



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TEMA:

**Diseño e implementación de prototipo a escala de máquina
clasificadora de color por visión**

AUTOR:

Arenas Campoverde, Alfredo Alejandro

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERIA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

M. Sc. Vega Ureta, Nino Tello

Guayaquil, Ecuador

17 de Septiembre del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Arenas Campoverde, Alfredo Alejandro como requerimiento para la
obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y
AUTOMATISMO.**

TUTOR

M. Sc. Vega Ureta, Nino Tello

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 17 días del mes de septiembre del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Arenas Campoverde, Alfredo Alejandro**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Diseño e implementación de prototipo a escala de máquina clasificadora de color por visión**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR

ARENAS CAMPOVERDE, ALFREDO ALEJANDRO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Arenas Campoverde, Alfredo Alejandro**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño e implementación de prototipo a escala de máquina clasificadora de color por visión”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR

ARENAS CAMPOVERDE, ALFREDO ALEJANDRO

REPORTE DE URKUND

REVISIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN CON PROGRAMA ANTI-PLAGIO URKUND CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TÍTULO: “Diseño e implementación de prototipo a escala de máquina clasificadora de color por visión”.

AUTOR: ARENAS CAMPOVERDE, ALFREDO ALEJANDRO **FECHA:** 2018-09-03

The screenshot displays the URKUND interface. On the left, a sidebar shows document details: 'Documento: Alejandro Arenas (Tesis).docx (D41100201)', 'Presentado: 2018-09-02 20:40 (-05:00)', 'Presentado por: aarenas1595@gmail.com', 'Recibido: eduardo.mendoza01.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: TESIS / ALEJANDRO ARENAS. 4% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 14 fuentes.' The main area shows a 'Lista de fuentes' with a table of sources and their similarity percentages. A detailed comparison window is open, showing a 100% match between the document's title and author information and a source from the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Lista de fuentes	Bloques
100%	Automatización x humanizaci...
	http://www.futureforwork.co...
	http://www.csj.gob.sv/ambie...
	https://www.cs.buap.mx/~mt...
	http://www.ite.educacion.es/i...
	https://www.ijarce.com/uplo...
	http://www.motoresdc.es/doc...
	http://www.luxiel.eu/2015_03...
	https://helpx.adobe.com/es/p...

100% # 1 Activo Archivo de registro Urkund: Universi... 100%

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Diseño e implementación de prototipo a escala de máquina clasificadora de color por visión

AUTOR: Arenas Campoverde, Alfredo Alejandro

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

El trabajo de titulación del estudiante: **Arenas Campoverde, Alfredo Alejandro**, observa un porcentaje inferior al 4% de coincidencias con otros documentos encontrados en el internet.

f. _____

Ing. Eduardo Mendoza Merchán, M. Sc.

DOCENTE TC UCSG

DEDICATORIA

Este trabajo de grado es dedicado para a mis padres, quienes han sido mi ejemplo a seguir desde siempre, ya que ellos me han brindado su apoyo de forma incondicional cada día durante todo el transcurso de mi carrera universitaria, enseñándome que jamás debía rendirme por más difícil que el camino se ponga, sirviendo de batería cada día de mi vida hasta siempre.

AGRADECIMIENTO

Es muy complejo poder plasmar todo el sentimiento de gratitud hacia las personas que hicieron que este momento llegara. Quiero empezar agradeciendo a Dios por darme vida y salud. A mi familia, la cual se conforma de mis padres, quienes con un arduo esfuerzo me dieron la posibilidad de estudiar en una universidad de alto prestigio como es la UCSG, a mi hermana quien me acompañó algunas noches de desvelo dándome apoyo moral.

Segundo a mis amigos y futuros colegas Ing. Eduardo Mendoza, Ing. Edwin Palacios, Ing. Tomas Bastidas, Ing. Manuel Romero, Ing. Bayardo Bohórquez, Ing. Luis Córdova, Ing. Nino Vega y muchos más los cuales fueron guía durante mi proceso universitario otorgándome conocimiento, el cual me servirá en la vida laboral.

A mis amigos de infancia y universitarios Andrés, Luis Ángel, Cristopher, John, Luis, Celeste, Ivonne, Díaz, Veliz, Bonilla, quienes siempre han estado conmigo en las buenas y malas. También quiero agradecerle a mi enamorada Melissa, quien me brindo demasiado apoyo, paciencia, tiempo y amor para esos días de stress durante la elaboración de mi trabajo de titulación.

Muchas gracias.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO

f. _____

M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DE AREA

f. _____

M. Sc. CORDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVO
OPONENTE

Índice General

Índice de Figuras	XII
Índice de Ilustraciones	XIII
Índice de Fotografías	XIII
Índice de Tabla	XIV
Resumen	XV
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL	16
1.1. Introducción.....	16
1.2. Antecedentes.	17
1.3. Definición del Problema.....	18
1.4. Justificación del Problema.....	18
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	19
1.5.1. Objetivo General.....	19
1.5.2. Objetivos Específicos.	19
1.6. Hipótesis.....	19
1.7. Metodología de Investigación.....	20
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. Estado del arte.	21
2.2. Reciclaje de vidrios	24
2.2.1. Composición del vidrio.....	25
2.2.2. Aplicaciones del vidrio	26
2.3. Microcontrolador.....	26
2.3.1. Características de los Microcontroladores	27
2.3.2. Arquitectura de un microcontrolador	27
2.4. Sistema de control.....	28
2.5. Arduino.....	29
2.4.1. Características principales.....	29
2.4.2. Comunicación I2C.	30

2.6.	Software	31
2.7.	LabVIEW	31
	2.7.1. Características principales.....	32
	2.7.2. Entorno de programación.	32
	2.7.3. IMAQ VISION LABVIEW.	33
2.8.	Calibración de cámara.	33
2.9.	Tipo de Imagen Digital	33
	2.9.1. Mapa de bits.....	34
	2.9.2. Imágenes vectoriales.....	34
2.10.	Color de Objeto.	35
	2.10.1. RGB.	35
	2.10.2. YUV.....	36
	2.10.3. CMY.	36
2.11.	Componentes y procedimientos.....	36
	2.11.1. Banda transportadora.	36
	2.11.2. Motor DC.	37
	2.11.3. Servomotores.	38
CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....		39
3.1.	Introducción.....	39
3.2.	Consideraciones iniciales del diseño.....	39
3.3.	Determinación de parámetros de diseño.....	40
3.4.	Diseño del sistema	43
	3.4.1. Diseño de Hardware (circuito)	43
	3.4.2. Diseño del Sistema estructural.....	46
3.5.	Selección de materiales	49
3.6.	Diseño de implementación	49
3.7.	Implementación del sistema	51
	3.7.1. Funcionamiento de sistema.....	51

3.7.2. Diseño de accionamiento y circuito de control	54
3.8. Diseño de software (Aplicación de LabView)	56
3.8.1. Calibración de la cámara.....	58
3.8.2. Accionamiento y control.....	64
3.9. Presupuesto	69
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	70
4.1. Presentación de resultados del sistema.....	70
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
5.1 Conclusiones.....	72
5.2 Recomendaciones.....	72
Bibliografía.....	73
Anexos.....	83

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura2. 1: Botellas de colores.....	25
Figura2. 2: Partes importantes del Arduino.....	30
Figura2. 3: Esquema de implementación maestro/esclavo.....	31
Figura2. 4: Entorno en LabView.....	32
Figura2. 5: Karlsson is Back. Imagen Vectorial.....	35
Figura2. 6: a) imagen RGB y los canales b)Y c)U d)V	36
Figura2. 7: Banda Transportadora de Arduino.....	37
Figura2. 2: Visa frontal de un motor.....	37

Capítulo 3

Figura 3. 1: Dispositivos para sistema de visión artificial	42
Figura 3. 2: Diagrama de bloques del circuito de banda transportadora.....	44
Figura 3. 3: Diagrama de bloques del circuito de servomotores clasificadores	45
Figura 3. 4: Diagrama de funcionamiento de la clasificación	50
Figura 3. 5: Diagrama de funcionamiento de la banda transportadora	51
Figura 3. 6: Plano de banda transportadora	52
Figura 3. 7: Soporte para los servomotores	53
Figura 3. 8: Circuito de control y accionamiento de la planta clasificadora..	54
Figura 3. 9: Diagrama de bloque para la elaboración del diseño de software	56
Figura 3. 10: Diagrama de Bloque del Programa.....	57
Figura 3. 11: Diagrama de bloque de la entrada de la cámara web.....	59
Figura 3. 12: Interfaz inicial de usuario para la calibración de la cámara web	60
Figura 3. 13: Interfaz de usuario-calibración del color verde	60
Figura 3. 14: Diagrama de bloque-calibración del color verde.....	61
Figura 3. 15: Interfaz de usuario-calibración del color rojo	61
Figura 3. 16: Diagrama de bloque-calibración del color rojo.....	62
Figura 3. 17: Interfaz de usuario-calibración del color azul.....	62
Figura 3. 18: Diagrama de bloques-calibración del color azul	63
Figura 3. 19: Interfaz de usuario-calibración del color amarillo.....	63

Figura 3. 20: Diagrama de bloque-calibración del color amarillo	64
Figura 3. 21: Bloque de programación de microcontrolador ARDUINO	64
Figura 3. 22: Bloque de programación de Servomotores.....	65
Figura 3. 23: Diagrama de bloque de accionamiento del servomotor color verde.....	66
Figura 3. 24: Diagrama de bloque de accionamiento del servomotor color rojo.....	66
Figura 3. 25: Diagrama de bloque de accionamiento del servomotor color azul	67
Figura 3. 26: Diagrama de bloque de accionamiento del servomotor color amarillo	67
Figura 3. 27: Interfaz de usuario donde se observa la luz indicadora	68
Figura 3. 28: Interfaz de usuario de la aplicación de la planta clasificadora	68

Índice de Ilustraciones

Capítulo 3

Ilustración 3. 1: Diagrama de Fuerzas	46
Ilustración 3. 2: Diseño de estructura Cámara	48
Ilustración 3. 3: Diseño de estructura de Paletas.....	48
Ilustración 3. 4: Diseño de estructura de PMW	49

Índice de Fotografías

Capítulo 3

Fotografía 3. 1: Centro de acopio Merchán ubicado en la Coop. Los Vergeles	40
Fotografía 3. 2: Secciones de la planta clasificadora.....	52
Fotografía 3. 3: Altura comprendida entre la banda y la Webcam	53
Fotografía 3. 4: Control de la banda transportadora con ARDUINO	55
Fotografía 3. 5: Control de la banda transportadora con ARDUINO	55

Índice de Tabla

Capítulo 3

Tabla 3. 1: Tabla de costos del sistema a escala. 49

Tabla 3. 2: Tabla de costos del sistema a escala 69

Capítulo 4

Tabla 4. 1: Valores obtenidos mediante la librería Color Spectrum 70

Tabla 4. 2: Valores obtenidos mediante la librería Color Spectrum 71

Resumen

El crecimiento poblacional y la alta demanda de productos de consumo se están exigiendo a las compañías ciertas normativas al elaborar el empaquetamiento de productos, reusando materiales tales como: papel, plástico, vidrio, entre otros. En los últimos años en el Ecuador se han implementado políticas a las compañías de reciclado para que realicen el correcto manejo de desechos sólidos, con la finalidad de aumentar de un 19% a un 80% el material reciclado a nivel nacional. Dentro de las empresas recicladoras es necesario seguir ciertas normativas con cada material, es por ello que el vidrio antes de ser procesado debe ser clasificado por colores, ya que si no se realiza este proceso de clasificación la calidad y tonalidad del mismo se reduce, porque cada botella de color tiene una composición química diferente. La implementación de equipos automatizados que realizan esta etapa, ayuda en la optimización del proceso, el aumento de calidad y control, la reducción de personal y costos. El presente trabajo se basa en el diseño e implementación de un prototipo a escala de máquina clasificadora de color mediante el uso de una cámara web y el software LabView. A partir del modelo propuesto, se podrá clasificar de forma correcta los colores preestablecidos (verde azul, amarillo y rojo), el cual podrá ser utilizado en futuras investigaciones.

Palabras claves: MICROCONTROLADORES, CLASIFICADORA, RECICLAJE, COLOR, SENSOR ÓPTICO, LABVIEW.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. Introducción.

A nivel mundial, los desechos sólidos reciclados, tales como: material plástico, objetos de vidrios, latas, cartones, entre otros, provocan problemas ambientales, debido a que su desgaste progresivo es de una media de 500 años.

El gobierno ha realizado un programa Nacional para la gestión integral de Residuos Sólidos (PNGIDS), el cual se enfoca en trabajar con productores, embotelladoras e importadores de botellas y envases de vidrios en un conjunto, con el objetivo de subir el porcentaje de reciclado de este material de un 19% a un 80% en los próximos seis años (Ministerio del Ambiente, 2018).

Tomando en cuenta los programas que el gobierno está implementando dentro del país, es necesario buscar alternativas que reduzcan y optimicen el tiempo de clasificación dentro de los organismos encargados, las cuales no solo ayudarían a reducir el riesgo laboral dentro de los establecimientos, sino que permitiría el crecimiento de las empresas a través de reducción de costos por mano de obra.

Por esta razón los estudiantes de carreras de nivel superior tienen la opción de buscar nuevas alternativas para ratificar los conocimientos adquiridos con un trabajo de investigación a través de una planta didáctica hecha a escala.

El presente trabajo expone una breve reseña sobre el reciclaje en general del vidrio y una alternativa de solución a esta problemática mediante el diseño de un prototipo a escala de una máquina para clasificar por colores, la cual puede ser implementada en centros de acopios o centros de reciclado (logrando reducción de costos de mano de obra y optimización de tiempo). De igual manera se propone este sistema como una alternativa de uso académico para los estudiantes de las carreras afines de la Facultad

Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, para validar y reforzar sus conocimientos adquiridos.

1.2. Antecedentes.

Hoy el crecimiento poblacional conduce a un consumo elevado de todo tipo de productos, lo que amerita que las empresas busquen nuevas ideas para reducir costos dentro de sus procesos. Esto causa que se esté en una búsqueda constante de alternativas nuevas de alta calidad y bajo costo.

Uno de los materiales más utilizados a nivel mundial es el vidrio, ya que es un material 100% reciclable, sin discriminación de tipos, colores, texturas o estado, por lo cual permite que pueda entrar a este proceso de reciclaje incontable veces, sin que el producto que surja tenga una calidad inferior al original, claro está siguiendo las normativas de calidad (Gobierno de la República de El Salvador, 2018).

De acuerdo con los hallazgos encontrados, se han diseñado estrategias de múltiples variantes para hacer del reciclaje del vidrio una realidad, un ejemplo sería que para no ser desechado se lo mezcla en el concreto como un agregado fino lo que tiene como objetivo alargar el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios (Ismail & A Al-Hashmi, 2008).

Solo por citar un caso, podemos notar que es de gran preocupación el alto consumo de vidrio a nivel global, lo cual causa una búsqueda constante para manejar estos desechos de manera responsable. Existen varios métodos de clasificación utilizados, debido a que el vidrio contiene contaminación o vidrios rotos los cuales no son posible separar manualmente por la cantidad de tiempo que llevaría buscando nuevas opciones de reciclaje (Sociology of the Environment Class, 2015).

Europa trabaja con sistemas y máquinas que existen para la separación de distintos materiales reciclados como: plásticos, papeles, cartulinas y vidrios con respectiva clasificación de colores mediante el uso de

sensores ópticos y de UV para la identificación de materiales con excepción de elementos de color negro que no tienen reflexión (EU LIFE, 2013).

Se ha desarrollado otro tipo de estrategia para separar el vidrio por colores, la cual es un sistema que, mediante el uso de un espectrómetro, se identifica los colores del vidrio para ser separados utilizando luz visible (Dubanowitz, 2000).

1.3. Definición del Problema.

En el mundo, el reciclaje no es un tema nuevo, puesto que el incremento de la población implica un aumento de la producción de residuos dando lugar a impactos ambientales acumulativos, de largo plazo, lo que representa una creciente preocupación a nivel local y global (Téllez, 2012).

Actualmente en el Ecuador existen alrededor de 105.504 toneladas de botellas y envases de vidrios, por este motivo las compañías, junto a las exigencias políticas del Estado están forzadas a implementar metodologías adecuadas para el correcto manejo del vidrio a reciclar (Gobierno del Ecuador, 2018).

Para las compañías esto significa un alto costo de mano de obra para ejecutar el correcto manejo del material en cuestión, presionando a la empresa a contratar más personal para mantener la frecuencia de todo el proceso.

1.4. Justificación del Problema.

El presente trabajo se ve reflejado como un apoyo en el desarrollo de un prototipo a escala de una máquina que realice la clasificación de residuos sólidos de vidrio por medio de un patrón de colores predeterminados en tiempo real.

Consideramos que la composición química del vidrio no es la misma en cada color; la mezcla del vidrio reciclado para hacer un nuevo envase debe estar compuesta por materiales que tengan la misma pigmentación o

colorantes (color), puesto que en caso de una mezcla de diferentes colores se afecta directamente a la calidad y al color deseado, causando problemas de comercialización dentro del mercado, donde se exige que sea transparente o café. El mezclar los colores para proceder a hacerlos transparente, sería un proceso ineficiente y no rentable, que elevaría costos de producción y se añadiría un nuevo proceso de coloración.

Este diseño a escala de una máquina clasificadora de color por visión permitiría a las recicladoras y centros de acopio disminuir el espacio físico que se necesita para hacer la clasificación manual por personal de la empresa, reduciendo el trabajo de los obreros a la obtención del material clasificado para su siguiente etapa.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar una alternativa a la problemática del reciclaje por colores, mediante la construcción de un prototipo a escala de una máquina utilizando el software LabView para optimizar el proceso de clasificación de material reciclado.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Elaborar un sistema de control que permita la automatización del proceso de clasificación.
- Desarrollar un circuito de control y fuerza del sistema automatizado de clasificación sobre una estructura a escala a partir de materiales compuestos por MDF.
- Demostrar el funcionamiento del sistema de clasificación de residuos plásticos mediante el uso del microcontroladores y sensor óptico comunicado con bus de datos i²c para la designación por colores.

1.6. Hipótesis.

Se tiene una máquina que realiza la clasificación según el rango de colores, la cual permite demostrar la optimización de tiempo, en contraste,

con el trabajo de clasificación manual que se aplica dentro de los centros de acopio y centros de reciclado.

1.7. Metodología de Investigación.

El presente trabajo está basado en tres etapas de investigación aplicada, la exploratoria, descriptiva y confirmatoria, que guiarán el proceso y la metodología escogida.

En primera instancia se tiene la investigación exploratoria en la cual se hace una aproximación al tema del reciclaje con el objetivo de obtener un panorama superficial acerca de la clasificación de desechos a nivel general y específicamente residuos sólidos de vidrio con la que se formuló la hipótesis del trabajo.

Se procede al segundo tipo de investigación, con la información obtenida y recopilada de material bibliográfico, la descriptiva con la cual se buscará sustentar la metodología escogida junto a la respectiva recolección de datos para generar el diseño.

Para concluir el trabajo, se procede a la etapa de investigación confirmatoria, en la cual se realiza el diseño, haciendo la pertinente descripción de los componentes escogidos y de la metodología aplicada sustentando la hipótesis antes expuesta.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Estado del arte.

Durante las últimas décadas, las nuevas generaciones de personas han sido sometidas a modificaciones drásticas en el ritmo de vida, causado por las actualizaciones diarias en las tecnologías. Un ejemplo de esto sería la intervención de internet y de los dispositivos móviles, que han transformado las vidas de todos, generando cambios culturales, sociales, industriales, de modelos de negocios entre otros. Actualmente las máquinas aprenden solas y se comunican entre sí, lo cual brinda la sensación de estar más conectados todo el tiempo con ellas. (Future for Work Institute, 2018)

Estos cambios drásticos no solo ocurren con las personas, sino también con las compañías, ya que se ven sometidas a cambios abruptos en los cuales, si no se adaptan o prevén las próximas tendencias de manera adecuada se verán destinadas a la banca rota. Debido a esto las compañías siempre están preservando su competitividad en el mercado mediante la combinación y equilibrio entre la automatización y personal de trabajo, lo cual genera como consecuencia la constante necesidad de automatizar procesos. (Future for Work Institute, 2018)

La automatización según estudios realizados reemplazará los puestos de trabajo menos cualificados, a pesar de afectar a las personas, esto conlleva a numerosas ventajas, entre ellas es facilidad del trabajo y la optimización del tiempo, lo cual beneficiaría aumentando la productividad y reduciendo costos para la empresa. (Marchán, 2016)

Esto se observa en la industria del reciclaje, ya que las empresas encargadas de esta labor optan por mantener un proceso más rápido. Dichos procesos pueden abarcar funciones que vayan desde sistemas individuales, hasta plantas recicladoras completas.

La creciente demanda de utilizar materiales reciclados en lugar de materia prima da lugar a una nueva ramificación de investigación dentro del tema de residuos de sólidos para volverlos a utilizar.

Hoy, existen numerosos trabajos que parten desde los laboratorios hasta su implementación dentro de la industria. En esta sección se presentará el desarrollo de nuevas tecnologías a nivel global y local que dan alternativas para la automatización de procesos dentro de la industria.

En la industria del reciclaje existen diferentes tipos de materiales que pueden entrar a este proceso, tales como: papel, vidrio, plástico, tóner, tinta, entre otros. Sin embargo, estos materiales están hechos de diferentes tipos y pigmentaciones lo que hace del reciclaje una herramienta costosa, y que no se utiliza como la alternativa ideal para crear el empaquetamiento de un producto. (ESR, 2018) (Alejandro, 2003)

Para la separación de los materiales y el comienzo del proceso de reciclaje, se necesita de una fuerte participación ciudadana separando los materiales según el material con el que está hecho el empaque, pero si bien es cierto esta actividad no es del todo cumplida, también se tiene el obstáculo de que los materiales tienen distintos compuestos que los hacen diferentes unos a otros (Ecoembes, 2018).

De ahí surge la necesidad de los centros de acopio recicladores que se encargan de manejar los desechos para su correcta separación, lo que da como resultado para estas empresas en la búsqueda de nuevas tecnologías que puedan hacer el proceso más eficiente.

Se presentará a continuación ideas, investigaciones y desarrollos que han dado lugar a nuevos procesos y nuevas soluciones que se pueden implementar a pequeña y gran escala dentro de las empresas recicladoras que ayudan a la separación de distintos materiales.

Para las diferentes aplicaciones que requieren las distintas industrias, tales como: agricultura, farmacéutica, automotriz, entre otras. Se han desarrollado una variedad de investigaciones e implementaciones de clasificación por color. Por lo tanto, se presenta una investigación donde se utiliza estos desarrollos en el cual se procede a la captura de imagen e identificación del color para su respectiva clasificación mediante el uso de un brazo mecánico con el uso de MATLAB. Estos tipos de desarrollo se pueden direccionar a cualquier sector de la industria que requiera identificación y clasificación de objetos por criterio del color como el autor de este trabajo lo especifica. (Sheth, Kher, Shah, Dudhat, & Jani, 2010)

Se desarrolló una metodología novedosa para el correcto proceso de reciclado para metales no férricos provenientes de desechos eléctricos o electrónicos basados en la correcta clasificación utilizando una robusta inspección mediante el uso de una máquina de visión que capta imágenes hyperespectrales que reducen la reflexión del elemento en cuestión para una robusta evaluación. (Pico, Ghita, Iriondo, Bereciartua, & Whelan, 2010)

Junto a este trabajo se han desarrollado sensores hyperespectrales que ayuden a la identificación del material por medio de la información captada por la imagen que indica los componentes químicos de este, que pasa por el sistema, materiales tales como: cartulinas, cartones, papel, vidrios, metales y plásticos. Este trabajo logra una identificación del material exitosamente y su correcta separación con el algoritmo propuesto utilizando infrarrojo de onda de baja frecuencia. (Karaca, Ertuk, Güllü, & Ertuk, 2013)

Se han desarrollado robots que sean capaces de hacer la separación utilizando una cámara térmica, sensores de proximidad de un básico robótico. La metodología implementada es utilizar imágenes captadas, guardarlas y vectorizarlas, la cual tiene una tasa de clasificación acertada de un 94.3% (Gundupalli & Hait, 2016).

Es bien conocido que, el análisis de las imágenes por los medios hiperespectrales es una nueva metodología que permite la identificación de la composición de los elementos que se reciclan, también, es conocido que, la implementación de este sistema para la industria debido a los altos costos que este tiene no permite que sea viable para las empresas. Por lo que se buscan alternativas que puedan dar solución a la clasificación de los residuos mediante el uso de tecnologías o metodologías que se apliquen en tiempo real con la misma efectividad a menor costo (Hollstein, Wohllebe, Arnaiz, & Cacho, 2016).

Por lo antes mencionado, se han desarrollado diseños en los cuales el objetivo principal es que sean de bajo costo o que requieran poca potencia. Se tomó de guía, la investigación desarrollada por Wanve, que propuso un sistema de identificación de objetos por color, y su respectiva clasificación mediante el uso de un brazo robótico. Sistema que trabaja en tiempo real controlado por un ARDUINO, para procesar los colores de los objetos captados por una cámara web (Wanve & Gawalwad, 2015).

La combinación entre IDEC y la universidad de Osaka dio como resultado al primer dispositivo capaz de identificar 6 tipos de residuos de plásticos compuestos por diferentes materiales, tales como: PET, PE, PVC, PP, PS y ABS mediante el uso de rayos láser de cinco longitudes de ondas (IDEC, 2018)

2.2. Reciclaje de vidrios

Debido a la propiedad inherente del vidrio, un material 100% reciclable, su aumento en el reciclaje en la industria está en auge, por lo que se ha clasificado el vidrio en distintas clases, con la finalidad de mantener la composición inicial del color del vidrio. Una de las propuestas de la separación es la siguiente: a) Vidrio de color, b) Vidrio claro, c) Espejo, d) Vidrio reflectivo.

En la (Figura 2.1) podemos observar las distintas tonalidades de botellas de vidrio, y se debería tener un correcto manejo de estos desechos

de vidrio, para así evitar una desordenada recolección, de manera que, se pueda prevenir altos niveles de contaminación. (Ramos, 2015)



Figura2. 1: Botellas de colores
Fuente: (Barahona, 2018)

2.2.1. Composición del vidrio

El vidrio es un líquido sub-enfriado, sobre fundida, dura, amorfa, frágil, compuesto por silicatos sólidos y de cal que tienen la siguiente nomenclatura: $\text{SiO}_2 (\text{Na}_2\text{O})_m (\text{CaO})_n$, donde el silicato proviene de recursos geológicos de arena sílica (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014).

El vidrio de silicato es el producto más común dentro de la industria, debido a las cantidades inmensas de sílice que existen en la naturaleza. Este compuesto puede constituir entre un 50% a 80% lo que le da diferentes propiedades al producto proporcionándole de resistencia química, mayor cohesión, resistencia a la transparencia a la luz ultravioleta y a los cambios abruptos de temperatura (Morales, 2017).

El vidrio boro silicato está constituido por trióxido de Boro, el cual es un compuesto excepcional para la formación del vidrio. Sin embargo, este compuesto no es muy utilizado por la industria debido a su propiedad de solubilidad, no obstante, se lo utiliza como un aditivo para vidrios silicatados (Morales, 2017).

También existen vidrios para productos que requieran de características ópticas especiales, siendo el pentóxido de fósforo el material ideal para la creación de estos vidrios con alta propiedad de transparencia en radiación ultravioleta, pero muy poco utilizado por la solubilidad que tiene (Morales, 2017).

2.2.2. Aplicaciones del vidrio

- **Vidrio para envases:** El vidrio se utiliza para la fabricación de botellas, potes, frascos que usualmente vienen en colores transparente, verde y ámbar.
- **Vidrio plano:** Se fabrica vidrio común que tenga características lisas templados el cual es utilizados para la arquitectura en edificios u hogares permitiendo el ingreso de luz solar a la infraestructura.
- **Vidrios Domésticos:** Estos vidrios son comúnmente boro silicatados para su uso dentro de la cocina para tazas, bandejas, platos, entre otros.
- **Fibra de vidrio:** Para aplicaciones de refuerzo o aislamiento en mantas, tejidos, hilos y otros.
- **Vidrios técnicos:** Para generar productos que requieren ser sometidos a condiciones especiales se fabrica vidrios para aislantes térmicos, lentes, tubos de TV, y muchos más.

En la industria del vidrio se realizan las diferentes propiedades y características según el uso final que tendrá el producto. Estas aplicaciones pueden estar divididas en procesos primarios y secundarios. El primero es utilizado para altas temperatura y las secundarias para la fabricación de otros productos con vidrios (CEMPRE, 2018) (La Veneciana de Saint-Gobain, 2018).

2.3. Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo que simula la tarea de una computadora de manera compacta, los cuales son utilizados para

numerosos aparatos electrónicos. El objetivo de un microcontrolador es que sea la parte central donde se procesan las ordenes que el usuario quiera aplicar en el aparato electrónico en cuestión (Parallax, 2003) (Pérez, 2008).

El microcontrolador es una computadora con limitadas funciones, que se enfoca en cumplir las órdenes que se almacena en su memoria a través de un circuito integrado programable, que tiene un extenso uso en aplicaciones tan variadas que se pueden considerar infinitas. Estos pueden ser utilizados dentro de juguetes, pasando por frigoríficos y televisores hasta llegar a ser parte de sistemas de autos (Escuela Superior Politécnica de Alcoy, 2018).

2.3.1. Características de los Microcontroladores

Los microcontroladores utilizan en esencia el mismo esquema, ya que son integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características con similares entre unos con otros, estos incluyen un CPU, RAM, un tipo de ROM y puertos I/O (Hussain, Hammad, Hafeez, & Zaibnab, 2016).

Generalmente, los microcontroladores tienen en su chip incorporado una serie de elementos tales como: Puerto serial, interruptores de control, contadores, convertidor analógico/digital, reloj de circuito y memorias. Estos dispositivos desde que se han desarrollado como poderosos procesadores estos proporcionan una cantidad significativa de aumento en el control y la programación de las aplicaciones (Ajao, Olaniyi, Kolo, & Ajao, 2015).

2.3.2. Arquitectura de un microcontrolador

La arquitectura de un microcontrolador indica como su funcionalidad se encuentra estructurada, en la cual destaca la separación del CPU y de memoria que definen la programación de la computadora y existen varias arquitecturas. Sin embargo, las más utilizadas son Von Neumann y Harvard. (Washington University in St. Louis , 2018).

2.3.2.1. Arquitectura Von Neumann

La arquitectura Von Neumann, denominado de esta manera por el matemático que dio luz al concepto de programa almacenado, es el diseño que se utiliza hoy para describir a una computadora en 4 áreas fundamentales que se encuentran conectadas por un enlace en común (Santana, 2018).

Esta arquitectura se estructura a partir de tres ejes claves, los cuales son: a) Una sola memoria da lugar al almacenamiento de los datos e instrucciones, b) Sin la indicación del tipo de dato, estas se direccionan proporcionando su posición, c) Se cumplen las instrucciones siguiendo una secuencia ordenada de una instrucción detrás de otra.

2.3.2.2. Arquitectura Harvard

Esta es una arquitectura para computadoras que contienen una pista de almacenamiento y de señal físicamente separada para las respectivas instrucciones y para la información. Esto ofrece a posibilidad de que una instrucción sea realizada, mientras que las que continúan puedan ser extraídas, teniendo la posibilidad de acceder a ellas en un ciclo de reloj (Ecured, 2018).

Esta metodología no relaciona el tamaño de las instrucciones con el de datos, lo que permite que una instrucción tome una sola posición de memoria, dando lugar a una mayor velocidad. Además, el tiempo de las instrucciones se encuentran superpuestos al de la información logrando mayor velocidad en cada operación (Ecured, 2018).

2.4. Sistema de control

Es un sistema que opera bajo parámetros definidos previamente. Un sistema de control es un conjunto de elementos que tiene como objetivo trabajar de manera continua, conjunta y ordenada para otorgar la respectiva respuesta según la orden dada. Por lo tanto, el control de sistema es la tentativa de automatiza todo tipo de trabajo u optimizar

procesos para simplificar la tarea de operaciones manuales de rutina (Universidad Nacional Experimental, 2011).

Esto da como resultado la búsqueda de automatizar todos los procesos en las distintas áreas de ingeniería, puesto que, ha sido de gran contribución en la industria para diversos propósitos como: construcción de vehículos, misiles teledirigidos y robóticos.

2.5. Arduino.

El Arduino es una plataforma electrónica de código abierto que se basa en un hardware intuitivo para el usuario. Un Arduino puede mostrar, por ejemplo, la luz de un sensor, encender un led, publicar en internet, o activar un botón, todo esto mediante la programación de una serie de instrucciones al microcontrolador de la pizarra del Arduino. (ARDUINO, 2017)

2.4.1. Características principales.

La pizarra, o placa de Arduino, está construida en base a un microcontrolador, también denominado AVR, que es un microprocesador programable, pero mucho más reducido, contiene además todos los elementos esenciales que hacen una computadora, sin dispositivos periféricos, discos duros, etc. (Céspedes Machicao, 2017).

Entre las partes principales se tienen: Microcontrolador, Puerto USB, terminales digitales, modulación por ancho de pulso, entradas analógicas, RESETS, Leds indicadores. Los Arduino son fáciles de adquirir por su bajo costo, y todos pueden ser programados con las mismas herramientas y librerías (Schmidt, 2015). (Ver Figura 2.2)

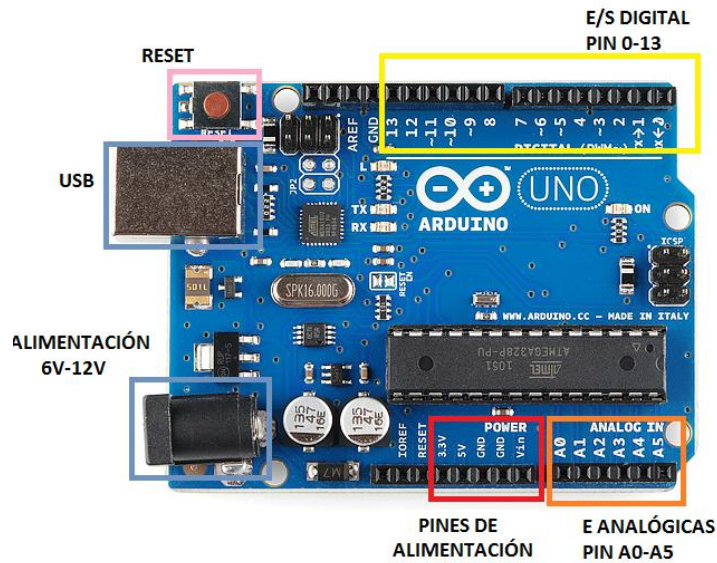


Figura2. 2: Partes importantes del Arduino
Fuente: Autor

2.4.2. Comunicación I2C.

Esta comunicación es utilizada con frecuencia hoy, además, de ser una herramienta poderosa para la conexión ente un máster o varios de estos con un esclavo. Un ejemplo claro de esta comunicación es cuando se pueden conectar diversos periféricos del ordenador, únicamente con dos cables permitiendo compartir bus, conectado al procesador. (Valdez & Becker, 2015)

El esquema maestro/esclavo consiste en el establecimiento de un componente principal “maestro”, encargado de recoger toda información procesada por cada componente secundario, “esclavo”, y de distribuirla en su totalidad a cada uno de ellos. Este esquema permite el procesamiento en paralelo, debido a que cada “esclavo” es independiente (Tovar Vidal, 2016). (Ver Figura 2.3)

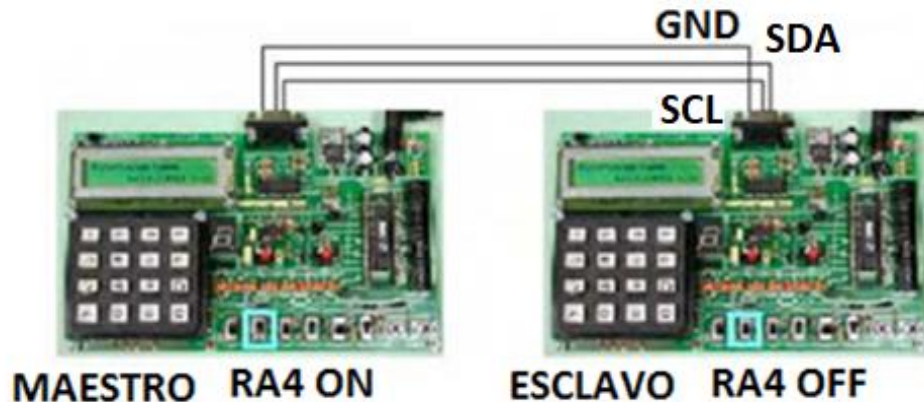


Figura2. 3: Esquema de implementación maestro/esclavo
Fuente: (Porcel Martin & Gutiérrez Baños, 2008)

Para la comunicación I2C, los esclavos y los maestros pueden conectarse entre ellos, usando las señales SDA y SCL, usando un protocolo que define lo siguiente: una señal única de dirección de esclavo de 7 bits. Datos que se dividen en bytes de 8 bits. Unos pocos bits de control, para todas las acciones de inicio y fin, por un mecanismo de reconocimiento. (Leens, 2009). Este protocolo fue diseñado para evitar la congestión, el área y el consumo de energía de los microcontroladores cuando se requieren muchos dispositivos en el Arduino. (Chiikara, Sinha, & Kaila, 2015)

2.6. Software

Un software en el medio de comunicación con la computadora para ejecutar las acciones que deseamos que se haga. Un software son los programas que se utilizan según los requerimientos y objetivos que el usuario pretende con la máquina (Área Tecnología, 2018).

2.7. LabVIEW

De acuerdo con National Instruments, LabVIEW es un software de ingeniería diseñado para aplicaciones que requieran de pruebas, medidas, y control. Además, cuenta con acceso rápido a la información de datos y hardware (National Instruments, 2018).

2.7.1. Características principales.

La universidad de Cantabria, España, describe las características principales de LabVIEW como las siguientes:

- ✓ Intuitivo lenguaje de programación
- ✓ Herramientas de desarrollo y librerías de alto nivel específicas para aplicaciones
- ✓ Funciones para E/S (entrada/salida), control, análisis y presentación de datos
- ✓ Posibilidad de crear aplicaciones de medidas genéricas sin programación
- ✓ Depuración gráfica integrada y control del código fuente
- ✓ Programas de ejemplo en el software y en la web
- ✓ Ayuda contextual integrada y tutoriales. (Universidad de Cantabria, 2018)

2.7.2. Entorno de programación.

LabVIEW contiene una nueva forma de programar, en contraste con la programación tradicional o habitual basada en texto, LabVIEW usa una interfaz donde las instrucciones son a través de flujo de datos, con programación gráfica (Vargas & Merchán, 2017). (Ver Figura 2.4)



Figura2. 4: Entorno en LabView
Fuente: (National Instruments, 2018)

2.7.3 IMAQ VISION LABVIEW.

IMAQ es un conjunto de herramientas que puede usarse para desarrollar aplicaciones relacionadas con la adquisición y proceso de la imagen. Dentro de las aplicaciones, sobresalen IMAQ Vision Builder. Que realiza pruebas y ensayos en las aplicaciones de proceso de imágenes, y IMAQ Vision for G, que permite crear aplicaciones para el tratamiento y proceso de imagen ejecutado desde LabView. (Vergara, 2012)

IMAQ Vision admite múltiples tipos de imágenes. El número de bits que se utilizan para representar el brillo de cada pixel o la intensidad de cada componente de color corresponde a un pixel y el número de planos en una imagen. En el caso de la escala de grises, IMAQ Visión codifica cada nivel de gris en un entero de 8 bits. Y es influenciado por: la naturaleza de la imagen, el tipo de imagen y el tipo de análisis a probar. (Technical University of Cluj-Napoca, Romania, 2018)

2.8. Calibración de cámara.

En la actualidad para sistemas de captura y procesados de imágenes existen diversas técnicas que se basan en fotogrametría y auto calibración para obtener imágenes que contienen volumen, pero que se analizan en el plano. Estas técnicas ayudan a obtener información del objeto logrando parámetros intrínsecos o extrínsecos de la cámara (Viala & Sánchez, 2008).

2.9. Tipo de Imagen Digital

Las imágenes digitales responden a diferentes formatos, cada una con una extensión del archivo que lo contiene. Los más utilizados son: BMP, GIF, JPG, TIF y PNG. (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, 2018)

2.9.1. Mapa de bits.

Conocido también como imagen raster, o imagen digital, el mapa de bits es una estructura que representa por lo general una sección rectangular de píxeles, en la pantalla de la computadora o en el papel al imprimir. El mapa de bits es el conjunto de toda una imagen, se caracteriza por el ancho y el alto de la imagen medida en píxeles, y el número de bits por píxel, que determina el número de colores que puede presentar. (Universidad de Educación a Distancia, 2008)

2.9.2. Imágenes vectoriales.

Las imágenes vectoriales, imágenes orientadas al objeto, o imágenes de dibujo, matemáticamente se definen como puntos unidos por una línea. Los elementos gráficos en un archivo vectorial se denominan objetos, considerando que cada objeto se puede mover y cambiar sus propiedades, manteniendo su claridad y nitidez originales. Los dibujos vectoriales se muestran con la máxima resolución que pueda ofrecer el dispositivo de salida. (Rodas, 2010)

El dibujo vectorial, es uno de los diferentes métodos que se tienen al alcance para la producción de imágenes procesadas digitalmente. Una de sus características, es que se puede basar en la estructura tridimensional mediante programas de modelado 3D, de ahí su éxito en la industria cinematográfica (Villagrán, 2016). (Ver Figura 2.5)



Figura2. 5: Karlsson is Back. Imagen Vectorial
Fuente: (Filippov, 2015)

2.10. Color de Objeto.

La combinación de colores es determinada en función de la cantidad de canales que se utilizan en un modelo de color. Diferentes modos de color producen diferentes niveles de detalle de color, así como también difiere el tamaño del archivo (Photoshop CC, 2017).

2.10.1. RGB.

El modo de color RGB, proporciona a cada uno de los píxeles un valor de intensidad donde se utiliza el modelo RGB. En imágenes de 8 bits por canal, los valores de intensidad van desde 0 (blanco) a 255 (negro) para cada uno de los componentes Red Green Blue (rojo, verde, azul) de una imagen a color. Las imágenes RGB usan tres canales para transmitir los respectivos colores en la pantalla donde se reproduce la imagen, mientras más bits tenga la imagen, más colores por pixel puede producirse. Aunque en el modo RGB los colores son estándar, pueden modificarse según la aplicación (Photoshop CC, 2017).

2.10.2. YUV.

El modelo YUV se usa todavía en algunos sistemas de televisión, como el National Television System Committee. Y significa el canal de luminancia o intensidad de color de la imagen, y U, V son los canales de cromancia (Al-Tairi, Rahmat, Saripan, & Sulaiman, 2014). (Ver Figura 2.6)

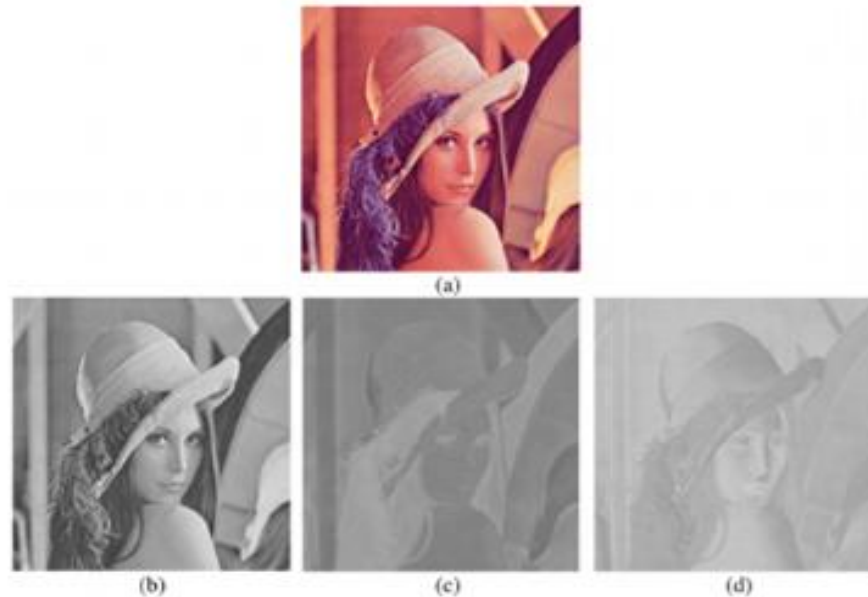


Figura 2. 6: i a) imagen RGB y los canales b)Y c)U d)V
Fuente: (Yalman & Erturk, 2013)

2.10.3. CMY.

El modelo de color para imágenes CMY es por los colores: Cyan, Magenta y Yellow (cyan, magenta y amarillo), estos colores se aplican sobre una superficie blanca, y el sustrato de la superficie blanca crea el color final. Todos estos colores pueden variar entre 0 a 255. (Kour, 2015)

2.11. Componentes y procedimientos.

2.11.1. Banda transportadora.

Una banda o cinta transportadora es una estructura de goma en forma de correa cerrada, con una unión o empalme metálico, que simplifica el transporte de materiales sólidos, como se muestra a continuación (Departamento de Ingeniería Mecánica UC3M, 2018).



Figura2. 7: Banda Transportadora de Arduino
Fuente: (AUTOMATIZANOS, 2017)

2.11.2. Motor DC.

Un motor DC o de corriente continua destacan por sus características. Estos motores tienen una elevada eficiencia de hasta 90%, aprovechan directamente la energía eléctrica, transformándola en potencia mecánica y generando menos calor. Ideal para ser alimentadas por batería o en aplicaciones donde el consumo sea de importancia. Muy baja constante eléctrica de tiempo y poca inductancia, lo que significa mínimo ruido de giro o interferencias eléctricas prácticamente inexistentes (Motores DC, 2018). (Ver Figura 2.8)



Figura2. 8: Visa frontal de un motor
Fuente: (DIY Makers, 2013)

2.11.3. Servomotores.

Un motor servo está enfocado a realizar funciones sin salir del rango de movimientos que se le ha impuesto una vez que el usuario lo coloca. Está compuesto por un motor DC, una caja reductora y un circuito de control. Su intervalo de funcionamiento puede abarcar hasta una vuelta completa, o menos. (Thompson & Aguayo, 2018)

CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1. Introducción

En este capítulo se detalla el análisis y el diseño para la implementación de un prototipo a escala para la clasificación por colorantes o pigmentos (colores) de vidrios, el cual consta de dos partes fundamentales, sistema mecánico y sensor óptico. En el cual, se toma en cuenta el software que es eje central de la automatización donde se trabajó en la comunicación con el sistema mecánico y los parámetros de la escala RGB para los colores verde, azul y rojo que serán captados mediante una cámara web.

Este sistema fue probado a través de ensayos de prueba y error, en el cual se determinó la frecuencia máxima que es posible para el sistema analizar, designar y colocar el color en el depósito correspondiente.

3.2. Consideraciones iniciales del diseño

Para el planteamiento de la alternativa del sistema se consideró condiciones que se encuentran en la industria, tales como: riesgos laborales y reducción de costos por mano de obra. Además, se tomó en cuenta un abanico de herramientas para conformar el sistema con la finalidad de brindar una opción de bajo costo.

La solución planteada se enfoca en la clasificación de elementos por colores con la tentativa de optimizar el tiempo de clasificación manual que se utiliza hoy en los centros de acopio pequeños y medianos en la ciudad de Guayaquil, permitiendo así el crecimiento de estas empresas. (Ver Fotografía 3.1)



Fotografía 3. 1: Centro de acopio Merchán ubicado en la Coop. Los Vergeles
Elaborado por: Autor

3.3. Determinación de parámetros de diseño

La elaboración de una aplicación para procesar las capturas de imágenes en color, concediendo tolerancias en la verificación de los materiales reciclables dentro de la paleta de color establecida en el algoritmo, es la parte fundamental dentro del software y la implementación del resultado. Las soluciones demostradas mediante procesos de captura de imágenes se han convertido en prácticas comunes en la industria ya sea por control de calidad del producto o simplemente la verificación de este, resueltas mediante técnicas clásicas en el proceso de imágenes, búsqueda en patrón de colores o algoritmos parecidos.

Dentro del sistema hay que tomar en cuenta ciertos parámetros para la realización de la investigación.

- Tolerancia en la paleta de tonos de colores registrados dentro del algoritmo del software.
- Fácil de adaptar con el hardware implementado (banda transportadora, servomotores, cámara web e iluminación)

- Muestreo de la cantidad de material reciclable clasificado de cada color establecido.
- Control en la velocidad de la cinta transportadora mediante microcontroladores.

Normalmente la inspección de los procesos o subprocesos en la industria los realiza un operador/obrero, pero la visualización de dicho procedimiento no se realiza de modo permanente. Desde este punto de vista parte la necesidad del control del residuo sólido de forma automatizada. Sin embargo, se presentan perturbaciones como:

- Variación en la intensidad del color del material reciclable detectado.
- Color de objeto no registrado en la aplicación.

No obstante, estos defectos pueden ser configurados mediante un sistema de control de toleración adaptiva en la tonalidad del color del material detectado.

El sistema de control de visión artificial que clasifica los materiales reciclables se desarrolla de la siguiente manera:

- **Calibración de sistema.** – selección del puerto USB de la cámara web a utilizar para la detección de los materiales reciclables.
- **Selección de colores a utilizar.** – Establecer los colores a utilizar, definiendo los patrones de tolerancia de la tonalidad como colores válidos.
- **Configuración de comunicación y control de la banda transportadora.**
- **Configuración de comunicación y control de los servomotores.**
- **Inicialización del sistema de capturar y contabilización.** – en el momento que la cámara detecte el material con el color respectivo dentro del patrón, en la aplicación desarrollada se

enciende una luz indicadora dependiente de la tonalidad del color capturado y contando la cantidad de residuos de respectivo color que pase por la cámara.

Como anteriormente se detalla la aplicación es desarrollada en el programa LabView de National Instruments, debido a que se adapta con facilidad tanto a implementaciones de laboratorio como a sistemas de control de plantas a escala.

El procesamiento de las imágenes en la plataforma que se desarrollen (PC) son parte del modelo de instrumentos virtual, desarrolladas por aplicaciones de captura, procesado de imágenes, almacenamiento de imágenes y control en el proceso de información visual.

Los componentes requeridos para realizar un sistema de visión artificial en un ordenador son (Ver Figura 3.1):

- Ordenador (PC)
- Software de aplicación (LabView)
- Instrumento de detección (Cámara web)
- Iluminación apropiada
- Microcontrolador



Figura 3. 1: Dispositivos para sistema de visión artificial
Elaborado por: Autor

3.4. Diseño del sistema

Para realizar la construcción e implementación de la máquina a escala para la clasificación de colores por visión, se siguió un esquema de trabajo en el cual se detalla las partes, dispositivos, elementos que componen las partes del sistema integrado.

Además, se establece la explicación de la construcción de modo didáctico especificando los circuitos, la estructura, el modo de empleo del software LabView y un diagrama de fuerzas empleadas por los motores utilizados.

3.4.1. Diseño de Hardware (circuito)

Como todo circuito, el diseño partió de los tres elementos fundamentales que deben ser mencionados y que requiere todo circuito. La fuente **(E)** de fuerza electromotriz **(FEM)**, el flujo de intensidad de electrones que parte desde la fuente que se encuentra en el sistema y la presencia de resistencia **(R)**.

En el siguiente diagrama se puede observar las conexiones establecidas que se realizaron para el funcionamiento del sistema que está encargado de la activación del servomotor que pone en funcionamiento a la banda transportadora, el cual utiliza una tensión proporcionada por la fuente de 12V, conectada directamente con la tarjeta ARDUINO UNO.

Luego se procede a hacer las conexiones que necesita el ARDUINO con el servomotor en los pines 5V y GND conectado en paralelo a un potenciómetro modelo 10K en los pines A₀ y 9 con el objetivo de regular la velocidad de la banda transportadora. (Ver Figura 3.2)

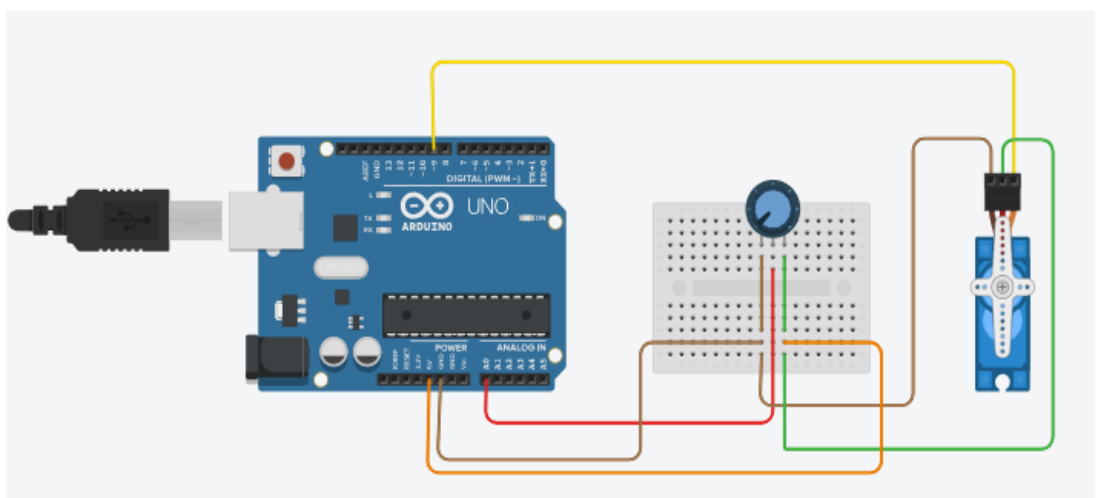
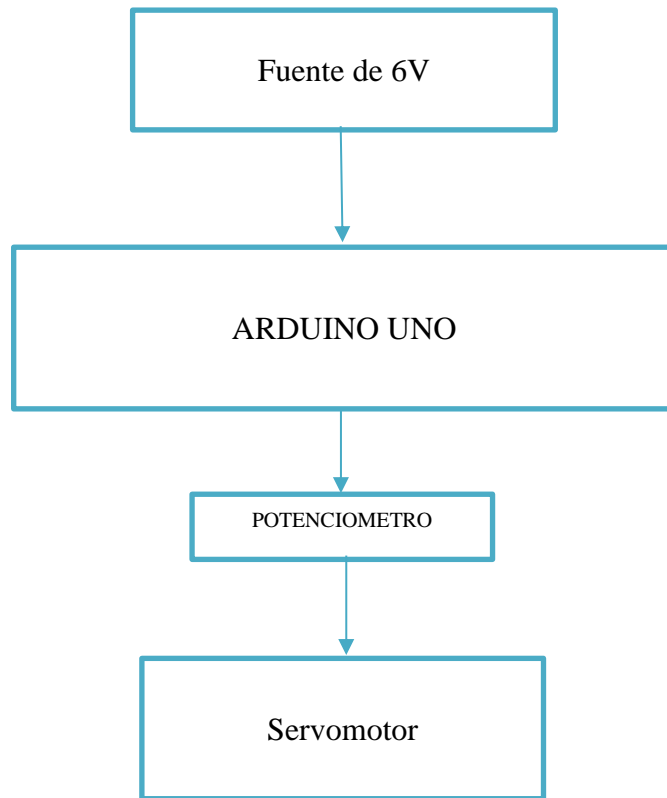


Figura 3. 2: Circuito y Diagrama de bloques del circuito de banda transportadora
Elaborado por: Autor

Una vez concluido el diseño del circuito de la banda transportadora, se procede a realizad la descripción del siguiente esquema, que corresponde al circuito que controla los tres servomotores que realizan la clasificación de los residuos sólidos.

En este circuito se realiza las conexiones directas entre el ARDUINO MEGA y los servomotores, donde el servomotor 1 está conecta con el pin3 el servomotor 2 con el pin digital 6 y el tercer servomotor con el pin digital 5. (Ver Figura 3.3)

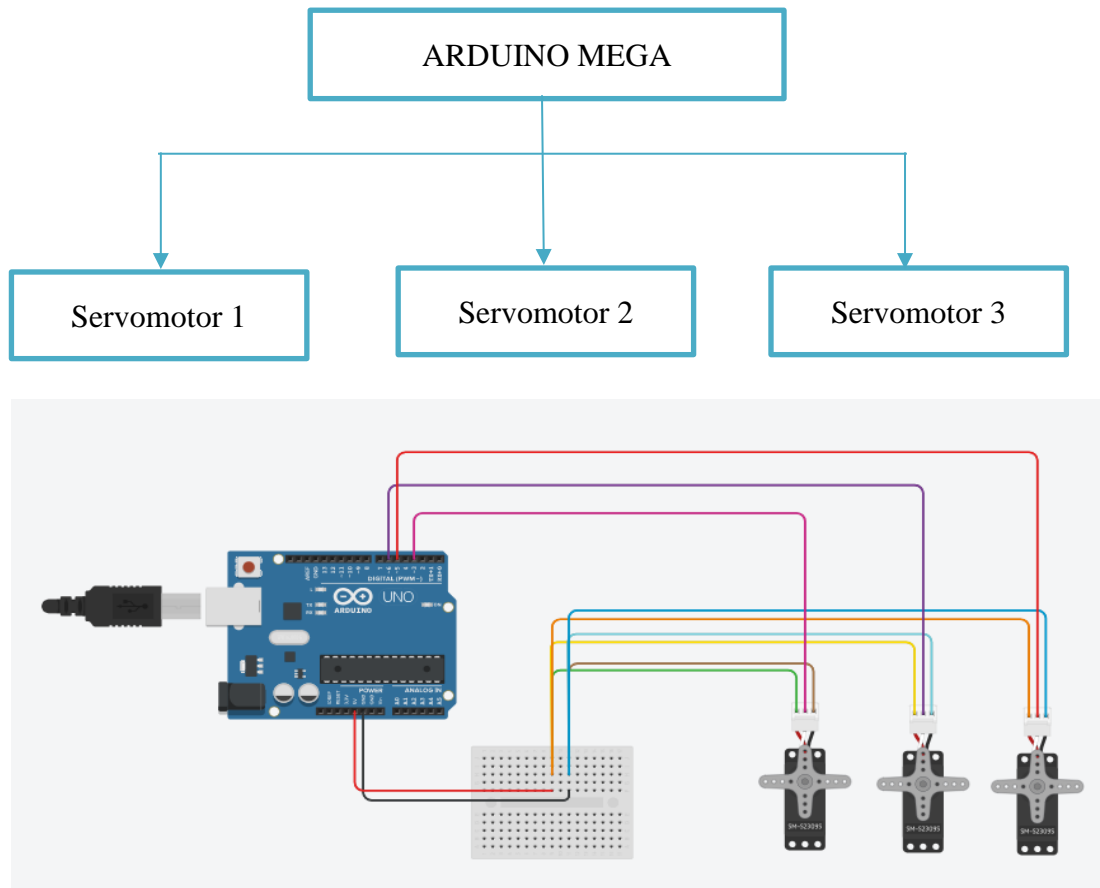


Figura 3. 3: Circuito y Diagrama de bloques del circuito de servomotores clasificadores
Elaborado por: Autor

Con lo antes mostrados, es posible estimar la corriente máxima que tendrá el sistema, mediante el siguiente cálculo:

$$V_{fem} = R I_{max}$$

$$I_{max} = \frac{V_{fem}}{R_{max}}$$

$$I_{max} = \frac{6}{10\ 000}$$

$$I_{max} = 0.6 \text{ [mA]}$$

Por lo que el circuito tendría una corriente máxima de 0.6 mA, si el potenciómetro se encuentra en su máxima resistencia.

3.4.2. Diseño del Sistema estructural

Para la estructura se realizó mediante el ensamblaje de elementos compuestos por material de MDF, el cual es un material resistente que mantiene su forma para contrarrestar el peso ejercido, soportando los motores sin que su funcionalidad sea afectada por ningún tipo de falla, ya sea esta de servicio, por rotura o de inestabilidad tomando en cuenta la unidad de la estructura general.

El sistema estructural está compuesto por una base, en el cual están distribuido las fuerzas y los momentos que actúan en los puntos de apoyo para los motores y las paletas. Usando como base las leyes de Newton, se realizó el análisis de las fuerzas respectivas de reacción que la base con sus empates debe soportar para llevar a cabo el diseño final.

Se hizo la búsqueda de materiales en función de las reacciones estimadas teóricamente con las ecuaciones de sumatoria de fuerzas y de momentos, mostradas a continuación haciendo uso del siguiente diagrama propuesto:

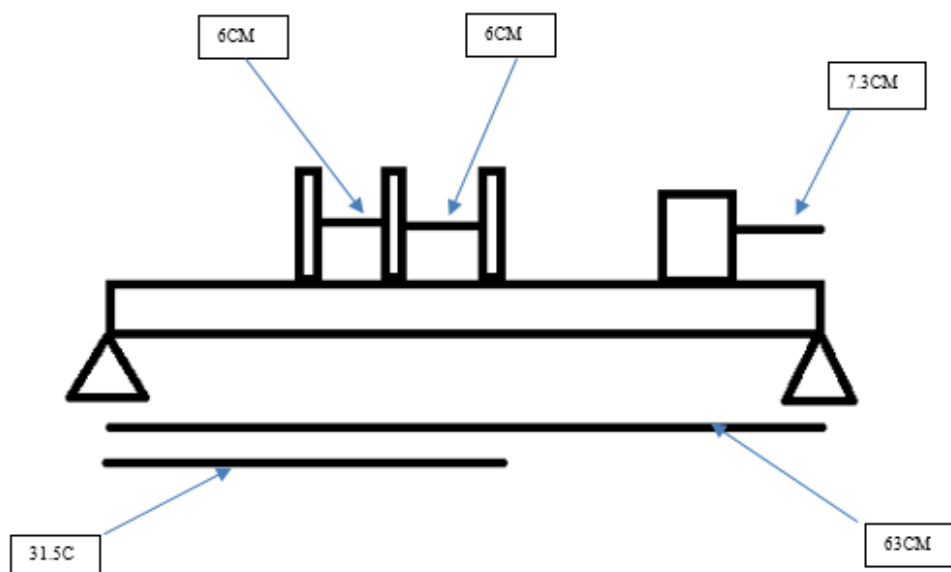


Ilustración 3. 1: Diagrama de Fuerzas

Elaborado por: Autor

Con la referencia positiva hacia arriba, se tiene que:

$$\begin{aligned}\Sigma Fy &= -W_{s1} - W_{s2} - W_{s3} - W_c + A + B = 0 \\ -M_{s1}g - M_{s2}g - M_{s3}g - M_c g &= -A - B\end{aligned}$$

Donde se tiene y se establece que:

$$M_{s1} = M_{s2} = M_{s3} = M_s$$

Obteniendo:

$$\begin{aligned}3M_s g + M_c g &= A + B \\ 58.8 + 7.64 &= A + B\end{aligned}$$

Como resultado será la siguiente ecuación:

$$66.44N = A + B$$

Luego, se procede a hacer el análisis de momentos con su respectiva referencia positiva a favor de las manecillas del reloj:

$$\begin{aligned}\Sigma M &= 0 \\ W_{s1}D_1 + W_{s2}D_2 + W_{s3}D_3 + W_c D_4 - BD_t &= 0\end{aligned}$$

Donde, se puede deducir que:

$$W_{s1} = W_{s2} = W_{s3} = W_s$$

Lo que implica que:

$$\begin{aligned}W_s(D_1 + D_2 + D_3) + W_c D_4 &= BD_t \\ \frac{19.6(0.195 + 0.255 + 0.315) + 7.644(0.557)}{0.63} &= B \\ \frac{14.99 + 4.25}{0.63} &= B \\ \frac{19.25}{0.63} &= B \\ B &= 30.55[N]\end{aligned}$$

Reemplazando en la fórmula, queda:

$$\begin{aligned}66.44 - B &= A \\ A &= 36.44[N]\end{aligned}$$

Con lo antes expuesto, se procedió al diseño de la estructura capaz de soportar estas fuerzas tanto de la base, y que implica que el material seleccionado de madera MDF es lo suficientemente resistente según sus tolerancias dimensionales. (Ver Ilustración 3.2, 3.3, 3.4)

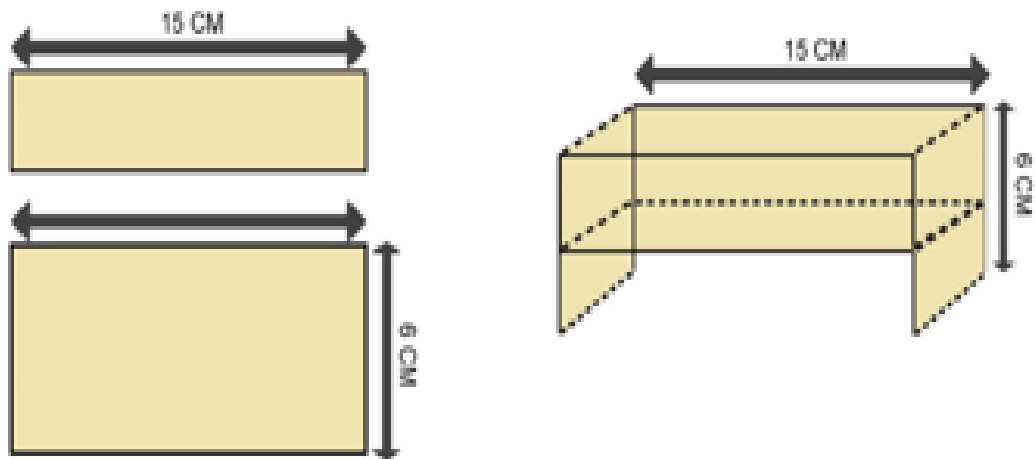


Ilustración 3. 2: Diseño de estructura Cámara
Elaborado por: Autor

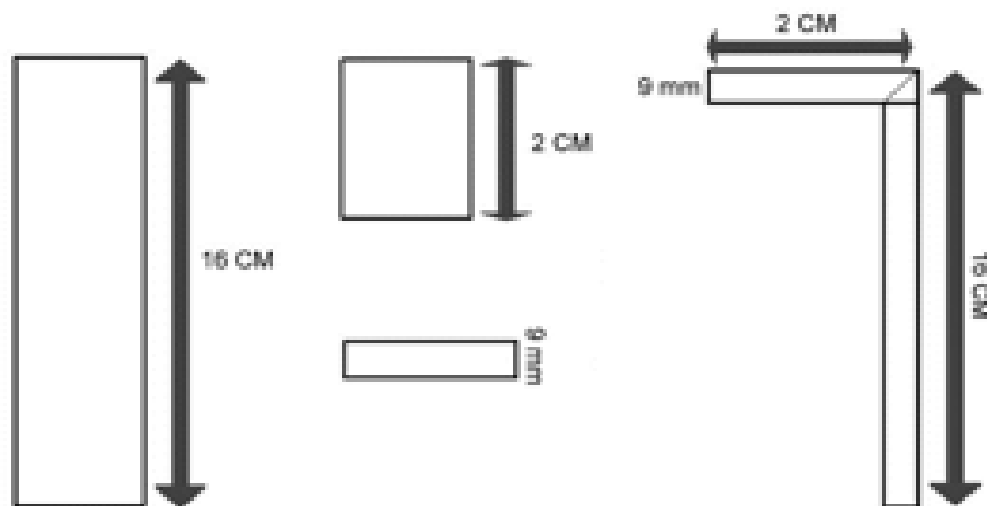


Ilustración 3. 3: Diseño de estructura de Paletas
Elaborado por: Autor

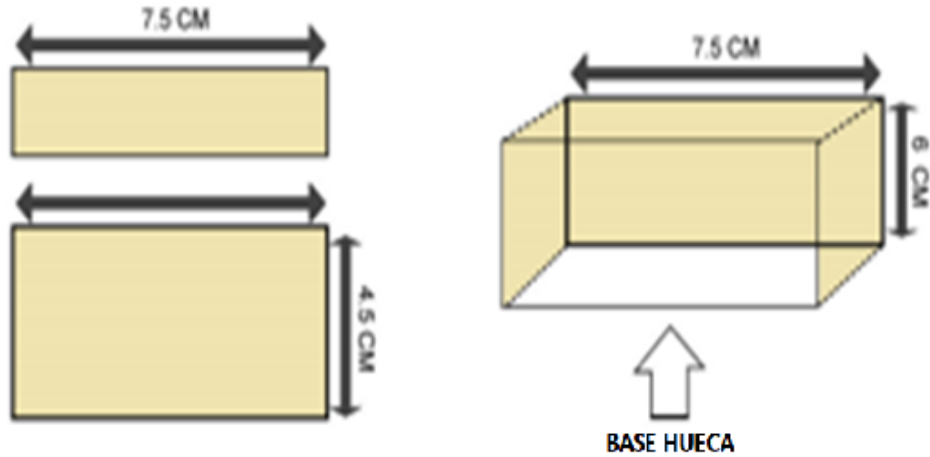


Ilustración 3. 4: Diseño de estructura de PMW
Elaborado por: Autor

3.5. Selección de materiales

En la siguiente tabla, se presentan los materiales que se manejó con el objetivo de construir y probar el diseño propuesto.

Tabla 3. 1: Tabla de costos del sistema a escala.

Materiales para prototipo a escala	Cantidad
Plancha MDF 9mm	2
Servomotores 2Kg 4.88V 100mA	3
Fuente de 6V	1
Servomotor de giro 4.88V 200mA	1
Potenciómetro 10K Ohmios	1
Cámara web HD C270	1
Computadora	1

Elaborado por: Autor

3.6. Diseño de implementación

Con lo anteriormente mencionado, el sistema consta de dos partes fundamentales, el sistema mecánico y el sensor óptico, el cual está constituido por una estructura de madera tipo MDF, en la cual se coloca la banda transportadora, las paletas separadoras, depósitos de objetos y una estructura de protección para los sensores y el circuito.

La banda rompe inercia por un servomotor de giro continuo que arranca con 12V a una corriente de 2A, que se acciona por medio de señales enviadas por el microcontrolador ARDUINO UNO, la cual se encarga de transportar los objetos desde el inicio del sistema hasta el rango de visión de la cámara web y luego proceder al área de separación.

Con el objetivo de construir un sistema a bajo costo se implementó la estructura de MDF, mismo material con el que está hecho la sección de separación (paletas clasificadoras) que trabaja mediante la aplicación de tres servomotores 2kg dispuestos en cada paleta respectivamente.

La tarjeta controladora que se utiliza, ARDUINO MEGA 2560, se activa con la información que se procesa en la imagen detectada por la cámara web que trabaja en conjunto al software LabView para enviar la señal correspondiente a los servomotores de las paletas que tienen como requerimiento un voltaje de 7.5V y una intensidad de 1.2A.

La segunda sección de nuestro sistema, el sensor óptico, tiene como objetivo captar la imagen del objeto para enviar dicha información al software LabView que se encarga de designar el color dentro de los rangos predeterminados para enviar la respectiva señal al sistema mecánico que se tiene el deber de hacer la clasificación. (Ver Figura 3.4) (Ver Figura 3.5)

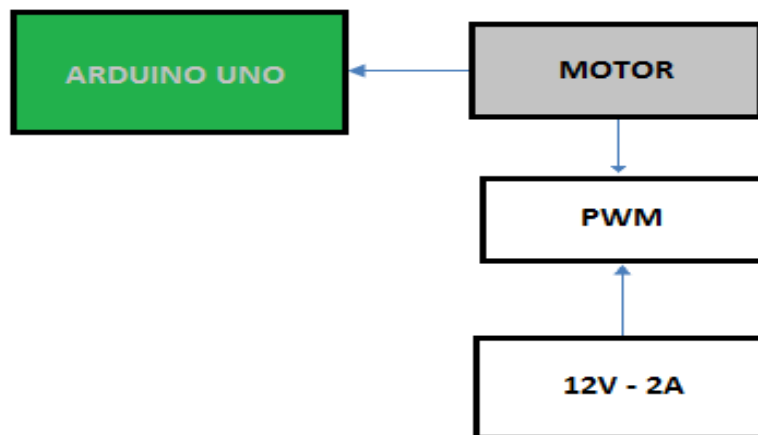


Figura 3. 4: Diagrama de funcionamiento de la clasificación
Elaborado por: Autor

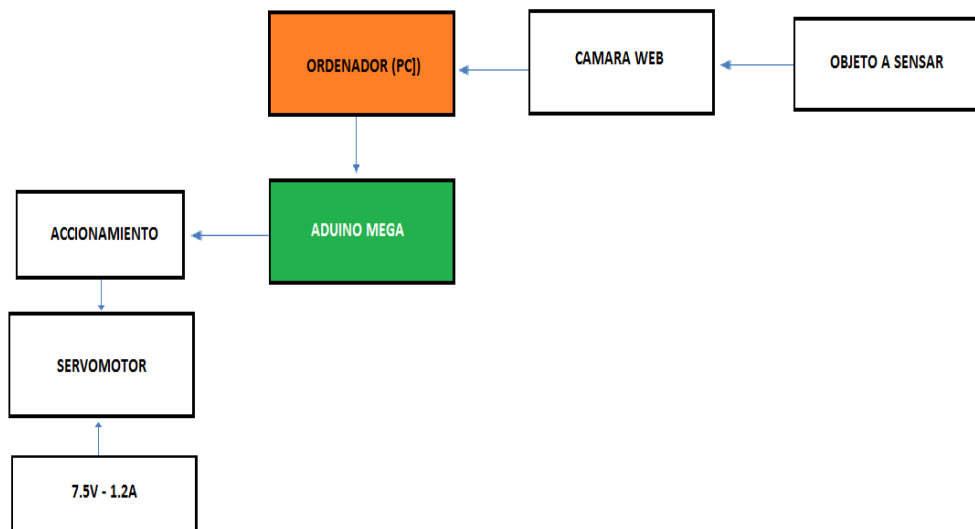


Figura 3. 5: Diagrama de funcionamiento de la banda transportadora
Elaborado por: Autor

3.7. Implementación del sistema

La sección del hardware se constituye por la tarjeta controladora ARDUINO UNO, ARDUINO MEGA, cámara web, banda transportadora y su control de velocidad, fuente alimentación y el ordenador.

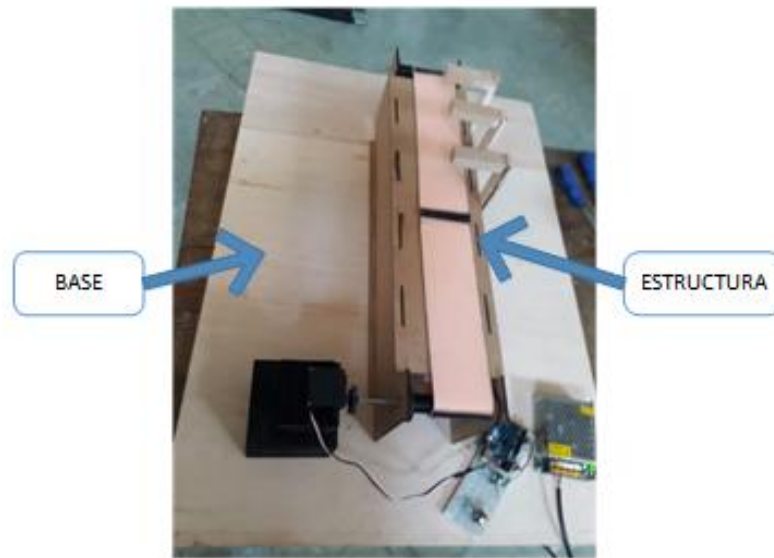
3.7.1. Funcionamiento de sistema

Para la realización de la estructura a escala, se escogió madera del tipo MDF por las bondades que brinda como su dureza, flexibilidad, facilidad de unión entre piezas y la fácil aplicación de pegamento. Este material permite un acabado estético e idóneo para estructuras de plantas a escala, debido al peso ligero y concede la aplicación de laca o pintura.

En la siguiente figura se presenta el diseño de los planos y la estructura de la planta conformada por dos secciones, divididas en la base y estructura (Ver figura 3.6), a la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la cual cuenta con dimensiones 60cmx15cmx10cm de largo, alto y ancho, respectivamente. Adicionalmente, se presentan circunferencias de 4cm de diámetro que se colocan en los vértices. (Ver Figura 3.6) (Ver Fotografía 3.2)

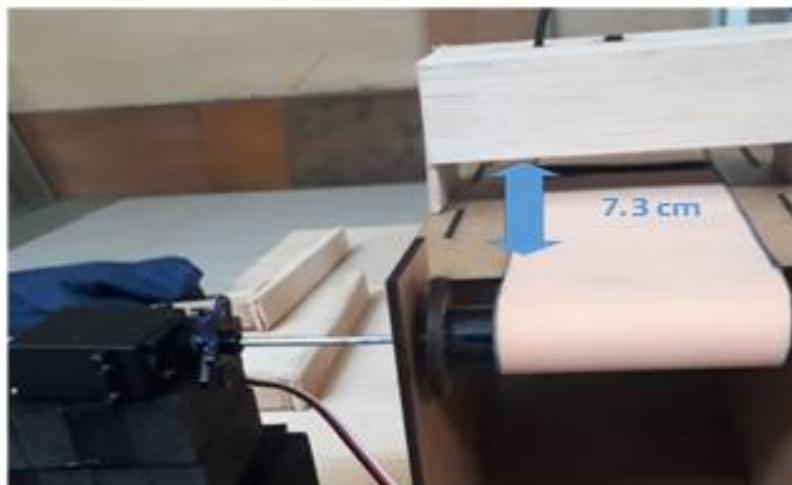


Figura 3. 6: Plano de banda transportadora
Elaborado por: Autor



Fotografía 3. 2: Secciones de la planta clasificadora
Elaborado por: Autor

La adaptación de la cámara web al sistema se detalla en la siguiente figura, donde se encuentra ubicada a una altura de 7.3cm entre a banda transportadora y el cajón de la imagen interés divisada en la aplicación de LabView, permita una calibración adecuada para que la tarjeta controladora ARDUINA MEGA 2560 envíe la señal a los servomotores correspondientes al color de los objetos detectados. (Ver Figura 3.3)



Fotografía 3. 3: Altura comprendida entre la banda y la Webcam
Elaborado por: Autor

Para la etapa de clasificación, los servomotores se sitúan a un costado de la banda transportadora a una altura de 16cm desde la base de 2cm de alto por 1cm de ancho, el tipo de madera utilizada para los soportes mencionados cuentan con un grosor de 9mm, como se presenta en la siguiente figura.



Figura 3. 7: Soporte para los servomotores
Elaborado por: Autor

3.7.2. Diseño de accionamiento y circuito de control

El área de control y accionamiento del sistema de clasificación por color está compuesta por un lazo cerrado, cuando el operador coloca los materiales reciclables de los tres colores establecidos en el algoritmo de control: verde, azul y rojo, que son trasladados por medio de la cinta transportadora. A medida que pasan de los objetos, la cámara los capta, identificándolos según su tonalidad de los patrones de color establecido, para luego activar los servomotores que se encargan de ubicar cada residuo reciclable en su respectiva canasta, un ejemplo breve se observa en la (Figura 3.8).

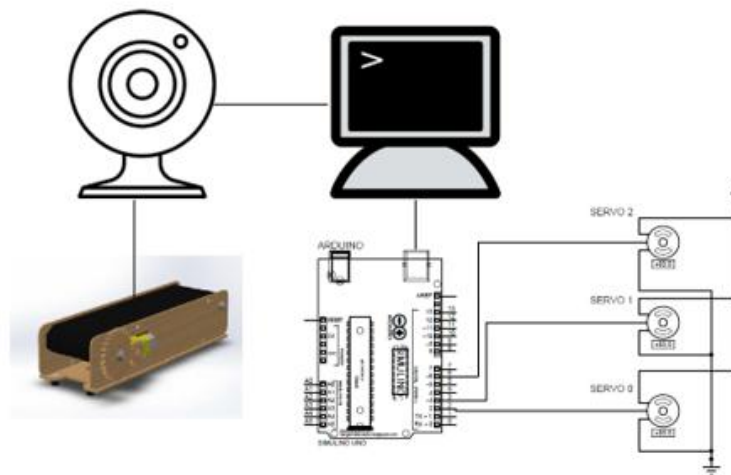
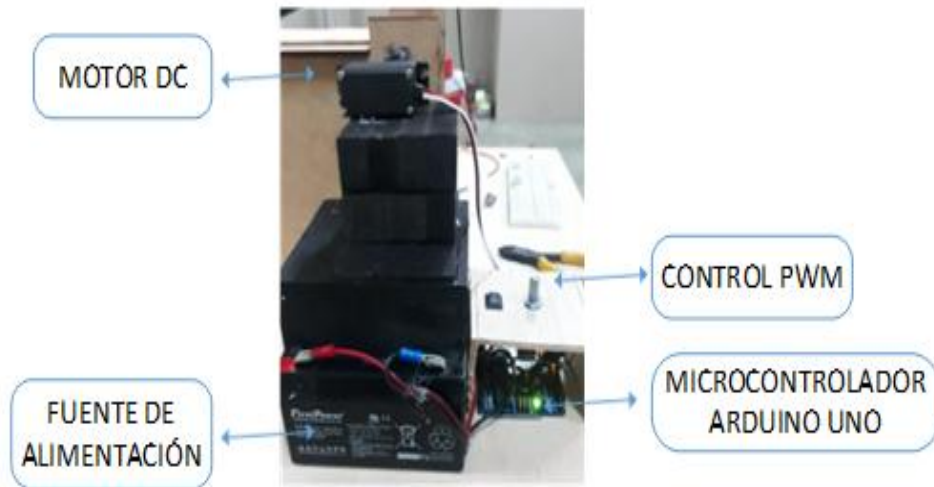


Figura 3. 8: Circuito de control y accionamiento de la planta clasificadora
Elaborado por: Autor

Lo que corresponde a la banda transportadora, el comportamiento lógico de este dispositivo tiene que ser altamente eficiente puesto que, el voltaje dentro del sistema debe ser el adecuado por los diferentes requerimientos que manejan los dispositivos. El medio en el que se apoya la banda transportadora se lo brinda con el uso de soportes, con la finalidad de que los motores hagan la menos cantidad de trabajo al mover la banda transportadora cuando los objetos sean colocados encima de la misma.

Adicionalmente, la velocidad de la banda transportadora puede ser ajustada con el voltaje que es concedido por el microcontrolador ARDUINO

UNO utilizando un módulo de ancho pulso (PWM) como se lo puede apreciar en la siguiente (Fotografía 3.4).



Fotografía 3. 4: Control de la banda transportadora con ARDUINO
Elaborado por: Autor

Se complementa al módulo (PWM) un potenciómetro 100 K Ω (Ver figura 3.11) para la modulación del mecanismo que lleva la banda transportadora el cual está programado con el microcontrolador que se detalla en el anexo B.

Las medidas del cajón que corresponden a PMW son de 7.5cmx4.5cmx6cm en las dimensiones de largo, alto y ancho respectivamente, mostrando un switch ON/OFF que tiene incorporado para dar energía a la banda. (Ver Fotografía 3.5)



Fotografía 3. 5: Control de la banda transportadora con ARDUINO
Elaborado por: Autor

3.8. Diseño de software (Aplicación de LabView)

Para esta sección se presenta el siguiente diagrama de bloques en el cual se describe la metodología empleada a partir del criterio obtenido de la investigación bibliográfica para el desarrollo del programa a utilizar y proceder a la implementación del trabajo actual.

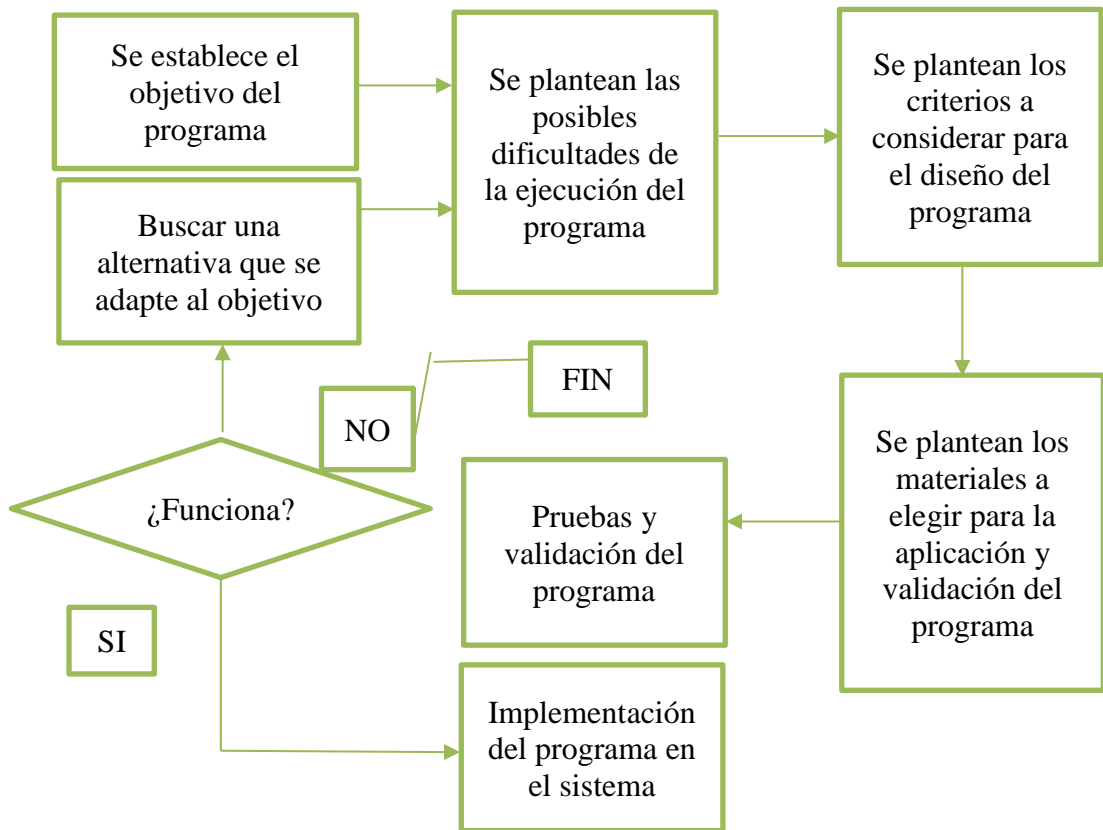


Figura 3. 9: Diagrama de bloque para la elaboración del diseño de software
Elaborado por: Autor

Para el desarrollo del software se debe tomar en cuenta el rango de los colores a reconocer, debido a que en los algoritmos de la planta están incluidos cuatro colores diferentes a clasificar y se debe tomar en cuenta criterios como:

- El objeto no debe tener varios colores en su cuerpo
- En la calibración, la región de interés no debe contener deformidades, preferiblemente que la captura de imágenes sea un área neutra
- No deben existir degradaciones en el color del cuerpo a detectar, este debe ser uniforme.

El diseño del software está enfocado en el desarrollo de una aplicación que permita leer los colores del objeto capturado mediante un indicador del color correspondiente y el número de detecciones que la cámara contabiliza cuando el sistema está en proceso.

Lo antes planteado, dio como resultado el siguiente esquema propuesto como método de trabajo para la implementación del programa en conjunto al software. (Ver Figura 3.10)

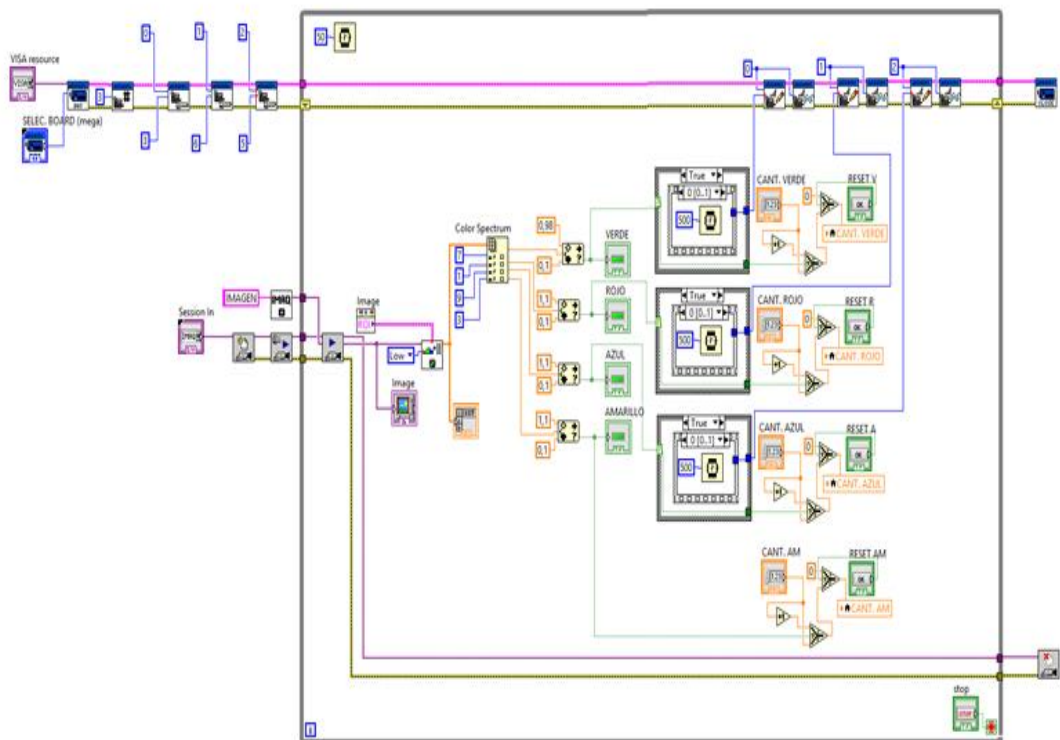


Figura 3. 10: Diagrama de Bloque del Programa
Elaborado por: Autor

Como observamos en la (Figura 3.10), empezamos llamando al procesador que en este caso es el arduino, luego seleccionamos el tipo de tarjeta (UNO, MEGA, NANO, Ordenador). Debido a que se está utilizando Arduino, procedemos a descargar la librería para el software, la cual se encuentra en la página web de National Instruments.

Segundo seleccionamos la cantidad de actuadores (servomotores), procedemos a llamarlos en los pines que se desee colocar, estos pines serán los mismos que irán en el **void loop** de la programación.

Dentro del software llamamos a la librería de detección de objetos, la cual nos permitirá clasificar, contar y detectar objetos según lo requerido, ya sea su tamaño, forma o color. Por esa razón, debido a que el prototipo será utilizado para el área de reciclado de vidrio, utilizaremos el método por detección de color.

Para clasificar por color será necesario declarar ciertas variables como el rango (color spectrum) de cada color a detectar, el tiempo de reacción del actuador (servomotor). Además, se adiciona **case** que determina la acción de clasificación. Si es **verdadero** enviara la señal al servo para que actué dependiendo el color, si es **falso** enviara la señal cero haciendo que ningún servo actué y el objeto siga su curso. Se adiciona un comparador para el contador, y en sistema visualizador se edita el botón sin enclavamiento, ya que así permitirá que se realicen los movimientos los servos y cuente.

Para finalizar cerramos el circuito volviéndolo a llamar al final, de igual manera se hace con la cámara, de caso contrario siempre se quedará abierto el puerto y marcara error.

3.8.1. Calibración de la cámara

Mediante el bloque de adquisición de imágenes en tiempo real (Ver figura 3.12) IMAQ de LabView se permite la comunicación con la cámara por medio del puerto USB del ordenador al que se encuentre conectado, junto con los bloques de lectura y almacenamiento de las capturas obtenidas. El lenguaje gráfico mediante diagrama de bloques de LabView facilita al usuario la tarea de encontrar el algoritmo ideal a la respuesta del problema planteado. (Ver Figura 3.11)

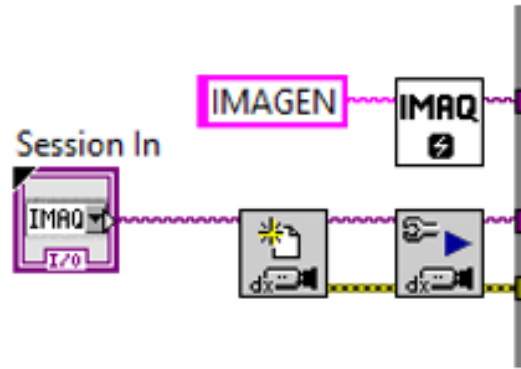


Figura 3. 11: Diagrama de bloque de la entrada de la cámara web
Elaborado por: Autor

Se procede a realizar la configuración a la resolución de la imagen que se muestra en la interfaz de usuario en la aplicación en LabView, luego a la calibración de la cámara para la captura de los colores establecidos en la investigación, adecuando la interfaz que interactúa con el operador o usuario. Dentro de las configuraciones en la parte frontal se detalla la reproducción de la cámara web, la cual actúa de sensor del sistema que detecta las imágenes que se procesan en el área de interés, dentro del cuadro a trabajar por las capturas de imágenes.

En esta interfaz de calibración se seleccionó la cámara a utilizar debido a que el computador portátil a usar incluye la cámara, por lo cual se hizo la selección del puerto donde se conectó esta.

A continuación, podremos observar que en la parte inferior de la figura 3.12, se logra observar un rango con respecto al espectro de color que corresponderán al rango de colores detectados en los materiales PET que se desean clasificar. (Ver Figura 3.12)

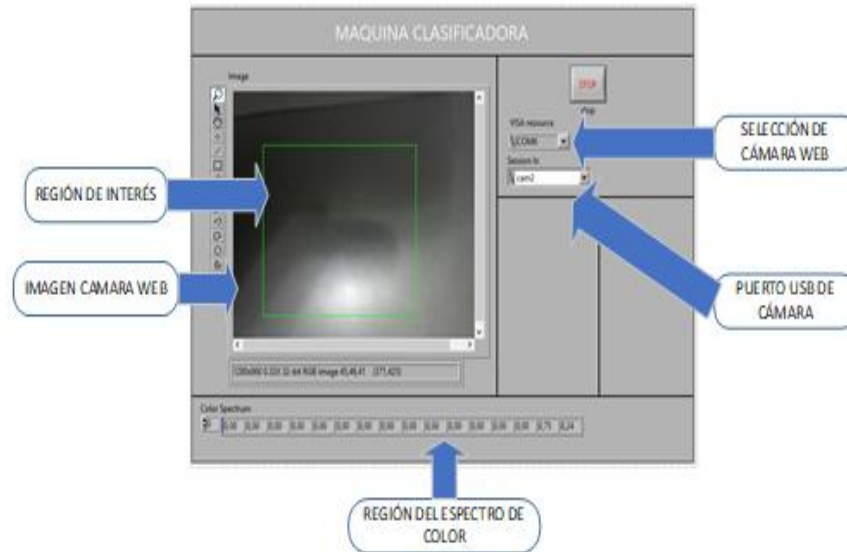


Figura 3. 12: Interfaz inicial de usuario para la calibración de la cámara web
Elaborado por: Autor

El color detectado en el objeto a clasificar se calibrará haciendo uso de las casillas del Color Spectrum. Una vez ajustada la resolución necesaria para el sistema dentro del programa gráfico se procede a llamar al bloque de reproducción para emitir las imágenes de la cámara en tiempo real.

La calibración de la cámara para la debida detección del color verde corresponde al intervalo de 0.1 a 0.98 dentro del rango del Color Spectrum como se muestra en la figura a continuación.



Figura 3. 13: Interfaz de usuario-calibración del color verde

Elaborado por: Autor

Obtenida la información del Color Spectrum dentro del rango del verde, se procede a la elaboración del bloque correspondiente al color previamente calibrado (ver figura 3.14)

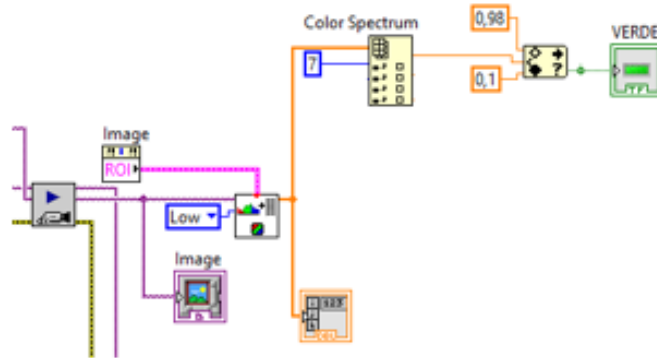


Figura 3. 14: Diagrama de bloque-calibración del color verde
Elaborado por: Autor

Una vez finalizada la calibración del color verde, se procede a la calibración del color rojo que se halla dentro del intervalo 0.1 a 1.1 en el rango 1 del Color Spectrum como se puede ver en la figura 3.16, donde se divisan los valores mencionados en la interfaz inicial de calibración. (Ver Figura 3.15)

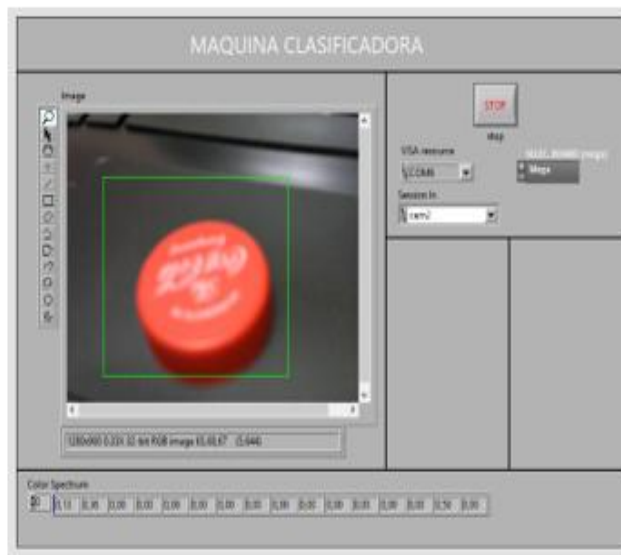


Figura 3. 15: Interfaz de usuario-calibración del color rojo
Elaborado por: Autor

Asimismo, con la información obtenida del color tomada del objeto reciclable, se presenta el diagrama de bloque del color antes mencionado para la elaboración de la programación en la aplicación. (Ver Figura 3.16)

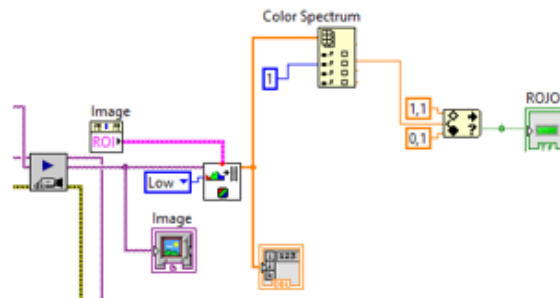


Figura 3. 16: Diagrama de bloque-calibración del color rojo
Elaborado por: Autor

Para el color azul se calibra la cámara para su correspondiente detección en el rango 9 dentro del intervalo 0.1 a 1.1 del Color Spectrum cuando el objeto de interés se encuentra dentro de la zona de captura de imágenes. (Ver Figura 3.17)



Figura 3. 17: Interfaz de usuario-calibración del color azul
Elaborado por: Autor

Por lo consiguiente se representa el diagrama de bloques en la siguiente figura con la respectiva detección de elemento reciclable, según

los parámetros entregado por la calibración de la cámara en conjunto al Color Spectrum. (Ver Figura 3.18)

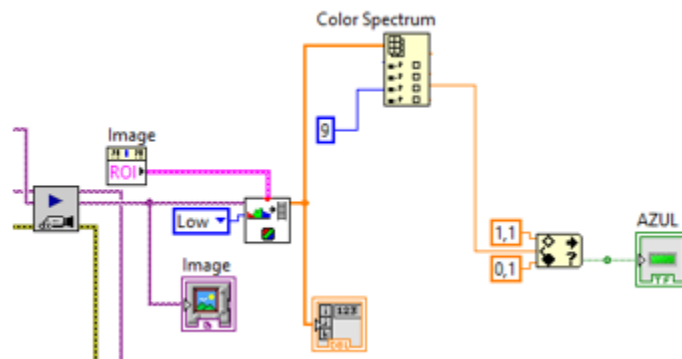


Figura 3. 18: Diagrama de bloques-calibración del color azul
Elaborado por: Autor

Por último, se decidió agregar un color más al sistema con la finalidad de aprovechar la inercia de la banda transportadora cuando se encuentra en movimiento para la clasificación del color amarillo. Este color se encuentra dentro del intervalo del Color Spectrum 0.1 a 1.1 en el rango 3 como se lo puede apreciar en la figura a continuación.

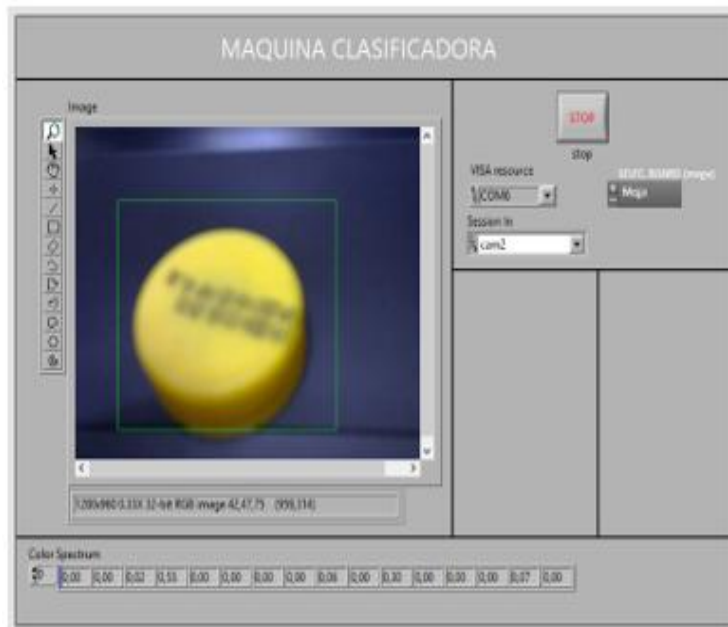


Figura 3. 19: Interfaz de usuario-calibración del color amarillo
Elaborado por: Autor

Y en la próxima figura se observa la programación elaborada en diagrama de bloques de la instrumentación virtual de LabView con los

datos de calibración del espectro respectivo al color amarillo realizado por la cámara web. (Ver Figura 3.20)

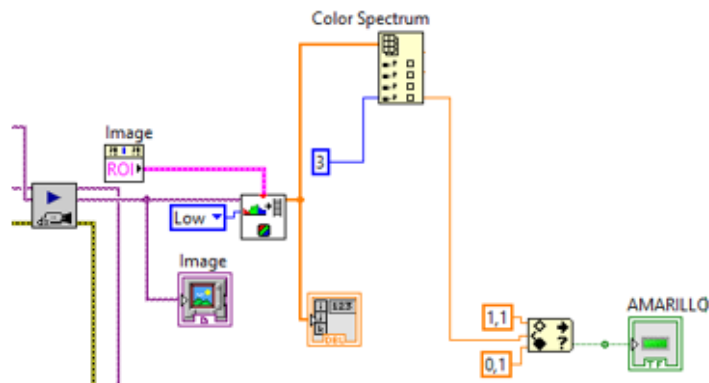


Figura 3. 20: Diagrama de bloque-calibración del color amarillo
Elaborado por: Autor

3.8.2. Accionamiento y control

Una vez calibrado los parámetros que corresponden al espectro de color que se implementará en el presente trabajo, se procede al llamado del microcontrolador que va a procesar la información adquirida por parte de la cámara web.

El primer paso por realizar dentro de la programación gráfica es la escritura del bloque correspondiente a la tarjeta ARDUINO MEGA 2560, la cual se utiliza en el procesamiento de las imágenes captadas para efectuar la siguiente tarea. En la figura a continuación se digitaliza el bloque de la comunicación con el microcontrolador con la imagen emitida en tiempo real con el sensor óptico. (Ver Figura 3.21)

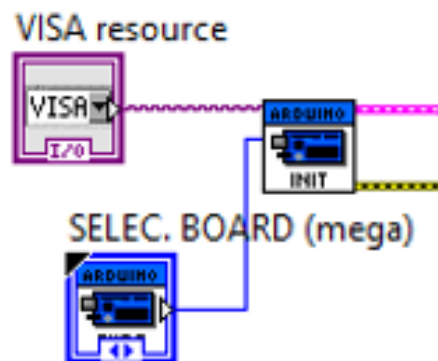


Figura 3. 21: Bloque de programación de microcontrolador ARDUINO
Elaborado por: Autor

Finalizado el diagrama de bloques para el uso del microcontrolador ARDUINO, se procede a la configuración de los tres servomotores que son controlados mediante la señal de la tarjeta enviada y monitoreada a través de la aplicación elaborada en LabView.

Para la configuración de los servomotores dentro del sistema, se realizó una conexión en serie con el diagrama de bloques de la identificación de ARDUINO. Esta configuración corresponde al número de servomotores a usarse, la identificación de cada uno de ellos y el pin que van conectada la señal digital de ARDUINO, los cuales están enumerados del 0 a 2 como se observa en la Figura 3.20

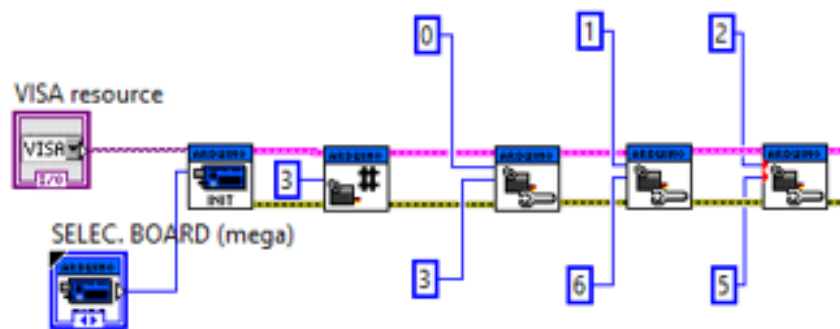


Figura 3. 22: Bloque de programación de Servomotores
Elaborado por: Autor

Los procesos detallados anteriormente corresponden a operaciones o declaraciones iniciales que se deben de cumplir para la elaboración del sistema de control de la planta clasificadora a escala. En la planta a escala se realiza la clasificación de los residuos plásticos PET por colores, donde los servomotores realizan la función de clasificación.

Por lo que el orden de los servomotores tiene designado un color respectivo como se muestra a continuación, para el color verde se designó el servomotor que corresponde al nombre de “SERVO 0” conectado al pin digital 3, el cual tiene un tiempo de reacción de 500ms hasta almacenarlo en el depósito respectivo de su color desde la detección del color, el cual

cuenta con un contador para el número de objetos clasificados, esto se lo puede observar en la siguiente imagen.

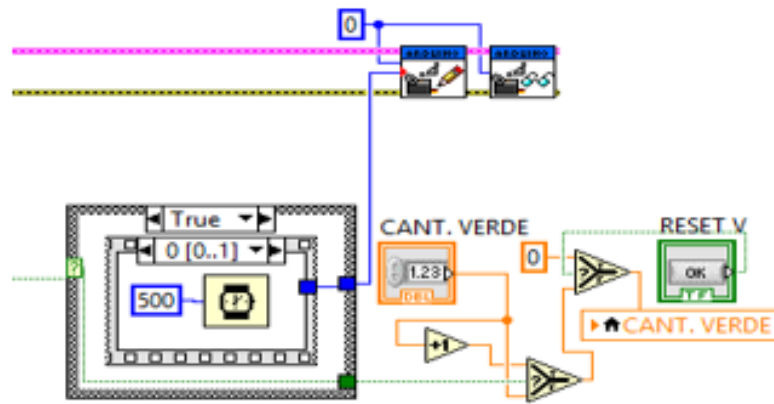


Figura 3. 23: Diagrama de bloque de accionamiento del servomotor color verde
Elaborado por: Autor

El “SERVO 1” se encuentra conectado en el pin digital número 6 de ARDUINO, el cual tiene un tiempo de clasificación de medio segundo, una vez que la señal sea emitida para el almacenaje del objeto detectado que también cuenta con un contador para llevar el número de objetos depositados. (Ver Figura 3.24)

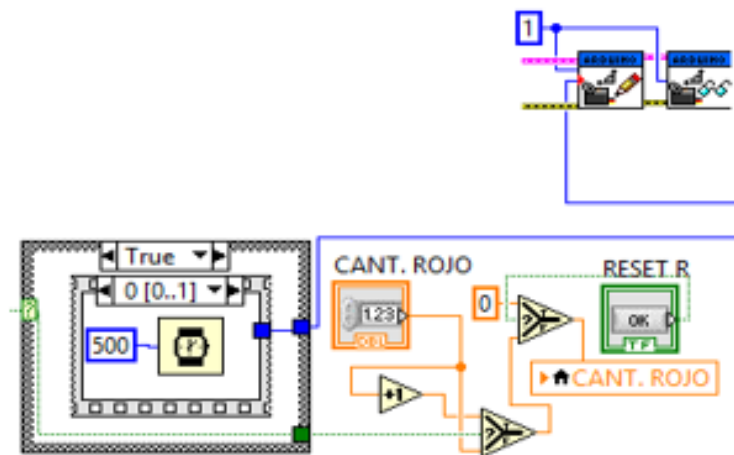


Figura 3. 24: Diagrama de bloque de accionamiento del servomotor color rojo
Elaborado por: Autor

Los elementos reciclables que corresponden al color azul están enlazados con la acción del “SERVO 2” que tiene un tiempo de reacción de 500ms desde que la cámara detecta el color, el cual está conectado al pin

digital número 5 para su respectivo almacenaje, que al igual que los otros contiene un contador de los elementos clasificados (Ver Figura 3.25).

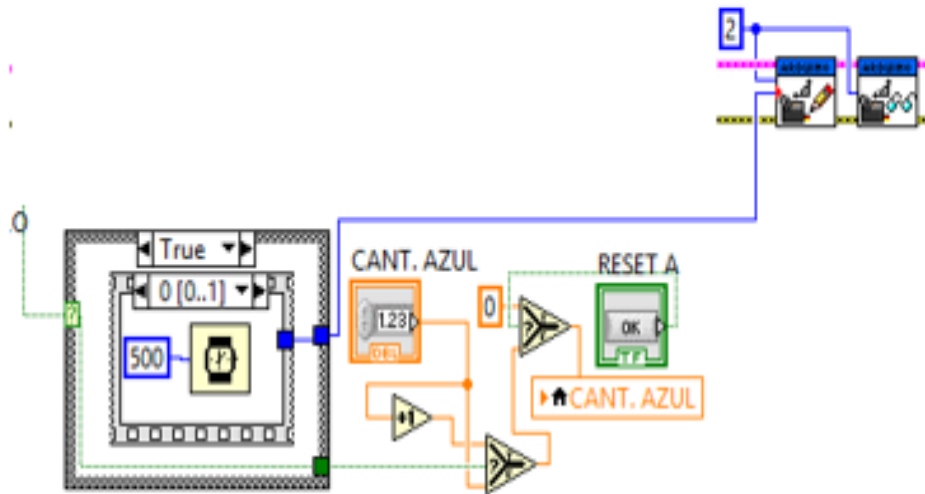


Figura 3. 25: Diagrama de bloque de accionamiento del servomotor color azul
Elaborado por: Autor

Puesto que, los servomotores ya han sido designados se coloca al final de la banda transportadora un depósito que corresponda a la clasificación del color amarillo. Sin embargo, se sigue haciendo uso de la luz indicadora y el contador que lleva el registro de los elementos clasificados, como se expresa en la figura a continuación

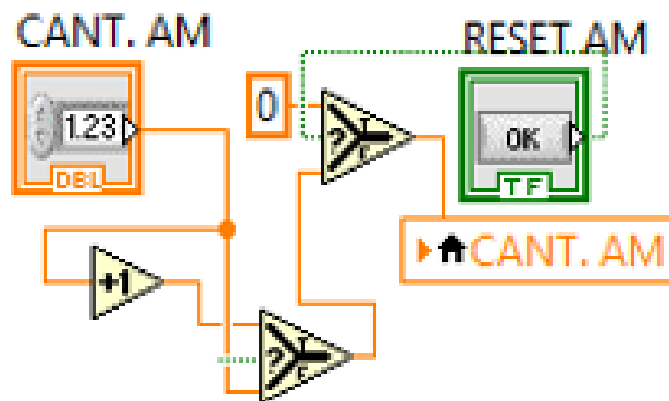


Figura 3. 26: Diagrama de bloque de accionamiento del servomotor color amarillo
Elaborado por: Autor

La representación de la luz que indica el color del objeto detectado se puede visualizar en la interfaz que el usuario utiliza. (Ver Figura 3.27)

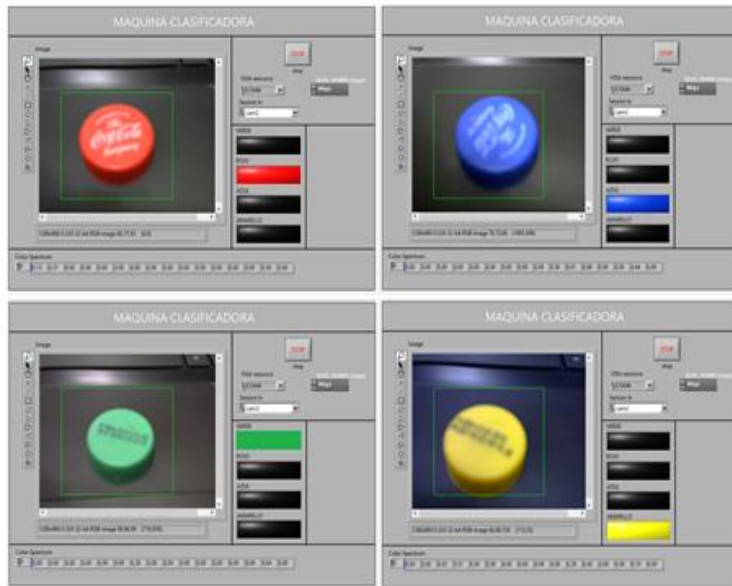


Figura 3. 27: Interfaz de usuario donde se observa la luz indicadora
Elaborado por: Autor

En la interfaz final, se observa la aplicación desarrollada donde se puede divisar la imagen capturada por la página web, dentro de la región de interés, la selección del puerto USB tanto como el de la cámara web como de la tarjeta controladora ARDUINO MEGA 2560, la luz indicadora del color respectivo y el contador de materiales. (Ver Figura 3.28)



Figura 3. 28: Interfaz de usuario de la aplicación de la planta clasificadora
Elaborado por: Autor

3.9. Presupuesto

En la siguiente tabla se describe detalladamente el costo respectivo de cada uno de los dispositivos y elementos detallados en el sistema.

Tabla 3. 2: Tabla de costos del sistema a escala

Materiales	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Plancha MDF 9mm	2	\$24.5	\$49.50
Servomotores 2Kg	3	\$8	\$24
Fuente 6V	1	\$10	\$10
Servomotor de giro	1	\$15	\$15
Potenciómetro	1	\$0.5	\$0.5
Cámara web	1	\$32.5	\$32.5
Ordenador i5 / NVIDIA Video	1	\$599	\$599

Elaborado por: Autor

Con lo antes mostrado se realizó un presupuesto general del sistema, son tomar en consideración el programa LabView y el de programación de ARDUINO, un monto total de \$730.5 dólares americanos.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Se procede a realizar las actividades que correspondieron al diseño e implementación tanto de hardware como de software de la planta a escala que se detallaron en el capítulo tres, luego se trató acerca de la presentación de resultados y respuestas obtenidas del sistema terminado y elaborar un análisis de resultados y respuestas de la plata terminada y elaborar un análisis de resultados obtenidos.

4.1. Presentación de resultados del sistema

Con lo detallado en el capítulo 3, se puso en funcionamiento el sistema, en el cual se pudo observar que la detección de colores fue exitosa, la lectura de color detectado se presentó en la interfaz de manera correcta, lo cual se pudo comprobar con el valor obtenido al capturar la imagen con la cámara web utilizando la interfaz programada.

Se procedió a realizar 16 pruebas con objetos de diversos colores haciendo un ensayo de prueba y error de manera aleatoria con los elementos recopilados lo que se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 4. 1: Valores obtenidos mediante la librería Color Spectrum

# PRUEBAS	VERDE	AZUL	ROJO	AMARILLO
1	0,00	0,00	0,13	0,00
2	0,00	0,00	0,31	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,02
4	0,00	0,00	0,00	0,55
5	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,28	0,00	0,00	0,00
8	0,08	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,09	0,00	0,09
10	0,00	0,38	0,00	0,00
11	0,00	0,01	0,00	0,28
12	0,00	0,08	0,00	0,00

13	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,64	0,44	0,56	0,10
16	0,00	0,00	0,00	0,00

Elaborador por: Autor

Una vez comprobado el sistema de detección de colores de los elementos colocados en el sistema, se procedió a realizar las pruebas que indicaran la frecuencia de detección de objetos por parte del sistema, lo que indicó que, debido a los requerimientos de la computadora, solo se llegó a una lectura y clasificación correcta, una vez transcurrido los 3.5 segundos después de que el sensor óptico captara la imagen enviando la señal accionando al servomotor.

Esto señala que solo es posible realizar una frecuencia de colocación de objetos en la banda transportadora, una vez haya sido clasificado el objeto en el depósito correspondiente, siendo el tiempo de clasificación y almacenaje del último servomotor "SERVO 2", debido a que es el último servomotor en reaccionar que indicaría el tiempo frecuencia de colocación de objetos.

Este proceso se puede manipular con el uso del potenciómetro, por lo que se tomó el tiempo a diferentes voltajes para calcular las velocidades que el sistema puede manejar a máxima y mínima potencia lo que indicaría la frecuencia con la que se puede hacer la clasificación de objetos y que deben entrar al sistema sin crear congestión, a continuación, se lo aprecia en la tabla 4.2.

Tabla 4. 2: Valores obtenidos mediante la librería Color Spectrum

# PRUEBAS	Voltaje	Tiempo	Velocidad
1	2.03	3.41	0.29 [cm/s]
2	2.13	3.21	0.31 [cm/s]
3	2.27	3.08	0.32 [cm/s]
4	3.37	2.30	0.43 [cm/s]
5	4.91	2.03	0.49 [cm/s]
6	4.97	1.98	0.5 [cm/s]

Elaborador por: Autor

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

- Se diseñó un sistema de control, el cual permite la clasificación del objeto de manera eficiente y automática, siendo así una alternativa para la problemática del reciclaje en lo que respecta a la separación del material por colores.
- El proceso de selección de los materiales y del diseño de la máquina se realizó mediante un previo análisis investigativo.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento y se verificó que la máquina clasifica de manera correcta el objeto dependiendo del color previamente establecido, con las pruebas realizadas se pudo concluir que el tiempo de operación puede aumentar implementándole una tarjeta de video y un procesador de mayor potencia.
- Se propuso una metodología que se aplicó para la construcción del sistema en tiempo real puesto que, los materiales utilizados son de fácil acceso que ponen a prueba el conocimiento dando lugar a este sistema como ejemplo de lo que se puede realizar dentro de la industria para resolver funciones que necesiten detección de colores en un rango específico.

5.2 Recomendaciones

- Para la optimización del sistema se recomienda una máquina que contenga un procesador con mayor rendimiento Core I5 de sexta generación con una alta tarjeta de video para mejorar la frecuencia de detección de los objetos que pasan por la banda transportadora.
- Para las siguientes investigaciones se debe tomar en cuenta la cantidad de objetos que se desean identificar para su correcta clasificación, debido a que las empresas trabajan en función de peso y no de número de elementos.

Bibliografía

Ajao, L., Olaniyi, O., Kolo, J., & Ajao, A. (2015). Project-Based microcontroller system laboratory using BK300 development board with PIC16F887 chip. *International Journal of Embedded system and Applications (IJESA)*, 15-28.

Alejandro, B. (2003). *El reciclaje, una herramienta no un concepto*. Colombia: Universidad Externado de Colombia.

Al-Tairi, Z., Rahmat, R., Saripan, M. I., & Sulaiman, P. (Junio de 2014). Skin Segmentation Using YUV and RGB Color Spaces. *The Journal of Information Processing Systems*, 283-299. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/0a2a/7674ad0533a1aaf91f2be68cd59cf49e2714.pdf>

ARDUINO. (20 de Octubre de 2017). *ARDUINO EDUCATION*. Obtenido de ARDUINO: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

Área Tecnología. (4 de Septiembre de 2018). *Área Tecnología*. Obtenido de Qué es Software: <http://www.areatecnologia.com/informatica/que-es-software.html>

AUTOMATIZANOS. (30 de Enero de 2017). *Acerca de nosotros: Automatizanos*. Obtenido de Acerca de nosotros: Automatizanos: <http://www.automatizanos.com/articles/2017/01/30/banda-transportadora-desarmable-control-de-velocidad-con-arduino>

Barahona, E. (1 de Septiembre de 2018). *Azulejos de Vidrio Reciclado*. Obtenido de Azulejos de Vidrio Reciclado: <http://azulejosdevidrioreciclado.blogspot.com/>

CEMPRE. (1 de Septiembre de 2018). *CEMPRE*. Obtenido de El vidrio:

http://www.cempre.org.uy/docs/manual_girsu/parte_3.3_vidrio.pdf

Céspedes Machicao, M. (Diciembre de 2017). Características de las Placas

Arduino. *bit@bot*, 1-6. Obtenido de

<http://www.uajms.edu.bo/revistas/wp-content/uploads/2017/12/Art1-bit@bitdic2017.pdf>

Chiikara, J., Sinha, R., & Kaila, S. (2015). Implementing Communication

Bridge Between I2C and APB. *2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology*. Ghaziabad, India: IEEE.

Departamento de Ingeniería Mecánica UC3M. (30 de Agosto de 2018).

Acerca de nosotros: Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de Universidad Carlos III de Madrid: <https://www.uc3m.es/Home>

DIY Makers. (26 de Noviembre de 2013). *Acerca de nosotros: DIY Makers*.

Obtenido de DIY Makers Web Site: <http://diymakers.es/control-velocidad-y-sentido-de-motor-dc/>

Dubanowitz, A. (May de 2000). *Design of a Material Recovery Facility (MRF)*

For Processin the Recyclable Material of New York City's Municipal Solid Waste (Tesis de posgrado). New York, Estados Unidos: Columbia University.

Ecoembes. (31 de Agosto de 2018). *Ecoembes*. Obtenido de Hechos de material Reciclado. Cerrando el circulo:

https://www.ecoembes.com/sites/default/files/hechos_de_material_reciclado.pdf

Ecured. (1 de Septiembre de 2018). *Ecured*. Obtenido de Arquitectura de Harvard: https://www.ecured.cu/Arquitectura_de_Harvard

Elo, K., Karlsson, J., Lydebrant, K., & Sundin, E. (2009). Automation of Plastic Recycling - A case study. *EcoDesigen 2009*. Sapporo.

Escuela Superior Politécnica de Alcoy. (1 de Septiembre de 2018). *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de Comparativa de microcontroladores actuales: <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lased/2002-03/Micros/downloads/trabajo.pdf>

ESR. (31 de Agosto de 2018). *CEMEFI*. Obtenido de Manual del Reciclaje: <http://esr.cemefi.org/3371/Documentos%20compartidos/manuales%20y%20procedimientos/Manual%20de%20reciclaje.pdf>

EU LIFE. (2013). *Report on assesment on relevant recycle technologies*. Copenhagen: Aalborg University.

Filippov, D. (Febrero de 2015). *Acerca de nosotros: CG Society*. Obtenido de CG Society Web Site : <http://dmitriyfilippov.cgsociety.org/art/karlsson-3d-steampunk-max-mental-ray-zbrush-photoshop-is-back-1255795>

Future for Work Institute. (31 de Agosto de 2018). *Future for Work*. Obtenido de Automatización x humanización. El futuro del trabajo es una multiplicación: <http://www.futureforwork.com/assets/uploads/2017/03/EI-Futuro-es-una-Multiplicacion.pdf>

Gobierno de la República de El Salvador. (29 de Agosto de 2018). *Organo Regular Crote Suprema de Justicia*. Obtenido de Reciclaje envase de vidrio:

http://www.csj.gob.sv/ambiente/images/RECICLAJE_ENVASES_VIDRIO.pdf

Gobierno del Ecuador. (29 de Agosto de 2018). *Ministerio del Ambiente*.

Obtenido de Reciclaje de vidrio del país con actores estratégicos del sector: <http://www.ambiente.gob.ec/reciclaje-de-vidrio-del-pais-con-actores-estrategicos-del-sector/>

Greenpeace. (26 de Agosto de 2018). *Greenpeace*. Obtenido de Archivo

Greenpeace: https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf

Gundupalli, S. T., & Hait, S. (2016). Automated Municipal solid waste sorting for recycling using a mobile manipulator. *Asme. International Design Engineering Technical Conference*. Charlotte.

Hidalgo, L., Imbaquingo, J., & Mideros, D. (2017). Diseño e implementación de una máquina recicladora de botellas plásticas por corte, controlada automáticamente. *Enfoque UTE*, 89-102.

Hollstein, F., Wohllebe, M., Arnaiz, S., & Cacho, Í. (2016). Challenges in Automatic Sorting of Construction and Demolition waste by Hyperspectral imaging. *Advanced Environmental, Chemical, and Biological Sensing Technologies XIII*. Baltimore.

Hussain, A., Hammad, M., Hafeez, K., & Zaibnab, T. (2016). Programming a microcontroller. *International Journal of Computer Applications* , 21-26.

IDEC. (31 de Agosto de 2018). *IDEC. Think Automation and beyond.*

Obtenido de Recycling System:

<ftp://ftp.idec.com/PressRelease/Plastic%20Recycling%20System.pdf>

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del

Profesorado. (30 de Agosto de 2018). *Acerca de nosotros: Instituto*

Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado.

Obtenido de Ministerio de Educación, Cultura y Deporte:

<http://www.ite.educacion.es/index.php>

Ismail, Z., & A Al-Hashmi, E. (12 de Agosto de 2008). Recycling of wate

Glass as a Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete.

Waste Managment , págs. 655-659.

Karaca, A. C., Ertuk, A., Güllü, M. K., & Ertuk, S. (2013). Automatic waste

sorting using shortwave infrared hyperspectral imaging system. *IEEE*

5th Workshop on Ihyperspectral image and signal processing:

Evolution in remote sensing (Whispers). Florida.

Kour, H. (Diciembre de 2015). Analysis on Image Color Model. *International*

Journal of Advanced Research in Computer and Communication

Engineering, 4(12). Obtenido de

<https://www.ijarcce.com/upload/2015/december->

[15/IJARCCE%2053.pdf](https://www.ijarcce.com/upload/2015/december-15/IJARCCE%2053.pdf)

La Veneciana de Saint-Gobain. (1 de Septiembre de 2018). *Promateriales.*

Obtenido de Vidrio Plano. De la vidriera al muro cortina:

<https://promateriales.com/pdf/pm1503.pdf>

Leens, F. (2009). An Introduction to I2C and SPI Protocols. *IEEE*

Instrumentation & Measurement Magazine, 8-13.

- Marchán, E. (2016). Trabajo de Fin de Grado. *La creciente automatización de los puestos de trabajo. (Tesis de pregrado)*. Elche, España: Universidad Miguel Hernández .
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Vidrio*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Ministerio del Ambiente. (2 de Septiembre de 2018). *Ministerio del Ambiente* . Obtenido de Reciclaje de vidrio del país con actores estratégicos del sector: <http://www.ambiente.gob.ec/reciclaje-de-vidrio-del-pais-con-actores-estrategicos-del-sector/>
- Morales, L. (Septiembre de 2017). *El vidrio en la edificación. Propiedades, aplicaciones y estudios de fracturas en casos reales (tesis de grado)*. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Motores DC. (28 de Agosto de 2018). *Acerca de nosotros: Motores DC*. Obtenido de Motores DC Web Site: <http://www.motoresdc.es/documentos/tutorial-motor-dc.pdf>
- National Instruments. (29 de Agosto de 2018). *National Instruments*. Obtenido de National Instruments: <http://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>
- Ormaza, E. (Febrero de 2015). *Diseño de una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos para la empresa pública municipal mancomunada del pueblo Cañarí de los cantones: Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal en el año 2014 (Tesis de Grado)*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Parallax. (2003). *Qué es un Microcontrolador? Guía del Estudiante*. Rocklin: Parallax. Obtenido de Qué es un microcontrolador.

- Pérez, E. (2008). *Microcontroladores*. Marcombo.
- Photoshop CC. (22 de Febrero de 2017). *Adobe Photoshop*. Obtenido de Adobe Web Site: <https://helpx.adobe.com/es/photoshop/using/color-modes.html>
- Pico, A., Ghita, O., Iriondo, P., Bereciartua, A., & Whelan, P. (2010). Automation of waste recycling using Hyperspectral image analysis. *IEEE*, 978-981.
- Porcel Martin, L., & Gutiérrez Baños, J. P. (2008). *Comunicación Serie Maestro/Esclavo*. Palma: Universitat de les Illes Balears: Escola Politècnica Superior. Obtenido de http://ibdigital.uib.es/greenstone/collect/enginy/index/assoc/Enginy_2/008v01p0/44.dir/Enginy_2008v01p044.pdf
- Ramos, W. (2015). *Propuesta de reciclado óptimo de vidrio, para su utilización en el sector de la construcción en la ciudad de Quito (Tesis de pregrado)*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad De Las Américas.
- Rodas, L. (18 de Noviembre de 2010). *Las Herramientas Educativas*. Obtenido de Las Herramientas Educativas Web Site: <https://lasherramientaseducativas.files.wordpress.com/2010/11/taller-imagen-vectorial.pdf>
- Santana, C. (1 de Septiembre de 2018). *Universidad de Concepción*. Obtenido de Arquitectura de Von Neumann: <http://www2.udec.cl/~crisantana/von%20neumann.pdf>
- Schmidt, M. (2015). *Arduino: A Quick-Start Guide, Second Edition*. (S. Davidson, Ed.) Dallas, Texas; Raleigh, North Carolina: The Pragmatic

Programmers, LLC. Obtenido de

http://www.multimedialab.be/doc/erg/2017-2018/Arduino_A_Quick-Start_Guide_2nd_Edition_The_Pragmatic_Programmers_2015.pdf

Sheth, S., Kher, R., Shah, R., Dudhat, P., & Jani. (2010). Automatic Sorting System Using Machine vision. *Multi Disciplinary International Symposium on Control, Automation & Robotics At DDIT.*

Sociology of the Environment Class. (2015). *Waste and Recycling Programs in Hancock and Houghton, Michigan.* Michigan: Michigan Technological University.

Technical University of Cluj-Napoca, Romania. (15 de Agosto de 2018).

Technical University of Cluj-Napoca. Obtenido de Technical University of Cluj-Napoca Web Site:

<http://ctmtc.utcluj.ro:8080/sites/pni/pni/Laboratory/Labs%20ENG/Laboratory1.pdf>

Téllez, A. (2012). *La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá (Tesis de Posgrado).* Bogotá, Bogotá D. E. , Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Thompson, C., & Aguayo, P. (29 de Agosto de 2018). *Acerca de nosotros:*

MCI Electronics. Obtenido de MCI Electronics Web Site:

https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/Guia_MCI_Servo_motor_con_Arduino.pdf

Tovar Vidal, M. (2016). *Facultad de Ciencias de la Computación.* Obtenido de Benemérita Universidad Autónoma de Puebla:

<https://www.cs.buap.mx/~mtovar/doc/PCPA/ComunicacionPP.pdf>

- Universidad de Cantabria. (18 de Agosto de 2018). *Acerca de nosotros: Universidad de Cantabria*. Obtenido de Universidad de Cantabria Web Site: <https://sdei.unican.es/paginas/servicios/software/labview.aspx>
- Universidad de Educación a Distancia. (24 de Febrero de 2008). *Acerca de nosotros: UNED*. Obtenido de Universidad de Educación a Distancia Web Site: <https://ocw.innova.uned.es/mm2/tcm/contenidos/pdf/tema1.pdf>
- Universidad Nacional Experimental. (2011). Capítulo 1. En R. Baralt, *Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado* (págs. 19-29). Santa Rita: Fondo Editorial UNERMB.
- Valdez, J., & Becker, J. (Junio de 2015). *Understanding the I2C Bus*. Texas: Texas Instruments. Obtenido de Understanding the I2C Bus: <http://www.ti.com/lit/an/slva704/slva704.pdf>
- Vargas, C., & Merchán, A. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de posicionamiento solar para mejorar el rendimiento eléctrico de un panel fotovoltaico*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica de Litoral.
- Vergara, B. (2012). *Realización de un Sistema SCADA para el control de imagen utilizando IMAQ de LabVIEW y cámara de objetos para el laboratorio de mecatrónica*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Viala, C., & Sánchez, A. (2008). Procedimiento completo para el calibrado de cámaras utilizando una plantilla plana. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial (RIAI)*, 93-101.
- Villagrán, I. (2016). *Aplicaciones del Dibujo Vectorial a la creación gráfica contemporánea*. Málaga: Universidad de Málaga.

Wanve, S., & Gawalwad, B. (2015). Automatic color object sorting system.

International Journal of Modern Trends in Engineering and Research,
1423-1428.

Washington University in St. Louis . (1 de Septiembre de 2018). *Washington*

University in St. Louis . Obtenido de Computer Science & Engineering:
<https://www.cse.wustl.edu/~lu/cse467s/slides/dsp.pdf>

Yalman, Y., & Erturk, I. (2013). A new color image quality measure based on

YUV transformation and PSNR for human vision system. *Turkish*
Journal of Electrical and Computer Science, 603-612.

Anexos

⊕ Código de programación del control PWM del motor de la banda transportadora. la banda.

```
// Incluimos la librería para poder controlar el servo
#include <Servo.h>
// Declaramos la variable para controlar el servo
Servo servoMotor;

void setup() {
  // Iniciamos el monitor serie para mostrar el resultado
  Serial.begin(9600);
  // Iniciamos el servo para que empiece a trabajar con el pin 9
  servoMotor.attach(9);
}

void loop() {
  // Desplazamos a la posición 0°
  servoMotor.write(0);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(1000);

  // Desplazamos a la posición 90°
  servoMotor.write(90);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(1000);

  // Desplazamos a la posición 180°
  servoMotor.write(180);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(1000);
}
```



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Arenas Campoverde, Alfredo Alejandro** con C.C: # 094043022-6 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño e implementación de prototipo a escala de máquina clasificadora de color por visión** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de Septiembre de 2018

f. _____

Nombre: Arenas Campoverde, Alfredo Alejandro

C.C: 094043022-6

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño e implementación de prototipo a escala de máquina clasificadora de color por visión		
AUTOR(ES)	ARENAS CAMPOVERDE, ALFREDO ALEJANDRO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. VEGA URETA, NINO TELLO		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electrónica en Control y Automatismo		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electrónico en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de Septiembre de 2018	No. DE PÁGINAS:	86
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas Microcontroladores y Comunicaciones Inalámbricas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Microcontroladores, Clasificadora, Reciclaje, Color, LabVIEW, Visión		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Con el crecimiento poblacional que existe y la demanda de productos de consumo rápido exige a las compañías elaborar empaquetamiento de productos de consumo masivo, generando desechos sólidos de distintos materiales, tales como: papel, plástico, vidrio, entre otros. El Ecuador ha implementado políticas a las compañías que manejan vidrios para el correcto manejo de desechos sólidos de vidrios por colores con la finalidad de aumentar de un 19% a un mínimo de 80% de este material reciclado a nivel nacional. Por lo que, se presenta el diseño, construcción e implementación de un sistema prototipo clasificador de vidrio a partir de la identificación de colores mediante el uso de una cámara web y el software LabView. En el quinto capítulo se realizan las conclusiones y recomendaciones a partir del modelo propuesto, lo que muestra un sistema que logra la correcta clasificación de los colores verde azul, amarillo y rojo, para que se siga la línea de trabajo para futuros investigaciones.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593- 981279378	E-mail: aarenas1595@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			