



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE – LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“INGENIERO ELECTRÓNICO”

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y
VERIFICACIÓN DEL NIVEL DE LLENADO DE BOTELLAS UTILIZANDO
LabVIEW Y IMAQ VISIÓN”**

CBOP. DE I. GAVILÁNEZ F. HÉCTOR M.

ALBÁN C. EDWIN D.

**LATACUNGA – ECUADOR
2007**

CERTIFICACIÓN

Certificamos, que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por los señores CBOP. DE I. GAVILÁNEZ FERNÁNDEZ HÉCTOR MARCELO Y ALBÁN CASTELLANOS EDWIN DANIEL, previo a la obtención de su Título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación.

Latacunga, Septiembre del 2007

Ing. Julio Acosta
DIRECTOR

Ing. Eddie Galarza
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga y a sus docentes, por los conocimientos impartidos en nuestra formación profesional, y especialmente a los Ingenieros Julio Acosta y Eddie Galarza, por su acertada dirección y recomendaciones durante el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

A mi madre espiritual “Santa Anita”, quien con su bendición guía mi camino por el sendero del bien, me cobija con sabiduría para culminar con mis metas y lo más importante protege a las personas que más amo en ésta vida, MI FAMILIA.

Marcelo Gaviláñez

El presente trabajo dedico a mi madre Carmita, por su infinito cariño y apoyo que he recibido desde que me trajo al mundo, a mi abuelita por su ejemplo de sabiduría y superación en los momentos difíciles del convivir diario, a Marcela por su amor, respeto y comprensión incondicional durante ésta etapa de mi vida y las que están por venir y a mi hijo Danny que ha sido la fuente de mi fuerza e inspiración para que pueda culminar este duro camino y vencer los obstáculos que en el futuro se presenten.

Daniel Albán

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	vi
CAPÍTULO I	FUNDAMENTOS
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 IMAGEN.....	3
1.4.1 ¿Qué es una imagen?.....	3
1.4.2 ¿Cómo se construye la imagen en la pantalla del ordenador?.....	4
1.4.2.1 Tipos de Imagen.....	4
a. Imágenes raster o vectoriales.....	4
b. Imágenes de mapa de bits o bitmap.....	4
c. Modelo de color RGB.....	5
1.4.2.2 Consideraciones básicas para obtener una buena imagen..	6
a. Resolución del monitor.....	6
b. Resolución de la imagen.....	6
c. Profundidad de color.....	6
1.4.3 Factores que afectan la calidad de la imagen en la pantalla.....	7
1.4.3.1 Configuración del hardware.....	7
1.4.3.2 Condiciones de visualización.....	8
1.4.3.3 Características humanas.....	8
1.4.4 Adquisición de imágenes.....	8
1.4.4.1 Consideraciones ópticas básicas para la adquisición.....	8
1.4.4.2 El dispositivo de adquisición.....	9
1.4.4.3 Principio del procesamiento digital de imágenes.....	10
1.4.5 Imágenes Digitales.....	11
1.4.6. Despliegue de datos.....	11
1.4.7 Procesamiento de imagen.....	12

2.5.4	Sistema de iluminación implementado.....	42
2.6	NI-IMAQ DRIVER SOFTWARE.....	45
2.7	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SENSADO.....	46
2.7.1	Aplicaciones Típicas.....	47
2.7.2	Especificaciones	
2.8	ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL SENSADA.....	48
2.8.1	Preparación del hardware.....	49
2.8.2	Conector I/O.....	50
2.8.3	Descripción de señales.....	51
2.8.4	Circuito digital I/O.....	52
2.9	SISTEMA NEUMÁTICO.....	53
2.9.1	Compresor.....	53
	a. Uso de los compresores.....	53
	b. Mantenimiento.....	54
2.10	RELÉS.....	54
2.10.1	Características Técnicas.....	55
	a. Parte electromagnética.....	55
	b. Contactos o Parte mecánica.....	56
2.10.2	Relés más utilizados.....	56
	a. De armadura.....	56
	b. De núcleo móvil.....	56
2.11	ELECTROVÁLVULAS.....	57
2.11.1	Válvulas reguladoras de flujo o caudal.....	58
	a. Válvula estranguladora.....	58
	b. Válvula estranguladora unidireccional.....	58
	c. Válvulas reguladoras de presión.....	58
2.11.2	Elementos de trabajo, actuadores neumáticos.....	58
	a. Cilindros.....	58
	b. Actuadores de giro.....	58
2.11.3	Motores neumáticos.....	59
2.11.4	Cilindros de simple efecto.....	59
2.11.5	Cilindros de doble efecto.....	59
2.12	LabVIEW.....	60
2.12.1	Aplicaciones de labVIEW.....	60

2.12.2	Programación gráfica con labVIEW.....	60
2.12.3	Entorno labVIEW.....	60
2.12.4	NI VISIÓN.....	61
2.13	VISUALIZACIÓN DE LA IMAGEN EN LabVIEW.....	62
2.13.1	Panel frontal.....	62
2.13.2	Diagrama de bloques.....	62
2.14	PROGRAMACIÓN EN LabVIEW.....	65
2.14.1	Procesamiento de la imagen.....	66
a.	SubVI Encontrar Bordes.....	68
b.	SubVI Encontrar Nivel (Find Level).....	70
c.	SubVI Media.....	72
d.	SubVI Historial (History).....	73
2.13.2	Entrada/Salida digital de datos.....	74
CAPÍTULO III	RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES	
3.1	GENERALIDADES.....	77
3.2	CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO DE INSPECCIÓN.....	77
3.2.1	Construcción del armario.....	78
3.2.1.1	Construcción de la cámara de iluminación.....	78
3.2.1.2	Adecuación del armario para la señal del sensor.....	79
3.3	PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	81
3.3.1	Descripción física del sistema.....	81
3.3.2	Prueba de unidades.....	82
3.3.3	Pruebas de sensor.....	82
3.3.4	Pruebas de la cámara de iluminación.....	82
3.3.5	Pruebas de movimiento de banda transportadora.....	82
3.3.6	Pruebas de circuito neumático.....	82
3.4	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.....	83
3.5	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	84
3.5.1	Alcances.....	84
3.5.2	Limitaciones.....	85

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	CONCLUSIONES.....	87
4.2	RECOMENDACIONES.....	89
4.3	BIBLIOGRAFÍA.....	90

ANEXOS

- A Glosario de Términos.
- B Configuración de la cámara Fire-I™
- C Configuración del MAX (Measurement &Automation Explorer) para la
 NI USB-6009
- D Manual de operación

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los sistemas de visión artificial se han constituido en una las formas más estrictas en el control de calidad de los diferentes productos de consumo masivo que existen en el mercado, este control permite reemplazar la inspección tradicional que se lo hacia en forma visual y poco exacta, además en muchos casos esta inspección no se la podía realizar en productos que se encontraban en zonas poco accesibles y riesgosas para el ser humano.

En base a esta necesidad, el presente proyecto suplirá la inspección visual para el control de calidad, el mismo que se lo realizará mediante un estudio técnico del diseño tanto de software como de hardware, para luego concluir con la implementación y construcción de todo el proceso, tomando en consideración todos los factores físicos que intervendrán en el funcionamiento.

Este proceso se fundamenta en retirar las botellas que circulan por una banda transportadora, que se encuentren fuera del nivel de líquido preestablecido por el operador. Para la realización de este proceso el prototipo consta de un armario, en cuyo interior se encuentra una cámara de iluminación que permite contrastar el líquido del envase, en este armario se encuentra también un sensor que detecta la presencia de la botella permitiendo que la cámara realice una toma de la imagen, la misma que será analizada por el software de inspección (labVIEW y IMAQ Visión).

Para la clasificación de botellas correctas e incorrectas, se utiliza un sistema de control neumático que se activa cada vez que el nivel de líquido no corresponda al asignado.

Este sistema podrá satisfacer la inspección de nivel de líquido de botellas de cualquier tamaño, forma e incluso color, siempre y cuando éste no sea transparente y posea el mismo color del envase.

Una Interfaz Hombre-Máquina, HMI, es un mecanismo que permite a un operador interactuar con un proceso y determinar el estado o magnitud de los dispositivos que están presentes en una planta o proceso industrial. La interfaz puede ser tan simple como una lámpara indicadora del estado de un aparato, hasta una o varias pantallas desarrolladas en una computadora que llegan a mostrar en la pantalla del monitor representaciones esquemáticas de todo el proceso bajo supervisión.

El programa labVIEW, entre otros, de National Instruments, constituye una plataforma de desarrollo que facilita el diseño de las HMI en PCs. Algunos de estos paquetes de desarrollo incluyen muchas herramientas poderosas que permiten el desarrollo de HMI's de mucho potencial de procesamiento así como la comunicación con dispositivos externos.

El presente proyecto de tesis de grado titulado "Diseño e Implementación de un Sistema de Control y Verificación del Nivel de Llenado de Botellas Utilizando LabVIEW y IMAQ Visión" tiene como objetivo central diseñar, construir e implementar un sistema de visión artificial, apoyado de la plataforma de programación labVIEW, de una tarjeta de adquisición de datos, de un protocolo adecuado de comunicación y de un circuito de control neumático.

El HMI del sistema, implementado en labVIEW, dispone de tres pantallas gráficas amigables y sencillas, en las cuales se podrá realizar la calibración del nivel que se desea analizar, observar el número de botellas correctas e incorrectas así como su total en forma gráfica y numérica.

Para cumplir con todo lo expuesto anteriormente, el presente proyecto está estructurado, en un documento escrito y en un prototipo diseñado e implementado, de varios capítulos, los cuales en una forma resumida contienen la siguiente información.

En el Capítulo I, se presenta marco teórico, donde se menciona los antecedentes y justificación del proyecto así como también conceptos básicos de hardware y software utilizados en el prototipo.

En el Capítulo II, hace referencia al principio de funcionamiento de los principales dispositivos electrónicos empleados en este proyecto, además se presenta el diseño del software de aplicación así como también la selección de materiales y elementos que serán necesarios para el funcionamiento del prototipo.

En el Capítulo III, se detallan la construcción del prototipo, así como también de sus componentes, los resultados de las pruebas experimentales, y un análisis técnico económico del proyecto.

Se registran al final conclusiones y recomendaciones para futuros proyectos que se desee realizar con visión artificial, así como el manual de operación.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los sistemas de visión artificial se han constituido en una herramienta de gran ayuda para el hombre optimizando el trabajo que se lo realizaba a mano, generando para la empresa un ahorro del recurso humano y obteniendo al mismo tiempo rentabilidad mediante la optimización y adaptación de sistemas de control que en conjunto con visión artificial harán el trabajo especificado en menor tiempo y con mejor garantía.

En el presente proyecto, **“Diseño e Implementación de un Sistema de Control y Verificación del Nivel de Llenado de Botellas Utilizando LabVIEW**

y IMAQ Visión” se pretende desarrollar un sistema de visión artificial para la Inspección de nivel de llenado de botellas. Las botellas viajarán por una cinta transportadora, y el sistema será capaz de detectarlas y realizar el control de calidad sobre las mismas. Para llevar a cabo el proyecto, se dispone de una cámara digital FIRE-i™, una tarjeta adquisición FIREWIRE IEEE 1394 y el software necesario para diseñar, depurar e implementar aplicaciones de visión artificial (librerías de IMAQ Visión de LabVIEW, específicas para el diseño de sistemas de visión artificial).

1.2 ANTECEDENTES

En la actualidad los esquemas de control de calidad aplicados a la industria, en los cuales el volumen de producción está marcado por la alta demanda de los productos, a la que se agrega una competencia cada vez mayor por parte de los productores, hacen necesario establecer estándares cada vez más estrictos para incrementar la calidad de los productos.

Lo anterior se consideraba obligatorio en procesos industriales sin embargo, en muchas industrias las tecnologías y esquemas de trabajo no han ido evolucionando. El proceso de verificación de llenado en las distintas envasadoras del país se lo hace visualmente y la selección se realiza en forma manual, lo cual limita tiempos de trabajo pues entre cada proceso existen tiempo muertos que afectan a toda la cadena de producción, incluyendo el transporte del producto a los distintos mercados.

Es necesario notar que este esquema de trabajo lleva implícito el riesgo de contaminación del producto.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El proceso de verificación de llenado de botellas en nuestro país es fundamentalmente manual. Utiliza técnicas sencillas y en muchos casos se necesita de recurso humano para el chequeo continuo, por lo que se requiere de una gran precisión por parte de aquellos que las realizan, debido a que la selección depende de la observación y el criterio que tenga el operario sobre los aspectos que se evalúan.

La finalidad de este sistema es automatizar las actividades que involucran el proceso de nivel de llenado, basado en el reconocimiento, análisis y gestión de la imagen, integrando todas las variables en una sola respuesta real y confiable que permita, a diferencia de los métodos tradicionales, obtener un diagnóstico exacto, disminuyendo costos y aumentando la calidad.

Por tales motivos se necesita del desarrollo eficiente de este proceso, mismo que considera de la siguiente manera:

Se requiere realizar el estudio del software LabVIEW y IMAQ Visión, acompañado de una estructura mecánica óptima, un diseño neumático acorde y un adecuado control electrónico para lograr un sistema de supervisión y clasificación que ofrezca un alto grado de confiabilidad y tecnificación a las empresas que decidan optar por esta tecnología poco utilizada en el país.

1.4 IMAGEN

1.4.1 Que es una imagen?

La imagen digital, bien sea generada por el ordenador o bien creada a través de algún instrumento de captura, tal como una cámara o un escáner, supone la traducción de los valores de luminosidad y color a un lenguaje que pueda entender el ordenador y los periféricos con él relacionados, esto es, un lenguaje digital. La principal ventaja aportada por este lenguaje es la estabilidad: mientras que la emulsión de una imagen fotográfica clásica sufre una degradación química con el paso del tiempo, que repercute en la calidad de dicha reproducción, los ceros y unos que componen una imagen digital permanecen estables, con lo que la imagen no variará a lo largo del tiempo¹

El interés principal que puede suscitar la imagen digital, especialmente cuando se plantea su utilización didáctica, proviene de la posibilidad de construir y distribuir mensajes en los que la incorporación de imágenes puede enriquecer el contenido de la información sin tener que recurrir a costosas inversiones de equipamiento o reproducción.

1.4.2 Cómo se construye la imagen en la pantalla del ordenador²

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

¹PAJARES Gonzalo, DE LA CRUZ Jesús "Visión por computador, imágenes digitales y aplicaciones", Universidad Complutense de Madrid, Madrid – España, 2002.

² <http://www.educa.madrid.org/web/cap.hortaleza/Cursofoto/generalidades.htm>

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

1.4.2.1 Tipos de imagen

A grandes rasgos podríamos dividir las imágenes digitales en dos grandes grupos:

a. Imágenes raster o 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. 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.

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. Podríamos decir que cada punto sería la tesela de un mosaico con sus propias características. 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.

Se deduce por lo dicho anteriormente que su tamaño es muy grande, ya que aquí sí se tiene información de cada uno de los puntos que forman la imagen. Dentro de este tipo se encuentran muchos formatos, algunos de los cuales son soportados directamente por los navegadores.

c. Modelo de color RGB

La descripción RGB (del inglés *Red, Green, Blue*; "rojo, verde, azul") de un [color](#) hace referencia a la composición del color en términos de la intensidad de los [colores primarios](#) con que se forma: el rojo, el verde y el azul. Es un modelo de color basado en la [síntesis aditiva](#), con el que es posible representar un color mediante la mezcla por adición de los tres colores luz primarios. Cabe destacar que el modelo de color RGB no define por sí mismo lo que significa exactamente rojo, verde o azul, razón por la cual los mismos valores RGB pueden mostrar colores notablemente diferentes en diferentes dispositivos que usen este modelo de color. Aunque utilicen un mismo modelo de color, sus espacios de color pueden variar considerablemente.

Para indicar con qué proporción mezclamos cada color, se asigna un valor a cada uno de los colores primarios, de manera, por ejemplo, el valor 0 significa que no interviene en la mezcla, y a medida que ese valor aumenta, se entiende que aporta más intensidad a la mezcla. Aunque el intervalo de valores podría ser cualquiera (valores reales entre 0 y 1, valores enteros entre 0 y 37, etc), es frecuente que cada color primario se codifique con un [byte](#) (8 [bits](#)). Así, de una manera estándar, la intensidad de cada una de las componentes se mide según una escala que va del 0 al 255.

1.4.2.2 Consideraciones básicas para obtener una buena imagen

a. Resolución del monitor

A grandes rasgos la resolución del monitor viene determinada por dos variables:

El tamaño de la "celda", al que se denomina pitch dot y que en los monitores actuales es, habitualmente, de 0,28 mm. Dado que la imagen que se observa está compuesta por puntos adyacentes de diferentes colores, cuantos más pequeños sean dichos puntos se obtendrá una mayor sensación de continuidad, el número de puntos que es capaz de enviar a la pantalla la tarjeta gráfica del ordenador. Este

parámetro depende de la cantidad de memoria de la que disponga la tarjeta para hacer los cálculos necesarios. Actualmente la resolución más habitual es de 800 puntos horizontales por 600 puntos verticales, mientras que en los equipos precedentes se situaba en 640x480 puntos. La variación del número de puntos influirá en el tamaño relativo de las imágenes dentro de la pantalla, ya que al ser fijo, la imagen ocupará un fragmento menor o mayor de la superficie de la misma según la cantidad total de puntos que se hayan representado en ella.

b. Resolución de la imagen

Es un concepto relacionado con el anterior y como ejemplo práctico para explicarlo. Cuando se captura una imagen con la cámara y se la imprime se comprueba que tiene unas dimensiones físicas. Se puede comprobar que la cámara ha captado la imagen a una resolución de 72 píxeles por pulgada.

c. Profundidad de color

Se llama profundidad de color a la cantidad de colores diferentes que pueden presentarse en una imagen. Para almacenar esta información se asigna un número de bits para indicar el color de cada píxel³.

Imaginen un píxel blanco o negro: sólo harían falta dos posiciones para indicar si está encendido (1) o apagado (0), esto es 1 bit.

Si se quisiera saber el color de un píxel en una imagen de 16 colores se necesita (2^4)=16 combinaciones diferentes, esto es 4 bits y así sucesivamente. Los bits necesarios para cada profundidad de color se muestran en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Progresión

Número de bits	Combinaciones posibles	Número de colores
8	2^8	256
16	2^{16}	aprox. 65000
24	2^{24}	aprox. 16,7 millones

³ <http://www.educa.madrid.org/web/cap.hortaleza/Cursofoto/generalidades.htm>

La importancia de esta progresión reside en que, al aumentar el número de colores posibles en la imagen se está incrementando inevitablemente el espacio necesario para almacenarla.

Más aún cuando se captura una imagen con un dispositivo que permita elegir resolución tal como un escáner, se suele pensar que una mayor cantidad de píxeles por pulgada nos permitirá obtener una mayor fidelidad con respecto al original, con lo que el tamaño de las imágenes se hace verdaderamente monstruoso. (Recordemos que la resolución de la pantalla es invariable, por lo que si tiene que representar una imagen de alta resolución esta ocupará más en la pantalla, pero no mejorará su tamaño de impresión desde un programa de tratamiento de imagen).

1.4.3 Factores que afectan la calidad de la imagen en la pantalla

1.4.3.1 Configuración del hardware

Es difícil recomendar una configuración de hardware ideal. La regla general es armar un sistema que pueda satisfacer sus necesidades de velocidad, memoria, almacenamiento y calidad de presentación. ¿Qué clase de imágenes se están creando? ¿Qué cantidad? ¿Con qué fines? ¿Qué nivel de revisión en pantalla se necesita? Necesitará una computadora rápida y confiable con una amplia capacidad de procesamiento y memoria para poder recuperar y manipular los grandes archivos que está creando, especialmente al crear imágenes en color.

1.4.3.2 Condiciones de visualización

Se debe comprender que la cámara y el objeto requieren condiciones de visualización similares. Se podrá visualizar mejor al objeto en un ambiente con mucha luz. Sin embargo, un entorno con poca luz no se equipara a un cuarto oscuro. Vista en la oscuridad, una imagen en pantalla parecería carecer de suficiente contraste.

1.4.3.3 Características humanas

La evaluación de la calidad de la imagen requiere sofisticación visual, especialmente para las evaluaciones subjetivas. Idealmente, la misma persona debe evaluar todas las imágenes, con el mismo equipo y bajo los mismos parámetros. El personal debe

ser entrenado en particular en lo que se refiere a cómo transmitir en forma efectiva la información sobre la apariencia del color.

1.4.4 Adquisición de imágenes.

1.4.4.1 Consideraciones ópticas básicas para la adquisición.

Cuando se adquieren imágenes, hay algunos términos que se deben de entender para poder armar un mejor ambiente de captura de imágenes. El campo de visión es el área del objeto bajo inspección que la cámara esta viendo. La distancia de trabajo es la distancia del frente del lente hasta el objeto sobre inspección. La resolución es la capacidad del sistema que tiene para distinguir objetos pequeños. Profundidad de campo es la distancia máxima que el objeto puede estar sin salirse de enfoque. Por ultimo el tamaño del sensor, este es el tamaño activo del área del sensor, el cual es especificado por la dimensión horizontal del mismo tal como se observa en la figura 1.1.

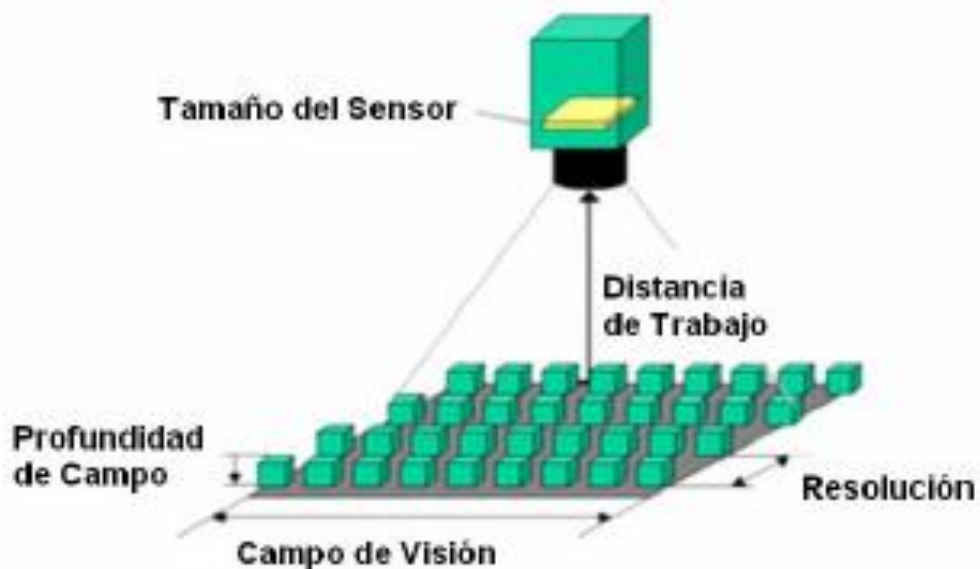


Figura 1.1. Parámetros ópticos de imagen.

1.4.4.2 El dispositivo de adquisición.

Cuando se capturan imágenes, se debe considerar el tipo de aplicación, nivel de aplicación y calidad requerida para la imagen. Al momento de considerar que cámara será la adecuada, muchas preguntas necesitan ser respondidas. Por ejemplo, ¿Debería ser una cámara análoga o una cámara digital? ¿debería la cámara ser escáner de área o escáner de línea? ¿Debería la cámara tener la capacidad de capturar imágenes fuera del visible espectro de la luz?

Las cámaras análogas son altamente usadas y entendidas; estas tienden a tener cableado simple y una instalación fácil de ejecutar. Otro beneficio de las cámaras análogas es que se pueden usar con algunos monitores directamente, lo cual simplifica la instalación y configuración. Para principiantes, una cámara monocromática (sólo tonos de gris) de bajo precio sería una buena elección para la mayoría de aplicaciones. Por otra parte, una cámara digital tiene varias características propias tales como alta velocidad de transferencia de imágenes, alta resolución de píxel y espacial, así como gran inmunidad al ruido.

Al utilizar una cámara digital obviamente ya no se necesitaría digitalizar la imagen para introducir al computador, caso contrario con las cámaras análogas cuyas imágenes necesariamente necesita ser digitalizada empleando para esto una tarjeta digitalizadora de imágenes.

Adicionalmente, se sabe que el video análogo es más susceptible al ruido durante la transmisión que el video digital. En el caso de las cámaras IEEE-1394, se pueden poner a trabajar en paralelo en la alguna red local o exterior.

Tabla 1.2 Características generales de las cámaras.

<u>Cámaras Análogas</u>	<u>Cámaras Digitales</u>
Mas baratas. Comúnmente usadas y fácil de usar. Cableado simple. Compatible con algunos monitores.	Mejor resolución espacial. Mayor velocidad de transferencia. Mayor profundidad de píxel. Mayor inmunidad al ruido. Conectividad en red (IEEE -1394).

--	--

1.4.4.3 Principio del procesamiento digital de imágenes

Procesamiento de imágenes es el término usado para denominar las operaciones desarrolladas sobre un set de datos de imagen para mejorarlas de alguna forma, para ayudar a su interpretación o para extraer algún tipo de información útil de ella.

Es obvio que el procesamiento de imágenes no puede producir información a partir de nada. Si en el set de datos no existe información concerniente a una aplicación o interpretación en particular, entonces no importa que cantidad de complicadas rutinas de procesamiento que se aplique, no se podrá obtener información.

1.4.5 Imágenes digitales

Los sistemas adquieren los datos píxel a píxel. La imagen es guardada como una grilla de píxeles. La radiancia (sensores visibles e IR) de cada uno de esos píxeles es registrada por el detector y entonces es digitalizada para permitir su manipulación por parte del computador. Las radiancias podrán tomar cualquier valor entre 0 y R_{max} , que es el número de intervalos digitales que están disponibles y dependen del número de bits del convertidor análogo-digital $R_{max}=2^n-1$, donde n es el número de bits.

El proceso de digitalización transforma datos análogos continuos en datos digitales discretos, un número finito de valores enteros es usado para representar todos los valores de los datos originales y continuos.

1.4.6 Despliegue de los datos

Hasta aquí los datos han sido grabados, digitalizados y guardados en la forma de una grilla de píxeles, si los datos fueron adquiridos por algún sensor capaz de producir imágenes, los datos pueden mostrarse en un monitor.

Para que los datos sean mostrados en pantalla, el computador asigna a cada valor entero (o rango de ellos) un color en particular, de forma tal que pueda ser distinguido visualmente. Existen diferentes métodos de codificar los datos en color.

- Codificación (paleta) arco iris (rainbow encoding): Cada valor digital es asignado a un color diferente, arbitrariamente elegido. Ej. 0= rojo, 1= azul,... 255= amarillo.
- Codificación (paleta) en escala de grises: A cada valor se le asigna un nivel de gris, generalmente en un orden ascendente. Ej. 0= negro, 1= gris oscuro,...,254= gris claro, 255= blanco.
- Codificación (paleta) en escala de colores: A cada valor se le asigna un solo nivel de color, generalmente en un orden ascendente. Ej. 0= rojo oscuro,..., 255= rojo claro.

La codificación en escala de color se puede usar cuando se necesita mostrar más de una imagen; asignando a cada imagen una escala de colores, por ejemplo rojo, verde, azul.

Luego se muestran las tres una sobre otra, produciéndose un compuesto en falso color. Esta técnica es muy utilizada para desplegar los datos de sensores multiespectrales o para mostrar datos de una misma área a diferentes tiempos.

1.4.7 Procesamiento de imagen.

La digitalización deja los datos con un formato adecuado para su manipulación por parte del computador. Éstos pueden ser ahora transformados en cualquier función matemática asociada, cada uno desarrollando una tarea diferente. La secuencia de tareas aplicadas a una imagen se denomina “procesamiento de imágenes”, la cual puede variar dependiendo de las metas que se tengan en vista.

1.5 CÁMARAS, TARJETAS Y LABVIEW-IMAQ VISIÓN

1.5.1 Qué es IMAQ?

Es un conjunto de herramientas para el desarrollo de aplicaciones relacionadas con la adquisición y el procesado de la imagen. Dentro del conjunto de aplicaciones, se pueden distinguir dos grandes bloques:

IMAQ Visión Builder: es una herramienta que sirve para realizar pruebas y ensayos en aplicaciones de procesado de imágenes. Permite construir de manera intuitiva algoritmos hechos a medida, a la vez que también permite ejecutarlos para comprobar su funcionamiento⁴.

IMAQ Visión for G: es un conjunto de funciones disponibles en LabVIEW que permiten crear aplicaciones para el tratamiento y procesado de la imagen. La funcionalidad es la misma que se consigue con IMAQ Visión Builder, pero en este caso la aplicación se ejecuta desde LabVIEW, con las ventajas que éste conlleva.

El IMAQ Visión Builder incluye una potente aplicación que permite traducir el algoritmo que se ha creado a partir de Labview. Con esto se ahorra mucho tiempo, ya que es mucho más rápido crear y probar algoritmos con IMAQ Visión Builder que con LabVIEW.

1.5.2 Por qué se utiliza LabVIEW?

Tradicionalmente, la mayoría de aplicaciones de control o de adquisición de datos se programaban en lenguajes de alto nivel muy potentes tales como el C, Pascal,

⁴ National Instruments, “IMAQ Vision Builder Tutorial” – 1999.

Basic, etc. El problema de estos lenguajes es que no proporcionan la posibilidad de realizar la programación de forma gráfica, con lo que ello implica. Por otro lado, existen lenguajes como el Visual C++ o Visual Basic que permiten trabajar con entornos gráficos, pero son mucho más complejos en su utilización a nivel de usuario. En cambio, LabVIEW permite por un lado diseñar las pantallas que verá el usuario y a través de las cuales interactuará con el proceso a controlar. Por otro lado, este software permite realizar el diseño de las diferentes subrutinas de control de manera simplificada y ordenada, pudiendo ser llamadas desde el programa principal.

La programación en LabVIEW se podría comparar con una placa de circuito impreso, ya que por un lado se tienen componentes electrónicos (transistores, resistencias,..) que es lo que realmente el usuario ve por pantalla. Los terminales de cada elemento que aparece por pantalla se ratearán a los bloques funcionales (circuitos integrados) para generar los datos que se deseen visualizar. La programación se realiza de manera gráfica (editando y conectando iconos), por lo que las aplicaciones se crean de manera intuitiva (plasmando las ideas sobre diagramas de bloques). Todo esto se produce sin escribir ni una sola línea de código.

Otro de los motivos de la utilización de LabVIEW es que el lenguaje incorpora una gran cantidad de drivers para el control de instrumentos de laboratorio y periféricos del PC (GPIB, RS232...). Todo esto facilita mucho el trabajo y aporta flexibilidad al sistema.

1.5.3 Sistemas de Visión Artificial

En el entorno industrial, se busca cada vez más la productividad (procesos más eficientes), además, estos niveles de productividad tienen que ir asociados con unos altísimos niveles de calidad del producto acabado. Por este motivo, es importante tener un control exhaustivo sobre el proceso productivo.

Una de las soluciones que se solía adoptar era la de ubicar diversos controladores a lo largo de la línea productiva. De esta manera, se podría detectar fallas en los

productos (mediante inspección ocular). El gran inconveniente de este tipo de testeo parece claro, ya que la capacidad humana para realizar procesos repetitivos se reduce increíblemente cuando además se requiere un gran nivel de precisión en la inspección.

Gracias a la constante reducción en costos y a la gran capacidad de los ordenadores, se puede llegar a sustituir el cometido de una persona por un sistema de visión artificial. De esta manera, se potencian las funciones del control de calidad de forma sustancial (la fatiga humana es inexistente y la precisión del control es mucho mayor). Por tanto, la fiabilidad de estos sistemas de control con respecto a la observación meramente visual es indiscutible.

Sin embargo, también presentan algunos inconvenientes: son instalaciones hechas a medida, por lo que el costo de implementación es bastante elevado. Además, se requiere realizar un entrenamiento del sistema y ajustar su funcionamiento. El problema radica en que se depende mucho del entorno en el que se trabaja, de manera que factores como la iluminación y la contaminación ambiental son cruciales. Es por estos inconvenientes que no se acaba de ver clara la sustitución de los tradicionales controles de calidad por estas nuevas herramientas automatizadas.

En el campo de la electrónica se tiene un 'nicho' por explotar. Es un mercado en el que el control de calidad es más complicado (tamaño de pistas, componentes mal insertados,...). Por este motivo, y si la producción es elevada, un sistema de visión artificial para el control de calidad es muy recomendable.

1.5.4 Sistemas de percepción artificial

En términos generales, un sistema de percepción artificial es un sistema electrónico multisensor capaz de obtener, procesar, analizar y reconocer información relativa al medio donde se encuentra. Los bloques constituyentes de un sistema de percepción artificial, con mayor o menor grado de flexibilidad, son los que se muestran a continuación en la figura 1.2:

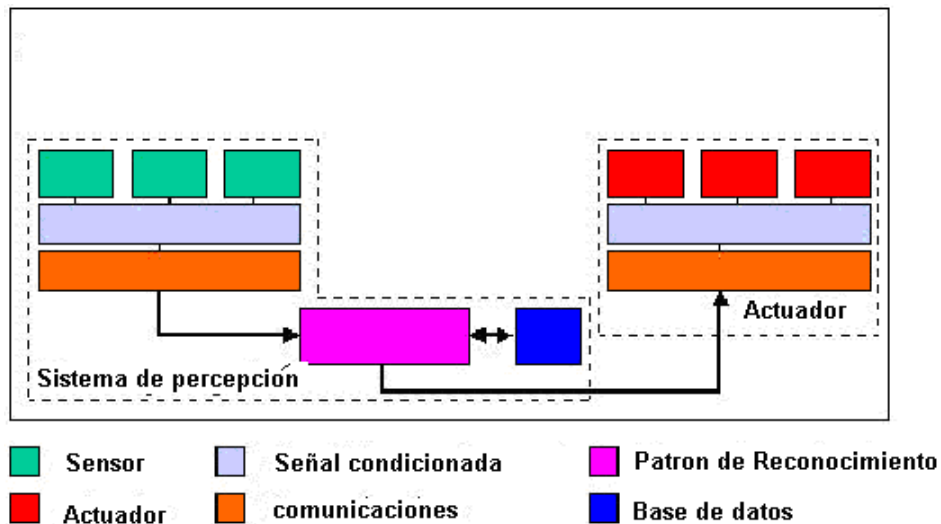


Figura 1.2 Diagrama de bloques

Los sensores son los que permiten obtener señales medibles características del medio que se está analizando. El acondicionamiento de señal se encarga de extraer las características más relevantes procedentes del sistema multisensor. Esta información compacta se denomina patrón. El sistema de reconocimiento de patrones analiza esta información, de manera que es capaz de aprender, categorizar y reconocer los patrones. Los actuadores son un elemento que no forma parte del sistema de percepción propiamente dicho, pero que normalmente se incluye en la mayoría de aplicaciones si se quiere actuar en función de la toma de decisión del sistema.

1.5.5 Instrumentación Virtual

Los sistemas de visión y procesamiento de imágenes basados en PC representan una alternativa a los sistemas convencionales. Utilizando una cámara, una lente y un PC con el software y el hardware apropiado (tarjeta de adquisición principalmente), se puede desarrollar un sistema automático de inspección (tanto para control de calidad como para sistemas de medida de alta precisión).

Impulsado por la convergencia de diversas tecnologías, aplicaciones de visión y procesamiento de imagen basada en PC es hoy en día una realidad. Los avances tecnológicos conseguidos, juntamente con la asombrosa evolución del PC (con micros más potentes y robustos, sistemas operativos más estables), han hecho

posible que el usuario final pueda hoy en día desarrollar aplicaciones de procesamiento de imagen que antes estaban reservadas a auténticos especialistas o a empresas de gran poder adquisitivo.

Gracias a la instrumentación virtual y a la convergencia de al menos cuatro tecnologías, ha sido posible que hoy en día se pueda hablar de aplicaciones de procesamiento de imagen basadas en PC. A continuación, se muestra en la figura 1.3, lo expuesto:



Figura 1.3 Convergencia de tecnologías

Cada una de estas cuatro tecnologías (Software y hardware IMAQ y DAQ; Bus local PCI; Avances en CPU; Sistemas operativos mas robustos) tiene un papel fundamental en el avance de los sistemas de procesamiento de imagen, en los que el PC ha sido un factor trascendental para el desarrollo de este tipo de aplicaciones. Gracias al PC, la instrumentación virtual, es decir, la utilización del PC para realizar funciones de instrumentos de medida, ha sido una realidad desde hace unos años. Lógicamente, se han aprovechando los beneficios de las CPU's más potentes y sistemas operativos más robustos, junto con canales de comunicación (bus local PCI) más rápidos y flexibles.

Los sistemas de procesamiento de imagen son parte del modelo de instrumentación virtual en el cual el PC es la plataforma sobre la cual se desarrollan, entre otras cosas, las aplicaciones de captura, procesamiento, presentación y/o almacenamiento de imágenes y de control de procesos basados en información gráfica o visual.

Son muchas las aplicaciones de la instrumentación virtual y de los sistemas de procesamiento de imagen basados en el PC. Entre otras, se pueden nombrar campos como control de calidad, pruebas y medidas automatizadas, control de procesos, ingeniería de mantenimiento, etc. Además, permite que un sistema de visión se pueda combinar con un sistema de control utilizando un solo PC (con el uso de una tarjeta de adquisición de imagen, una tarjeta de adquisición de datos y control, finalmente el software correspondiente a cada aplicación).

Los componentes necesarios para formar un sistema de visión basado en PC se listan a continuación:

- Un PC (Ordenador Personal)
- La tarjeta de captura y procesamiento de imágenes (IMAQ)
- El software de la aplicación (LabVIEW, IMAQ VISION, NI-IMAQ)
- La cámara (CCD, etc.)
- La iluminación apropiada.

Dentro del PC, la estructura del software y el hardware necesarios en aplicaciones de visión artificial, como se muestra en la figura 1.4:

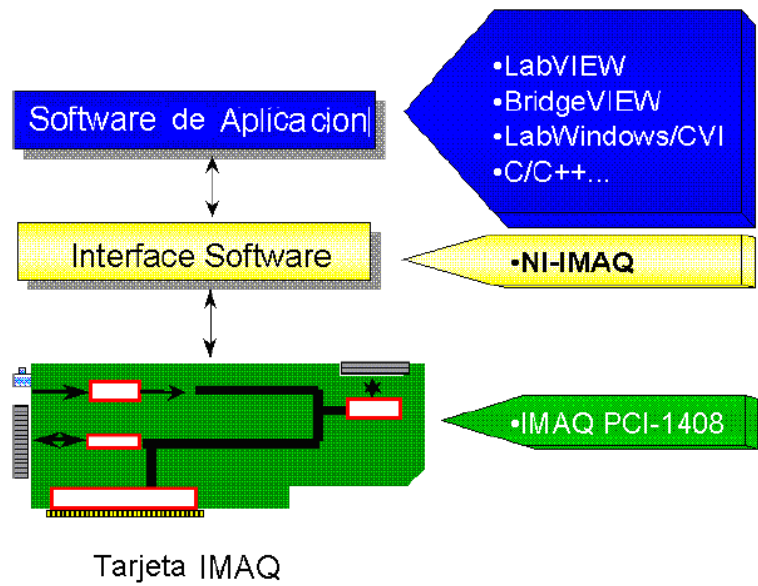


Figura 1.4 Estructura de un sistema de visión basado en PC

Gracias a esta estructura, se puede programar la tarjeta de adquisición de imágenes a un nivel bastante simplificado. Es el paquete de interfase entre el hardware y la aplicación (NI-IMAQ), el que se encarga de transformar las órdenes a nivel Labview o C++ en señales apropiadas hacia el hardware para realizar las capturas correctamente. A continuación, se presenta en la figura 1.5 una imagen que pone de manifiesto la relación flexibilidad-costo en los sistemas de visión artificial:

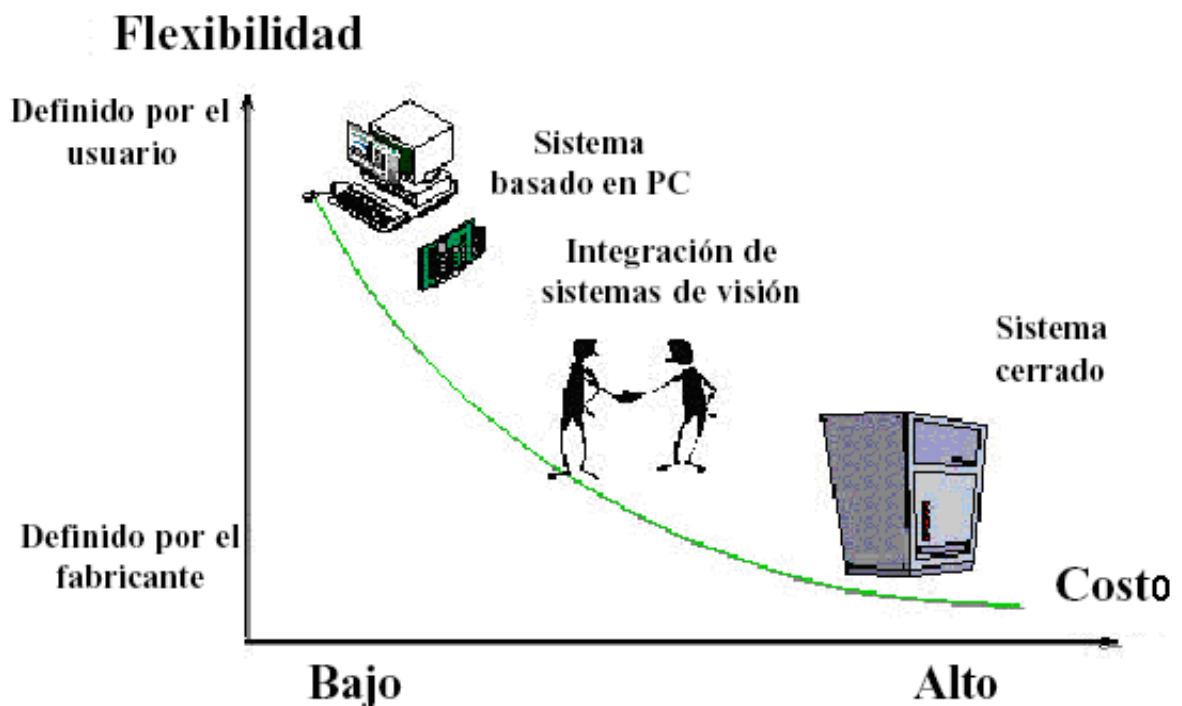


Figura 1.5 Curva de solución de visión

1.5.6 Componentes de un sistema de visión basado en PC

Los elementos clave que componen un sistema de visión basado en PC son los siguientes:

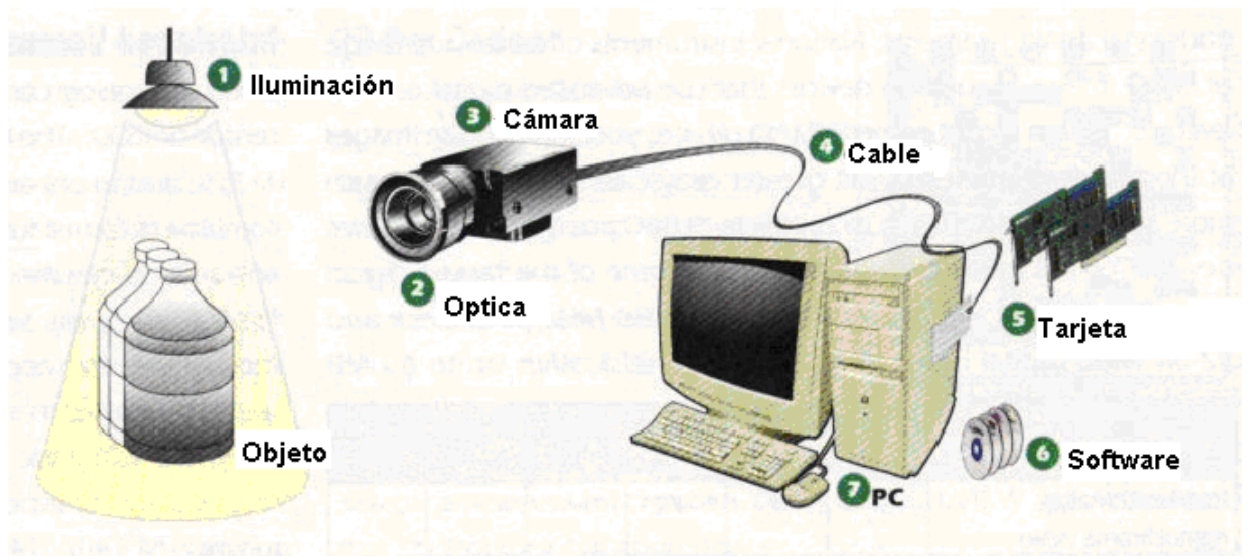


Figura 1.6 Elementos de un sistema de visión basado en PC

1.5.6.1 Iluminación

Se tiene que pensar en la iluminación como el análogo al acondicionamiento de señal en una aplicación de adquisición de datos.

Seleccionando la técnica de iluminación adecuada, el desarrollo del software se puede simplificar enormemente. En otras palabras, si la escena está correctamente iluminada, la imagen adquirida tiene muchas más posibilidades de ser procesada con éxito⁵.

1.5.6.2 Lentes y ópticas

⁵ <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/2858>

Dependiendo de las dimensiones del objeto a inspeccionar, las especificaciones de la cámara y la lente son vitales. En una cámara será importante la medida del sensor CCD, y en la lente la distancia focal y la mínima distancia de enfoque.

1.5.6.3 Cámara

Se pueden solucionar muchas aplicaciones de visión con cámaras analógicas estándar (monocromo y de color), ya que son fáciles de configurar y mantener. En cambio, si se quiere mejorar la resolución y velocidades de adquisición, se deben utilizar cámaras digitales. También existen cámaras de infrarrojos para aplicaciones térmicas.

1.5.6.4 *Plug-in* IMAQ hardware (Tarjeta)

Debido a la proliferación del hardware de adquisición de imágenes, éste resulta más accesible económicamente. Además, ofrece más funcionalidad, facilidad de configuración (*plug&play*), y versatilidad.

1.5.6.5 Software de la aplicación

El cual puede ser gráfico (p.e. LabVIEW) o un lenguaje en código escrito (p.e. LabWindows/CVI). Este software, controla el dispositivo IMAQ, así como el procesado y la visualización de la imagen capturada.

1.5.6.6 Estándar FireWire IEEE 1394⁶

El FireWire fue inventado por [Apple Computer](#) a mediados de los 90, para luego convertirse en el estándar multiplataforma [IEEE](#) 1394. A principios de este siglo fue adoptado por los fabricantes de periféricos digitales hasta convertirse en un estándar

⁶ National Instruments, "visionkit tutorial"

establecido. [Sony](#) utiliza el estándar IEEE 1394 bajo la denominación i.Link, que sigue los mismos estándares pero solo utiliza 4 conexiones, de las 6 disponibles en la norma IEEE 1394, suprimiendo las dos conexiones encargadas de proporcionar energía al dispositivo, que tendrá que proveerse de ella mediante una toma separada.

1.1 a. Características del estándar FireWire IEEE-1394¹

- Elevada velocidad de transferencia de información.
- Flexibilidad de la conexión.
- Capacidad de conectar un máximo de 63 dispositivos.

Su velocidad hace que sea la interfaz más utilizada para audio y vídeo digital. Así, se usa mucho en cámaras de vídeo, [discos duros](#), [impresoras](#), reproductores de vídeo digital, sistemas domésticos para el ocio, sintetizadores de música y escáneres.

Existen dos versiones:

- FireWire 400: tiene un [ancho de banda](#) 30 veces mayor que el [USB](#) 1.1.
- IEEE 1394b, FireWire 800 o FireWire 2: duplica la velocidad del FireWire 400.

Así, para usos que requieran la transferencia de grandes volúmenes de información, resulta muy superior al USB.

- Arquitectura altamente eficiente. IEEE 1394b reduce los retrasos en la negociación, gracias a [8B10B](#) (código que codifica 8 bits en 10 bits, que fue desarrollado por [IBM](#) y permite suficientes transiciones de reloj, la codificación de señales de control y detección de errores. El código 8B10B es similar a 4B5B de FDDI, el que no fue adoptado debido al pobre equilibrio de corriente continua), que reduce la distorsión de señal y aumenta la velocidad de transferencia. Proporciona, por tanto, una mejor vivencia como usuario.

¹ <http://www.w3.org/1999/xhtml>"><HEAD><TITLE>IEEE 1394 - Wikipedia, la enciclopedia libre</TITLE>

- Distribución en el momento. Fundamental para aplicaciones de audio y vídeo, donde un fotograma que se retrasa o pierde la sincronización arruina un trabajo, el FireWire puede garantizar una distribución de los datos en perfecta sincronía.
- Alimentación por el bus. Mientras el USB 2.0 permite la alimentación de dispositivos sencillos y lentos que consumen un máximo de 2,5 [W](#), como un ratón, los dispositivos con FireWire pueden proporcionar o consumir hasta 45 W, más que suficiente para discos duros de alto rendimiento y baterías de carga rápida.
- Conexiones de enchufar y listo. No se tiene más que enchufar un dispositivo para que funcione.

..1 b. Ventajas de FireWire

- Alcanzan una velocidad de 400 [megabits](#) por segundo.
- Es hasta cuatro veces más rápido que una [red Ethernet](#) 100Base-T y 40 veces más rápido que una red Ethernet 10Base-T.
- Soporta la conexión de hasta 63 dispositivos con cables de una longitud máxima de 425 cm.
- No es necesario apagar un escáner o una unidad de CD antes de conectarlo o desconectarlo, y tampoco requiere reiniciar el [ordenador](#).
- Los cables FireWire se conectan muy fácilmente: no requieren números de identificación de dispositivos, conmutadores DIP, tornillos, cierres de seguridad ni terminadores.
- FireWire funciona tanto con Macintosh como con PC.
- FireWire 400 envía los datos por cables de hasta 4,5 metros de longitud. Mediante fibra óptica profesional, FireWire 800 puede distribuir información por cables de hasta 100 metros, lo que significa que se podría disparar ese CD hasta la otra punta de un campo de fútbol cada diez segundos. Ni siquiera se necesitaría un ordenador o dispositivos nuevos para alcanzar estas distancias. Siempre que los dispositivos se conecten a un concentrador FireWire 800, se puede enlazarlos mediante un cable de fibra óptica súper eficiente.

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

En este capítulo, se describirá en detalle el sistema de visión artificial que se ha implementado. El sistema de visión se puede desglosar en las siguientes partes:

- Nivel del líquido de botellas a examinar.
- Cámara de vídeo + óptica.
- Tarjeta de adquisición de imagen (*FIREWIRE IEEE 1394*).
- Sistema de iluminación.
- Banda transportadora
- Software de inspección (LabVIEW y IMAQ Visión).

Una vez enumerados los puntos de los que consta el proyecto, se empezará por describir el proceso en el cual se realizará la inspección del nivel de llenado de las botellas.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Se trata de montar un sistema de visión artificial para el análisis del nivel de llenado de botellas dentro de un rango establecido por el operador. Para este proceso se utilizarán botellas de distinto tamaño y que posean líquido negro aunque se lo puede realizar en cualquier color del líquido, claro está que éste no debe ser del mismo de la botella, la discriminación dependerá de la resolución de la cámara.

El color del líquido utilizado para la inspección resulta fácil de contrastar con luz blanca proveniente de fluorescentes normales, además el método utilizado para encontrar el nivel del líquido en el programa realizado en labVIEW y IMAQ Visión, es por “cambio de contraste” y con el color negro se obtuvo resultados satisfactorios para el método utilizado.

Las botellas viajan por una cinta transportadora que se encuentra en una de las partes del proceso. El sistema tiene que ser capaz de detectar el paso de las botellas, captar su imagen y procesarla para verificar el nivel de llenado del producto. Dependiendo del resultado de la inspección, la botella avanzará o será expulsada. En la Figura 2.1 se muestra una imagen general del sistema de visión:



Figura 2.1. Sistema de visión artificial

Para ello, se dispone de un armario de iluminación en el que se encuentra ubicada la cámara. Este conjunto (armario de iluminación y cámara) se halla montado sobre la

cinta transportadora. Además, existe un sensor de proximidad (montado en el armario de iluminación) que detecta el paso de la botella en movimiento. Cuando ésta pasa a la altura del sensor, se envía una señal y se ejecuta la captura de la imagen. En ese preciso momento, se realiza el procesado de la imagen (mediante LabVIEW e Imaq Visión) y se decide si el nivel de líquido está en el rango especificado y dar la acción de control.

Cabe destacar que en general, las aplicaciones de visión se realizan a medida del objeto que se quiere inspeccionar. Por tanto, la flexibilidad de la aplicación es bastante limitada. En este caso, se encontró delante de una excepción, por lo cual si cambia el producto, el sistema no será capaz de adaptarse a los cambios realizados. De todos modos, se ha intentado realizar un programa en el que sea lo más fácil posible realizar cambios, de manera que se puedan inspeccionar botellas con diferentes tamaños.

Esta condición se debe a que se ha planteado el problema de manera modular, y se podrá medir el nivel en el rango escogido por el usuario.

2.3 OBJETO A EXAMINAR

En la figura 2.2.a y 2.2.b se muestran las botellas que se van a inspeccionar:



Figura 2.2.a. Nivel de líquido 1



Figura 2.2.b. Nivel 2

Es importante señalar que la parte analizada en las botellas es el nivel de líquido y no la calidad del mismo o mal estado de las botellas etc. ya que este proyecto no

tiene fines industriales sino de tipo aplicativo específico. Por tanto, la precisión del análisis de nivel depende directamente de la resolución de la cámara que para fines del proyecto se la escogió por su bajo costo y por la facilidad de comunicación que esta tiene con labVIEW, además lo que se trata únicamente es demostrar que el sistema de visión artificial es capaz de comprobar el nivel del producto en análisis.

Para entrar en detalle, la parte analizada por visión se puede apreciar en la figura 2.3.



Figura 2.3. Nivel analizado

Una vez finalizadas las inspecciones, se generará en forma gráfica y numérica el resultado obtenido de las botellas con el nivel correcto y las que han sido rechazadas, así como el total de las botellas analizadas. De esta manera, se podrá comprobar si se cumple con los requisitos exigidos.

2.4 CÁMARA DE VÍDEO + ÓPTICA

El conjunto cámara-óptica, el hardware PCI - IEEE 1394 y el NI-IMAQ driver software forman el sistema de adquisición de imágenes de una aplicación de visión artificial basada en PC como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4. Sistema de adquisición de imágenes

En este apartado, se explicará qué tipo de cámara se ha escogido para la aplicación en estudio. Esta decisión es trascendental a la hora de obtener una buena imagen, por lo cual el éxito del proyecto depende en gran parte de esta elección.

2.4.1. Selección de la cámara

Cuando se habla de una cámara se hace referencia a un sofisticado transductor que convierte una escena en una señal eléctrica de vídeo, que posteriormente con los restantes elementos del sistema de adquisición y un PC se procesa y analiza. En el mercado existen dos tipos básicos (de acuerdo con el tipo de señal que proporcionan): las analógicas y las digitales². En este trabajo se ha utilizado una de tipo digital. Son cámaras que proporcionan una señal de vídeo digital que no necesita ser digitalizada posteriormente mediante la tarjeta de adquisición de vídeo.

Típicamente, las cámaras utilizan un array *CCD* (*Charge Coupled Device*) que se ha convertido en el estándar tecnológico en las cámaras. Este tipo de cámaras cumplen con una serie de características ventajosas respecto a otro tipo de cámaras. En primer lugar, es fácil configurarlas y son simples a la hora de manejarlas. Además, aportan una alta resolución, son resistentes, pequeñas y de bajo costo. Su consumo

² <http://digital.ni.com/public.htm>

de potencia es también bajo, por lo que son adecuadas para aplicaciones con mucha carga de trabajo.

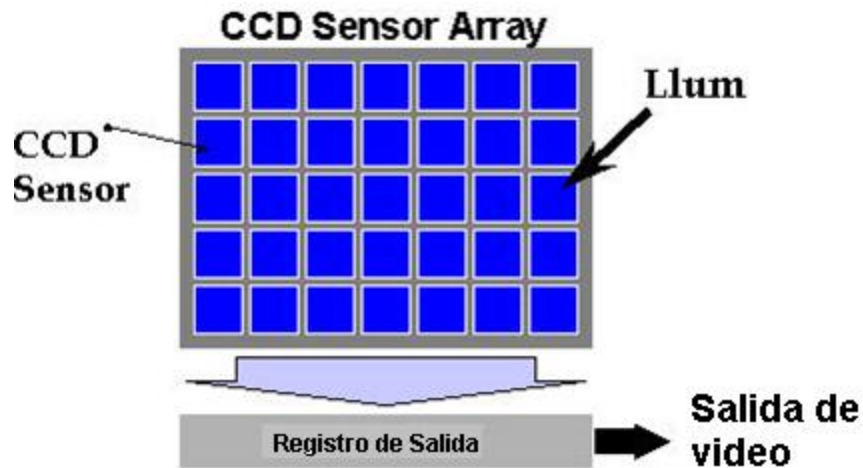


Figura 2.5. Matriz CCD de una cámara

Un *CCD* es una matriz rectangular (figura 2.5) de miles de semiconductores interconectados. 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. La información temporal de la posición vertical y horizontal más el valor del sensor son combinados para formar la señal de vídeo analógico³.

Aunque la relación señal-ruido es mayor que en una digital (donde la digitalización se hace a nivel de la propia cámara antes de enviarla a la placa), las cámaras analógicas son más baratas comparadas con las digitales, con estándares fáciles de configurar y además pueden resolver numerosas aplicaciones a un precio atractivo.

Las cámaras pueden proporcionar señales de color o monocromo (blanco y negro), y

³ <http://www-gva.dec.usc.es>

su elección dependerá del tipo de imagen a procesar. En el caso de la *Botella* a examinar, mediante un procesamiento adecuado de la imagen, es suficiente para determinar la presencia del líquido.

Otro aspecto esencial en este proyecto, es determinar si la escena a inspeccionar está en movimiento o no. En la primera etapa de pruebas, se realizó la captura de la imagen con la botella a altas velocidades, obteniendo resultados indeseables, como se muestra en la figura 2.5



Figura 2.5 Imagen capturada a alta velocidad

Para solucionar este inconveniente, es necesario utilizar una cámara de tipo “progresiva”, es decir, pensadas para captar imágenes de objetos en movimiento.

Sin embargo, existe la posibilidad de poder mejorar la calidad de la imagen si se configura la cámara para que únicamente componga la imagen. De esta manera (en teoría), se puede solucionar el problema del movimiento en parte ya que también se lo puede hacer por software en el MAX de Nacional Instruments que da una serie de configuraciones que son guardadas para más adelante utilizarlas en el programa.

Todo este problema se lo puede solucionar utilizando una cámara progresiva, ya que ésta es utilizada para adquirir imágenes a altas velocidades, obteniendo así una imagen nítida.

El costo de la cámara es muy elevado, por esta razón en el proyecto se decidió disminuir la velocidad de la banda transportadora y utilizar una cámara de las características que se detalla a continuación.

Finalmente, la cámara utilizada es una tipo digital Fire-i™, con una resolución de 640 x 480 VGA. En la figura 2.6 se muestra este dispositivo:



Figura 2.6. Cámara Fire-i™

2.4.2. Cámara digital Fire-i™

Es una de las mejores cámaras FireWire digital de color disponible para aplicaciones del hogar y la oficina.

La imagen es tipo VGA de calidad superior y se caracteriza por ser una cámara más ligera que otras cámaras FireWire o cámaras USB.

Varias cámaras pueden conectarse y ser observadas desde una PC, utilizando el software de Unibrain's Fire-i™ y los puertos FireWire IEEE1394.

El software Fire-i™ permite el uso de un monitor a múltiples cámaras locales o remotas (Internet).

Con el toque de un simple botón el usuario puede almacenar instantáneamente fotografía y video, se puede cambiar y ajustar las configuraciones de la cámara desde software.

La cámara Fire-i™ es ideal para aplicaciones de monitoreo, video conferencia y para vigilancia de hogar y oficina, los Drivers de la cámara **Unibrain's Fire-i™** son compatibles con LabVIEW de National Instruments⁴.

a. Características principales

- Monitoreo de Hogar/oficina, local o remoto.
- Incluye servidor Web en Fire-i™.
- Operación simultánea de múltiples cámaras y visualiza sobre una misma PC.
- Comparte imágenes entre varias PC's.
- Captura imágenes mientras monitorea.
- Baja energía de consumo.
- Brillo (f2.0), elementos de vidrio, longitud focal 4.3 mm, lente.
- Dos puertos FireWire de 400 Mbps.
- 640 x 480 de resolución de video.
- Velocidad de adquisición 30 cuadros por segundo.
- Trípode adaptador con un ajuste atornillado para fotografías estándar. (compatible con trípodes y montaje fijo para muros y techos).
- Incluye mini-trípode con lente telescópico.

⁴ <http://www.unibrain.com>

b. Requerimientos para el funcionamiento

- Computadora con Windows/Linux, con procesador de 1 GHz o superior, 512 de RAM. Para el funcionamiento correcto de la cámara correr Windows 2000/XP/2003/Vista o Linux 2.4 Kermel o superior.
- Requiere conexión de Internet para uso de la Web (120 Kbps o ancho de banda superior para video).

c. Especificaciones de la cámara digital Fire-i™

Interfase	IEEE-1394a (FireWire) 400 Mbps, 2 puertos (6 pines)
Tipo de cámara	IIDC-1394 Cámara Digital, especificación obedece V1.04
Tipo de sensor	Sony™ Wfine* ¼ color CDD.
Resolución	640 x 480 VGA
Óptica	Brillo del lente (F 2.0), con 4.3 de longitud focal.
Filtros del lente	Antireflectivo y filtro cortador infrarrojo.
Modos de video	RGB-24bit, Monocromo-8bit.
Velocidad de adquisición	30, 15, 7.5 y 3.75 cuadros por segundo
Ganancia	Control manual o automático 0-30 dB.
Shutter	Automático o control manual 1/3400s-1/31s.
Gamma	ON/OFF (uso visual/uso imagen procesada).
Balaceo del blanco	Automático o control manual.
Saturación color	Ajustable
Características especiales	Modo de sleep por software, excepto de generador de color.
Fuente de alimentación	8 a 30 VDC, consume 1 W máximo por bus 1394 o jack interno, típico 0.9 W, 0.4 W en modo de sleep.
Dimensiones (WxHxD)	62 x 62 x 35 mm.
Material de fabricación & peso	polímetro plástico gris y plateado, 60 gr.

Nota: Las cámaras para estándar de comunicación IEEE-1394 no existen en el país (Ecuador) por lo que necesariamente se la importa de los EEUU, siendo Unibrain's (California) quien la distribuye y en cuyo paquete se incluye:

- Una cámara digital a color Fire-i™ capaz de desplegar 30 fps a 640 X 480 píxeles, (Figura 2.7)



Figura 2.7. Cámara

- Un cable delgado Fire-i de 6 pines a ambos lados (Figura 2.8).



Figura 2.8. Cable

- Un mini trípode con piernas telescópicas (Figura 2.9.)



Figura 2.9. Mini trípode

- Un adaptador para el mini trípode o para cualquier soporte mecánico con estándar fotográfico (Figura 2.10.).



Figura 2.10. Adaptador

- Un paquete de software con:
 - Drivers y aplicaciones Unibrain's Fire-i (Figura 2.10.) para Windows 2000/XP/2003/Vista y XP 64 bit.
 - Colección de LINUX drivers & software.
 - Documentación y la garantía del acuerdo de Licencia de usuario de Unibrain.



Figura 2.11. CD de Drivers

2.4.3. Óptica

Una vez se tiene la cámara, el reto inmediatamente posterior es establecer la óptica más adecuada para la aplicación que se tiene. Normalmente, en los sistemas de adquisición de imágenes, la cámara se selecciona basándose inicialmente en las necesidades de la aplicación, ya que la medida de la matriz de los sensores *CCD* es uno de los parámetros imprescindibles para encontrar la óptica más adecuada. Por tanto, los parámetros a considerar para la elección de un buen sistema para adquisición de imágenes son los siguientes:

- **Resolución**, que vendrá dada por la medida de la característica más pequeña del objeto que se quiera destacar en la imagen.

- **Medida del sensor**, dimensiones del área activa del sensor *CCD*.
- **Campo de visión**, área bajo inspección que la cámara puede adquirir.
- **Distancia de trabajo**, es la distancia desde la óptica de la cámara hasta el objeto a inspeccionar.

En la figura 2.12, se muestran los parámetros a considerar a la hora de diseñar un sistema de adquisición de imagen:

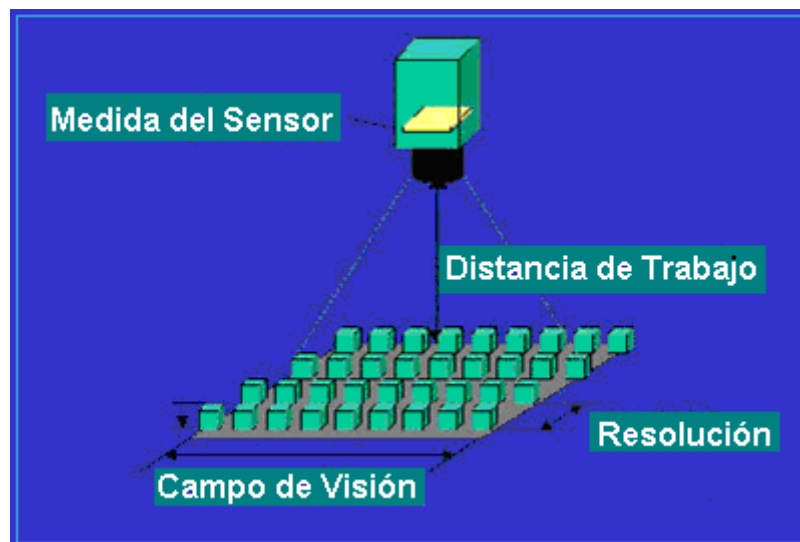


Figura 2.12. Parámetros de un sistema de adquisición de imagen

El sistema de adquisición debe ser diseñado con el objetivo de captar imágenes de suficiente calidad como para adquirir la información necesaria para extraer conclusiones⁵. Dentro de las diversas especificaciones de los objetivos, es interesante destacar tres:

Distancia focal: Es la distancia existente entre la matriz *CCD* y el punto de enfoque del objetivo. Cuanto más pequeña sea la *distancia focal*, mayor será el campo de visión. En la aplicación que se ha estudiado, para encuadrar un objeto pequeño como lo es la botella, haría falta acercar mucho la cámara (en caso que la *distancia*

⁵<http://haydn.upc.es/people/scuen/publications/Fundamentos%20de%20maquinas%20de%20vision%20en%20la%20industria.pdf>

focal fuera pequeña). De tal manera, se tendría que acercar mucho el objeto a la cámara y se producirían problemas de enfoque (ya que se estaría por debajo de la *mínima distancia de enfoque*).

Si en cambio, se utiliza un objetivo con una distancia focal grande, el campo de visión será más estrecho y se tendrá que alejar el objeto para encuadrarlo sin problemas.

La montura del objetivo tiene que ser adecuada para el tipo de cámara que se utiliza. Pero la montura debe corresponder a la óptica apropiada para que las imágenes sean nítidas.

En la figura 2.13 se muestra de manera gráfica un esquema de la óptica y sus parámetros:

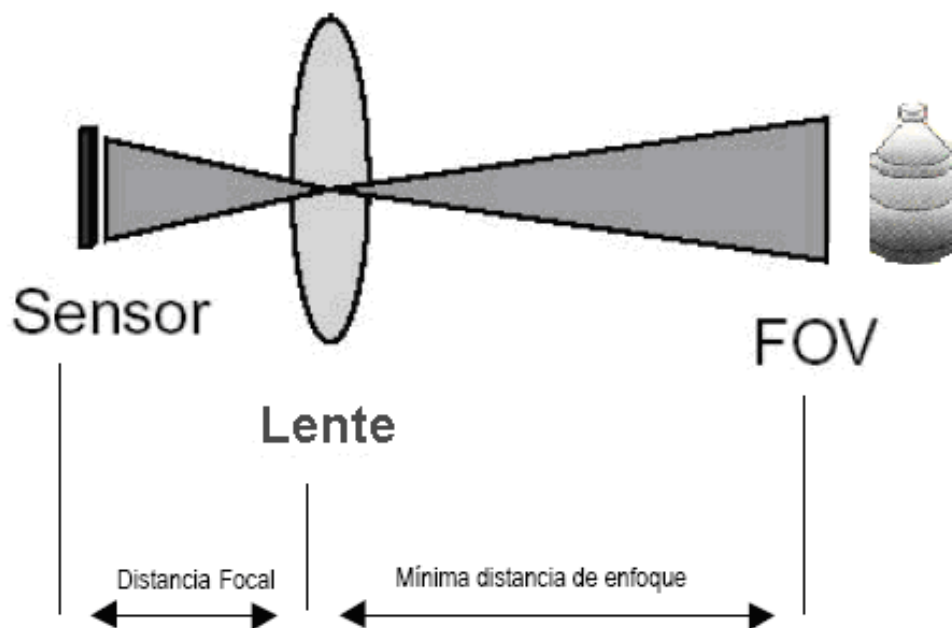


Figura 2.13. Parámetros de la óptica

a. Nivel de Detalle

Es necesario calcular cuál será la resolución (también denominada nivel de detalle) con la que el sistema será capaz de obtener las imágenes. Así, se podrá determinar qué nivel del líquido posee la botella.

Como se ha dicho anteriormente, la botella a examinar es de distintas dimensiones y por la irregularidad del diseño de la misma es difícil calcular su nivel de detalle y al hacerlo se obtendría solamente valores aproximados.

Por ejemplo, para la resolución de la placa impresa que se muestra en la figura 2.14, la placa a examinar tiene una dimensión de 70x47 mm. Una vez que la imagen se ha encuadrado y se han eliminado los márgenes, se obtiene una imagen de 676x463 píxeles.

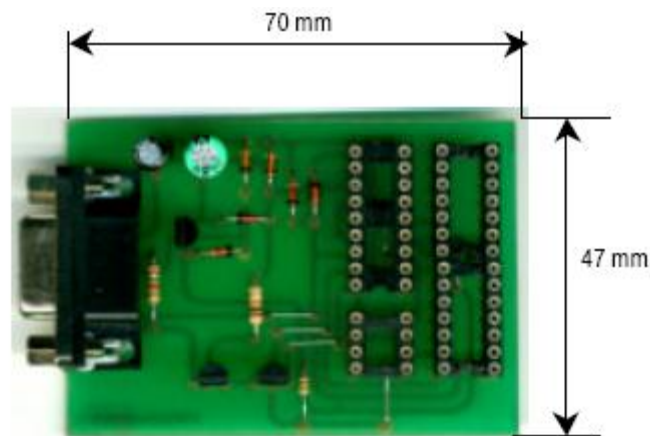


Figura 2.14. Medidas de la placa PCB

Si se divide $676/70 = 9,6$ píxels/mm y $463/47 = 9,8$ píxels/mm, se puede decir que cada milímetro de placa equivale aproximadamente a 9 píxeles de la imagen. Con esta resolución se puede inspeccionar perfectamente los caracteres serigrafiados que se encuentran sobre los integrados.

2.5 ILUMINACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA IMAGEN.

El tener una buena iluminación es una función vital para realizar un apropiado acondicionado de la imagen. De esta manera se optimizará y mejorará el rendimiento en su procesamiento.

Para proporcionar una iluminación correcta para aplicaciones generales de Visión Artificial se deberá considerar los siguientes aspectos.

- Objetivo: contrastar.
- Región de interés (ROI).
- Eliminar factores ambientales: luz del día, polvo, vibración, orientación del objeto, etc.
- Homogeneizar luz sobre FOV.
- Eliminar reflejos.

2.5.1 Características de la Superficie

- **Difusa:** superficie que refleja la luz en todos los ángulos, como se muestra en la figura 2.15.



Figura 2.15 Superficie difusa

- **Especular:** superficie que refleja la luz al ángulo de incidencia, como se muestra en la figura 2.16.a y 2.16.b.



Figura 2.16.a Superficie especular



Figura 2.16.b Superficie que refleja luz al ángulo de incidencia

- **Absorsiva:** superficie que no refleja luz, como se muestra en la figura 2.17.a y 2.17.b.



Figura 2.17.a Superficie absorsiva



Figura 2.17.b Superficie que no refleja luz

2.5.2 Técnicas de Iluminación

- **Difusa** - iluminación desde múltiples direcciones
 - elimina sombras, como se muestra en la figura 2.18.

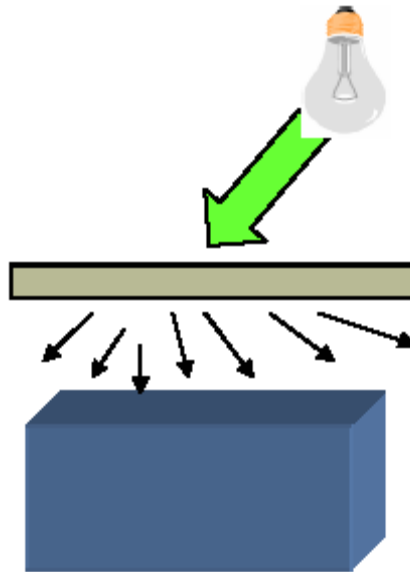


Figura 2.18 Iluminación difusa

- **Directa** - Iluminación de una sola fuente
 - produce sombras, como se muestra en la figura 2.19.

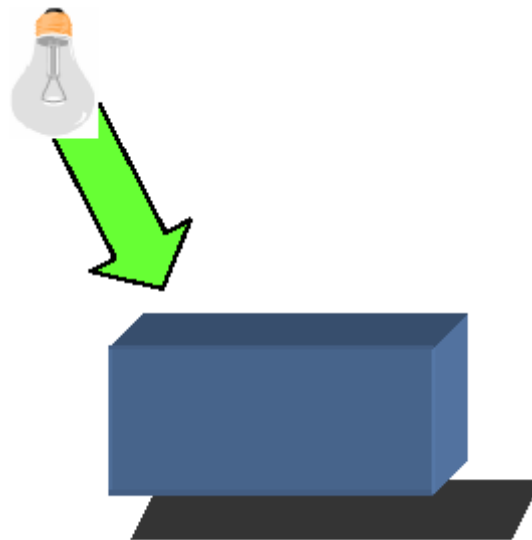


Figura 2.19 Iluminación directa

2.5.3 Requisitos fundamentales para obtener un buen contraste en la zona de interés

Iluminar la escena y el objeto de forma adecuada es un paso crítico y muy importante para el éxito del desarrollo de una aplicación de inspección basada en

PC. Si embargo, muy a menudo se ignora su relevancia. El objetivo de la iluminación es acondicionar el campo de imagen para separar el elemento que se quiere inspeccionar de su entorno o *background*.

La elección de una buena técnica de iluminación debe permitir contrastar bien el líquido de la botella para poder realizar un apropiado procesado. Con una buena imagen, todos los pasos posteriores al procesado (filtrado, análisis morfológico,..) son más fáciles. Por tanto, los aspectos básicos que se buscan con una buena iluminación son:

- Luz homogénea sobre el campo de visión.
- Máximo contraste para las características de interés (en este caso el líquido a analizar).
- Mínimo contraste de las características que no interesan.
- Mínima sensibilidad a variaciones ambientales.

Además, no se debe olvidar que para conseguir imágenes de calidad con el máximo contraste, no sólo influye la iluminación. Intervienen otros factores tales como características mecánicas, cámaras, óptica, así como la técnica empleada para procesar la imagen.

2.5.4 Sistema de iluminación implementado

En este proyecto, lo que se ha hecho para aislar el sistema de las condiciones ambientales, ha sido construir una cámara opaca con tubos de luz fluorescente, de este modo, se consiguen niveles de luz constante que favorecen el proceso de inspección. Los sistemas de Visión utilizan luz blanca que asemeja a la luz del día, cuya característica de iluminación provee las fluorescentes, esta iluminación permite a la cámara adquirir imágenes con una característica fundamental como es el color real del objeto escaneado, importante dentro de muchas de las aplicaciones de Visión.

La cámara de iluminación se ha construido en fórmica y se la ha pintado interiormente de color “negro mate” que servirá para eliminar el brillo en la botella producido por reflejos de materiales con colores más fuertes. En la figura 2.20 se muestra los colores utilizados en el interior y exterior de la cámara de iluminación.



Figura 2.20. Exterior de la cámara de iluminación

En cuanto al interior del armario, se muestra en la figura 2.21. En ella se puede apreciar la cámara y la cinta transportadora con la botella que lo atraviesan:



Figura 2.21. Interior del armario

Las medidas internas del armario de iluminación son:

- Altura: 35 cm.
- Anchura: 39 cm.
- Profundidad: 16 cm.

Las medidas externas son:

- Altura: 64 cm.
- Anchura: 39 cm.
- Profundidad: 51.5 cm.

Las medidas utilizadas dependen en gran parte de la distancia mínima de enfoque que es de 18 cm, la cámara se encuentra ubicando a 3 cm de la puerta principal del armario obteniendo un FOV (campo de visión) dentro de los límites de la región de interés ROI, estos datos determinan el ancho del armario y cámara de iluminación. La altura de la cámara de iluminación (35 cm) se obtuvo por la intensidad de la iluminación necesaria dentro del armario (tamaño de las fluorescentes) que están instaladas verticalmente. La profundidad de la cámara de iluminación se determinó con la necesidad de contrastar lo más nítidamente posible el líquido contenido en las botellas, para ello, la pantalla de mica se la ubicó lo más cerca de la banda que transporta los envases. Las medidas externas restantes se adquirieron al acoplar las medidas determinadas en la cámara de iluminación.

En cuanto a las especificaciones propias de la iluminación se han utilizado 2 tubos fluorescentes de 10 W con luz 54 (luz día con una temperatura de color 6200 °K) que ofrecen aproximadamente 90 lúmenes cada uno. Con esta cantidad de luz, se han minimizado los efectos de las sombras y los reflejos de las botellas a examinar, de manera que se facilita enormemente la tarea del análisis y reconocimiento del líquido.

En la figura 2.22 se muestra el armario con los fluorescentes encendidos:



Figura 2.22. Interior de la cámara de iluminación

2.6. NI-IMAQ DRIVER SOFTWARE

Esta herramienta proporciona la unión entre el software y el hardware de aplicación, es la interfase software la que controla los detalles de hardware, se comunica con las diferentes tarjetas, y permite que la funcionalidad del hardware sea fácilmente accesible al programador sin necesidad de escribir a nivel de registros u otros programas complicados. En la figura 2.23 se muestra la interfase entre el software y el hardware.

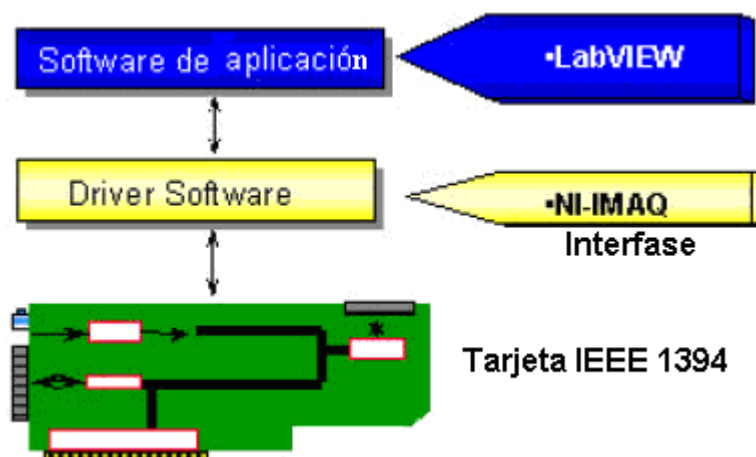


Figura 2.23. Interfase entre hardware y software

Esta herramienta está incluida en el dispositivo *IMAQ* de *National Instruments*. *NI-IMAQ* es una extensa librería de funciones que se llaman desde el entorno de programación (*LabVIEW* en este caso). Estas funciones incluyen rutinas para:

- Adquirir imágenes continuamente en memoria, adquisición desde múltiples entradas de vídeo, o adquisición de múltiples imágenes hacia múltiples *buffers*.
- Manejar líneas digitales *E/S* para controlar relés de estado sólido (se pueden controlar electroválvulas utilizando la tarjeta DAQ PXI-6527).
- Iniciar (*trigger*) la adquisición de imagen por evento.
- Escalar la imagen desde el hardware.

NI-IMAQ dispone de dos niveles de programación: funciones de programación de alto y bajo nivel, lo cual proporciona flexibilidad, funcionalidad y un camino de interfase fácil entre *LabVIEW* y los dispositivos *hardware*. Además, se tiene una ayuda para reducir el tiempo de desarrollo de la aplicación, pudiéndose elegir entre muchos tipos de métodos de adquisición. De esta manera, se pueden intercambiar cámaras y tarjetas sin tener que cambiar significativamente ningún tipo de código. *IMAQ hardware* y *NI-IMAQ* están diseñados para trabajar con *IMAQ Visión* (software de procesamiento de imagen), ofreciendo capturas en tiempo real, así como la extracción de información crítica en procesos de tiempo real.

2.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SENSADO

En cuanto al sensor utilizado, se ha escogido un sensor infrarrojo, con el objetivo de controlar el paso de la botella. De esta manera, se envía una señal de *trigger* cuando la botella esté frente de la cámara para obtener una buena imagen de la misma, y de esta manera la imagen tomada se pueda comparar con el patrón de comparación y así comprobar la validez o no del nivel establecido.

En este apartado, se irá mostrando las características del sensor utilizado. En la figura 2.24.a y 2.24.b se muestra el sensor utilizado en esta aplicación:



Figura 2.24.a Vista lateral



Figura 2.24.b Vista Frontal

Las características técnicas del sensor utilizado se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Características

Características	
Marca	SASSIN
Tipo	Fotoeléctrico Retro-Reflexivo.
Alcance	Hasta 70 cm. máx.
Señalización	Enciende un Led si el rayo es interrumpido.
Salida para relay.	

2.7.1 Aplicaciones Típicas

- a) Sensor para detectar objetos.
- b) Sensor para control de seguridad.
- c) Sensor para Robótica.
- d) Otras posibles aplicaciones: Oficinas, tiendas, escuelas, almacenes, detección de vehículos, etc.

2.7.2 Especificaciones

Las especificaciones del sensor fotoeléctrico utilizado se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Especificaciones

ESPECIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA
Número de Modelo	G30 – 3A70NA
Tipo	Fotoeléctrico Retro-Reflexivo Sistema de detección
Alcance de Sensor	70 cm
Fuente de Voltaje	Sensor: 10 - 36 VDC
Consumo de Corriente	200mA Max.
Fuente de Luz:	IR (infrarrojo) LED
Salida de Control:	Relay (AC 120V/DC 24V, 2A)
Temperatura Ambiental:	-4°F (-4°-20°C) ~ 122°F (50°C)
Tiempo de Respuesta	~0.5 sec. Para detección

2.8 ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL SENSADA

Para este fin se utiliza la tarjeta de adquisición de datos **NI USB-6009** que se describe a continuación:

La **NI USB-6008/6009** proporciona conexión a 8 canales de entradas análogas (AI), dos canales de salida análogas (AO), 12 canales de entradas/salidas digitales un contador de 32- bits cuando se utiliza una interfase a alta velocidad. La figura 2.25.a y 2.25.b muestra la disposición física de la tarjeta.

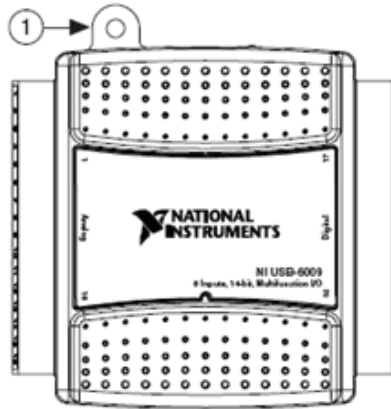


Figura 2.25.a USB-6008/6009

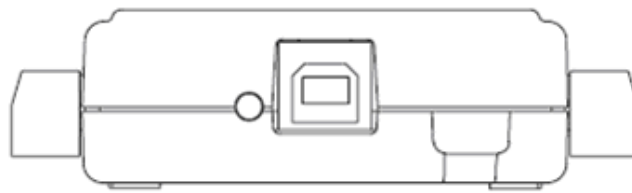


Figura 2.25.b USB-6008/6009 vista de atrás

2.8.1 Preparación del hardware

Para la utilización de la tarjeta USB se debe instalar los bloques terminales en el combicom Jack, las partes que constituyen la tarjeta para su preparación se la enumera a continuación y se las puede reconocer en la figura 2.26.

- ① Etiqueta de la cubierta con las Guías de Orientación
- ② Combicon Jack
- ③ Bloque de terminales.
- ④ Etiquetas de identificación para el bloque de terminales.

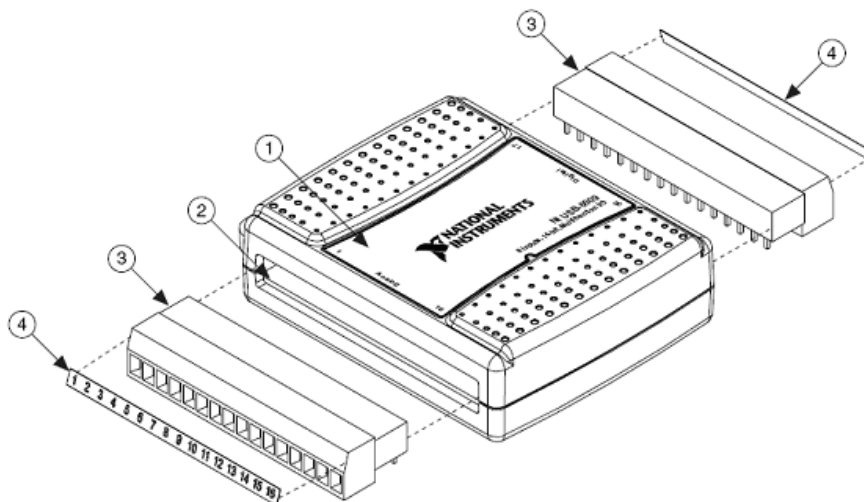
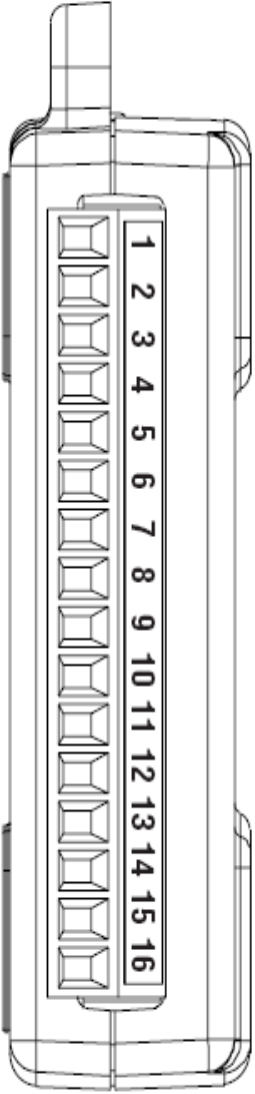


Figura 2.26. Preparación del hardware

2.8.2 Conector I/O

En la tabla 2.3 se puede apreciar la distribución de pines de la tarjeta USB.

Tabla 2.3. Distribución de pines

Módulo	Terminal	Señal con Única Referencia	Señal en Modo Diferencial
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

2.8.3 Descripción de señales

En la tabla 2.4 se indica la descripción de las señales que maneja la tarjeta.

Tabla 2.4. Descripción de señales

Nombre señal	Referencia	Dirección	Descripción
GND	–	–	Tierra. -Punto de referencia para referencia única, para medición de AI. o para modo diferencial
AI <0..7>	Varias	Entradas	Canales de entrada análogas 0 a 7 para medidas de referencia única, cada señal es un canal de voltaje de entrada analógica. Para modo diferencial AI 0 y AI 4 son la entrada del positivo y negativo del modo diferencial del canal 0. Las siguientes pares de señales también forman canales de salida diferencial: <AI 1, AI 5>, <AI 2, AI 6>, y <AI 3, AI 7>.
AO 0	GND	Salida	Canal 0 de salida análoga — Suministro de salida del voltaje de AO canal 0.
AO 1	GND	Salida	Canal 1 de salida análoga — Suministro de salida del voltaje de AO canal 1.
P1.<0..3> P0.<0..7>	GND	Entrada o Salida	Señal Digital de I/O — Se puede configurar individualmente cada señal como entrada o salida.
+2.5 V	GND	Salida	+2.5 V Referencia externa — Proporciona una referencia para pruebas.
+5 V	GND	Salida	+5V Fuente de poder — Proporciona +5 V y 200 mA de salida.
PFI 0	GND	Entrada	PFI 0 — Este Pin es configurable como disparo digital, como una salida de contador.

2.8.4 Circuito Digital I/O

La figura 2.27 muestra las conexiones de P0. <0..7> conectada para configurar como salida y entrada digital.

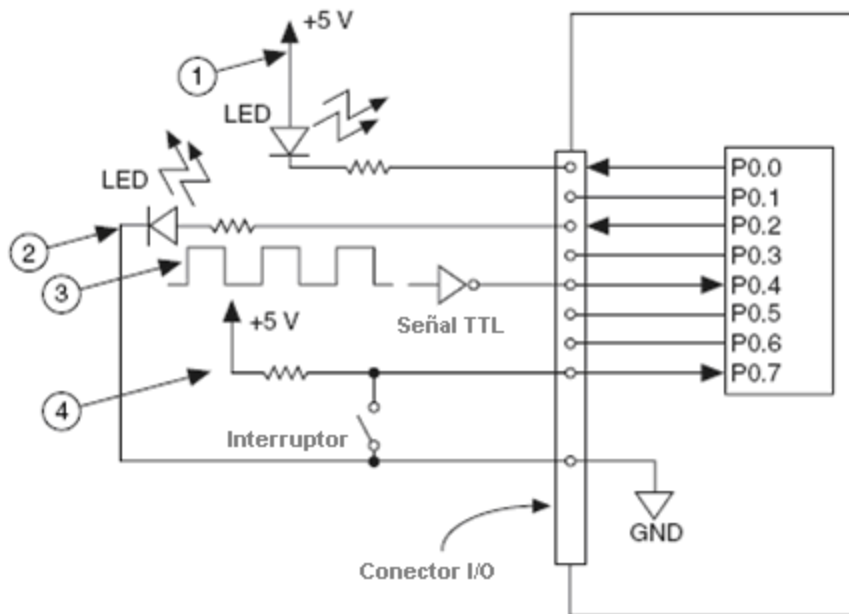


Figura 2.27. Conexión entrada/salida digital

- ① **P0.0** Configura como salida digital de drenaje abierto manejando un LED.
- ② **P0.2** Configurado como un “push-pull” salida digital manejando un LED.
- ③ **P0.4** Configurado como una entrada digital que recibe una señal TTL de una compuerta inversora.
- ④ **P0.7** Configurado como una entrada digital que recibe una señal de 0 V o 5 V de un switch.

2.9 SISTEMA NEUMÁTICO

En la parte de control, para la expulsión de las botellas que no cumplan con las características requeridas por el sistema, se emplea una serie de dispositivos neumáticos que permitirá de manera eficaz a la ejecución de esta tarea.

2.9.1. Compresor

Es una máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Comparados con turbo soplantes y ventiladores centrífugos o de circulación axial, en cuanto a la presión de salida, los compresores se clasifican generalmente como máquinas de alta presión, mientras que los ventiladores y soplantes se consideran de baja presión.

Los compresores se emplean para aumentar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones. Un caso común es el compresor de aire que suministra aire a elevada presión para transporte, pintura a pistola, inflamamiento de neumáticos, limpieza, herramientas neumáticas y perforadoras. Otro es el compresor de refrigeración, empleado para comprimir el gas del vaporizador. Otras aplicaciones abarcan procesos químicos, conducción de gases, turbinas de gas y construcción.

a. Uso de los compresores

El aire comprimido se utiliza para la operación de máquinas y herramientas, taladrar, pintar, soplar hollín, en transportadores neumáticos, en la preparación de alimentos, en la operación de instrumentos y para operaciones en el sitio de uso (por ejemplo, combustión subterránea) las presiones van desde 25 psi (172 kpa) hasta 60000 psi (413,8 kpa). El empleo más frecuente es a presiones de 90 a 110 psi, que son los límites de la presión normal en casi todas las fábricas.

Los compresores para gas se emplean para refrigeración, acondicionamiento de aire, calefacción transporte por tuberías, acopio de gas natural, craqueo catalítico, polimerización y en otros procesos químicos.

b. Mantenimiento

Una vez que se ha puesto a funcionar un compresor, hay que seguir un estricto programa de mantenimiento preventivo. Los representantes técnicos, de los fabricantes, especializados en reacondicionar compresores, muchas veces entrenan al personal de la planta en los métodos de mantenimiento. Una importante ayuda para el mantenimiento, a lo cual no siempre se presta mucha atención, son los manuales de operación y mantenimiento que publica el fabricante.

Durante el funcionamiento normal, hay que vigilar lo siguiente: flujo de agua de enfriamiento, nivel, presión y temperatura del aceite, funcionamiento de los controles y presión del control, presiones y temperaturas de succión y descarga, ruidos anormales y carga y temperatura del motor.

Es indispensable un registro diario del funcionamiento del compresor, en especial de los de etapas múltiples, para un mantenimiento eficiente. Se debe registrar cuando menos lo siguiente: 1) temperatura y presiones de succión, descarga y entre etapas 2) temperaturas del agua de las camisas de entrada, salida y entre etapas 3) temperatura y presión de aceite para lubricar los cojinetes 4) carga, amperaje y voltaje del motor 5) temperatura ambiente 6) hora y fecha.

Con ese registro, el supervisor puede observar cambios en la presión o temperatura que indican un mal funcionamiento del sistema. La corrección rápida evitará serios problemas más tarde.

2.10 RELÉ

Es un dispositivo que consta de dos circuitos diferentes: un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos⁶. En la figura 2.28 se puede ver su simbología así como su constitución (relé de armadura).

⁶ <http://www.uv.es/~marinjl/electro/reles.html>

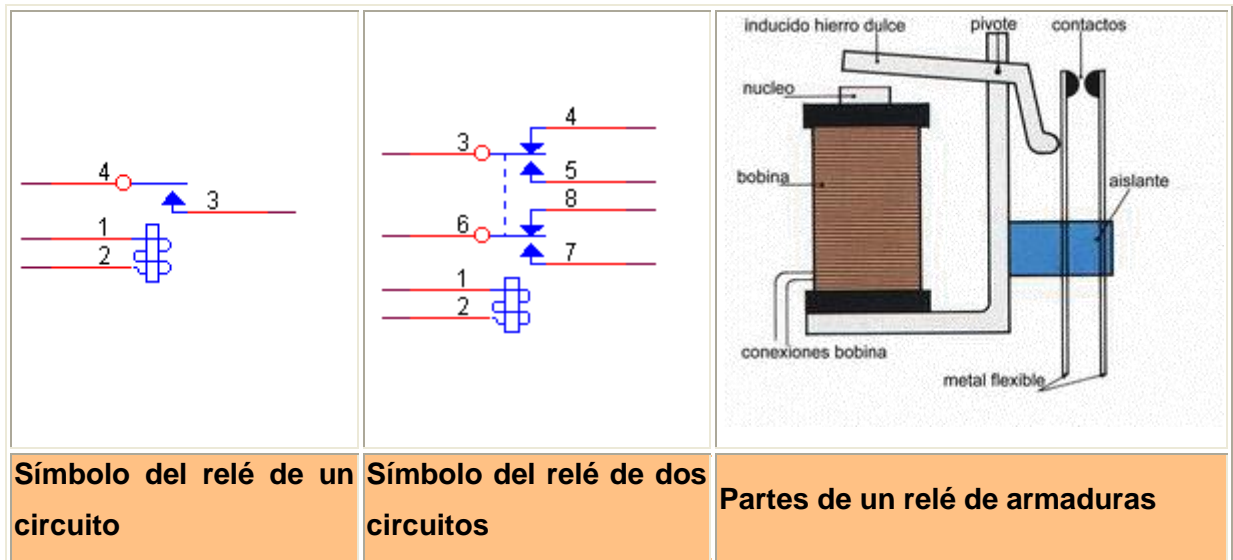


Figura 2.28. Simbología y constitución

Su funcionamiento se basa en el fenómeno electromagnético. Cuando la corriente atraviesa la bobina, produce un campo magnético que magnetiza un núcleo de hierro dulce (ferrita). Éste atrae al inducido que fuerza a los contactos a tocarse; cuando la corriente se desconecta vuelven a separarse.

2.10.1 Características técnicas

a. Parte electromagnética

Corriente de excitación.- Intensidad, que circula por la bobina, necesaria para activar el relé.

Tensión nominal.- Tensión de trabajo para la cual el relé se activa.

Tensión de trabajo.- Margen entre la tensión mínima y máxima, garantizando el funcionamiento correcto del dispositivo.

Consumo nominal de la bobina.- Potencia que consume la bobina cuando el relé está excitado con la tensión nominal a 20°C.

b. Contactos o Parte mecánica

Tensión de conexión.- Tensión entre contactos antes de cerrar o después de abrir.

Intensidad de conexión.- Intensidad máxima que un relé puede conectar o desconectar.

Intensidad máxima de trabajo.- Intensidad máxima que puede circular por los contactos cuando se han cerrado.

Los materiales con los que se fabrican los contactos son: plata y aleaciones de plata que pueden ser con cobre, níquel u óxido de cadmio. El uso del material que se elija en su fabricación dependerá de su aplicación y vida útil necesaria de los mismos.

2.10.2 Relés más utilizados.

a. De armadura

El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es normalmente abierto o normalmente cerrado.

b. De núcleo móvil

Tienen un émbolo en lugar de la armadura. Se utiliza un solenoide para cerrar los contactos. Se suele aplicar cuando hay que manejar grandes intensidades.

En la figura 2.29 se puede observar algunos tipos de relés que existen en el mercado.

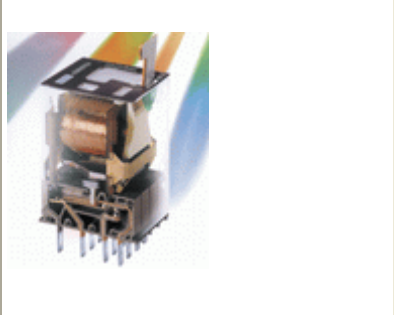
		
Relé de armaduras	Relé de armaduras	Relé Reed
		
Relé en encapsulado tipo DIP	Relé en encapsulado tipo DIP	Aplicación de los relés como módulos de interface

Figura 2.29 Tipos de relés

Las aplicaciones de este tipo de componentes son múltiples: en electricidad, en automatización, control de motores industriales, etc.

En electrónica sirven básicamente para manejar tensiones y corrientes superiores a los del circuito propiamente dicho, se utilizan como interfases para PC, en interruptores crepusculares, en alarmas, en amplificadores, cilindro de simple efecto, etc.

2.11 ELECTROVÁLVULAS

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión⁷.

⁷ <http://www.insetec.com.ec>

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro luz pequeña, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

El principio de funcionamiento consiste en obtener la fuerza para desplazar la corredera a partir de un electroimán. La colocación de estas válvulas en las instalaciones neumáticas, implica la instalación de un circuito eléctrico que las active.

2.11.1 Válvulas reguladoras de flujo o caudal

Son válvulas que ajustan el caudal circulante a un valor fijo o variable. Existen dos tipos de válvulas de flujo:

a. Válvula estranguladora.- Actúan sobre el caudal en cualquiera de los dos sentidos de flujo.

b. Válvula estranguladora unidireccional.- Actúa sobre el caudal en un solo sentido de flujo.

c. Válvulas reguladoras de presión.- Son válvulas que regulan la presión del aire en circulación, controlándolo desde un valor nulo hasta el máximo valores de alimentación.

2.11.2 Elementos de trabajo, actuadores neumáticos

Un actuador neumático es un componente capaz de transformar la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico. Existen diferentes tipos de actuadores, pudiendo clasificarlos en:

a. Cilindros.- Entregan el trabajo en forma rectilínea de empuje-tracción.

b. Actuadores de giro.- Proporcionan movimientos angulares.

2.11.3 Motores neumáticos

Tienen un eje que puede girar para accionar mecanismos rotativos.

Los parámetros básicos de los actuadores neumáticos son:

- Cilindros..... Fuerza y carrera.
- Actuadores de giro..... Par y ángulo.
- Motores neumáticos..... Par y revoluciones.

2.11.4 Cilindros de simple efecto

Estos cilindros tienen solo una conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos, más que en un sentido. Por ello, sólo necesitan aire para el movimiento de traslación, ya que el retroceso se produce por el esfuerzo que ejerce un muelle que se incorpora cuando se deja de aplicar presión. Estos cilindros se utilizan para realizar operaciones de sujeción, expulsión, etc.

2.11.5 Cilindros de doble efecto.- Estos cilindros disponen de dos tomas de presión, una a cada lado del embolo. Pueden realizar trabajos en los dos sentidos, avance y retroceso. La carrera de los cilindros de doble efecto es mayor que la carrera que puede realizar un cilindro de simple efecto.

2.12 LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. LabVIEW permite diseñar interfases de usuario mediante una consola interactivo basado en software.

Este software es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab, entre otros; tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

2.12.1 Aplicaciones de LabVIEW

Tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control, un ejemplo de esto pueden ser sistemas de monitoreo en transportación, laboratorios para clases en universidades, procesos de control industrial. LabVIEW es muy utilizado en procesamiento digital de señales, procesamiento en tiempo real de aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes y audio, automatización, diseño de filtros digitales, generación de señales, entre otras, etc.

2.12.2 Programación gráfica con LabVIEW

Cuando se diseñan programas con Labview se trabaja siempre bajo algo denominado VI, es decir, un instrumento virtual. Se pueden crear VI a partir de especificaciones funcionales que se diseñen. Éste VI puede utilizarse en cualquier otra aplicación como una subfunción dentro de un programa general. Los VI's se caracterizan por: ser un cuadrado con su respectivo símbolo relacionado con su funcionalidad, tener una interfaz con el usuario, tener entradas con su color de identificación de dato, tener una o varias salidas y por su puesto ser reutilizables.

2.12.3 Entorno LabVIEW

La programación G (gráfica) de Labview consta de un panel frontal y un panel de código. En el panel frontal es donde se diseña la interfase de usuario y se ubican los controles e indicadores⁸.

En el panel de código se encuentran las funciones, cada control que se utiliza en la interfaz tiene una representación en el panel de código, igualmente los indicadores necesarios para entregar la información procesada al usuario tienen un icono que los identifica en el panel de código o de programación. Los controles pueden ser booleanos, numéricos, strings, un arreglo matricial de éstos o una combinación de

⁸ National Instruments, "IMAQ Vision for G Reference Manual" – 1999.

los anteriores; y los indicadores pueden ser como para el caso de controles pero pudiéndolos visualizar como tablas, gráficos en 2D o 3D, browser, entre otros.

Las funciones pueden ser VI's prediseñados y que pueden ser reutilizados en cualquier aplicación, estos bloques funcionales constan de entradas y salidas, igual que en un lenguaje de programación estándar, las funciones procesan las entradas y entregan una o varias salidas, estos VI pueden también estar conformados de otros subVI's y así sucesivamente, de esta forma se pueden representar como un árbol genealógico donde un VI se relaciona o depende de varios SubVI's.

LabVIEW tiene VI's de adquisición de datos e imágenes, de comunicaciones, de procesamiento digital de señales, de funciones matemáticas simples, hasta funciones que utilizan otros programas para resolver problemas, otras más complejas como "nodos de fórmula" que se utilizan para la resolución de ecuaciones editando directamente éstas como en lenguajes de programación tradicionales y definiendo las entradas y las salidas. LabVIEW también se puede utilizar para graficar en tres dimensiones, en coordenadas polares y cartesianas, tiene disponibles herramientas para análisis de circuitos RF como la Carta de Smith, tiene aplicaciones en manejo de audio y se puede comunicar con la tarjeta de sonido del computador para trabajar conjuntamente.

Entre sus muchas funciones especiales se encuentran las de procesamiento de imágenes, como capturar una imagen a través de una tarjeta de adquisición como la PCI-1408 o la IEEE 1394, analizarla y entregar respuestas que difícilmente otros sistemas realizarían.

2.12 NI VISIÓN

Es una librería de labVIEW, que puede ser usada para desarrollar aplicaciones científicas. El módulo de desarrollo de NI Visión incluye las mismas funciones para LabWindows/CVI y otros desarrolladores en ambiente de lenguaje C, así como controles ActiveX para Visual Basic. El asistente de Visión es otro módulo de desarrollo de aplicación, que permite realizar prototipos en forma rápida sin tener que hacer algún tipo de programación adicional.

2.13 VISUALIZACIÓN DE LA IMAGEN EN LABVIEW

Comprobada la cámara y reconocida en el MAX ya se la puede utilizar para observar imágenes en LabVIEW con las herramientas que ofrece IMAQ Visión.

2.13.1 Panel frontal

En la figura 2.30 se muestra la imagen captada en labVIEW.



Figura 2.30 Adquisición de imagen en LabVIEW

2.13.2 Diagrama de bloques” Código fuente”

El diagrama básico para adquirir imágenes desde labVIEW se muestra en la figura (2.31)

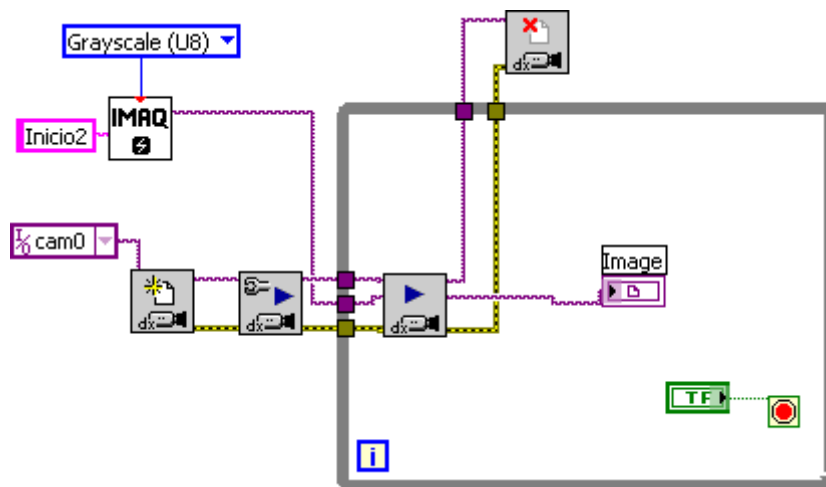
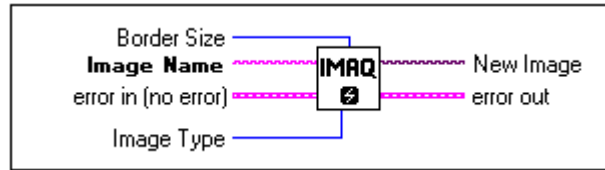















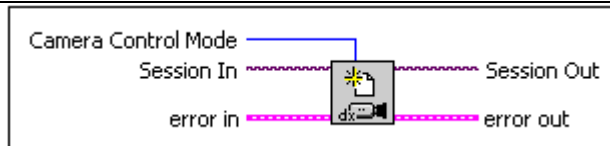
Figura 2.31 Diagrama de bloques

A continuación se detalla las herramientas de Visión utilizadas en este VI.








IMAQ Create Crea una imagen

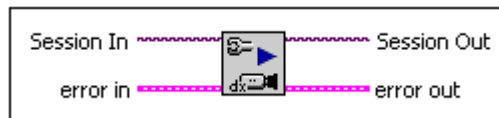
 Border Size (tamaño del borde)	Determina el ancho en píxeles del borde alrededor de la imagen.
 Image Name (Nombre de la imagen)	Es el nombre asociado con la imagen creada. Cada imagen creada tiene un único nombre.
 Error in (no error)	Describe condiciones de error que ocurre después de correr un VI o función, por defecto está en no error, si ocurre un error después de correr un VI o función, el VI o función pasa de error in a error out .
 Image type (tipo de imagen)	Especifica el tipo de imagen. Estos valores están validos: <ul style="list-style-type: none">  Grayscale (U8) 8 bits por pixel (Sin signo, standar, monocromo)  Grayscale (I16) 16 bits por pixel (signo)  Grayscale (SGL) 32 bits por pixel (punto flotante)  Complex (CSG) 2 × 32 bits por pixel (punto flotante)  RGB (U32) 32 bits por pixel (rojo, verde, azul, alfa)  HSL (U32) 32 bits por pixel (color, saturacion, luminancia, alfa)  RGB (U64) 64 bits por pixel (rojo, verde, azul, alfa)
 New Image (nueva imagen)	Es la imagen de referencia que se está proporcionando como entrada a toda función subsecuente usado por NI Visión.
 Error out	Contiene información de error.



IMAQdx Open Camera. Vi





Abre, pregunta, y carga un archivo de configuración de cámara, creando una única referencia para la misma. Usa IMAQdx close Camera.vi cuando ha finalizado con la referencia.

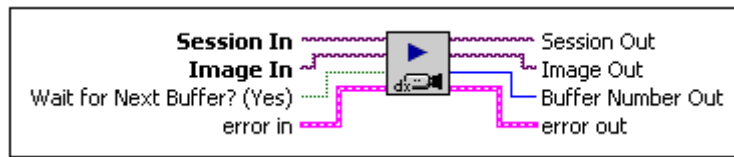
 Camera Control Mode (Modo de control de la cámara)	Usado durante el broadcasting de la imagen, abre una cámara en modo controlado a activar, configurar y adquirir un dato de imagen.
 Session In	Especifica el nombre de la cámara que desea abrir. El valor por defecto es cam0 .
 Error in	Describe condiciones de error que ocurre después que el VI o función corre.
 Session Out	Es la única referencia a la cámara. Session Out es en algunas veces como Session In .
 Error out	Contiene información de error.



IMAQdx Configure Grab. Vi

Configura e inicializa la adquisición. La adquisición se la hace continuamente en un lazo en tres buffers. Se usa la función Grab. para adquisición de imágenes de alta velocidad.

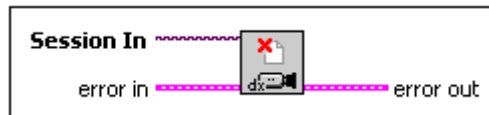
 Session In	Es la referencia única para la cámara, que se puede obtener con IMAQdx Camera.Vi
 Error in	Describe condiciones de error que ocurre después que el VI o función corre.
 Session Out	Es la única referencia a la cámara. Session Out es en algunas veces como Session In .
 Error out	Contiene información de error.



IMAQdx Grab.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.

Session In	Es la referencia única para la cámara, que se puede obtener con IMAQdx open Camera.Vi.
Image In	Es la referencia a la imagen que es recibida una vez capturado el dato o píxel.
Error in	Describe condiciones de error que ocurre después que el VI o función corre.
Session Out	Es la única referencia a la cámara. Session Out es en algunas veces como Session In .
Image Out	Salida de la imagen capturada.
Error out	Contiene información de error.



IMAQdx Close Camera.Vi

Detiene la adquisición en progreso. Relaciona los recursos asociados con la adquisición y cierra la adquisición especificada.

Session In	Es la referencia única para la cámara, que se puede obtener con IMAQdx open Camera.Vi.
Error in	Describe condiciones de error que ocurre después que el VI o función corre.
Error out	Contiene información de error.

2.14 Programación en LabView

Una vez en funcionamiento la cámara empieza a adquirir la señal digital de vídeo. La señal del sensor indicará el inicio de la adquisición de la imagen para el análisis.

Una vez sensada la botella y obtenido un contacto a relé, se simplifica significativamente la programación en LabVIEW ya que no es necesario configurar los parámetros de adquisición por disparo “*triggering*” por lo que no sería necesario la utilización de una tarjeta de adquisición de imágenes, en este caso la condición verdadera dará el inicio al procesado de la imagen.

2.14.1 Procesamiento de la Imagen

En esta parte del programa si la condición es verdadera, es decir si el sensor a detectado la presencia del objeto, envía un 1 lógico por la tarjeta y se ejecuta el lazo que se muestra en la figura 2.32.

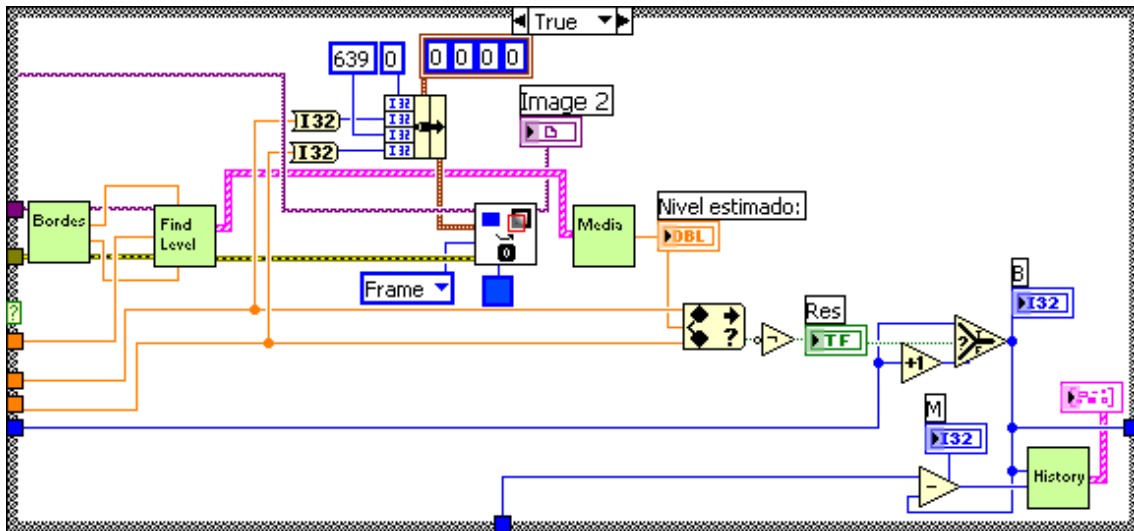


Figura 2.32 Procesado de la imagen

Dentro de este lazo se encuentran cuatro SubVi's de Visión, que posteriormente se los explicará en forma más detallada.

Detectada la botella, la imagen de la misma es ingresada al **subVI bordes** con la cual se genera la región de análisis para luego ingresarla al **subVI Find Level** (encontrar nivel) que define el nivel dentro de la región de análisis.

Posteriormente esta señal es ingresada al **subVI media**, para obtener un valor numérico con el que se realizará una comparación con el valor del nivel superior e

inferior, que definirá si el rango está dentro del nivel correcto y en caso de no estar enviar una señal de salida por la tarjeta para la acción de control pertinente.

El **SubVI History**, únicamente permite visualizar en la pantalla un historial del número de botellas detectadas, así como el número de botellas correctas y defectuosas.

En este lazo se encuentra una herramienta de Visión que es el **IMAQ Overlay Rectangle** cuyo ícono es el siguiente:

<p>IMAQ Overlay Rectangle Genera un rectángulo de una imagen automáticamente, una vez ingresados los límites.</p>	
Image	Es la referencia para la imagen
Rectangle Left Top Right Bottom	Especifica las coordenadas del rectángulo en una imagen Es el valor para la parte izquierda del rectángulo Es el valor para la parte superior del rectángulo Es el valor para la parte derecha del rectángulo Es el valor para la parte inferior del rectángulo
Drawing Mode (Frame)	Especifica si se desea dibujar solo el borde o el llenado total del rectángulo
Error in (no error)	Describe condiciones de error que ocurre después de correr un VI o función, por defecto está en no error. Si ocurre un error después de correr un VI o función, el VI o función pasa de error in a error out .
Color	Especifica el color de línea que se desea ver en el trazado
Image Out	Salida de la imagen capturada.
Error out	Contiene información de error.

a. SubVI Encontrar Bordes

Este subVI permite encontrar toda la región de interés de la imagen captada, es decir, hace un barrido horizontal y si existe un cambio de contraste lo toma como borde, luego esta imagen es ingresada a un lazo para que estos puntos sean convertidos en datos numéricos (borde 1 y borde 2), como se muestra en la figura 2.33.

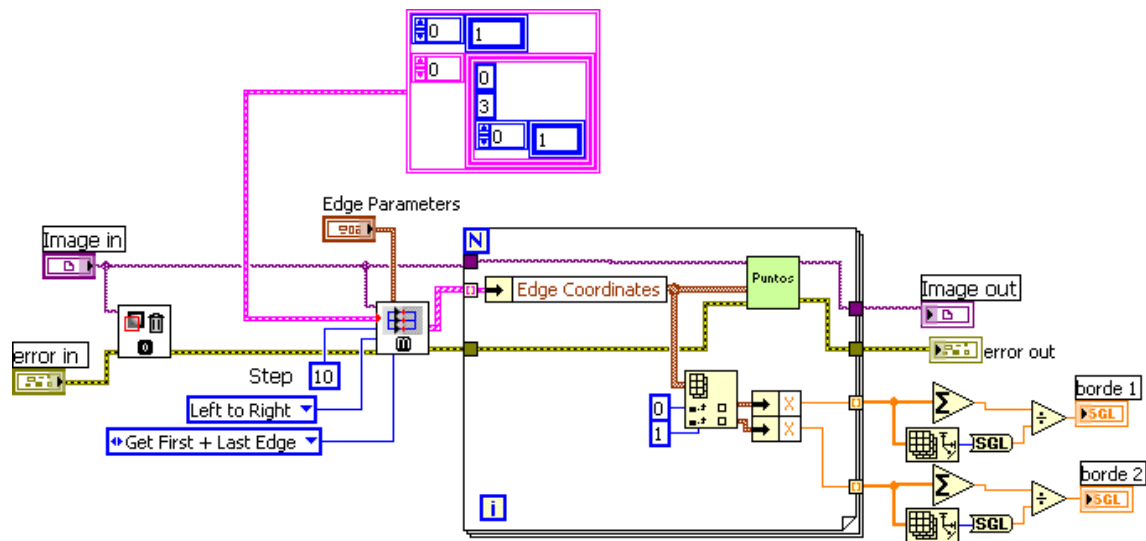
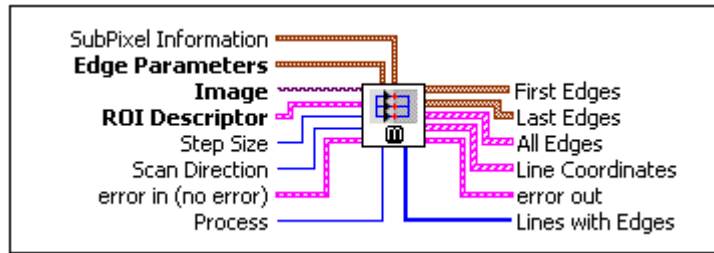


Figura 2.33 SubVi encontrar bordes

En este subVI se encuentra dos herramientas de visión:

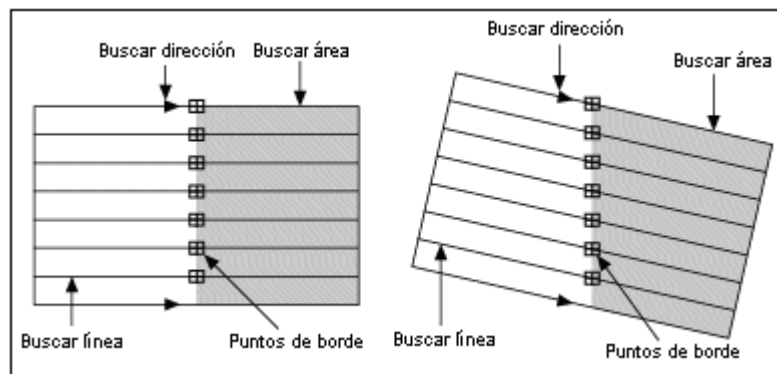
IMAQ Clear Overlay Borra la imagen anterior.	
Image	Es la referencia para la imagen
Error in (no error)	Describe condiciones de error que ocurre después de correr un VI o función, por defecto está en no error. Si ocurre un error después de correr un VI o función, el VI o función pasa de error in a error out .
Image Out	Salida de la imagen capturada.
Error out	Contiene información de error.












IMAQ RAKE

Traza los bordes a lo largo de un conjunto de líneas paralelas que se encuentran dentro de un rectángulo

Función del IMAQ RAKE.



 Image	Es la referencia para la imagen.
 Edge Parameters	Es un cluster que define las características del filtro usado para detectar los bordes. Contiene el contraste, el ancho del filtro y la pendiente.
 ROI Descriptor	Es un descriptor del rectángulo o la rotación del rectángulo dentro del borde definido.
 Step Size	Es la distancia en píxel, entre cada línea paralela en la región rectangular.
 Scan Direction	Busca la dirección de las líneas paralelas.
 Process	Determina el tipo de búsqueda.
 All Edges	Es un array cluster de puntos, es un conjunto de coordenadas espaciales de todos los bordes detectados.
 Error in (no error)	Describe condiciones de error que ocurre después de correr un VI o función, por defecto está en no error. Si ocurre un error después de correr un VI o función, el VI o función pasa de error in a error out .
 Error out	Contiene información de error.

En la figura 2.34 se puede observar lo que en la práctica hace el subVI bordes.

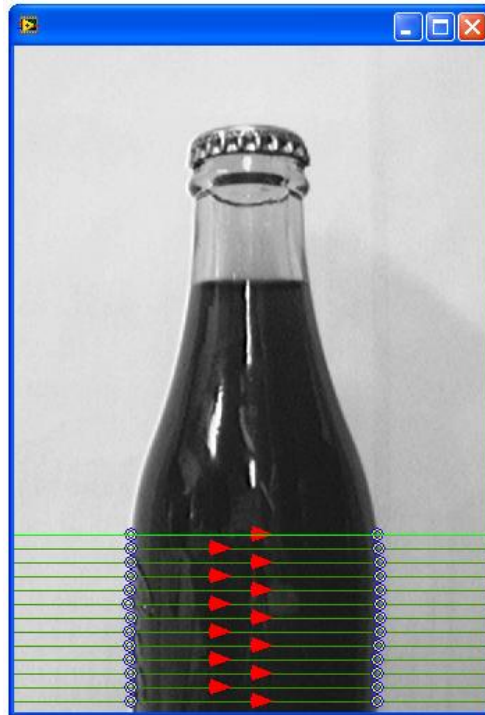


Figura 2.34 Encontrado de bordes en la botella

b. SUBVI Encontrar Nivel (Find Level)

Este subVI es semejante al subVI encontrar Bordes con la diferencia que este hace un barrido en forma vertical. Ésto se consigue cambiando la configuración del *scan direction* en el IMAQ Rake, Obtenido los datos de bordes del subVI anterior más un punto de referencia y un valor de constante, se logra generar la región de interés (ROI), que se la consigue con el icono ROI explicado posteriormente.

Una vez obtenido todos los datos se ingresa a un lazo For para poder graficar los puntos cuando existe un cambio de contraste en el producto y posteriormente dibujarlo en la imagen como se muestra en la figura 2.35.

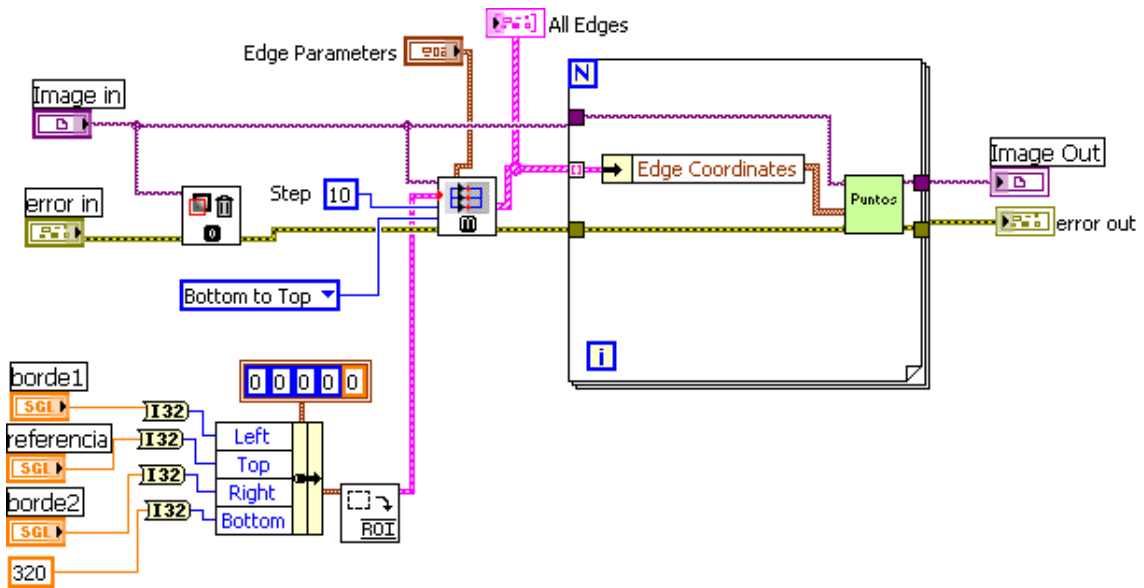


Figura 2.35 SubVi encontrar nivel

En este SubVI se encuentra tres herramientas de IMAQ de las cuales dos ya se han explicado anteriormente como son el IMAQ Rake y el IMAQ Clear Overlay.

<p>IMAQ Convert Rectangle to ROI Convierte un rectángulo o Rectángulo Rotado a un ROI Descriptor.</p>	
<p>Rectangle</p>	Especifica una región rectangular
<p>Left</p>	Es la coordenada en X de la esquina superior izquierda del rectángulo
<p>Top</p>	Es la coordenada en Y de la esquina superior izquierda del rectángulo
<p>Right</p>	Es la coordenada en X de la esquina inferior derecha del rectángulo
<p>Bottom</p>	Es la coordenada en Y de la esquina inferior derecha del rectángulo
<p>Error in (no error)</p>	Describe condiciones de error que ocurre después de correr un VI o función, por defecto está en no error. Si ocurre un error después de correr un VI o función, el VI o función pasa de error in a error out .
<p>ROI Descriptor</p>	Es el descriptor que define el rectángulo.
<p>Error out</p>	Contiene información de error.

En la Figura 2.36 se puede visualizar de mejor manera lo explicado.

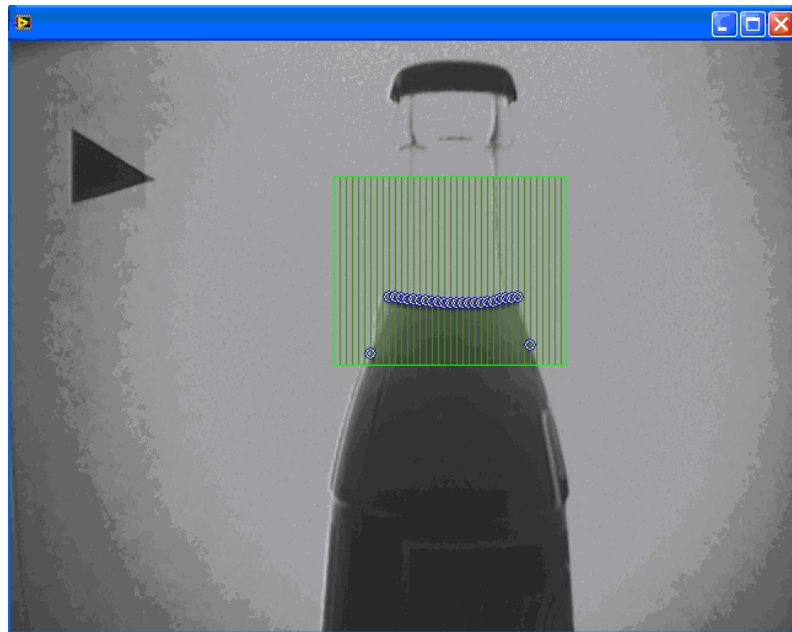


Figura 2.36 Nivel detectado

c. SubVI Media

En este subVI, debido a que la cámara capta una serie de puntos en toda la imagen, lo que se necesita es que solamente se encuentre el borde donde se encuentra el líquido del envase, por tal razón se encuentra un punto medio el cual se genera con el algoritmo *Measures of Mean* como se puede apreciar en la figura 2.37.

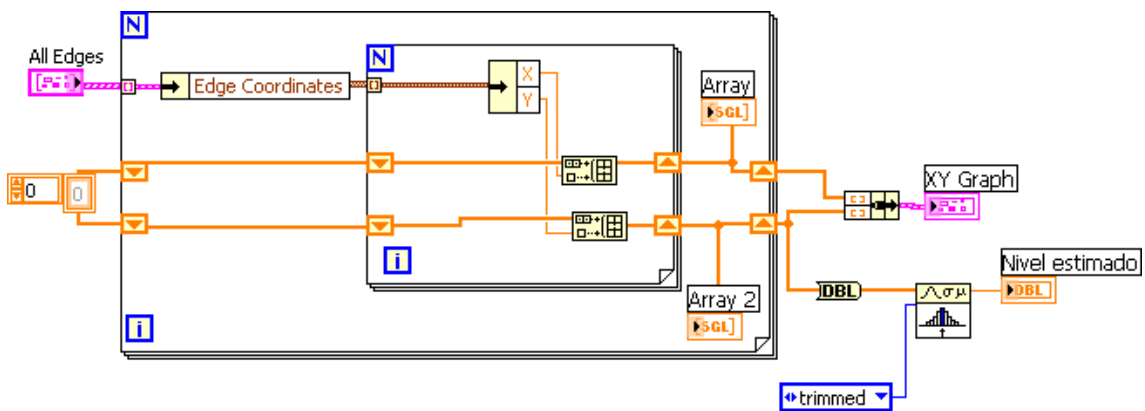



Figura 2.37 SubVi media

El SubVI propio del sistema utilizado para encontrar el punto se medio se detalla a continuación.



x array

type





percent (trim)

mean value

error

Measures of Mean (Not in Base Package)

Encuentra el punto medio de una serie de puntos.

 x array	Especifica el conjunto de datos
 type	Especifica el tipo de cálculo a realizar
 mean value	Retorna el dato que ha sido calculado
 error	Contiene información de error.

d. SUBVI Historial (History)

Este SubVI sirve para visualizar en forma numérica y en diagrama de barras el número de botellas que circulan por la banda transportadora, permitiendo que se conozca el número de buenas y malas que han sido detectadas por el programa. En la Figura 2.38 se observa el código fuente del subVI

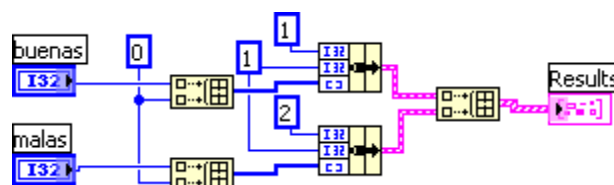


Figura 2.38. SubVI History

2.13.2 Entrada/Salida digital de datos

Una vez terminado los SubVI's que ayudan a determinar el nivel del líquido, se necesita configurar los puertos para la entrada de la señal del sensor que permitirá el disparo de la cámara y a su vez la señal de salida que se utilizará para activar el circuito neumático.

El código fuente utilizado para este fin se muestra en la figura 2.39.

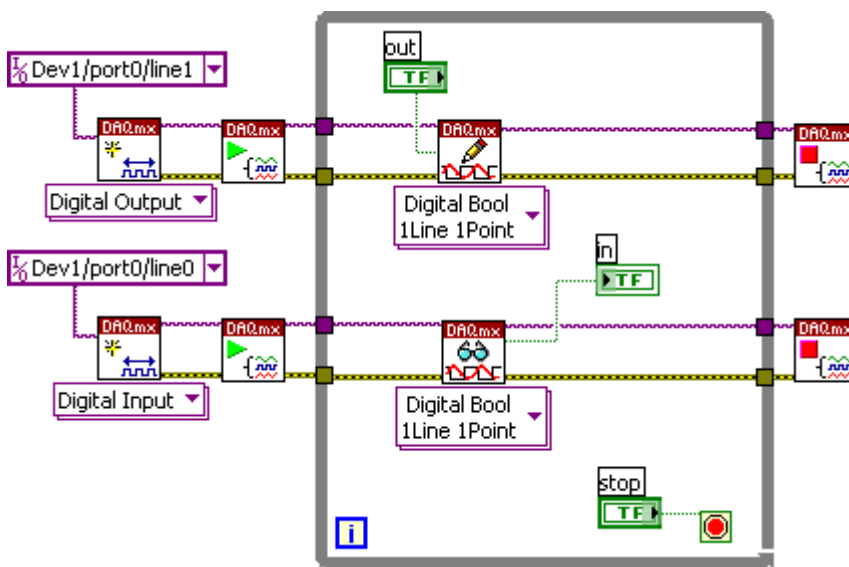


Figura 2.39. Entrada y salida de datos digital

La función que realizan los iconos utilizados para esta aplicación se detalla a continuación.

	Crea un canal para generar una señal digital
	Permite que la aplicación empiece a correr
	Escribe en el puerto un dato booleano
	Lee en el puerto un dato booleano
	Detiene la aplicación.

En la figura 2.40 se muestra el código fuente completo de toda la programación realizada para el control de nivel de llenado de botellas.

Cabe señalar que cada uno de los SubVi's que se aprecian en la figura 2.40, ya se los ha detallado anteriormente con cada una de sus funciones y el papel que desempeñan en la aplicación.

Los SubVi's de Visión propios del sistema utilizados en esta aplicación se ha indicado su funcionamiento, existiendo otros iconos que no han sido explicados por ser parte de la plataforma del software, existiendo en casi todas las versiones de labVIEW.

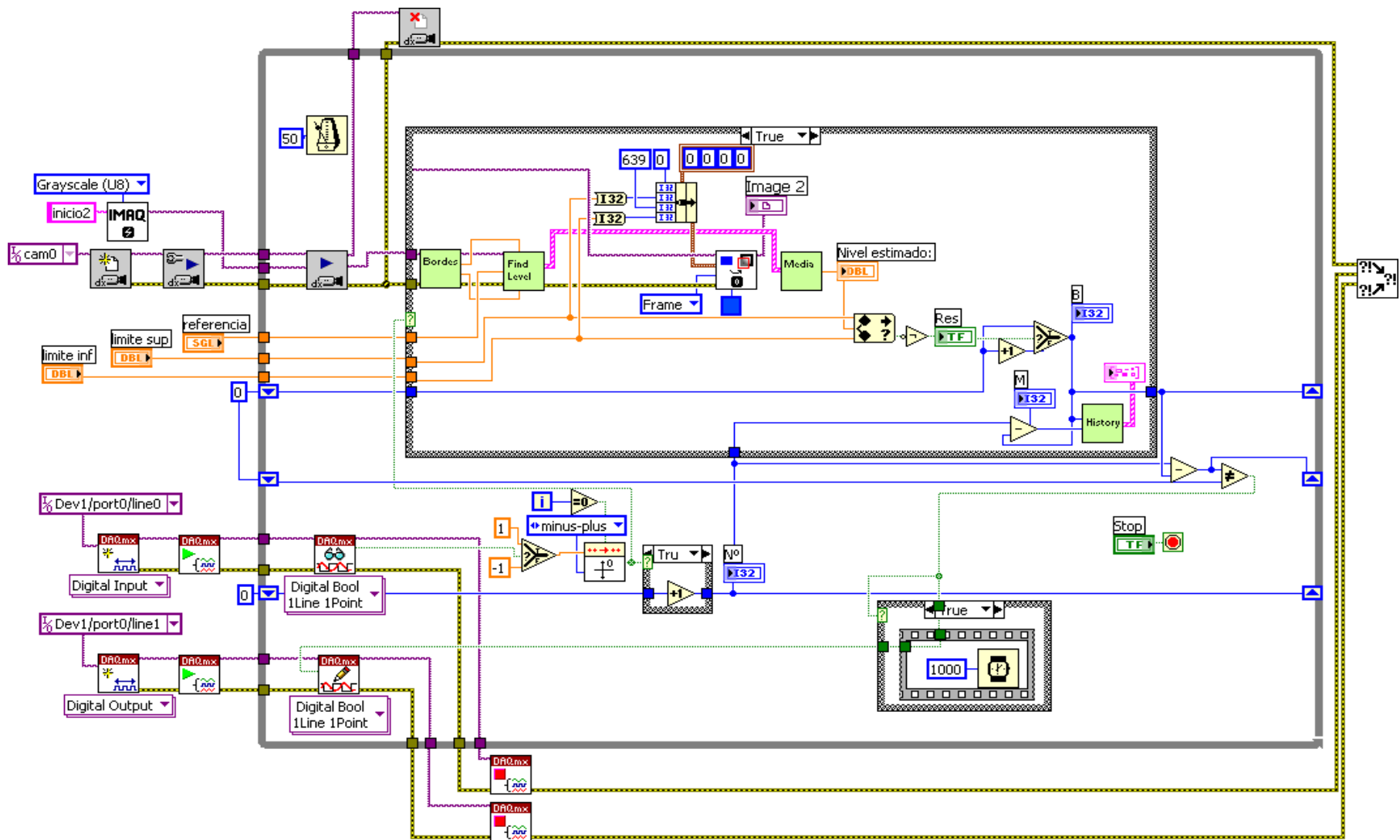


Figura 2.40. Programa General

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 GENERALIDADES

Este capítulo detalla las pruebas realizadas para la fabricación del conjunto de inspección, esto es la construcción del armario, banda transportadora, ubicación de la cámara, sensor y circuito neumático, cuyas características se estudiaron en los capítulos anteriores y cuyo dimensionamiento se detalló en el respectivo diseño.

El objetivo último de esta fase es conocer en forma práctica todos los procedimientos realizados, así como los elementos utilizados en las pruebas que forman parte del proyecto. Además, este capítulo hace importante mención a todo el proceso de montaje y adaptación del proyecto para la obtención de resultados satisfactorios.

3.2 CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO DE INSPECCIÓN

3.2.1 Construcción del armario

La construcción del armario que se muestra en la figura 3.1 se hace necesaria ante la necesidad de montar el sistema de iluminación que contrastará y permitirá mejorar

la imagen en análisis, además las botellas a ser analizadas serán montadas sobre una banda transportadora movida por un motor eléctrico.

Este armario está construido de fórmica muy resistente a la erosión. Las medidas que tiene el mismo fueron tomadas realizando pruebas de iluminación y distancia necesaria para la operación de la cámara, tomando también muy en cuenta la distancia de detección del sensor.



Figura 3.1 Armario de iluminación

3.2.1.1 Construcción de la cámara de iluminación

Esta cámara fue construida con fórmica que es un material de mucha resistencia. En su interior se colocó dos fluorescentes, para facilidad de manipulación de los mismos, existe una puerta en la parte anterior como se muestra en la figura 3.2, en la que van distribuidas cada una a 12 cm de los bordes laterales respectivamente. Cabe señalar que la distribución equilibrada de los fluorescentes ayudó a mejorar la uniformidad de la iluminación en el interior del armario.

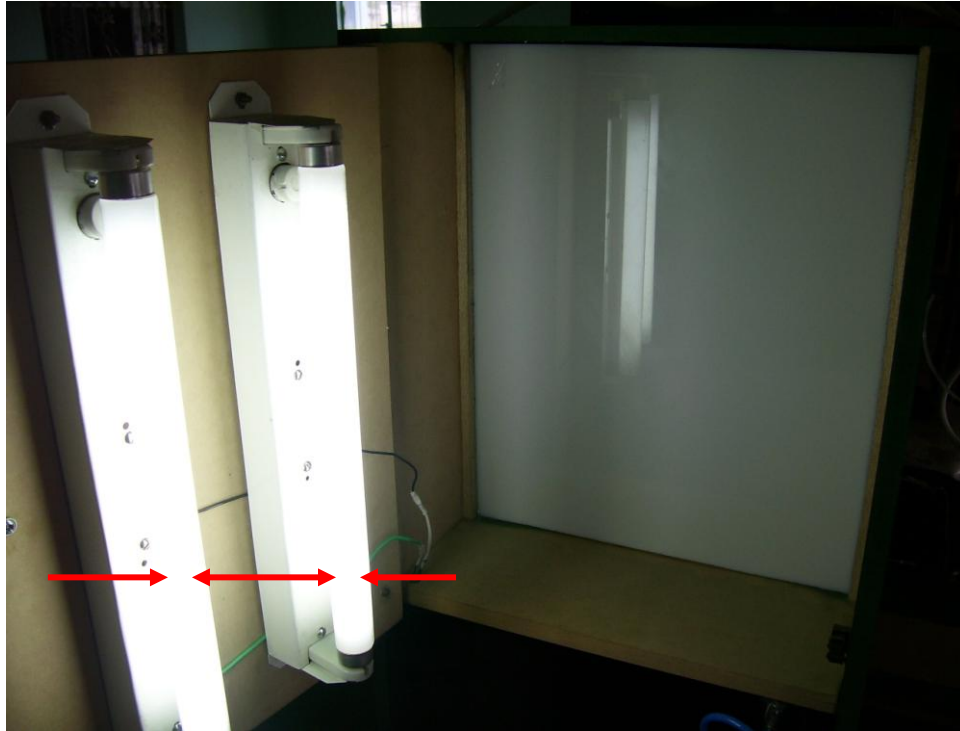


Figura 3.2 Cámara de iluminación

Como se observa en la figura 3.2, la luz utilizada es blanca de fluorescentes normales de uso doméstico, ya que en casos especiales se requerirá iluminación especial para contrastar los objetos, todo esto dependerá en gran parte de la resolución de la cámara utilizada.

3.2.1.2 Adecuación del armario para la señal del sensor.

Una de las características importantes del sensor, es su alcance de detección (70cm) al ser ésta mayor a la profundidad del armario, provoca una detección continua al chocar con la parte anterior del mismo y cuya señal al ser ingresada al computador provoca serios problemas al momento de ejecutar el programa, por tal razón existe un corte en la parte posterior del armario como se muestra en la figura 3.3.

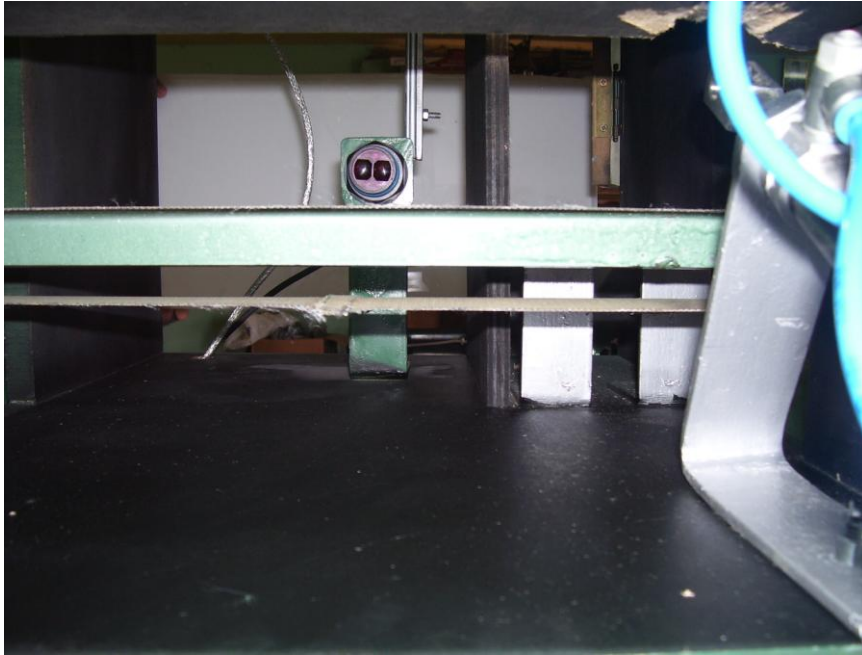


Figura 3.3 Parte hueca del Armario

La ubicación del sensor en el interior del armario es de 10 cm. de separación con relación a la banda de transporte y a 18 cm. de los laterales del armario. Se construyó un soporte de hierro de 11 cm de longitud que sujeta firmemente al sensor, este soporte está fijado en el piso del armario como se muestra en la figura 3.4.



Figura 3.4 Sensor y soporte

3.3 PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.3.1 Descripción Física Del Sistema.

Para reemplazar el método tradicional de control del nivel de líquido que emplean empresas (visual) que fabrican productos de consumo masivo como por ejemplo aceite comestible, bebidas gaseosas, etc. Los autores de este proyecto han considerado la necesidad de realizar un diseño y construcción de un sistema de visión artificial que solucione el problema.

Este sistema consiste en un armario con una cámara de iluminación que ayudará a contrastar el líquido que será analizado al momento que el sensor detecte la botella que viaja en una banda transportadora.

Este armario es de forma rectangular con dos puertas una anterior y otra posterior, en los laterales existen orificios adecuados para la circulación de la botella por la banda, en el interior del armario, al abrir la puerta anterior, se encuentra el sensor que está ubicado en el centro de la parte inferior sujetado con una platina de hierro galvanizado. Aquí también se encuentra la cámara Fire-i sujeta de la parte superior por una platina de hierro en la que existe un canal hueco que ayudará a la regulación de la cámara para distintos tamaños de botellas. La puerta posterior alberga la cámara de iluminación que consta de dos fluorescentes distribuidas uniformemente en la puerta (parte interior), todo este armario está sobre la mesa que contiene la cinta de transporte con sus respectivos rodamientos y el motor que da movimiento a los mismos. En esta mesa también se encuentran dos swichs para el encendido/apagado del motor y luminarias.

Todo este conjunto Banda-armario está acompañado de un sistema de control neumático que se encuentra también instalado en la parte interna del armario, este sistema está constituido por una electro válvula 5/2 vías, pistón de doble efecto, válvula estranguladora, compresor y mangueras, además se instaló una rampa que conduce las botellas con nivel incorrecto, hacia un depósito.

3.3.2 Prueba de Unidades

Se comprobó la comunicación entre la cámara Fire-i y la tarjeta IEEE 1394, inicialmente adquiriendo la imagen a 100 Mbps y encontrando la adquisición óptima a 400 Mbps.

3.3.3 Pruebas del sensor

En el panel frontal, para determinar el tiempo de respuesta del sensor, se colocó un indicador booleano visualizando un tiempo de encendido inmediato al momento que el sensor enviaba la señal detectada, comprobando así la eficiencia del dispositivo utilizado en el sistema implementado.

3.3.4 Pruebas de la cámara de iluminación

El tipo de iluminación de Background uniforme en el interior del armario, corrige el contraste y el brillo que generan en la botella otras fuentes de iluminación tales como la luz solar, focos incandescentes entre otras.

3.3.5 Pruebas de movimiento de banda transportadora

La banda transportadora provee un movimiento uniforme, lo que permite la estabilidad de la botella, mostrando el nivel del líquido en forma estática, favoreciendo el análisis correspondiente.

3.3.6 Pruebas del circuito neumático

Mediante el empleo de una válvula estranguladora, se realizó todos los ajustes hasta obtener un flujo de aire adecuado para controlar la velocidad del pistón que se requiere en el proyecto.

3.4 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto de Visión implementado ha cumplido con las pruebas realizadas. El tiempo continuo que ha permanecido en operación en las pruebas es considerable. Sin embargo, es pertinente cuantificar la inversión realizada en los componentes implementados.

Cabe indicar, que todos los componentes eléctricos y mecánicos son nuevos, fueron adquiridos en diferentes casas comerciales e incluso traído del exterior. En la tabla 3.1 se detalla por ítems el costo de los componentes adquiridos durante el año 2007. El costo neto de los componentes es de 1860 dólares americanos. Para conocer el costo total del proyecto, debe añadirse el rubro de la mano de obra de ingeniería y montaje del proyecto. Aún, cuando no existe una regla definida para la estimación del costo del software y de la ingeniería, se aplica la regla de Cocomo. Dicha regla establece la siguiente expresión:

$$\text{Costo (USD)}=K*\text{No horas persona}$$

Siendo:

$$K = \text{Valor hora profesional en USD, estimado en 25.00 USD}$$

Para calcular el costo de la mano de obra del montaje e instalaciones eléctricas, se utiliza el mismo criterio, pero asignando a K un valor de 2.50 USD.

En la tabla 3.2, se detalla el costo de la mano de obra del proyecto, considerando que para el rubro de ingeniería intervienen dos personas con una carga laboral neta de 30 días y 8 horas diarias.

Para el montaje e instalaciones eléctricas, también se calcula con dos personas con una carga laboral de 10 días y 8 horas diarias.

Tabla № 3.1 Detalle de costos del proyecto

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR (usd)
1	1	Computadora	900
2	1	Motor Reductor	50
3	1	Cámara	220
4	global	Sistema Neumático	300
5	global	Sensor	15
6	1	Banda de Transporte	200
7	1	Armario	50
8	global	Componentes de fuerza	15
9	global	Componentes de protección	10
10	global	Materiales de oficina	30
11	global	Movilización	50
12	global	Uso de Internet	20
TOTAL:			1860

Tabla № 3.2 Costo de la mano de obra del proyecto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	K (USD)	No.HORAS-HOMBRE	SUBTOTAL (USD)
1	Ingeniería del proyecto	25	480	12000
2	Montaje e instalaciones eléctricas	2.50	160	400
Total				12400

Por lo tanto, el costo total del proyecto es la suma de los rubros de los componentes y de la mano de obra, obteniendo la cantidad de **14260** dólares americanos.

3.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.

Una vez concluido el proyecto y con los resultados experimentales y las pruebas obtenidos, se indican a continuación los alcances y limitaciones del mismo.

3.5.1 Alcances

- Por ser un programa modular se lo ha creado para distintos tamaños de botellas.

- En las pantallas de las HMI's se puede visualizar las variables en tiempo real, lo que permite al operador tomar las decisiones instantáneamente.
- Ahorro del espacio físico y mayor orden en el trabajo.
- Por la tecnología usada, hace posible modificar al programa para que analice más ítems para los que fue creado.
- La cámara de iluminación se la puede utilizar para otras aplicaciones de visión ya que se logró obtener una iluminación uniforme, lo que favorece al contrastar al producto a analizarse.
- El diseño desmontable de la banda de transporte facilita el traslado a cualquier sitio.
- Las pantallas creadas para este proyecto en labVIEW son amigables lo que facilita al operador su fácil configuración.
- Con el análisis estadístico obtenido, se puede conocer la eficiencia de la tecnología utilizada para el envasado del producto.

3.5.2 Limitaciones

- La capacidad de la cámara limita el análisis de las imágenes a velocidades altas, por lo que se necesitaría una cámara progresiva lo que representa un costo muy elevado.
- Con respecto a la banda se limita a una sola velocidad ya que se utilizó un motor reductor por lo que el análisis se lo realiza a velocidad constante.
- Los costados de armario fueron creados para botellas de un máximo de 24 cms. de alto aunque el análisis se lo puede realizar en botellas de cualquier tamaño.

- El análisis realizado en las botellas se limita únicamente a la variable de nivel de llenado de las mismas, más no a otros defectos tales como botellas rotas, sucias, tapas mal puestas o botella sin etiqueta etc.
- El proyecto fue pensado en realizarlo solo para líquidos de color oscuro en recipientes transparentes y no en botellas con recipientes del mismo color del líquido, sin embargo se ha probado en líquidos de otro color con recipiente transparente y se ha verificado la validez del programa diseñado en LabVIEW y IMAQ Visión. Cabe señalar que el programa no funciona con líquido transparente.
- Se adquirió una PC de última generación con características muy significativas por lo que la adquisición de las imágenes se lo tiene que realizar a la máxima velocidad (400 Mbps) ya que de lo contrario ni si quiera se puede visualizar la imagen en el computador.
- Es imposible por software tratar de configurar todo el contraste del objeto a inspeccionar, obligatoriamente se necesita de una cámara de iluminación para mejorar la imagen y aprovechar al máximo sus características.
- Las botellas solo pueden circular por la banda una a la vez debido al diseño angosto de la misma y en intervalos de 500 milisegundos, ésto para que los dispositivos neumáticos regresen a su posición inicial de trabajo.

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1 CAPÍTULO IV

1.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez culminado el presente proyecto de tesis de grado titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL Y VERIFICACIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL DE NIVEL DE LLENADO DE BOTELLAS UTILIZANDO LabVIEW y IMAQ Visión”, se llega a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

4.1 Conclusiones

- Es posible adaptar los sistemas de acuerdo a las necesidades. En este trabajo se adaptó el sistema de visión existente al nuevo entorno del conjunto de inspección (armario, sensor y cámara). Para conseguir tal objetivo, se hicieron cambios físicos en el armario que contiene la cámara, así como se adquirieron guías sobre las que se fijan el sensor y cámara dentro del armario.
- Es necesario contar con un sistema de iluminación uniforme, en este caso se proporcionó una iluminación uniforme en el interior del armario que contrasta de mejor manera la botella a inspeccionar, lo que evitó que se lo realizara por software, simplificando la complejidad del programa en LabVIEW.
- Se requiere de la inclusión de un sistema que detecte la presencia de los elementos, por lo que se incorporó al sistema un sensor Fotoeléctrico para detectar la presencia de la botella. Con la señal que proporciona este sensor comienza la adquisición y procesado de la imagen, la cámara únicamente capta imágenes en el momento de la llegada del objeto a examinar.

- Es necesario contar con un sistema de control neumático para la clasificación del producto, por lo que se diseñó un mecanismo para la expulsión de la botella mediante un pistón de simple efecto. El accionamiento del pistón se controla mediante una electroválvula. Por tanto, se diseñó una aplicación para conmutar la electroválvula a través del PC (escritura desde labVIEW a la tarjeta USB).
- Es conveniente la creación de un programa de control que facilite su modificación para el análisis de un mayor número de variables, por lo que se rediseñó y creó varias partes del software en labVIEW que controla el sistema. Por un lado, se programó la sincronización entre la llegada de la botella y la captación de la imagen, y por otro lado se agregó la parte de control al no cumplir la botella con lo establecido en la calibración (control de electroválvula a través del PC).
- Se requiere que todo el prototipo funcione correctamente y en un tiempo prolongado, por lo que se comprobó el correcto funcionamiento del conjunto hardware-software, realizando pruebas experimentales. Se han podido comprobar también ciertas limitaciones del sistema ya sea por la velocidad de la banda o a la hora de poder captar la imagen en la posición exacta.
- Es necesaria la coordinación de los tiempos en la detección de la imagen a través del sensor, así como la activación de la electroválvula para el accionamiento del cilindro al detectar el producto defectuoso, por lo que se estableció el tiempo exacto de conmutación requerido en el prototipo.
- Se requiere direccionar al producto correcto e incorrecto hacia un lugar de destino, por lo que se colocó recipientes que se encuentran adheridos a la mesa que contiene la banda de transporte.
- Debido al elevado costo del software de aplicación y demás dispositivos resulta costoso la implementación de sistemas de visión, por lo que para fines de proyecto es necesario tener el financiamiento de alguna empresa que necesite de esta tecnología.

En definitiva, se ha podido adaptar el sistema ya existente de visión artificial a un nuevo entorno menos limitado. Por tanto, se ha dado un paso adelante a la hora de

poder flexibilizar al máximo esta aplicación de control de nivel, ya que esta nueva situación se asemeja más a los casos reales de producción industrial.

De todas maneras, aún existe bastante margen de mejora para hacer de éste un sistema robusto y aplicable en entornos agresivos y con más fluctuación de variables. Es decir, se podrían implementar, por ejemplo, acciones correctivas en situaciones de emergencia. En tales casos, el sistema diseñado no está preparado para actuar ante situaciones imprevistas.

4.2 Recomendaciones

- Para el correcto funcionamiento del sistema de inspección se debe seguir a cabalidad las instrucciones indicadas en el manual de operación y mantenimiento.
- El diseño de las pantallas de la aplicación realizadas en labVIEW deben contener la información necesaria y no abundante de manera que sean amigables para el usuario final, el mismo que no está obligado a conocer detalladamente la parte que constituye el software.
- En las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de inspección, se recomienda suspender la energía de alimentación, sea ésta, eléctrica, o neumática, evitando de esta manera acciones y condiciones inseguras.
- Cuando se elige el sensor es muy importante conocer el tipo de material que sensa, así como la distancia máxima de detección, con la finalidad de que no se generen errores al momento de la aplicación.
- IMAQ Visión es un software muy robusto para el tratamiento de imágenes, por tal razón es muy utilizado en la industria para control de calidad, por lo que es

necesario el conocimiento básico de esta herramienta que hoy en día se la está desarrollando a nivel mundial.

- Para el desarrollo de sistemas de visión, es necesario realizar un análisis de costos y factibilidad de adquisición de los dispositivos que intervendrán en el proyecto.
- Antes de empezar con la ejecución de un proyecto de visión artificial, asegurarse de tener el módulo completo de visión y la cámara idónea para el proceso que se desee realizar.

4.3 BIBLIOGRAFÍA

- 1 PAJARES Gonzalo, DE LA CRUZ Jesús “Visión por computador, imágenes digitales y aplicaciones”, Universidad complutense de Madrid, Madrid – España, 2002.
- 2 CEKIT, “Electrónica Industrial y automatización”, Perea-Colombia, 2002
- 3 National Instruments, “IMAQ Vision Builder Tutorial” – 1999.
- 4 National Instruments, “IMAQ Vision for G Reference Manual” – 1999.
- 5 National Instruments, “IMAQ Vision User Manual” – 1999.
- 6 National Instruments, “visionkit tutorial”

4.4 ENLACES

- 1 National Instruments - Measurement and Automation
<http://www.natinst.com/>
<http://digital.ni.com/public.html>
- 2 Research Group of Computer Vision and Artificial Intelligence
<http://iamwww.unibe.ch/~fkiwww/Welcome.html>

3 Grupo de Visión Artificial

<http://www-gva.dec.usc.es/>

<http://www.educa.madrid.org>

4 WIP Proyectos Industriales

<http://www.wip.es>

<http://haydn.upc.es/people/scuen/publications/Fundamentos%20de%20maquinas%20de%20vision%20en%20la%20industria.pdf>

5 Unibrain

<http://www.unibrain.com>

6 Instrucontrol

<http://www.instrucontrol.com>

<http://www.uv.es/~marinjl/electro/reles.html>

7 IEEE-1394

[http://www.w3.org/1999/xhtml"><HEAD><TITLE>IEEE 1394 - Wikipedia, la enciclopedia libre</TITLE](http://www.w3.org/1999/xhtml)

8 INSETEC

<http://www.insetec.com.ec>

1.1 ANEXO A

1.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Actuador neumático: Dispositivo capaz de transformar la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico.

B

Bit: Dígito binario, puede ser cero o uno lógico.

Bitmap: Mapa de bits.

Byte: Ocho bits relacionados de un dato, también denota la cantidad de memoria requerida a guardar un Byte de datos.

BMP: Mapa de bit. Formato de archivo de imagen comúnmente usado para 8-Bit en imagen de color.

Buffer: Almacenamiento temporal en la memoria para los datos adquiridos.

Borde: Definido por una transición repentina de la intensidad de un píxel en una imagen o a lo largo de un array de píxeles.

C

CCD: (Charge Coupled Device) Matriz rectangular de miles de semiconductores interconectados.

D

Driver: Software que puede controlar un hardware específico, como puede ser un dispositivo de adquisición e imágenes o un dispositivo DAQ

Distancia de calibración: Determina las dimensiones físicas de un píxel para definir las dimensiones físicas de una línea en una imagen.

DAQ: Dispositivo de adquisición de datos.

F

FOV: (Field of View) Campo de vision.

Fps: (Frames per second) Tramas por segundo.

G

GPIB: Bus de interfase de propósito general

H

HSL: Esquema de color que usa información en código, color, saturación y luminancia.

HIS: Esquema de color en código en color, saturación y intensidad.

Hardware: Todos los elementos físicos del computador o tarjetas de adquisición.

I

Imagen digital: Imagen $f(x,y)$ convertida entre un número discreto de píxeles, se especifican coordenadas espaciales y brillo.

IMAQ: Herramienta que sirve para realizar pruebas y ensayos en aplicaciones de procesado de imágenes.

IEEE 1394: Estándar de comunicación.

I/O: Entrada o salida de datos.

J

JPEG: Formato de archivo de imagen que almacena 8 bits.

L

LED: Diodo emisor de luz.

M

Mbps: Mega bit por segundo.

MAX: (Measurement & Automation Explorer). Asistente de LabVIEW que permite configurar dispositivos de adquisición de datos.

MSB: Bit más significativo.

N

NI: National Instruments.

Nivel GRIS: El brillo de un píxel en una imagen.

NI-IMAQ: Software de interfaz para dispositivos de adquisición de imágenes para National Instruments.

P

PC: Computador personal.

Píxel: Es un elemento cuadrado, constituye la unidad mas pequeña en video.

PSI: Unidad de presión. Libra por pulgada cuadrada.

R

ROI: (Region of Interest) Región de interés en una imagen.

RGB: (Red, Green, Blue) Información donde cada píxel en una imagen de color es puesto en código usando 32 bit.

Resolución: Tamaño de píxel

RF: Radio frecuencia.

S

Software: Conjunto de programas que ejecuta el computador.

Standby: Modo en espera.

T

Testeo: Prueba.

Trigger: Disparo.

V

VI: Instrumento virtual

VDC: Voltaje en corriente continua

1.1 ANEXO B

1.1 CONFIGURACIÓN DE LA CÁMARA

1.1 Fire-i™

1. Instalación del Hardware

- Inserte el adaptador del trípode al trípode. Gire el rodillo como se muestra en la fig. B1.



Figura B1 Adaptador

- Inserte el adaptador detrás de la cámara. Fig. B2.





Figura B2 Cámara con el adaptador

- Conecte el cable de 6 pines en la cámara. Fig. B3.



Figura B3 Conexión del cable

- Inserte el cable en la tarjeta Fire-i 1394 de la PC. Fig. B4.



Figura B4 Conexión del cable en el puerto FireWire

2. Instalación del Software

Fire-i™ es un software amigable para aplicaciones Windows 2000/2003/Vista & XP 64 bit.

En la instalación se debe considerar:

- Verificar el sistema operativo de la PC (Windows 2000/XP/2003/Vista o XP 64 bit).
- Desinstale cualquier versión anterior de software Fire-i
- Instalar el Firei Setup.3.61.x 64.exe (para 64-bit sistema operativo) o el Firei Setup.3.61.x 86.exe (para 32-bit sistema operativo).
- Desconectar cualquier cámara de la tarjeta Firewire.

Es importante recalcar lo dicho anteriormente, **Los Drivers de la cámara Unibrain's Fire-i™ son compatibles con los de la National Instruments** por lo que no es necesario la instalación de los drivers que incluye el paquete.

2.1 Importante comentario para Windows XP: A pesar de poseer el paquete de Microsoft, es recomendado considerar que la aplicación de SP2 en Windows XP puede reducir el ancho de banda de su Fire-i a 100 Mbps si cualquier adaptador o dispositivo 1394-b está conectado.

Si se requiere adquirir imágenes o video con la cámara Fire-i™ y no se posee labVIEW con IMAQ Visión en el momento o simplemente se requiere comprobar el correcto funcionamiento de la cámara se procederá a la instalación de los drivers que incluye el paquete, cuyos pasos se lo indica a continuación:

3. Instalación

- Corra el FireiSetup.3.61.x 64.exe o el FireiSetup.3.61.x86.exe file.
- Escoja instalación completa.

El cuadro de la figura B5 describe la instalación del proceso, en caso de haber alguna cámara conectada a la PC, debería desconectarla y dar clic en OK.

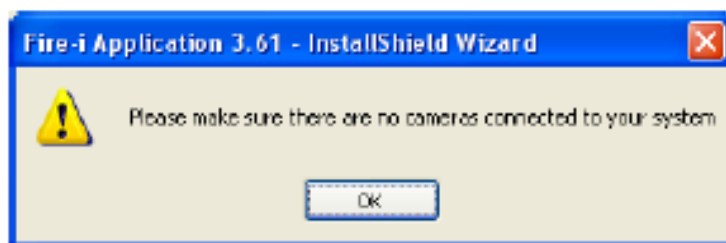


Figura B5 Asistente para la instalación

En el siguiente diálogo escoja “**Typical**” y presione siguiente, seleccione **Finish** en el último diálogo y el proceso de instalación terminará.

4. Corriendo la aplicación

Seleccione desde Windows “Menú Inicio/ Programas / Fire-i / Fire-i Aplicaciones.

O también se puede crear un acceso directo en el escritorio: Clic derecho en el ratón y enviar a “escritorio”.

Se debe conectar la cámara antes de inicializar el programa. Fig. B6

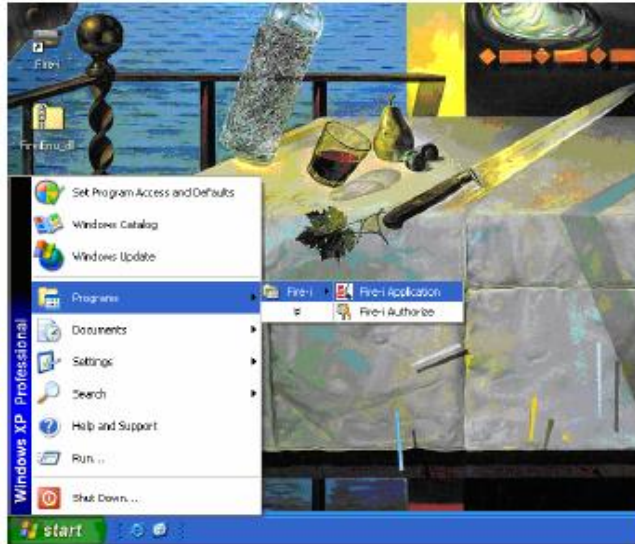


Figura B6 Corrido del programa

Para mejorar la imagen de la cámara se puede rotar el anillo del lente para una mejor nitidez de la imagen. Fig. B7.



Figura B7 Mejoramiento de la imagen

5. TIPS GENERALES

Una gran ventaja de estas cámaras es que todas necesitan una sola fuente de alimentación localizada en cualquier parte del bus 1394. Este podría ser el adaptador 1394 en el caso del computador, o un adaptador DC conectado unas de las cámaras o una fuente DC conectado, en cualquier parte del bus. Fig. B8.



Figura B8 Conexión entre cámaras

ENCENDIDO DE LA CÁMARA

El estado de operación de la cámara está indicado por el LED frontal.

Cuando el LED está color verde, la cámara está correctamente conectada en modo stand by, lista para su uso. Fig. B9.



Figura B9 Encendido de la cámara

Cuando el LED cambia a color tomate, la cámara está en operación



Figura B10 Cámara en operación

ANEXO C

CONFIGURACIÓN DEL MAX (MEASUREMENT & AUTOMATION EXPLORER)

NI USB-6009

1. CONFIGURACIÓN

La NI USB-6009 es una tarjeta de la National Instruments que posee 8 entradas, 14 bit, I/O multifunción.

La configuración así como el correcto funcionamiento de la misma se lo puede realizar y verificar desde el Máx (Measurement & Automation Explorer) el acceso a éste se lo detalló en los Anexos anteriores, una de las formas de acceso se lo muestra en la figura C1.

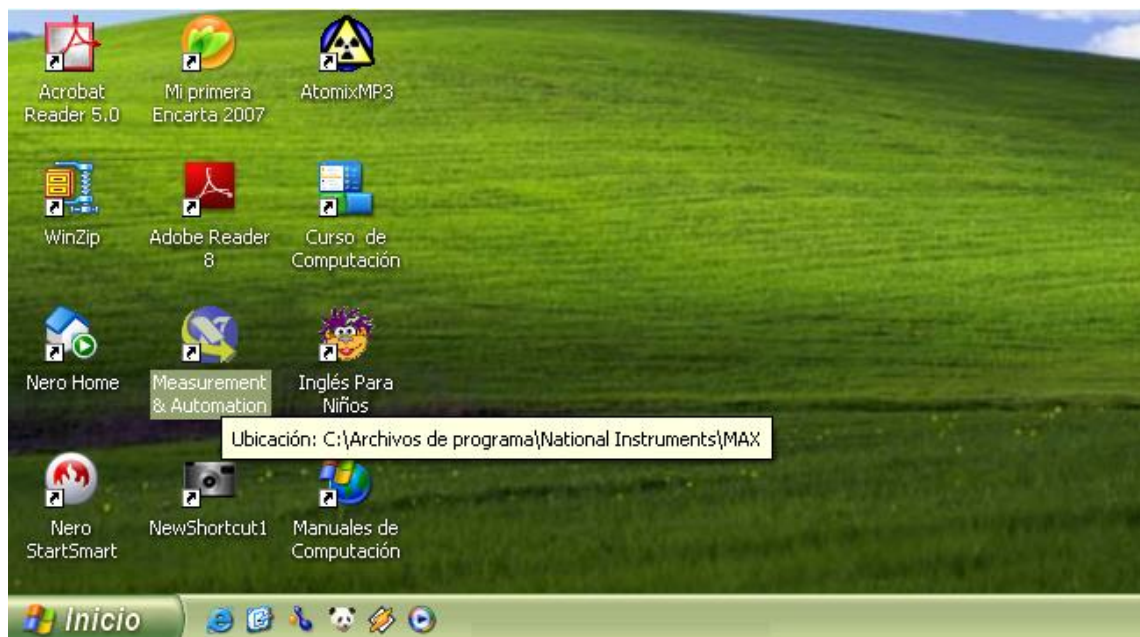


Figura C1 Acceso al MAX

Abierto el MAX, previamente conectado la DAQ en la PC, se observa el dispositivo reconocido en cuya pantalla también se visualizan opciones que permitirán configurar como se muestra en la figura C2.

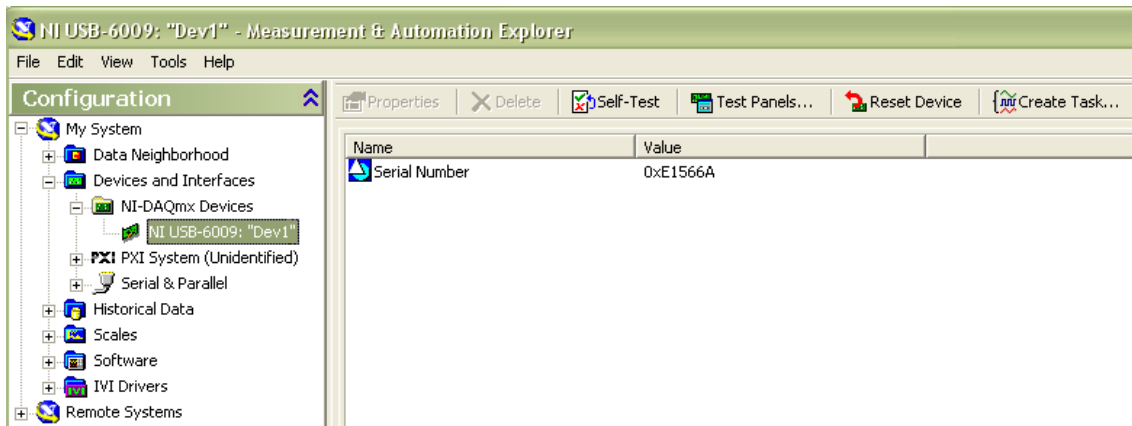


Figura C2 Dispositivo reconocido

2. **SELF-TEST** nos indica que el dispositivo ha pasado la prueba de reconocimiento como se muestra en la figura C3.

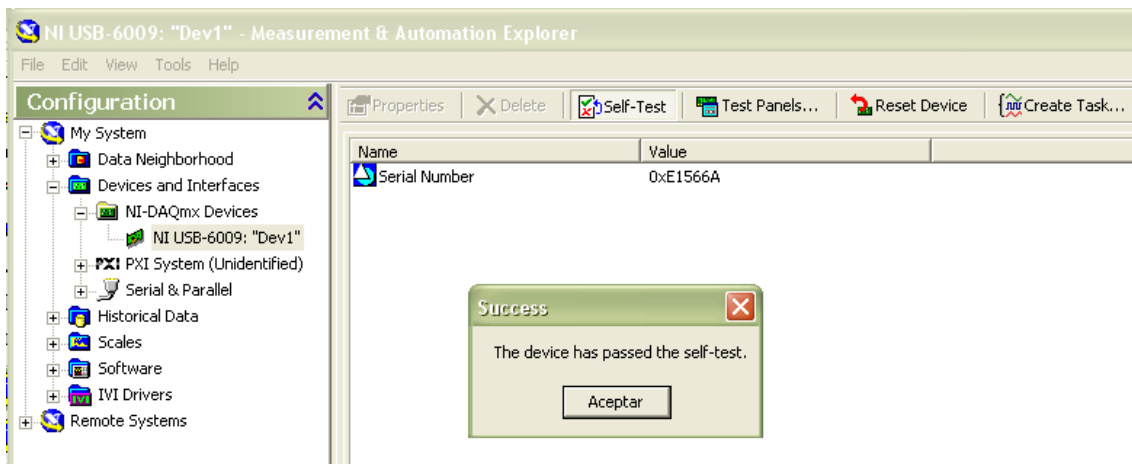


Figura C3 Suceso

3. TEST PANELS

Presenta en la pantalla varias opciones de configuración para.

- Entradas análogas
- Salidas análogas
- I/O digital
- Contador I/O

3.1 Entradas análogas

Existe una serie de opciones de configuración como se muestra en la figura C4:

Nombre del canal (Channel Name) 8 canales ai0/ai7.

- **Modo** (Mode) existen tres modos:
 - a. Sobre demanda (on demand)
 - b. Finito (Finite)
 - c. Continuo (Continuous)

- **Configuración de entradas** (Input configuration)
 - a. Diferencial (Differential)
 - b. RSE

- **Límite máximo de entrada** (Max input limit)
- **Límite mínimo de entrada** (Min input limit)

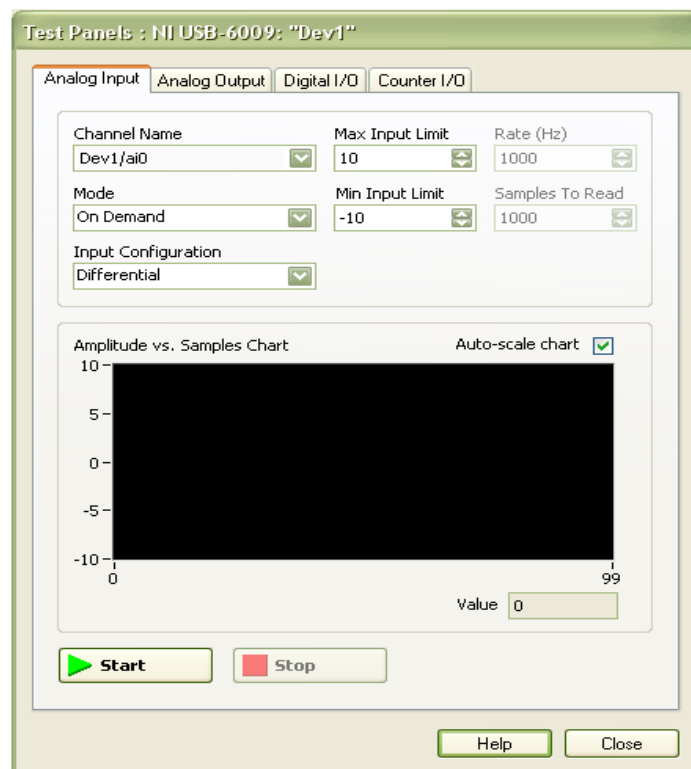


Figura C4 Test panels/entradas análogas

- **Amplitud Vs. Trazo de las muestras** (Amplitude vs. Samples chart) se puede observar en la figura C5 el trazado de las muestras de las entradas análogas.



Figura C5 Trazado de entradas análogas

3.2 Salidas análogas

Existe una serie de opciones de configuración como se muestra en la figura C6:

- **Nombre del canal** (Channel Name) 8 canales ao0/ao7.
- **Modo** (Mode)
 - a. DC Value

- **Configuración de entradas** (Input configuration)
 - a. **Diferencial** (Differential)
 - b. **RSE**

- **Límite máximo de salida** (Max input limit)
- **Límite mínimo de salida** (Min input limit)

Esta opción permite configurar el valor digital de salida como límite mínimo 0 y máximo 5.

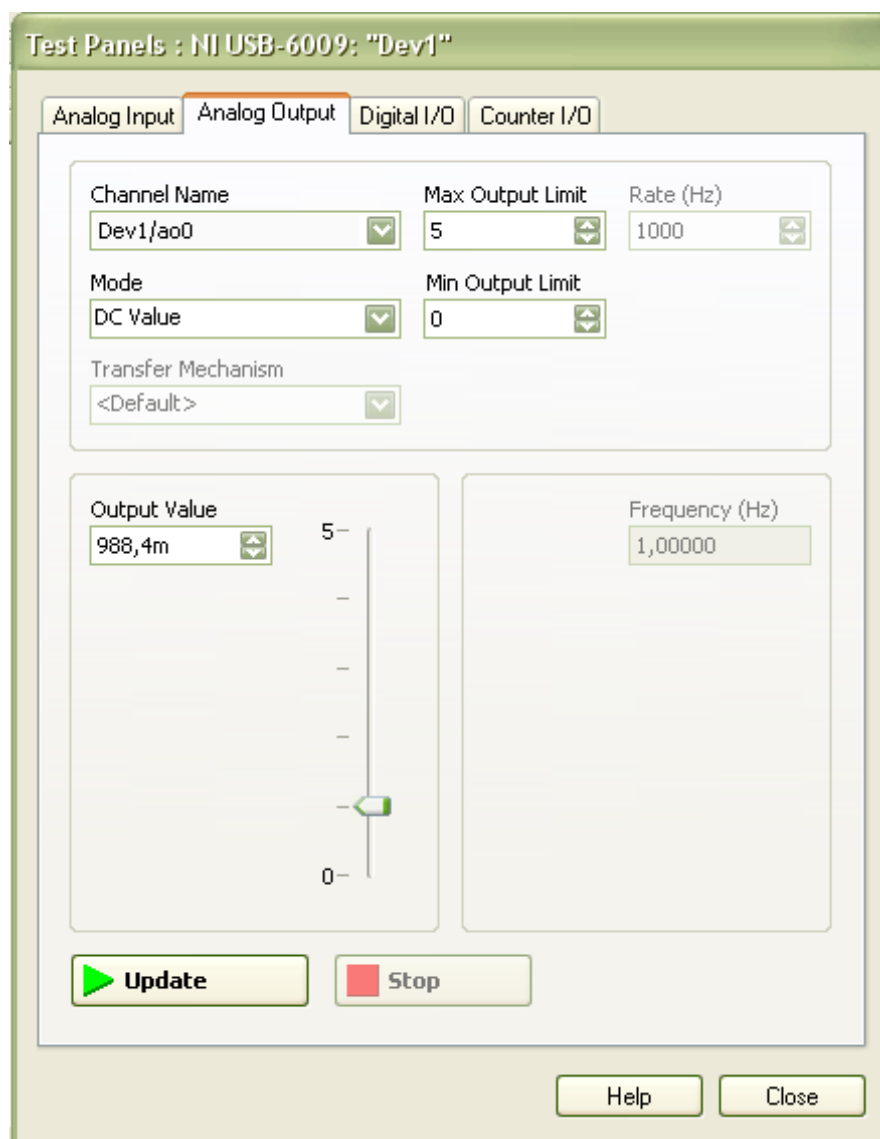


Figura C6 Test panels/salidas análogas

3.3 Digital I/O

Existe una serie de opciones de configuración como se muestra en la figura C7:

- **Seleccione puerto** (select Port), puerto 0-1.
- **Seleccionar dirección** (Select dirección) aquí seleccionamos la dirección de entrada y salida.
- **Seleccionar Estado** (Select State) en esta opción seleccionamos el estado alto 1 o bajo 0 de la dirección seleccionada anteriormente.

La validez de esta configuración se puede comprobar utilizando para la entrada la fuente que posee la propia NI UBS-9006 y enviando una señal a la dirección configurada como entrada y se podrá observar el encendido de un led en la opción **seleccionar estado**. Para la salida de datos digitales se puede utilizar un led conectado a la salida de la dirección configurada como salida y desde la misma opción **“seleccionar estado”** enviar un 1 lógico.

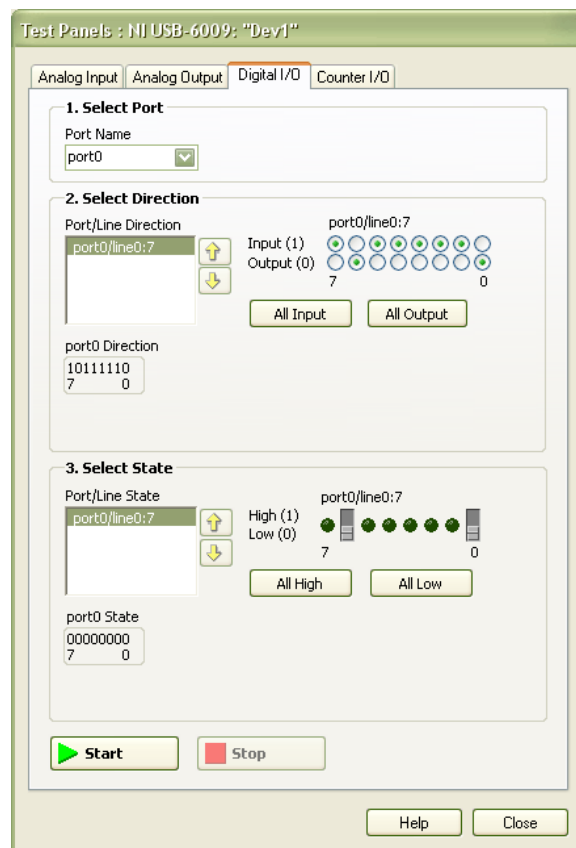


Figura C7 I/O Digital

3.4 Contador I/O Digital

Existe una serie de opciones de configuración como se muestra en la figura C8:

- **Nombre del canal** (Channel Name), ctr0.
- **Modo** (Mode), Contador de flancos
- **Borde fuente** (Edge Source), PFIO

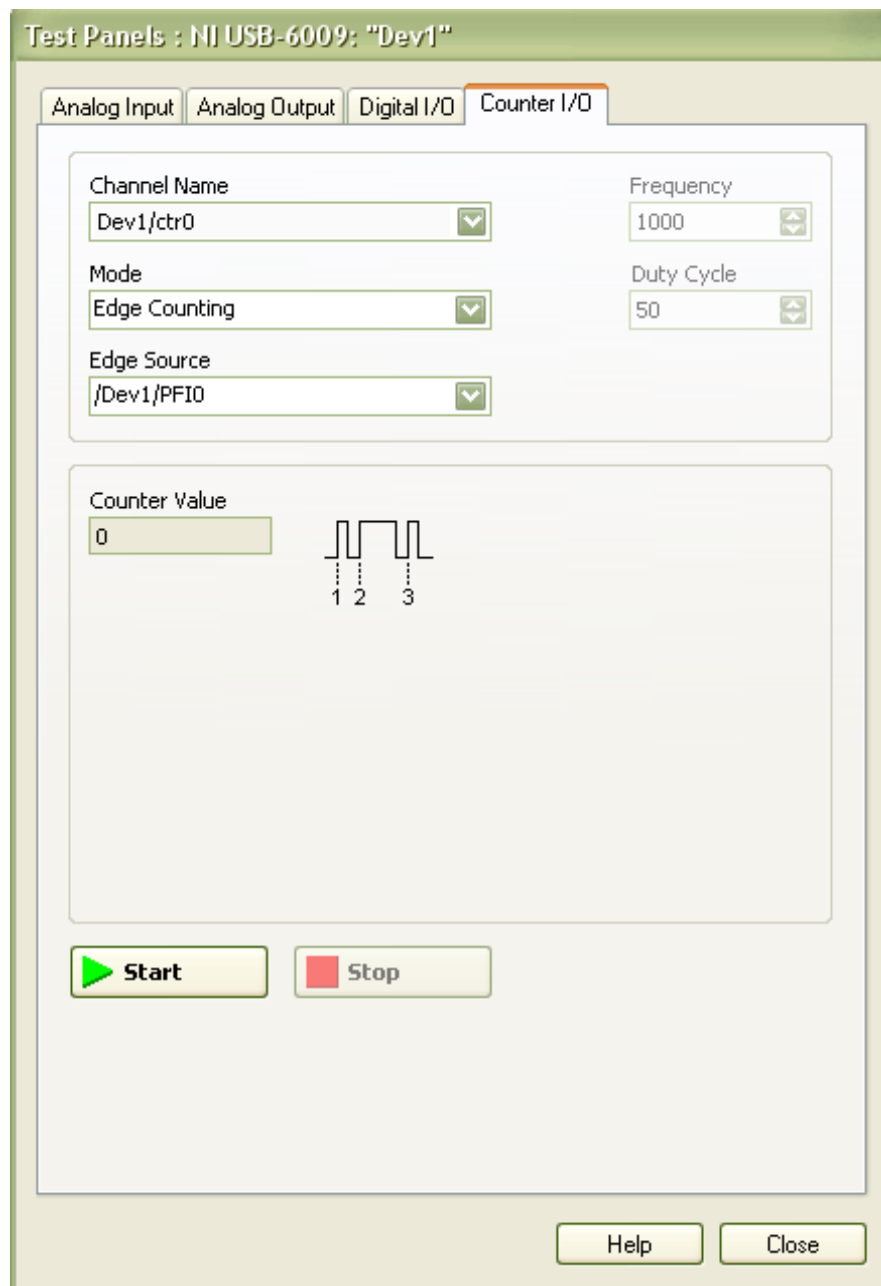


Figura C8 Contador I/O Digital

4. CREATE TASK

Esta opción sirve para crear tareas específicas en I/O digitales, I/O análogas así como en contadores I/O, permitiendo seleccionar canales físicos a tareas específicas como se muestra en la figura C9.

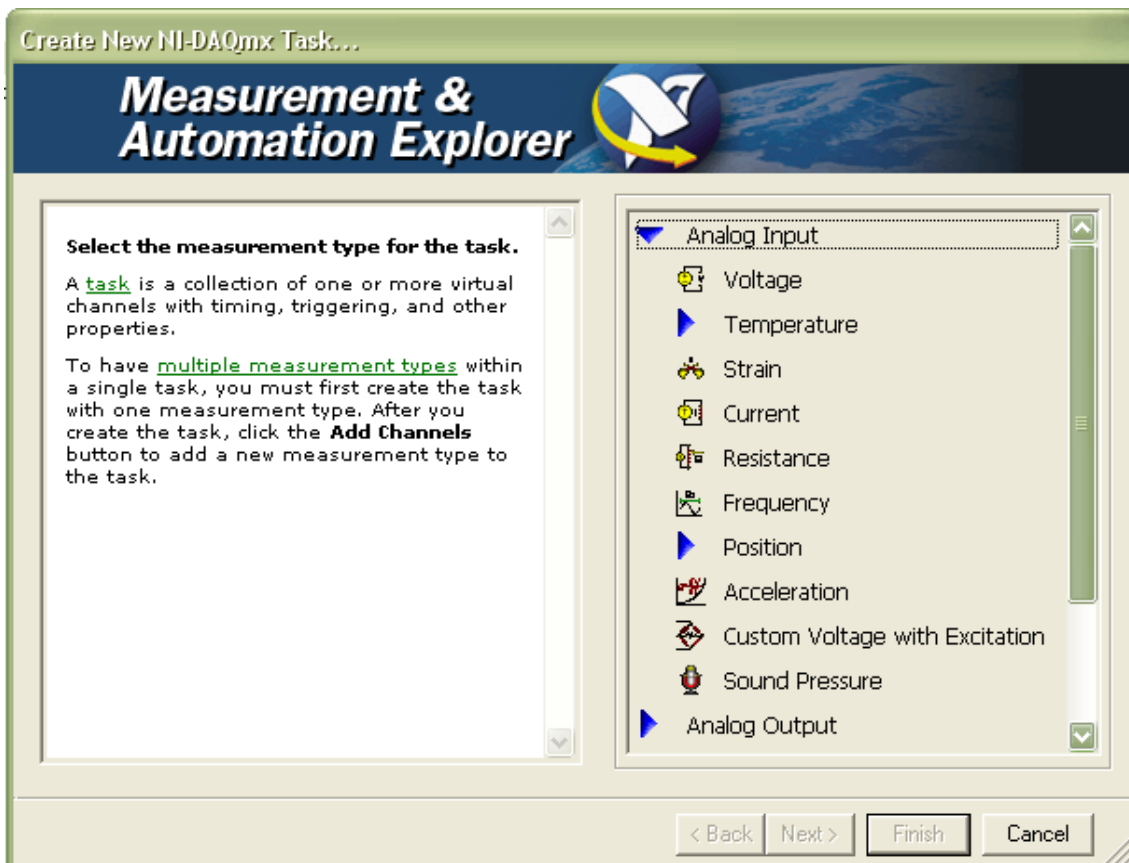


Figura C9 Creador de tareas

1.1

ANEXO C

**1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA
FIREWIRE**

1.1 IEEE-1394

1. DISTRIBUCIÓN DE PINES

En la figura C1 se ilustra la distribución de pines de la tarjeta FireWire.



4-pin conector	6-pin conector	Señal	Color	Descripción
	1	VCC	Blanco	+30V DC
	2	GND	Negro	Tierra
1	3	TPB-	Naranja	Par trenzado B
2	4	TPB+	Azul	Par trenzado B
3	5	TPA-	Rojo	Par trenzado A
4	6	TPA+	Verde	Par trenzado A

1.1 Figura C1 Distribución de pines

1.1

1.1 2. CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA FIREWIRE IEEE 1394

En la actualidad las computadoras de última generación incluyen en su hardware este puerto, en el mercado existe una gran variedad de tarjetas y a un costo muy reducido.

Al momento de implementarla en el PC y al reiniciar su computadora es reconocida automáticamente, pero si no hace se seguirá el siguiente procedimiento:

En el menú **INICIO>>panel de control >> agregar hardware** damos doble Clic, Fig. 2

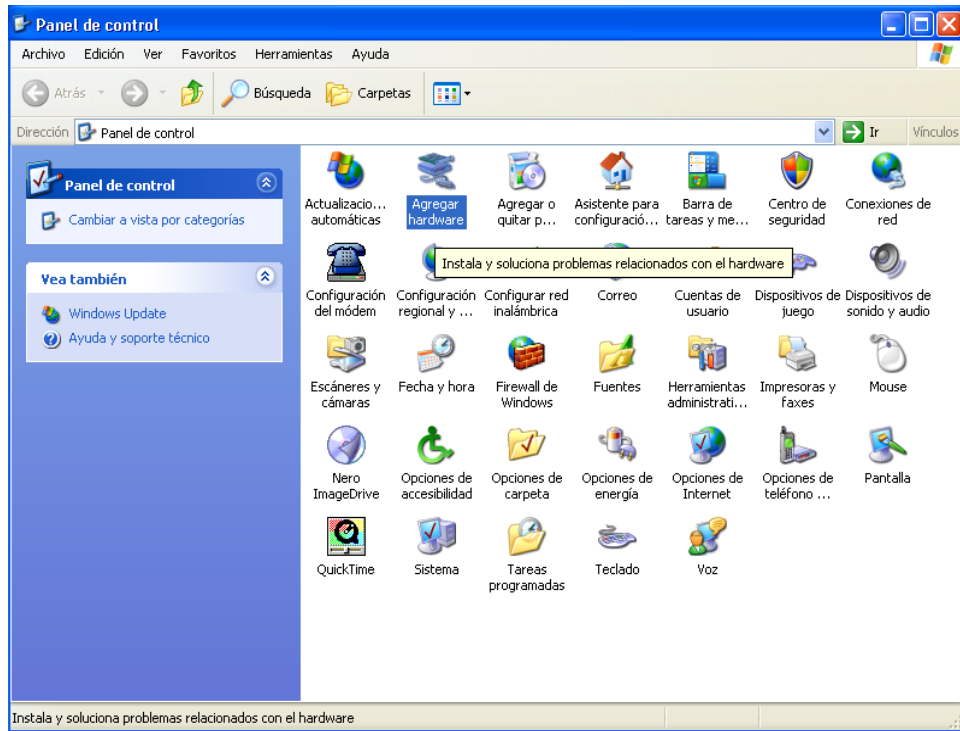


Figura 2 Panel de control

Es necesario especificar que al adquirir la tarjeta IEEE 1394 no incluye CD de instalación ya que no se lo necesita, el asistente ayudara a instalar el hardware agregado. [Siguiente >](#) Fig. 3



Figura. 3 Asistente para agregar Hardware

Una vez presionado siguiente la PC empieza a buscar el hardware conectado Fig. 4

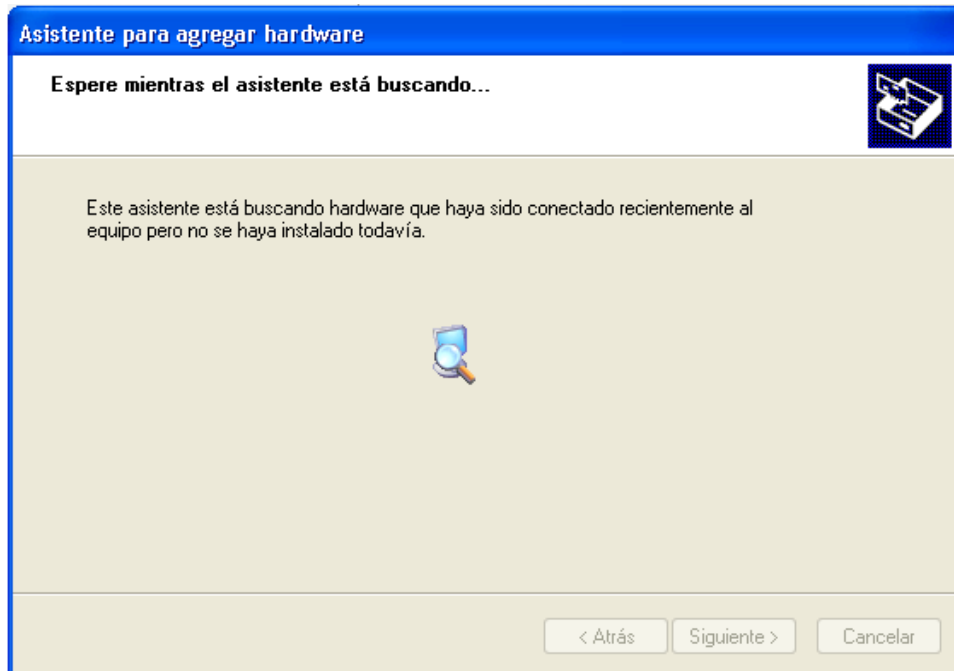


Figura 4 Asistente de búsqueda de Hardware

Una vez reconocido el hardware instalado, seleccionamos la primera opción.

[Siguiete >](#)

Fig. 5

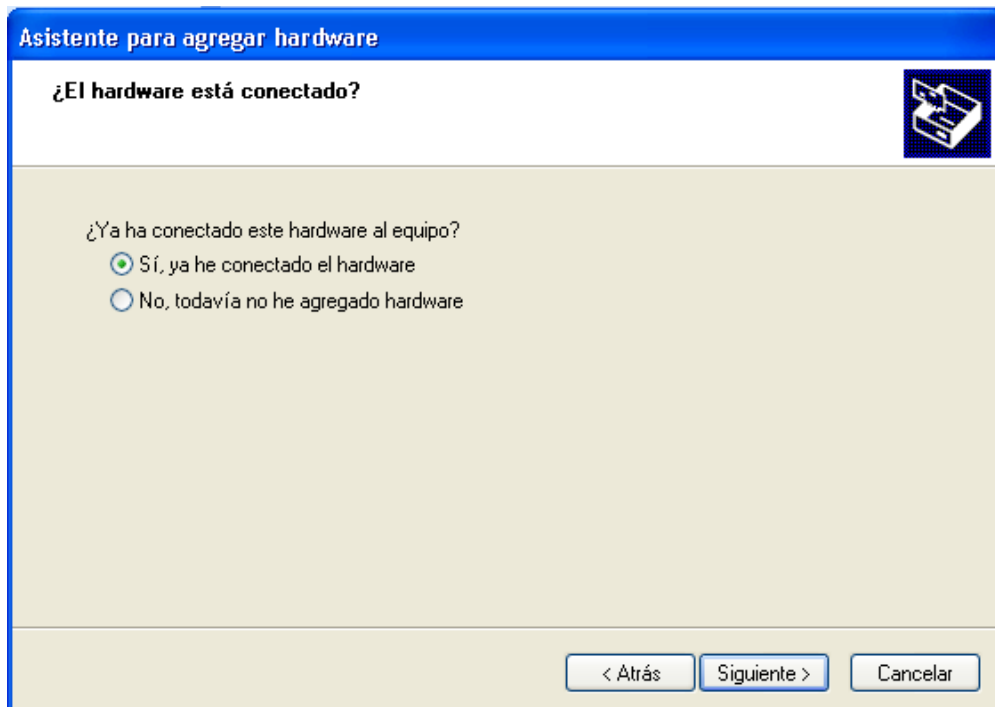


Figura 5 Reconocimiento de hardware

“El siguiente hardware ya esta instalado en su equipo” este mensaje nos indica que ha sido reconocido el hardware instalado de manera exitosa. . Fig. 6

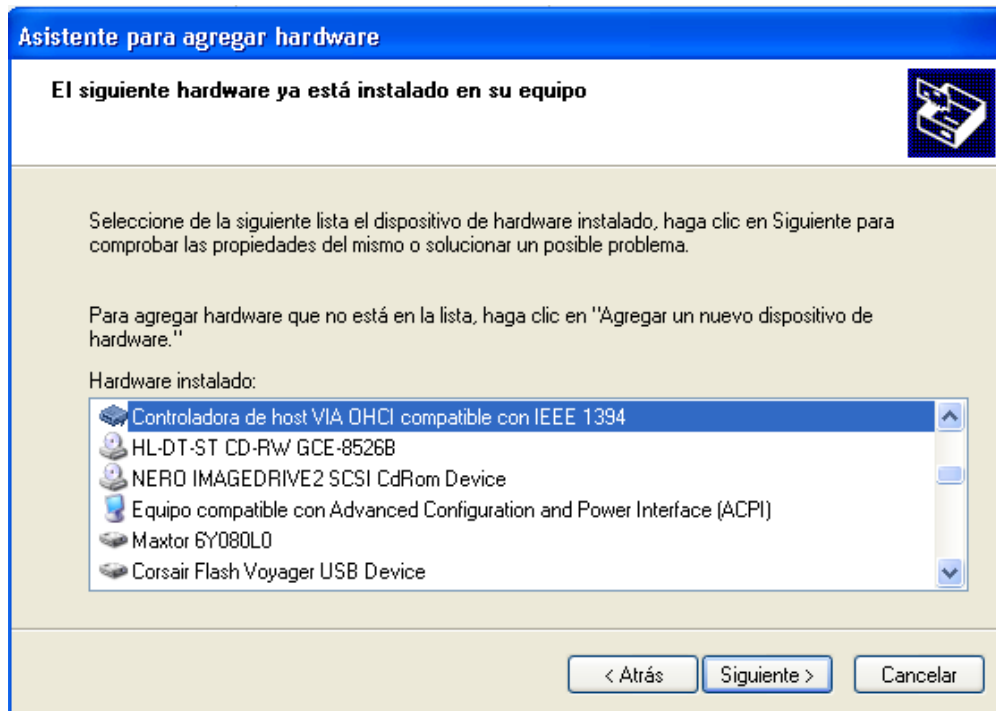


Figura 6 Dispositivo reconocido

Cuando existen problemas en reconocer un dispositivo de hardware ya sea por mala conexión o de mal estado del componente muestra la siguiente pantalla. Fig. 7

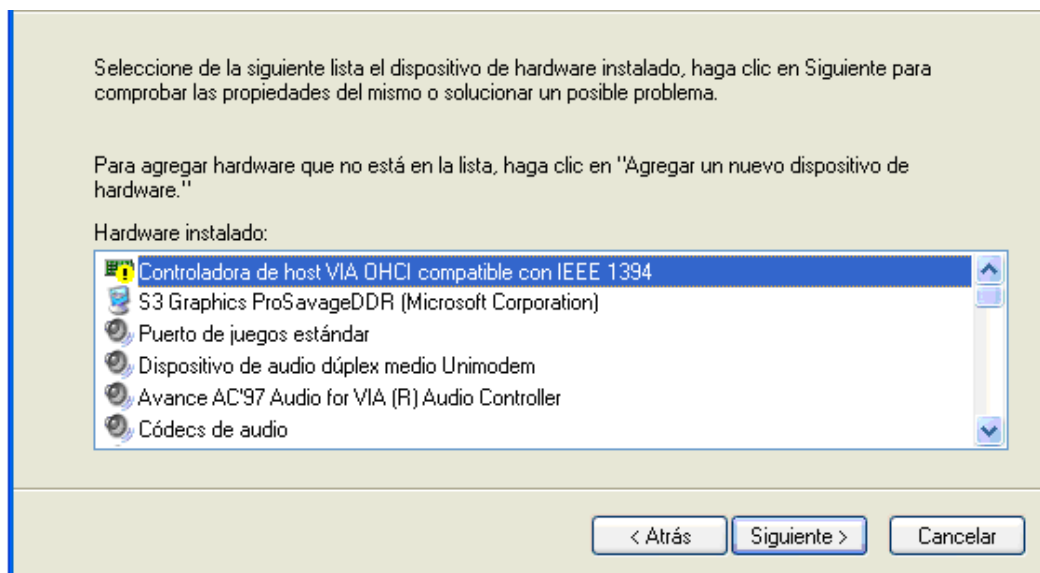


Figura 7 Dispositivo no reconocido

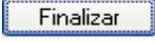
Si la agregación de hardware es exitosa . Fig. 8



Figura 8 Finalización del asistente

3. Actualización del controlador

Otro procedimiento similar a la anterior es utilizando el “**administrador de dispositivos**” que nos muestra una lista de dispositivos de hardware instalados en el equipo. Además este administrador nos permite cambiar las propiedades de cualquier dispositivo.

Para acceder al administrador de dispositivos realizamos al siguiente procedimiento:

Clic derecho **MI PC** la opción **Propiedades**. Fig. 9

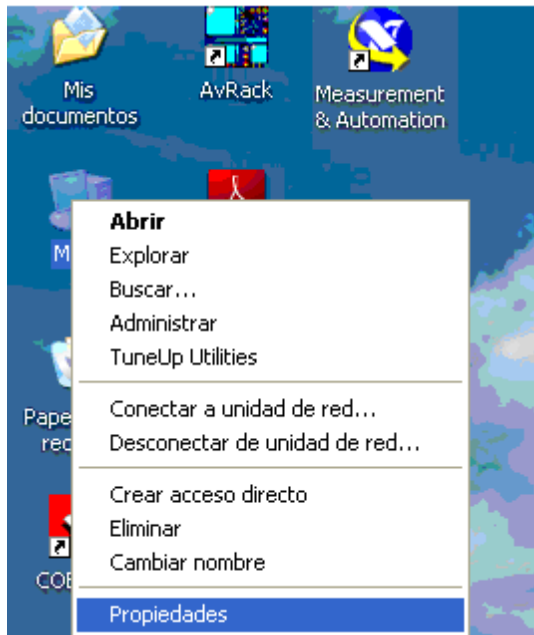


Figura 9 MI PC- propiedades

Una vez en propiedades del sistema Clic en **Hardware**. Fig 10.

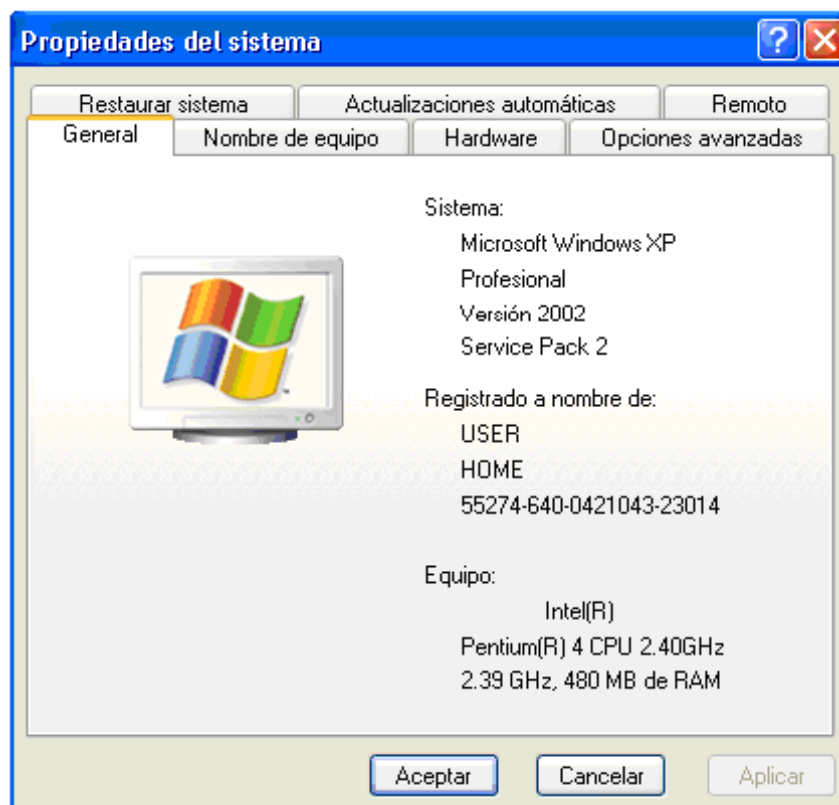


Figura 10 Propiedades el sistema

Dado clic en **hardware** despliega 3 opciones cada una de ellas nos explica su utilidad, escogemos la primera "Administrador de dispositivos". Fig. 11.

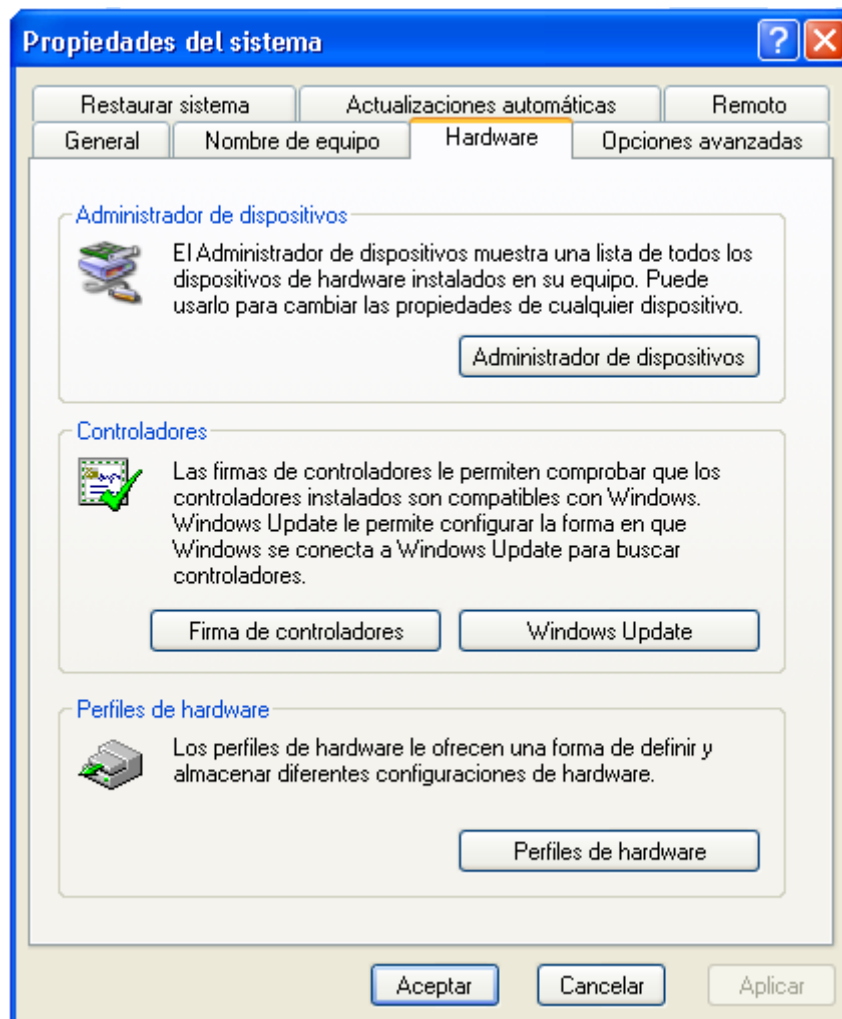


Figura 11 opciones de hardware

Ingresado en el administrador se observa una serie de dispositivos de hardware instalado en el equipo. Fig. 12.

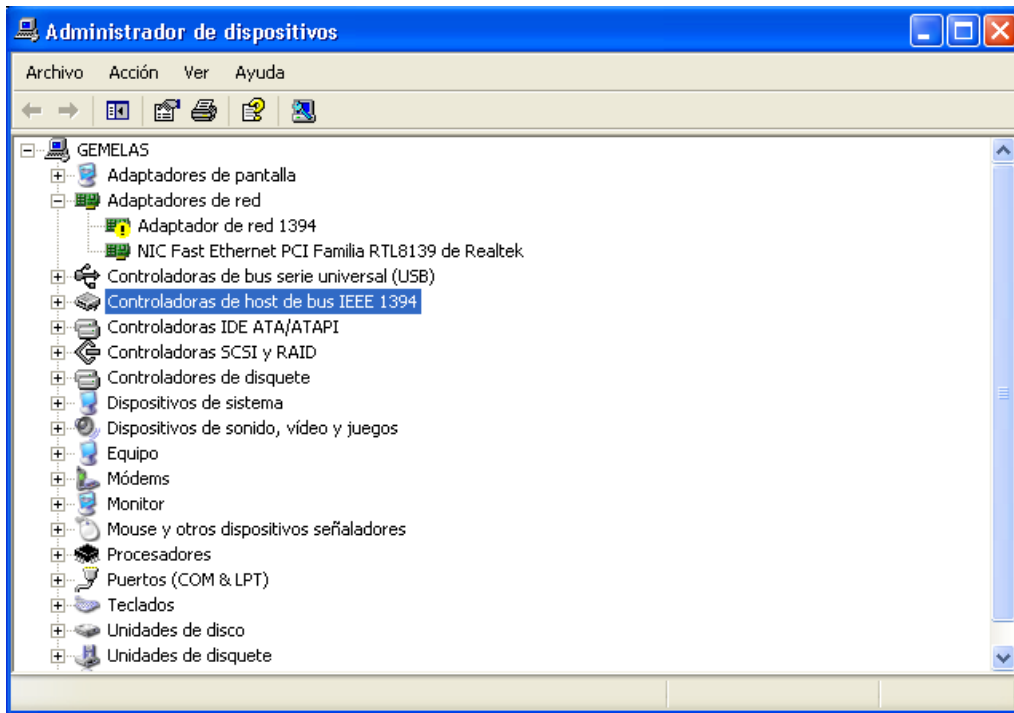


Figura 12 Dispositivos instalados

Clic en “Controladoras de host de bus IEEE 1394” Y se despliega “Controladoras de host VIA OHCI compatible con IEEE 1394”. Fig. 13

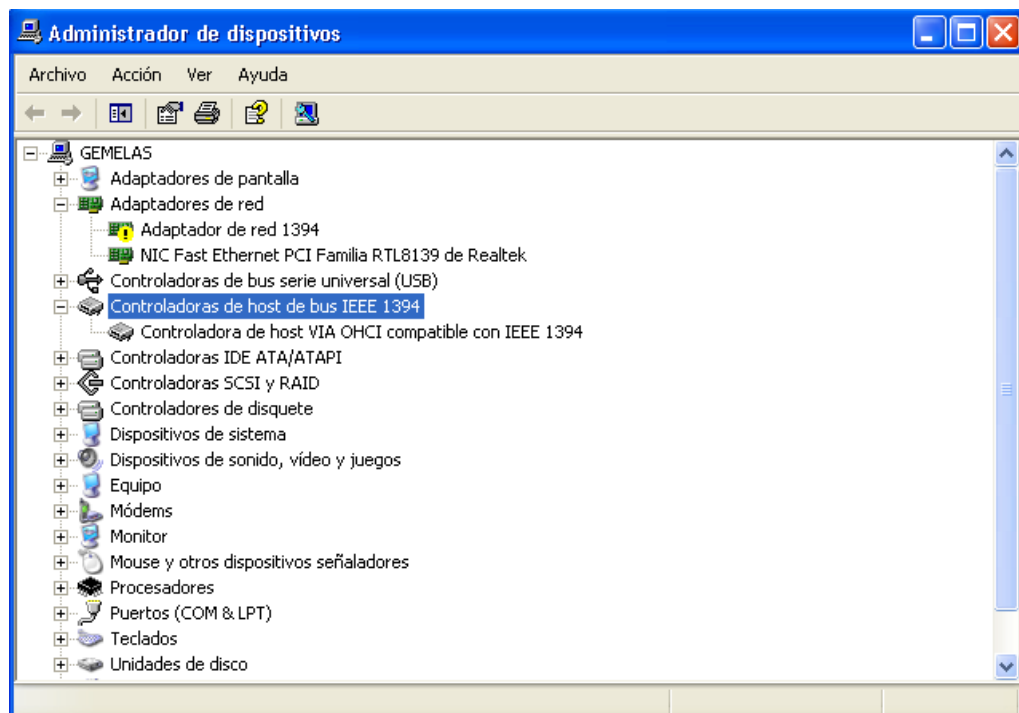


Figura 13 Controlador de host de bus IEEE 1394

Clic derecho en “Controladoras de host VIA OHCI compatible con IEEE 1394” escogemos opción “Actualizar controlador”. Fig 14

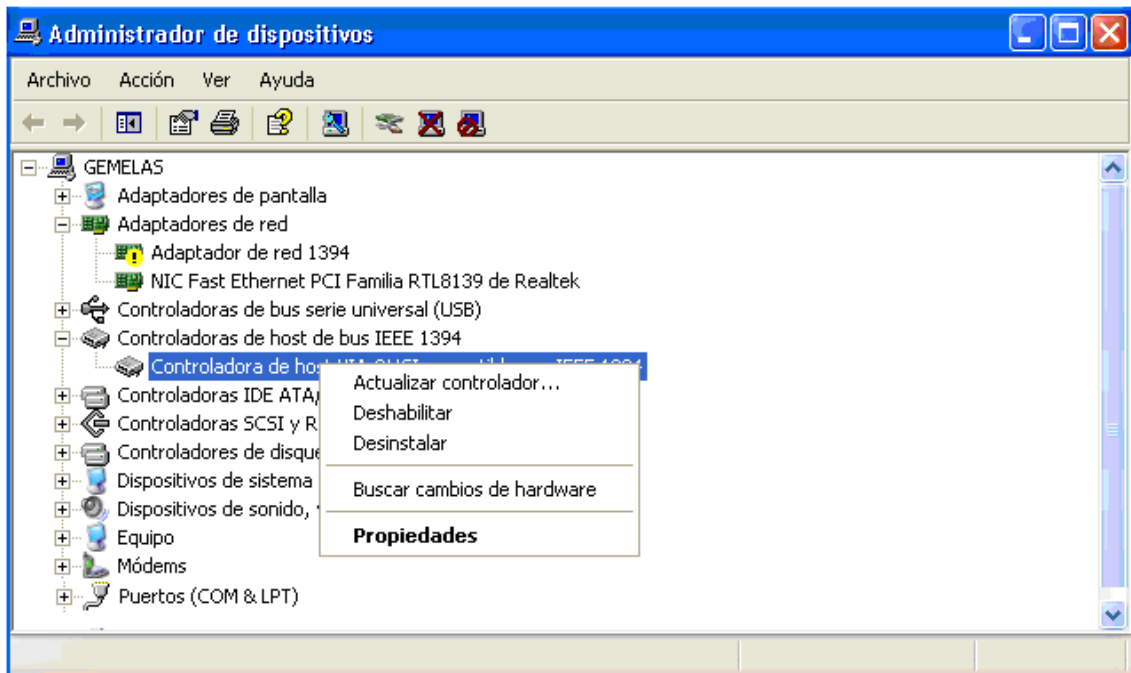
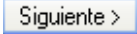


Figura 14 Opción-Actualizar controlador

Automáticamente se despliega el **asistente para actualización de hardware** como no se necesita de CD de instalación escogemos la primera opción. . Fig. 15.

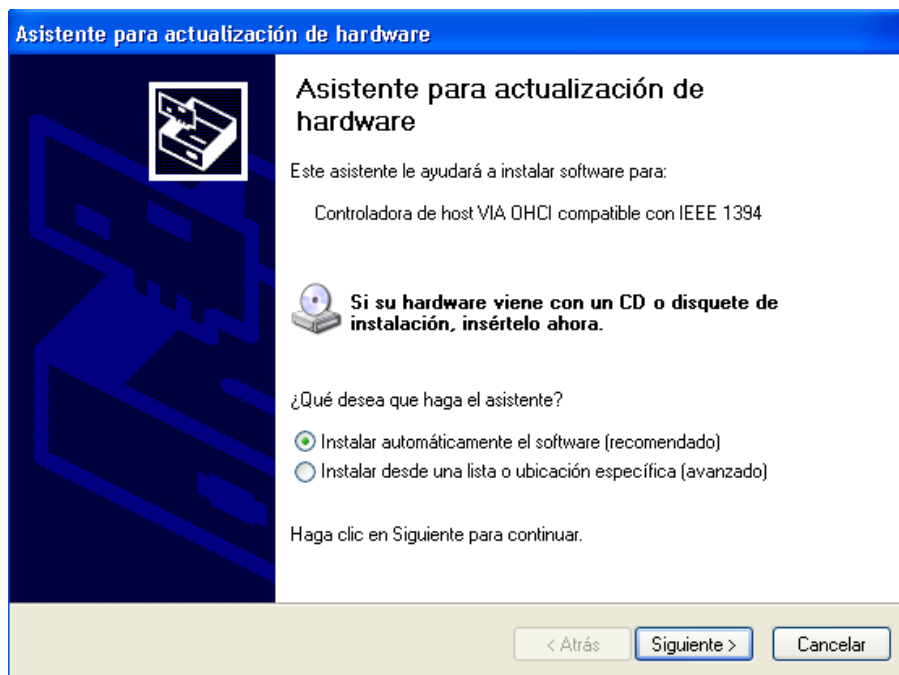


Figura 15 Actualización automática

Una vez actualizado. . Fig. 16

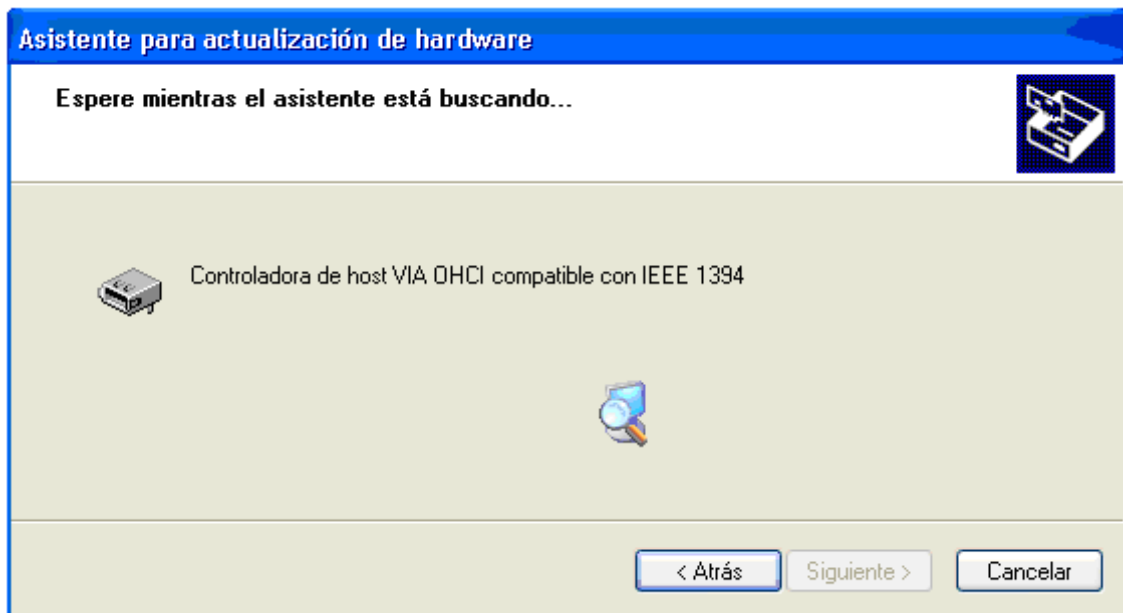


Figura 16 Asistente para actualización de hardware

Y por último. . Fig. 17

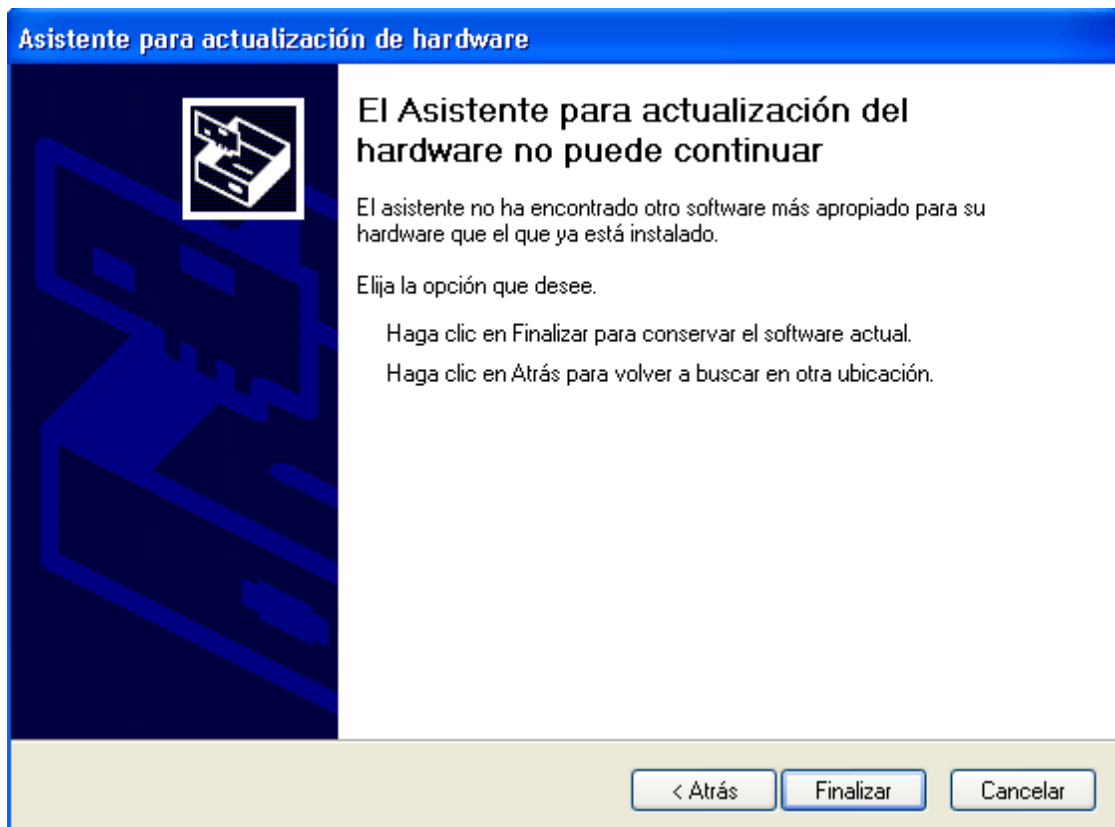


Figura 17 Finalizar

1.1 ANEXO D

1.1 MANUAL DE USUARIO

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1 MANUAL DE OPERACIÓN

En el presente anexo se indican los procedimientos que se debe seguir para la operación del sistema diseñado, tanto para la maniobra del sistema de transportación, neumático, montaje de la cámara, como también a través del programa en labVIEW. El presente proyecto ha sido diseñado en una forma sencilla para que cualquier persona con conocimientos básicos de computación lo pueda manipular.

1.- CONEXIÓN DE LA TARJETA USB A LA PLACA DE CONTROL

1.1 Conexión de la alimentación

Para el funcionamiento correcto de la placa de control que permite introducir la señal del sensor para la adquisición de la imagen, así como la señal de salida hacia el sistema neumático se debe realizar la alimentación en los diferentes dispositivos electrónicos, neumáticos y de fuerza que necesita el sistema.

Cabe señalar que la placa de control está fijada en una base deslizable y en ésta a su vez se encuentra ubicada en su exterior una bornera debidamente señalizada con cada una de las alimentaciones y señales que se manejan en el proceso. Para efectuar una conexión idónea se debe seguir los siguientes pasos.

1.- Conectar los tres terminales del sensor fotoeléctrico en la bornera.

- Café (alimentación)
- Negro (Salida)
- Azul (GND)

Nota: La alimentación del sensor puede variar de 10VDC a 36VDC.

2.- Conectar la alimentación propia de la tarjeta USB (5V) al terminal de la bornera.

3.- Conectar el terminal de la tarjeta USB "P0" al terminal de la bornera indicada con el mismo nombre, esta línea es utilizada como una entrada digital que es ingresada al computador para indicar al software de control el inicio de la adquisición de la imagen.

4.- Conectar el terminal de la tarjeta USB "P1" al terminal de la bornera indicada con el mismo nombre, esta línea es utilizada como una línea digital que permite la activación del sistema neumático.

5.- Conectar la alimentación de 12V al terminal de la bornera, ésto permitirá el funcionamiento del sensor y demás dispositivos electrónicos que intervienen en la placa de control.

6.- Conectar la alimentación de 24V al terminal de la bornera, esta tensión permite el funcionamiento de la electroválvula.

7.- Conectar el enchufe de 110V para activar el motor así como el circuito de iluminación.

2 CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS

1.- Conectar el cable IEEE-1394 en el puerto Firewire del computador.

2.- Conectar el cable de la tarjeta USB en el PC.

3.- Conectar la alimentación de aire a la electroválvula, no exceder una presión de 10 bar.

3.- MONITOREO O SUPERVISIÓN DESDE labVIEW

Para supervisar el proceso desde el programa labVIEW, se debe seguir los siguientes pasos.

3.1 Pantalla principal

En la Fig. D1 se muestra la pantalla que da inicio al programa, en la misma se encuentran tres botones como son:

3.1.1 Calibración.- Accede a la pantalla en donde permite hacer los ajustes de nivel de líquido.

3.1.2 Monitoreo.- Accede a la pantalla donde se visualiza el monitoreo en tiempo real.

3.1.3 Salir.- Abandona la ejecución del programa



Figura D1. Pantalla principal

3.2 Pantalla de calibración

En la Fig. D2, se muestra la pantalla que permite calibrar el nivel de líquido que se desea fijar.

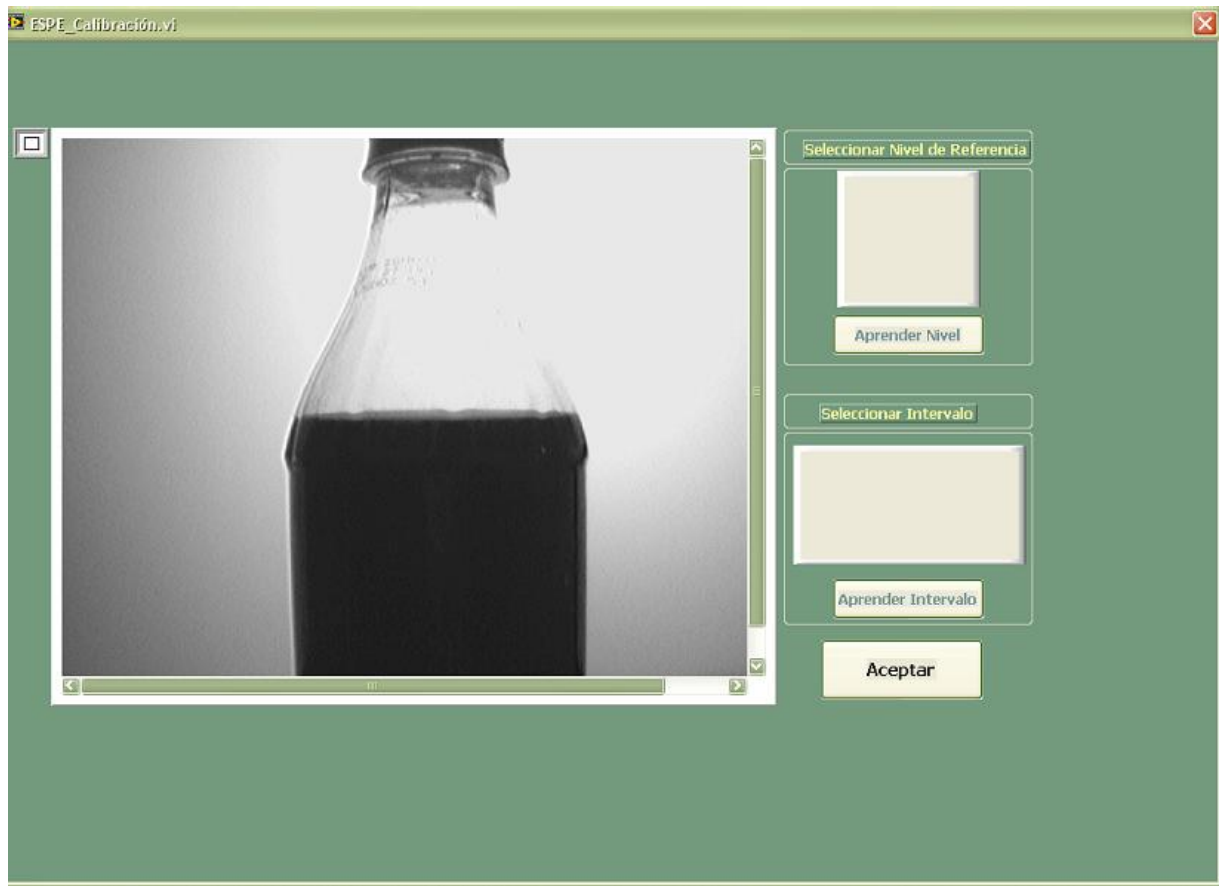


Figura D2. Pantalla de calibración

En ésta pantalla se encuentran dos opciones de calibraciones que se explican a continuación:

3.2.1 Aprender nivel.- Esta opción delimita la zona de análisis, es decir no se considerará la imagen desde la región marcada hacia la parte superior, para ello se utiliza el mouse para señalar la región como se muestra en la Fig. D3.

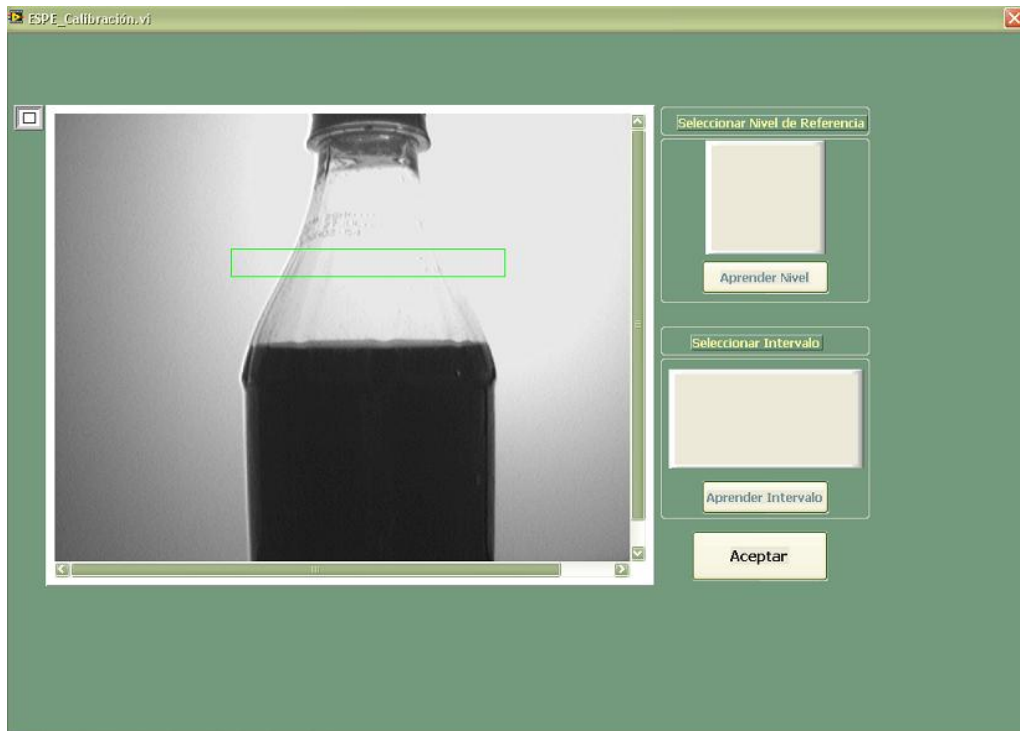


Figura D3. Señalando con el mouse

Luego de ésto presionar el botón *aprender nivel* para fijar la zona marcada. Una vez presionado, se puede verificar si ha sido aceptado observando la imagen que se encuentra en la parte superior del mencionado botón como se muestra en la Fig. D4.

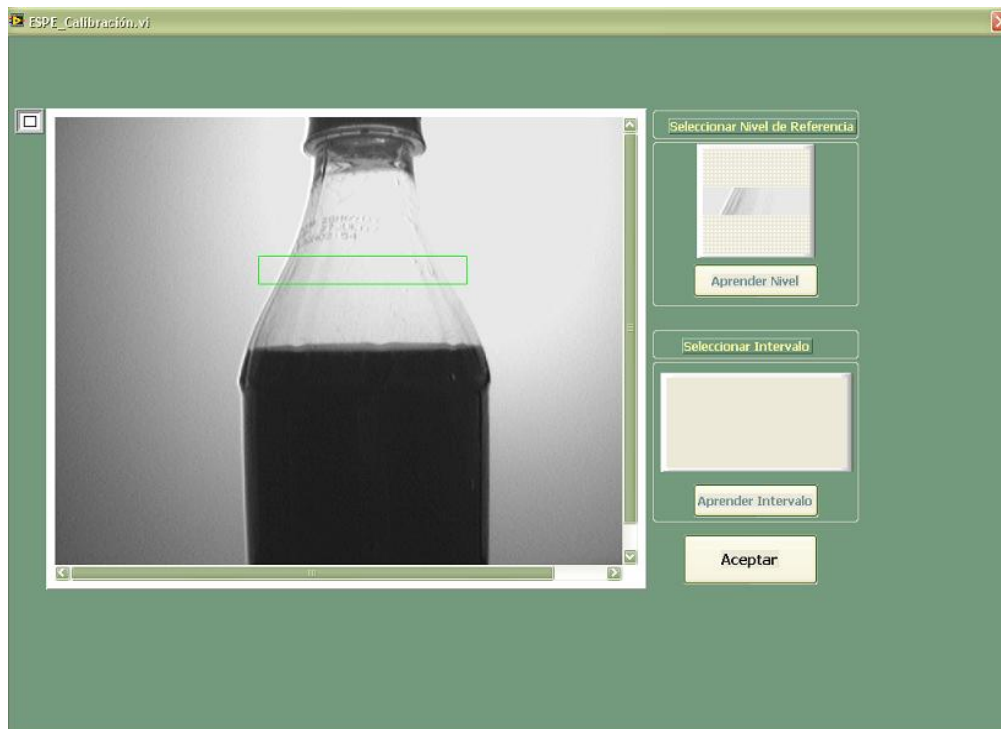


Figura D4. Verificación de la zona marcada

3.2.2 Aprender Intervalo.- Este control establece el rango del líquido que regirá en todo el proceso, de igual manera que en la opción anterior, se marca el intervalo deseado con el mouse como se muestra en la Fig. D5.

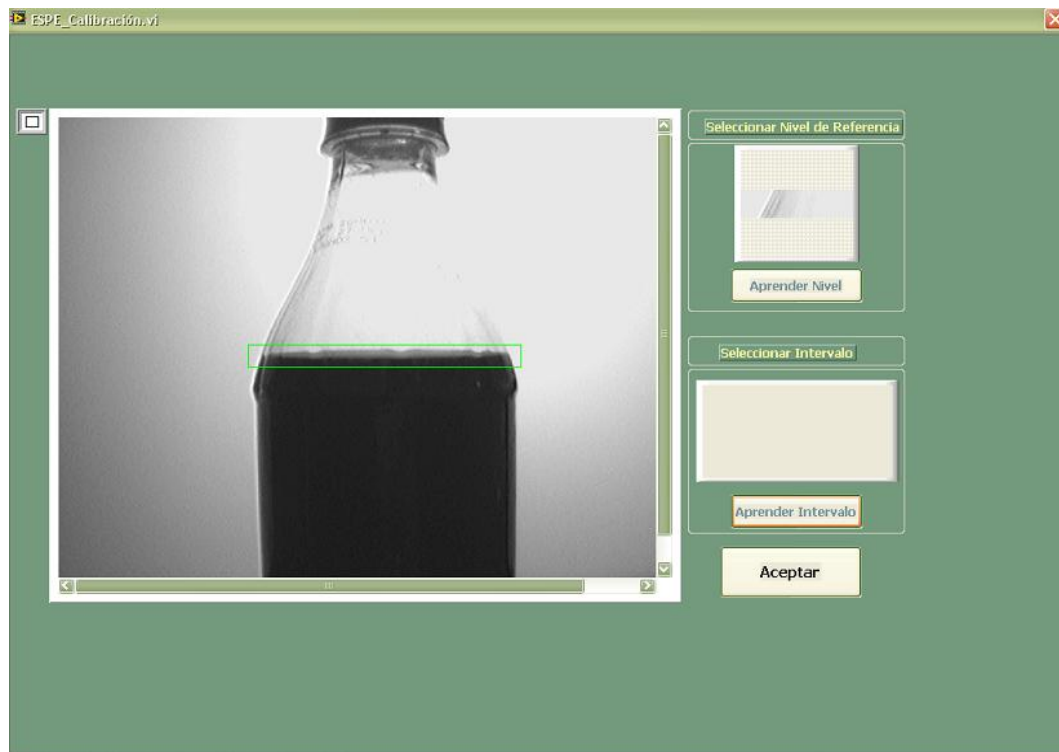


Figura D5. Aprender intervalo

Luego de ésto, presionar el botón *aprender intervalo* para fijar la zona marcada, una vez presionado se puede verificar si ha sido aceptado observando la imagen que se encuentra en la parte superior del mencionado botón como se muestra en la Fig. D6.

Una vez realizada la calibración respectiva, presionar *aceptar* para finalizar el proceso de calibración, en donde automáticamente regresa a la pantalla principal para continuar con la siguiente opción.

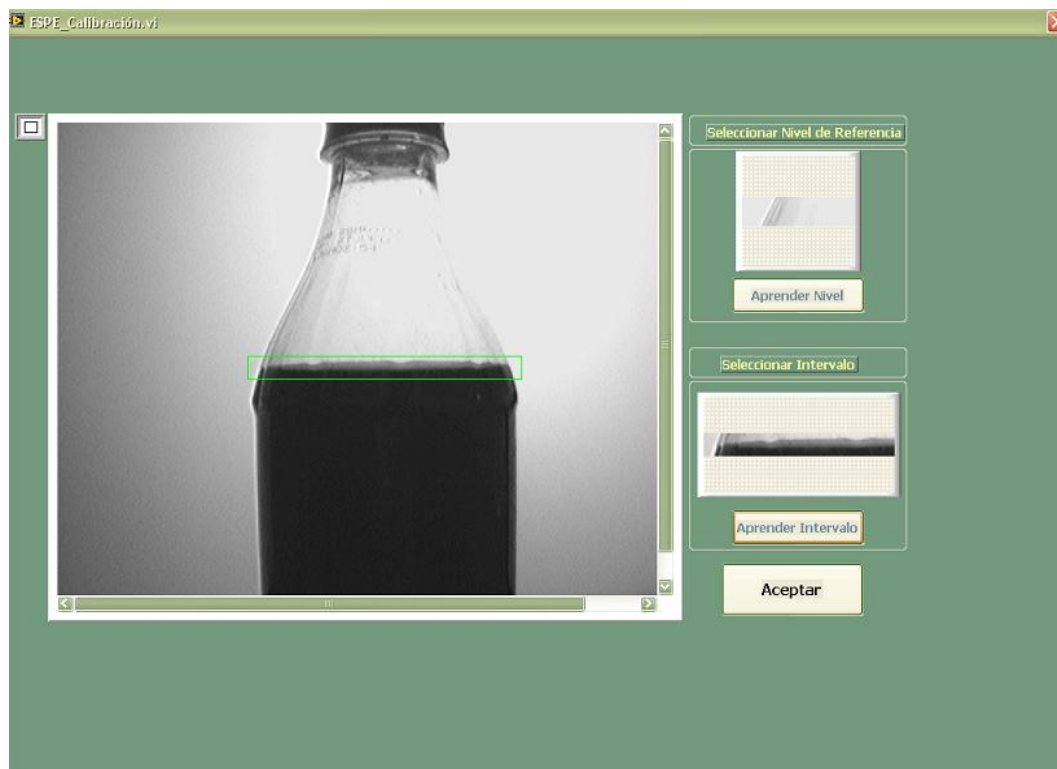


Figura D6. Verificación de la zona marcada

3.3 Pantalla de monitoreo

Esta pantalla permite visualizar la imagen de la botella en tiempo real, la misma que solo es adquirida cuando el sensor detecta su presencia, en la Fig. D7 se muestra la pantalla de monitoreo, en la cual se puede observar en forma gráfica y numérica el número de botellas buenas y malas así como su total, además existe un indicador booleano que cambia a color verde si el producto cumple con las características calibradas y por el contrario si no cumple con las mismas cambia a color rojo; existe también un indicador numérico con el nivel estimado de líquido que indica el promedio de las coordenadas de los píxeles en el eje x.



Figura D7. Pantalla de monitoreo en tiempo real

3.3.1 Análisis del producto

Cuando la botella es detectada, aparece su imagen y se puede observar que el nivel está dentro del rango, es analizada en visión y destinada como buena, por lo que seguirá en la banda de transporte hacia su destino como se muestra en la Fig. D8.

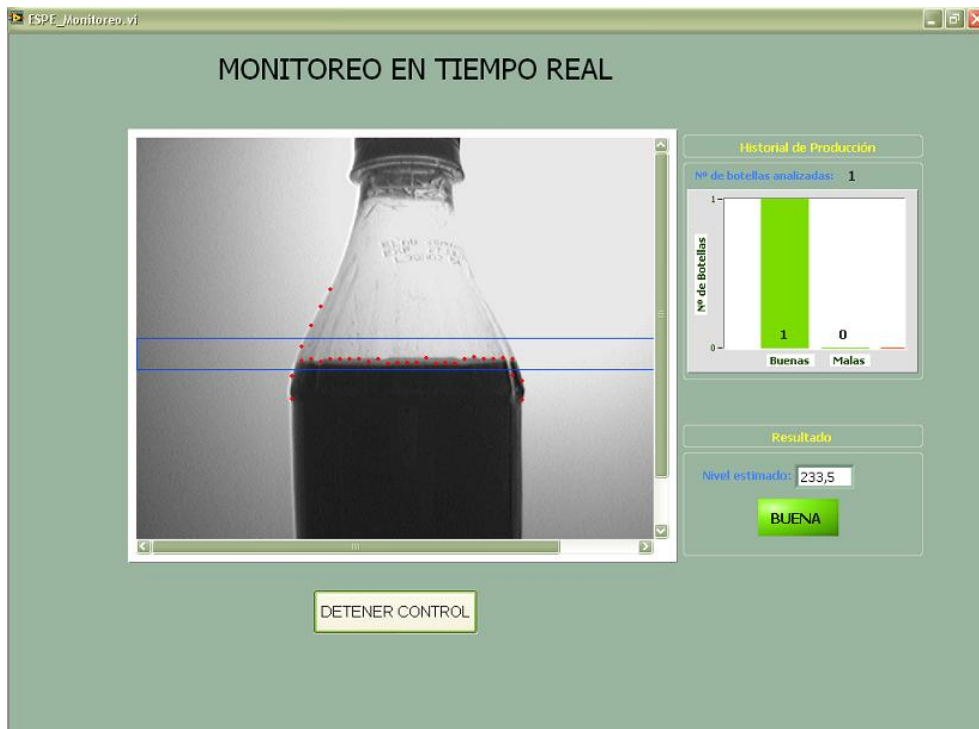


Figura D8. Nivel correcto

Por el contrario, cuando el software de inspección la detecta como mala, al no cumplir con las características de calibración, la botella será separada de la banda de transporte y el operario podrá visualizar este efecto, como se muestra en la Fig. D9.



Figura D9. Nivel incorrecto

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

Latacunga, Septiembre del 2007

Elaborado por:

CBOP. de I. Gavilánez F. Héctor M.

Albán C. Edwin D.

EL COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN

Ing. Armando Álvarez

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

Ab. Eduardo Vásquez Alcázar