



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: Diseño y construcción de un brazo robótico  
para un sistema de clasificación de objetos de forma  
geométrica mediante el reconocimiento de imágenes  
por medio de una cámara de video.**

**AUTOR: Marco Antonio Mantilla Herrera**

**TUTOR: Ing. David Cando, Mg.**

**AÑO: 2016**

## INFORME FINAL DE RESULTADO DEL PIC

<b>CARRERA:</b>	Electrónica y telecomunicaciones
<b>AUTOR:</b>	Marco Antonio Mantilla Herrera
<b>TEMA DEL TT:</b>	Diseño y construcción de un brazo robótico para un sistema de clasificación de objetos de forma geométrica mediante el reconocimiento de imágenes por medio de una cámara de video.
<b>ARTICULACIÓN CON LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:</b>	Tecnología Aplicada a la Producción y Sociedad
<b>SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:</b>	Desarrollo de Sistemas Automáticos para la Mejora de la Productividad en la Ciudad de Quito
<b>ARTICULACIÓN CON EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA</b>	Sistema de Control Automático para la Clasificación de objetos.
<b>FECHA DE PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL:</b>	

## RESUMEN

**TEMA:** Diseño y construcción de un brazo robótico para un sistema de clasificación de objetos de forma geométrica mediante el reconocimiento de imágenes por medio de una cámara de video.

Se desarrolla un prototipo de reconocimiento y clasificación de objetos, inspirado para mejora de la gestión de productos elaborados en el área industrial de la empresa Mecanoplast, dedicados a la fabricación de repositorios plásticos de diversas formas geométricas. Mediante una cámara Ilook300 comunicada mediante LabVIEW a un microcontrolador que comanda el brazo robótico cilíndrico, el mismo que sujeta el objeto geométrico y lo coloca en el lugar correspondiente dependiendo de la forma de cada uno identificado por el sistema. El sistema mecatrónico permite gestionar el reconocimiento de objetos geométricos de forma cuadrada, triangular y circular, el brazo robótico puede gestionar el reconocimiento y clasificación de los objetos según la forma característica.

El prototipo se conforma de un sistema mecánico, un sistema electrónico y el sistema de integración que corresponde al software y programación de control del microprocesador; mediante labVIEW se realiza el reconocimiento de imágenes de los objetos a seleccionar, esta información es enviada al microcontrolador para activar el mecanismo del brazo robótico que toma los objetos que se encuentran desplazándose sobre la banda y los ubica en sus respectivos contenedores por su tamaño y forma.

Por medio de una banda transportadora de velocidad constante se desplazan diversos objetos hacia el sistema de clasificación, si la cámara identifica un objeto cuyas características están definidas en la configuración del control automático por medio de la herramienta Vision and Motion de LabVIEW, envía una instrucción para activar el brazo robótico y mantenerlo en espera, cuando el objeto interrumpe la comunicación de un sensor infrarrojo se da la orden de parada de la banda transportadora por tres segundos, tiempo en el cual el brazo robótico toma el objeto identificado y lo ubica en su contenedor respectivo.

Este sistema de banda transportadora y clasificación de objetos por medio de un brazo robótico garantiza la adecuada selección de productos u objetos en la producción industrial minimizando el desperdicio o reproceso de los mismos al realizarlo de forma manual.

La construcción del prototipo se realiza con materiales comerciales de bajo costo, mediante las herramientas de software como en este caso LabView, la programación del micro controlador con lenguaje BASIC, permiten disponer aplicaciones prácticas muy variadas permitiendo la adaptabilidad para sistemas de clasificación de diversos productos u objetos de forma geométrica como también de forma irregular dentro de la línea de producción industrial.

## **ABSTRACT**

**SUBJECT:** Design and construction of a robotic arm for a classification system of geometric objects by image recognition using a video camera.

It develops a prototype of recognition and classification of objects, inspired to improve the management of products made in the industrial area of Mecanoplast company, dedicated to manufacture of plastics repositories of several geometric shapes. Through a Llook300 camera connected at microcontroller using LabVIEW commands the cylindrical robotic arm, that holds the geometric object and place each one of them in the appropriate place depending on the shape identified by the system. The mechatronic system allows the user to manage the recognition of square, triangular and circular shaped objects, the robotic arm manage the recognition and classification of objects according to the characteristic shape.

The prototype is made up of a mechanical system, an electronic system and the integration system corresponding to the software and programming of the microprocessor control; image recognition of objects to select is done by LabVIEW, later this information is sent to the microcontroller to activate the mechanism of the robotic arm that takes the objects that are moving on the band and places them in their respective containers by size and shape .

Using a conveyor band of constant speed, different objects are moved towards the classification system, if the camera identifies an object which characteristics match the ones defined in the configuration of the automatic control by the Vision and Motion LabVIEW tool, sends an instruction to activate the robotic arm and keep it standing by, when the object interrupts the communication of an infrared sensor, it stops the conveyor band for three seconds, time in which the robotic arm takes the identified object and places it in its respective container.

This conveyor band system and object classification by a robotic arm ensures the proper selection of products or objects in industrial production, minimizing waste or reprocessing it manually.

The construction of the prototype is made with low cost commercial materials, using software tools as in this case LabView, the programming microcontroller with BASIC language, allow to have varied practical applications, allowing adaptability for

classification systems of various products or geometrical objects as well irregular shape in the industrial production line.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	2
1 OBJETIVOS .....	2
1.1.1 Objetivo general .....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y METODOLOGÍA.....	4
2.1 Introducción .....	4
2.2 Fundamentos mecánicos básicos .....	4
2.2.1 Motores y Servomotores.....	4
2.2.2 Transmisión de movimiento.....	4
2.2.3 Funcionamiento de brazo y banda transportadora.....	4
2.3 Fundamentos electrónicos .....	4
2.3.1 Sensores.....	4
2.3.2 Comunicación Sistema –procesador (CPU).....	5
2.3.3 Diseño de sistema electrónico brazo – banda.....	5
2.4 Fundamentos de programación.....	5
2.4.1 Lenguaje Basic para AVR.....	5
2.4.2 Reconocimiento de objetos con LabVIEW®.....	5
2.4.3 Programa general .....	5
3. Diagnóstico .....	7
3.1 Introducción .....	7
3.2 Automatización.....	7
3.3 Diagnóstico .....	7
3.3.1 Selección de objetos sobre la banda transportadora.....	7
3.4.1 Banda transportadora.....	8
3.4.2 Módulo de reconocimiento de objetos.....	9
3.4.2.1 Abrir cámara.....	9
3.4.2.2 Sección de interés.....	10
3.4.2.4 Posición de la imagen.....	12

3.4.2.5 Envío de Datos.....	12
3.4.3 Mecanismo de selección de objetos.....	13
3.4.3.1 Brazo cilíndrico.....	13
3.5 Pronóstico.....	13
3.5.1 Selección de objetos sobre la banda transportadora.....	14
3.5.2 Reconocimiento de imágenes. ....	14
3.5.3 Brazo de selección.....	14
3.6 Alcance .....	14
3.7 Metodología .....	15
3.7.1 Método.....	15
3.7.1.1 Investigación de Campo.....	15
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	16
4.2 Banda transportadora .....	16
4.2.1 Mecanismo de tracción. ....	16
4.2.2 Resultados obtenidos de la banda transportadora. ....	16
4.3 Solución reconocimiento de objetos.....	17
4.3.1 Labview.....	17
4.3.2 Registro de objetos base.....	17
4.3.2.1 Programa 1: Captura de imágenes.....	17
4.3.2.2 Panel de Control. ....	17
4.3.2.3 Imagen completa.....	18
4.3.2.4 Sección de interés.....	18
4.3.2.5 Botones de control. ....	18
4.3.2.6 Librería "Vision and Motion". ....	19
4.3.2.7 Abrir cámara.....	19
4.3.2.8 Configurar cámara .....	20
4.3.2.9 Grabar.....	21
4.3.2.10 Memoria RAM para la cámara.....	21
4.3.2.11 Cerrar cámara. ....	22

4.3.2.12 Ventana de visualización.....	22
4.3.2.13 Selección de nuestro objeto a identificar. ....	23
4.3.2.14 Extracción de imagen.....	23
4.3.2.15 Grabado de la imagen.....	24
4.3.2.16 Programa 2: Lectura de imágenes y reconocimiento.....	25
4.3.2.17 IMAQ Read File.....	29
4.3.2.18 IMAQ Extract Single Color Plane.....	30
4.3.3 Modulo de comparación.....	31
4.3.4 Comunicación labVIEW – Atmega 328.....	32
4.3.4.1 Comunicación serial.....	32
4.4 Brazo robótico selector de objetos .....	33
4.4.1 Modulo móvil base. ....	34
4.4.2 Pinza sujetadora. ....	34
4.4.3 Posicionamiento del brazo vs objeto. ....	34
4.5 Circuito Electrónico .....	34
4.6 Descripción modular .....	37
4.6.1 Fuente de poder.....	37
4.6.2 Motor de banda transportadora.....	37
4.6.3 Pulsador inicio.....	38
4.6.4 Servomotores.....	39
4.6.5 Sensor final banda. ....	39
4.6.6 Reset. ....	40
4.6.7 Indicadores. ....	40
4.6.8 Diseño de placa. ....	41
4.7 Costo proyecto.....	43
4.8 Datos de la banda transportadora.....	44
CONCLUSIONES .....	45
RECOMENDACIONES.....	46
Bibliografía.....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Figura. 1: A) Banda transportadora, .....	8
Figura. 2 Programa abrir cámara .....	9
Figura. 3 Obtenciones de imagen primitiva .....	9
Figura. 4 Programa de sección de interés.....	10
Figura. 5 Tratamiento de imagen para delimitar área de búsqueda.....	10
Figura. 6 Buscar Imagen.....	11
Figura. 7 Programa buscar imagen .....	11
Figura. 8 Posición de imagen.....	12
Figura. 9 Programa configuración serial.....	12
Figura. 10 Sistema de clasificación de objetos.....	13
Figura. 11 Panel de control .....	18
Figura. 12 Botones de control .....	18
Figura. 13 Librería Vision and Motion.....	19
Figura. 14 Programa abrir cámara .....	19
Figura. 15 Bloque abrir cámara.....	20
Figura. 16 Bloque configuración cámara .....	20
Figura. 17 Bloque grabar .....	21
Figura. 18 Bloque memoria RAM para la cámara.....	21
Figura. 19 Bloque cerrar cámara.....	22
Figura. 20 Bloque ventana de visualización .....	22
Figura. 21 Programa de selección de objetos .....	23
Figura. 22 Selección de objetos .....	23
Figura. 23 Bloque de extracción de imagen .....	24
Figura. 24 Bloque grabado de la imagen .....	24
Figura. 25 Programa grabado de la imagen .....	25
Figura. 26 Panel de control 2 .....	26

Figura. 27 Panel de reconocimiento de imágenes.....	27
Fig. 28 Segundo programa de identificación de imágenes .....	28
Figura. 29 IMAQ ReadFile .....	29
Figura. 30 Programa IMAQ ReadFile IMAQ ReadFile.....	30
Figura. 31 Bloque IMAQ ExtractSingleColorPlane .....	30
Figura. 32 Bloque IMAQ Find Pattern 2 .....	31
Figura. 33 Programa comparar imagen.....	31
Figura. 34 Reconocimiento figura 3 .....	32
Figura. 36 Bloque Visa Write.....	33
Figura. 37 Brazo robótico selector de objetos .....	33
Figura. 38 Circuito electrónico.....	35
Figura. 39 Conexión circuito electrónico .....	36
Figura. 40 Fuente de poder.....	37
Figura. 41 Motor banda.....	38
Figura. 42 Pulsador inicio.....	38
Figura. 43 Servomotores.....	39
Fig. 44 Sensores.....	39
Figura. 45 Reset .....	40
Figura. 46 Indicadores .....	41
Figura. 47 Imagen 3D de la placa parte superior .....	42
Figura. 48 Imagen 3D de la placa parte interior .....	42
Figura. 49 Esquina izquierda de la placa .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- rangos de objetos a manipular por el sistema.....	14
Tabla 2.- Indicadores de luces LED.....	40
Tabla 3.- Costo proyecto .....	43
Tabla 4.- Datos de la banda transportadora .....	44

## **INTRODUCCIÓN**

En este proyecto de titulación se realizará un sistema de reconocimiento y clasificación de objetos, inspirado en la mejora de la gestión de productos elaborados por la industria Mecanoplast, que se dedica a fabricar repositorios plásticos de diversas formas, mediante una cámara Ilook300 comunicada con LabVIEW®, la cual indicará al microcontrolador que comanda el brazo robótico cilíndrico, que sujete el objeto geométrico y lo coloque en el lugar correspondiente dependiendo de la forma de cada tipo de objeto identificado por la cámara.

Dentro del campo industrial en Quito-Ecuador se han presentado varios lugares en los cuales la ingeniería puede hacer mejoras sustanciales, haciendo que los procesos sean más eficientes, generando ganancias a las empresas que fabrican diversos productos.

Una de estas industrias es la fábrica de plásticos Mecanoplast, la misma que produce envases contenedores plásticos de todo tipo, tamaño y forma, teniendo en cuenta que las formas más comunes son las geométricas, como por ejemplo objetos de forma circular, cuadrada y triangular.

En vista de lo expuesto anteriormente se ha considerado la manera de realizar un sistema mecatrónico que permita gestionar de mejor manera el reconocimiento y clasificación de productos, mediante la comunicación de LabVIEW® con un microcontrolador, para la identificación de objetos y la posterior clasificación por medio del brazo robótico, esta idea surge debido a que en el país no hay un fácil acceso a esta tecnología ya que tiene un costo muy elevado y la importación de los mismos toman mucho tiempo e incrementa los costos del producción final, por esta razón se ha tomado esta como la problemática a solucionar. Con el diseño de este sistema las empresas que lo requieran pueden tomar este proyecto de titulación como guía para la generación de un sistema similar e implementarlo, así se pretende dejar un avance en la ciencia para el desarrollo tecnológico de la industria en el país.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Diseñar y construir un sistema que permita seleccionar y clasificar objetos de forma geométrica, circular, cuadrada y triangular mediante el reconocimiento de los mismos

por una cámara de tecnología CMOS VGA, controlada por medio de una aplicación de LabVIEW®.

El sistema se construirá para ser adaptada a una banda transportadora para automatizar procesos manuales de clasificación

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Colocar sensores en una banda transportadora para la ubicación de objetos en la misma.
- Diseñar y construir el sistema electrónico para el funcionamiento de un brazo selector de objetos.
- Realizar un sistema que permita reconocer objetos con LabVIEW® y comunicar el mismo con el micro controlador que manejará el brazo selector.

## **2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y METODOLOGÍA.**

### **2.1 Introducción**

En este capítulo se dan a conocer los conceptos generales que intervienen en el desarrollo y funcionamiento del sistema en general.

### **2.2 Fundamentos mecánicos básicos**

#### **2.2.1 Motores y Servomotores.**

Motor es un elemento electromecánico, el cual transforma la energía eléctrica en movimiento circular, que puede ser controlada la velocidad para utilizar en distintas aplicaciones domesticas e industriales de acuerdo a la necesidad de la aplicación en la cual se va a utilizar.

Servomotor es el elemento electrónico compuestos por un motor DC, una caja reductora y un sistema de control. El servomotor internamente realiza un control de posición en lazo cerrado con realimentación de la posición, para lo cual utiliza un potenciómetro colocado en el eje central del motor, y una circuitería de control (Robert L. Mott, 2006).

#### **2.2.2 Transmisión de movimiento.**

La transmisión de movimiento para el robot cilíndrico que se ha escogido, se realiza mediante un sistema de piñón cremallera, este transforma el movimiento rotacional del eje de un motor en un desplazamiento lineal, este sistema da mucha ventaja en cuanto al control de el mismo (Robert L. Mott, 2006).

#### **2.2.3 Funcionamiento de brazo y banda trasportadora.**

El sistema está compuesto de una banda transportadora, sobre la cual van a desplazarse los diferentes objetos geométricos, los cuales serán detectados por una cámara ILOOK300 y clasificados mediante un robot cilíndrico (Robert L. Mott, 2006).

### **2.3 Fundamentos electrónicos**

#### **2.3.1 Sensores.**

Un sensor es un dispositivo capaz de captar señales externas de un medio, y transformarlas en un voltaje o corriente, la cual pueden manipular (Bolton, 2011).

### **2.3.2 Comunicación Sistema –procesador (CPU).**

Mediante LabVIEW® se realiza la captura de imágenes, las cuales serán procesadas e interpretadas por el sistema, este enviara la información a través del puerto USB mediante el protocolo UART, y de esta manera se comunica con el micro controlador (Lajara Vizcaino & Pelegri Sebastián, 2007).

### **2.3.3 Diseño de sistema electrónico brazo – banda.**

Mediante el software Proteus se van a diseñar los módulos electrónicos de control del sistema que comanden el brazo y la banda.

## **2.4 Fundamentos de programación**

### **2.4.1 Lenguaje Basic para AVR.**

Lenguaje Basic AVR se lo puede desarrollar en Bascom, el cual es un software capaz de programar todo tipo de micro controlador AVR y compilarlo directamente del computador con ayuda de un programador.

El uso de Basic se ha difundido a gran escala, si bien es un lenguaje de alto nivel y hace más lento los procesos, en programas no tan extensos no es muy notable la diferencia de velocidad y se pueden realizar mejores algoritmos, lo cual se compensa en velocidad y espacios de memoria (Lajara Vizcaino & Pelegri Sebastián, 2007).

### **2.4.2 Reconocimiento de objetos con LabVIEW®.**

LabVIEW® es un software desarrollado por National Instruments, el cual es muy utilizado a nivel industrial. Su programación es mediante gráficos llamada programación “G”. Utilizan la librería “Vision and Motion” que puede realizar la captura de imágenes y realizar una comunicación mediante UART, con un micro controlador (Lajara Vizcaino & Pelegri Sebastián, 2007).

### **2.4.3 Programa general**

Mediante LabVIEW® que tiene la librería de Vision and Motion, la cual permite realizar un programa de reconocimiento de imágenes captadas por una cámara, esta envía el respectivo dato de la imagen seleccionada por UART al micro controlador, el cual activara mediante opciones el brazo robótico realizando el movimiento para la selección

de los objetos por formas y depositar en la posición asignada (Lajara Vizcaino & Pelegri Sebastián, 2007).

### **3. Diagnóstico**

#### **3.1 Introducción**

En este capítulo se describe el proceso a realizar en cuanto a la automatización de un sistema de selección de objetos de formas geométricas, mediante el reconocimiento de los mismos por una cámara ubicada sobre una banda transportadora, como también el diagnóstico que se obtuvo del problema de la empresa en mención y se explicara también el pronóstico alcances y metodología utilizada para el desarrollo del sistema.

#### **3.2 Automatización**

Dentro de una industria la capacidad de realizar procesos automáticos mediante un sistema mecatrónico es alta, por lo cual se ha pensado en un sistema que realice la clasificación de objetos geométricos, que se mueven sobre una banda transportadora, mediante el reconocimiento del mismo a través de una cámara, que obtiene las imágenes que LabVIEW comparara con las figuras previamente cargadas en el sistema para luego comunicarse con el brazo clasificador que sujetara los objetos y los colocara en sus respectivos contenedores.

#### **3.3 Diagnóstico**

La clasificación de diversos objetos con formas geométricas en la fábrica mecanoplast se realizan a mano, lo cual requiere una gran inversión en cuanto al tiempo de trabajo y recursos humanos, por lo que se pensó, en un sistema de clasificación de objeto automático, que permita automatizar el proceso, y de esta manera ocupar a esas personas en otras actividades, mejorando la producción de la empresa.

##### **3.3.1 Selección de objetos sobre la banda transportadora.**

En el transcurso del día los operarios que realizan la clasificación de objetos sobre la banda transportadora, sufren de agotamiento y fatiga, lo cual hace que la producción disminuya en cuanto al tiempo que toma este proceso, este fue uno de los factores por los cuales se realiza este proyecto, para así automatizar este sistema y mejorar la productividad de la empresa, evitando errores por parte de los operarios.

### 3.4 Sistema de reconocimiento y selección de objetos sobre una banda transportadora.

En esta parte del documento se explicará detalladamente, el trabajo que se realizará para el sistema reconozca objetos, debido a que la banda transportadora ya existe, y este sistema se podrá acoplar a cualquier empresa, en este caso particular se ha tomado como referencia la fábrica mecanoplast de plásticos.

#### 3.4.1 Banda transportadora.

Es un sistema encargado de movilizar objetos cualesquiera que estos sean de un lugar a otro. Gran parte de las fábricas hacen uso de bandas transportadoras de diferentes tamaños, formas y que sobre todo cumplen diferentes funciones. Debido a lo expuesto anteriormente se ha tomado como referencia usar este tipo de equipo como se muestra en la figura. A, para en esta acoplar un par de guías como las de la figura. B, que permitan centrar a los objetos en la banda resultante que se propone quedara como se muestra en la figura. C.

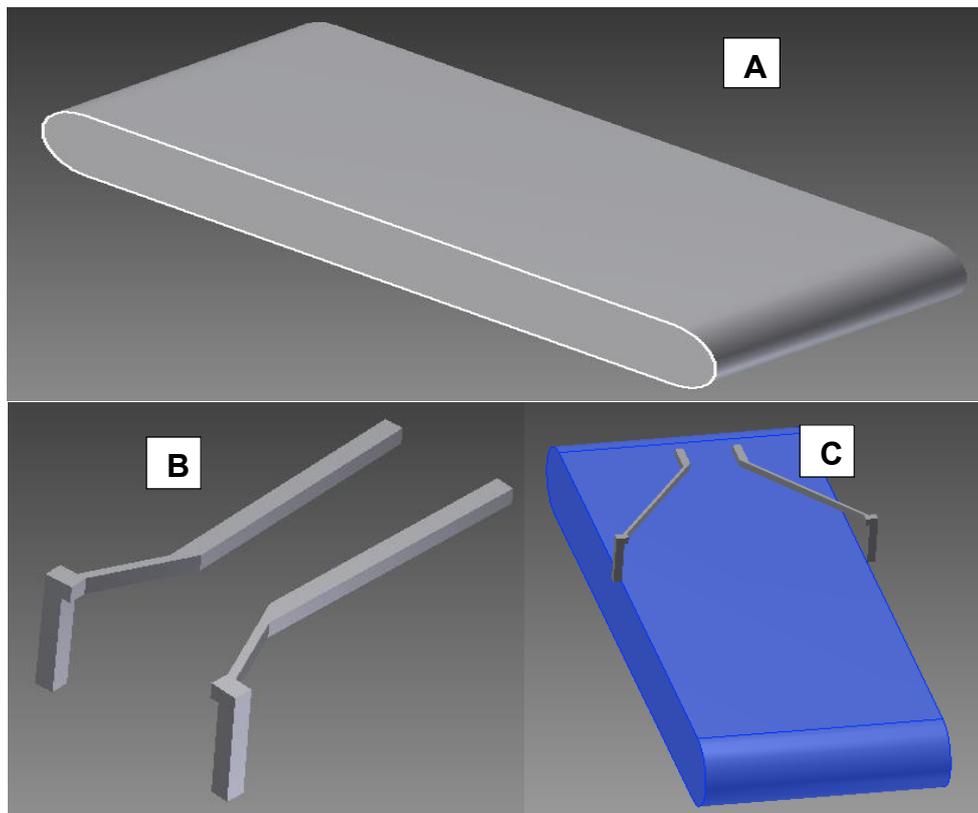


Figura. 1: A) Banda transportadora,  
B) Guías de centrado de objetos, C) Banda centradora de objetos

Fuente: El investigador



### 3.4.2.2 Sección de interés.

La cámara está observando todo el contorno, sin embargo, se requiere que se enfoque en una sección determinada y lo almacene en un espacio de memoria. Se puede apreciar en la figura 5, como la cámara observa todo el contorno y se enfoca en un determinado sector de la figura la cual la puede guardar en un sitio ya predeterminado en el computador.

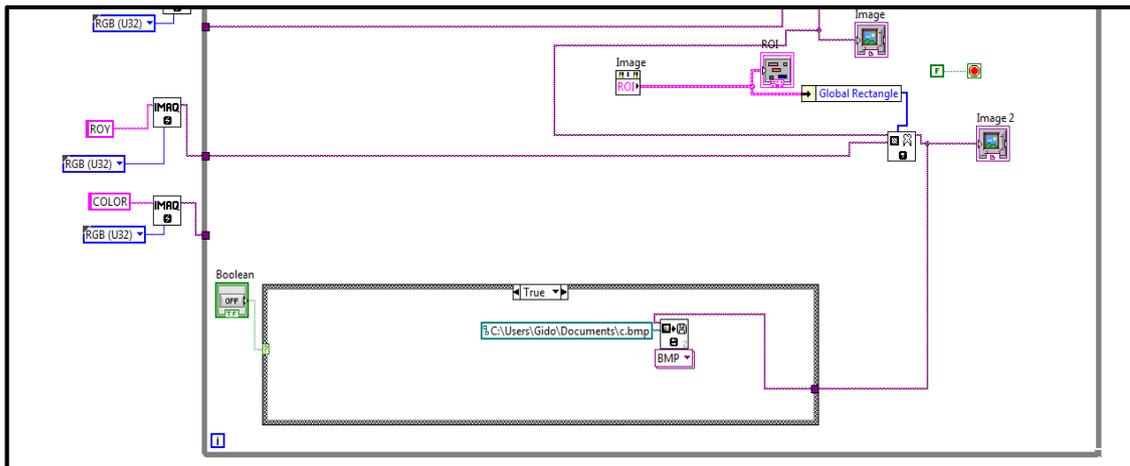


Figura. 4 Programa de sección de interés

Fuente: El investigador

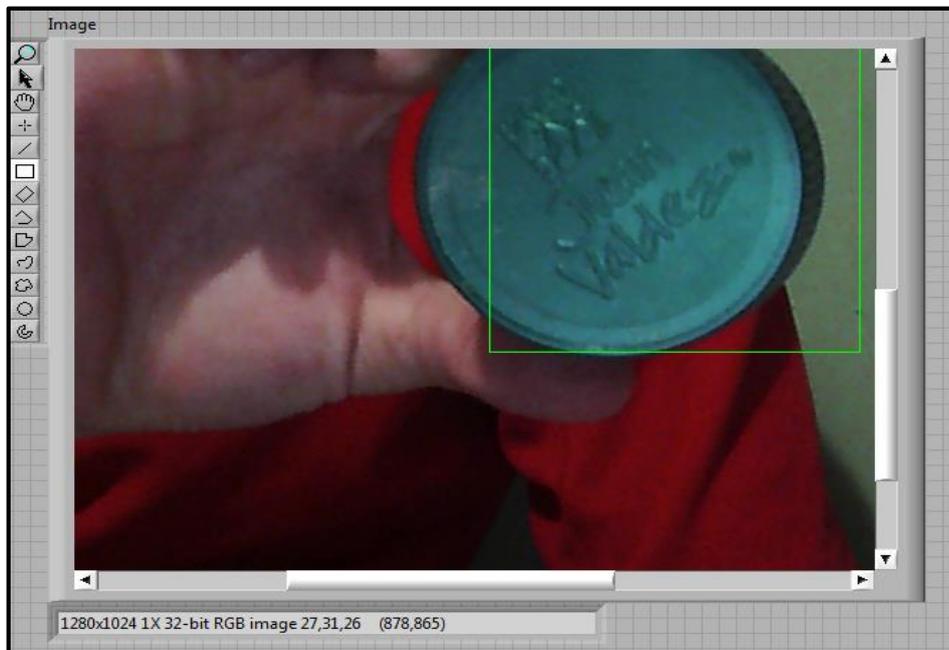


Figura. 5 Tratamiento de imagen para delimitar área de búsqueda

Fuente: El investigador

### 3.4.2.3 Buscar imagen.

La imagen almacenada en memoria corresponde a lo que se describe en la figura 6.



Figura. 6 Buscar Imagen

Fuente: El investigador

Una vez que las imágenes son almacenadas en memoria, el programa de reconocimiento las identifica y compara con el patrón determinado en un factor de comparación de 1 a 1000, como se visualiza en la figura anterior.

El proceso de identificación y comparación se describe en el programa mediante la figura 7.

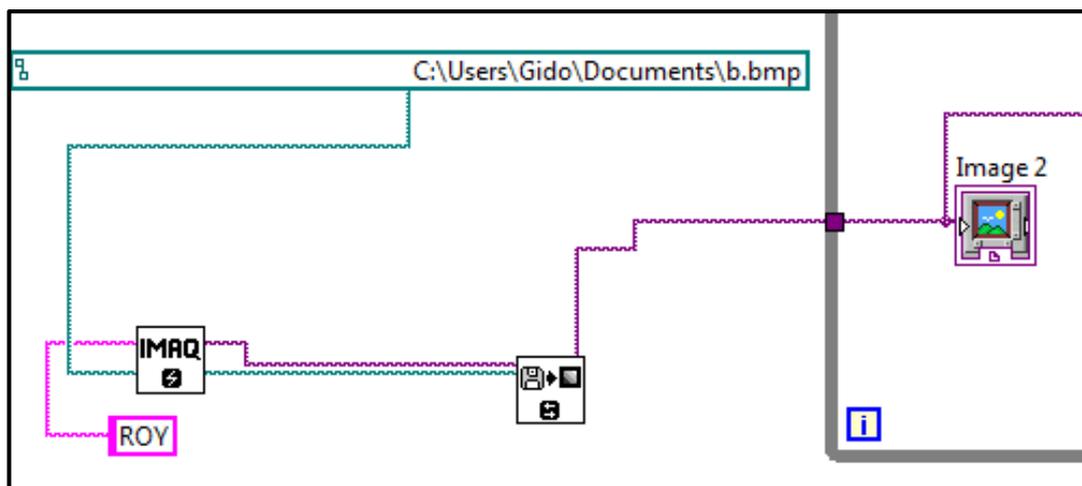


Figura. 7 Programa buscar imagen

Fuente: El investigador

### 3.4.2.4 Posición de la imagen.

Se obtiene la posición en x –y de la imagen de interés que se selecciona en la figura 8.

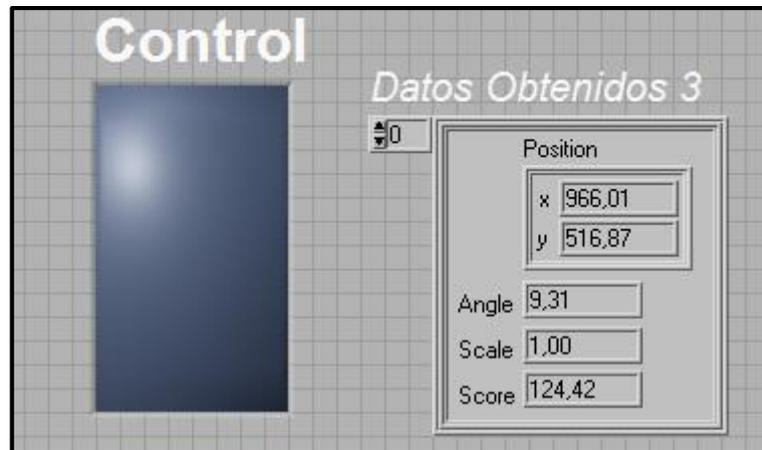


Figura. 8 Posición de imagen

Fuente: El investigador

### 3.4.2.5 Envío de Datos.

Se envía los datos mediante un interfaz serial por medio del programa representado en la figura 9 hacia el microcontrolador, el cual procederá a identificar y clasificar los objetos.

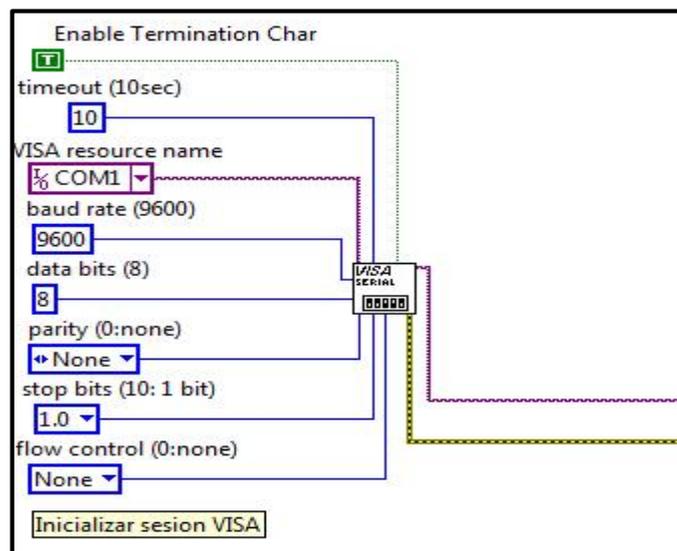


Figura. 9 Programa configuración serial

Fuente: El investigador

### 3.4.3 Mecanismo de selección de objetos

En este módulo se explicará el sistema que se encarga de seleccionar los objetos mediante un brazo robótico el mismo que dispone de una pinza en la punta, la cual sujeta los objetos para posteriormente ubicarlos en los contenedores correspondientes, el sistema quedara como se indica en la figura.10.

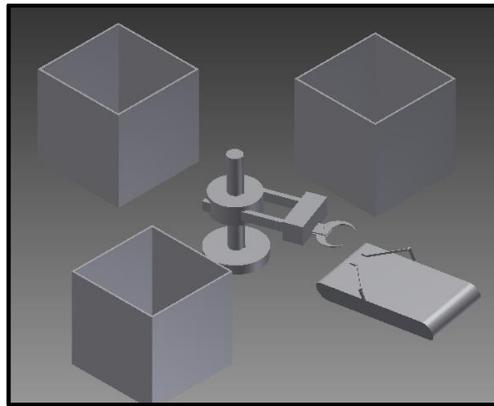


Figura. 10 Sistema de clasificación de objetos

Fuente: El investigador

#### 3.4.3.1 Brazo cilíndrico.

El brazo cilíndrico está compuesto de una base giratoria la misma que contiene un servomotor de 90 grados para su movimiento, para su aplicación está fijo, el brazo dispone de una prolongación horizontal con la longitud suficiente para sujetar con la pinza los objetos que se encuentran sobre la banda transportadora, seleccionándolos de acuerdo a su tipo y luego se los coloca en los contenedores de acuerdo a su forma.

### 3.5 Pronóstico

Se ha propuesto un sistema con un brazo cilíndrico, que a través de visión artificial reconozca objetos y los clasifique, con el fin de automatizar la selección de productos para una empresa y que esta mejore su producción. Debido a que el sistema en cuestión, realiza un proceso repetitivo no sufrirá fatiga, en consecuencia, mantendrá un ritmo constante de producción, lo que beneficiara a la empresa ya que los operarios podrán realizar el control del sistema y otras actividades de supervisión, convirtiéndose en operarios poli funcionales con una menor fatiga diaria.

### 3.5.1 Selección de objetos sobre la banda transportadora.

La Banda transportadora mantendrá el funcionamiento normal, sin necesidad de modificar su estructura actual, con la única diferencia que trabajará a un ritmo constante manteniendo un ritmo diario de producción, lo que no se consigue con operarios humanos.

### 3.5.2 Reconocimiento de imágenes.

Mediante una cámara, a través de LabVIEW se pueden identificar los objetos a clasificar, siendo estos intercambiables y configurables de acuerdo al sistema y necesidad del usuario, sin ningún tipo de fallo que pueda ser causado por errores humanos.

### 3.5.3 Brazo de selección.

Por medio del brazo cilíndrico ubicado al final de la banda transportadora, se pueden trasladar los objetos clasificados hasta el lugar de destino, para el posterior tratamiento. Cabe recalcar que el brazo será probado varias veces antes de su implementación final, permitiendo obtener un sistema muy confiable.

## 3.6 Alcance

Se plantea el reconocimiento y clasificación de objetos de forma geométrica particularmente circular, cuadrada y triangular, indistintamente de su color, los mismos que circulan por una banda transportadora teniendo en cuenta un rango de tamaños y pesos que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.- rangos de objetos a manipular por el sistema

Rango	Mínimo	Máximo	Unidades
Peso	0	1	lb
Tamaño	20	300	cm <sup>3</sup>

Fuente: El investigador

## **3.7 Metodología**

### **3.7.1 Método.**

Para el desarrollo de este proyecto se construye la estructura de estudio del método investigativo que se aplicara.

#### **3.7.1.1 Investigación de Campo.**

Ya que se introducirá al campo industrial para satisfacer las necesidades mediante el sistema selector y clasificador de objetos de forma geométrica, es necesario buscar en el ámbito comercial los elementos mecánicos y electrónicos, así como la información necesaria para la implementación de este proyecto.

## **4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 Introducción**

En el presente capítulo se expondrán los resultados obtenidos del desarrollo del sistema explicando cada módulo independientemente a profundidad para posteriormente verificar las diferencias que existen entre lo que se planteó en fundamentos teóricos y el sistema obtenido, que modificaciones se produjeron al sistema planteado, para lograr cumplir los objetivos del diseño.

### **4.2 Banda transportadora**

La banda transportadora es un módulo del sistema clasificador de objetos que está diseñada y construida en una estructura de aluminio por su resistencia y peso, consta de cuatro chumaceras que son elementos que contienen un rodamiento encapsulado y sujetan a los dos rodillos los mismos que fueron diseñados en forma de barril para que la banda se centre en cada giro, siendo una estructura que puede ser anclada a una base con orificios elípticos los mismos que permiten calibrar la tensión de la banda, aún cuando se ha calibrado y templado adecuadamente. Se hizo necesario colocar una plancha de madera con recubrimiento plástico por la parte interna superior de la banda que va a servir como base, para que sobre esta se desplacen los objetos y de esta manera la cinta soporte la tensión producida sin ninguna deformación o cambio de tensión.

#### **4.2.1 Mecanismo de tracción.**

En uno de los rodillos el extremo del eje fue diseñado de mayor longitud para colocar un engranaje, el mismo que gira enganchado con otro de las mismas características que se encuentra acoplado al rotor del motor, obteniendo de esta forma la tracción suficiente para el desplazamiento continuo y uniforme de la cinta transportadora. Por seguridad el motor se encuentra anclado a la base del sistema, garantizando la estabilidad del mismo.

#### **4.2.2 Resultados obtenidos de la banda transportadora.**

La banda transportadora funciona de acuerdo a lo planificado y diseñado aplicando los fundamentos teóricos, sin modificaciones en el sistema. La banda fue construida en lona muy resistente, flexible y elástica la misma que fue unida en sus extremos por una

máquina que la funde y sella mediante un proceso de termo compresión, garantizando de esta forma la estabilidad del sistema.

### **4.3 Solución reconocimiento de objetos**

#### **4.3.1 Labview.**

Labview es un entorno de desarrollo destinado para la creación de sistemas, de tal manera que facilita la programación gráfica mediante el lenguaje llamado G que contiene un sin número de herramientas.

#### **4.3.2 Registro de objetos base.**

##### **4.3.2.1 Programa 1: Captura de imágenes.**

En este primer programa se requiere capturar las imágenes las cuales serán almacenadas en memoria para poderlas identificar y clasificar posteriormente, las cuales son:

- Se requiere acceder a la cámara la cual está conectada al computador mediante un interfaz USB, gestionada por medio del software labview.
- Una vez que se tiene control de la cámara se procede a seleccionar cual será nuestro objeto a identificar.
- Las imágenes seleccionadas se guardan en un espacio de memoria del computador.

##### **4.3.2.2 Panel de Control.**

En este panel representado en la figura 11 se dispone de cuatro botones para seleccionar la captura de imágenes y dos visualizadores para permitir mostrar la información al usuario de las capturas realizadas.

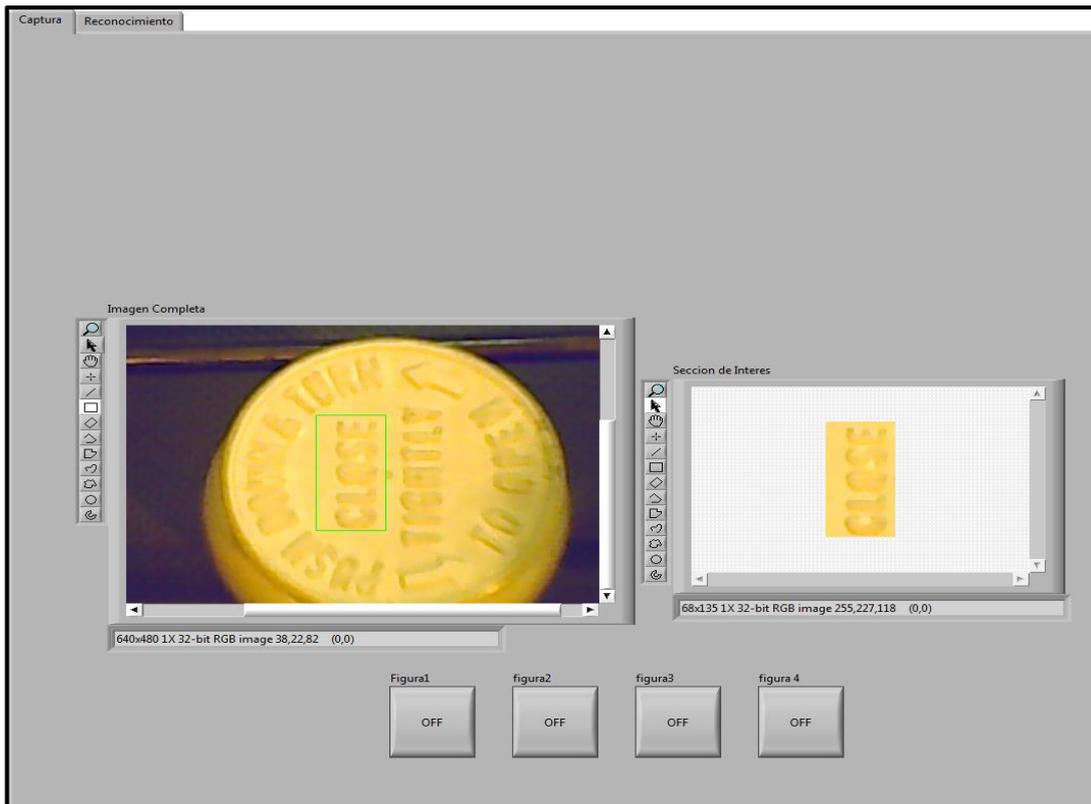


Figura. 11 Panel de control

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.3 Imagen completa.

Este es una ventana en la cual se observará las imágenes capturadas por la cámara.

#### 4.3.2.4 Sección de interés.

Mediante un rectángulo se selecciona la parte de la imagen que se quiere capturar.

#### 4.3.2.5 Botones de control.

Como se puede ver en la figura. 12 se tienen cuatro botones etiquetados como figura1, figura2, figura3, figura4, los mismos que corresponden a las cuatro imágenes a capturar tales como cuadrado, círculo, triángulo, rectángulo.



Figura. 12 Botones de control

Fuente: el Investigador

#### 4.3.2.6 Librería “Vision and Motion”.

Para que se pueda realizar una programación eficiente, se tiene que acceder a las librerías de “Vision and motion” de LabView las cuales permiten acceder a variadas aplicaciones destinadas a capturar imágenes en movimiento, como se representa en la figura. 13.

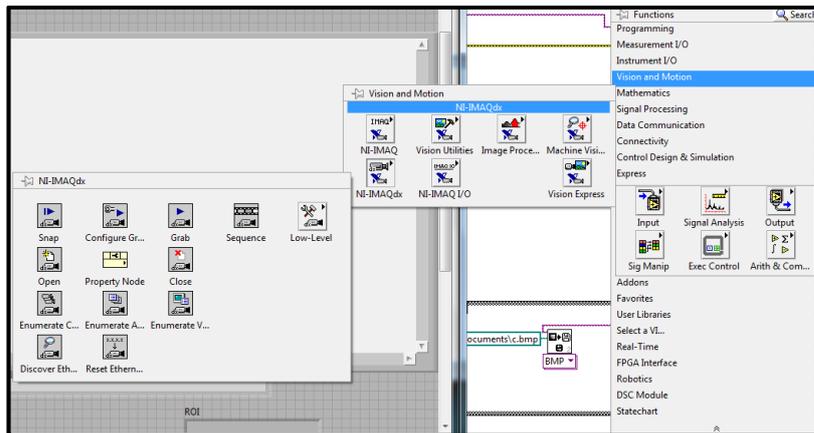


Figura. 13 Librería Vision and Motion

Fuente: El investigador

Secuencia para abrir una cámara desde el computador mediante labview está indicada mediante la figura 14.

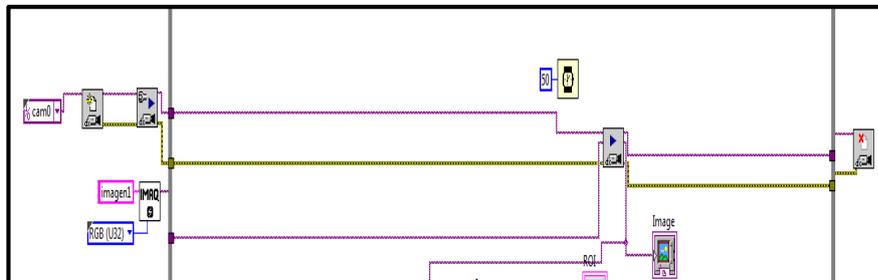


Figura. 14 Programa abrir cámara

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.7 Abrir cámara.

La selección y activación de la cámara instalada mediante un puerto USB al computador, se realiza con la librería descrita en la figura 15.

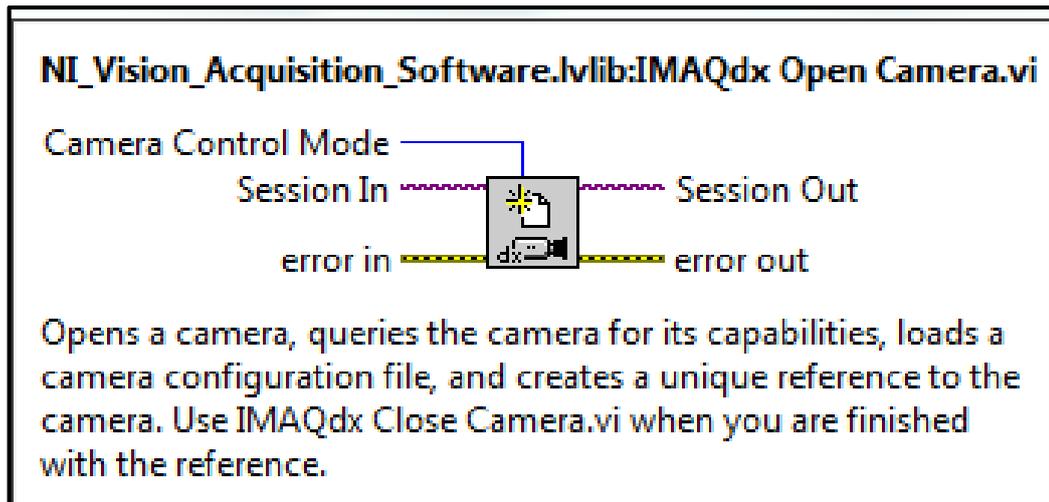


Figura. 15 Bloque abrir cámara

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.8 Configurar cámara

La cámara instalada debe ser configurada de forma automática para tomar los drivers se autoselección, permitiendo que el hardware se asocie de forma dinámica entre el computador y la cámara activa.

Una vez asociada y reconocida la cámara se puede iniciar la grabación, lo que se realiza mediante la librería Vision\_Acquisition de la herramienta LabView, como se muestra en la figura. 16.

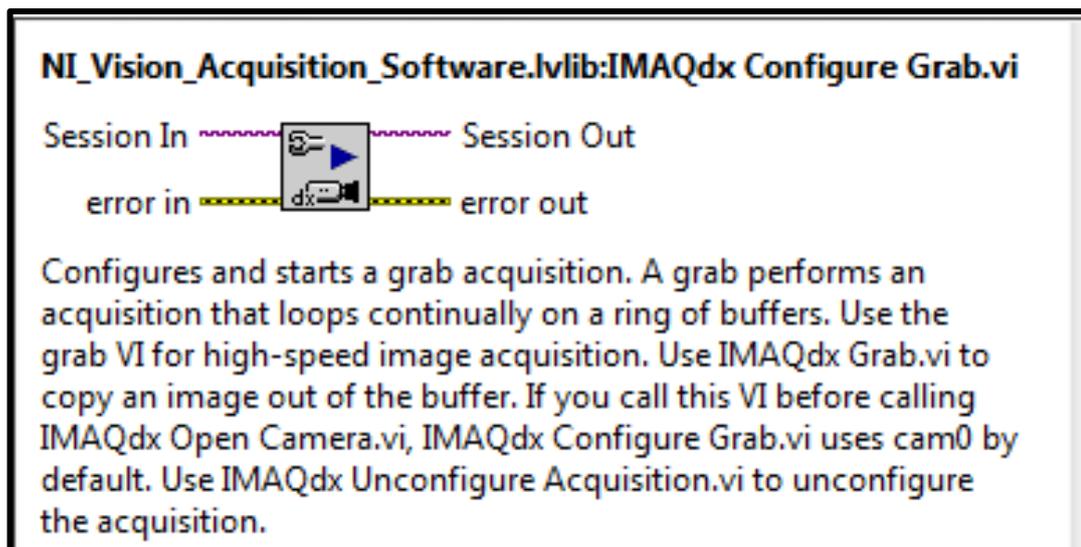


Figura. 16 Bloque configuración cámara

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.9 Grabar.

Activada la cámara se inicia la grabación de los objetos característicos para su futuro reconocimiento. Este proceso se realiza mediante un bucle tipo “while” de la librería Vision\_Adquisition, permitiendo el almacenamiento temporal de estos gráficos en un bloque de la memoria RAM de la cámara, como se muestra en la figura. 17.

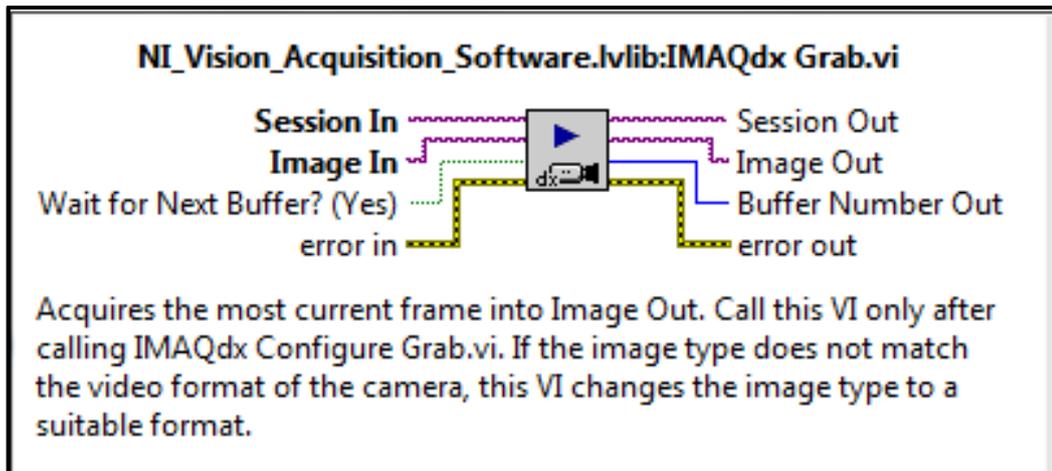


Figura. 17 Bloque grabar

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.10 Memoria RAM para la cámara.

Para el almacenamiento temporal de las imágenes de los objetos característicos en memoria RAM se usa el siguiente bloque de la herramienta “IMAQ Create”, de las librerías de LabView, como se indica en la figura. 18.

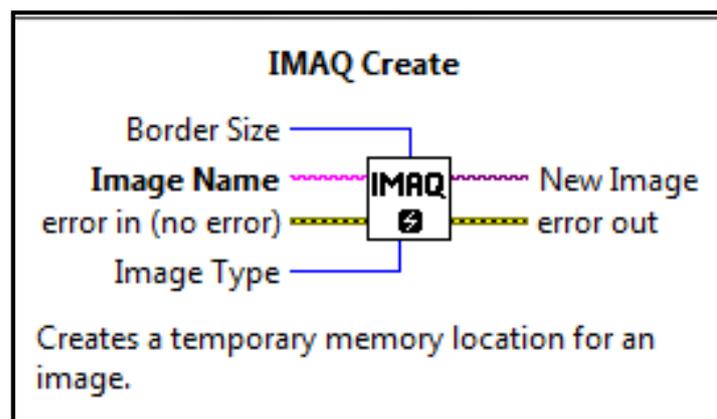


Figura. 18 Bloque memoria RAM para la cámara

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.11 Cerrar cámara.

Una vez que las imágenes de los objetos característicos se encuentran grabadas en memoria RAM, mediante el bloque “NI\_Vision\_Acquisition” de las librerías de LabView, como se indica en la figura. 19, se cierran las capturas de la cámara para evitar que se guarde información no deseada.

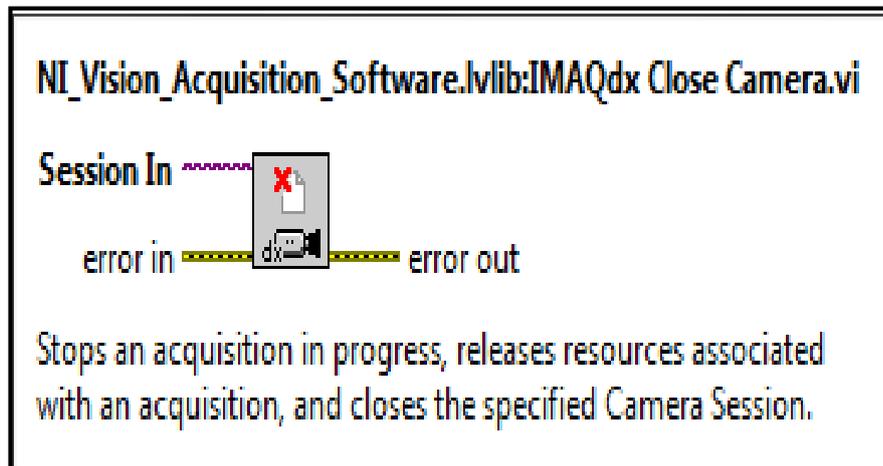


Figura. 19 Bloque cerrar cámara

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.12 Ventana de visualización.

Mediante este panel, se visualizan las imágenes capturadas por la cámara y que sirven de referencia para la comparación que se ejecuta con los objetos sobre los cuales se realiza el muestreo y selección en la banda transportadora, como se indica en la figura. 20.



Figura. 20 Bloque ventana de visualización

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.13 Selección de nuestro objeto a identificar.

Mediante la selección del objeto referencial en la ventana de visualización, se pueden seleccionar mediante la opción “ROI”, activando un recuadro en el cual es especifica el fragmento de toda la imagen capturada en memoria RAM, que servirá para la comparación referencial de los objetos que se desplazarán sobre la banda transportadora, como se muestra en la figura. 22

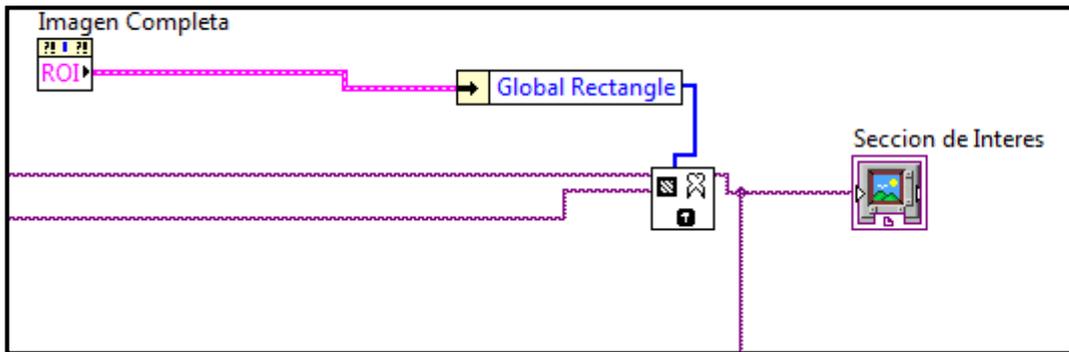


Figura. 21 Programa de selección de objetos

Fuente: El investigador

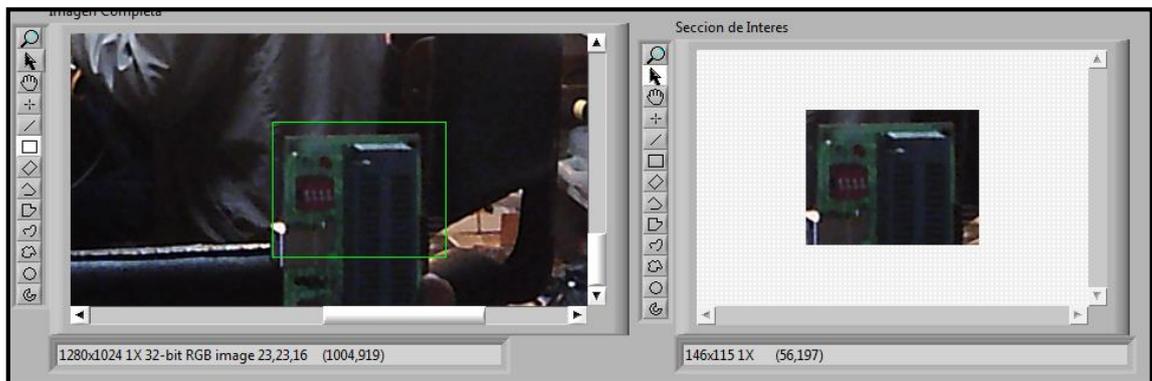


Figura. 22 Selección de objetos

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.14 Extracción de imagen.

Mediante la herramienta “NI\_Vision\_Development” de LabView, se extrae la imagen de interés seleccionada la misma que se muestra en la ventana de visualización y la almacena en un bloque de memoria RAM como se muestra en la figura.23

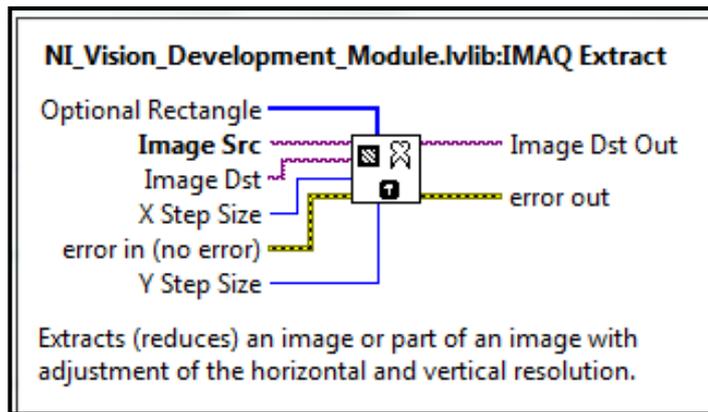


Figura. 23 Bloque de extracción de imagen

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.15 Grabado de la imagen.

Mediante la herramienta IMAQ Write se graba la imagen en un espacio de memoria físico del computador, para tenerlo a disposición en el momento que realiza la comparación de los objetos que se desplazan por la banda transportadora. Este proceso se muestra en la figura. 24

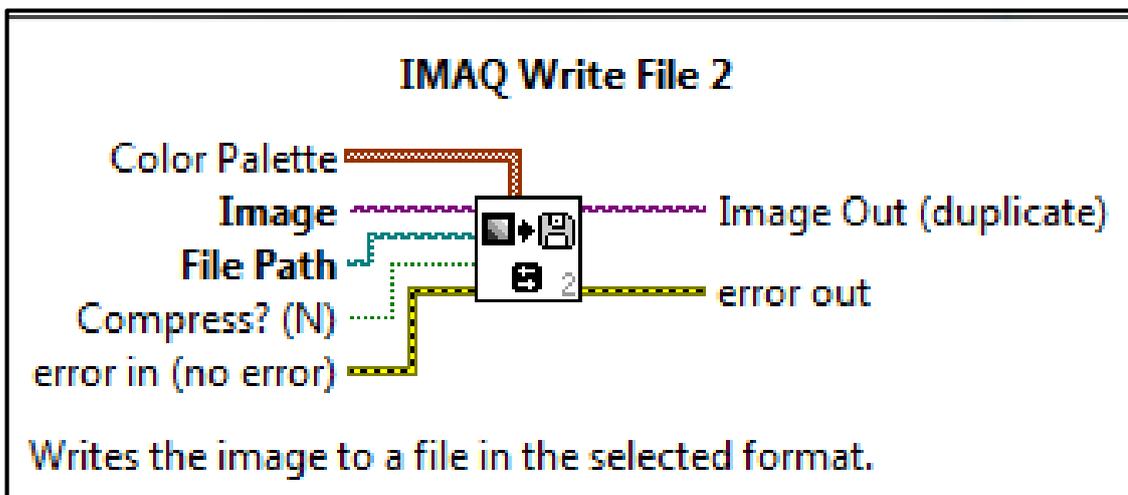


Figura. 24 Bloque grabado de la imagen

Fuente: El investigador

Una vez que se asigna un bloque físico de memoria para grabar la imagen de comparación definiendo el tipo de archivo gráfico a ser almacenado. En este caso “.BMP” como se indica en la figura. 25

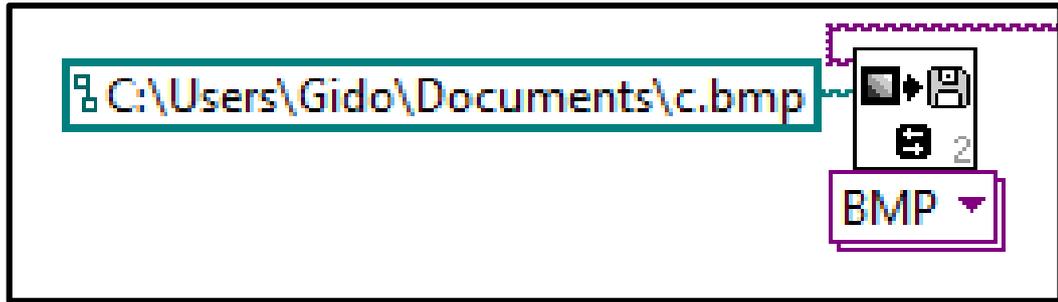


Figura. 25 Programa gravado de la imagen  
Fuente: El investigador

#### 4.3.2.16 Programa 2: Lectura de imágenes y reconocimiento.

En la pantalla de reconocimiento de imágenes se tiene dos ventanas, la primera representa la imagen capturada y la segunda ventana corresponde a la comparación de la imagen correspondiente al objeto que está desplazándose por la banda transportadora.

Los detalles de cada ventana y control son los siguientes:

- **Imagen2:** En esta ventana se muestra la imagen la cual se requiere reconocer.
- **Imagen3:** En esta ventana se muestra todo contorno y compara con la Imagen 2 y si el parecido es el seleccionado la escoge.
- **Reconocimiento1:** En este control ingresan el porcentaje de parecido.
- **Datos Obtenidos 1:** Este control muestra la posición, el ángulo, La escala y el porcentaje de comparación "Score" de la imagen.
- **Porcentaje de parecido:** Este indicador presenta el porcentaje real de parecido que tiene la imagen.
- **Set point:** En este control ingresan el valor mínimo de porcentaje de parecido.
- **Stop:** Mediante este botón detendrán el programa, suspendiendo la comparación.

Estas ventanas y controles que cumplen estas funciones se muestran en la figura. 26

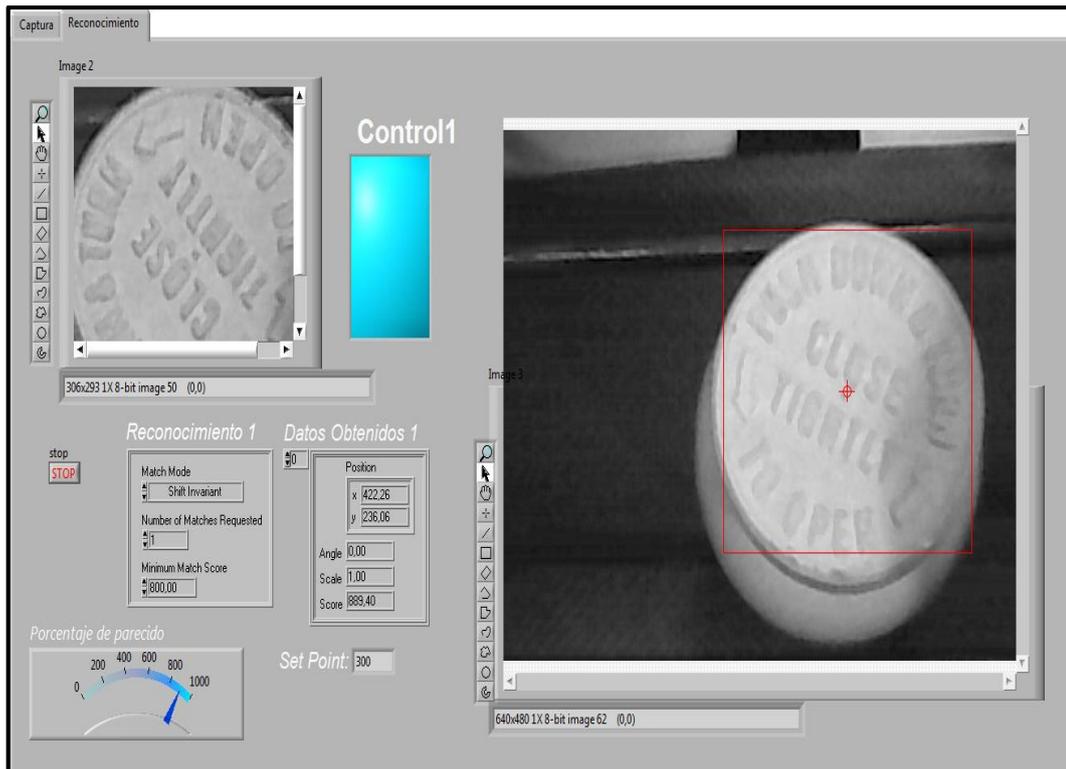


Figura. 26 Panel de control 2

Fuente: El investigador

El panel de reconocimiento de imágenes contempla los controles que se encuentran activos para la identificación de imágenes, es decir los que se han comparado, por lo que este segundo programa tiene la capacidad de aplicar los siguientes pasos:

- Se requiere acceder a la cámara la cual está conectada al computador mediante labview.
- Se lee la imagen a identificar y se la envía a una pantalla para su visualización.
- Se compara la imagen leída con el contorno capturado por la cámara y se designa un porcentaje de parecido.
- Si el porcentaje de parecido supera al escogido, el programa identificará la imagen y se procede a enviar un dato por comunicación serial, para avisar al microcontrolador cual imagen ha sido identificada.

El detalle completo de los controles para la captura y reconocimiento de imágenes se muestran en detalle en la figura. 27

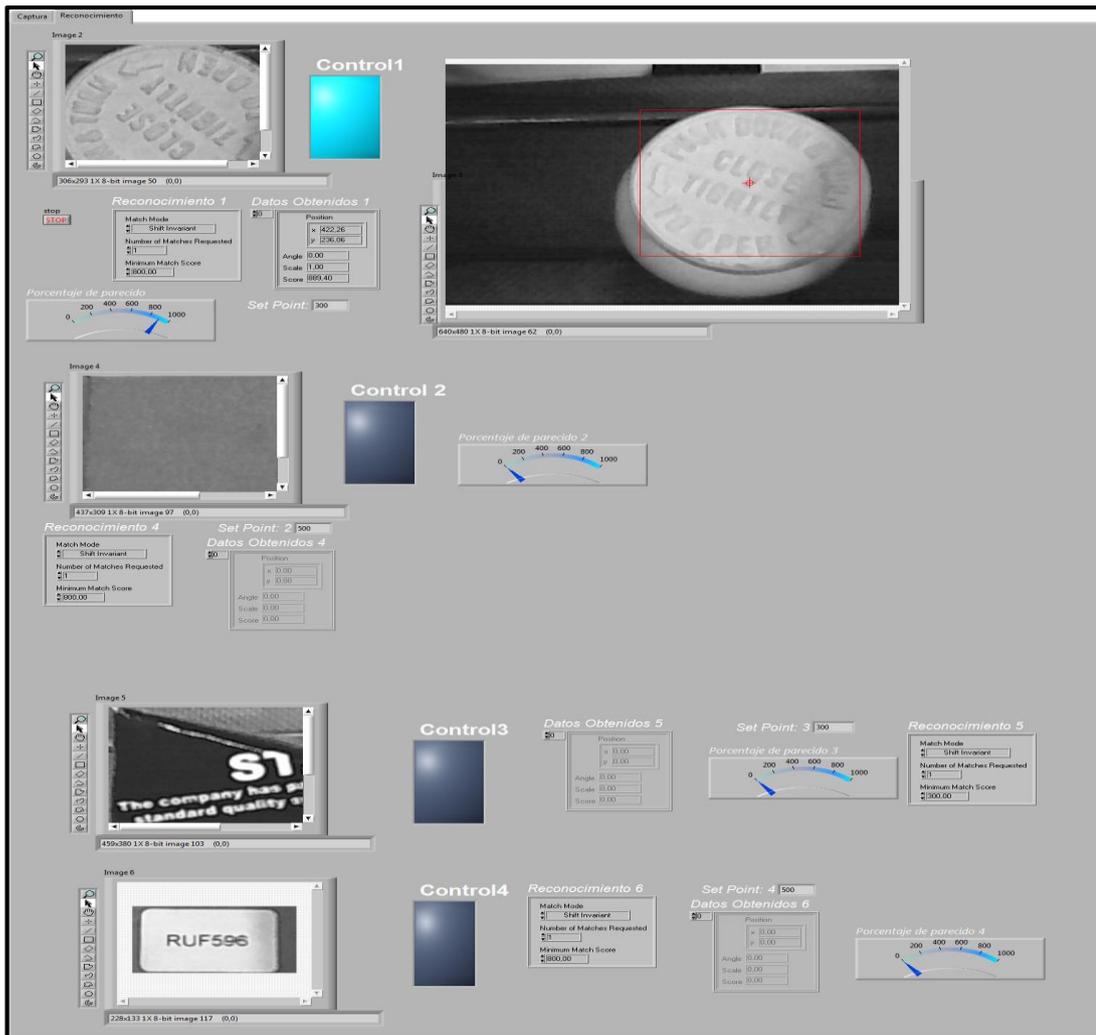


Figura. 27 Panel de reconocimiento de imágenes

Fuente: El investigador

El detalle del programa en LabView para identificación de imágenes se muestra en la figura. 28

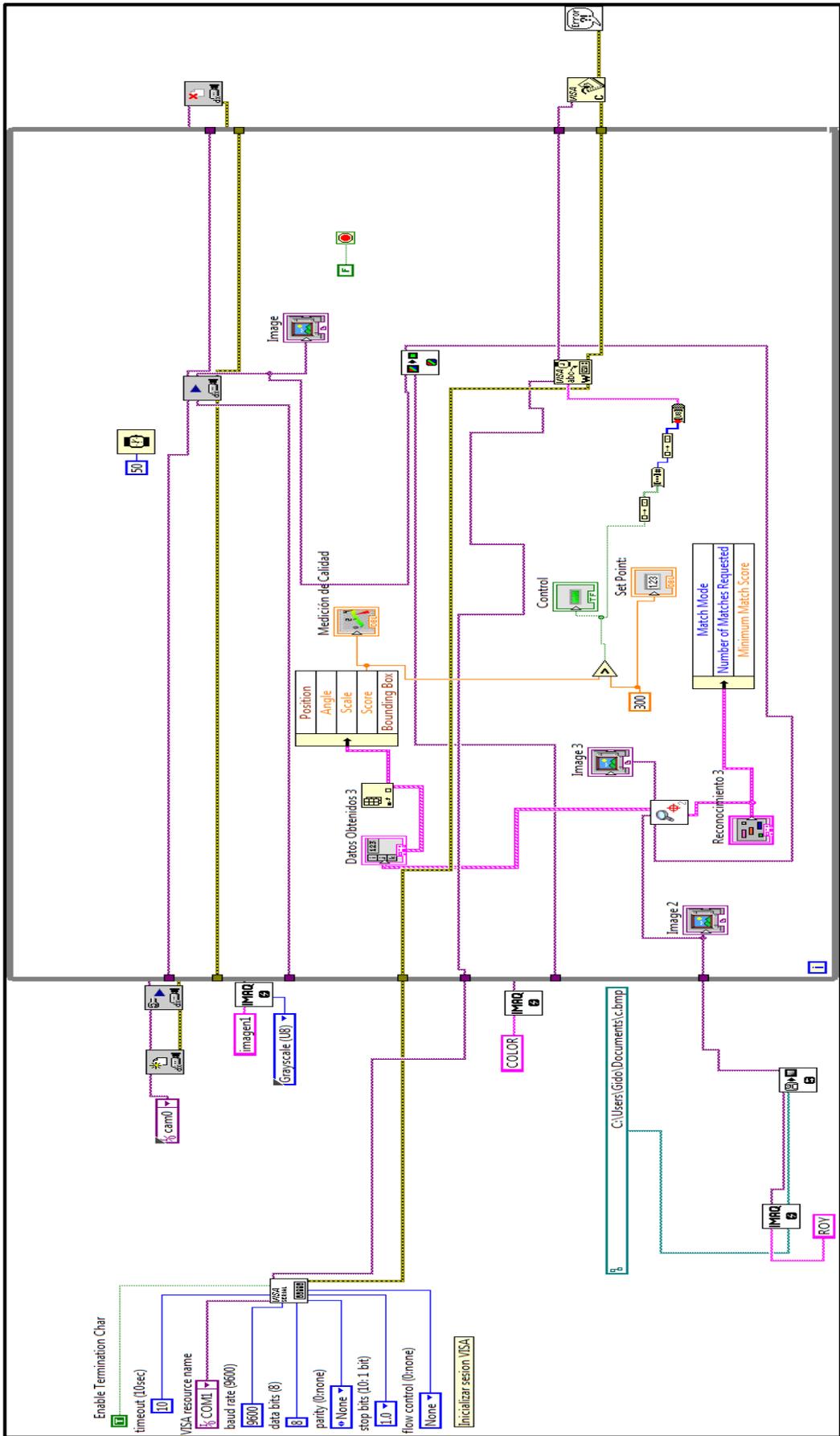


Fig. 28 Segundo programa de identificación de imágenes

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.17 IMAQ Read File.

En el proceso de comparación de imágenes con el objeto que se encuentra desplazándose en la banda transportadora y el registro guardado en memoria, se usa la librería IMAQ ReadFile, la cual permite comparar la imagen de referencia y la imagen del objeto real, mediante el factor de parecido se representa mediante un cambio de color en la pantalla principal de la aplicación. Este proceso se muestra en la figura, 29.

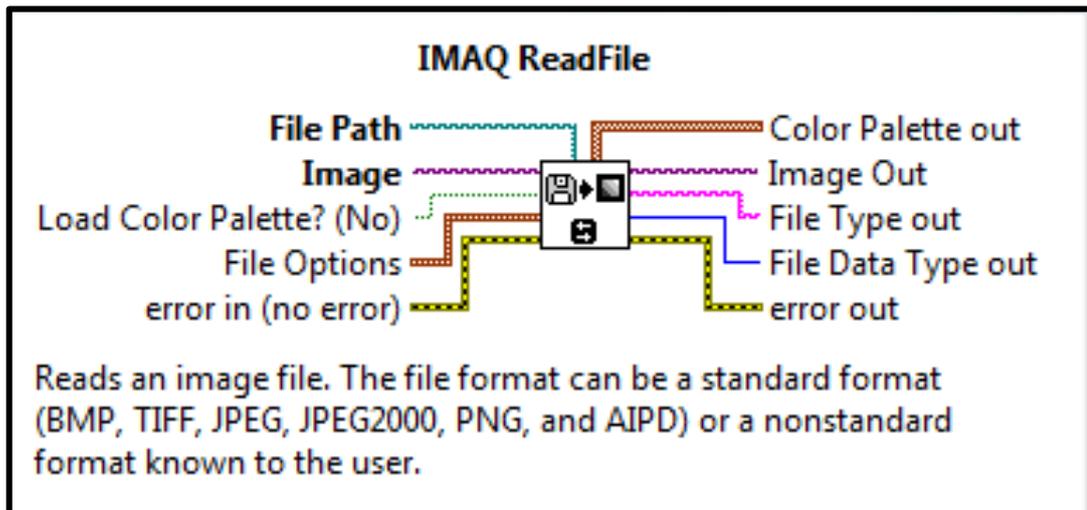


Figura. 29 IMAQ ReadFile

Fuente: Lab View

Luego de la comparación de la imagen almacenada con la imagen real del objeto, esta nueva imagen se guarda temporalmente en memoria RAM, para poder asignar el indicador de ubicación del objeto en el contenedor correspondiente. Esto se muestra en la figura. 30

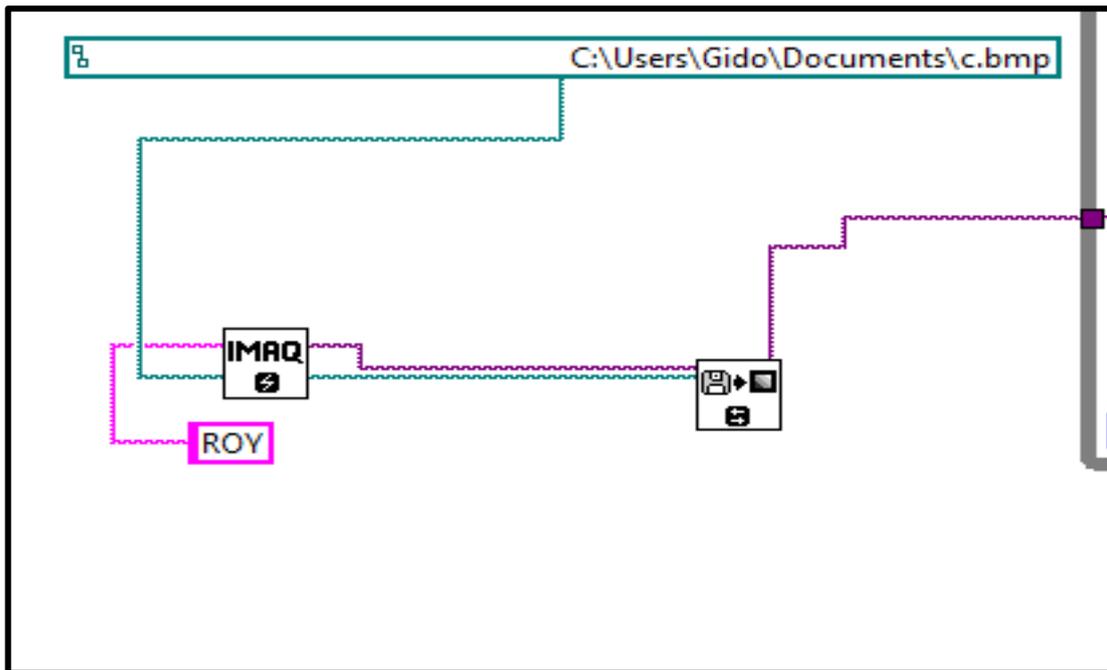


Figura. 30 Programa IMAQ ReadFile IMAQ ReadFile

Fuente: El investigador

#### 4.3.2.18 IMAQ Extract Single Color Plane.

Cuando la comparación se realiza exitosamente la pantalla de captura cambia a tonos de gris mediante la herramienta NI\_Vision\_Development lo que permite optimizar la capacidad de memoria disponible para nuevas comparaciones evitando de este modo que la cámara y el sistema de captura se sature. Esto se muestra en la figura. 31.

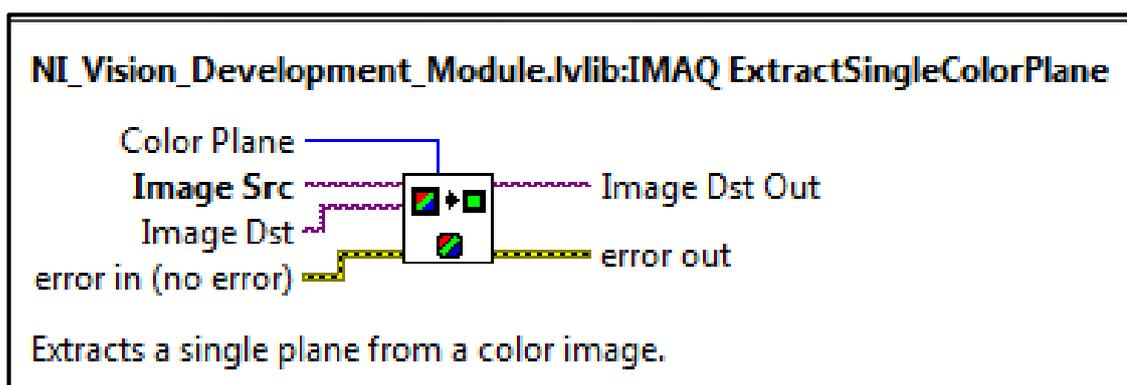


Figura. 31 Bloque IMAQ ExtractSingleColorPlane

Fuente: Lab View

### 4.3.3 Modulo de comparación

Mediante la librería NI\_Vision\_Development\_Module.lvlib se realiza la comparación de la imagen seleccionada con el contorno detectado en la captura que la cámara realiza, es necesario en este caso ingresar el porcentaje de parecido entre las dos imágenes. Como se muestra en la figura. 32

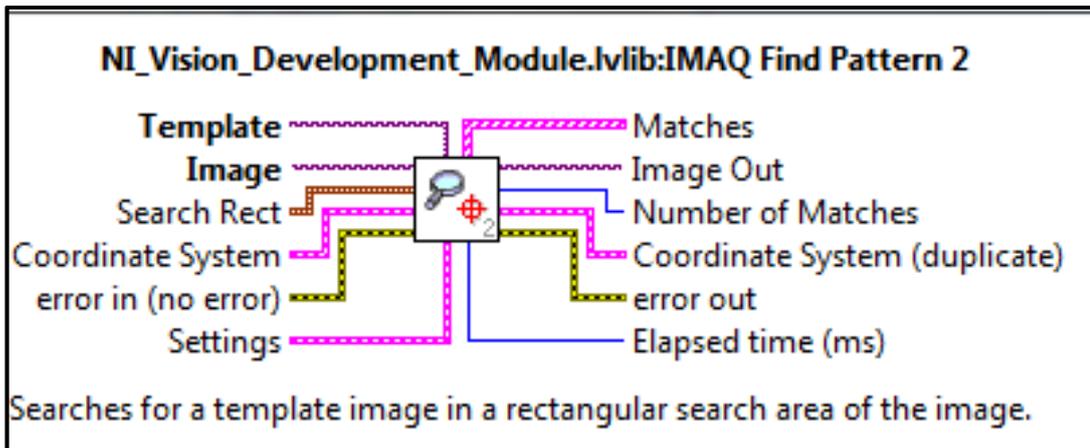


Figura. 32 Bloque IMAQ Find Pattern 2

Fuente: Lab View

Mediante el módulo de Match, se realiza la comparación fina de la captura como se muestra en la figura. 33

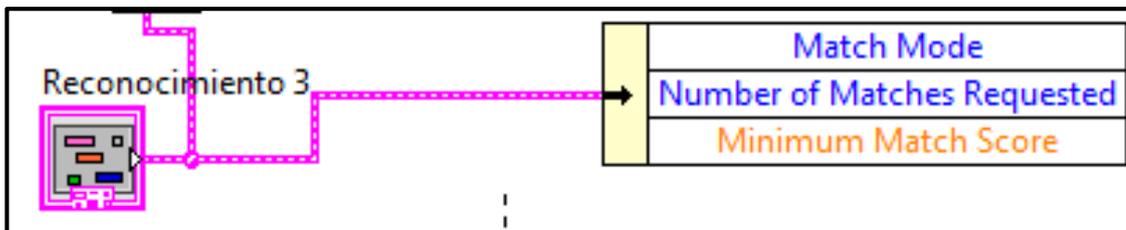


Figura. 33 Programa comparar imagen

Fuente: Lab View

Este bloque compara la semejanza de la imagen capturada anteriormente con todo el contorno, busca, entrega la posición y el porcentaje de parecido, como se indica en la figura. 34

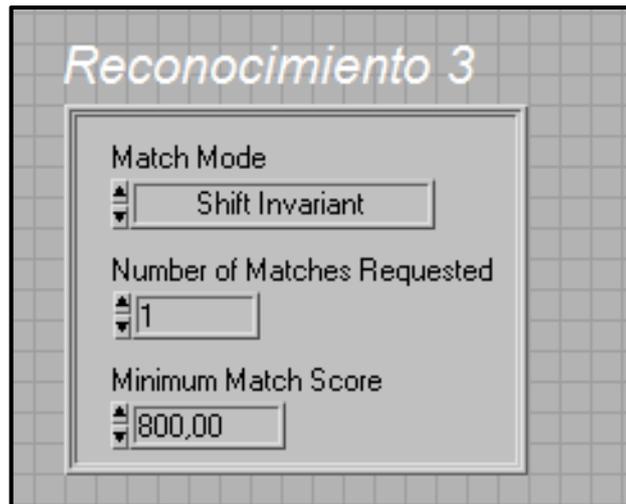


Figura. 34 Reconocimiento figura 3

Fuente: El investigador

#### 4.3.4 Comunicación labVIEW – Atmega 328.

##### 4.3.4.1 Comunicación serial.

Toda la información de las imágenes guardadas y las nuevas capturas son transmitidas al microcontrolador por medio de una conexión serial USB, lo cual permite realizar las configuraciones e inicialización del programa. Como se muestra en la figura. 35.

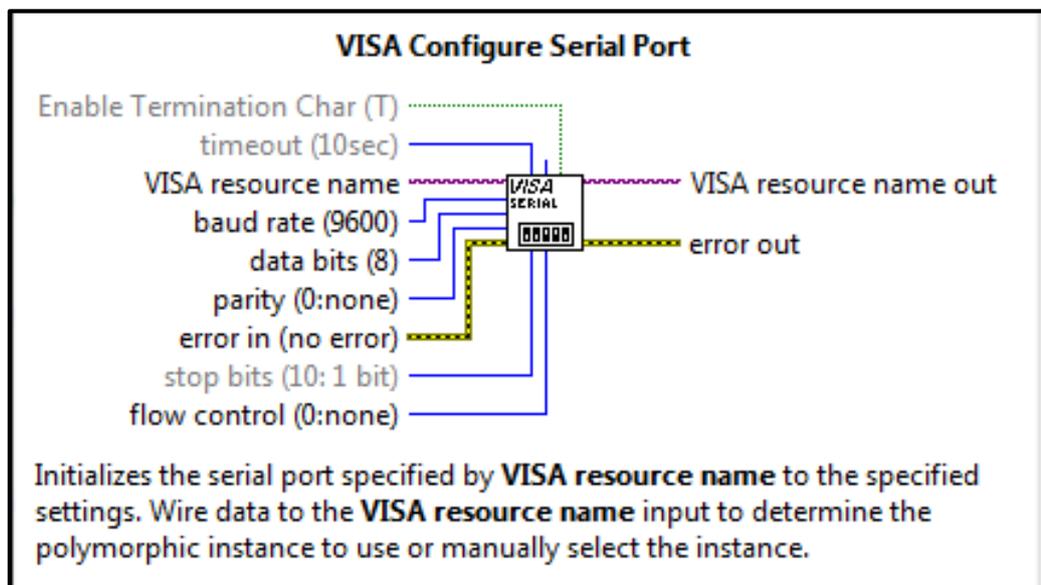


Figura. 35 Bloque Visa Configure Serial Port

Fuente: Lab View

##### 4.3.4.2 Visa Write.

Con este bloque indicado en la figura 36 se puede escribir datos mediante el puerto serial.

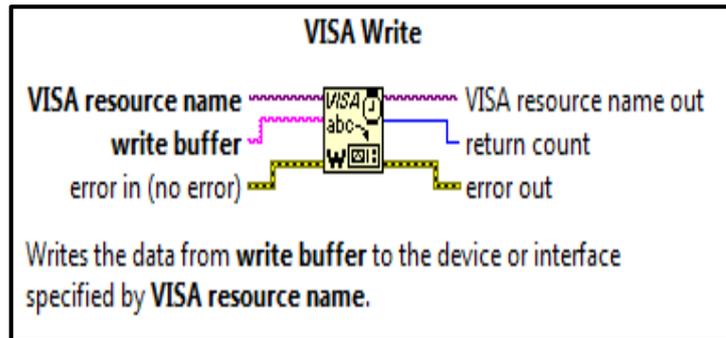


Figura. 35 Bloque Visa Write

Fuente: Lab View

#### 4.4 Brazo robótico selector de objetos

Este módulo tiene el brazo que va a sujetar los objetos y los moviliza horizontalmente para posicionarlos sobre las canastas que contendrán todas las piezas de la misma forma como muestra en la figura 37.



Figura. 36 Brazo robótico selector de objetos

Fuente: El investigador

#### **4.4.1 Modulo móvil base.**

Este módulo fue realizado en nylon, consta de un rodamiento que permite la libre rotación del brazo que trabajara con un servo de 180 grados, y tiene un sensor infrarrojo que alerta de la posición del objeto en la banda transportadora, para de esta manera saber cuándo debe el brazo sujetar un objeto y proceder a la selección del mismo.

#### **4.4.2 Pinza sujetadora.**

La pinza sujetadora tuvo una modificación para que pueda sujetar objetos de mayor tamaño a los que podía selecciona originalmente.

Se elaboraron 2 garras que fueron cortadas en acrílico mediante laser para que sean simétricas, y se acoplen con la base original, de esta manera no tener que cambiar todo el sistema. También se colocó caucho para que no dañe el material, y tenga mejor agarre.

#### **4.4.3 Posicionamiento del brazo vs objeto.**

El brazo se inicializa en una posición cero, y en el momento en que el sensor infrarrojo que se ubica en la parte inferior central del mismo indica una señal de que el objeto está ubicado en la posición de selección, el brazo procede a moverse hasta la posición establecida para sujetar el objeto y posteriormente movilizarlo para ser seleccionado.

#### **4.5 Circuito Electrónico**

El modulo electrónico que comanda el sistema y hace posible la comunicación de la computadora y el sistema selector de objetos fue diseñada en el programa Proteus, diagramando en el ISIS, para posteriormente diseñar la placa en ARES, tal como se muestra en la figura 38.



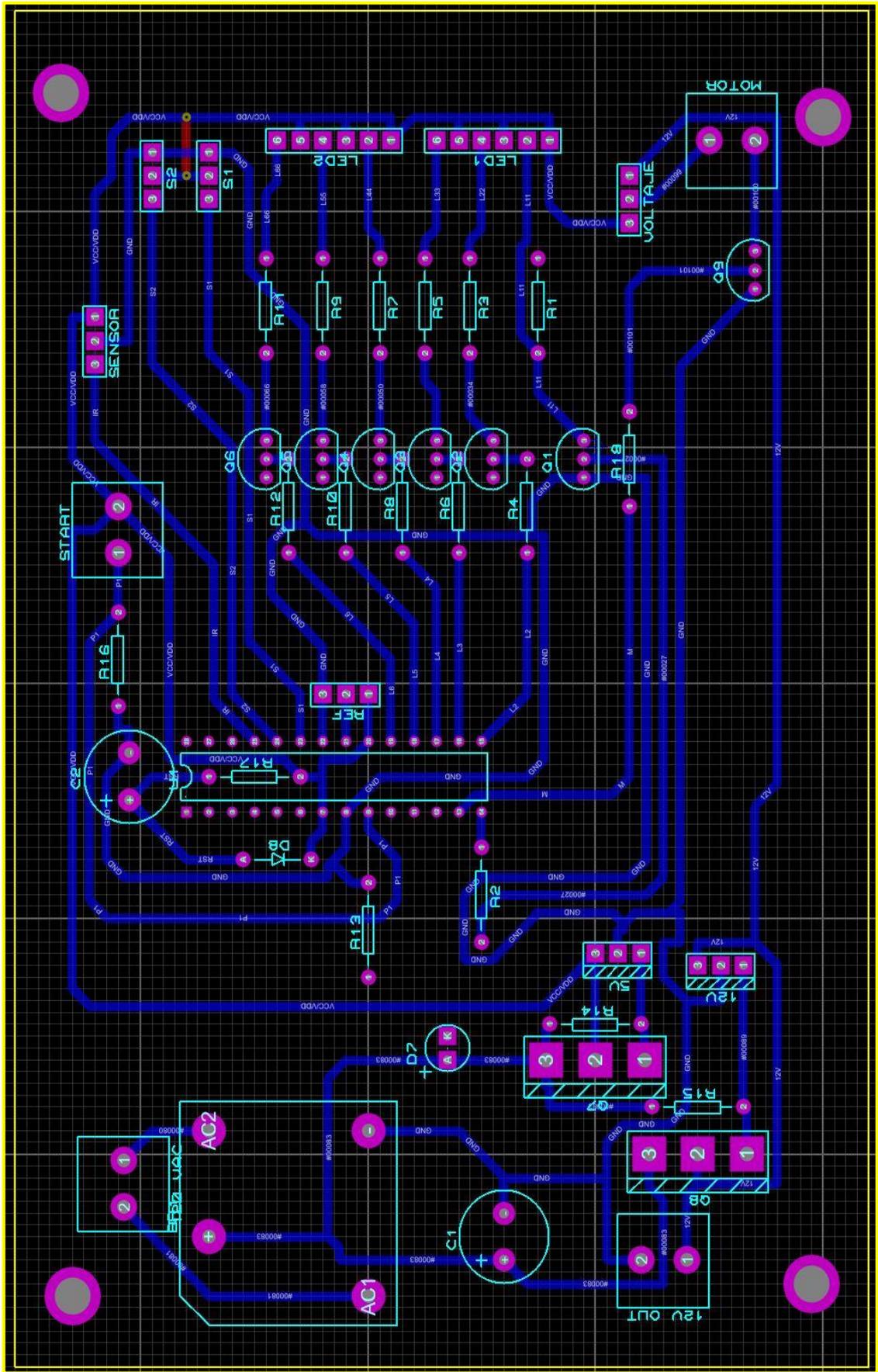


Figura. 38 Conexión circuito electrónico

Fuente: El investigador

## 4.6 Descripción modular

### 4.6.1 Fuente de poder.

La fuente es el módulo que permite conectar el equipo directamente a la red de 110v, y se encarga de suministrar el voltaje necesario para los elementos que componen el sistema representado en la figura 40.

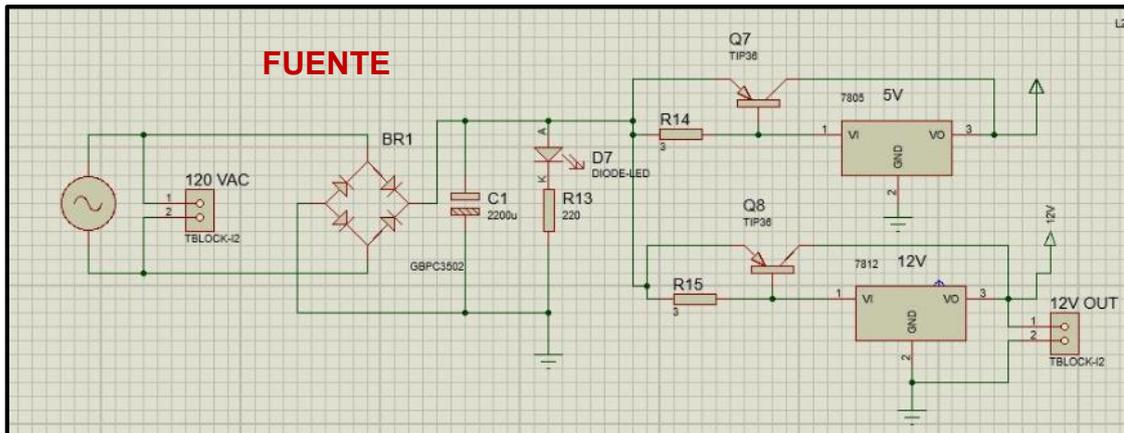


Figura. 39 Fuente de poder

Fuente: El investigador

### 4.6.2 Motor de banda transportadora.

Este es el circuito que permite controlar con una señal baja, un motor que va a usar una corriente alta, y va a proporcionar la movilidad a la banda transportadora como se muestra en la figura 41

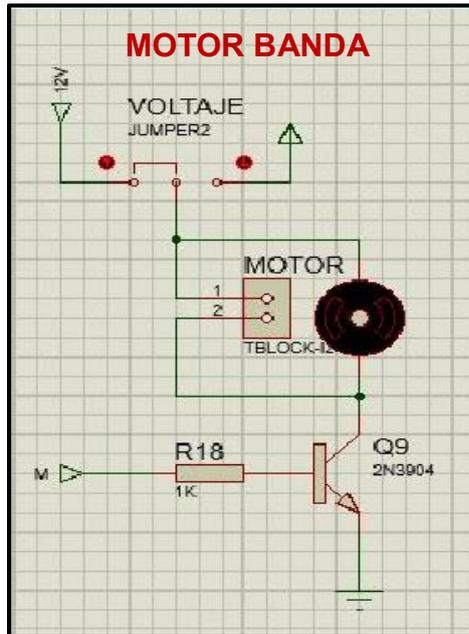


Figura. 40 Motor banda

Fuente: El investigador

#### 4.6.3 Pulsador inicio.

Los pulsadores representados en la figura 42 permitirán al usuario controlar la máquina, después de hacer el encendido del sistema maneja el pulsador mediante la tecnología pull-up la cual mantiene una salida en estado bajo= 0V y cuando se pulsa esta salida se pone en alto= 5V esto sirve para manejar las entradas al microcontrolador y evitar estados indeseados por inducción eléctrica u otro efecto físico.

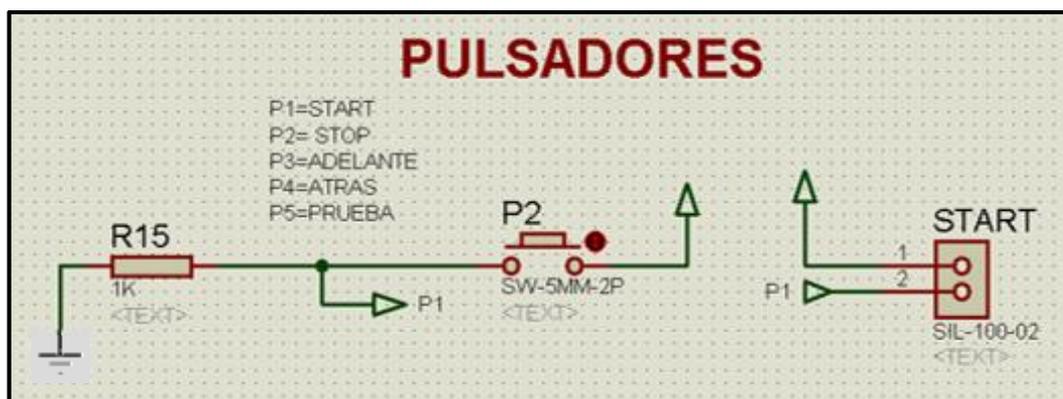


Figura. 41 Pulsador inicio

Fuente: El investigador

#### 4.6.4 Servomotores.

En el módulo de la figura 43 se encarga de controlar los servomotores, que proporcionan el movimiento a la base giratoria del brazo, y la apertura y cierre de la pinza.

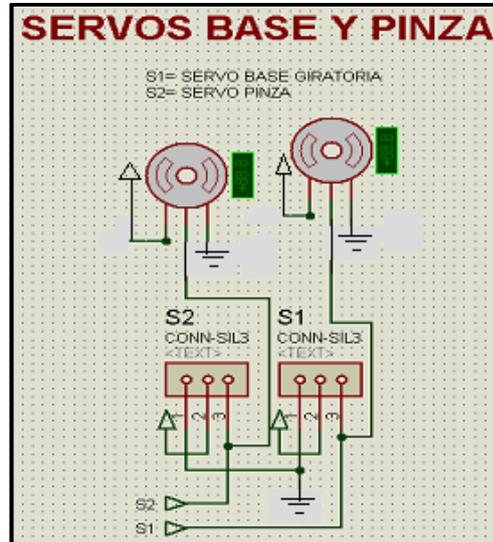


Figura. 423 Servomotores

Fuente: El investigador

#### 4.6.5 Sensor final banda.

Estos conectores permiten comunicar el sensor infrarrojo con el microcontrolador, para enviar un pulso cuando detecta el objeto a la distancia que se calibra el mismo.



Fig. 43 Sensores

Fuente: El investigador

#### 4.6.6 Reset.

Este sistema de reset indicado en la figura 45 permite inicializar el sistema nuevamente en caso de producirse algún error en cualquier momento del programa.

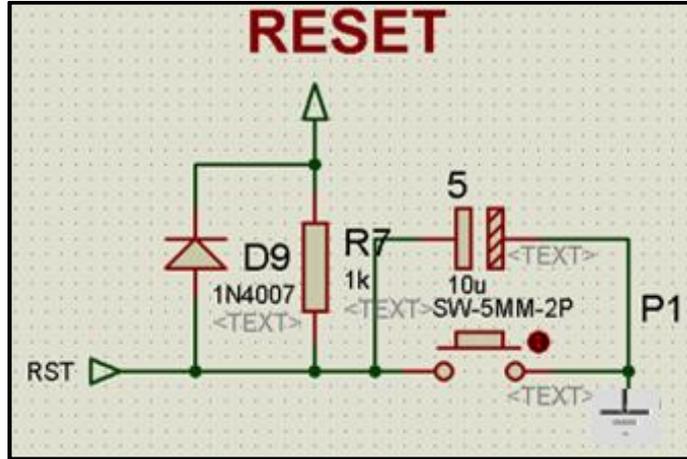


Figura. 44 Reset

Fuente: El investigador

#### 4.6.7 Indicadores.

Los indicadores representados en la figura 46 son luces led de diferentes colores los mismos que se encenderán de acuerdo a la tabla 2

Tabla 2.- Indicadores de luces LED

INDICADOR	DESCRIPCION
VERDE	SISTEMA ENCENDIRO
ROJO	RECONOCIMIENTO DE OBJETO 1
AMARILLO	RECONOCIMIENTO DE OBJETO 2
AZUL	RECONOCIMIENTO DE OBJETO 3
TOMATE	RECONOCIMIENTO DE OBJETO 4

Fuente: El investigador

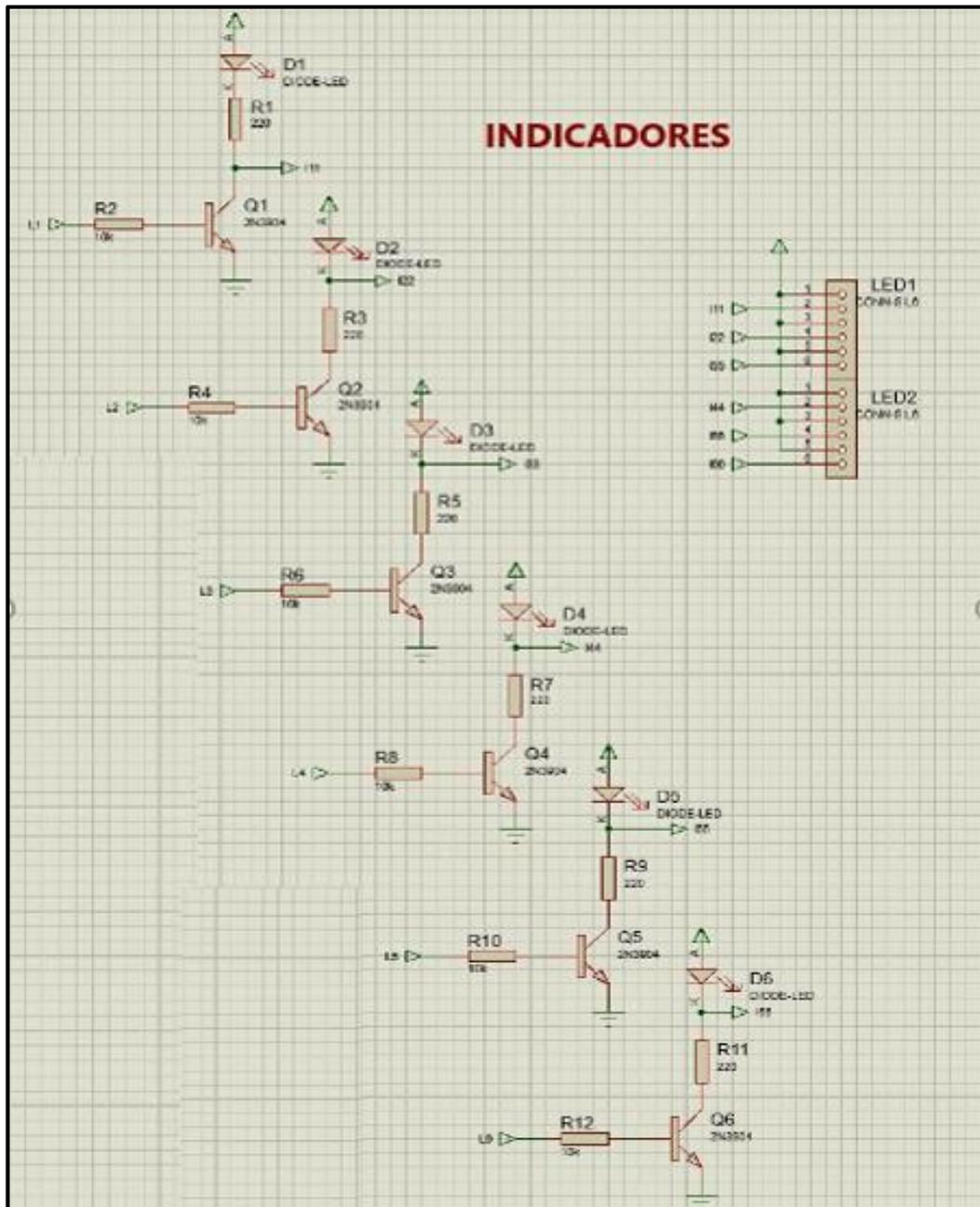


Figura. 45 Indicadores

Fuente: El investigador

#### 4.6.8 Diseño de placa.

El diseño de la placa que es conocido como mainboard se realizó en ARES y permite visualizar la imagen en 3D para poder guiar el armado de la misma como se observa en la figura 47.

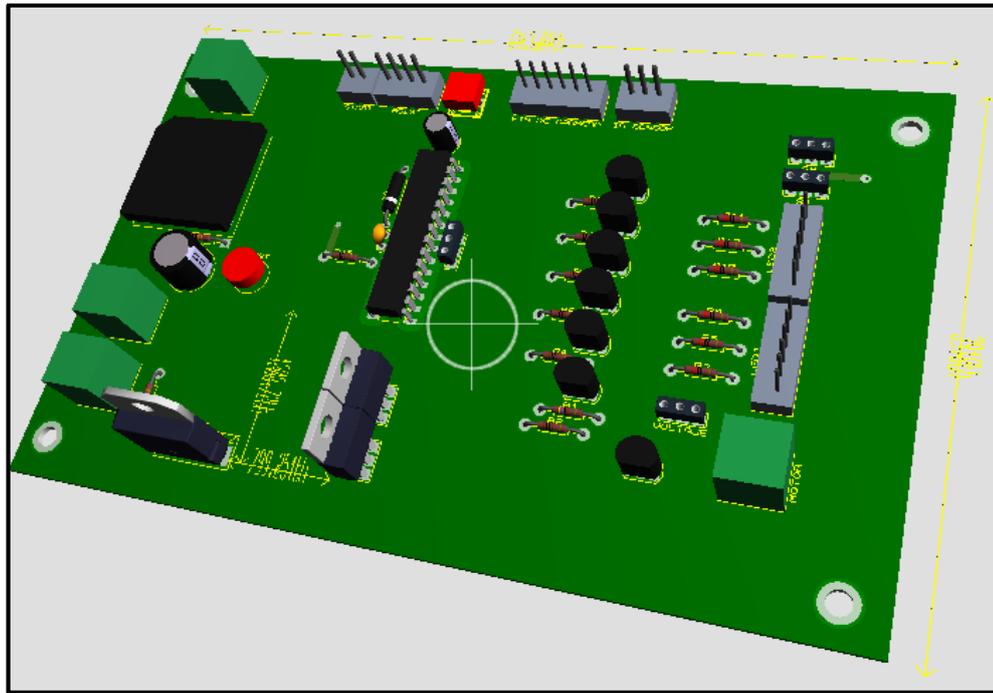


Figura. 46 Imagen 3D de la placa parte superior

Fuente: El investigador

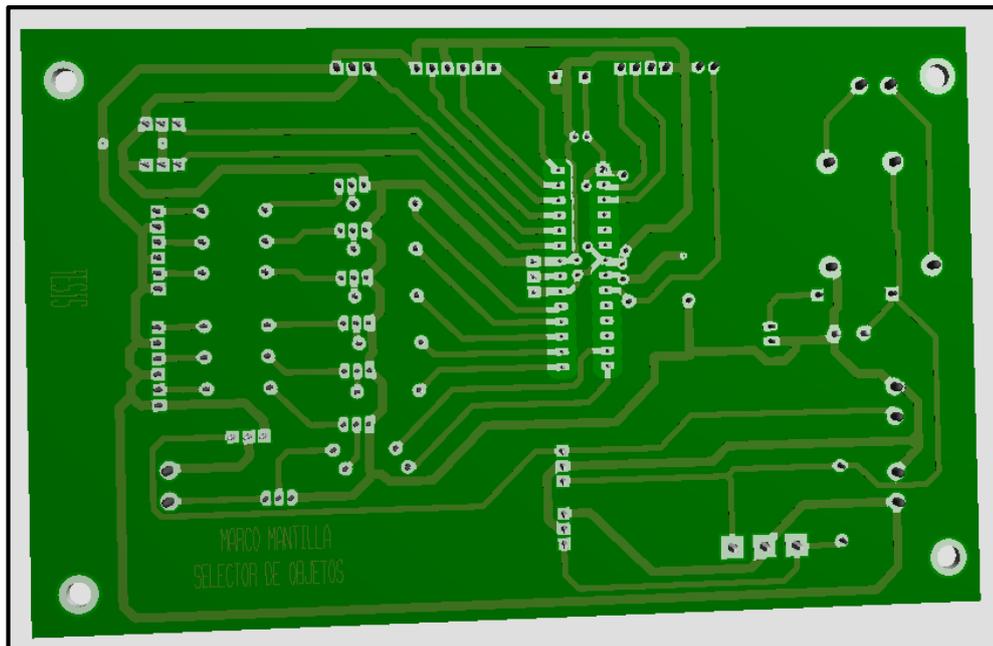


Figura. 47 Imagen 3D de la placa parte interior

Fuente: El investigador

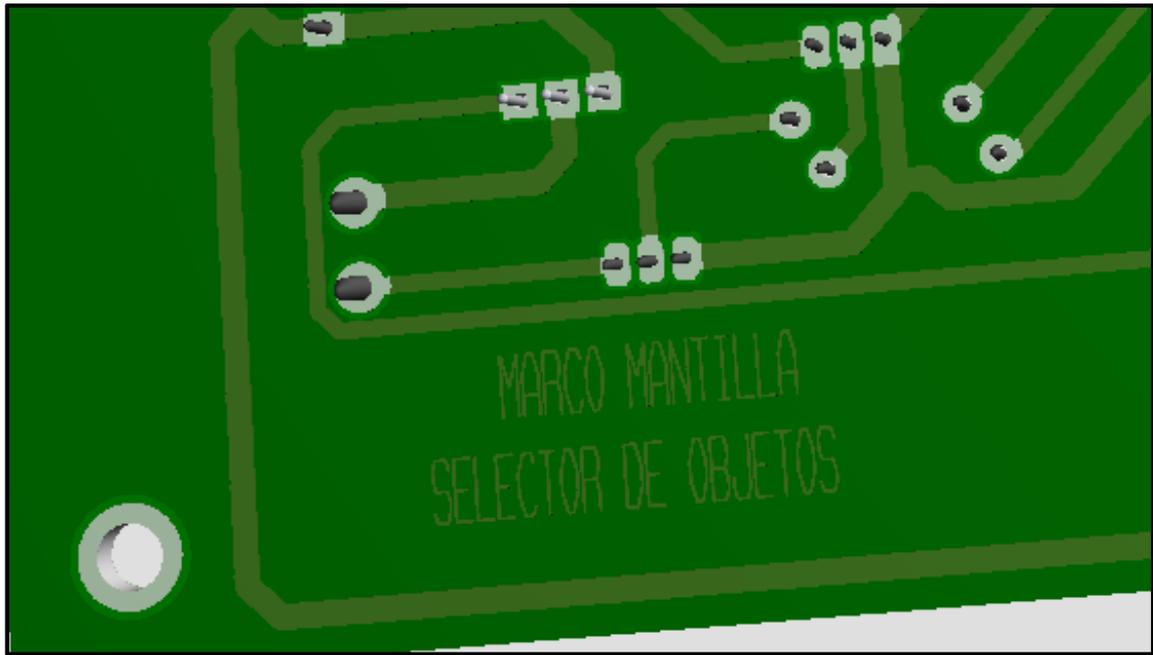


Figura. 48 Esquina izquierda de la placa

Fuente: El investigador

#### 4.7 Costo proyecto.

Los gastos realizados para la implementación del proyecto se detallan en la tabla 3 en donde se observa que el valor más significativo es la adquisición de la licencia para operar el programa en Labview.

Tabla 3.- Costo proyecto

COSTO PROYECTO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTOS	SUBTOTAL	OBSERVACIONES
ESTRUCTURA BASE	1	120	120	
BANDA TRANSPORTADORA	1	160	160	
MODULO ELECTRONICO	1	100	100	
DESARROLLO DE SOFTWARE	1	300	300	
DESARROLLO ELECTRONICO	1	200	200	
LICENCIA LABVIEW	1	1100	1100	<a href="http://www.ni.com/labview/buy/esa/">http://www.ni.com/labview/buy/esa/</a>
		<b>TOTAL</b>	<b>1980</b>	

Fuente: El investigador

#### 4.8 Datos de la banda transportadora

En la tabla 4 se detallan los valores de velocidad angular, lineal, carga máxima normal y carga crítica de la pinza con los cuales la banda transportadora mantendrá su funcionamiento normal.

Tabla 4.- Datos de la banda transportadora

<b>DATOS DE LA BANDA TRANSPORTADORA</b>					
<b>VELOCIDAD</b>		<b>FUERZA</b>		<b>CARGA</b>	<b>Carga crítica en la pinza</b>
<b>Angular</b>	<b>Lineal</b>	<b>Sin peso</b>	<b>Con peso</b>	<b>Máxima</b>	
13.75 rpm	$2.52 \frac{cm}{s}$	3.6 Kgf	18 Kgf	14.4 Kg	<b>233.331gf</b>

Fuente: El investigador

## CONCLUSIONES

- Mediante sensor infrarrojo se optimiza los recursos electrónicos para detectar los objetos que pasan sobre la banda transportadora para que el brazo pueda sujetar y desplazarlo a su destino seleccionado.
- El sistema se ha desarrollado de modo general que podría ser implementado en cualquier tipo de industria con variaciones mínimas de acuerdo a la aplicación específica, con un amplio campo de acción.
- Se ha seleccionado como herramienta de apoyo el software labview ya que presenta una ventaja sobre cualquier otro programa al tener las librerías de captura y reconocimiento de imágenes “visión and motion” facilitando la ejecución de algoritmos complicados que al desarrollarlos de forma manual haría que el programa funcione lento y sea menos robusto.
- La programación del microprocesador se realiza mediante lenguaje Basic, los algoritmos necesarios para el correcto funcionamiento del brazo mecánico son desarrollados de forma simple permitiendo hacer modificaciones o actualizaciones cuando se lo requiera dependiendo de los usos que se le pueda dar al sistema.
- La fabricación del brazo robótico selector de objetos se realiza con materiales de bajo costo lo que permite poner en prácticas los conocimientos adquiridos, este modelo práctico puede ser aplicado a temas de mayor capacidad en el ámbito industrial en función de los requerimientos actuales de la industria en el Ecuador.
- Las aplicaciones prácticas para este tipo de sistema son muy variadas y dependiendo de la industria en la que se aplique puede ser adaptada para productos u objetos de forma geométrica como también de forma irregular, en este caso los desarrollos deben ser actualizados en función de los requerimientos.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda especial cuidado en cuanto al manejo de cualquier equipo por lo que se debe tener capacitación del funcionamiento antes de poner en marcha el mismo.
- Se recomienda el uso adecuado de EPP (Equipo de protección personal) dentro de la industria en la cual funcionaria este tipo de sistemas.
- El proyecto puede ser adaptado a un sistema de control neumático por cuanto este mecanismo es más viable para el desempeño y durabilidad de la máquina, manteniendo la durabilidad del equipo y disminuyendo el factor de error en el funcionamiento del mismo.
- Se recomienda el uso de este equipo para reducir los costos al momento de automatizar un proceso productivo de selección y/o clasificación de objetos de forma secuencial y repetitiva.

## **Bibliografía**

- Bolton, W. (2011). *Mecatrónica sistema de control electrónica en la ingeniería mecánica y eléctrica*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Boylestad, R. (2004). *Introducción al Analisis de Circuitos*. México: Pearson Educación.
- David G. Alciatore, M. B. (2007). *Introducción a la Mecatronica y los sistemas de medición*. México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Lajara Vizcaino, J. R., & Pelegri Sebastián, J. (2007). *Labview entorno gráfico de programación*. Mexico: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A.
- Robert L. Mott, P. E. (2006). *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. México: Pearson Educación.
- Tocci, R. J., Neal S, W., & Gregory L, M. (2007). *Sistema Digital, Principios y Aplicaciones*. México: Pearson Educación.
- Valencia B., R. (s.f.). *Aplicaciones Electrónicas con Microcontroladores*.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Programa en microprocesador Atmega 8

```
= "m8def.dat"
$crystal = 8000000
'ddrx.0 :portx.0 ==> alta impedancia en lectura de adc
'ddrx.0 :pinx.1 ==> declaras pinx como entrada pull up con resistencia interna
'ddrx.1 :portx.0 ==> declaras portx como salida con valor inicial 0
'ddrx.1 :portx.1 ==> declaras portx como salida con valor inicial 1
'declaración de puertos de entrada
Config Pinc.2 = Input 'sensor IR
'Ddrc.2 = 1 : Portc.2 = 0
Config Pinc.3 = Input 'fin de carrera 1
Config Pinc.4 = Input 'fin de carrera 2
Config Pinc.5 = Input 'fin de carrera 3
'Ddrc.3 = 1 : Portc.3 = 0
'Ddrc.4 = 1 : Portc.4 = 0
'Ddrc.5 = 1 : Portc.5 = 0
Config Pinb.6 = Input 'pulsador encendido
'Ddrb.6 = 1 : Portb.6 = 0

'declaración de puertos de salida
Config Portd.7 = Output 'motor banda
Config Portc.0 = Output 'servo 1
Config Portc.1 = Output 'servo 2
Config Portb.0 = Output 'led on/off
Config Portb.1 = Output 'led figura 1
Config Portb.2 = Output 'les figura 2
Config Portb.3 = Output 'led figura 3
Config Portb.4 = Output 'led figura 4
Declare Sub Cargar()
Declare Sub Cesar()
Dim Dato As Word
Dim Sb As Word
Dim Sp As Word
Dim A As Word
Config Timer1 = Timer , Prescale = 8
'F=fcrystal/(2^n)*prescale
'F=frecuencia de desborde inversa al periodo t en us
'el periodo t = (2^n)-1 por lo que para el timer 1=> (2^16)-1 =65535
'fcrystal =frecuencia seteada en el cristal $ crystal
'2^n= número de bits del timer n depende del timer
'prescale numero al cual se divide la frecuencia
On Timer1 Cesar 'defino que timer 1 va a ir a cesar
Gosub Cargar
Enable Timer1
Enable Interrupts
Start Timer1
'prueba de funcionamiento de leds
Set Portb.0
Waitms 500
```

```

Reset Portb.0
Set Portb.1
Waitms 500
Reset Portb.1
Set Portb.2
Waitms 500
Reset Portb.2
Set Portb.3
Waitms 500
Reset Portb.3
Set Portb.4
Waitms 500
Reset Portb.4
'inicializamos servos
Sb = 2000
Sp = 3000
Do
'encendido del sistema
If Pinb.6 = 1 Then
Set Portb.0 'encendido led testigo
Set Portd.7 'enciendo motor banda transportadora
'verificación de presencia en la zona de selección
If Pinc.2 = 0 Then
Reset Portd.7
Dato = 0
If Dato = 0 Then
'abro pinza y centro brazo
Sb = 3200
Sp = 3000
Gosub Cesar
'selección objeto 1
If A = 65 Then
'centro brazo y cierro pinza
Sb = 3200
Sp = 2000
Gosub Cesar
'brazo posición 1 y abro pinza
Sb = 4000
Sp = 3000
Gosub Cesar
End If
'selección objeto 2
If A = 66 Then
'centro brazo y cierro pinza
Sb = 3200
Sp = 2000
Gosub Cesar
'brazo posición 2 y abro pinza
Sb = 3500
Sp = 3000
Gosub Cesar
End If
'selección objeto 3
If A = 67 Then
'centro brazo y cierro pinza

```

```

Sb = 3250
Sp = 2000
Gosub Cesar
'brazo posición 3 y abro pinza
Sb = 4000
Sp = 3000
Gosub Cesar
End If
'seleccion objeto 4
If A = 68 Then
'centro brazo y cierro pinza
Sb = 3200
Sp = 2000
Gosub Cesar
'brazo posicion 4 y abro pinza
Sb = 2500
Sp = 3000
Gosub Cesar
End If
Dato = 1

End If
End If
End If
Loop
Cargar:
Timer1 = 65535 - 20000 'carga el timer 1 en 45535
Return
Cesar:
'servo es la variable que envía un pulso en alto por un tiempo de 2us *el dato
que contenga la variable servo
'los 2 us proienen de acuerdo a la frecuencia de 8MHz y 1us para frecuencia de
4MHz
Pulseout Portc , 0 , Sb
Pulseout Portc , 1 , Sp
Gosub Cargar
Return
End

```

## ANEXO 2

```
Sourcefile = "skdel.dsk"
Scrcystal = 8000000

;ddra 0 : porta 0 ----> este impedancia en lectura de ado
;ddra 0 : porta 1 ----> declares pinx como entrada pull up con resistencia interna
;ddra 1 : porta 0 ----> declares porta como salida con valor inicial 0
;ddra 1 : porta 1 ----> declares porta como salida con valor inicial 1

;declaracion de puertos de entrada
Config PINC 2 = Input          ;sensor IR
;Dtrc 2 = 1   Portc 2 = 0
Config PINC 3 = Input          ;fin de carrera 1
Config PINC 4 = Input          ;fin de carrera 2
Config PINC 5 = Input          ;fin de carrera 3
;Dtrc 3 = 1   Portc 3 = 0
;Dtrc 4 = 1   Portc 4 = 0
;Dtrc 5 = 1   Portc 5 = 0
Config PIND 6 = Input          ;pulsador encendido
;Dtrb 6 = 1   Portb 6 = 0

;declaracion de puertos de salida
Config PORTD 7 = Output        ;actor banda
Config PORTC 0 = Output        ;servo 1
Config PORTC 1 = Output        ;servo 2
Config PORTD 0 = Output        ;led on/off
Config PORTD 1 = Output        ;led figura 1
Config PORTD 2 = Output        ;led figura 2
Config PORTD 3 = Output        ;led figura 3
Config PORTD 4 = Output        ;led figura 4

Declare Sub Cargar()
Declare Sub Cesar()

Dim Dato As Word
Dim Sd As Word
```

```
Dim Dato As Word
Dim Sb As Word
Dim Sp As Word
Dim A As Word

Config Timer1 = Timer . Prescale = 8

;F=cristal/(2^n)*prescale
;F=frecuencia de desborde inversa al periodo t en us
;el periodo t = (2^n)-1 por lo que para el timer 1: (2^16)-1 *65535
;f=cristal *frecuencia retenida en el cristal o crystal
;2^n numero de bits del timer n depende del timer
;prescale suero al cual se divide la frecuencia

On Timer1 Cesar
Gosub Cargar
Enable Timer1
Enable Interrupts
Start Timer1

;prueba de funcionamiento de leds
Set PORTD 0
Waitms 500
Reset PORTD 0

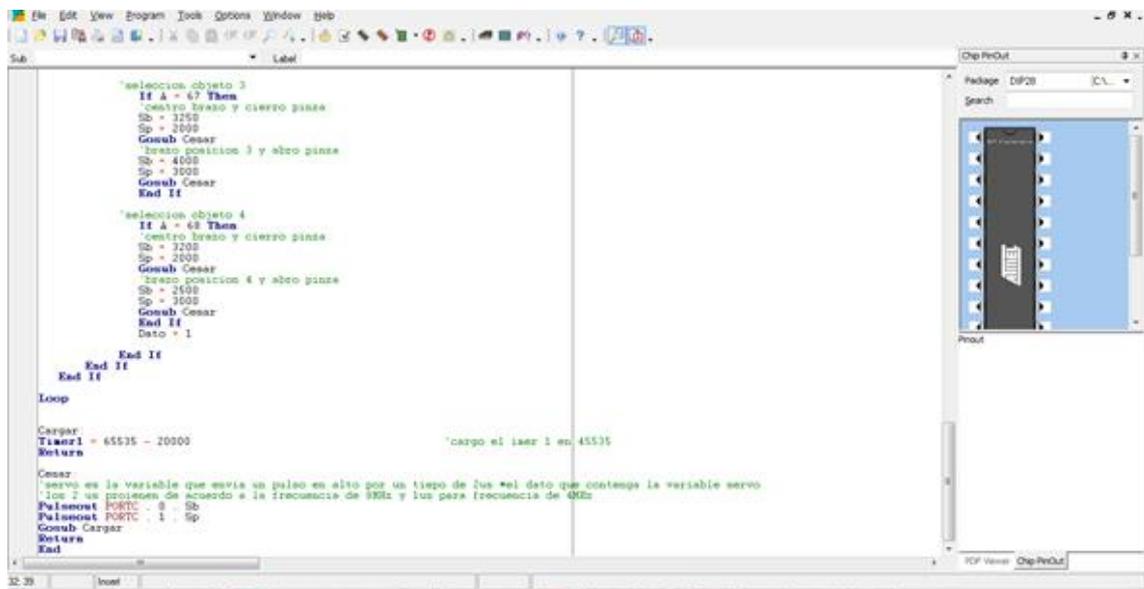
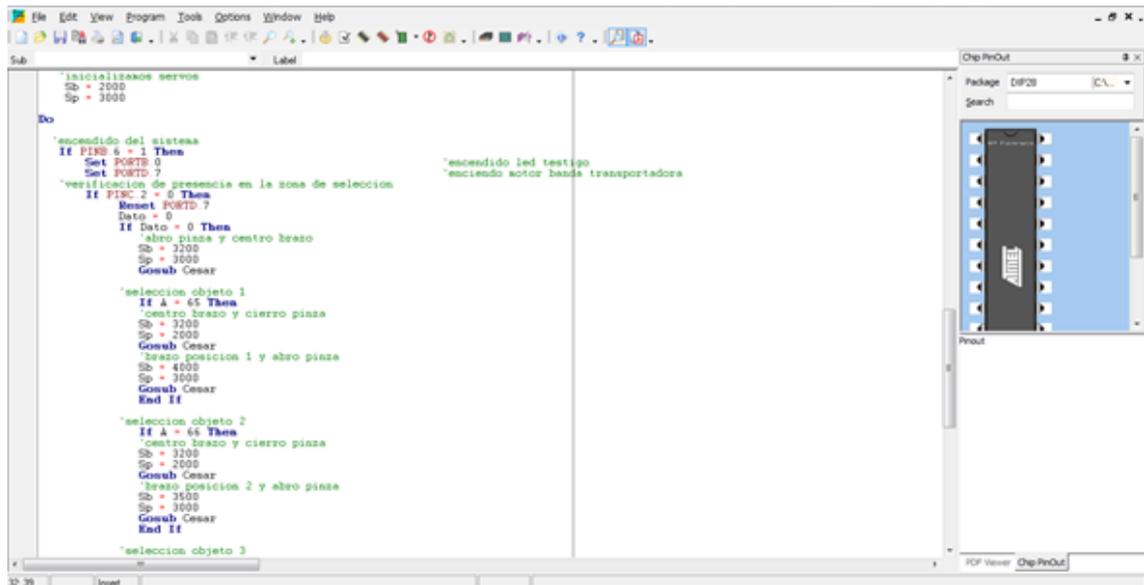
Set PORTD 1
Waitms 500
Reset PORTD 1

Set PORTD 2
Waitms 500
Reset PORTD 2

Set PORTD 3
Waitms 500
Reset PORTD 3

Set PORTD 4
Waitms 500
Reset PORTD 4

;inicializamos servos
Sb = 2000
Sp = 3000
```



## **ANEXO 3**

### **Motor 12V DC de 15 RPM**

#### Características

- Torque: 250 N\*cm
- 12V DC
- 15RPM
- Diameter: 37mm
- Length (excluding shaft): 52mm
- Shaft length: 21mm
- Total length: 73mm
- Shaft diameter: 6mm
- Weight: 149g
- Brand new and unused

## **ANEXO 4**

### **Datasheet servo motor pinza**

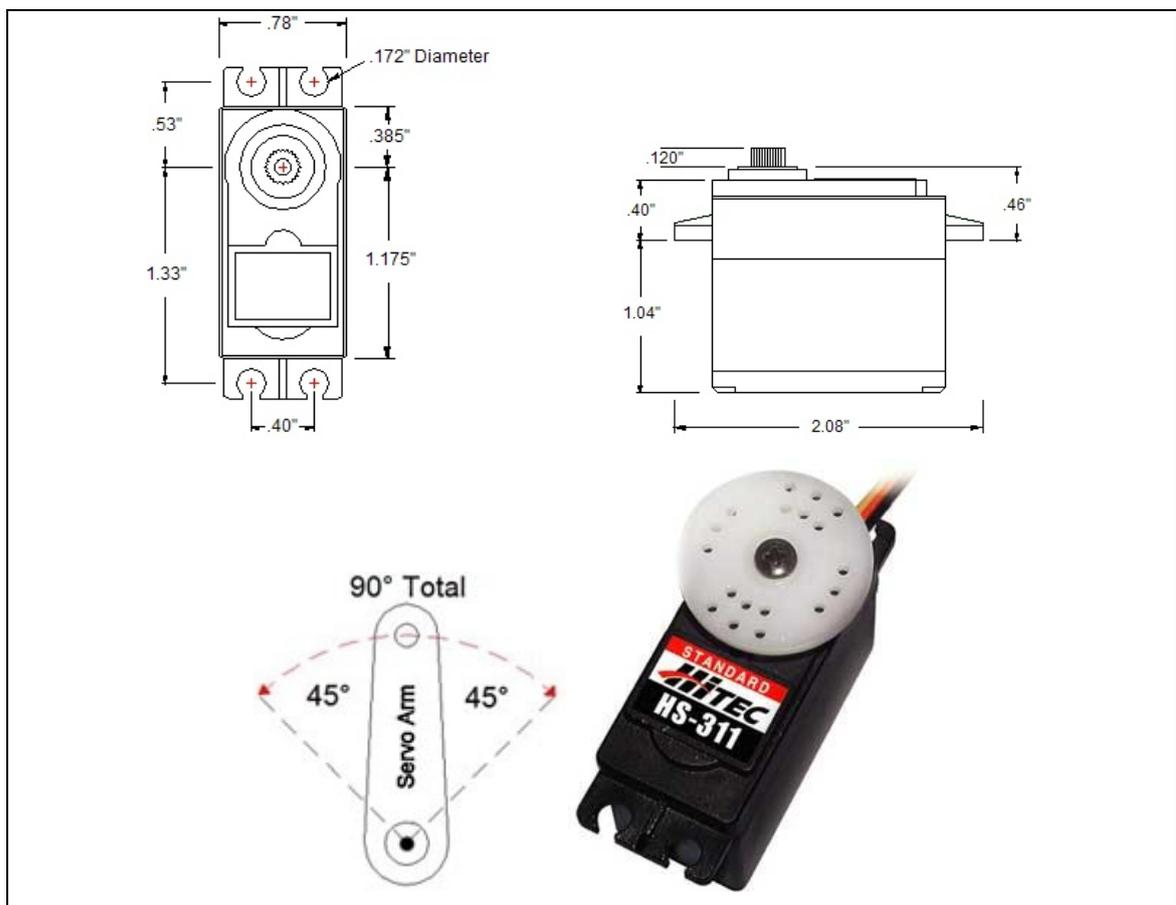
HS - 311 Standard

#### **Detailed Specifications**

- Control System: +Pulse Width Control 1500usec Neutral
- Required Pulse: 3-5 Volt Peak to Peak Square Wave
- Operating Voltage: 4.8-6.0 Volts
- Operating Temperature Range: -20 to +60 Degree C
- Operating Speed (4.8V): 0.19sec/60° at no load
- Operating Speed (6.0V): 0.15sec/60° at no load
- Stall Torque (4.8V): 42 oz/in (3.0 kg/cm)
- Stall Torque (6.0V): 49 oz/in (4.5 kg/cm)
- Current Drain (4.8V): 7.4mA/idle, 160mA no load operating
- Current Drain (6.0V): 7.7mA/idle, 180mA no load operating
- Dead Band Width: 5usec
- Operating Angle: 40° one side pulse traveling 400usec
- Direction: Clockwise/Pulse Traveling 1500 to 1900usec

- Motor Type: Cored Metal Brush
- Potentiometer Drive: 4 Slider/Direct Drive
- Bearing Type: Top/Resin Bushing
- Gear Type: Nylon
- 360 Modifiable:
- Connector Wire Length: 11.81" (300mm)
- Weight: 1.52oz (43g)

### Motor servo



## ANEXO 5

### Cálculos banda transportadora

#### Datos del Motor

$$2.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$12 \text{ V}$$

#### Medida experimentalmente sin Carga 300mA

D= 3.5 cm diámetro del eje

$$P = I \cdot V \quad // \text{potencia eléctrica} = \text{Voltaje} \cdot \text{corriente}$$

$$P = T \cdot \omega \quad // \text{Potencia} = \text{par de torsión} \cdot \text{velocidad angular}$$

$$V = \omega \cdot d/2 \quad // \text{Velocidad lineal} = \text{Velocidad angular} \cdot \text{diámetro} / 2$$

#### Cálculos

##### Velocidad angular en el eje, motor, engranaje.

$$P = I \cdot V$$

$$P = 0.3 \text{ A} \cdot 12 \text{ V} = 3.6 \text{ W} = 3.6 \text{ J/s} = 3.6 \text{ N} \cdot \text{m/s}$$

$$\frac{3.6 \text{ W}}{746 \text{ W}} = 0.0048257 \text{ hp}$$

$$\omega = P/T$$

$$\omega = \frac{3.6 \text{ N} \cdot \text{m}}{2.5 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}} = \frac{1.44 \text{ rad}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2 \cdot \pi \cdot \text{rad}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 13.75 \text{ rpm}$$

$$\omega = 13.75 \text{ rpm}$$

##### Velocidad lineal

$$V = \omega \cdot d/2 \quad // \text{Velocidad lineal} = \text{Velocidad angular} \cdot \text{diámetro} / 2$$

$$V = \frac{1.44 \text{ rad}}{\text{s}} \cdot \frac{3.5 \text{ cm}}{2} = 2.52 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$V = \frac{1.44 \text{ rad}}{s} * \frac{3.5 \text{ cm}}{2} = 2.52 \frac{\text{cm}}{s}$$

### Par de torsion

$$\frac{2.5 \text{ N*m}}{9.8 \text{ N}} * \frac{1 \text{ kgf}}{9.8 \text{ N}} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 25.51 \text{ kgf} * \text{cm}$$

### Relación entre tensiones de Banda

$$n=5$$

### Fuerza lado flojo

$$F1 = \frac{2 * T}{d * (n-1)}$$

$$F1 = \frac{2 * 2.5 \text{ N*m}}{0.035 \text{ m} * (5-1)} = 35.71 \text{ N}$$

$$\frac{35.71 \text{ N}}{9.8 \text{ N}} * \frac{1 \text{ kgf}}{9.8 \text{ N}} = 3.6 \text{ kgf}$$

### Fuerza lado tenso

$$F2 = \frac{2 * T * n}{d * (n-1)}$$

$$F2 = \frac{5 * 2 * 2.5 \text{ N*m}}{0.035 \text{ m} * (5-1)} = 178.55 \text{ N}$$

$$\frac{178.55 \text{ N}}{9.8 \text{ N}} * \frac{1 \text{ kgf}}{9.8 \text{ N}} = 18 \text{ kgf}$$

### Fuerza de impulsión

$$F_n = f_2 - f_1$$

$$F_n = 18 \text{ kgf} - 3.6 \text{ kgf} = 14.4 \text{ kgf}$$

$$F_n = \text{torque} / (d/2)$$

$$F_n = 25.51 \text{ kgf*cm} / 1.75$$

$$F_n = 14.57 \text{ kgf}$$

**Carga critica 14.4kg**

**Cálculos Pinza**

**Torque servo motor**

**T=3KG\*cm**

$$\frac{3\text{kg}\cdot\text{cm}}{1\text{kgf}} * \frac{9.8\text{N}}{1\text{kgf}} = 29.4\text{N} * \text{cm}$$

**T=F \* d**

$$F1 = \frac{29.4\text{N}\cdot\text{cm}}{9\text{cm}} = 3.26\text{ N} // \text{fuerza en el centro de la pinza}$$

$$F1 = \frac{3\text{kg}\cdot\text{cm}}{9\text{cm}} = 0.333\text{kgf} = 333.33\text{gf} //// \text{fuerza en el centro de la pinza}$$

**Fuerza de rozamiento**

FR= u\*F // fuerza de fricción = coeficiente de rozamiento + fuerza perpendicular

F lado = f1 / 2 = 333.33gf/2=166.665gf ////fuerza en el centro de la pinza en cada lado

FR = 0.7\* 166.665gf =116 gf //en cada lado de la pinza

FT =116 gf + 116 gf =233.331gf

**Carga critica en la pinza 233.331gf**

## FUERZA DE FRICCIÓN CINÉTICA O DINÁMICA:

<b>MATERIAL</b>	$\mu_s$	$\mu_k$
<b>Madera sobre madera</b>	0.7	0.4
<b>Acero sobre acero</b>	0.15	0.09
<b>Metal sobre cuero</b>	0.6	0.5
<b>Madera sobre cuero</b>	0.5	0.4
<b>Caucho sobre concreto, seco</b>	0.9	0.7
<b>húmedo</b>	0.7	0.57

## ANEXO 6

### Fotos de la construcción del brazo selección





