



**CIDESI**

**Mecanismo de rotación para realización de pruebas para  
Reconstrucción 3D**

**PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN  
“TECNOLOGO EN MECATRONICA”**

**PRESENTA**

006941

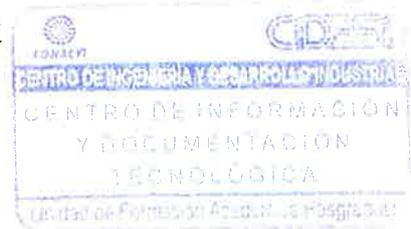
**Alumno: Denisse Clarisa Cervantes Sánchez**

*Clarisa*

**Tutor Académico: M. C. Leonardo Barriga Rodríguez**

*Leonardo Barriga Rodríguez*

**QUERETARO, QRO.2012**



# INDICE

Título .....	I
Introducción .....	IV
Justificación .....	V
Motivación .....	V
Definición del problema .....	VI
Objetivos .....	VI
Objetivos específicos .....	VI
Delimitaciones .....	VI
Capitulo 1: Antecedentes .....	7
1.1 Reconstrucción tridimensional .....	8
1.2 Ambigüedad de la reconstrucción .....	9
1.3 Geometría proyectiva .....	9
1.4 Geometría epipolar .....	10
1.5 Matriz fundamental .....	13
Capitulo 2: Desarrollo del prototipo .....	10
2.1 Especificaciones técnicas de los dispositivos .....	14
2.2 Dispositivos del prototipo .....	14
2.2.1 Modulo NI-USB6212 .....	14
2.2.2 Encoder .....	16
2.2.3 Motor reductor .....	17
2.2.4 Circuito integrado LMD18200 .....	18
2.2.5 Cámara digital .....	19
2.2.6 Computadora .....	20
2.2.7 Dispositivos de alimentación .....	21
2.2.8 Base para colocar el objeto .....	22
2.2.9 Diagrama eléctrico .....	23
Capitulo 3: Prototipo final .....	24
3.1 Modelo conceptual .....	24
3.2 Prototipo implementado .....	25
3.3 Diseño mecánico .....	25
3.4 Angulo de visión .....	26
3.4.1 Angulo de inclinación .....	27
3.5 Interface de control .....	27
3.6 Vista frente del prototipo .....	28
3.7 Sistema mecánico de rotación .....	29
3.8 Dispositivos de control electrónico .....	29
3.9 Proceso de la reconstrucción tridimensional .....	30
Capitulo 4: Diagrama de control del mecanismo de rotación .....	31
4.1 Configuración de los dispositivos .....	31
4.2 Sección del encoder .....	33
4.3 Sección del giro del motor e interface .....	34
4.4 Sección freno del motor .....	34
4.5 Sección toma de imágenes y guardado .....	35
4.6 Panel frontal .....	35
Capitulo 5: Programa en Matlab modificación de las imágenes .....	36
5.1 Programa en Matlab .....	37

5.2 Posición fija del objeto .....	38
5.3 Objeto rotado 10 grados .....	39
5.4 Pasos para la transformación de las imágenes.....	40
5.4.1 Leer el estéreo de la imagen par .....	40
5.4.2 Objeto con un compuesto de color .....	41
5.4.3 Recolectar los puntos de referencia.....	42
5.4.4 Selección de puntos intermedios .....	44
5.4.5 Rectificación de imágenes.....	45
Capítulo 6: Resultado de la reconstrucción .....	46
6.1 Reconstrucción de la caja .....	46
6.1.1 Puntos de reconstrucción de la caja .....	47
6.2 Reconstrucción de nescafé .....	48
6.2.1 Puntos de reconstrucción de nescafé .....	49
6.3 Reconstrucción de la pila .....	50
6.3.1 Puntos de reconstrucción de la pila .....	51
Capítulo 7 .....	52
Conclusiones .....	52
Bibliografía .....	53
Índice de figuras .....	54
Anexos .....	56

# INTRODUCCION

En este trabajo se presenta una prueba para reconstruir la forma tridimensional de algunos objetos, este se realizó en el software de Matlab a partir de una colección de imágenes que son captadas por una cámara que se coloca en una posición fija, se utilizó el software de Labview para el control del motor y toma de imágenes que son almacenadas en una carpeta.

El objeto utilizado en las pruebas para su reconstrucción es colocado sobre una base la cual se encuentra encima del motor reductor ya que es el encargado de realizar el mecanismo de giro, en donde por medio de una tarjeta de USB-6212 de National Instrument se hace la interface entre el software y el hardware.

Labview es el encargado de realizar el programa del mecanismo de giro del motor por que cuenta con una herramienta la cual es Measurement & Automation en donde se realizan las tareas para realizar las funciones de giro del motor y también con este programa se puede realizar la interface entre el diseño mecánico y el programa para su funcionamiento.

Cabe mencionar que para poder que gire a la posición angular deseada el motor, este cuenta con un encoder el cual es leído en el programa en Labview para indicar al motor cada cuanto grado detenerse.

En el programa desarrollado en Labview se indica los grados a girar, y el tiempo que se tomará en tomar la imagen la cámara, a fin de que se detenga el tiempo suficiente para que la imagen aparezca lo mejor posible, una vez que se ha girado los 360 grados el programa finaliza automáticamente.

Después de haber obtenido todas las imágenes del objeto, lo que se necesita es realizar las pruebas necesarias para obtener de esa manera la reconstrucción del objeto a partir de las diferentes imágenes. Primero se hace el procesamiento de imagen en donde se detecta los puntos de interés que hay entre las imágenes, posteriormente se calcula las matrices de transformación entre cada imagen para poder trasladarlos a un espacio 3D.

## **JUSTIFICACION**

Este prototipo se está realizando pruebas utilizando la información codificada en las imágenes, para determinar los puntos correspondientes entre varias imágenes que permitan obtener la información geométrica de todo el escenario para la reconstrucción de un objeto.

Se propone una arquitectura de solución automática al problema de reconstrucción de objetos en 3D, así como la organización y selección de los métodos para obtener el modelo final, centrándose en el uso exclusivo de técnicas de visión computacional, sin considerar la adquisición de equipamiento sofisticado que ayuden al proceso.

El beneficio que se obtiene tanto del mecanismo de rotación, el programa en LabView y el programa de Matlab es para la reconstrucción del objeto debido a que el mecanismo de rotación adquirimos las imágenes en sus diferentes ángulos, labview controla el mecanismo de rotación y toma las imágenes al objeto y por ultimo en matlab se le realizan las diferentes pruebas a las imágenes para encontrar sus puntos correspondientes y hacer la reconstrucción tridimensional.

En Matlab pueden ser probados diferentes algoritmos para pruebas en la reconstrucción, evaluando sus ventajas y desventajas.

## **MOTIVACION**

La reconstrucción de escenas tridimensionales a partir de imágenes ha sido aplicada en diversas áreas. Una de sus principales áreas de aplicación es la industria del entretenimiento donde es utilizada para la generación de personas, animales y objetos. Por ejemplo, hay animaciones que requieren un gran número de animales de cierto tipo desplazándose de un lugar a otro. Este tipo de animaciones se logran mediante la dinámica de desplazamiento de un solo animal. Para obtener esta dinámica, es necesario tener un modelo inicial, el cual por simplicidad, es generado por medio de algún método de reconstrucción tridimensional.

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Una problemática que existe en visión computacional es la reconstrucción de objetos a partir de imágenes tridimensionales por que se tienen que encontrar los puntos característicos que tienen las imágenes entre ellas para poder realizar la reconstrucción total del objeto. Lo que se busca es hacer diferentes pruebas para obtener buenos resultados de las técnicas en las cuales se puede realizar la reconstrucción del objeto.

## **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este trabajo es generar pruebas para encontrar una solución al problema que presenta el proceso de la reconstrucción tridimensional. A partir de un objeto se captura una secuencia de imágenes sucesivas desde distintos ángulos de visión, cada una de las cuales representa una parte del objeto en el marco de referencia imagen 2D. Las imágenes se utilizan para generar el correspondiente modelo en la reconstrucción de objetos en 3D en el cual se está utilizando una cámara convencional para la toma de imágenes en donde el objeto no presenta desplazamiento en el escenario.

Para lograr el objetivo principal, se han establecido los siguientes objetivos específicos:

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Generar una solución capaz de reconstruir objetos tridimensionales a partir de sus puntos correspondientes que se encuentran entre sus imágenes.
- Selección y detección de características útiles para referenciar imágenes.
- Un método automático para referenciar imágenes.
- Reconstrucción de un espacio con las imágenes referenciadas.

006941

## **DELIMITACIONES**

- Se usa la misma cámara para la toma de todas las imágenes.
- Sólo se emplea la información contenida en la imagen.
- El campo de visión se solapa entre las diferentes imágenes.
- Las imágenes pueden contener movimiento de objetos.

# Capítulo 1

## ANTECEDENTES

Si se tiene un conjunto de imágenes, con diferentes vistas de un mismo entorno, es muy probable que exista una relación entre ellas. Esta relación está dada por una geometría implícita en el conjunto de imágenes. Gracias a esta geometría es posible obtener la reconstrucción tridimensional del entorno captado por el conjunto de imágenes.

Las contribuciones de cientos de investigadores han generado una amplia gama de algoritmos que permiten realizar la reconstrucción tridimensional de entidades geométricas en las imágenes.

Los pasos de la reconstrucción tridimensional dentro del área de Visión por Computadora, se resumen a encontrar la estructura de los objetos tridimensionales a partir de entidades geométricas, tales como puntos o líneas presentes en las imágenes.

Para obtener una reconstrucción tridimensional a partir de imágenes, es necesario conocer la relación entre las entidades geométricas del mundo y las entidades geométricas de las imágenes.

La reconstrucción 3D es el proceso mediante el cual objetos reales son reproducidos en la memoria de un computador, manteniendo sus características físicas (dimensiones, volumen y forma). Existen diversas técnicas de reconstrucción y métodos de malla 3D, cuyo objetivo principal es obtener un algoritmo que sea capaz de realizar la conexión del conjunto de puntos representativos del objeto en forma de elementos de superficie, ya sean triángulos, cuadrados o cualquier otra forma geométrica [6].

La eficiencia de las técnicas utilizadas define la calidad final de la reconstrucción. Si suponemos un conjunto de puntos mal representado, existirán puntos definidos que no cumplan las condiciones óptimas para la malla que representa la superficie del objeto.

## 1.1 RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL

Para realizar la reconstrucción tridimensional a partir de dos imágenes, es necesario conocer la correspondencia de puntos  $x_i \leftrightarrow x_i'$ , entre ambas imágenes, donde  $x_i$  pertenece al conjunto de puntos de la primera imagen y  $x_i'$  pertenece al conjunto de puntos de la segunda imagen [7]. Se presupone que la correspondencia de puntos proviene de un conjunto de puntos tridimensionales desconocidos  $X_i$ .

Del mismo modo la posición, la orientación y la matriz de calibración de la cámara son desconocidas. Por ello, la parte principal de la reconstrucción tridimensional es encontrar estos parámetros desconocidos [7].

Cuando se parte de las correspondencias de puntos de dos imágenes, comúnmente se emplea la matriz fundamental para obtener los parámetros de la cámara y la reconstrucción de los puntos tridimensionales.

Es posible estimar la matriz fundamental a partir de siete o más correspondencias de puntos. Al usar esta matriz se pueden obtener las matrices de proyección y realizar la triangulación para obtener una reconstrucción tridimensional de la escena en un espacio proyectivo.

Otro punto en el proceso de reconstrucción tridimensional es la triangulación, el cual tiene por objetivo recuperar los puntos tridimensionales a partir de las matrices de proyección y la correspondencia de puntos [7].

## **1.2 AMBIGUEDAD DE LA RECONSTRUCCION**

Si no se conoce la relación entre los puntos tridimensionales de la escena y los puntos de las imágenes, generalmente, no es posible obtener la posición ni la orientación absoluta de la escena. Esto también sucede cuando se tienen tres o más vistas.

De hecho, si se tiene el conocimiento de la matriz de calibración, tampoco es posible obtener su posición ni orientación absoluta (latitud, longitud y altitud) en el mundo.

De tal forma que la mejor reconstrucción posible de la escena es sobre un espacio euclidiano con respecto a un sistema de coordenadas tridimensional propio [7].

Se debe tener en cuenta que, aun teniendo un sistema de coordenadas local en la escena, la reconstrucción que se obtiene mediante del método convencional de reconstrucción, se encuentra bajo un factor de escala arbitrario. Por ello, existe una transformación del sistema de coordenadas local con el sistema de coordenadas de la reconstrucción. Esta transformación pertenece a la clase II conocida como similitud [7].

Al aplicar esta transformación  $H_s$  a los puntos tridimensionales y a las matrices de proyección.

## **1.3 GEOMETRÍA PROYECTIVA**

Cuando se trata con imágenes del mundo real, comúnmente, se observan elementos al infinito, por ejemplo, el horizonte, el cual es una imagen de los puntos en el espacio lejanos más allá de cierto umbral. Desafortunadamente, la geometría euclidiana no es suficiente para representar elementos al infinito, por lo que es muy difícil tratar con estos elementos dentro del marco euclidiano. Por tal motivo, es necesario emplear una geometría más general donde sea posible trabajar con puntos al infinito. Esta geometría es conocida como Geometría Proyectiva [7].

## 1.4 GEOMETRÍA EPIPOLAR

A la geometría proyectiva intrínseca entre dos imágenes, la cual es independiente de la estructura de la escena y solo depende de los parámetros internos de la cámara y su pose relativa, se le conoce como geometría epipolar [7]. Esencialmente, la geometría epipolar entre dos imágenes es la geometría dada por la intersección del plano de cada imagen con una familia de planos, donde todos los planos de esta familia contienen la línea base (línea que une los centros ópticos  $C$  y  $C'$ ).

Para ver la importancia de esta familia de planos es necesario enfocarse a uno solo. Si existe un punto tridimensional  $X$  y este es proyectado a dos imágenes distintas, entonces los puntos bidimensionales de cada imagen con el punto tridimensional forman un plano  $\Pi$ , el cual también contiene a la línea base [7].

En el caso de que solo se conozca el punto bidimensional  $x$  de la primera imagen y se desea encontrar el punto bidimensional correspondiente  $x'$  en la segunda imagen, es necesario hacer uso del plano  $\Pi$ , donde ahora, solo está determinado por la línea base y la línea definida por  $x$ . Sin embargo, se conoce que el punto  $x'$  también yace en el plano  $\Pi$ , por lo tanto, el punto  $x'$  yace en una línea  $l'$ , que es la intersección del plano  $\Pi$  con el plano de la segunda imagen  $L'$  [ver fig.1.4].

Esta línea  $l'$  es la proyección en la segunda imagen de la línea que une al punto  $X$  con el punto  $x$  y se le conoce como línea epipolar correspondiente al punto  $x$ , y al plano  $\Pi$  se le conoce como plano epipolar [7].

De forma general todas las líneas epipolares, correspondientes a cada uno de los puntos de la primera imagen, pasan a través de un punto común conocido como epipolo  $e'$ , el cual es la intersección de la línea base con el plano  $L'$ . Este epipolo es la proyección del centro óptico de la primera vista en el plano  $L'$  (segunda imagen).

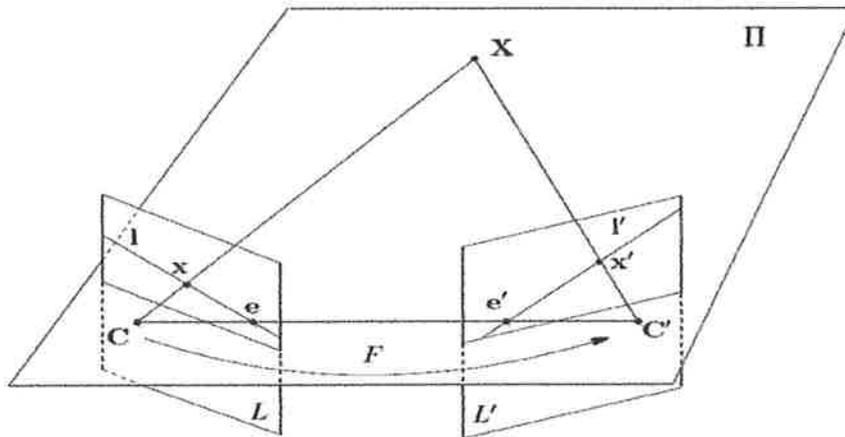


Figura 1.4 Modelo de la geometría epipolar.

Asimismo el punto  $x'$  en el plano  $L'$  presenta su línea epipolar  $lx'$  en el plano  $L$  de la primera imagen y en esta línea epipolar yace el punto  $x$ . El epipolo  $e$  que yace en el plano  $L$ , es la proyección del centro óptico de la segunda imagen  $C'$ , y en él se intersecan todas las líneas epipolares que pertenecen al plano  $L$  [7].

## 1.5 MATRIZ FUNDAMENTAL

La matriz fundamental que se forma al realizar los puntos de intersección que se encuentra entre las dos imágenes es la siguiente.

Cuando se tiene un par de imágenes de una misma escena se ha descrito que por cada punto  $x$  de la primera imagen existe su correspondiente línea epipolar  $l'$  segunda imagen.

De tal forma que cualquier punto  $x'$  en la segunda imagen que corresponde al punto  $x$  debe yacer en la línea epipolar  $l'$ . La línea epipolar es la proyección, en la segunda imagen, de la línea que parte del punto  $x$  hacia el centro óptico de la cámara [7].

Entonces existe una transformación proyectiva de un punto en la primera imagen a su línea epipolar correspondiente en la segunda imagen, es decir, transformación de puntos a líneas. Esta transformación está representada por una matriz  $F$  de orden  $3 \times 3$  y rango 2 conocida como la matriz fundamental [7].

La forma de la matriz fundamental se puede derivar algebraicamente en términos de las dos matrices de proyección  $M$  y  $M'$ .

Esta derivación se presenta a continuación. El rayo proyectado a partir de  $\mathbf{x}$  mediante  $M$  se obtiene al resolver  $M\mathbf{X} = \mathbf{x}$ . La familia de soluciones es de la forma:

$$\mathbf{X}(\lambda) = M^+\mathbf{x} + \lambda \mathbf{C}$$

Donde  $M^+$  es la pseudo-inversa de  $M$ , es decir,  $MM^+ = I$  (matriz identidad de orden  $3 \times 3$ ),  $\mathbf{C}$  es el centro óptico de la primera imagen, y  $\lambda$  es el valor escalar para parametrizar al rayo.

Dos puntos en particular del rayo son  $M^+\mathbf{x}$  si  $\lambda = 0$ , y el primer centro óptico  $\mathbf{C}$  si  $\lambda = \infty$ . Estos dos puntos son proyectados en la segunda imagen, por la segunda matriz de proyección  $M'$  como  $M'M^+\mathbf{x}$  y  $M'\mathbf{C}$ , respectivamente. La línea epipolar es la línea que une a este par de puntos proyectados y se expresa como  $l' = (M'\mathbf{C}) \times (M'M^+\mathbf{x})$  [8].

El punto  $M'\mathbf{C}$  es el epipolo  $\mathbf{e}'$  en la segunda imagen, entonces la línea epipolar queda expresada como  $l' = [\mathbf{e}'] \times (M'M^+\mathbf{x}) = F\mathbf{x}$ , donde  $[\mathbf{e}'] \times$  es la matriz antisimétrica del epipolo  $\mathbf{e}' = [e'_1, e'_2, e'_3]^T$  expresada como:

$$[\mathbf{e}'] \times = \begin{bmatrix} 0 & -e'_3 & e'_2 \\ e'_3 & 0 & -e'_1 \\ -e'_2 & e'_1 & 0 \end{bmatrix}$$

De tal forma que la expresión que representa a la matriz fundamental es

$$F = [\mathbf{e}'] \times (M'M^+).$$

## **Capítulo 2**

### **DESARROLLO DEL PROTOTIPO PARA EL MECANISMO DE ROTACION**

El prototipo a desarrollar es un mecanismo de rotación en donde se coloca un objeto el cual se le realizo diferentes pruebas de imágenes cada una de ellas se encuentran en un ángulo específico diferente entre ellas, las cuales son tomadas con una cámara convencional todas las imágenes adquiridas se usan para la reconstrucción.

El objeto tiene que ser colocado en una base para girar los grados deseados en un plano, después de haber comenzado a girar el objeto se tomaran muestras de imagen de él en cada uno de sus diferentes ángulos hasta completar los 360 grados.

El mecanismo tiene que ser capaz de soportar el peso del objeto y girar los grados necesarios sin influir la rotación del motor para adquirir la imagen. La interface de control y monitoreo del sistema de adquisición de imágenes son los encargados de controlar todo el proceso de adquisición de imágenes y la posición del objeto con respecto al ángulo para que se logre una imagen con el ángulo correcto.

El control debe ser implementado en computadora donde puede ser monitoreado con un software de control e instrumentación para que se adquiera la imagen y controle el mecanismo del prototipo.

Las especificaciones del prototipo a realizar deben de cumplir con ciertas características las cuales se enumeran a continuación:

## **2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS**

Las especificaciones técnicas de los dispositivos son muy importantes en la realización de cualquier proyecto que requiera componentes que se encuentran validados por el fabricante esto nos garantiza el correcto funcionamiento de estos.

### **DISPOSITIVOS PARA MECANISMO DE ROTACION Y TOMA DE IMAGEN**

- Una tarjeta de adquisición de datos como interface de control.
- Encoder para conocer la posición del motor.
- Un motor con reductor para la base giratoria donde se colocara el objeto.
- Drives de control de motor.
- Cámara para la adquisición de imágenes.
- Computadora.
- Dispositivos de alimentación.
- Base para colocar objeto.

### **MODIFICACION DE LAS IMAGENES**

- Software en Matlab para la realización de la imagen en 3D.
- Software para la reconstrucción del objeto.

## **2.2 DISPOSITIVOS DEL PROTOTIPO**

Los dispositivos utilizados en el prototipo que se encontraron y que cumplen con las características técnicas son los siguientes:

### **2.2.1 Modulo NI-USB6212**

Se utilizara como interface de control y monitorio el módulo USB-6212 de National Instruments es un módulo de adquisición de datos (DAQ) multifunción de la Serie M energizado por bus USB y optimizado para una precisión superior a velocidades de muestreo más altas.

Ofrece 16 entradas analógicas, velocidad de muestreo de 400 kS/s, dos salidas analógicas, 32 líneas de E/S digital, cuatro rangos de entrada programable ( $\pm 0.2$  V a  $\pm 10$  V) por canal, disparo digital y dos contadores/temporizadores como se puede apreciar en la figura [2.2.1].

El software de servicios de medida y controlador NI-DAQmx ofrece interfaces de programación y configuración fáciles de usar con características como el DAQ Assistant para ayudar a reducir el tiempo de desarrollo.

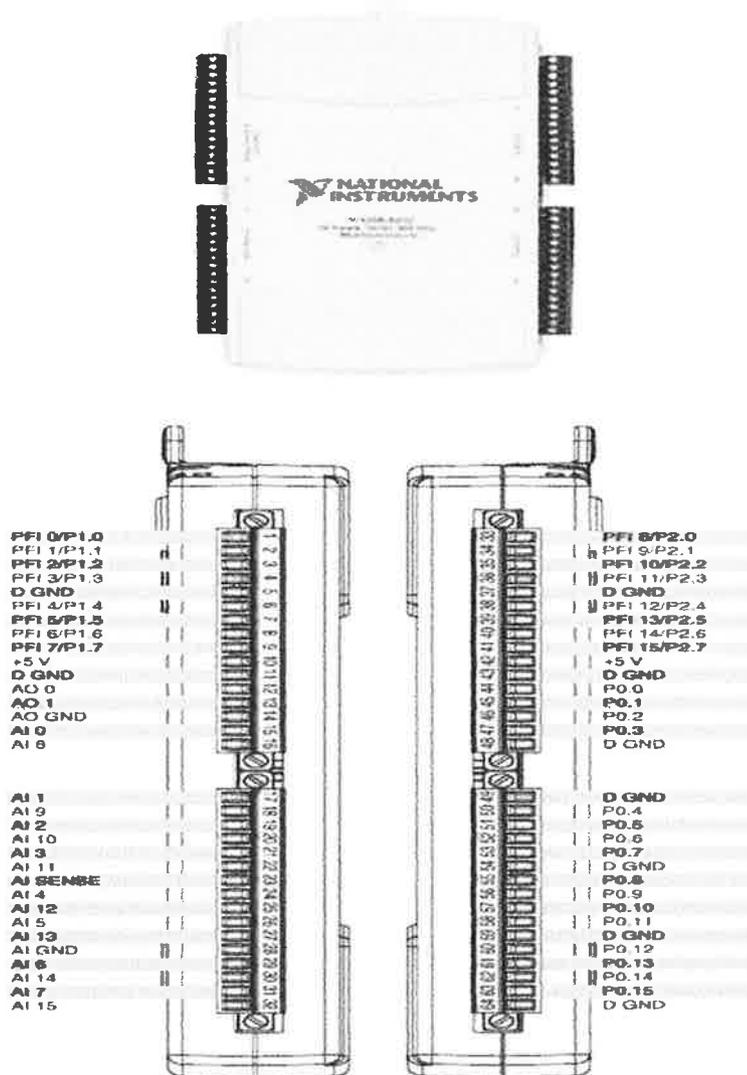


Figura 2.2.1 Modulo NI USB6212.

### 2.2.2 Encoder

Un codificador rotatorio, también llamado codificador del eje o generador de pulsos, suele ser un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor. Estos dispositivos se utilizan en robótica, en lentes fotográficas de última generación, en dispositivos de entrada de ordenador (tales como el ratón y el trackball), y en plataformas de radar rotatorias. Hay dos tipos principales: *absoluto e incremental (relativo)* [5].

Encoder HEDS 5505 A04 como se puede apreciar en la figura [2.2.2], fabricante de Agilent.

Especificaciones:

- Resolución de 500 conteos por revolución.
- Dos canales de cuadratura.
- Rápido y fácil ensamble.
- No hay señal de ajuste Necesario.
- Orejas de montaje externo Disponible.
- Bajo Costo.
- Pequeño Tamaño.
- -40 ° C a 100 ° C en funcionamiento Temperatura.
- Compatible con TTL.
- Suministro individual de 5 V.



Figura 2.2.2 Encoder HEDS 5505 A04.

### 2.2.3 Motor reductor

Motor reductor 415 A832 de la marca Globe-Motors es el que girar la base donde se coloca el objeto como se puede apreciar en la figura [2.2.3].

Especificaciones:

- Voltaje 12 DC.
- Reducción de radio 187:68:1
- Corriente en par nominal 0.14 Ampers.
- Carga 22 oz.
- Velocidad con el reductor 16.7 RPM.
- Velocidad del motor 3100 RPM.



Figura 2.2.3 Motor Reductor.

## .2.4 Circuito Integrado LMD18200

El circuito integrado LMD18200T es un puente H de 3A designado para aplicaciones de control de movimiento como se aprecia en la figura [2.2.4].

Especificaciones:

- Maneja corriente hasta 3A.
- Opera con fuentes de alimentación hasta 55V.
- Entradas compatibles con TTL and CMOS.

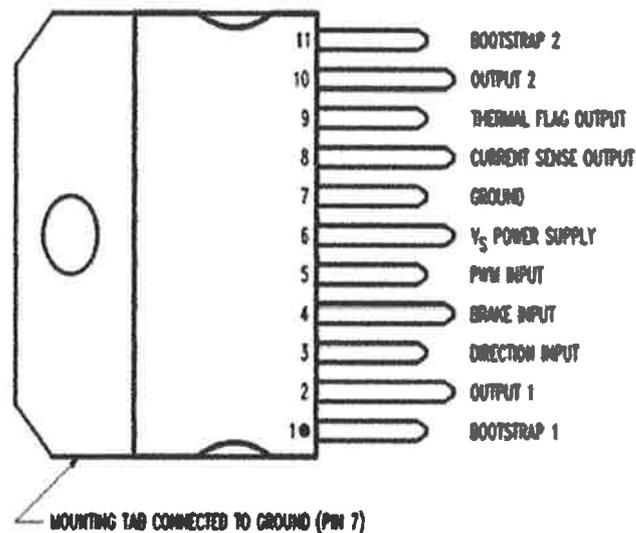


Figura 2.2.4 Patillaje del LMD18200.

## 2.2.5 Cámara digital

La cámara digital que se va a utilizar de Microsoft modelo LifeCam VX-1000 como se aprecia en la figura [2.2.5].

Especificaciones:

- Resolución de video con movimiento 0,31 mega pixeles (640x480).
- Resolución de Imagen Fija 0,31 mega pixeles (640x480) sin interpolación.
- Campo de visión 55° de campo de visión diagonal.
- Enfoque manual.
- Tecnología de cámara CMOS VGA.
- USB de alta velocidad compatible con la especificación USB 2.0.



Figura 2.2.5 Cámara de video Lifecam VX-1000.

### **2.2.6 Computadora**

Para este prototipo la computadora es de gran importancia ya que en ella se realiza el programa en Labview en donde se va monitorear la cámara que va captar las imágenes del objeto y el mecanismo de rotación en donde se encuentra el motor



**Figura 2.2.6 Computadora.**

### 2.2.7 Dispositivo de alimentación

En electrónica, una fuente de alimentación es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (ordenador, televisor, impresora, router, etc.).

Una fuente conmutada es un dispositivo electrónico que transforma energía eléctrica mediante transistores en conmutación. Mientras que un regulador de tensión utiliza transistores polarizados en su región activa de amplificación, las fuentes conmutadas utilizan los mismos conmutándolos activamente a altas frecuencias (20-100 Kilociclos típicamente) entre corte (abiertos) y saturación (Cerrados).

Para poder alimentar el circuito eléctrico y que puedan funcionar los dispositivos que se utilizan en el mecanismo de rotación, se necesita una fuente de alimentación conmutada la cual se utiliza 12 volts de la fuente para que funcione el motor, y para que trabaje el encoder se utiliza una alimentación de 5 volts como se muestra en la figura [2.2.7].



Figura 2.2.7 Dispositivo de alimentación.

### **2.2.8 Base para colocar objeto**

En el mecanismo de rotación para que el objeto se encuentre en una posición fija al momento de que gire el motor se le coloco una base, ya que de esta manera el objeto queda bien situado y al momento de realizar el mecanismo de giro y obtención de imagen se realice de la mejor forma ya que esta base aparte de que ayuda que el objeto se mantuviera en una buena posición sirvió también para obtener buenas imágenes del objeto como se observa en la figura [2.2.8].



**Figura 2.2.8 Base para colocar objeto**



## Capítulo 3

### PROTOTIPO FINAL

Una vez teniendo todo el material y los dispositivos necesarios para realizar el montaje experimental del mecanismo de rotación y toma de imagen se llevo a cabo su realización en donde obtuvo lo siguiente.

#### 3.1 MODELO CONCEPTUAL

El prototipo planteado contiene características que deben cumplir con las especificaciones antes descritas como la interface de control y buen diseño mecánico para la correcta representación del objeto como se aprecia en la figura [3.1]. Se seleccionaron algunos dispositivos disponibles en CIDESI que cumplan con los requisitos para realizar el modelo conceptual para lograr el prototipo con un buen grado de aceptación.

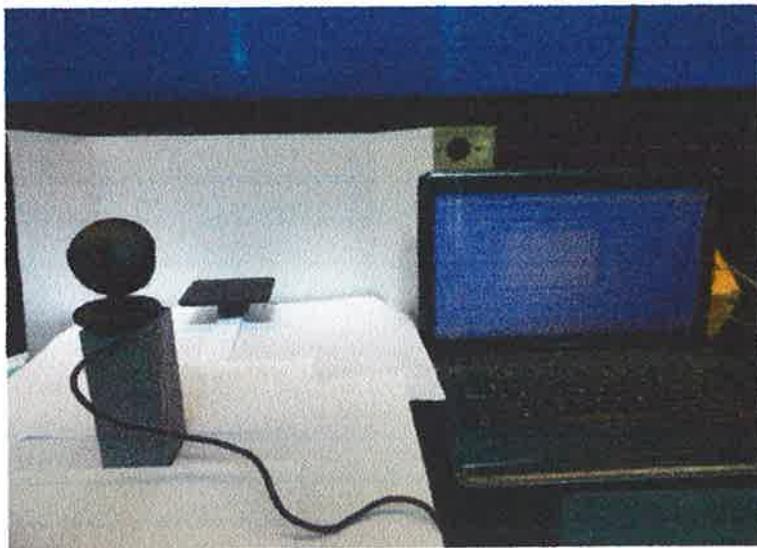


Figura 3.1 Modelo conceptual del prototipo.

## 3.2 PROTOTIPO IMPLEMENTADO

Se observa la base donde se coloca el objeto la cámara que capta las de imágenes, también se puede observar la base que hace girar al objeto para tomar las imágenes a los grados deseados y los dispositivos electrónicos de control de los mismos.

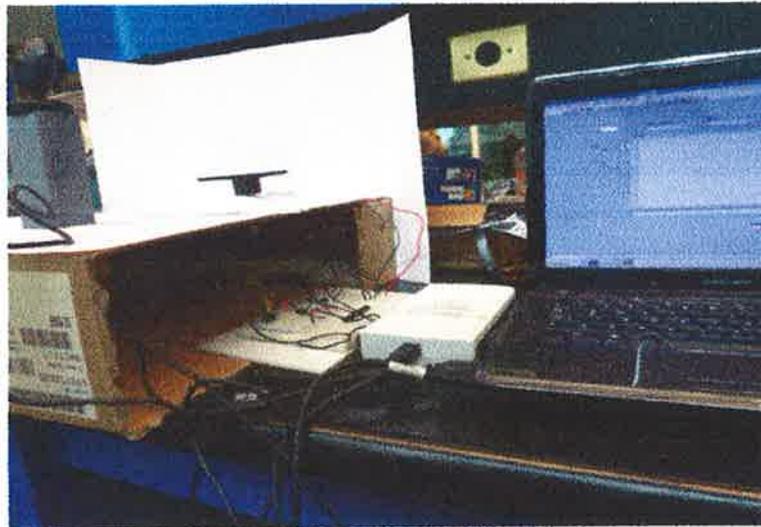


Figura 3.2 Prototipo implementado.

## 3.3 DISEÑO MECÁNICO

El diseño mecánico es una parte importante del prototipo debido a que se tiene que hacer un diseño que cumpla con ciertas características y un buen desempeño funcional entre las partes que lo componen, las partes que está constituido debe ser capaz de lograr la meta de controlar el motor para obtener el ángulo deseado.

El motor es un dispositivo esencial debido a que su función principal es girar la base en la figura [3.3] se puede observar como es su estructura interna tanto del motor como del encoder.

En el canal A o en el B va conectada la salida de la DAQ en el canal PIF8 el cual hace contar los pulsos del encoder [3].

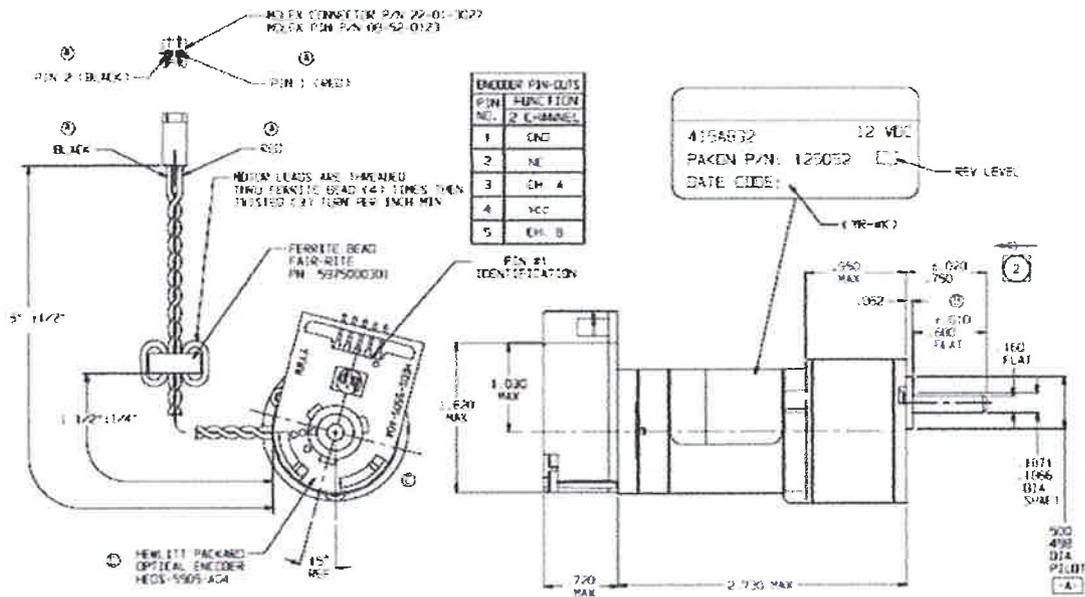


Figura 3.3 Diseño mecánico del prototipo.

### 3.4 ANGULO DE VISIÓN

El ángulo de visión de la cámara corresponde a lo que la cámara pueda observar en objeto con un buen nivel de visibilidad para poder captar la imagen con un grado de calidad optima para la representación visual de este como se puede apreciar en la figura [3.4].

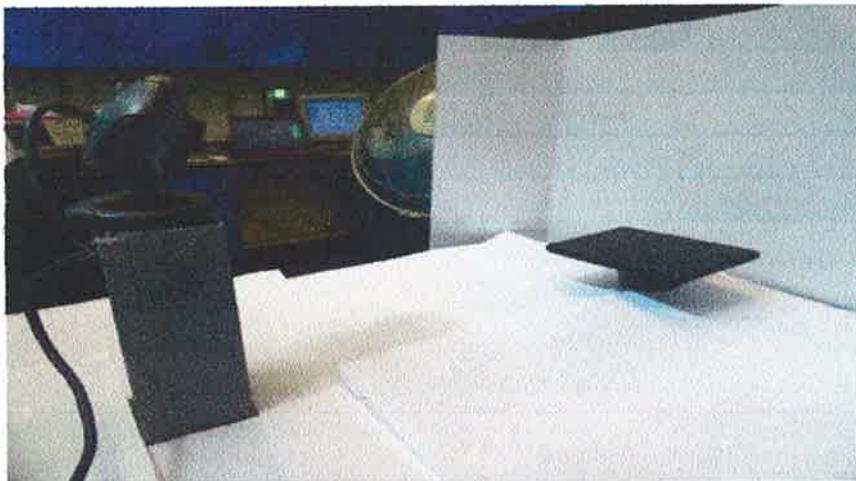


Figura 3.4 Angulo de visión de la cámara.

### 3.4.1 Angulo de inclinación

El ángulo de inclinación de la cámara con el que captada la imagen tiene un distancia horizontal de 28 cm con respecto al centro de la base a el lente de la cámara y una altura de 10 cm con respecto al centro de la base del objeto a el lente de la base como se puede apreciar en la figura [3.4.1]. Se le coloco una pared blanca para la captura de la imagen y no agregar ruido ni distorsión y tener una imagen de más calidad.

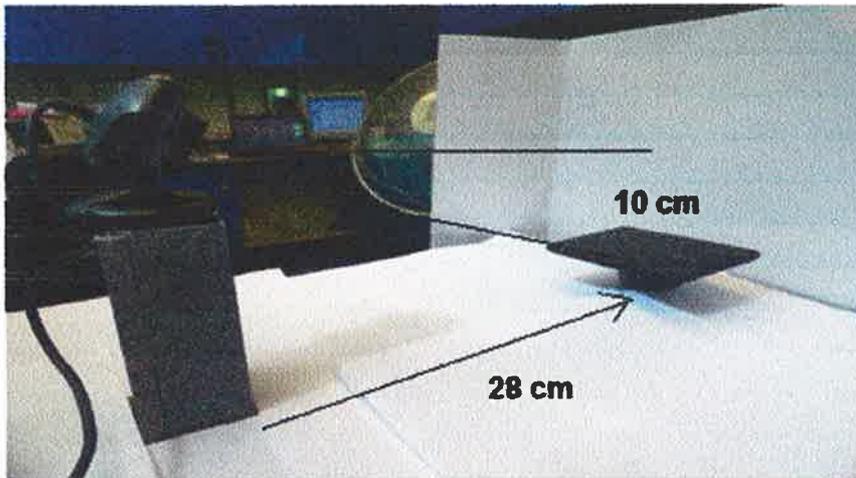


Figura 3.4.1 Angulo de inclinación de la cámara.

### 3.5 INTERFACE DE CONTROL

Para lograr un buen desempeño del diseño mecánico es necesario que la interface de control y el mecanismo que gira la base estén bien colocados en una posición que logre el funcionamiento óptimo. Los dispositivos como la tarjeta NI-USB 6212 y el motor reductor se colocaron en posición dentro del diseño como se puede apreciar en la figura [3.5] en la parte interior.

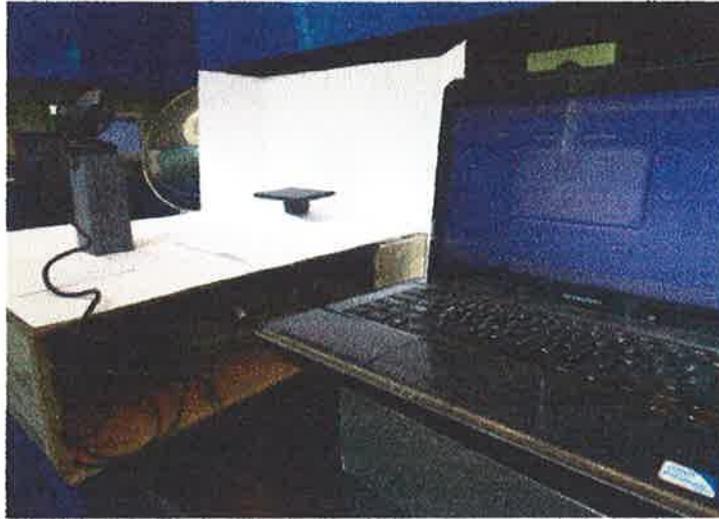


Figura 3.5 Vista interior de diseño mecánico.

### 3.6 VISTA FRENTE DEL PROTOTIPO

En el diseño se le coloca una pared blanca para limitar el campo de visión de la cámara y no agregar distorsión a la imagen, el ángulo de la cámara corresponde planteado anteriormente como se aprecia en la figura [3.6].



Figura 3.6 Vista frente del prototipo.

### 3.7 SISTEMA MECÁNICO DE ROTACIÓN

El sistema mecánico de rotación está constituido por el motor reductor, base de objeto, buje y encoder, es el encargado de rotar la base donde se coloca el objeto como se aprecia en la figura [3.7], como se muestra en la hoja técnica del motor para lograr un giro de 360 es necesario 187 revoluciones, el encoder tiene 500 conteos por revolución.



Figura 3.7 Sistema mecánico de rotación.

### 3.8 DISPOSITIVOS DE CONTROL ELECTRÓNICO

Los dispositivos electrónicos utilizados en el prototipo se colocaron en la parte interior, donde hay un gran espacio para ser colocados y cumplan con la funcionalidad para la cual están diseñados, se puede observar el motor, los drives del motor, el modulo NI-USB 6212 y los accesorios como se aprecia en la figura [3.8].



Figura 3.8 Dispositivos de control electrónico.

### 3.9 PROCESO DE LA RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL

El proceso de recreación por computadora, mejor conocido como reconstrucción tridimensional, puede dividirse en tres pasos: 1) procesamiento digital de imágenes, 2) el paso propio de la Visión por Computadora, y 3) la visualización de la reconstrucción. En la figura [3.9] se detallan los pasos del proceso de la reconstrucción tridimensional.

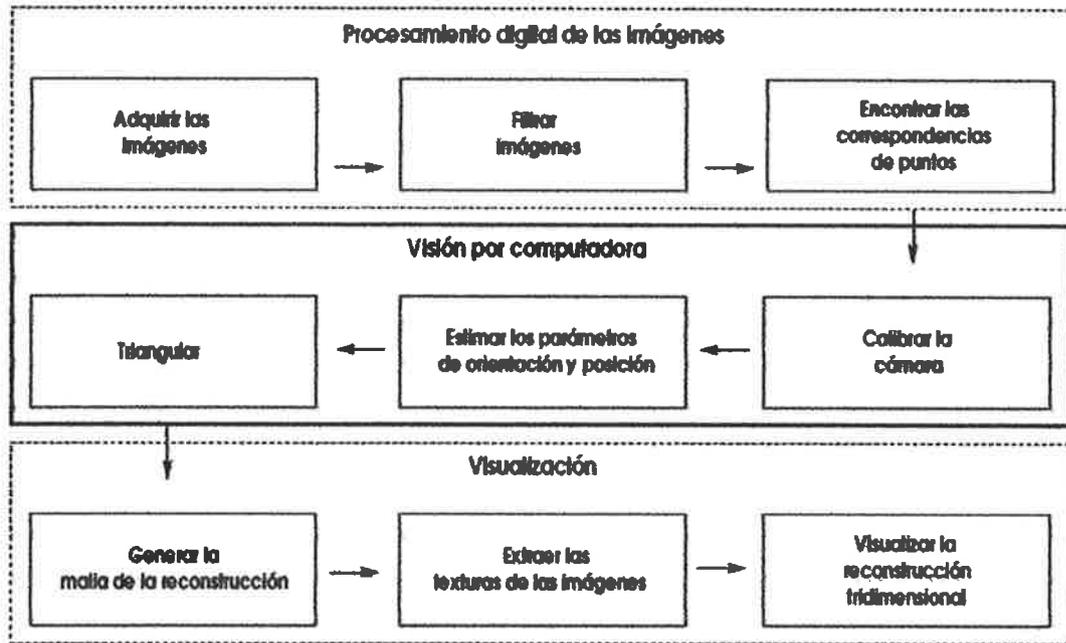


Figura 3.9 Proceso de la reconstrucción tridimensional

El primer paso involucra la adquisición de las imágenes, el filtrado de ellas para mejorar sus condiciones, y la búsqueda de correspondencia de puntos en las imágenes [7].

El segundo paso consiste en la calibración de la cámara, la estimación de los parámetros de orientación y posición para la imagen correspondiente, y la triangulación (obtener los puntos tridimensionales).

El último paso involucra la generación de la malla (generalmente triangular) que da la forma al objeto u objetos reconstruidos, la extracción de las texturas a partir de las imágenes, el mapeo de las texturas sobre los polígonos de la malla y la visualización del objeto [7].

## **Capítulo 4**

# **DIAGRAMA DE CONTROL DEL MECANISMO DE ROTACION**

### **4.1 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS**

El diagrama de control es un parte importante del prototipo debido a que maneja el proceso y los tiempos que deben ser ejecutados, sincroniza los dispositivos de entrada y salida [1].

El programa se realizo en el software Labview y se describe cada sección del diagrama a bloques para una mejor comprensión del mismo [2]. La primera sección muestra todo el diagrama de control en Labview es el encargado de configura los dispositivos utilizados en el prototipo como es la cámara, los puertos de entrada y salida como se aprecia en la figura [4.1].

Para configurar los puertos de entrada y salida se ocupo también del programa de National Instruments Measurement & Automation ya que este nos sirve primero para detectar en que puerto se encuentra la DAQ Assistant por que una vez sabiendo que puertos son los que se tienen que configurar, el siguiente paso es a realizar las tareas estas se hacen en este mismo programa [4].

En la figura [4.1] nos muestra el diagrama de bloques completo del mecanismo de rotación del motor y captura de imagen de la cámara, pero estos bloques están divididos por las diferentes tareas que realiza el control de Labview que más adelante se dará una explicación más amplia de lo que hace cada bloque [1].

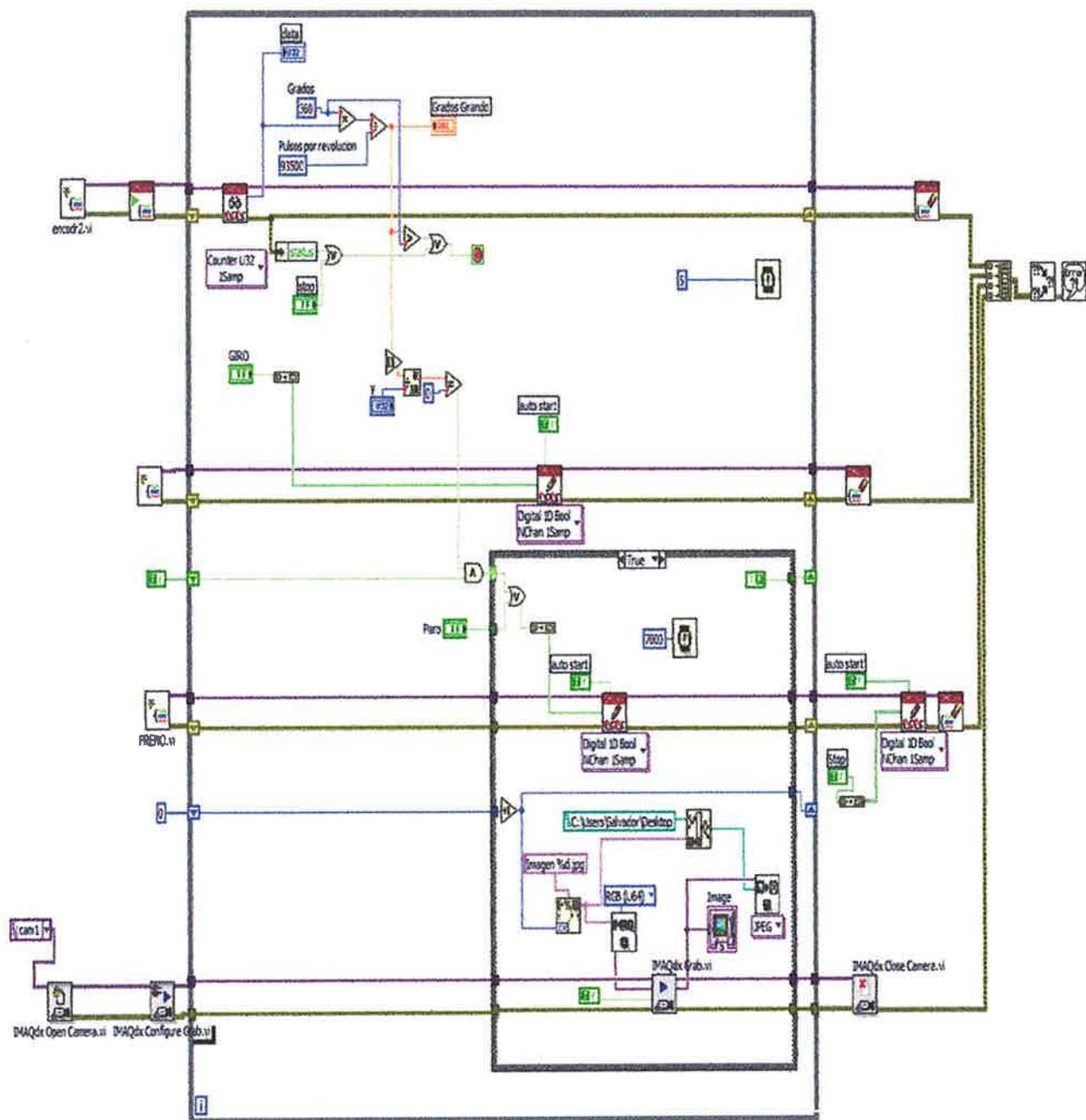


Figura 4.1 Configuración de dispositivos.

El diagrama de bloque esta dividido en varias secciones que realizan una función específica en el programa. La sección 2 es la encargada de realizar las operaciones para saber cuántos pulsos son necesarios para girar los grados deseados con la variable de entrada.

Grados deseados del panel frontal del programa, para girar la base se calcula cuantos pulsos por revolución tiene el encoder que son 500 pulsos por revolución también es necesario saber la reducción de radio del motor reductor que es 187 a 1, para calcular cuántos pulsos son necesarios para girar 360 grados [2].

## 4.2 SECCIÓN DEL ENCODER

Se realizo las operaciones y los pulsos necesarios son 93500 estos se dividen entre los grados que fueron calculadas con la variable de entrada como se aprecia en la figura [4.2].

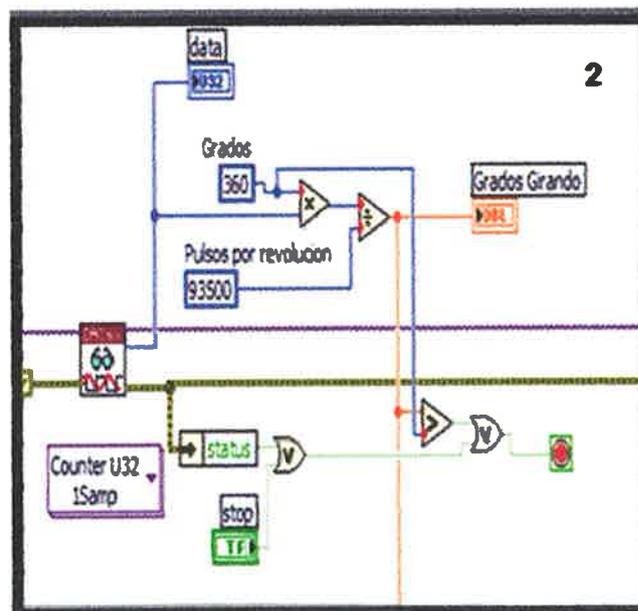


Figura 4.2 Sección del encoder.

### 4.3 SECCIÓN DEL GIRO DEL MOTOR E INTERFACE

La Sección 3 está el giro del motor y la interface que hay entre el motor y la cámara ya que al momento del giro del motor la cámara captura una imagen como se aprecia en la figura [4.3].

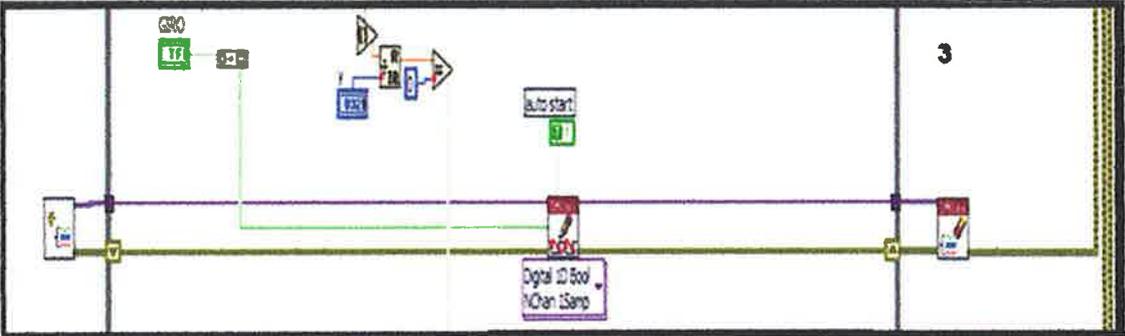


Figura 4.3 Sección del giro del motor e interface.

### 4.4 SECCIÓN FRENO DEL MOTOR

La sección 4 es el freno del motor el cual al formar la circunferencia de los 360 grados se detiene, se puede apreciar el diagrama en la figura [4.4] [2].



Figura 4.4 Sección freno del motor.



## Capítulo 5

# PROGRAMA PARA LAS PRUEBAS DE RECONSTRUCCION DEL OBJETO

Una vez que se obtuvo el prototipo de rotación y se llevo a cabo la captura de las imágenes del objeto el siguiente paso es realizar pruebas para las modificaciones de ellas y encontrar con esto los puntos de referencia que se encuentra en cada una de las diferentes imágenes por que las final lo que se quiere hacer con ellas es una reconstrucción total del objeto.

Para este trabajo el software que se utilizo para las modificaciones de las imágenes fue uno de Matlab el cual para realizar las pruebas y encontrar los puntos de referencia que se encuentran entre las imágenes se utilizó un programa de rectificación ya que con este proceso de transformación se puede llevar a cabo la estéreo que es cuando se tienen dos imágenes que fueron tomadas con una cámara que se encuentran posicionadas de tal forma que al ser observadas en forma simultánea permite su visión en tres dimensiones, tales como los puntos correspondientes tienen la misma fila de coordenadas en las 2 imágenes este es un procedimiento útil en la visión tal como el problema para el estudio de las imágenes en 2-D.

La rectificación de imagen es un paso de prerequisite para el programa en Matlab el cual lleva por nombre [videostereo.html Stereo Vision Demo](#).

Usualmente las dos imágenes presentan deformaciones causadas por inclinación de la cámara, desniveles y pendiente del terreno si una de estas imágenes se rectifica en forma rigurosa, y simultáneamente se genera otra imagen asociada que contenga las paralajes correspondientes, se obtiene un par de imágenes que permite la visión estereoscópica a si como a medición de desniveles.

## 5.1 PROGRAMA EN MATLAB

En la figura [5.1] se muestra el programa en Matlab el cual fue una herramienta para realizar las pruebas a las diferentes imágenes y poderlas convertir en 3D. A este programa se le colocaron las dos imágenes que se le tomaron al objeto cada una de ellas en diferentes ángulos y con las herramientas que cuenta Matlab realizo la transformación de cada de una de ellas hasta formar una sola imagen en 3D y encontrar los puntos de referencia que se encontraban entre ambas imágenes.

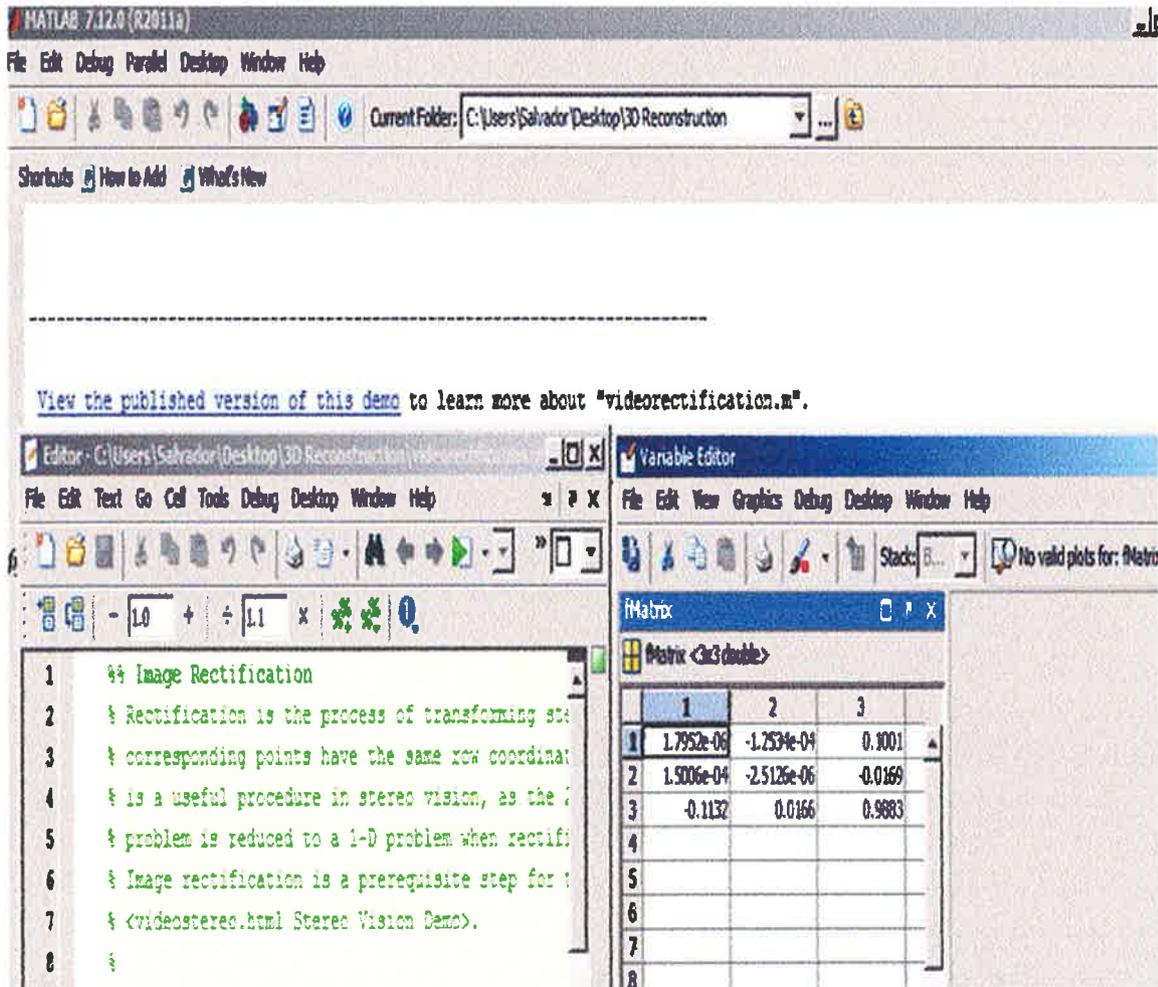


Figura 5.1 Programa en Matlab.

## **5.2 POSICIÓN FIJA DEL OBJETO**

Como prueba principal se coloco el objeto en la base del motor para tomarle una foto, en donde con el programa de labview monitorea el mecanismo de giro del motor una vez adquirida la primera foto se desplaza el motor a 10 grados hacia la derecha y se toma la siguiente foto, y a si sucesivamente se va desplazando y tomando fotos hasta formar los 360 grados.

En este trabajo nomas se pone como ejemplo dos imágenes que se le tomaron al objeto una donde se encuentra en posición fija y la otra imagen que tiene un desplazamiento de 10 grados, una vez teniendo las dos imágenes con el programa de matlab se les aplico a ambas imágenes el método de rectificación se les dará una explicación detallada de los pasos que realiza este programa que es para encontrar los puntos correspondientes entre las imágenes para poder formar una reconstrucción tridimensional del objeto.

El motor se encuentra en una posición fija en ese momento es cuando se captura la primera imagen del objeto para comenzar hacer las pruebas en Matlab como se puede apreciar en la figura [5.2], ya que en las siguientes imágenes el motor va tener un ángulo de desplazamiento.



Figura 5.2 Posición fija del objeto.

### 5.3 OBJETO ROTADO A 10 GRADOS

En esta imagen el motor fue rotado un ángulo de 10 grados como se puede apreciar en la figura [5.3] para tomar la foto en una posición diferente a la anterior y poder realizar con estas dos imágenes el método de la rectificación y encontrar los puntos semejantes que tiene cada una de las imágenes que se encuentran en posiciones diferentes y con estos puntos que se encuentre entre ambas imágenes encontrar su triangulación y matriz para formar la reconstrucción tridimensional del objeto.

## 5.4 PASOS PARA LA TRANSFORMACION DE LAS IMAGENES

### 5.4.1 Leer el estéreo de la imagen par

Aquí se leen las imágenes de 2 colores de la misma escena tomada en posiciones diferentes donde luego la convertimos a una escala gris ya que el color no es necesario para el proceso de igualar como se puede apreciar en la figura [5.4.1].

Right image

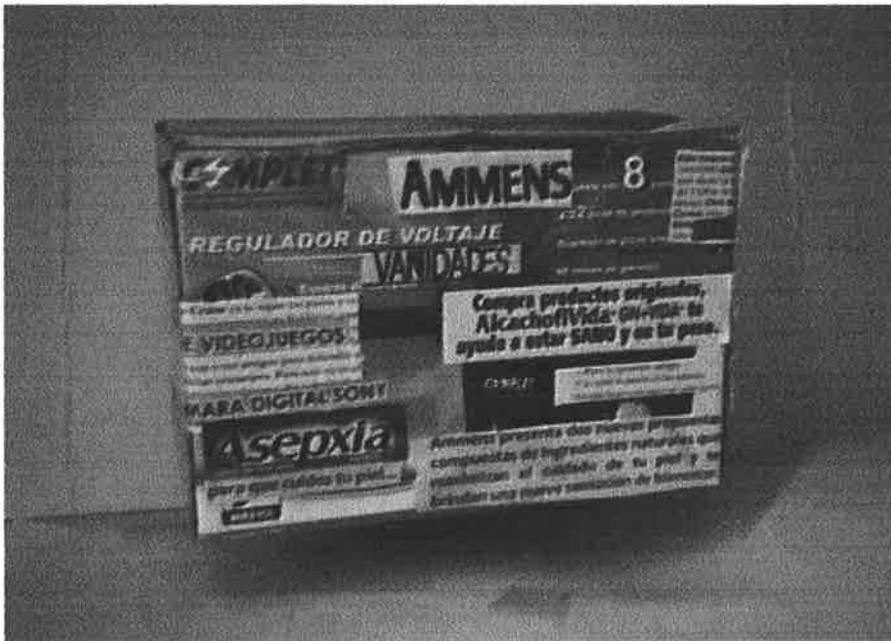


Figura 5.4.1 Objeto a escala gris.

### 5.4.2 Objeto con un compuesto de color

Abajo se muestran las 2 imágenes lado a lado y producimos un compuesto a color para demostrar las diferencias de pixelaje entre los 2 un offset es obvio entre las imágenes de ambas dimensiones como se puede apreciar en la figura [5.4.2].

El objetivo de la rectificación es transformar las imágenes alineándolas tal que los puntos correspondientes de cada imagen aparezcan en la misma fila.

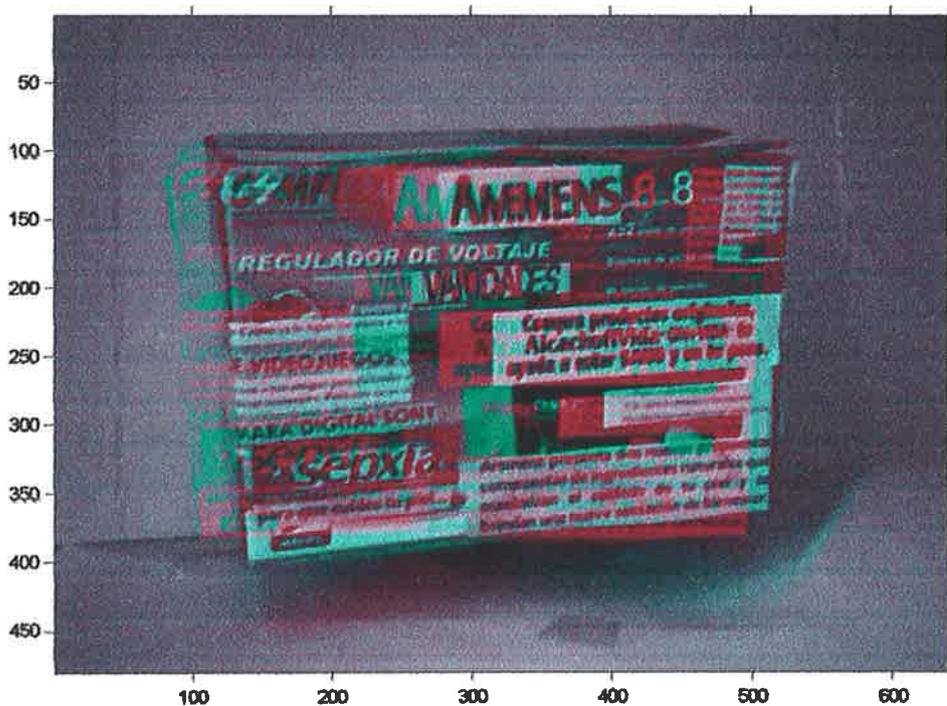


Figura 5.4.2 Objeto con un compuesto de color.

### 5.4.3 Recolectar los puntos de referencias

El proceso de rectificación requiere un set de puntos que corresponda a las 2 imágenes, para generar esto se recolecta puntos de interés de las 2 imágenes y después se escogen similitudes potenciales entre ellas como se aprecia en la figura [5.4.3].

En este caso se producen puntos candidatos para cada imagen y tener la mejor oportunidad de que estos puntos correspondan a la otra imagen en donde queremos puntos de las características salientes de la imagen tales como las orillas.

Con el método de detección estándar de Harris (corners o esquinas). Los puntos detectados de ambas imágenes son mostradas debajo se observa cuántos de ellos cubre la misma propiedad de la imagen como deseado.

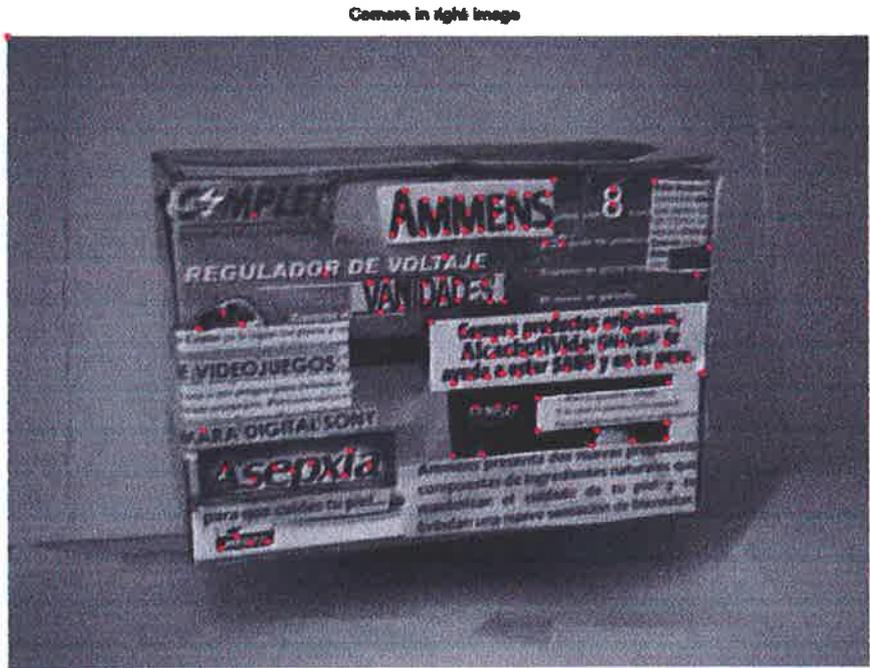


Figura 5.4.3 Puntos de referencias.

Puntos de interés simplemente significa cualquier punto en la imagen para la cual cambia la magnitud de la intensidad; convencionalmente las “esquinas” tales como L-esquinas, T-uniones o Y-uniones satisfacen estas características [8].

La detección de puntos característicos o de interés es fundamental para el proceso de reconstrucción, debido a que de ello depende fuertemente la cantidad de puntos que determinan el objeto.

El método de Harris basado en intensidades entrega mejores resultados donde los parámetros que varían para la elección son el operador gradiente y la medida de confianza. La correspondencia de puntos es una de las etapas donde se centra mayor atención de estudio debido a su complejidad y a la importancia en el resultado final de la aplicación [8].

#### **5.4.4 Selección de puntos intermedios**

Lo que a continuación se hace es determinar las similitudes entre los puntos de izquierda y derecha de la imagen. Lo que se hace para cada punto es extraer un block de 9x9 de la imagen centrado alrededor de ella.

Se usa la correlación cruzada normalizada ( $\text{normxcorr}$ ) entre las regiones de esta imagen tal que haya puntos repetidos o puntos que concuerden entre las dos imágenes. Cada punto en cualquiera de las imágenes es igualado con los puntos de la otra imagen con el costo más bajo no hay limitaciones cuando no es único a sí que los puntos de cualquier imagen pueden participar en múltiples puntos correspondientes.

La imagen de abajo la figura [5.4.4] es otro compuesto de color, los puntos de la imagen de la izquierda son mostrados en rojo y los de la derecha son verdes. Líneas amarillas han sido dibujadas entre los puntos para mostrar similitudes seleccionados por este proceso de alineación.

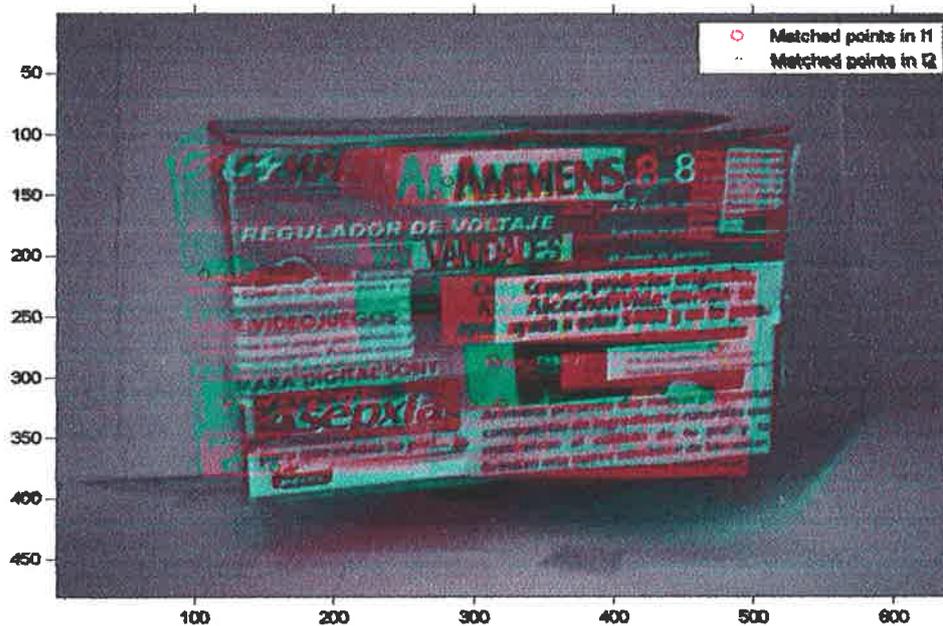


Figura 5.4.4 Selección de puntos correspondientes intermedios.

En este paso se extrae cada uno de los puntos tridimensionales de la intersección de las líneas proyectadas a partir de las correspondencias de puntos y las matrices [8]. Y se lleva a cabo el método de la triangulación el cual tiene por objetivo recuperar los puntos tridimensionales a partir de las matrices de proyección y la correspondencia de puntos.

Por medio de la triangulación se puede obtener la geometría del objeto con el uso de la trigonometría de triángulos para determinar posiciones de puntos y las medidas de distancia del objeto y con esto poder determinar los puntos que tienen en común el objeto [8].

### 5.4.5 Rectificación de imágenes

El proceso de rectificación transforma las imágenes tal que los puntos correspondientes aparecerán en las mismas filas en ambas imágenes. Se usa la función `|estimateUncalibratedRectification|` para computar la matriz de transformaciones de la rectificación para cada una de las imágenes. Después se usan las funciones `|cvexShowMatches|` y `|cvexShowStereoImages|` para aplicar las transformaciones de rectificación y desplegar las imágenes.

Se rectifican las imágenes usando las transformaciones proyectivas y mostrar un compuesto a color de las imágenes rectificadas se demuestran los puntos correspondientes. Se muestran las imágenes rectificadas y las líneas epipolares correspondientes a los puntos característicos usados durante el proceso de rectificación. Nota que las líneas correspondientes están en la misma fila demostrando que la rectificación ha sido exitosa logrando el objetivo como se puede apreciar en la figura [5.4.5].

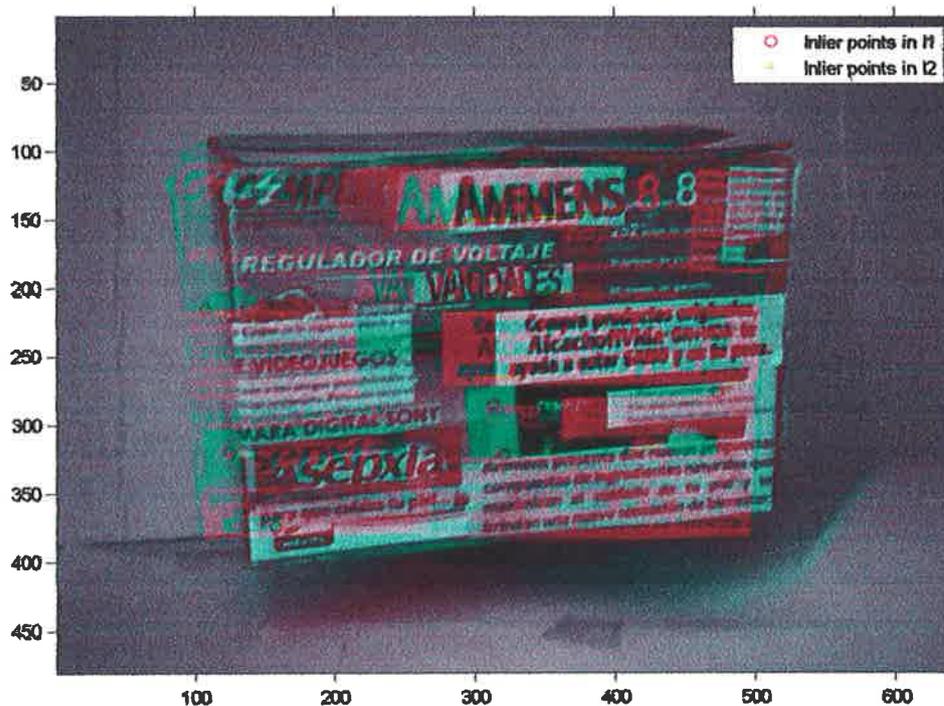


Figura 5.4.5 Rectificación de imagen.

## Capítulo 6

### RESULTADO DE LA RECONSTRUCCION

#### 6.1 RECONSTRUCCIÓN DE LA CAJA

Una vez teniendo todas las imágenes que se le tomaron al objeto, con el programa de Matlab realizamos el método de la rectificación para ver los puntos de referencia que

tienen las imágenes entre ellas como ya vimos en el capítulo 5, como resultado final de la reconstrucción tridimensional total del objeto obtuvimos lo siguiente.

Primero se muestra la imagen de la caja a la cual se le aplico el programa de reconstrucción total del objeto como lo muestra la figura [6.1] la imagen de la caja antes de aplicarle su reconstrucción.



Figura 6.1. Reconstrucción de la Caja.

### 6.1.1 Puntos de reconstrucción de la caja

En la figura [6.1.1] se debería de observar una imagen de la caja en 3D porque con el método de rectificación que se le aplico se encontraron los puntos correspondientes que se encontraron entre cada una de las imágenes y por medio de ellos tener la reconstrucción tridimensional del objeto, pero en este caso no se logro formar una reconstrucción 3D debido a que influyo mucho la resolución de la cámara, la textura que tiene la caja y como resultado de la reconstrucción se obtuvo lo siguiente.



Figura 6.1.1 Puntos de reconstrucción en la caja.

Lo único que se logra observar de la figura [6.1.1] fueron los puntos de intersección común que tuvieron cada una de las imágenes entre ellas.

#### **DATOS DE LA IMAGEN**

Dimensiones	640x480
Resolución	72 ppp
Unidad de resolución	2

### **6.2 RECONSTRUCCIÓN DE NESCAFE**

Otro objeto al cual se le realizo una prueba para la reconstrucción fue a un frasco de nescafe en la figura [6.2] vemos la imagen del objeto antes de realizar su reconstrucción.

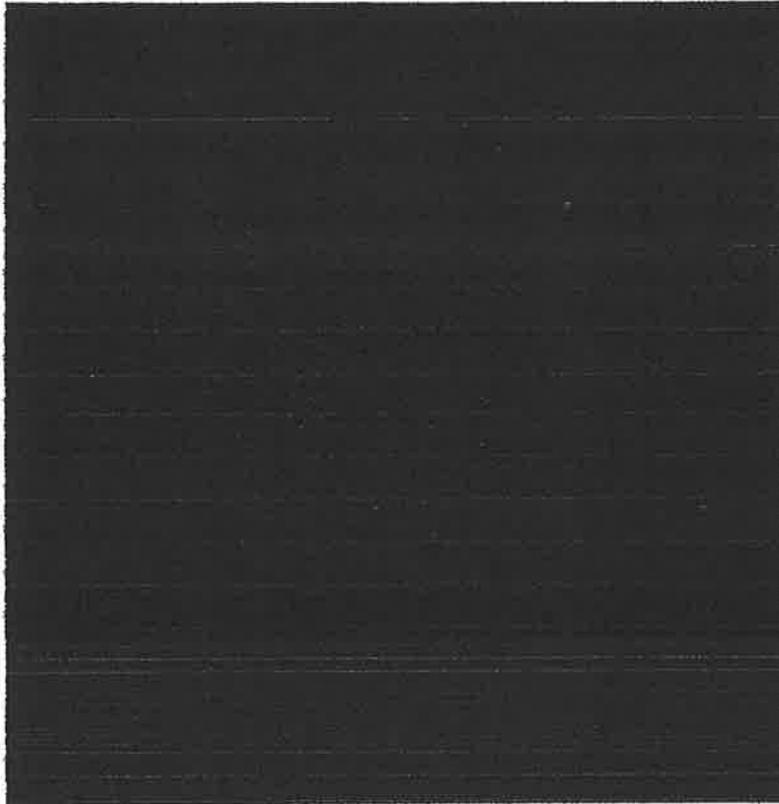


Figura 6.2.1 Puntos de reconstrucción de nescafe.

#### **DATOS DE LA IMAGEN**

Dimensión	640x480
Resolución	72 ppp
Unidad de resolución	2

### **6.3 RECONSTRUCCIÓN DE LA PIÑA**

Como última prueba para poder hacer la reconstrucción tridimensional del objeto se tomo como prueba una piña ya que en ella encontramos diferentes características las cuales cumplen para poder llevar a cabo su reconstrucción, porque tiene una buena textura en donde se pueden tomar muchos puntos comunes entre las diferentes imágenes. En la figura [6.3] se puede apreciar la imagen de la piña antes de realizar su reconstrucción.



Figura 6.3 Reconstrucción de la piña.

### 6.3.1 Puntos de reconstrucción de la piña

En la figura [6.3.1] se observa la imagen tridimensional de la piña a lo que quiere decir que en este caso si se logro realizar la reconstrucción en 3D del objeto, ya que los puntos de intersección que se encontraron entre las diferentes imágenes que se le tomaron a la piña tuvieron las matrices necesarias para poder lograr la unión de cada uno de los puntos comunes que se encontraron entre las imágenes y realizar la reconstrucción del objeto a partir de los puntos. Ayudo mucho la textura que tiene la piña.

La solución propuesta en este trabajo puede ser combinada con formas manuales de segmentación de las vistas y la definición de parámetros necesarios en el desarrollo de la solución presentada.

La cantidad de puntos característicos detectados influye directamente en la cantidad de puntos 3D reconstruidos y la calidad de la reconstrucción, es decir, mayores detalles del objeto, por lo tanto una mayor cantidad de puntos en el mapa nos define las áreas con más detalles.

En algunos casos esto no se aplica debido a la geometría del objeto, por ejemplo en un objeto con superficie plana, mayor cantidad de puntos puede resultar un objeto distorsionado. En el proceso de reconstrucción propuesto se utiliza netamente procesamiento de visión computacional, lo cual nos ayuda a encontrar los puntos de referencias entre las imágenes con el programa de Matlab.

No se debe comparar este abordaje de reconstrucción con otras propuestas, donde se utilizan distintos sensores para la captura de datos, como, por ejemplos láser, ópticos.

## **Bibliografía**

1. Labview, Entorno grafico de programación, José Rafael Lajara Vizcaíno, José Pelegri Sebastia, Editorial Alfaomega, 2007.
2. Archivos de capacitación de LabView.
3. <http://www.globe-motors.com/home.htm>.
4. <http://www.ni.com/white-paper/2744/en>.
5. [http://es.wikipedia.org/wiki/Codificador\\_rotatorio](http://es.wikipedia.org/wiki/Codificador_rotatorio).
6. J. Piaget. The Construction of Reality in the Child. Basic Books, Inc., New York, USA, 1954.

7. R. I. Hartley and A. Zisserman. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, 2nd edition, 2004.
8. G. Xu and Z. Zhang. *Epipolar Geometry in Stereo, Motion, and Object Recognition: A Unified Approach*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA, 1996.

## **Índice de Figuras**

Figura 1.4 Modelo de la geometría epipolar.

Figura 2.2.1 Modulo NI USB6212.

Figura 2.2.2 Encoder HEDS 5505 A04.

Figura 2.2.3 Motor Reductor.

Figura 2.2.4 Circuito integrado LMD18200.

Figura 2.2.5. Cámara de video Lifecam VX-1000.

Figura 2.2.6 Computadora.

Figura 2.2.7 Dispositivos de alimentación.

Figura 2.2.8 Base para colocar el objeto.

Figura 2.2.9 Diagrama eléctrico.

Figura 3.1 Modelo conceptual del prototipo.

Figura 3.2 Prototipo implementado.

Figura 3.3 Diseño mecánico del prototipo.

Figura 3.4 Angulo de visión de la cámara.

Figura 3.4.1 Angulo de inclinación de la cámara.

Figura 3.5 interface de control.

Figura 3.6 Vista frente del prototipo.

Figura 3.7 Sistema mecánico de rotación.

Figura 3.8 Dispositivos de control electronico.

# ANEXOS



1



2



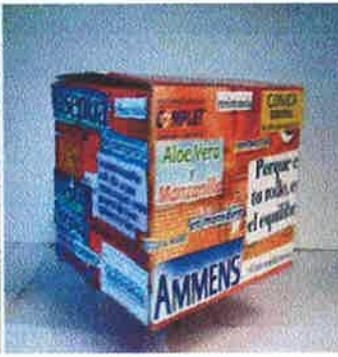
3



4



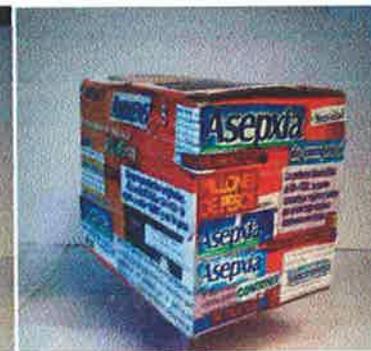
5



6



7



8



9

Right image



Keypoints in right image

