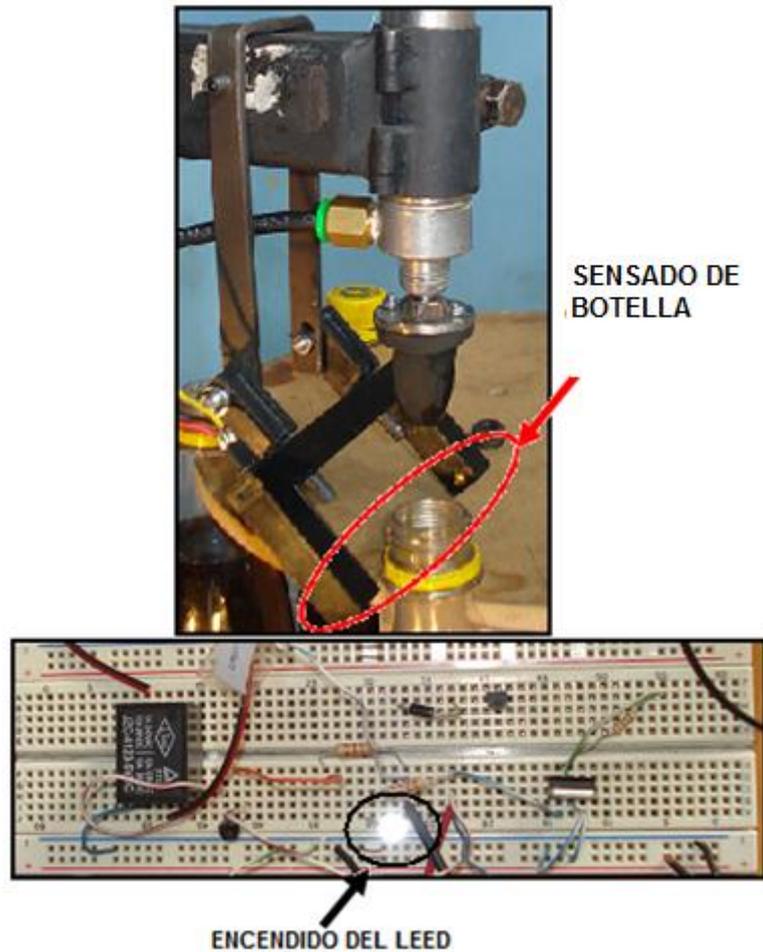


Figura 4.4 Sensado de la Botella

La prueba es satisfactoria y permite detectar el paso de la botella.

4.1.2.- PRUEBAS NEUMÁTICAS

4.1.2.1- PRUEBAS ELECTROVÁLVULA 5/2 Y PISTÓN DE DOBLE EFECTO

En esta prueba se selecciona la presión del aire que se necesita para que se accione la electroválvula y permita el paso del aire hacia el pistón de doble efecto.

En la Tabla 4.3 se presenta las pruebas respectivas para determinar la presión adecuada que permita activar la electroválvula 5/2 y accionar el pistón de doble efecto.

Presión del aire para la electroválvula (psi)	Funcionamiento de la electroválvula	Salida del aire al pistón regulación (psi)	Funcionamiento del pistón	Conclusión
10	No se activa	0	No funciona	Ninguno
15	No se activa	0	No funciona	Ninguno
20	Se activa	20	Sube y baja muy rápido	Puede dañar el sistema
20	Se activa	10	Sube y baja muy rápido	Puede dañar el sistema
20	Se activa	6	Sube y baja muy rápido	Puede dañar el sistema
20	Se activa	4	Sube y baja a una velocidad controlada	Presión óptima para el funcionamiento

Tabla 4.3 Pruebas Funcionamiento Electroválvula-Pistón

La presión óptima para el funcionamiento de la electroválvula es de 20 psi, y para un mejor control del pistón asociado a la electroválvula y no causar ningún daño al sistema, se regula la salida de este pistón a una presión de 4psi mediante un regulador.

4.1.3.- Datos óptimos del funcionamiento.

Realizadas las pruebas eléctricas y neumáticas se elabora una tabla con los datos óptimos de funcionamiento (Tabla 4.4).

Elemento	Procedimiento	Resultado	Conclusión	Valor sugerido
Motor	Accionamiento del motor	Giro del eje	Prueba satisfactoria	3V
Electroválvula ON-OFF	Activado y desactivado de la bobina	Paso del líquido	Prueba satisfactoria	24V
Bomba de líquido	Activado	Envío del líquido hacia la botella	Prueba satisfactoria	12V

Electroválvula 5/2	Activado y desactivado de las bobinas	Paso del aire al pistón	Prueba Satisfactoria	12 V
	Ingreso de aire a presión	Paso del aire al pistón	Prueba Satisfactoria	20 Psi
Pistón	Ingreso del aire al cilindro	Salida e ingreso del vástago	Prueba satisfactoria	Aprox.4 Psi
Sensor tipo herradura	Sensa el paso de las botellas	Salida de la señal al PLC	Prueba satisfactoria	1cm. Entre el centro de la botella y el sensor
Velocidad de comunicación	Comunicación PC-PLC	Envía datos	Prueba satisfactoria	19200
Botella	Ingreso de líquido	Visualización de Líquido	Prueba satisfactoria	Valor Max.16cm
Compresor	Carga de compresor	Paso del aire al sistema neumático	Prueba satisfactoria	20 Psi
Fluido	Bombeo de fluido	Llenado de líquido	Prueba satisfactoria	Líquido de color oscuro

Tabla 4.4 Pruebas de funcionamiento del sistema de llenado de botellas

4.2.- COMUNICACIÓN PC-PLC

Para la comunicación del PC al PLC se realiza la siguiente prueba.

4.2.1- PRUEBAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD DE TRASMISIÓN DE DATOS

En esta prueba se determina la velocidad óptima de transmisión de datos para que el prototipo funcione correctamente (Tabla 4.5).

Velocidad del PLC (baudios)	Velocidad protocolo de comunicación Lookout (baudios)	Resultado
9600	9600	Funcionamiento correcto

19200	19200	Funcionamiento correcto
38400	38400	Funcionamiento correcto
9600	19200	No se puede controlar el llenado

Tabla 4.5 Pruebas de la velocidad de Comunicación

Al realizar la prueba se determina que la velocidad para el PLC y la velocidad establecida en el protocolo de comunicación deben ser los mismos de otro modo no existiría comunicación.

El cambio a diferentes velocidades de transmisión tanto en el PLC como en el protocolo de comunicación Lookout dio como resultado el correcto funcionamiento de la comunicación y del prototipo.

4.3.- ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

En las siguientes pruebas se determina los pasos del procesamiento de la imagen para obtener la imagen adecuada que permita detectar el nivel de llenado de las botellas:

- Para la adquisición de la imagen se utiliza una WEBCAM, la altura y distancia de ubicación permitirá visualizar la imagen de la botella en su totalidad. El objetivo de la pruebas es hallar la distancia y posición correcta como se indica en la Tabla 4.6.

Distancia entre la WEBCAM y la botella (cm)	Altura de la WEBCAM (cm)	Conclusión
20	5	No se visualiza la imagen correctamente
30	5	Visualización de la botella incompleta

40	5	Visualización de la botella incompleta
50	5	Visualización de la botella incompleta
53	5	Distancia correcta para la visualización de la imagen
53	10	Medición del líquido incorrecto
53	16	Altura correcta para la medición del líquido de la botella

Tabla 4.6 Distancia y altura de ubicación de la WEBCAM

Se concluye mediante esta prueba que la distancia a la cual debe estar la WEBCAM con respecto de la botella a ser visualizada es de 53 cm, y la altura de 16 cm desde la base a la cámara.

Luego de establecer la distancia y altura correcta para la adquisición de la imagen, la siguiente prueba es procesar la imagen mediante el software LabVIEW y determinar las funciones que permitan medir el nivel de llenado de las botellas

- En la programación realizada de LabVIEW, existe 2 controladores y una constante que modifican a la imagen adquirida, lo que permite tener una imagen homogénea del líquido de la botella y así detectar el nivel de llenado, el objetivo de esta prueba es modificar los valores de los controladores hasta encontrar los más óptimos que permitan obtener un control de nivel exacto.
- La primera prueba es modificar el valor que ingresa a la función **IMAQ Math Lookup**, el que permite dar brillo y contraste a la imagen. En la Tabla 4.7 se observa los valores a los que se realiza la prueba y los resultados obtenidos.

Nombre del control	Valor numérico	Resultado
CONTRASTE	0,5	No se visualiza el líquido de la botella.
CONTRASTE	1	Imagen de brillo y contraste igual a la imagen obtenida por la cámara.
CONTRASTE	1,5	El brillo y contraste inferior al necesario para detectar el nivel del líquido.
CONTRASTE	2	Brillo y contraste óptimo para identificar los bordes y nivel del líquido.

Tabla 4.7 Prueba contraste de la Imagen

El resultado de esta prueba indica que el valor numérico para obtener un brillo y contraste óptimo en la imagen para detectar el nivel de llenado de la botella es 2.

En la Figura 4.5 se observa el cambio de brillo y contraste de la imagen.

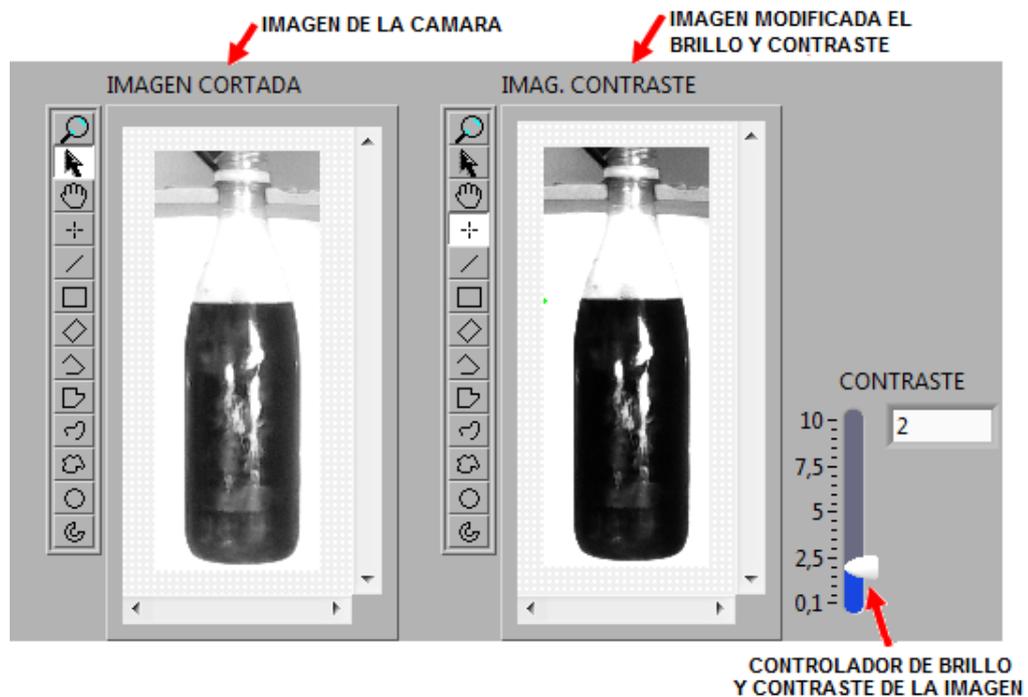


Figura 4.5 Brillo y contraste de la Imagen modificada

En la segunda prueba, se modifica los dos valores numéricos de la constante que ingresa a la función **IMAQ Equalize** que permite binarizar la imagen. En la tabla 4.8 se observa las pruebas y los resultados obtenidos.

Nombre del control	Valor mínimo	Valor máximo	Resultado
RANGOS	0	0	No visible el borde del líquido
RANGOS	20	21	No se identifican los bordes del líquido de la botella
RANGOS	50	51	Borde del líquido de la botella no es muy clara
RANGOS	100	101	Se identifica los bordes del líquido.
RANGOS	120	121	Se identifica los bordes del líquido claramente.
RANGOS	150	151	La medición del borde del líquido es errónea.
RANGOS	200	201	No se identifica el líquido se visualiza una sombra en la botella
RANGOS	254	255	La pantalla de visualización se torna de color negro sin que se pueda identificar el líquido

Tabla 4.8 Prueba de rangos para Binarizar la Imagen

Realizadas las pruebas los valores de la constante adecuada para obtener la imagen binaria son:

Valor máximo 121 y Valor mínimo 120

En la figura 4.6 se visualiza la imagen binaria con los datos de la constante.

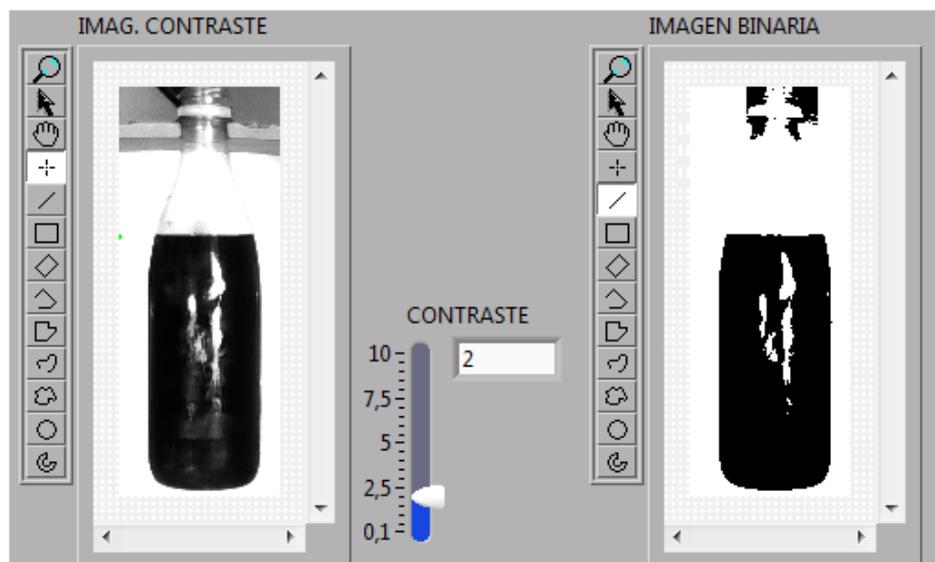


Figura 4.6 Binarización de la Imagen

- Para la tercera prueba, se ingresa en el control de la función **IMAQ RemoveParticle**, un valor numérico para eliminar las partículas producidas por la iluminación exterior.

Se observa en la Tabla 4.9 los valores ingresados y el resultado en la imagen.

Valor numérico ingresado	Resultado
2	La imagen se mantiene igual
6	Se eliminar algunas partículas
10 o mas	La imagen se visualiza sin partículas en el interior del líquido

Tabla 4.9 Prueba eliminación de Partículas

Como resultado de haber realizado las pruebas, el valor numérico para eliminar las partículas en el líquido es 10 o mayor a este número (Figura 4.7)

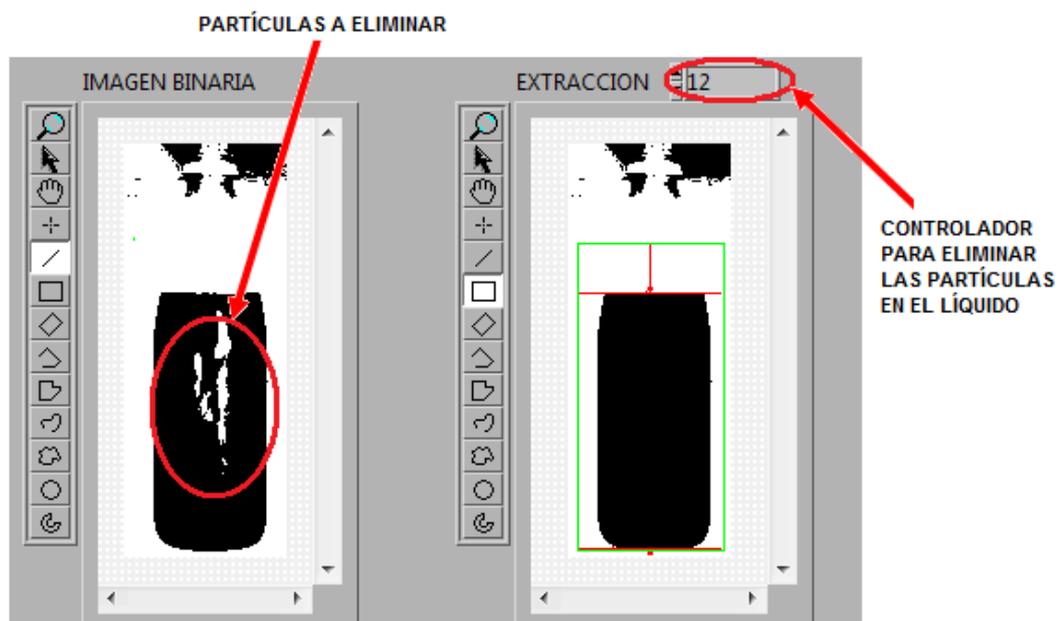


Figura 4.7 Extracción de partículas

4.4.- SISTEMA DE CONTROL E INSPECCIÓN DE LLENADO DE BOTELLAS. MANUAL DE OPERACIÓN

Para el desarrollo del control e inspección de llenado de botellas, se toma en cuenta el funcionamiento del sistema y la decisión que debe tomar tanto LabVIEW como el PLC para el llenado de las botellas.

Para un mejor entendimiento se realizó un Manual de Operaciones en el que se explica los procedimientos para iniciar el funcionamiento del prototipo:

Cargado la programación en el PLC (**CONTROL1**) y en LabVIEW (**CONTROL1**), que se encuentran en la carpeta del escritorio con el nombre **TESIS ADQUISICIÓN**.

El primer paso es accionar el ícono **RUN** de LabVIEW, él que se encarga de que la programación empiece a funcionar, caso contrario no funcionará el sistema de llenado (Figura 4.8).

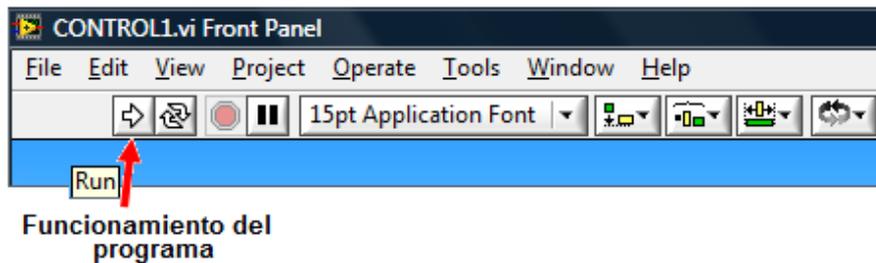


Figura 4.8 Funcionamiento del programa

A continuación se comprueba que exista comunicación entre el PC-PLC mediante el protocolo Lookout, si no existe comunicación enviara un mensaje de alerta (Figura 4.9).

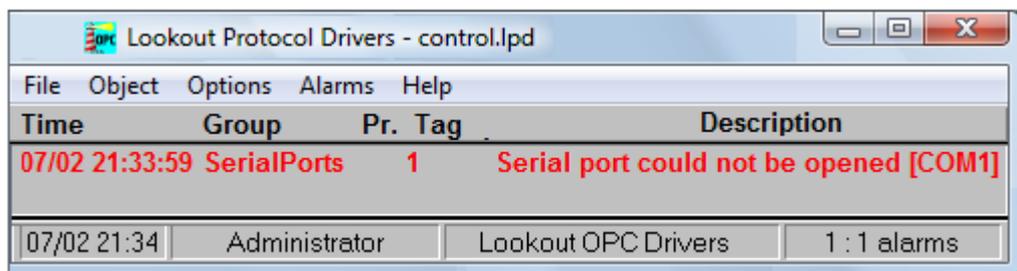


Figura 4.9 Alerta de Comunicación LabVIEW-PLC

Al observar que existe comunicación se acciona el botón de **INICIO** en LabVIEW y el indicador se pondrá en **ON**, de esta manera permitirá que el sistema funcione (Figura 4.10).



Figura 4.10 Botón para el inicio de funcionamiento del sistema

Antes de activar el PLC de debe setear los valores en LabVIEW de los controladores: de nombre **CONTRASTE** a un valor 2 y **EXTRACCIÓN DE PARTICULAS** un valor mayor a 10 (Figura 4.11).



Figura 4.11 Valores seteados

Una vez activado el botón de **INICIO**, el siguiente paso es activar al PLC colocándolo en la posición de **RUN**, ésta se realiza con la activación de la entrada %I0.8 mediante el pulsante **ACTIVACIÓN RUN** que se encuentra en la caja de control (Figura 4.12).

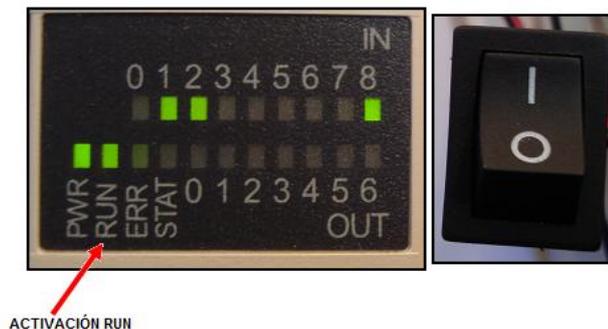


Figura 4.12 Activación del RUN

Realizado el proceso anterior, el paso siguiente es el funcionamiento del sistema:

Se acciona el pulsante de color verde de nombre **ARRANQUE** (Figura 4.13) el que permitirá activar el sistema y de acuerdo al sitio donde se encuentre la botella, girará hasta colocarse en la posición correcta de llenado (Figura 4.14).



Figura 4.13 Accionamiento de sistema



Figura 4.14 Posicionamiento de la botella

Si la botella está en la posición correcta de llenado la cámara detectará si está con líquido o no.

La primera condición de llenado es cuando la botella está vacía, el sistema hará lo siguiente:

- El PLC activará la electroválvula 5/2 mediante las salidas Q0.0, permitiendo que el pistón baje a la posición de llenado (Figura 4.15).

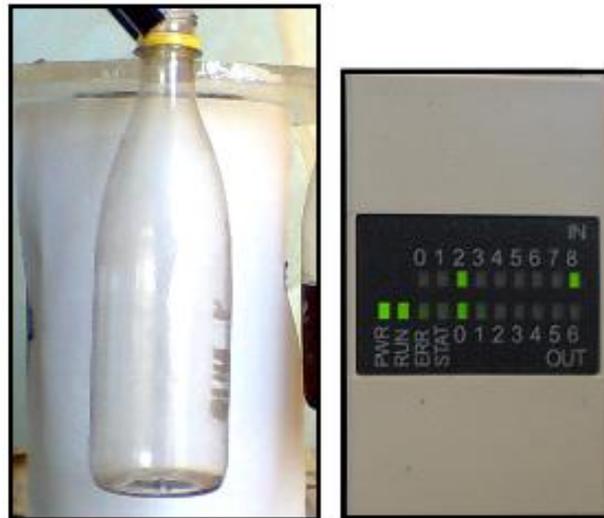


Figura 4.15 Activación del pistón

- Una vez que el pistón este en la posición correcta de llenado el PLC activa las salidas Q0.3 y Q0.4, de esta manera se energiza la electroválvula ON-OFF y la bomba, permitiendo el paso del líquido del tanque hacia la botella (Figura 4.16).



Figura 4.16 Llenado de la botella

- Mediante la cámara se observa el llenado de la botella, una vez que llegue al nivel establecido, LabVIEW enviará una señal al PLC, lo cual permitirá desactivar las salidas que controlan a la electroválvula ON-OFF y la bomba, deteniendo el llenado (Figura 4.17).



Figura 4.17 Control de nivel de llenado

- El PLC espera unos segundos para que LabVIEW compruebe que el nivel de llenado es el correcto, una vez comprobado activará la salida Q0.1, la que permite que el pistón regrese a su posición inicial (Figura 4.18).



Figura 4.18 Retorno del pistón

- Una vez que regresa el pistón a su posición inicial, el PLC activa la salida Q0.6, que energiza al motor y así permitirá nuevamente girar el disco de sujeción para ubicar la siguiente botella a ser llenada y así sucesivamente.

La segunda condición de llenado es cuando la botella está a medio llenar, el sistema hará lo siguiente:

- Detener la botella en la posición correcta de llenado (Figura 4.19)



Figura 4.19 Ubicación de la botella

- Mediante la cámara detecta el nivel de llenado del líquido (Figura 4.20).

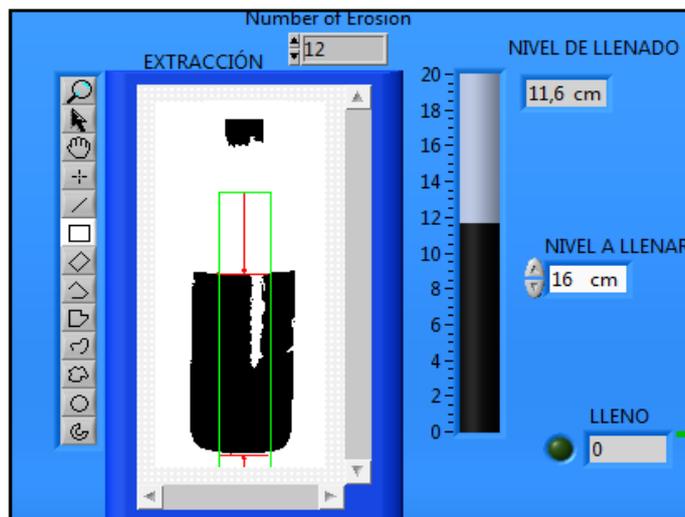


Figura 4.20 Detección del nivel de llenado

- Activar la salida Q0.0, que energiza la electroválvula 5/2 para que el pistón baje.

- Mediante la programación del PLC activa las salidas Q0.3 y Q0.4, para energizar la electroválvula ON-OFF y la bomba respectivamente, para el llenado de la botella (Figura 4.21).



Figura 4.21 Activación de la bomba para el llenado

- Detectado el nivel fijado en el panel frontal de la aplicación, desactiva la electroválvula ON-OFF y la bomba.
- El PLC activa la salida Q0.6, que energiza al motor y así permitirá nuevamente girar el disco de sujeción para la ubicación de la siguiente botella y así sucesivamente.

La tercera condición, es cuando la botella está llena, el sistema hará lo siguiente:

- Si la botella que llegue a la posición de llenado, esta con líquido hasta el valor fijado en el panel de control, lo que hará el sistema es detectar la botella, comprobar el llenado del líquido, y activar el motor para que gire el disco para posicionar la siguiente botella (Figura 4.22).

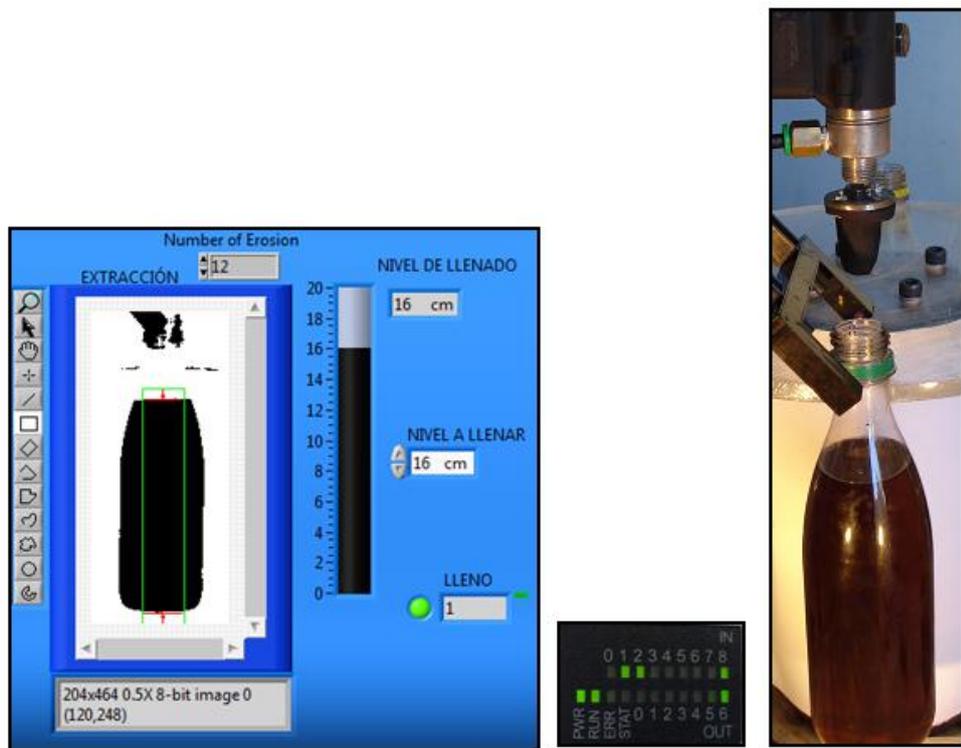


Figura 4.22 Comprobación del nivel de llenado

Una vez culminado el procedimiento anterior se verifica que el sistema trabaja correctamente.

Para salir del proceso de llenado de botellas se debe pulsar el botón **INICIO** del panel frontal y el **INDICADOR** pasará al estado **OFF** para finalizar la comunicación (Figura 4.23), a continuación se pulsa el botón **STOP** para detener la programación en LabVIEW (Figura 4.24).

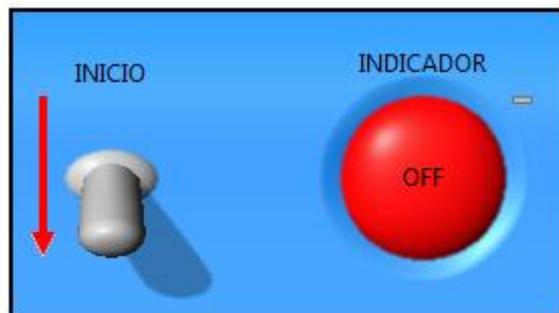


Figura 4.23 Finalización de comunicación



Figura 4.24 Parada del Programa

Finalmente se desactiva el interruptor **ACTIVACIÓN RUN** del PLC y se desenergiza el sistema.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez culminado el presente proyecto, recapitulando desde los objetivos planteados se desarrolló un programa en LabVIEW que permite la detección de nivel de llenado de botellas por medio de herramientas de visión. A modo de síntesis, se concluye y se recomienda:

5.1.- CONCLUSIONES

- El proyecto realizado cumple con los objetivos propuestos inicialmente que son, el diseño y construcción de un prototipo para control e inspección del nivel de llenado de botellas. Su operación es sencilla y fácil de entender, de manera que los estudiantes puedan realizar la práctica del control de nivel de líquidos de una manera provechosa.
- La Web Cam Delux DLV-B522 utilizada para este prototipo brinda las características necesarias básicas, permitiendo una fácil captación a tiempo real y mayor resolución de las imágenes que se desea obtener para la simulación del programa.
- El PLC Twido brinda la facilidad de trabajar con lenguaje de programación Ladder que es una de las programaciones con menos complejidad.
- Mediante las funciones de IMAQ-Visión se logra procesar y tratar la imagen de una manera simplificada y sin necesidad de una compleja programación.

- Lookout es una herramienta que sirve para establecer comunicación entre el PC-PLC y tiene características similares al OPC.
- El llenado del líquido, se realiza a una velocidad reducida, optima que el sensor permite captar la posición de la botella y posicionarla para llenado.
- Las lámparas permiten mejorar la adquisición de la imagen, ya que eliminan posibles ruidos, sombras que se presenten en el momento de capturar la imagen del llenado.
- Mediante el software y hardware de Visión Artificial se puede inspeccionar cada pieza en lugar de muestrear en forma aleatoria, en este caso puede detectar la botella a ser llenada.

5.2.- RECOMENDACIONES

- En diseño y construcción, del prototipo y software se recomienda realizar previamente el diseño completo del prototipo para luego tener una idea clara de cómo desarrollar el software óptimo para el funcionamiento del sistema de llenado.
- Se recomienda el uso de LabVIEW versión 8.5 que contenga la herramienta de IMAQ-Visión como una potente herramienta de reconocimiento de imágenes, no requiere conocimientos profundos de programación en estos procesos.
- Se recomienda utilizar el PLC Twido por su fácil comunicación con LabVIEW mediante Lookout.
- Al capturar la imagen es necesario utilizar una fuente de iluminación para tener una luminiscencia constante, que permita evitar los reflejos externos y obtener una imagen homogénea.

- Se recomienda mantener el nivel mínimo de líquido en el tanque, para que no ingrese aire a la manguera y permita el paso del fluido para el llenado de la botella.
- Para este proyecto se recomienda utilizar líquido color negro o tonos cercanos a negro, para así lograr detectar los bordes creados por el líquido.
- Para la adquisición de la imagen de llenado de la botella se recomienda utilizar un fondo de color blanco para detectar la presencia del líquido en la botella.
- Para obtener un buen control sobre el pistón se debe utilizar reguladores de caudal de aire en las salidas de la electroválvula.
- Se recomienda utilizar esta de técnica de control, ya que este método de detección de nivel de líquido permite abaratar costos.
- Se recomienda continuar con aplicaciones de procesamiento de imágenes, cambiando o investigando nuevos tipos de control, como puede ser el de lógica difusa o red neuronal.

BIBLIOGRAFÍAS Y ENLACES

- Manual de LabVIEW 8.5 <http://www.ni.com>
- Visión artificial basada en PC [http://es.wikipedia.org/wiki/ Visi3n artificial](http://es.wikipedia.org/wiki/Visi3n_artificial)
- Procesamiento digital de imágenes. www.microchip.com
- Manual NI-IMAQdx <http://digital.ni.com/manuals.ns>
- PLC Twido y características [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/4eso/archivos /presentacion_automatas_2.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/4eso/archivos/presentacion_automatas_2.pdf)
- Programaci3n TwidoSoft [http://ww2.estg.ipleiria.pt/~ftadeu/TwidoSoft_V20/ Documentacao/spa/TwdoSOFT.pdf](http://ww2.estg.ipleiria.pt/~ftadeu/TwidoSoft_V20/Documentacao/spa/TwdoSOFT.pdf)
- Procesamiento Digital de Imágenes http://newton.azc.uam.mx/mcc/01_esp /11_tesis/tesis/terminada/080513_garcia_santillan_elias.pdf