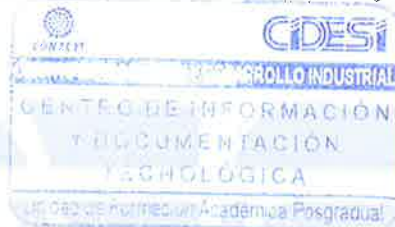




**CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO  
INDUSTRIAL**

**ESPECIALIDAD: TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA**



**PROYECTO: DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE DISTANCIA  
DE UN OBJETO UTILIZANDO DOS CÁMARAS MÓVILES**

**ASESOR: DR. LEONARDO BARRIGA RODRÍGUEZ**

007399

**PRESENTA: ING. EDREI REYES SANTOS**

**LUGAR Y FECHA: QUERÉTARO, QRO. FEBRERO 2015**



## **CONTENIDO**

---

---

Introducción.....	- 1 -
Planteamiento del problema.....	- 2 -
Justificación.....	- 3 -
Objetivos.....	- 3 -
Objetivo general.....	- 3 -
Objetivos específicos.....	- 3 -
Hipótesis.....	- 3 -
Alcances.....	- 4 -
Cronograma de actividades.....	- 4 -
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>- 5 -</b>
1.1 Elementos físicos de un sistema de visión por computadora.....	- 5 -
1.1.1 Sistema de procesamiento o módulo de proceso.....	- 6 -
1.1.2 Software de Visión.....	- 6 -
1.1.3 Sistema de captación.....	- 6 -
1.2 Imágenes digitales y muestreo.....	- 7 -
1.3 Tamaño de imagen y resolución.....	- 7 -
1.4 Cuantización.....	- 7 -
1.5 CCD y CMOS.....	- 8 -
1.6 Espacios de color.....	- 9 -
1.6.1 Espacio RGB.....	- 9 -
1.6.2 HSI.....	- 10 -
1.7 Segmentación y Umbralizado.....	- 11 -

1.7.1 Umbral único (Global thresholding).....	- 11 -
1.7.2 Umbral multinivel (Local thresholding).....	- 11 -
1.8 Operaciones en imágenes digitales.....	- 11 -
1.9 Extracción de características, reconocimiento e interpretación de formas.....	- 12 -
1.10 Cámara IP.....	- 13 -
1.11 Software y herramientas para procesamiento de imágenes.....	- 13 -
<b>CAPÍTULO II</b>	
METODOLOGÍA.....	- 15 -
2.1 Adquisición de la imagen.....	- 15 -
2.2 Segmentación.....	- 17 -
2.3 Binarización y reconocimiento del objeto.....	- 17 -
2.4 Cálculo de centro de masa.....	- 18 -
2.5 Seguimiento de objetos.....	- 18 -
2.5.1 Control Pan & Tilt.....	- 18 -
2.5.2 Centro de masa vs Centro de imagen.....	- 19 -
2.5.3 Sinergia.....	- 19 -
2.6 Calculo de distancia.....	- 20 -
2.6.1 Mínimos cuadrados.....	- 21 -
<b>CAPÍTULO III</b>	
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	- 23 -
3.1 Prueba de funcionamiento de las cámaras.....	- 23 -
3.2 Prueba de adquisición de la imagen.....	- 24 -
3.3 Reconocimiento del objeto.....	- 24 -
3.4 Seguimiento del objeto.....	- 25 -

3.5 Calculo de distancia.....- 26 -

CAPÍTULO IV

Conclusiones.....- 28 -

Bibliografía.....- 30 -

## **LISTA DE FIGURAS**

---

---

Figura 1 Elementos físicos de un sistema de visión por computadora.....	5 -
Figura 2 Sistema de captación.....	6 -
Figura 3 Tamaño de imagen.....	7 -
Figura 4 Cuantización de una imagen a 8, 4, 2 y 1 bit .....	8 -
Figura 5 Estructura de un sensor CCD.....	8 -
Figura 6 Estructura de un sensor CMOS.....	9 -
Figura 7 Espacio RGB representado en un cubo.....	10 -
Figura 8 Espacio HSI (Hue, Saturation and Intensity).....	10 -
Figura 9 Histograma bimodal ideal.....	11 -
Figura 10 Binarización de una imagen.....	12 -
Figura 11 Cámara IP Wi-Fi con movimiento horizontal y vertical.....	13 -
Figura 12 Cámara IP de FOSSCAM modelo FI8918W.....	16 -
Figura 13 Adquisición de la imagen en Labview.....	16 -
Figura 14 Terminal Output file del VI get.....	16 -
Figura 15 Vision acquisition assistant.....	17 -
Figura 16 Binarización y reconocimiento del objeto.....	17 -
Figura 17 Cálculo de centro de masa.....	18 -
Figura 18 Control Pan & Tilt.....	19 -
Figura 19 VI para seguimiento de objetos.....	20 -
Figura 20 Grafica Altura en pixeles vs distancia.....	21 -
Figura 21 Método de mínimos cuadrados.....	22 -
Figura 22 Interfaz web de la cámara IP.....	23 -
Figura 23 Prueba de adquisición de imágenes en Labview.....	24 -

Figura 24 Resultado de reconocimiento de objetos por color.....	- 25 -
Figura 25 Seguimiento de objetos.....	- 25 -
Figura 26 Altura en píxeles de un objeto.....	- 26 -
Figura 27 Algoritmo para obtener coeficientes de la ecuación polinómica.....	- 26 -
Figura 28 Distancia calculada de las cámaras al objeto.....	- 27 -

## **LISTA DE TABLAS**

---

---

Tabla 1 Altura en pixeles respecto a la distancia de la cámara 1.....	- 20 -
Tabla 2 Altura en pixeles respecto a la distancia de la cámara 2.....	- 21 -
Tabla 3 Datos y señales de respuesta.....	- 22 -
Tabla 4 Distancia real vs distancia observada cámara 1.....	- 27 -
Tabla 5 Distancia real vs distancia observada cámara 2.....	- 27 -

## INTRODUCCIÓN

La visión del hombre es binocular, es decir que el cerebro humano interpreta el entorno a partir de dos imágenes con pequeñas diferencias entre ellas, debidas a la separación que posee una persona entre sus ojos. La diferencia o disparidad entre estas imágenes es uno de los elementos utilizados, por el cerebro para apreciar la profundidad de una imagen determinada [1].

La visión artificial es un conjunto de técnicas y teorías basadas en el estudio del comportamiento de la visión humana, la cual trata de describir el mundo que se observa en una o más imágenes y reconstruir sus propiedades geométricas como: forma y tamaño; propiedades de los materiales como: color y textura; para este fin las imágenes son procesadas digitalmente en un computador y, utilizando distintos tipos de algoritmos que emulen la capacidad visual y otras destrezas para obtener un sistema inteligente [1].

Los métodos pasivos permiten obtener información de la profundidad de la escena mediante la fusión de dos o más escenas captadas mediante cámaras. Estas técnicas simulan la capacidad del ojo humano de captar la profundidad en una escena a partir de las dos imágenes tomadas por sus ojos [2].

Existen múltiples aplicaciones de la visión artificial en la industria, sobre todo en la realización de tareas que tengan carácter repetitivo, entre las principales actividades están la inspección, selección de productos, control de calidad, embalaje y monitoreo de procesos.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tanto en la industria como en la vida diaria, la tecnología se ha convertido en una herramienta no solamente útil si no que ha llegado a ser indispensable en distintas áreas en las que se desenvuelve el ser humano, llevando a cabo tareas que serían difíciles de realizar para el hombre, o incluso reemplazándolo por completo en trabajos donde la eficacia del hombre no es la adecuada. En la actualidad los sistemas tecnológicos están enfocados a resolver problemas concretos, lo que aumenta su efectividad, por ejemplo existen dispositivos que deben interactuar en situaciones en donde es de vital importancia detectar objetos, conocer la distancia a la que se ubica y si es necesario darle seguimiento. Tener acceso a esta información puede satisfacer necesidades o requerimientos específicos en distintas situaciones, como robots o sistemas de vigilancia que se encuentran en entornos con objetos en movimiento de manera parcial o constante. En estas condiciones si no se cuenta con las herramientas necesarias, dichos dispositivos se verían limitados en su desempeño, o incluso estarían imposibilitados para cumplir con el propósito deseado, teniendo consecuencias de distinta magnitud según sea el caso. Por lo tanto estos dispositivos, además de estar equipados por dos cámaras o más, deben incorporar un software que permita detectar objetos a su alrededor además de calcular la distancia a la que se encuentran dichos objetos a partir de las imágenes que capturen las cámaras.

Ese software no solamente debe detectar los objetos y calcular la distancia a la que se encuentran con la mayor exactitud posible, es significativo también que lo haga en el menor tiempo posible, habilitando incluso la capacidad de dar seguimiento a estos objetos, de manera que si fuera necesario se tomen decisiones apropiadas en base a la información proporcionada. Sin embargo obtener a través de un computador la distancia a la que se encuentra un objeto no se puede considerar como un procedimiento directo, ya que requiere un proceso de acondicionamiento y procesamiento de imágenes que facilitaran el desarrollo de algoritmos matemáticos a través de los cuales se obtiene continuamente la distancia entre las cámaras y un objeto determinado [1].

## JUSTIFICACIÓN

La visión artificial es una tarea más difícil a comparación de lo que pueden lograr las personas, sin embargo sus aplicaciones cada vez son más demandadas en todos los campos del desarrollo humano, por lo que puede concluirse que el uso de la visión artificial es una de las maneras más eficientes que existen para adquirir información acerca de un objeto en determinada escena, además de calcular la distancia a dicho objeto de forma continua, para ello se requiere dar seguimiento al objeto. Lo cual es información muy útil en muchos y diversos campos de la tecnología, como en la robótica, en la que un robot móvil debe poseer información precisa sobre el ambiente que le rodea para poder operar sin riesgo alguno. Es por ello que se hace necesario el desarrollo de una aplicación a través de la que se logre obtener la detección de un objeto y distancia a la que se encuentra.

## OBJETIVOS

### Objetivo general:

- Realizar una aplicación basada en Labview que permita detectar un objeto, seguir su trayectoria y estimar la distancia del mismo a través dos cámaras móviles usando National Instruments Vision Acquisition Software (NI VAS)

### Objetivos específicos:

- Diseñar e implementar una aplicación que permita detectar un objeto en una escena bidimensional, por medio de dos cámaras móviles.
- A partir de la detección del objeto, generar un algoritmo para dar seguimiento al objeto utilizando el Pan & Tilt de las cámaras móviles.
- Diseñar e implementar una aplicación que permita estimar la distancia que existe desde las cámaras móviles hacia un objeto en una escena bidimensional, haciendo uso de visión artificial y de un algoritmo adecuado para dicho propósito.

## HIPOTESIS

A partir del análisis de imágenes obtenidas por una cámara ¿Es posible detectar un objeto, obtener la distancia de la cámara al objeto y seguirlo utilizando el Pan & Tilt de la misma?

## ALCANCES

El impacto que se genere con la realización de este proyecto se presenta a continuación:

- Implementar el uso de la visión artificial para la detección y medición de distancia de un objeto.
- Utilizar dos cámaras móviles que sean capaces de detectar objetos dentro de su rango de operación
- Una aplicación en LABVIEW como base para cumplir con el objetivo de detectar, seguir y medir la distancia de un objeto.
- Establecer las bases para usos futuros de esta aplicación en diferentes sistemas de visión donde se requiera la detección, seguimiento y distancia de un objeto.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	FECHAS							
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
Recolección y procesamiento de la información.								
Manejo de N VAS								
Diseño y programación de la aplicación								
Adquisición de imágenes en tiempo real								
Diseño y construcción de los prototipos para la escena								
Procesamiento de imágenes								
Implementación del algoritmo para calcular distancias								
Pruebas de funcionamiento								
Redacción								

# CAPÍTULO I

## MARCO CONCEPTUAL

El procesamiento de imágenes digitales tiene sus orígenes a mediados del siglo pasado, con el desarrollo de la televisión y la generación de las primeras imágenes por computador, ya para 1969 Azriel Rosenfeld [3] realizaba una compilación de trabajos sobre la materia, abordando temas como la compresión, mejoramiento y restauración de imágenes así como el reconocimiento de patrones y segmentación. Hoy en día existen diversas aplicaciones para los sistemas de visión artificial y su uso se lleva a diferentes áreas como la radiología, meteorología, microscopía, oceanografía, mapeo aéreo, robótica, inspección industrial, entre muchas otras [4]. Para facilitar la comprensión del presente documento a continuación se incluyen los conceptos fundamentales con respecto a las herramientas utilizadas durante la realización del proyecto.

### 1.1 Elementos físicos de un sistema de visión por computadora

Los pilares del sistema físico de visión por computadora, son dos: el sistema de percepción y el sistema de actuación. El primero está constituido por los sistemas de iluminación, de captación de la imagen y de adquisición de señal en la computadora. Una vez introducida la señal en la computadora, ésta es procesada mediante el o los algoritmos para transformarla en información útil, para la toma de decisiones, acerca del objeto que se está analizando. Esta información, es utilizada por el sistema de actuación u actuador externo del proceso (robot, actuador final, autómatas programables, etc.), [5].

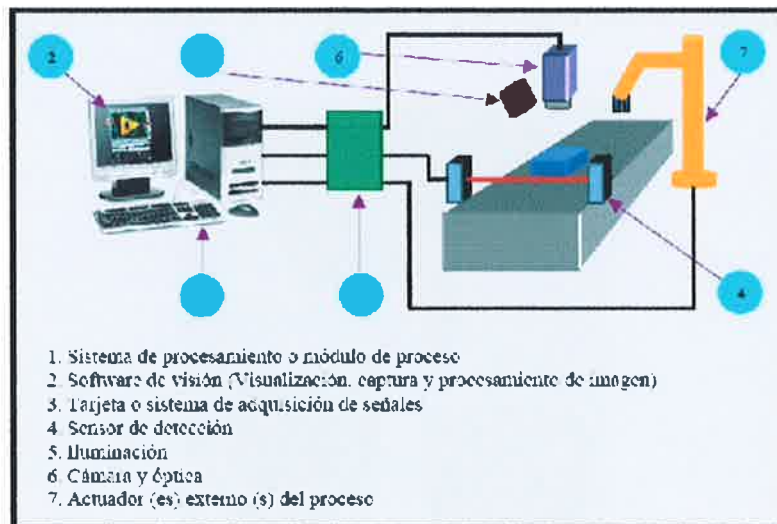


Figura 1 Elementos físicos de un sistema de visión por computadora.

### 1.1.1 Sistema de procesamiento o módulo de proceso

El sistema de procesamiento suele ser una computadora o un clúster de computadoras, dependiendo de las necesidades de los algoritmos de visión a utilizar; y con las cuales se aplican las herramientas de visión adecuadas, a imágenes provenientes del sensor de visión, Se trata del sistema encargado de recibir y analizar las imágenes de los objetos a inspeccionar, a una velocidad necesaria para poder interactuar con otros dispositivos en tiempo real. Partiendo de una representación digital de las imágenes, el módulo de proceso, procesa la información digital, hasta alcanzar información de más alto nivel (decisión binaria), ayudando a la interacción con las aplicaciones o actuadores externos del proceso. [5]

### 1.1.2 Software de Visión

La base del software de un sistema de visión es la interpretación y análisis de los píxeles. El resultado final puede ser, desde la medida de una partícula, a la determinación o lectura de una serie de caracteres (OCR), pasando por cualquier otro proceso que podamos imaginar sobre las imágenes [5].

### 1.1.3 Sistema de captación

La cámara es el dispositivo que utilizando un juego de lentes (objetivo) reconstruye una imagen sobre un elemento sensible (sensor), y la transmite al sistema de adquisición de la computadora, dicha transmisión puede ser digital o analógica, La cámara desempeña la función de sensor en un sistema de visión por computadora. Los sensores de imagen son componentes sensibles a la luz, que modifican su señal eléctrica en función de la intensidad luminosa que perciben. Existen distintas tecnologías para la captura de imágenes, siendo la naturaleza del proyecto, la que determine la más adecuada en cada caso. [5]



Figura 2 Sistema de captación.

007399

## 1.2 Imágenes digitales y muestreo

Una imagen digital se refiere a la interpretación binaria (codificada en 1 y 0), de una representación gráfica. Es posible clasificar diferentes tipos de imágenes digitales tomando como base algunas características como pueden ser el tamaño, la profundidad de bits y la modalidad de compresión. [6].

El muestreo es el proceso de convertir una señal de tiempo continuo a una señal de tiempo discreto. En el campo de las imágenes digitales, podemos ver al muestreo desde dos perspectivas, la primera de ellas tiene que ver con la frecuencia de tiempo a la que capturamos las diferentes imágenes. La otra perspectiva del muestreo en imágenes digitales tiene que ver con qué tanta información extraemos de la captura realizada, es decir, qué tantos pixeles muestreamos en una imagen y esto se relaciona directamente con la resolución de la misma [4].

## 1.3 Tamaño de imagen y resolución.

El tamaño de la imagen está dada en pixeles. Este tamaño da las dimensiones de la imagen (ancho x alto) de una foto de cámara digital, por ejemplo, 4608 x 3072 pix. El ancho comúnmente es el primero en aparecer. Una imagen de cámara digital nunca tendrá DPI, cm o pulgadas como unidad de medida, solamente tendrá Pixeles.

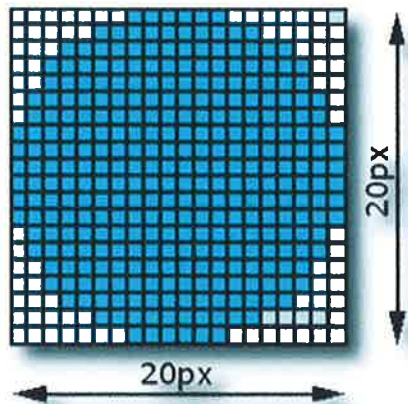


Figura 3 Tamaño de imagen.

La resolución es el producto del ancho y alto de una imagen digital dada en pixeles. Una imagen con el tamaño 4608 x 3072px tendrá una resolución de 14155776 Pixeles, que nos daría alrededor de 14,2 Mega Pixeles. Los fabricantes de cámaras digitales gustan de clasificar sus productos usando Mega Pixeles.

## 1.4 Cuantización

Se refiere a la conversión de una imagen con un rango continuo de valores a una imagen que tome valores a partir de un rango discreto. Esto se hace por lo general mediante un

proceso de redondeo, al truncar o realizar algún otro método destructivo de información. La cuantización es un paso previo necesario al procesamiento digital ya que las diferentes intensidades en una imagen deben ser representadas con una precisión finita para cualquier procesador digital [4].

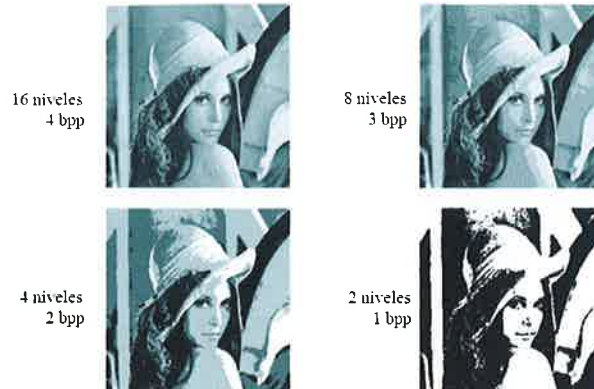


Figura 4 Cuantización de una imagen a 8, 4, 2 y 1 bit

### 1.5 CCD y CMOS

El mecanismo de transferencia de la carga de un CCD se produce cuando la luz (fotones) incide en la superficie de un CCD, se acumula una cantidad de carga (electrones) en cada celda del sensor de CCD (elementos fotosensibles) en función de la cantidad de luz incidente. Finalizada esta etapa, la carga de cada una de las celdas del sensor de CCD debe transferirse hasta el dispositivo de salida para que la información de exposición sea transformada mediante el proceso de digitalización en una imagen digital [5].

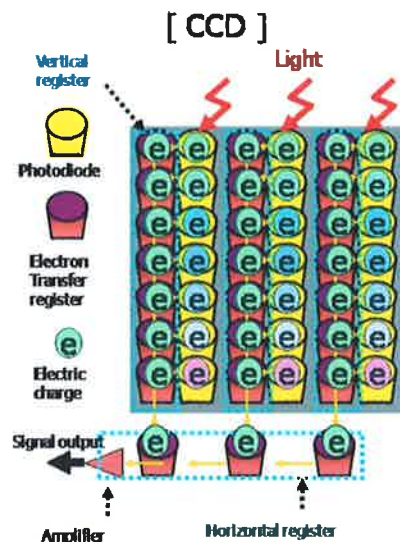


Figura 5 Estructura de un sensor CCD.

Es un sensor que se compone de un arreglo de transistores, su proceso de fabricación es similar al de los circuitos impresos convencionales por lo que se reduce mucho el costo con respecto al CCD. Similar a este último el CMOS dispone de sensores detectores de fotones. Sin embargo, en el CMOS la información de cada pixel es amplificada de manera individual y su arreglo es parecido al de un chip de memoria por lo que es perfectamente posible realizar un direccionamiento a cualquier región de interés, es decir, que no necesariamente debemos leer siempre la imagen en su totalidad. Para imágenes a color se realiza el mismo procedimiento para cada canal [5].

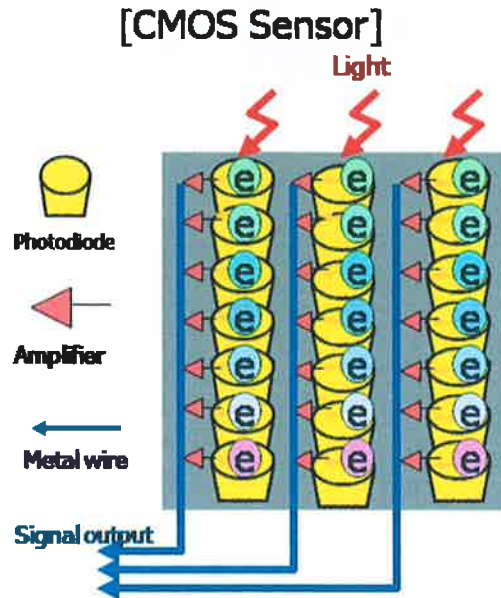


Figura 6 Estructura de un sensor CMOS.

## 1.6 Espacios de color

Las imágenes se diferencian por su número de componentes por ejemplo escala de grises e imágenes a color. Estas últimas se caracterizan por tener varias componentes y son las que representan el mundo tal como lo percibe el ser humano. Para esto, existen diferentes teorías que tratan de modelar al color de acuerdo a diferentes características, a esto se le conoce como espacios de color. A continuación veremos algunos de los más representativos para los sistemas digitales.

### 1.6.1 Espacio RGB

El espacio RGB es ampliamente utilizado para realizar la adquisición de imágenes, prácticamente todos los sensores otorgan una respuesta basada en este espacio de color. Para ejemplos prácticos con una mayor comprensión es posible entender al formato RGB como un cubo en un espacio tridimensional (x, y, z), en el que cada eje representa una componente del color: X representa el color Rojo, Y representa el color Verde, y Z representa el color Azul. Los colores se forman al combinar estas componentes y dan lugar a todo el espacio de color. Por ejemplo, si tenemos un pixel de valor (138, 136, 17)



en una imagen con formato de 8 bits por componente, significa que en una escala de 0 a 255 donde 0 es ausencia de color y 255 es el color puro, tenemos un nivel de 138 en rojo, 136 en verde y 17 en azul [4].

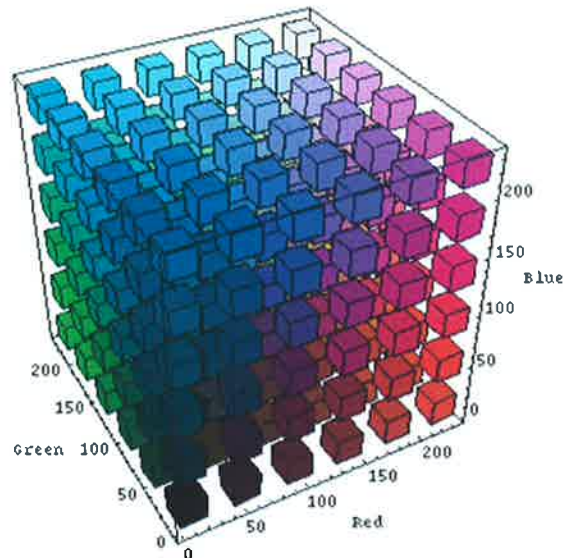


Figura 7 Espacio RGB representado en un cubo.

### 1.6.2 HSI

El espacio HSI y sus variantes, tratan de modelar al color de una forma más parecida a como la interpreta un ser humano. Este espacio también consta de tres componentes, la primera de ellas conocida como tono (Hue en inglés) modela al color descrito por la longitud de onda, la segunda llamada saturación nos indica la cantidad de color presente y el tercero conocido como intensidad se refiere a la cantidad de luz presente, por ejemplo la diferencia entre azul claro y azul oscuro [4].

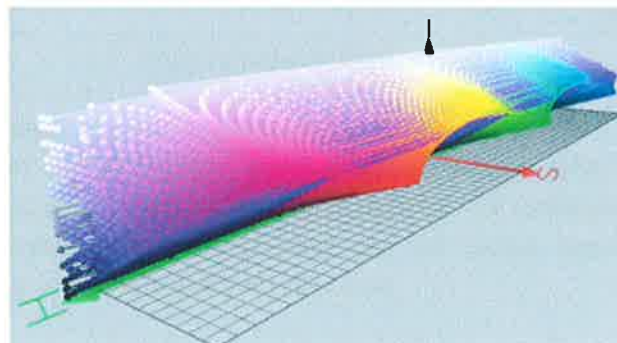


Figura 8 Espacio HSI (Hue, Saturation and Intensity).

## 1.7 Segmentación y Umbralizado

la segmentación de imágenes que se ocupa de descomponer una imagen en sus partes constituyentes, es decir, los objetos de interés y el fondo, basándose en ciertas características locales que nos permiten distinguir un objeto del fondo y objetos entre sí, El proceso de segmentación es el primer paso y la tarea más crítica dentro del análisis de imágenes, ya que los resultados que se obtengan en este paso afectarán de manera directa todas las tareas subsecuentes en el análisis como la representación y descripción de objetos, la medición de características, y con ello también se afectarán las tareas de más alto nivel como la clasificación de objetos y la interpretación de un escenario [7].

Una imagen en gris es binarizada consiguiendo un umbral óptimo  $T$  y con ese valor se separan los píxeles en dos regiones, una de zonas claras y otra de zonas oscuras. En la umbralización hay dos posibles situaciones:

### 1.7.1 Umbral único (Global thresholding)

Se da cuando solamente hay dos regiones de píxeles, para separarlos se establece un único umbral  $T$ . Este tipo de umbral se obtiene fácilmente a partir de histogramas bimodales.

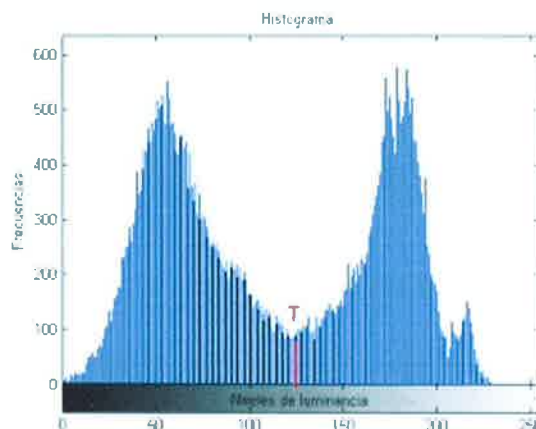


Figura 9 Histograma bimodal ideal.

### 1.7.2 Umbral multinivel (Local thresholding)

Dada una imagen con varios objetos, para separarlos hace falta más de un umbral, de forma que los píxeles que se encuentren entre cada par de umbrales  $T_i$  y  $T_j$  representarán a un objeto. Los umbrales elegidos pueden ser de varios tipos, dependiendo de las características tenidas en cuenta para su elección.

## 1.8 Operaciones en imágenes digitales

La binarización consiste en extraer o aislar objetos considerados de interés o de importancia de acuerdo al color seleccionado. Es un proceso que subdivide la imagen en

partes constitutivas, agrupando píxeles en regiones homogéneas respecto al color elegido. Este proceso finalizará cuando los objetos de interés sean aislados del resto. En imágenes a color pertenecientes al espacio RGB podemos representarlás por híper matrices de  $m \times n \times 3$ , cada una de las tres capas de las híper matrices contiene los valores de luminancia correspondiente al rojo, verde y azul. Al separar estas capas, presentan sus luminancias en escalas de grises, por lo tanto se pueden aplicar la técnica anteriormente descrita a cada capa de cada color [8].

Una imagen binarizada es el resultado de llevar a cabo la segmentación por umbral, tomando en cuenta que se le asigna un "uno" a los píxeles que son de interés en el proceso y un "cero" a las demás regiones de la escena que no son de interés en el proceso de análisis de la imagen [1].



Figura 10 Binarización de una imagen.

### 1.9 Extracción de características, reconocimiento e interpretación de formas

Como se enunció anteriormente la segmentación era el proceso que se encargaba de aislar los objetos de interés del fondo de la imagen, lo cual nos daba como resultado una imagen de tipo binaria. A partir de esta imagen binaria se puede obtener varias características de los objetos como el perímetro, área, longitud, centros de masa, etc. Como un paso previo a la extracción de las características de un objeto se realiza un mejoramiento de la imagen mediante operaciones binarias morfológicas, debido a que al realizar el proceso de segmentación se pudiere introducir partículas indeseadas por el ruido lo cual es información innecesaria para el análisis.

El reconocimiento es el proceso que etiqueta o asigna un nombre, a un objeto basándose en la información que proveen sus descriptores o patrones. La interpretación involucra la asignación de significado a un conjunto de objetos reconocido. En aplicaciones de

inspección, el vector de características (patrón) es el conjunto de datos con los que ha de trabajar un reconocedor, encargado de extraer las conclusiones posibles a partir del vector de entradas. En esta etapa del procesamiento digital de imágenes, se desarrollan algoritmos computacionales orientados a la emulación del proceso de visión humana, que permiten reconocer objetos y tomar decisiones o efectuar tareas. Para lo cual se utilizan técnicas de reconocimiento geométrico de formas, como el aprendizaje supervisado en condiciones estadísticas; algoritmos de clasificación no supervisados o clustering, redes neuronales, pattern matching [5].

### 1.10 Cámara IP

Una cámara IP (que también recibe el nombre de cámara de red) puede describirse como una cámara y un ordenador combinados para formar una única unidad inteligente. Captura y envía vídeo en directo directamente a través de una red IP, como una LAN, intranet o Internet, y permite a los usuarios ver y/o gestionar la cámara con un navegador Web estándar o con software de gestión de vídeo en cualquier equipo local o remoto conectado a una red. Permite a usuarios autorizados de distintas ubicaciones acceder simultáneamente a las imágenes captadas por la misma cámara IP de red



Figura 11 Cámara IP Wi-Fi con movimiento horizontal y vertical.

### 1.11 Software y herramientas para procesamiento de imágenes

Labview es una plataforma de programación gráfica que ayuda a ingenieros a escalar desde el diseño hasta pruebas y desde sistemas pequeños hasta grandes sistemas. Ofrece integración sin precedentes con software legado existente, IP y hardware al aprovechar las últimas tecnologías de cómputo. Labview ofrece herramientas para resolver los problemas de hoy en día y la capacidad para la futura innovación, más rápido y de manera más eficiente [9].

Vision Acquisition es un software controlador para adquirir, visualizar, registrar y monitorear imágenes desde varios tipos de cámaras. Con un juego de funciones fáciles de usar y programas ejemplo, usted puede crear rápidamente aplicaciones en NI Labview,

C, C++, C#, Visual Basic y Visual Basic .NET. Este software incluye NI-IMAQ, un controlador para adquirir desde cámaras analógicas, digitales paralelas y Camera Link así como NI Smart Cameras. El software también tiene el controlador NI-IMAQdx para adquirir desde cámaras USB3 Vision, dispositivos GigE Vision, cámaras compatibles con IIDC, IP (Ethernet) y dispositivos USB compatibles con DirectShow como cámaras, webcams, microscopios, escáner y varios productos de imagen de consumo [10].

La adquisición de imágenes se desarrolló en Labview. Los atributos de las cámaras han sido configurados de tal forma que permitan obtener imágenes con características similares: en tamaño y propiedades de adquisición. Es importante que las características de las dos cámaras usadas deban ser similares, es decir la resolución, la velocidad de transmisión, enfoque, niveles de zoom, etc. Debido a que la finalidad del sistema es identificar un objeto y calcular la distancia que existe desde las cámaras hasta el objeto, por lo tanto se espera que la distancia que se calcula a partir de cada una de las cámaras sea muy similar.

Las cámaras IP de FOSCAM, se adaptan de forma adecuada a los requerimientos de la aplicación, por lo que se incluye posteriormente la tabla con características de algunos modelos de cámaras IP FOSCAM y se resalta en la tabla el modelo específico a utilizar en el presente proyecto.

# CAPÍTULO II

## METODOLOGÍA

### 2.1 Adquisición de la imagen

El proceso de adquisición de la imagen se puede observar claramente en la de la figura 12. Cabe señalar que las cámaras IP modelo FI8918W de FOSCAM cuentan con comandos HTML preestablecidos con los que se ejecutan diferentes acciones, además de propiedades que hacen de este dispositivo el más adecuado para este proyecto a continuación se proporciona una lista donde observan las características de este dispositivo y en la figura 12 se muestra la cámara mencionada:

- ❖ Powerful high-speed video protocol processor
- ❖ High Definition Color CMOS Sensor
- ❖ 300K Pixels
- ❖ IR night vision (Range: 8m)
- ❖ Pan 300 degree, tilt 120 degree
- ❖ Optimized MJPEG video compression for transmission
- ❖ Multi-level users' management and passwords definition
- ❖ Embedded Web Server for users to visit by IE
- ❖ Wi-Fi compliant with wireless standards IEEE 802.11b/g/n
- ❖ Embedded FOSCAM domain name
- ❖ Supports Dynamic IP (DDNS) and UPnP LAN and Internet (ADSL, Cable Modem)
- ❖ Motion and Sound detection activates alarm
- ❖ Supports image snapshot
- ❖ Supports multiple network protocols:  
HTTP/TCP/IP/UDP/STMP/DDNS/SNTP/DHCP/FTP
- ❖ Supports WEP/WPA/WPA2 encryption
- ❖ Supports WPS(Wi-Fi Protected Set-up)
- ❖ Supports Daylight Saving Time
- ❖ Supports MSN
- ❖ Supports Gmail as sender on mail service settings
- ❖ Supports audio on Firefox, Google Chrome and Safari
- ❖ Providing Phone APPs for Android and iPhone users



Figura 12 Cámara IP de FOSCAM modelo FI8918W

Es necesario mencionar que estos dispositivos cuentan con un paquete de software precargado que reconocen ciertas instrucciones en formato HTML, lo que facilita la adquisición de imágenes a través de distintos lenguajes de programación.

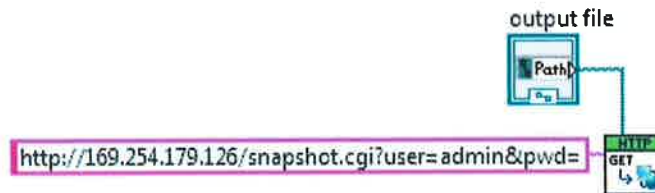


Figura 13 Adquisición de la imagen en Labview.

La terminal cableada a output file nos permite establecer una ruta determinada en nuestro ordenador (figura 13) en donde se guardaran todas las imágenes de forma que puedan ser utilizadas para el procesamiento, otra característica de mucha utilidad es que las imágenes que se adquieren se sobre escriben en el archivo de destino, lo que descarta la necesidad de tener una gran cantidad de espacio para la adquisición de las imágenes.

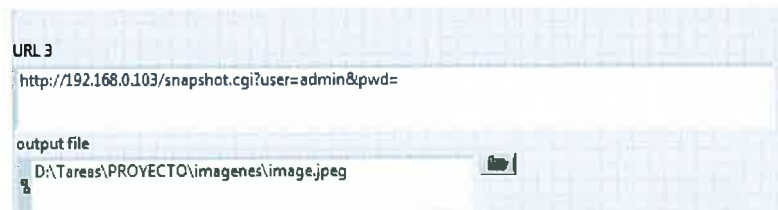


Figura 14 Terminal Output file del VI get.

Una vez que se ha determinado la ruta en donde se guardaran las imágenes se pueden utilizar distintas herramientas en Labview para acceder a la dirección en nuestro ordenador en donde se encuentra el archivo de interés, y extraer la imagen permitiendo manipularla en el software mencionado, utilizando la información que hay en ella, a

continuación se observa de forma clara como se lleva a cabo lo antes mencionado utilizando vision acquisition assistant.

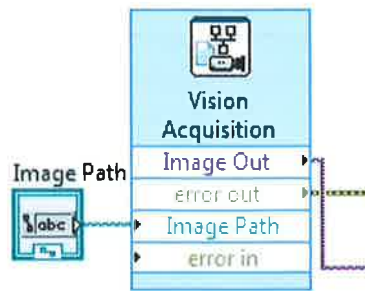


Figura 15 Vision acquisition assistant.

## 2.2 Segmentación

El proceso de segmentación se lleva a cabo mediante vision assistant de Labview en donde internamente esta herramienta separa a los elementos presentes en la imagen en dos clases, objeto de interés y fondo, preparando la imagen para la umbralización en donde se establece un umbral de valor  $T$  el cual servirá como parámetro para determinar en donde se encuentra el objeto de interés y considerar la parte restante como fondo, es importante resaltar que aunque en el presente proyecto la segmentación que se realiza es segmentación por color, el proceso es muy similar, para darle mayor efectividad a este procedimiento se utilizó el espacio RGB asignándole a  $T$  un valor igual a 0,0, 255 de esta forma se obtiene un color azul característico sencillo de identificar en la imagen, este proceso se repite para la imagen obtenida por la cámara izquierda y la cámara derecha.

## 2.3 Binarización y reconocimiento del objeto

Esta parte del proceso también la lleva a cabo el asistente de visión, en donde una vez que se estableció el umbral  $T$ , se procede a identificar el objeto de interés como se muestra en la figura 16. Al igual que en el proceso anterior se debe indicar que el proceso se repite para la Imagen obtenida por la cámara izquierda y para la imagen obtenida por la cámara derecha.



Figura 16 Binarización y reconocimiento del objeto.



## 2.4 Cálculo de centro de masa

Es necesario establecer la posición del objeto de análisis en la imagen que capta cada cámara, debido a que el objeto tendrá determinada posición en la imagen de la cámara izquierda y otra posición en la imagen de la cámara derecha, es por ello que al obtener el centro de masa del objeto nos permite ubicarlo mediante coordenadas (x, y) en cada imagen con su respectivo sistema de referencia.

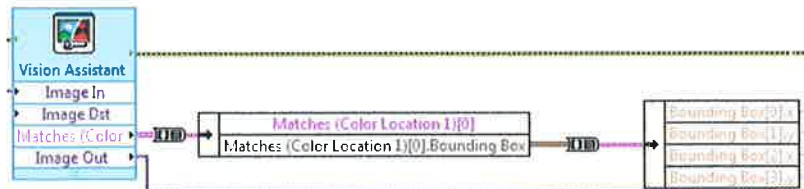


Figura 17 Cálculo de centro de masa.

Como lo muestra la figura 17 se utiliza vision assistant el cual analiza la partícula o en este caso el objeto que se visualiza en la imagen binarizada que se obtuvo en procesos anteriores y permite configurar de tal manera que nos entregue las coordenadas del centro de masa (x, y), algo importante es que el análisis lo hace en píxeles, es decir el dato no está en unidades de longitud, posteriormente se utiliza cluster VI que separa las coordenadas del centro de masa en (x, y) inicial y (x, y) final permitiéndonos obtener así el desplazamiento del objeto a través del tiempo en cada snapshot realizado.

## 2.5 Seguimiento de objetos

Para realizar el seguimiento de objetos se utilizan básicamente dos herramientas:

- ❖ Coordenadas del centro de masa (separadas en coordenadas iniciales y coordenadas finales).
- ❖ Comandos HTML para el control manual de Pan & Tilt de cada cámara.

A continuación se describe de manera breve la función que cumple cada herramienta y como en conjunto permiten dar el seguimiento a objetos utilizando cámaras IP de la marca FOSCAM.

### 2.5.1 Control Pan & Tilt

Como se mencionó con anterioridad las cámaras IP de FOSCAM cuentan con un software precargado y una lista de comandos para ejecutar distintas acciones durante el uso de las mismas, entre estos comandos se encuentran los que proporcionan la posibilidad de controlar manualmente los encoders que dan el movimiento pan & tilt, por lo tanto es se

puede determinar el movimiento necesario y la dirección deseada a través de ellos lo cual es de gran utilidad para dar seguimiento a objetos.

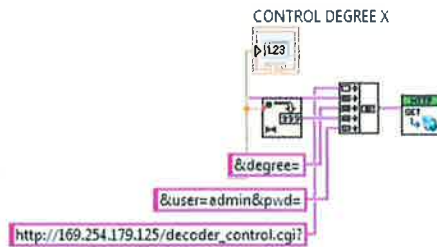


Figura 18 Control Pan & Tilt

### 2.5.2 Centro de masa vs Centro de imagen

Anteriormente se mencionó que mediante vision assistant de Labview se puede obtener el centro de masa de un objeto en una imagen, el cual es proporcionado en coordenadas (x, y). Es muy importante no confundir el centro de masa de un objeto en una imagen con el centro de una imagen que en coordenadas el centro de una imagen es el punto (330,240) refiriéndose estrictamente a una imagen de 640 x 480, por lo tanto las coordenadas de un objeto tendrían que coincidir con este punto para poder concluir que el centro de masa del objeto coincide con el centro de la imagen.

### 2.5.3 Sinergia

Combinando las dos herramientas antes mencionadas se obtiene el seguimiento de objetos con cámaras IP de FOSCAM, ya que utilizando las coordenadas iniciales y finales del objeto en cada snapshot, se obtiene el desplazamiento del objeto a través del tiempo en pixeles, por lo tanto si las coordenadas finales del objeto no coinciden con el centro de la imagen se relaciona el desplazamiento en pixeles con el movimiento de pan & tilt de las cámaras, utilizando los comandos HTML necesarios para obtener la coincidencia entre las coordenadas del objeto y el centro de la imagen, esto provocara que Labview a través de estas herramientas obligue a los encoders de las cámaras a colocar las mismas en una posición tal que las coordenadas del objeto coincidan con el centro de la imagen obteniendo así el seguimiento a objetos. A continuación se muestra el VI con lo necesario para realizar esta tarea.

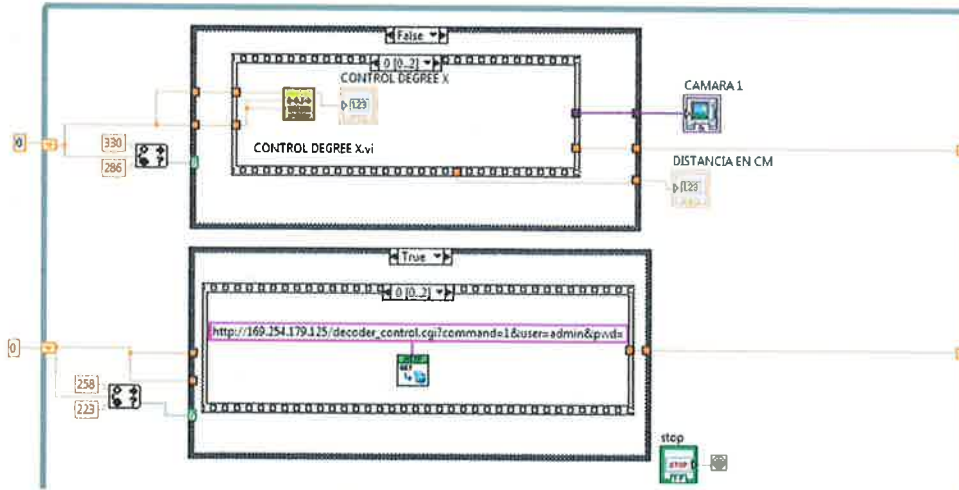


Figura 19 VI para seguimiento de objetos.

## 2.6 Calculo de distancia

Cuando el sistema de visión es capaz de ubicar a un objeto y seguirlo mediante el Pan & tilt de las cámaras, se puede obtener mediante cálculos sencillos la distancia que existe entre el objeto y las cámaras, siempre y cuando éste se encuentre dentro del campo de visión de la cámara cabe señalar que para el presente proyecto se obtiene la distancia de manera individual para cada dispositivo, por lo tanto existirán pequeñas diferencias en las distancia resultante, sin embargo para los intereses de este proyecto estas pequeñas diferencias pueden considerarse despreciables. Como dato de referencia para el cálculo de distancia se puede utilizar la altura del objeto en pixeles, puesto que ésta varía de acuerdo a la distancia que se encuentre el objeto de la cámara. Utilizando la relación que existe entre la altura en pixeles y la distancia entre objeto y cámara se puede obtener una gráfica que describa su comportamiento la siguientes tablas describen como se obtiene dichas gráficas.

ALTURA EN PÍXELES	
CAMARA 1	DISTANCIA
138	20
111	25
94.9	30
80.7	35
71.6	40
63.8	45
57.8	50
53.1	55
50.1	60

Tabla 1 Altura en pixeles respecto a la distancia de la cámara 1.

ALTURA EN PÍXELES	
CAMARA 2	DISTANCIA
137	20
110	25
95	30
80.5	35
71	40
62.5	45
56.5	50
51.2	55
47.2	60

Tabla 2 Altura en pixeles respecto a la distancia de la cámara 2.

Una vez que se tiene la tabla anterior puede graficarse la interacción de estas dos variables tomando la altura en pixeles como eje "X" y distancia como eje "Y", dicha grafica puede realizarse con distintos programas o incluso manualmente.



Figura 20 Grafica Altura en pixeles vs distancia.

Como puede observarse en la figura 20 la relación que hay entre estas dos variables es de tipo polinómica, de aquí que se puede determinar una ecuación característica de esta interacción a través del método de mínimos cuadrados.

### 2.6.1 Mínimos cuadrados

En el método de Mínimos Cuadrados se desea minimizar la discrepancia entre los datos observados  $X[n]$  y la señal original  $Y[n]$ . Esta señal se genera a través de un modelo que depende un conjunto de parámetros de interés agrupados en el vector "v" [11]. El objetivo del método de Mínimos Cuadrados es el de elegir el parámetro "v" que mejor aproxima la señal original  $Y[n]$  a los datos observados  $X[n]$ . Es importante destacar que mínimos cuadrados es un método de aproximación pues no utiliza hipótesis probabilísticas sobre los datos, sólo su modelo de generación [12].

Como se observa en la tabla tenemos datos observados  $X[n]$  que generan señales  $Y[n]$  generando una tabla con la siguiente forma.

X	Y
$X_1$	$Y_1$
$X_2$	$Y_2$
$X_3$	$Y_3$
.	.
.	.
.	.
$X_n$	$Y_n$

Tabla 3 Datos y señales de respuesta.

Las señales de respuesta descrita como un polinomio tiene la forma:

$$P_n[x] = a_0 + a_1X^1 + a_2X^2 + a_3X^3 + \dots + a_nX^n$$

Como "X" y "Y" son valores conocidos el objetivo es encontrar el valor de los parámetros de interés "v".

$$v = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}$$

Donde los valores  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  son los coeficientes de la ecuación que describe a la señal de respuesta. Estos coeficientes se obtienen mediante mínimos cuadrados como se muestra en la figura 21.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 \end{pmatrix}; Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}$$

$$v = (A' A)^{-1} A' Y$$

Figura 21 Método de mínimos cuadrados.

# CAPÍTULO III

## PRUEBAS Y RESULTADOS

Es muy importante resaltar que los métodos y procedimientos realizados se aplicaron a las dos cámaras aunque de forma individual, por lo que presentan mínimas diferencias en los resultados, sin embargo para los fines del presente proyecto dichas diferencias no son relevantes debido que son del orden de los centesimales por lo que en los resultados se presentan imágenes solamente de un dispositivo, con la seguridad de que para el segundo los resultados serán demasiado similares lo cual se confirma en el resultado final.

### 3.1 Prueba de funcionamiento de las cámaras.

Es necesario realizar pruebas de funcionamiento a las cámaras para conocer de manera general como realizar funciones básicas, como configurar los parámetros necesarios además, parámetros de conexión, interfaz web etc. A continuación se describe de manera general este procedimiento en las cámaras IP de FOSCAM.

- ❖ Conectar la cámara a la fuente de energía eléctrica y conectar el cable de red LAN al router y al puerto de la cámara
- ❖ Configurar tarjeta de red del PC con una IP fija.
- ❖ Ejecutar IP camera tool para asignar nombre, puerto e IP a la cámara.
- ❖ Entrar a la interfaz web colocando la IP asignada. Configurar dispositivo acorde a los requerimientos del sistema a desarrollar.



Figura 22 Interfaz web de la cámara IP.

### 3.2 Prueba de adquisición de la imagen

Primeramente es necesario contar con cuatro equipos indispensables como lo son la pc, dos cámaras FOSCAM y por último el software de programación que en este caso es Labview de National Instruments, en el cual se fundamenta todo el sistema de visión. Para poder hacer la adquisición de imágenes es necesario conectar correctamente los dispositivos con la pc mediante un router y configurar ciertos parámetros. Lo que hay que tener en cuenta para la correcta comunicación entre los dos equipos es lo siguiente:

- ❖ Conectar el router a la corriente eléctrica.
- ❖ Configurar una red LAN.
- ❖ Conectar las cámaras y la pc al router verificando que ambos tengan una IP fija.
- ❖ Verificar que se tenga acceso a la interfaz web de cada cámara.
- ❖ Realizar capturas de imagen desde la interfaz web.
- ❖ Realizar capturas de imagen desde Labview mediante comandos HTML.

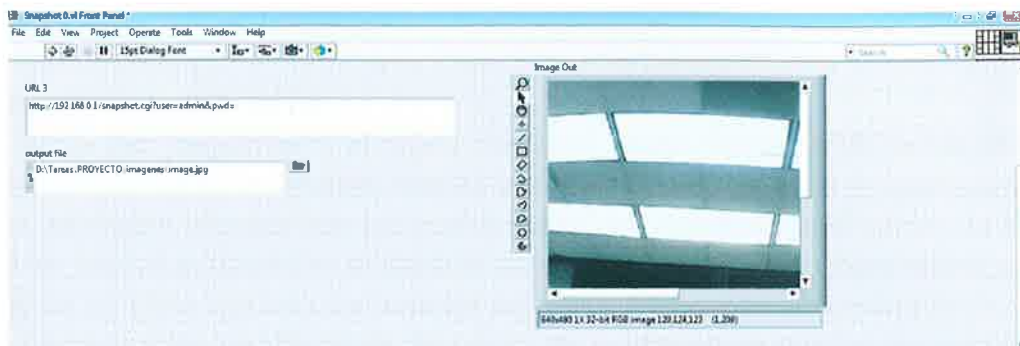


Figura 23 Prueba de adquisición de imágenes en Labview.

### 3.3 Reconocimiento del objeto.

El procesamiento de la imagen es necesario hacerlo de manera óptima para poder acondicionar la señal de ingreso del sistema que en este caso son las imágenes de las cámaras y así poder ingresarlas en el software. Reconocer un objeto determinado en una escena es esencial, ya que si no tenemos un objeto de análisis no podremos obtener ninguna información y peor aún calcular algún parámetro referente a dicho objeto. Es por ello que se debe someter al proceso de binarización segmentación de la imagen, lo cual se explicó a detalle en el capítulo 2. Y se obtuvieron los resultados que se observan en la figura 24. En donde se observa que se identifica de manera clara al objeto con una marca en forma de rectángulo y proporcionando su ubicación en la imagen proporcionando sus coordenadas (x, y), cabe señalar que para la estimación de coordenadas debe ser únicamente un objeto.

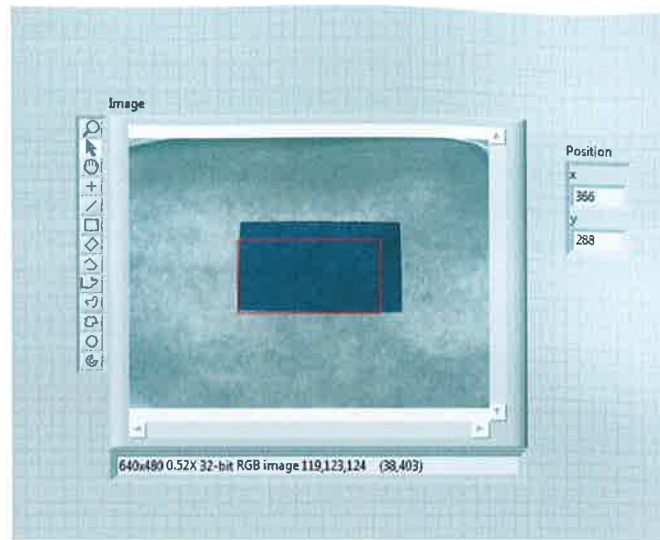


Figura 24 Resultado de reconocimiento de objetos por color.

### 3.4 Seguimiento del objeto.

Para poder dar seguimiento al objeto mediante el uso de pan & tilt de las cámaras es necesario que las coordenadas que se obtienen cuando se hace el reconocimiento del objeto se hagan coincidir con las coordenadas que representan el centro de la imagen como se explicó a detalle en el capítulo anterior. Una vez que se logre que la cámara se ubique de tal forma que las coordenadas del objeto siempre se encuentren en la ubicación más cercana a las coordenadas del centro de la imagen es posible dar seguimiento al objeto ya que aunque el objeto presente un desplazamiento en la imagen durante la adquisición de imágenes, la cámara en todo momento centrará a objeto debido a las instrucciones que se envían continuamente mediante software. Los resultados del seguimiento de objeto se muestran en la figura 25.

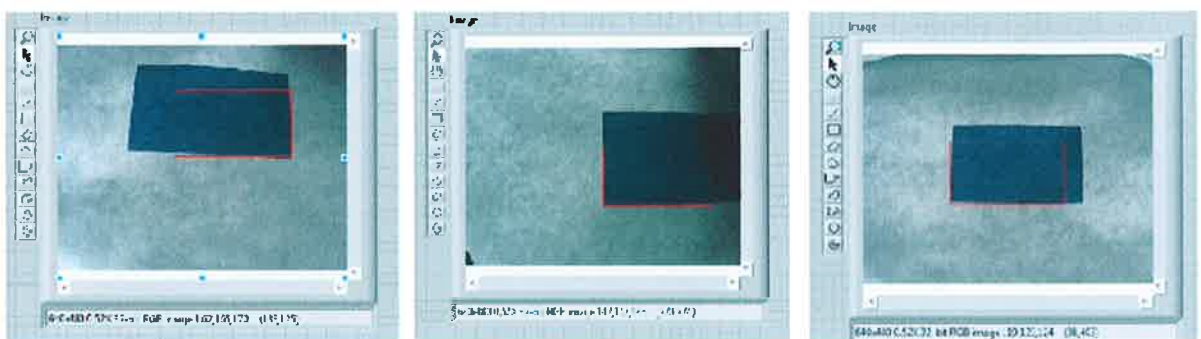


Figura 25 Seguimiento de objetos.



### 3.5 Calculo de distancia.

El sistema fue sometido a reiteradas pruebas de funcionamiento con el fin de que se logre poner a punto el software para que nos brinde una estimación lo más cercana a la realidad, es importante no olvidar de que si las condiciones en la escena no son las óptimas el error se hará presente, es por ello que se debe tener todos los parámetros configurados y controlados. En la figura 26 se muestra la altura en pixeles de un objeto obtenida mediante la aplicación desarrollada en Labview una vez que se ha centrado el objeto en la imagen lo cual quedo demostrado en resultados anteriores.

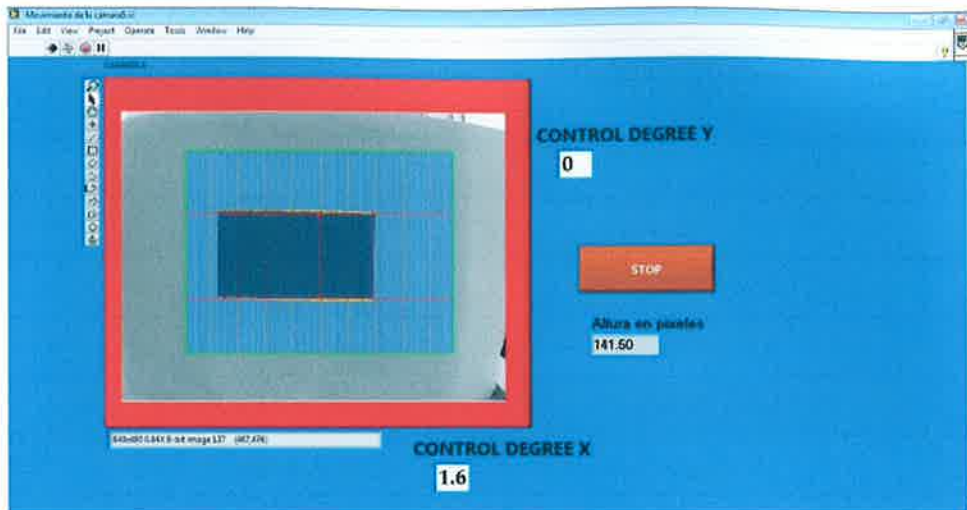


Figura 26 Altura en píxeles de un objeto.

Es importante hacer notorio que el cálculo de distancia se realizó utilizando el método de mínimos cuadrados el cual se explicó con anterioridad. En la figura 27 se puede observar el algoritmo de mínimos cuadrados desarrollado en MATLAB para obtener los coeficientes que acompañan a la ecuación polinómica que proporciona la distancia de las cámaras al objeto de interés.

```

Editor - C:\Users\116677\Documents\MATLAB\ajustePolinomico.m
ajustePolinomico.m
1 - X=[158 111 94.9 80.7 71.6 63.8 57.8 53.1 50.1]';
2 - Y=[20 25 30 35 40 45 50 55 60]';
3
4 - A=[h.^0 h.^1 h.^2 h.^3];
5
6 - inv(M'*M) \ (M'*D);
7
8 - figure;
9 - hold on;
10
11 - for i=1:length(h)
12 - x=h(i);
13 - DE(i)=C(1)+C(2)*x.^1+C(3)*x.^2+C(4)*x.^3;
14 - end
15
16
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Examples, or read Getting Started.
C =
1.659145
-3.2756
0.0266
-0.0001
fe >>

```

Figura 27 Algoritmo para obtener coeficientes de la ecuación polinómica.

Final mente cuando se obtienen los coeficientes de la ecuación necesaria para calcular la distancia esta ecuación se implementa en el VI desarrollado en Labview. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 28, la cual demuestra la estimación de distancia hacia un objeto luego de incluir la ecuación obtenida. El objeto se encuentra a 17 cm medido desde las cámaras, el sistema luego del procesamiento, posterior análisis y cálculo estima que la distancia es 17.2 cm lo cual es bastante parecido a lo que realmente se obtuvo con la medición

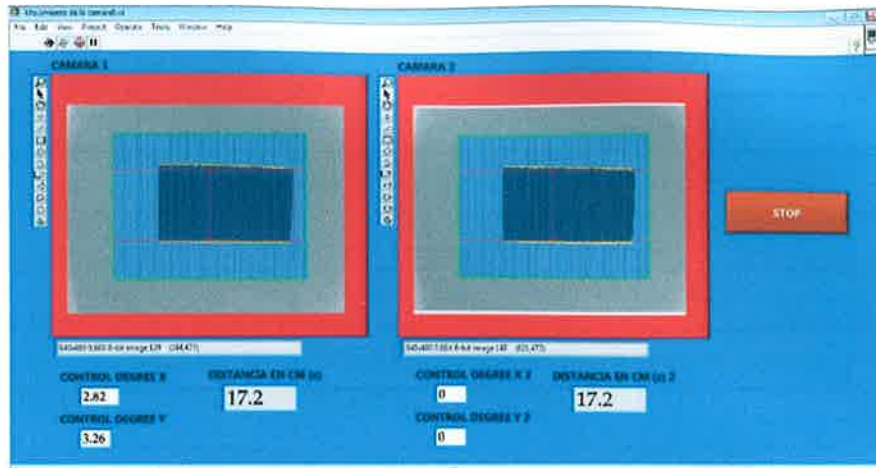


Figura 28 Distancia calculada de las cámaras al objeto.

Distancia real vs distancia observada:

CAMARA 1	
DISANCIA REAL	DISTANCIA OBSERVADA
20	19.86
25	25.68
30	29.38
35	34.69
40	39.73
45	45.38
50	50.71
55	55.5
60	58.97

Tabla 4 Distancia real vs distancia observada cámara 1.

CAMARA 2	
DISANCIA REAL	DISTANCIA OBSERVADA
20	19.88
25	25.64
30	29.39
35	34.79
40	39.77
45	45.48
50	50.26
55	55.29
60	59.45

Tabla 5 Distancia real vs distancia observada cámara 2.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES

Por lo general cuando se tienen dispositivos que interactúan en lugares donde existe la necesidad detectar objetos, y darles seguimiento es indispensable que además de estar equipados por dos cámaras o más se incluya un software que permita analizar la escena a partir de las imágenes que capturen las cámaras para posteriormente ejecutar acciones pertinentes. Para esto es necesario que además de analizar la escena a través de imágenes proporcionadas por cámaras también se obtenga con la ayuda de un computador las distancias hacia un objeto como información adicional que puede ser de gran utilidad según sea el caso. Sin embargo el cálculo de distancias a través de la adquisición de imágenes no se puede considerar como un procedimiento directo, ya que requiere un proceso de acondicionamiento y procesamiento de las mismas, ya que todo esto conforma un conjunto de procedimientos que facilitaran el cálculo a los algoritmos matemáticos que permitirán obtener el resultado deseado de una forma segura y concisa.

Todo sistema o prototipo que base su funcionamiento en sistemas de visión artificial necesita de una gran velocidad de procesamiento de información y de estabilidad para obtener la seguridad de que el proceso será repetible además de que debe ser manejable y flexible a los requerimientos de cada aplicación, ya que si no es así el sistema se tornaría lento, poco funcional, complejo e inseguro. Es por ello que se debe escoger correctamente los elementos o dispositivos que integran al sistema de visión ya que serán los encargados de llevar a cabo las tareas para las que fue diseñado el sistema, convirtiéndose así en la parte fundamental de hardware del sistema.

Es importante considerar la cantidad de luz en la escena en donde se va a desenvolver el sistema de visión, ya que ésta afecta a los sensores de las cámaras, de forma que se puede tener una imagen saturada al exponerse a una cantidad excesiva de luz una imagen oscura en donde no se identifique de manera correcta al objeto de interés cuando la cantidad de luz sea pequeña, incluso si las condiciones de luz no son las adecuadas el cálculo de distancia puede presentar un mayor rango de error en comparación con la distancia real. Por lo tanto es recomendable mantener controladas lo mejor posible las condiciones lumínicas del ambiente en donde se va a desenvolver el sistema de visión de forma que al cumplir con los requerimientos mencionados se garantiza también que se obtendrán resultados confiables.

El análisis de resultados así como la experimentación que se llevó a cabo y las distintas consultas en la literatura permite identificar que el error en el sistema de estimación de distancia aumenta conforme aumenta la cantidad de luz, además de que es necesario especificar de la distancia mínima a la que debe encontrarse el objeto depende de las dimensiones del mismo en este caso de acuerdo a las dimensiones del objeto que se

utilizó durante la experimentación la distancia mínima debe ser 10 cm, así mismo la distancia máxima que también depende de las dimensiones del objeto de interés para el presente proyecto debe de ser de 70 cm. Esto debido a que si el objeto se encuentra más cerca, el objeto es captado parcialmente por las cámaras y por tanto no puede estimar correctamente una distancia y si se encuentra muy lejos la cámara no lo identifica como el objeto de interés invalidando la capacidad de seguimiento de objetos del sistema y el cálculo de distancia.

Para la conexión de la PC con las cámaras es necesario considerar que se debe usar un cable de red de buena calidad, además que la pc debe estar configurada un IP fija y puedan establecer una conexión, pero para esto se requiere saber con anterioridad la dirección IP que tengan las cámaras. Para verificar que tanto la PC como las cámaras están en red se puede ingresar a interfaz web de las mismas y realizar la captura de imágenes en tiempo real.

La versión del software también influye directamente en la disponibilidad de ciertas herramientas en la PC y afecta a la capacidad de poder acceder al VI ya que si se tiene una versión de software anterior a la que se utilizó para realizar la aplicación no se podrá tener acceso al VI enviando un mensaje donde se solicita actualizar el software a la versión con la que se diseñó el VI. Es por ello que se debe tener la misma versión de software en las PC en donde se va a ejecutar y utilizar el sistema de visión para no tener problemas de incompatibilidad, en el caso particular de este proyecto se utilizó la versión Labview 2013.

## BIBLIOGRAFÍA.

- [1]. C. Claudio Ismael Pineda Guncay, "Estimación de coordenadas espaciales de un objeto esférico usando Labview y el Embedded Vision System (EVS) de National Instruments", Cuenca, Ecuador, 2013.
- [2]. C. M. saiz, "reconstrucción tridimensional mediante visión estéreo y técnicas de optimización", Madrid, 2010.
- [3]. C. A. Rosenfeld, "Picture Processing by Computer", ACM Computing Surveys, 1969.
- [4]. C. Erick Rogelio Cruz Hernández, "Desarrollo de un Sistema de Visión para la Localización y Navegación de Robots Humanoides", México, 2011.
- [5]. C. Víctor Vargas Baeza, "Sistema de Visión Artificial para el Control De Calidad en Piezas Cromadas", México, 2010.
- [6]. C. A. Bovik, "The Essential Guide to Image Processing" 2° Edition. Academic, USA, 2009.
- [7]. C. H. Palus." Color Image Segmentation: Selected Techniques", En R. Lukac y K. N. Plataniotis (Ed.), 2007.
- [8]. C. Eduardo Dvorkin, Marcela Goldschmit, Mario Storti, "Segmentación De Imágenes Digitales Mediante Umbralizado Adaptivo En Imágenes De Color", Argentina, 2010.
- [9]. National instruments, <http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/es/nid/12892> (22 de enero de 2015).
- [10]. National instruments, <http://www.ni.com/labview/esa/> (22 de enero de 2015).
- [11]. C. Sergio Cruces Álvarez, "Método de Mínimos Cuadrados", España.
- [12]. C. Luenberger, David G., "Optimization by Vector Space Methods", John Willey & Sons, 1969.