



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO  
DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE  
OBJETOS POR COLOR, TAMAÑO Y PESO**

**Autor:**

López, Eduardo

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO  
DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE  
OBJETOS POR COLOR, TAMAÑO Y PESO**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autor:** López S. Eduardo J.

CI: 26.579.184

**Tutor Académico:** Wilmer Sanz

CI: 7.130.496

San Diego, Marzo del 2021



FI-E-001-2021-ICE (TG)


Valencia, 21 de julio de 2021

Ciudadano:  
López Sanabria, Eduardo José.  
CI. 26.579.184  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2021 de fecha 22-06-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS POR COLOR, TAMAÑO Y PESO** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Ing. Wilmer Sanz C.I: 7.130.496 como Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

  
Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.  
Decano



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

GF/aa



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PLANILLA SOLICITUD: ANÁLISIS Y APROBACIÓN DE TRABAJO DE GRADO**

<b>DATOS PERSONALES</b>		
Apellidos: López Sanabria	Nombres: Eduardo José	
Dirección: Estado Carabobo, Municipio San Diego		Telf.: 04123408493
<b>DATOS ACADÉMICOS</b>		
Escuela: Ingeniería Electrónica	Índice Académico	11.70
<b>DATOS DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO</b>		
Autor		
Nombre: Eduardo López		Teléfono: 0412-3408493
Título del Trabajo: Diseño de un Sistema Automatizado de Detección y Clasificación de Objetos por color, tamaño y peso		
Breve Explicación: Un sistema automatizado que será capaz de detectar el color y peso de algún objeto que se desea clasificar para llevar un mejor control en una línea de procesos, facilitándole al usuario el trabajo, reducción de costos a la empresa, mejora en el tiempo de producción, control preciso del inventario de los objetos clasificados.		
Lugar donde se desarrollará el Proyecto: Universidad José Antonio Páez		
Tiempo de Desarrollo: 32 Semanas		
Tutor Académico propuesto: Wilmer Sanz		
Tutor Académico Metodológico: Alicia Pizzella		

APROBADO  NO APROBADO

**COMITÉ DE EVALUACIÓN**  
**COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO**

*Prof. Ana Avendaño*

Nombre

*ACAP*

Firma

**03/02/2021**

Fecha

**DIRECCIÓN DE ESCUELA**

**WILMER SANZ**

*Wilmer Sanz*

**02/02/2021**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**

**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

### **ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. Wilmer Sanz portador de la cédula de identidad N° 7130496, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Eduardo López, portador de la cédula de identidad N° 26.579.184, titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS POR COLOR, TAMAÑO Y PESO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, acepto la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación según las condiciones de la coordinación de pasantías y trabajo de grado de la facultad de ingeniería de la Universidad José Antonio Páez.

En San Diego, a los 19 días del mes de Marzo del año dos mil veintiuno.

---

**Ing. Wilmer Sanz C.I.: V-7130496**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

San Diego, Marzo del 2021

**ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS POR COLOR, TAMAÑO Y PESO** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

**Tutor Académico**

**Firma**

09/03/2021

**Fecha**

Ing. Alicia de Pizzella

**Tutor Metodológico**

**Firma**

19-3-20

**Fecha**



UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ  
 COORDINACION DE PASANTIAS Y TRABAJO DE GRADO  
 FACULTAD DE INGENIERIA


ACTA DE APROBACION DEL INFORME DE PASANTIA O  
 TRABAJO DE GRADO

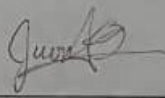
El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:


Diseño de un sistema automatizado de detección y clasificación de objetos por color, tamaño y peso

Realizado por el (la) Br. Eduardo López  
 C.I. N° 26579184, cursante de la carrera de Ingeniería Electrónica hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D<sup>ES</sup> Diecinueve (19) PUNTOS

El Jurado

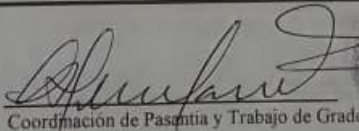
  
**Tutor académico (coordinador)**  
 Nombre: Wilmar Saiz  
 C.I. 7130426

  
**Jurado (1)**  
 Nombre: Juan Amelio  
 C. I. 19803202

  
**Jurado (2)**  
 Nombre: Wiston Espinoza  
 C.I. 9885895

Fecha: 20/08/2021

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTIA Y TRABAJO DE GRADO

He recibido Original del Acta de Aprobación para ser colocada en la solvencia Académica	 Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado SEMESTRE: <u>2021-1ER</u>
Nombre del Graduando: C. I. Fecha:	



## **AGRADECIMIENTOS**

En la vida todos anhelamos ser ese alguien por el que otros puedan reconocerte por logros y metas. Todos soñamos con ser los mejores en cada actividad que desempeñamos, dando el cien por cien a todo, muchos han sido quienes han sentido esa dicha de poderse sentir bien consigo mismo por haber cumplido con algo importante en la vida. En lo personal me siento feliz no solo de haber cumplido una y de las tantas metas y logros que desde pequeño me he trazado, si no por haber tenido la dicha de tener junto a mí a grandes personas que de no ser por su grandioso y valioso aporte no podría sentirme tal y como me siento ahora escribiendo estas líneas.

Primeramente quiero agradecer a Dios por escuchar cada una de mis oraciones cuando más le pedía para que siempre mantuviera no solo a mí, sino a todas esas personas por las que siempre pedí por salud en mis oraciones personales y no perder nunca los ánimos de luchar cada día y así nada pudiera hacerme perder el rumbo hacia mi tan anhelado sueño.

Mis padres, Eduardo López y Arelys Sanabria quiero agradecerles por haberme formado con tan buenos principios y valores, por siempre haber estado allí hasta el último momento dándome su amor y apoyo incondicional. Para mí siempre han sido y serán las dos personas más importantes en mi vida, son mi ejemplo y nada de esto habría sido posible si no los tuviera junto a mí. A mi hermano Rainer López y mi cuñada Zara, que sin pedírselo siempre conté con su ayuda, gracias hermano por ser ese segundo padre para mí que sin dudarlo he contado contigo para todo.

A mi novia y futura esposa Marielys Brijaldo, por no solo acompañarme en toda la carrera, si no por preocuparte y hacer de mí una mejor persona, por haberme llenado de tantos conocimientos para mi crecimiento personal y profesional, sin duda eres el mejor logro que me pudo dejar este camino, te amo.

A mis suegros y cuñadas, por ser también esas personas incondicionales que han aportado su grano de arena con este logro. La segunda familia que Dios puso en mi camino, eternamente agradecido con todos.

A toda mi familia: abuelos, tíos y primos que también contribuyeron grandemente a lo largo de mi carrera.

Por último quiero agradecer a mi tutor Wilmer Sanz por ser ese guía y ayudarme hasta el final.

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	PP
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del Problema .....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo general .....	6
1.3.2Objeticos Específicos .....	6
1.4 Justificación.....	6
1.5 Alcance.....	7
1.6 Limitaciones.....	7
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes .....	8
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 Detección por color .....	12
2.2.1.1 Código de colores.....	13
2.2.2 Detección por peso.....	14
2.2.3 Detección por tamaño .....	14
2.2.3.1 Materiales que pueden detectar los sensores ultrasónicos ..	14
2.2.3.2 Factores que determinan el rango de medición .....	14
2.2.4 Arquitectura de un Microcontrolador.....	15

2.2.4.1	Arquitectura Von Neumann .....	15
2.2.4.2	Arquitectura Harvard .....	16
2.2.4.3	Esquema de un Microcontrolador .....	16
2.2.4.4	Componentes de un Microcontrolador.....	17
2.2.4.5	Programación de un Microcontrolador .....	17
2.3	Bases legales .....	18
2.3.1	Código eléctrico nacional.....	18
2.3.1.1	Secciones aplicadas del código eléctrico nacional .....	18
2.3.2	Arduino IDE.....	18
2.4	Definición de Términos.....	19

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1	Tipo de Investigación.....	20
3.2	Diseño de la Investigación .....	20
3.2.1	Diseño de Campo .....	21
3.3	Nivel de Investigación.....	21
3.4	Población y Muestra.....	21
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.6	Fases Metodológicas .....	22
3.6.1	Fase I Diagnosticar cuales son los sensores apropiados para el desarrollo del sistema de detección y clasificación.....	22
3.6.2	Fase II Determinar estimación de costo relacionado al diseño del sistema de detección y clasificación.....	22
3.6.3	Fase III Diseñar una aplicaición de Arduino que demostrará el funcionamiento del sistema.....	23
3.6.4	Fase IV Estudiar las factibilidades del sistema.....	24

### **IV RESULTADOS**

4.1	Fase 1: Diagnosticar cuales son los sensores apropiados para el desarrollo del sistema de detección y clasificación.....	24
-----	--	----

4.1.1 Selección del sensor de color .....	24
4.1.2 Selección del sensor de tamaño.....	28
4.1.3 Selección del sensor de peso .....	32
4.2 Fase 2: Determinar estimación de costo relacionado al diseño del sistema de detección y clasificación .....	34
4.3 Fase 3: Diseñar una aplicación de Arduino que demostrará el funcionamiento del sistema.....	38
4.3.1 Software .....	38
4.3.1.1 Algoritmo para detectar el color con sensor TCS230.....	39
4.3.1.2 Algoritmo para detectar el tamaño.....	41
4.3.1.3 Algoritmo para detectar el peso.....	43
4.3.2 Hardware.....	44
4.3.2.1 Hardware del sensor de color.....	44
4.3.2.2 Hardware del sensor de tamaño.....	45
4.3.2.3 Hardware del sensor de peso.....	47
4.3.3 Salida resultante del Sistema.....	48
4.4 Fase 4: Estudiar las factibilidades del sistema. ....	54
4.4.1 Factibilidad técnica .....	54
4.4.2 Factibilidad operativa.....	57
<b>V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1 Conclusiones .....	58
5.2 Recomendaciones.....	59
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>60</b>
<b>APÉNDICES</b>	
Apéndice A.....	¡Error! Marcador no definido.63
Apéndice B.....	64
Apéndice C.....	67
<b>ANEXOS</b>	
Anexo A .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PP</b>
1 Espectro visible de la luz.....	11
2 Experimento N°1 de la detección de color.....	11
3 Experimento N°2 de la detección de color.....	12
4 Galga Extensiométrica .....	14
5 Detección de tamaño por ultrasonido .....	15
6 Arquitectura Von Neumann .....	15
7 Arquitectura Harvard.....	16
8 Esquema de un microcontrolador.....	17
9 Mosaico de Bayer.....	27
10 Matriz de colores .....	28
11 Onda de ultrasonido .....	31
12 Sensor Ultrasonido .....	31
13 Celda de Carga .....	33
14 Módulo ADC HX711 .....	34
15 Diagrama de flujo del algoritmo del sistema .....	39
16 Diagrama de flujo del algoritmo del sensor de color .....	41
17 Diagrama de flujo del algoritmo del sensor de tamaño.....	43
18 Diagrama de flujo del algoritmo del sensor de peso .....	44
19 Diseño esquemático del sensor TCS230 .....	45
20 Plano esquemático sensor HC-SR04.....	46
21 Plano esquemático sensor celda de carga y dispositivo AD HX711.....	47
22 Resultado de la salida a través de monitor serie sin objeto .....	49
23 Con presencia de objeto de color azul.....	50
24 Con presencia de objeto de color rojo .....	51
25 Con presencia de objeto de color amarillo .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>PP</b>
1 Variación de colores RGB.....	11
2 Tabla de parametrización de sensor de color .....	24
3 Tabla de parametrización de sensor de tamaño.....	28
4 Tabla de parametrización de sensores de peso.....	32
5 Tabla de costo de componentes.....	34
6 Tabla de costo de desarrollo.....	36
7 Tabla de gastos totales.....	37
8 Tabla de configuración de pines de entrada .....	40
9 Selección de la matriz de fotodiodos.....	40
10 Pines digitales y cables sensor TCS230 .....	45
11 Pines digitales y cable HC-SR04 .....	46
12 Pines digitales y cable celda de carga y dispositivo AD HX711 .....	47
13 Conexión entre celda de carga y módulo HX711 .....	48
14 Herramientas de hardware usadas para el desarrollo del sistema .....	48
15 Herramientas de software usadas para el desarrollo del sistema.....	55



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CARRERA: INGENIERÍA ELECTRONICA**

## **DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS POR COLOR, TAMAÑO Y PESO**

**Autor:** Eduardo López.

**Tutor:** Ing. Wilmer Sanz

**Fecha:** Abril 2021

### **RESUMEN INFORMATIVO**

El trabajo de grado presentando a continuación, el cual fue denominado “**Diseño de un sistema automatizado de detección y clasificación de objetos por color, tamaño y peso**”. Tiene como objetivo desarrollar un prototipo basado en Arduino que mostrará el funcionamiento del sistema de detección. Para el funcionamiento este recibirá una serie de objetos cuyas características serán extraídas por parte de los sensores. El sistema tomará solo las mediciones necesarias como el color, peso y el tamaño del objeto al que se le aplicarán dichas mediciones. La metodología a la cual responde este trabajo es la de una investigación descriptiva con modalidad de proyecto especial.

**Descriptor:** Automatización Industrial, PLC, Microcontrolador, Sensores.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología forma parte de nuestras vidas, funcionando como perfecto complemento para nuestras rutinas. Se opta entonces por mejorar e incorporar nuevas tecnologías, tales como máquinas avanzadas que sean provechosas en las áreas que aún carecen de estas como, por ejemplo, el área de la automatización industrial. En la actualidad las empresas venezolanas están optando por actualizar sus sistemas de procesos tecnológicamente haciendo uso de máquinas modernas que les permitan acelerar el tiempo de producción, y mejor competitividad en el mercado, así como otros métodos para reducir el riesgo humano, minimizar el porcentaje de error los cuales no son favorables para una empresa.

Se investigó entonces los métodos más eficaces para traer una respuesta tecnológica aún más efectiva y personalizada para mejorar el sistema de clasificación y ordenamiento en una línea de procesos. El objetivo principal de este proyecto es la demostración del funcionamiento del sistema de detección y clasificación de objetos por color, tamaño y peso, mediante un prototipo basado en Arduino, con el propósito de servir como complemento para las empresas que deseen mejorar y optimizar su producción. Este proyecto de investigación, en su primera fase, estará estructurado en cuatro capítulos, a saber:

- Capítulo I: Se expone el problema del método actual, justificación del problema, alcance y las limitaciones del proyecto.
- Capítulo II: Se expondrían los antecedentes que resulten de provecho en la presente investigación, seguidamente se da a conocer el marco teórico con

- sus respectivos términos con respecto a todo lo referente al desarrollo del proyecto, sus componentes y las definiciones.
- Capítulo III: En este capítulo se expondrán las fases metodológicas, que dará a conocer los procedimientos a seguir para el cumplimiento de los objetivos trazados en el trabajo de grado.
- Capítulo IV: Por último, en este capítulo se expondrán los recursos para cada una de las fases planteadas y así cumplir con los objetivos expresados en el capítulo 1.

El trabajo aquí presentado, está estructurado de tal manera que el lector pueda ir adquiriendo los conocimientos básicos que le permitirán entender a cabalidad la tecnología referida y las herramientas a usar. Sin embargo, cabe destacar que, si el lector es lo suficientemente conocedor del tema, perfectamente puede obviar los capítulos que contengan información que considere ya conocida, y continuar con los aspectos que crea interesantes sin que se pierda la linealidad o coherencia de la información que desea mostrar.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

En la era prehistórica el ser humano realizaba trabajos forzosos, su desempeño era bastante notable debido a que no existían máquinas modernas que sustituyeran el trabajo de éste. Las primeras máquinas que existieron eran bastante simples, eran poleas que permitían sustituir una forma de esfuerzo humano, tales como extraer agua de pozos profundos o una palanca para mover una piedra.

Con el paso del tiempo se fueron implementando nuevos dispositivos mecánicos que usaban alguna fuente de energía completamente artificial, como por ejemplo agua o vapor de agua, resorte, etc. para realizar un movimiento sencillo o repetitivo. No fue hasta más tarde a mediados del siglo XVIII cuando se da inicio la Primera Revolución Industrial (1750) donde no solo hubo una transformación económica y social, sino también tecnológica, donde la economía no se basaba simplemente en la agricultura y el comercio, sino que trajo consigo una sociedad más industrializada con maquinarias modernas, haciendo así, más fácil el trabajo agrícola y de textiles manufactureros realizados en ese entonces por los humanos. La llegada de esta revolución industrial trajo fuertes cambios que al principio no fueron para nada fáciles, pero lo más remarcable sería que la mano de obra era costosa debido a que los trabajos para ese entonces se realizaban a mano, el tiempo de producción bajaba debido al agotamiento humano, hubo un incremento de empleo donde muchas personas trabajaban para estas industrias, el esfuerzo realizado por quienes

desempeñaban dichas labores era difícil y agotador, hacer trabajos repetitivos resultaba un poco tedioso, la eficacia de las personas no era la mejor, subía la oferta y demanda y las industrias no contaban con las máquinas ni la capacidad humana adecuada para mejorar; esto hizo que las empresas ya empezaran a sentir que hacía falta un complemento innovador.

Para solucionar todo esto se empezó a implementar lo que sería la automatización industrial en el siglo XIX, que no es más que, hacer que algo (máquinas) se controlen y hagan cosas de manera autónoma o semiautónoma en una línea de procesos, lo que fue un gran avance que acabaría poco a poco con esta problemática.

En la actualidad ésta depende de 5 elementos: Mecánico, Hidráulico, Neumático, Eléctrico, Electrónico (analógico o digital) que son vitales para hacer que un proceso sea lo más eficiente.

En Venezuela hoy día son pocas las empresas que tienen máquinas modernas, incluso la mayoría ya están obsoletas, no son tan eficientes ya que requieren de ser actualizadas. Esto trae como consecuencia una gran ralentización en los tiempos de producción, baja la competitividad en el mercado, la empresa corre el riesgo de sacar al mercado productos con algún déficit en su producción debido al mal funcionamiento del sistema actual con el que cuentan, permanece el riesgo del personal al trabajar con máquinas que no están aptas para estar en funcionamiento.

Teniendo como referencia lo anteriormente explicado, se plantea desarrollar un sistema automatizado capaz de detectar el color, peso y tamaño del objeto haciendo uso de sensores controlados mediante un microcontrolador que será el cerebro del sistema, manipulando todas las variables que intervienen en el proceso, y siendo capaz de reajustarse según sea la necesidad del producto que la empresa desea parametrizar. Dicha clasificación será según las características mencionadas, esto le permitirá a la empresa que implemente este sistema tener un inventario actualizado de cada producto de manera organizada, con un bajo porcentaje de error, reduciendo así el riesgo humano (seguridad del personal), adquirir ventaja competitiva, mayor rapidez, efectividad y

precisión con óptimos niveles de calidad, más económico a largo plazo, incrementa el tiempo de producción y repetición permanente con un formato de 24h / 7d de funcionamiento.

## **1.2 Formulación del Problema**

Partiendo de lo mencionado con anterioridad se formula la siguiente pregunta: ¿Cómo facilitar la detección de color, peso y tamaño en procesos de manufactura?

## **1.3. Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un sistema de detección de objetos por: color, peso y/o tamaño.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar cuáles son los sensores apropiados para el desarrollo del sistema de detección.
2. Determinar estimación de costo relacionado al diseño del sistema de detección.
3. Diseñar una aplicación de Arduino que demostrará el funcionamiento del sistema.
4. Estudiar las factibilidades del sistema

## **1.4 Justificación**

Este sistema es importante para las empresas que no cuentan con una línea de procesos automatizados, que les permita detectar y clasificar de manera precisa los objetos, además esta se adapta de acuerdo a las necesidades de la empresa, bien sea que necesiten clasificar por peso solamente, o por peso y color, color-peso-tamaño

A diferencia de las herramientas que existen hoy día para poder llevar a cabo una buena línea de procesos (no son las más óptimas), este sistema de detección y clasificación le ahorra tiempo, dinero y otras pérdidas importantes que pueda tener la empresa.

## **1.5 Alcance**

Con lo anteriormente expuesto, el sistema de detección tendrá como función principal detectar las características de un objeto, tales como: color, peso y/o tamaño para posteriormente mostrar el resultado de lo obtenido por los sensores. Si por alguna razón algún objeto no cumple con al menos una de las características ya establecidas por el sistema, este simplemente mostrará un mensaje de que no se ha detectado un objeto. Por otra parte, también contará con una parte visual donde se pueda observar las características del objeto, como el peso, color y/o tamaño. Un sistema sencillo que mostrará en tiempo real lo que se está obteniendo a través de los sensores según las características ya mencionadas, de manera que este proceso no sea manual para así evitar errores y de manera rápida tener un control actualizado de lo que se está procesando. Cabe destacar que el sistema solo parametriza al objeto y la clasificación no forma parte de este estudio, sin embargo, los datos que se obtienen podrán ser utilizados para futuras implementaciones de la clasificación por etapas.

Para mostrar el funcionamiento, se desarrollará una aplicación de Arduino donde se demostrará el principio de funcionamiento del sistema de detección, quedando abierta su implementación a nivel industrial a empresas que cuenten con la inversión necesaria.

## **1.6 Limitaciones**

Una limitante para el presente trabajo sería no contar con la inversión necesaria para su desarrollo, lo que conlleva que la implementación no se pueda llevar a cabo. Otro aspecto que podría limitar el estudio es la escasez de equipos y sensores en el país, traerlos del exterior conlleva un gasto y un tiempo que puede no estar previsto.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Mediante la revisión documental sobre el tema de sistemas automatizados de detección por color, peso y tamaño y proyectos similares al presente, se han obtenido diferentes fuentes de información relevante. Éstos representan una contribución importante a considerar para la ejecución del presente trabajo.

Cruz D. (2016) en la Universidad de Almería, Almería España, realizó su trabajo de grado titulado **“Desarrollo de un sistema robotizado de clasificación y empaquetado de pimientos tricolores”** Para optar por el título de ingeniero electrónico industrial, la cual tuvo como meta la automatización de una planta para la detección y clasificación de pimientos tricolores mediante el uso de un autómata programable para gestionar entradas y salidas al sistema, de la misma manera, entender cuál es la importancia de aplicar tecnología en establecimientos, empresas, etc. Y el beneficio que se obtiene de optimizar procesos haciendo uso de la automatización industrial.

El trabajo de grado tiene como problemática el resolver la clasificación automática de pimientos tricolores para su envasado en donde los pimientos se procesan por visión artificial para determinar el color del pimiento y el autómata determinará si se clasifica o se deja pasar con el objetivo de empaquetar en una bolsa tres pimientos de cada color.

Este proyecto se desarrolla en seis capítulos con el objetivo de explicar cómo se ha llevado a cabo el proyecto y sus resultados, este es importante ya que facilita la comprensión de la clasificación y ordenamiento de objetos sin detener la cinta transportadora el cual es de utilidad para el desarrollo del presente trabajo de grado con

la utilización de métodos que disminuyen los costos que se generan al detener la cinta transportadora.

Así mismo, Pérez C, (2016) quien realizó un trabajo de grado en titulado **“Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry Pi”** En la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid España. Para optar al título de ingeniero industrial, donde tuvo como objetivo el desarrollo e implementación de un Algoritmo de detección y seguimiento de objetos según el color de cada uno en un sistema computacional de bajo coste.

El proyecto fue desarrollado haciendo uso de metodología ágil ya que permite un desarrollo de software en paralelo, el cual es ideal para dividir el trabajo en equipos, de igual manera implementaron la metodología Extreme Programming que se basa en el desarrollo de software iterativo y experimental.

Su contenido es de utilidad ya que se explica de manera detallada el uso de un microcontrolador para el desarrollo del sistema y como desarrollar un algoritmo que serán los encargados de las funciones de detección y seguimiento de objetos dependiendo de su color, para ese proceso se obtienen las imágenes, se procesan y se procede con el seguimiento de los objetos según su color. De igual manera se detalla la correcta comunicación del software y el hardware. Es por ello que la información descrita en el proyecto es de importancia para el desarrollo del sistema cuyas funcionalidades son similares.

Por último, De La Cruz A., Donoso J. y Gonzales O. (2017) quienes realizaron un proyecto de grado titulado **“Implementación de una máquina didáctica clasificadora para el aprendizaje de procesos mecatrónicos”** En la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, para optar al título de ingenieros mecánicos, quienes se enfocaron en el desarrollo de una máquina clasificadora de objetos por color y forma con intenciones didácticas, y el objetivo de implementar la máquina clasificadora y para que esta sea utilizada como módulo de aprendizaje en procesos mecatrónicos.

El proyecto está desarrollado bajo el criterio QFD (Quality Function Deployment) y la metodología para la validación y selección de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, también hicieron uso de conocimientos en el área de control automático, PLC y robótica, todo esto con la finalidad y el objetivo de que al proyecto se le dé un uso didáctico para complementar los conocimientos en las áreas antes descritas.

El trabajo de grado presentado es de gran importancia ya que el diseño de la máquina atiende perfectamente las necesidades del usuario, la estructura y diseño general del sistema permite una funcionalidad fluida y se basa en un diseño a bajo costo, dicho diseño se toma en cuenta como referencia en cuanto a dimensiones, materiales y estructura. En cuanto a materiales cada uno de los que se usan fueron escogidos basándose en que cada uno cumple con las características ideales para el desarrollo y principalmente la detección de los objetos bajos las características que se mencionan.

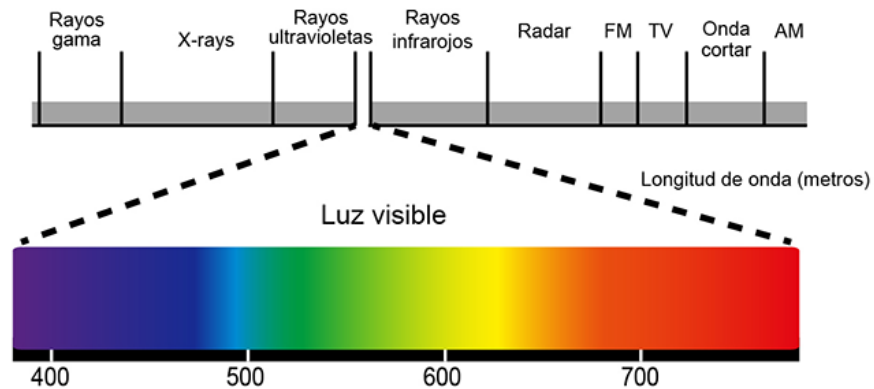
## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Detección del color**

Existen diversas formas de detectar el color de un objeto mediante un sensor, pero para entender como ocurre dicha detección se debe adentrar un poco en lo que sería la Luz y el Color. De allí nace la siguiente pregunta:

- a) ¿Cómo se miden los colores provenientes de una fuente de luz?

La luz y el color tienen dos rangos: El rango visible y no visible. El primero está comprendido entre una longitud de onda de 750nm (rojo claro) también llamada longitud de onda larga, hasta 380nm (violeta) longitud de onda corta. El segundo, rango, no visible, es aquel que se encuentra por encima de los 750nm y por debajo de los 380nm, ubicándose fuera de estos límites los infrarrojos, microondas, ondas de alta frecuencia, ondas de muy baja frecuencia, los rayos gamma, rayos x, entre otros. (Ver figura 1).



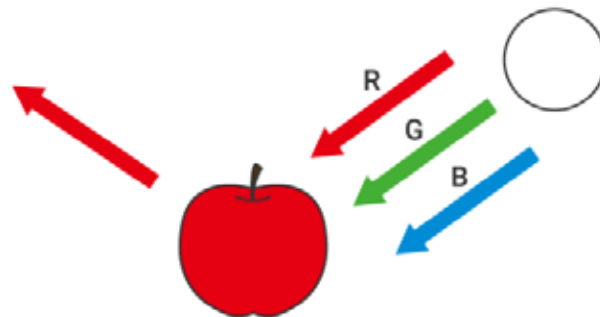
**Figura 1.** Espectro visible de la luz.

**Fuente:** Konica Minolta (2020) “Medición de Color de una fuente de luz y luz”

Entre la diversa cantidad de sensores que detectan colores, existen dos en particular que hacen esta detección de la siguiente manera:

1. Este ilumina el objeto con luz de longitud de onda amplia y distingue los tres tipos de colores en el receptor.
2. El otro tipo ilumina el objeto con los tres tipos de luz (roja, azul y verde) de forma independiente.

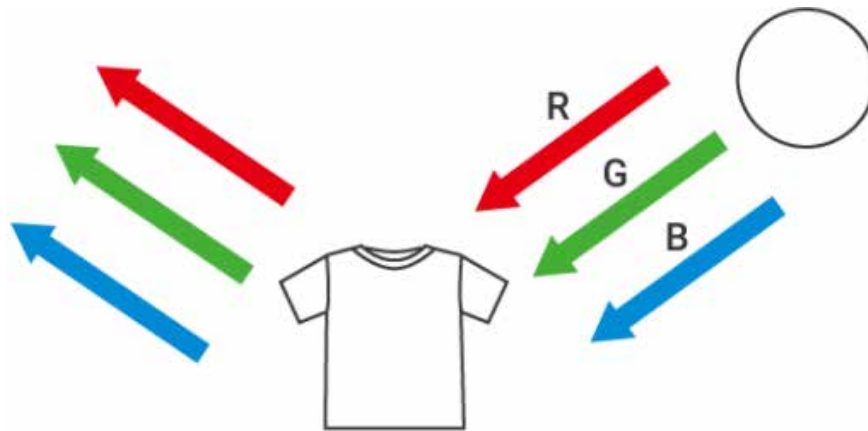
En ambos casos, se detecta la intensidad de luz recibida del rojo, el azul y el verde y se calcula la relación de la luz recibida. Ahora bien, ¿qué sucede al reflejar los colores rojo, verde y azul sobre un objeto que contenga alguno de estos 3 colores primarios? Pues el resultado será el que se mostrado en la Figura 2.



**Figura 2.** Experimento N°1 de la detección de color.

Fuente: Keyence Corporation, (2017) “Principio de un sensor de color”

Y si el objeto al que se le aplican estos tres colores fuese de color blanco, el resultado sería el mostrado en la Figura 3.



**Figura 3.** Experimento N°2 de la detección de color.

Fuente: Keyence Corporation, (2017) “Principio de un sensor de color”.

### 2.2.1.2 Código de colores

Existe lo que se conoce el código de colores, entre los más conocidos está el RGB (Red, Green, Blue) que de él se desprende una gran cantidad de colores que son posibles gracias a la síntesis aditiva de estos colores primarios: (Ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Variación de colores RGB

ROJO	VERDE	AZUL	RESULTADO
0	0	0	Negro
255	255	255	Blanco
255	0	0	Rojo
0	255	0	Verde
0	0	255	Azul
255	255	0	Amarillo
0	255	255	Cian
255	0	255	Magenta

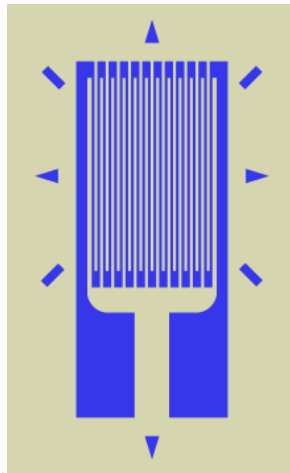
Fuente: Keyence Corporation.

### 2.2.2 Detección por peso

La detección del peso de un objeto se lleva a cabo mediante las células de carga o celda de carga, a pesar de que existen otros sensores y otras maneras de medir el peso, las células de cargas son de las más comunes y más empleadas. Su funcionamiento se basa en convertir la fuerza aplicada sobre la celda en señales eléctricas, neumáticas o hidráulica que pueden ser medibles, tal como lo hace un transductor.

Las células de cargas extensiométricas, convierten la carga que actúa sobre ellas en señales eléctricas. Los medidores están unidos a un elemento estructural que se deforma cuando se le aplica un peso. Para tener una mayor sensibilidad se usan cuatro medidores de deformación.

Las galgas extensiométricas es un sensor en el que su resistencia varía en relación con la fuerza que se le aplica, estos sensores convierten fuerza, presión, carga, etc. en un cambio en la resistencia eléctrica el cual puede ser medido. (Ver Figura 4).



**Figura 4.** Galga extensiométrica.

Fuente: Wikipedia, "Galgas Extensiométricas".

### **2.2.3 Detección por tamaño**

Todos los objetos poseen una gran cantidad de característica que los hace clasificables y uno en particular es el tamaño. Los objetos pueden ser medidos por su tamaño haciendo uso de sensores tales como: Sensores fotoeléctricos, sensores inductivos, sensores ultrasónicos. Este último mencionado (sensor ultrasónico), posee la particularidad de hacer la detección sin hacer contacto con los objetos, dependiendo del sensor estas distancias pueden variar desde unos pocos centímetros hasta unos 10 metros. El sensor emite pulsos (ondas ultrasónicas) que el objeto refleja en forma de eco.

El eco que genera es recibido por el sensor ultrasónico y posteriormente lo transforma en una señal eléctrica a través del transductor que está construido de un material piezoeléctrico. Esto se conoce como tiempo de propagación del sonido. El sensor mide el intervalo de tiempo entre el pulso ultrasónico emitido y el eco recibido y calcula la distancia al objeto mediante la velocidad del sonido. A temperatura ambiente, la velocidad del sonido es de aproximadamente 344 m/s.

#### **2.2.3.1 Materiales que pueden detectar los sensores ultrasónicos**

Los sensores ultrasónicos pueden llegar a detectar materiales como plástico, metal o madera, incluso en diferentes estados de la materia como sólidos o líquidos. A excepción de que sea un material que impida reflejar las ondas que el sensor emite.

#### **2.2.3.2 Factores que determinan el rango de medición de los sensores ultrasónicos**

Este principalmente depende de cómo esté construido el objeto. Este se enfoca en la superficie y el ángulo del objeto. Los objetos que poseen una superficie plana y con un ángulo recto permite que el rango de detección sea más extenso, pero aquellos objetos de dimensiones muy pequeñas o los mencionados anteriormente que estén hechos de un tipo de material rugoso, texturizado, etc. desviará el sonido y reducirá el rango de detección.

Algo importante que se debe tener en cuenta son los factores ambientales, para que el sensor opere en condiciones óptimas este debe estar en un ambiente donde el aire no sea un factor de riesgo. (Ver Figura 5).



**Figura 5.** Detección de tamaño por ultrasonido.

Fuente: Pepperl+Fuchs “Sensor Ultrasonico” (p, 36).

#### 2.2.4 Arquitectura de un Microcontrolador

Básicamente la arquitectura de un microcontrolador le permite definir la estructura para su funcionamiento, esta tiene dos arquitecturas principales que gracias a ellas puede ser posible cumplir con las exigencias del microcontrolador.

##### 2.2.4.1 Arquitectura Eckert-Mauchly -Von Neumann

Los datos y las instrucciones circulan a través del mismo bus, esto se debe a que ambos son guardados en la misma memoria. La ventaja de esta arquitectura respecto a otras es que reduce líneas de entrada y salida, pero su principal desventaja es que ralentiza el proceso, es decir, la velocidad con que los procesos se realizan disminuye. (Ver Figura 6).



**Figura 6.** Arquitectura de Eckert-Mauchly-Von Neumann.

Fuente: Sherlin xbot “Arquitectura de los microcontroladores”.

### 2.2.4.2 Arquitectura Harvard

Lo que caracteriza a esta, respecto a la de Von Neumann, es que posee una memoria específica para los datos y otra memoria para las instrucciones, es decir, que no comparten el mismo espacio de memoria, pero para que esto sea posible no solo no comparten la misma memoria, sino que tampoco los mismos buses.

Cabe destacar que esta arquitectura es la más usada actualmente por los microcontroladores y se puede ver su esquema en la Figura 7. (Ver Figura 7)



**Figura 7.** Arquitectura Harvard.

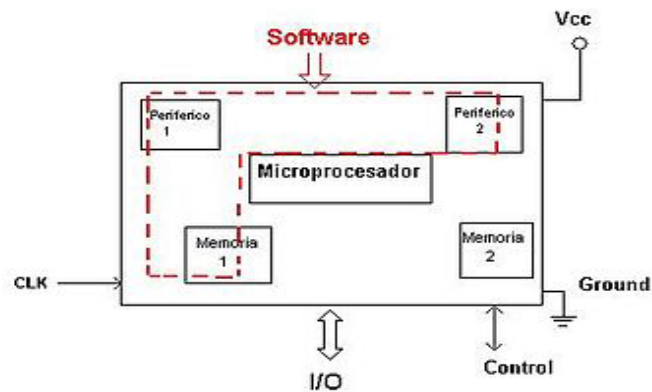
Fuente: Sherlin xbot “Arquitectura de los microcontroladores”.

### 2.2.4.3 Esquema de un microcontrolador

En la Figura 8 se observa al microcontrolador en un circuito integrado, que es donde él va encapsulado incluyendo a los componentes que conforman al microcontrolador:

- CPU.
- Buses.
- Memoria.
- Periféricos.
- Puertos de entrada/salida.

Este conjunto de elementos que conforman al microcontrolador, que posteriormente se describirá, son quienes hacen posible el correcto funcionamiento, sin ellos no se aprovecharía el 100% del uso de este, incluso podría hasta no funcionar. (Ver Figura 8).



**Figura 8.** Esquema de un microcontrolador

#### 2.2.4.4 Componentes de un microcontrolador

Los siguientes elementos que se mencionaran son los que conforman a un microcontrolador:

- Unidad de proceso: CPU, es el cerebro y quien procesa todas las instrucciones
- Memoria de datos: RAM y EEPROM
- Memoria de programas: ROM, EPROM, FLASH
- Oscilador interno o externo
- Puertos de E/S y GPIO configurables
- Controlador DMA
- Contadores y temporizadores
- Gestión de interrupciones
- Módulos de comunicación: USART, I2C, SPI, USB, Ethernet, IrDA, CAN, Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth
- Interfaces de tecnología analógica o mixta
- Interfaces de visualización y control (LCD, sensor táctil)

#### 2.2.4.5 Programación de un microcontrolador

Un microcontrolador se programa haciendo uso de un lenguaje de programación, tales como Lenguaje C y derivados de este. Anteriormente se hacía mediante lenguaje máquina o ensamblador (ASM). Lenguaje C a diferencia del ASM,

hace que el código sea más fácil de escribir, analizar y comprender. Programar un PIC adicionalmente depende de un entorno de desarrollo que permita al lenguaje de programación operar dentro. Para hacer uso de dispositivos externos tales como: pantallas LCDs, memorias, conversores, etc. y lograr de manera satisfactoria la conexión entre ellos depende de los drivers y librerías que contenga el entorno de desarrollo (IDE).

## **2.3 Bases Legales**

Según Pérez, (2002), define las bases legales como: “El conjunto de leyes, reglamentos, normas, decretos, etc....., que establecen el basamento jurídico que sustenta la investigación (p.60).” Por ello el concepto de bases legales se define como el conjunto de normas, reglas, leyes que guarden relación con la investigación de estudio. Las bases legales pertinentes a esta investigación son las que se muestran a continuación.

### **2.3.1 Código Eléctrico Nacional**

También conocido por sus siglas en inglés como NFPA 70, (National Fire Protection Association) este código es de alcance internacional ya que se alinea a normas internacionales que tengan relación con la seguridad y protección de la corriente eléctrica. En palabras resumidas el código establece los lineamientos para salvaguardar instalaciones eléctricas.

#### **2.3.1.1 Secciones aplicadas del Código Eléctrico Nacional**

##### **SECCIÓN 720 Circuitos y Equipos Operando a Menos de 50 Voltios.**

#### **2.3.2 Arduino IDE**

Al tratarse del entorno de desarrollo utilizado para la creación del proyecto, cabe resaltar que los desarrolladores de Arduino en su página web oficial y documentación indican que se trata de una plataforma de fuente abierta basada en la fácil manipulación de hardware y software, Por lo que para este proyecto fue posible utilizar dicho software sin ningún impedimento o restricción legal.

## 2.4 Definición de Términos Básicos

- **RGB:** Está relacionado con la composición de los colores, partiendo de los colores primarios rojo, verde y azul se obtiene una variación en la longitud de onda de estos colores y su resultado será un nuevo color.
- **Galga extensiométrica:** Es una lámina que posee un conductor eléctrico que está hecho de un material piezorresistivos. Esta mide la deformación, es decir,

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Para Palella y Martins (2012), “En la investigación el método implica la elaboración de un plan y la selección de las técnicas más idóneas para su desarrollo”. (p.79). Por lo cual, se expone a través de un lenguaje sencillo los pasos para realizar el estudio; ellos comprenden el diseño, tipo, nivel, modalidad, población, muestra, técnicas e instrumento de recolección de datos, técnica de análisis estadístico y el procedimiento a seguir en el cual se encuentran las fases de la investigación.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El desarrollo del Sistema Automatizado de detección y clasificación de objetos por color, tamaño y/o peso se encuentra enmarcado dentro de la modalidad de proyecto factible especial ya que es una solución a la necesidad planteada en el primer capítulo.

Según Moya R (2002), Un proyecto factible consiste en la elaboración de una propuesta viable, destinada a atender necesidades específicas a partir de un diagnóstico.

El proyecto factible especial es un estudio que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades.

#### **3.2 Diseño de la Investigación**

Sabino (2006), “se ocupa precisamente de esa tarea: su objeto es proporcionar un modelo de verificación que permita contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo” (p. 32).

### **3.2.1 Diseño de Campo**

Según Carlos Sabino (2006), en los diseños de campo bajo la modalidad explorativa y descriptiva. Los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo.

Este diseño le permite estudiar las verdaderas condiciones en que se encuentra el proyecto el cual se va a realizar, al aplicar dicho diseño ayuda cerciorándolos de la realidad y las condiciones en que se encuentra los datos; esta es una de las maneras más confiables y directa de conocer los mismos.

### **3.3 Nivel de la Investigación**

En cuanto al nivel de investigación, la investigación tipo descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. Arias (2012).

### **3.4 Población y Muestra**

De acuerdo con el criterio Hernández (2014), la población es: “el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. (p. 238). En relación a lo expuesto este conjunto de elementos pueden ser sistemas electrónicos de clasificación, se seleccionan de acuerdo a la naturaleza del problema y los objetivos de la investigación.

Una vez definido el universo de estudio de manera precisa se procedió a seleccionar la muestra que serán sistemas electrónicos de clasificación parametrizados en color, peso y/o tamaño.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de los datos fue apoyado en una investigación documental ya que esta se basa en la búsqueda recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en

fuentes documentales: tales como hojas de datos de cada instrumento que contiene a detalle cada característica funcional de los sensores a utilizar.

Otra herramienta esencial en la que se apoya esta investigación es una tabla de parametrización de instrumentos, en la que se mostrarán diferentes sensores, con sus ventajas y desventajas y según sus características se escogerá el más apropiado que satisfaga con lo planteado.

Los datos se representan en la tabla de parametrización de datos y en las hojas de datos del fabricante de cada sensor.

### **3.6 Fases Metodológicas**

Según Sabino, C. (2002), “toda labor de investigación requiere una metodología para desarrollarla, de manera tal que se pueda apreciar todas y cada una de los elementos que componen la acción investigativa” (p.56) El presente trabajo de investigación las fases metodológicas se desarrollan de la siguiente manera:

#### **3.6.1 Fase I: Diagnosticar cuáles son los sensores apropiados para el desarrollo del sistema de detección y clasificación.**

En la primera fase se pretende recopilar toda la información necesaria a través de técnicas e instrumentos de recolección de datos mencionados anteriormente, es fundamental en este punto realizar un estudio de cada sensor con sus características para determinar cuál de estos puede cumplir su función de manera más apropiada.

Tal como se mencionó previamente, será necesaria la aplicación de la revisión documental como técnica de recolección de datos.

#### **3.6.2 Fase II: Determinar estimación de costo relacionado al diseño del sistema de detección y clasificación.**

Es de relevante importancia para todo proyecto de ingeniería realizar un estudio de la factibilidad económica, por lo que en la segunda fase se efectuará una estimación de la inversión para evidenciar los beneficios de la implementación del diseño mediante el cálculo a nivel productivo, en esta fase se quiere demostrar la rentabilidad económica de la propuesta.

### **3.6.3 Fase III: Diseñar una aplicación de Arduino que demostrará el funcionamiento del sistema.**

En esta otra fase se pretende realizar una demostración a pequeña escala del funcionamiento del sistema automatizado de detección y clasificación de objetos por color, peso y tamaño haciendo uso de una placa de desarrollo Arduino la cual lleva integrado un microcontrolador, y los componentes necesarios para llevarlo a cabo.

### **3.6.4 Fase IV: Estudiar las factibilidades del sistema**

Para esta fase, lo que se quiere es mostrar las factibilidades técnicas y operativas que permitan mostrar que tan factible o no es llevar a cabo el proyecto, que se necesita para su operación y desarrollo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Fase 1: Diagnóstico de los sensores apropiados para el desarrollo del sistema de detección y clasificación

En esta fase se desarrolló una tabla de parametrización de instrumentos en la que se recolectó una serie de información de diferentes sensores agrupados en 3 secciones: Por color, tamaño y peso; los cuales de manera ordenada y con información detallada extraída de hojas de datos del fabricante de cada sensor se llegó a una conclusión de cuáles serán los más apropiados para el uso de este proyecto. Cada sección de la tabla contiene al menos 3 sensores, pero solo uno (1) de cada grupo (3) se escogió ya que cumple con los parámetros que se busca para el desarrollo de este proyecto.

##### 4.1.1 Selección del sensor de color

A continuación, en la Tabla 2 se muestra una comparativa entre tres (3) diferentes tipos de sensores para determinar el color de un objeto, por lo que es necesario mostrar cómo se determinó el sensor que se utilizó para el desarrollo de esta fase del proyecto

**Tabla 2. Tabla de parametrización de sensor de color**

Sensor de Color	
Nombre	Características

<p style="text-align: center;"><b>TCS3200</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta resolución de conversión de luz a frecuencia</li> <li>- Frecuencia de salida programable en color y escala completa</li> <li>- Se comunica directamente con un microcontrolador</li> <li>- Rango de error típico de 0,2% a 50Khz</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>TCS230</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conversión de alta resolución de luz a frecuencia</li> <li>- Opera desde una sola Fuente de alimentación 2.7 a 5.5V</li> <li>- Modo de bajo consumo de energía</li> <li>- Led incluidos en el PCB para iluminar el objeto a reconocer</li> <li>- Comunicación con el MCU mediante un pin</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voltaje de funcionamiento de 3.3V a 5.5V</li> </ul>

<b>TCS34725</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interface I2C para simplificar el uso de pines</li> <li>- Rango de detección 3mm ~ 10mm</li> <li>- Frecuencia de reloj 0 ~ 400Khz</li> <li>- Temperatura de operación -30° ~ 70°C</li> </ul>
-----------------	---

Fuente: López. (2021)

**Observación:** De los 3 sensores de color presentados en la tabla de parametrización de instrumentos, se concluyó que el ideal y apto para el desarrollo del proyecto es el TCS230 debido a las siguientes características:

1. Trabaja en bajo consumo.
2. Es de bajo costo y accesible en el mercado
3. Posee una alta conversión de resolución.

Pero, ¿Cómo funciona este sensor? Se sabe que para la mayoría de sensores de este tipo están compuestos por una matriz de colores que por lo general son fotodiodos o comúnmente conocidos como fototransistores, para mejor detalle (Ver Figura 9). Los sensores de color poseen filtros los cuales solo admiten colores primarios como: Rojo, verde y azul. Adicionalmente posee un filtro que admite solo colores blancos o claros para calibrar el nivel de luz relativa. Estos sensores solo direccionan un color a la vez y miden la intensidad de luz. Como hay una serie de sensores los resultados de estos se promedian y se envían para ser procesados. Al medir niveles relativos de rojo, verde y azul se puede determinar el color del objeto detectado. El sensor TCS230 tiene 4 matrices de 16 fotodiodos, una matriz para cada color primario (rojo, verde y azul), más una matriz sin filtrar. Esto le da al elemento sensor un total de 64 puntos de detección. Cada matriz se selecciona de forma independiente.

En la Figura 9 se muestra el Mosaico de Bayer, famoso debido a que muestra una matriz de distintos tipos de filtros de color: rojos, verdes, azules y filtros de luz blanca. Dichos filtros sirven para hacer llegar a cada fotodiodo la información de luz que corresponda al filtro de color indicado. De ella deriva lo visualizado en la Figura 10, que muestra cada filtro de color por separado y como cada color pasar por dichos filtros de manera independiente.

Debido que para este proyecto se plantea tener una respuesta de color bastante aproximada al color que posee el objeto, se tiene que con la ayuda de los 4 leds de luz blanca que trae dicho sensor permitir que este pueda tener una mejor medición del objeto en cuestión.

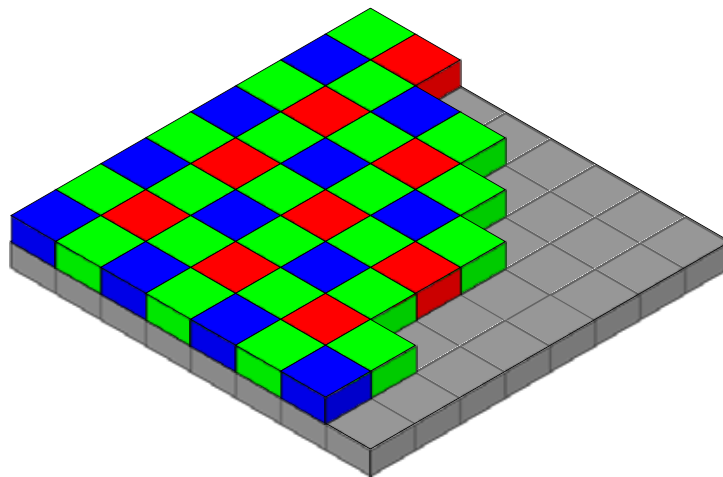


Figura 9. Mosaico de Bayer

Fuente: Wikipedia. (2019)

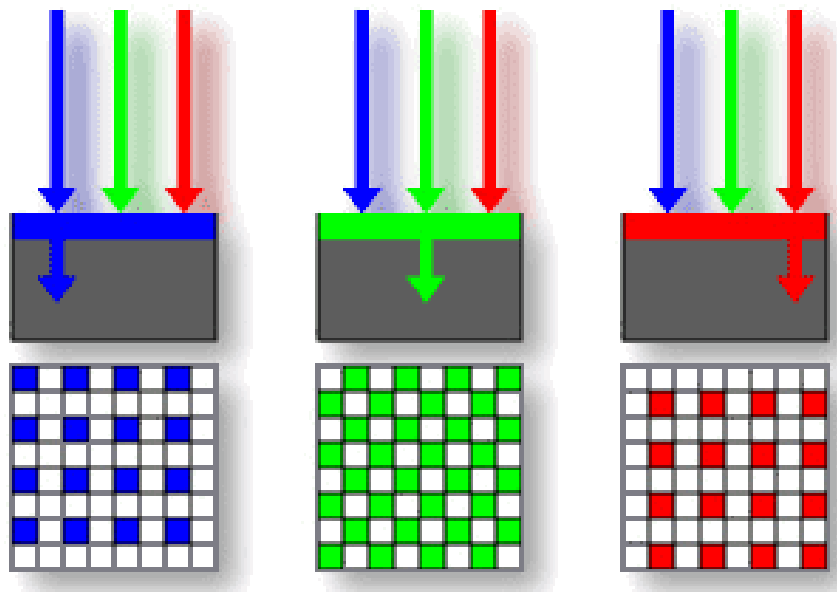


Figura 10. Matriz de colores

Fuente: Ellasciences, (2020)

#### 4.1.2 Selección del sensor de tamaño

En este apartado, tal y como se hizo en la selección del sensor de color, se buscó a través de la tabla de parametrización determinar el sensor de tamaño que se utilizó para el desarrollo del estudio del proyecto, y poder determinar el tamaño del objeto.

**Tabla 3. Tabla de parametrización de sensor de tamaño**

Sensor de Tamaño	
Nombre	Característica
HC-SR04	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación de 5 Vdc</li> <li>- Interfaz sencilla: Solamente 4 hilos Vcc, Trigger, Echo, GND</li> <li>- Rango de medición: 2 cm a 400 cm</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corriente de alimentación: 15 mA</li> <li>- Frecuencia del pulso: 40 KHz</li> <li>- Apertura del pulso ultrasónico: 15°</li> <li>- Señal de disparo: 10uS</li> <li>- Dimensiones del módulo: 45x20x15 mm</li> </ul>
VL53L0X	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de laser: VCSEL.</li> <li>- Voltaje de alimentación: 3V – 5V DC.</li> <li>- Corriente: 10mA (40mA Max)</li> <li>- Rango de medición: 50 a 2000 mm (5 a 200 cm)</li> <li>- Angulo de medición: 25</li> <li>- Protocolo de comunicación: I<sup>2</sup>C 400 kHz.</li> <li>- Emisor Laser Infrarrojo: 940 nm</li> </ul>
TFMINI PLUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango de medición: 0.1m a 12m.</li> <li>- Precisión: ±5cm@(0.1-6m), ±1%@(6m-12m)</li> <li>- Resolución de distancia: 5mm.</li> <li>- Refluencia de actualización: 1 a 1000Hz (ajustable)</li> <li>- Inmunidad lumínica: 70klux.</li> <li>- Temperatura de funcionamiento: -</li>   <li>- Tipo de carcasa: IP65.</li> <li>- Emisor: LED.</li> </ul>

Fuente: López. (2021)

**Observación:** En la Figura 12, se puede observar al sensor de ultrasonido HC-SR04, es el que se escogió para determinar el tamaño del objeto, ya que es de bajo costo, utiliza ultrasonido para medir la distancia de un objeto en un rango de 2 a 450cm, posee una respuesta rápida y un rango de medición ideal, es de bajo consumo energético además de su buena precisión y excelente precio para lo que se considera a usar en el proyecto. En el área de la robótica y automatización como sistemas de medición de nivel o distancia. Es el más utilizado dentro de los sensores de tipo ultrasonido, principalmente por la cantidad de cosas que se puede hacer con este sensor

Este posee dos transductores de tipo piezoeléctrico (emisor y receptor). Después de recibir la orden por el pin de TRIGGER (Disparo) el emisor piezoeléctrico emite una sucesión de 8 pulsos de ultrasonido a una frecuencia de 40 KHz. Como se muestra en la Figura 11, las ondas de sonido viajan a través del aire y rebotan hasta que dan con un objeto, dicho sonido es detectado por el receptor piezoeléctrico, después el pin ECHO cambia a un pulso ALTO (5V) por un tiempo igual al que demoró la onda desde que fue emitida hasta que fue detectada. Por lo que la distancia se mide utilizando la Ecuación 1:

---

(1)

Se muestra en este apartado cómo funciona la Ecuación 1:

- Distancia (m): Es la que almacena la distancia existente entre el sensor HC-SR04 y el objeto con el que colisiona la onda sonora.
- Tiempo de pulso: Es el tiempo que demora la onda sonora en llegar al pin ECHO, esa onda es emitida por el pin TRIGGER, el Arduino lo interpreta como un nivel de voltaje ALTO (HIGH) o BAJO (LOW). Este se programa a través del código Arduino.

- Velocidad del sonido: Se sabe que la velocidad de las ondas sonoras en la tierra y su propagación en el aire con una temperatura de 20°C es de 342 metros por segundo (m/s).
- Se divide entre 2 (/2) porque se requiere calcular la distancia desde que se emite la onda hasta que regresa al sensor, basándose en esto entonces es como se conoce el tamaño de un objeto.

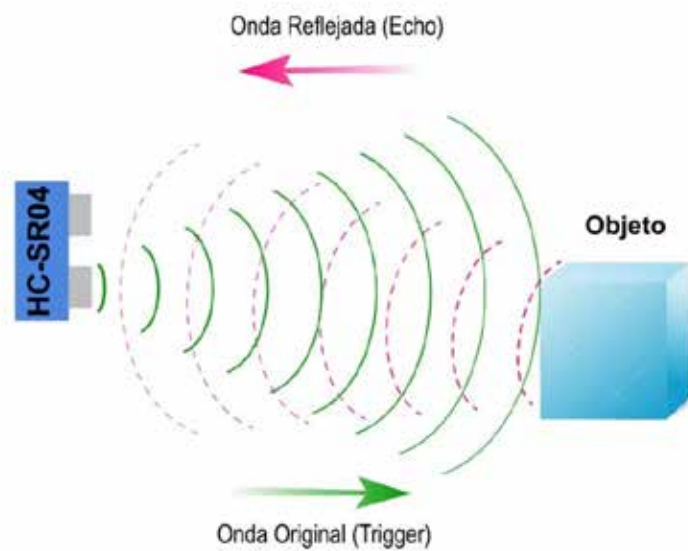


Figura 11. Onda de ultrasonido  
Fuente: Universidad de Pamplona. (2015)



Figura 12. Sensor Ultrasonido  
Fuente: HardwareLibre. (2019)

### 4.1.3 Selección del sensor de peso

**Tabla 4. Tabla de parametrización de sensores de peso.**

Sensor de Peso	
Nombre	Características
Célula de carga de flexión de viga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango de peso de 0.2 kg a 5 kg</li> <li>- Precisión de 0,03%</li> <li>- Bajo costo y construcción sencilla</li> <li>- Extensómetros están expuestos, requieren una protección</li> <li>- Aplicación para tanques, basculas de plataforma</li> </ul>
Células de carga de cizallamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango de peso de 0.2 kg a 50 kg</li> <li>- Precisión de 0,03%</li> <li>- Tanques, plataformas, cargas descentradas</li> <li>- Rechazo de altas cargas, mejor sellado y protección</li> <li>- Pueden llegar a ser costosas</li> </ul>
Célula de carga neumática	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango de peso Amplio</li> <li>- Precisión alta</li> <li>- Aplicación de uso para zonas peligrosas, industrias alimentarias</li> <li>- Intrínsecamente seguras, no contienen líquidos</li> <li>- Respuesta lenta, requiere aire limpio</li> <li>- Alto costo</li> </ul>

Fuente: López, (2021)

**Observación:** Para determinar el peso se escogió la célula de carga de flexión de viga de la Figura 13, posee un rango de medición que va desde 0.2 kg hasta 5 kg, es de bajo costo, el rango de medición y la precisión es el que se necesitó para el proyecto. Posee

un rango de tensión de funcionamiento: 2,6 ~ 5,5 V, rango de temperatura de funcionamiento: -20 grados ~ + 85 grados ideal para trabajar a temperatura ambiente y en condiciones de alta dificultad, adicionalmente posee un control digital simple e interfaz serial: dichos controles son impulsados por pin no se necesita programación. Debido a que el sensor entrega una cantidad de voltaje cuyo valor varía según cuanta sea la fuerza aplicada a la celda debemos por ende usar un ADC ó Convertidor analógico digital para así estos niveles de voltaje se envíen al Arduino quien se encargara mediante la programación dar una respuesta simple del peso.

Este módulo convertidor A/D mostrado en la Figura 14, permite trabajar de manera sencilla y fácil con el circuito integrado HX711, quien va a facilitar en gran medida la interfaz con celdas de carga para medir peso / fuerza. Al conectar el amplificador al microcontrolador es posible medir los cambios en la resistencia de la celda de carga y con algunas calibraciones y cálculos, es posible obtener medidas bastante precisas. Esto es ideal para crear tu propia báscula en aplicaciones industriales, realizar sistemas de control de inventario, sistemas de detección de presencia, etc.



Figura 13. Celda de Carga

Fuente: Tecnoconciencia C.A. (2019)



Figura 14. Módulo ADC HX711.  
Fuente: Tecnoconciencia C.A. (2019)

#### 4.2 Fase 2: Estimación de costo relacionado al diseño del sistema de detección y clasificación

Para la estimación de costo se realizaron unas tablas de manera detallada las cuales muestran lo que se considera es el valor real del proyecto basándose en el tiempo, conocimientos y recursos utilizados para ser posible el desarrollo final del proyecto. En la fase anterior se describe a detalle los sensores a utilizar para este proyecto, la cual se apoyó en una tabla de parametrización de instrumentos, de manera tal que para estas tablas fueron de utilidad para poder extraer los que se utilizarán con sus respectivos costos. (Ver Tabla 5).

**Tabla 5. Tabla de costo de componentes.**

Nombre	Cant	Precio u.	Precio total
Arduino Mega Atmega2560	1	16\$	16\$

TCS230	1	7\$	7\$
HCSR04	1	6\$	6\$
HX711	1	8\$	8\$
Protoboard 1 pista	1	10\$	10\$
Estructura de madera con pintura base de Esmalte	1	13\$	13\$
Cables Jumper	16	0,065\$	1.04\$
Subtotal			<b>61.04\$</b>

Fuente: López, (2021).

Ahora bien, en la siguiente tabla se muestran las fases de desarrollo tanto investigativas, como de desarrollo de hardware y software para la cual se necesitó aproximadamente 67 8 días en un promedio de 8 horas diarias de trabajo. La mano de obra está incluida en el área de instalación del hardware, por lo que no se representa visualmente en otras tablas, para el cálculo del precio por hora para el desarrollo del software se utilizó como referencia el salario base de un ingeniero con 0 a 1 año de experiencia, nivel profesional P1 y un factor de experiencia de 1,35 establecido por el CIV (Colegio de Ingenieros de Venezuela), donde especifica que un ingeniero de esta índole tiene un salario base convertido a USD de: 1,65\$ / hora. (Ver tabla 6)

**Tabla 6. Tabla de costos de desarrollo.**

<b>Nombre de la Tarea</b>	<b>Precio por hora</b>	<b>Horas de trabajo</b>	<b>Estimación</b>
---------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------

<b>Investigación</b>			
Uso del sensor de color mediante software	1.65	4	6.6\$
Uso del sensor de peso mediante software	1.65	4	6.6\$
Uso del sensor de tamaño mediante software	1.65	4	6.6\$
Subtotal			<b>19.8\$</b>
<b>Software</b>			
Desarrollo del código para detectar el color	1.65	12	19.8\$
Desarrollo del código para detectar el peso	1.65	12	19.8\$
Desarrollo del código para detectar el tamaño	1.65	12	19.8\$
Desarrollo final del código del sistema	1.65	10	16.5\$
Subtotal			<b>75.9\$</b>
<b>Hardware</b>			
Calibración del sensor de color TCS230	1.65	2	3.3\$
Calibración del sensor de peso HX711	1.65	2	3.3\$

Calibración del sensor de tamaño HCSR04	1.65	2	3.3\$
Instalación final de los sensores	1.65	3	3.3\$
Subtotal			<b>13.2\$</b>
<b>Total</b>			
Subtotal Investigación + Subtotal Software + Subtotal Hardware			<b>109\$</b>

Fuente: López, (2021)

**Tabla 7. Tabla de gastos totales**

<b>Costo total</b>	
<b>Factor</b>	<b>Estimación</b>
<b>Componentes</b>	
Total, de componentes	61.00\$
<b>Investigación + Software + Hardware</b>	
Total de desarrollo	109\$
<b>Otros</b>	
Consumo de luz	5\$
Consumo de Internet	20\$
Laptop	20\$
Herramientas de trabajo	15\$
Otros	30\$
<b>Total, otros</b>	<b>90\$</b>
<b>Total</b>	
Subtotal	<b>USD \$ 260.00</b>

Fuente: López. (2021)

A lo que se concluye que para la realización final de este proyecto considerando todos los aspectos mencionados en las tablas (Ver Tabla 7) se estima un total de 260.00\$.

### **4.3 Fase 3: Diseño de la aplicación de Arduino que demostrará el funcionamiento del sistema.**

En esta fase se abarcó todo lo referente al diseño del sistema y lo que conllevó hasta su funcionamiento. Se busca con el desarrollo de esta fase que el lector entienda como se logró llegar al diseño y desarrollo paso a paso del sistema. Cuando se habla de diseño se refiere tanto al software, hardware como a la estructura que se implementó la cual es el punto donde se pretende aplicar las mediciones a los objetos.

#### **4.3.1 Software**

El software para este proyecto es de las cosas principales que sin duda se necesita entender ya que se programará un microcontrolador Atmel2560 que está incrustado en la placa de desarrollo Arduino MEGA al que se le carga un Sketch. El lenguaje que usa Arduino para crear el algoritmo de programación está basado en un lenguaje de alto nivel llamado Processing, lo que significa que es bastante similar a C++. Este lenguaje de programación está asociado a un sistema operativo denominado UNIX. Se puede decir, entonces que, se le denomina Sketch al algoritmo creado por este lenguaje que posteriormente se cargará al microcontrolador Atmel para enviar las instrucciones a cada sensor.

Para entender a detalle se realizaron los diagramas de flujos que representan el funcionamiento del algoritmo para cada caso (color, tamaño y peso). En la Figura 15, se aprecia de manera detallada el diagrama de flujo de todo el algoritmo de detección por peso, color y tamaño.

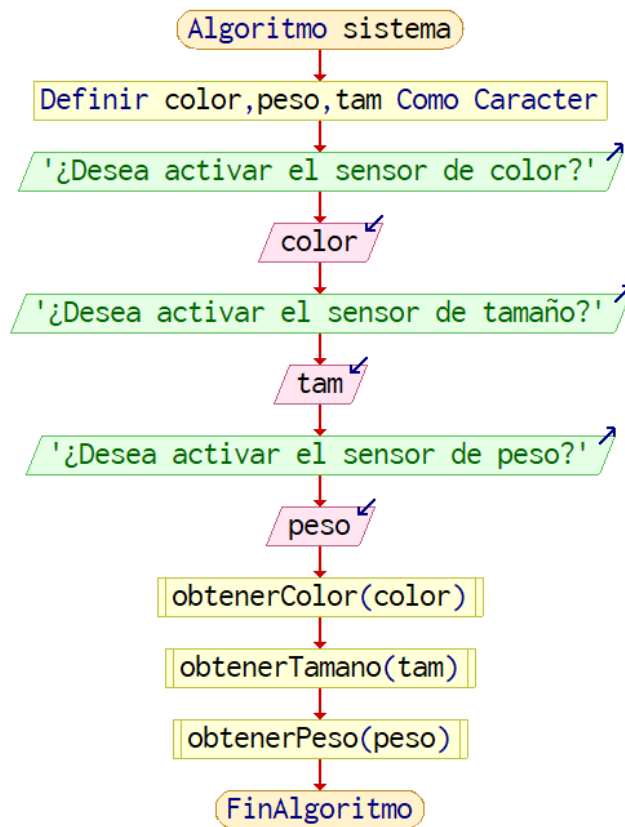


Figura 15. Diagrama de flujo del algoritmo del sistema

Fuente: López, (2021).

#### 4.3.1.1 Algoritmo para detectar el color con sensor TCS230

El sensor TCS230 posee un microcontrolador que le permite la conectividad con el Arduino a través de sus pines digitales. Este posee 16 fotodiodos para cada color (rojo, verde, azul y blanco), lo que es igual a 64 fotodiodos. Cada matriz de fotodiodos trabaja de manera independiente y solo se activa 1/4 a la vez, lo que permite que el sensor TCS230 pueda detectar el color al que se le ha configurado. Se puede seleccionar el rango de frecuencias que el dispositivo producirá configurando la escala de la salida en 2%, 20% y 100% esto le permite al sensor poder ser utilizado por una gran variedad de microcontroladores y dispositivos

El sensor posee 4 pines de entradas digitales: S0, S1, S2 y S3, cuyas funciones es activar una matriz de fotodiodos a la vez y seleccionar la escala de frecuencia. Para seleccionar la escala de frecuencia a la que se desea trabajar se deben manipular las entradas S0 y S1 respectivamente. (Ver Tabla 8).

**Tabla 8. Tabla de configuración de pines de entrada**

S0	S1	Escala de frecuencia
LOW	LOW	Estado de apagado
LOW	HIGH	2%
HIGH	LOW	20%
HIGH	HIGH	100%

Fuente: DronebotWorkshop (2020).

La escala de frecuencia establecida para la detección del color fue del 100%, ya que se requiere la máxima precisión del sensor para el objeto a medir, por lo que el algoritmo se ha especificado que los pines digitales S0 y S1 respectivamente se configuraran por código enviándoles un pulso positivo (HIGH) de 5V.

Ahora se tiene que configurar los fotodiodos que intervendrán en la detección del color, y para ellos se deben configurar los pines digitales S2 y S3 de la siguiente manera: (Ver Tabla 9).

**Tabla 9. Selección de la matriz de fotodiodos**

S2	S3	Selección del Fotodiodo
LOW	LOW	Rojo
LOW	HIGH	Verde
HIGH	LOW	Blanco
HIGH	HIGH	Azul

Fuente: DronebotWorkshop (2020).

Para detectar el color y activar la matriz de color correspondiente se hace mediante el código de Arduino, tal como se explicó previamente la matriz de fotodiodos debe ser activada una sola a la vez para detectar el color con el que se encuentre presente y luego activar la siguiente matriz y deshabilitar la anterior. Esto se realizó creando una función para cada matriz de fotodiodos, dicha función se encarga de recibir la frecuencia y establecer con los resultados que son enviados a unos condicionales que comparan los valores obtenidos de rojo, verde y azul. En la siguiente figura (Ver Figura 16) se muestra el diagrama de flujo del algoritmo para detectar el color de un objeto

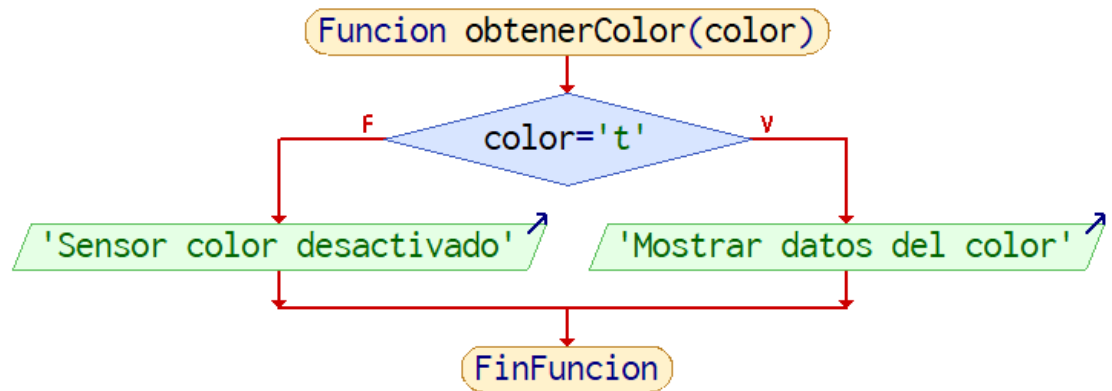


Figura 16. Diagrama de flujo del algoritmo del sensor de color

Fuente: López. (2021)

#### 4.3.1.2 Algoritmo para detectar el tamaño

Para conocer el tamaño del objeto se hizo uso de una función de Arduino conocida como pulseIn (int, Estado), que recibe como parámetros un entero llamado echoPin (que será predefinido como un pin digital) y el estado

echoPin: Recibe la onda emitida por trigPin (otro pin digital que emite una onda sonora).

Estado: Define el estado inicial con el que se crea el pulso.

Conocidos este parámetro, pulseIn se encarga entonces de leer el parámetro de “Estado” que emite un pulso (ALTO o BAJO) en un pin. Por ejemplo: si el valor es ALTO, pulseIn () espera que el pin al que se le emitió el pulso cambie de un “Estado” de BAJO a ALTO (LOW a HIGH), y comienza a cronometrar el tiempo de esto, luego espera a que el pin pase a BAJO y detiene el conteo. Por lo que este devolverá la longitud del pulso en microsegundos de lo contrario devuelve 0 si no se recibió un pulso completo dentro del tiempo de espera. Dicho tiempo se almacena en una variable llamada “duración” de tipo entera (int) y se aplica la siguiente fórmula para medir la distancia. (Ver Ecuación 2).

---

(2)

Ahora que se conoce la distancia que hay desde el sensor hasta el objeto se aplicó la siguiente ecuación para conocer el tamaño real de un objeto desde una distancia conocida, dicho valor se almacenó en otra variable de tipo entera conocida como height (tamaño). (Ver Ecuación 3).

(3)

Se estableció como distancia conocida 35cm porque es la distancia que se encuentra el sensor de ultrasonido a la referencia de piso (superficie de madera) utilizada para el proyecto, Ahora el tamaño del objeto determina por la Ec 3 donde se tiene que la distancia ubicada del sensor – la distancia que hay del objeto al sensor (36.0 – distancia), esa diferencia da como resultado la altura real que representa el objeto. Para tener una apreciación más detallada del algoritmo se sugiere (Ver Figura 17), que muestra el diagrama de flujo del algoritmo para detectar el tamaño de un objeto.

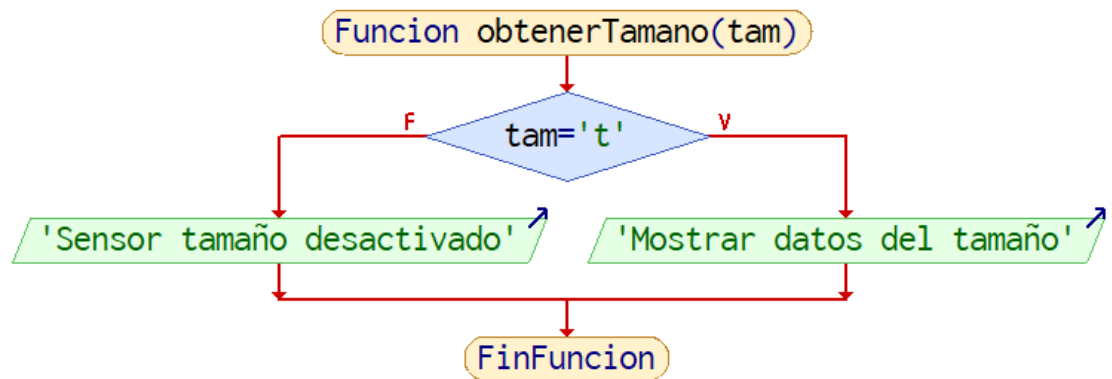


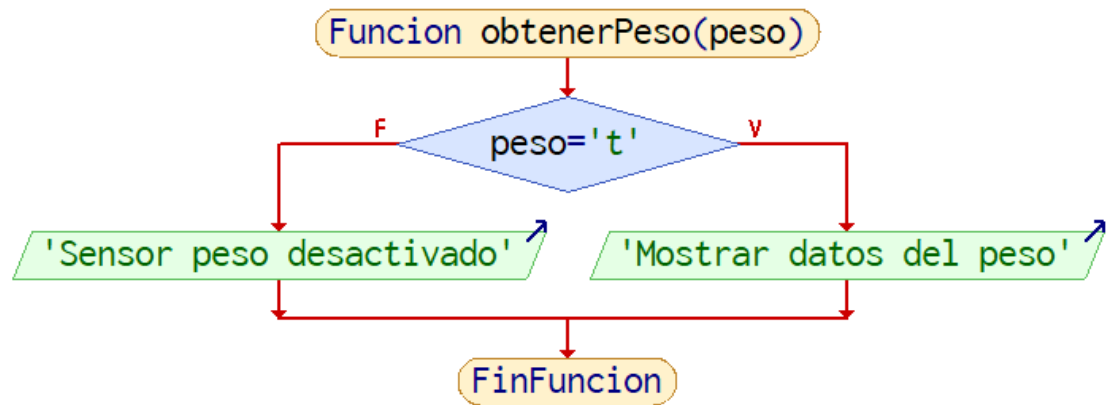
Figura 17. Diagrama de flujo del algoritmo del sensor de tamaño

Fuente: López. (2021).

#### 4.3.1.3 Algoritmo para detectar el peso

Para el algoritmo del peso primero se realizó una pequeña calibración de la báscula, mediante un ejemplo de la librería HX711\_ADC que permite con una masa conocida tener como referencia el peso del objeto, se TARA la báscula con la función LoadCell.start(), habiendo tarado el peso y con la masa conocida se registra el peso de referencia en la memoria EEPROM del Arduino y se ajustan los valores de peso con la cantidad de decimales a un aproximado que de un valor de peso bastante similar al peso real.

Con la calibración hecha se procedió a crear el algoritmo que medirá el valor real del objeto con un pequeño margen de error. Primero se verifica si hay algún dato, de ser verdadera la sentencia entonces se establece el nuevo valor de peso de lo contrario inicia la siguiente conversión de los datos. En la Figura 18, se observa los pasos a detalles del algoritmo a través de un diagrama de flujo para determinar el peso de un objeto.



18. Diagrama de flujo del algoritmo del sensor de peso.

Fuente: López. (2021).

### 4.3.2 Hardware

En este apartado se pretende mostrar cómo fueron las conexiones y la interacción de los sensores entre sí en conjunto con el Arduino que es quien hace posible la interacción entre cada uno de los elementos que conforman el Hardware:

#### 4.3.2.1 Hardware del sensor de color

Para las conexiones del sensor TCS230 primero es necesario desglosar cada uno de sus pines y mostrar posteriormente como fue su conexión con el Arduino. Para el plano esquemático de este sensor y su conexión con Arduino se hizo mediante el software de desarrollo Fritzing (Ver Figura 19). Es importante resaltar que el sensor de color posee una alta precisión para detectar colores mate, color que no reflejen alguna luminosidad brillante, tales como objetos de aluminio cuya capa de color no sea mate.

Los pines digitales del Arduino Mega utilizados para la conexión con el sensor TCS230 es la que se muestra en la Figura 19 y Tabla 10: (Ver Tabla 10) (Ver Figura 19).

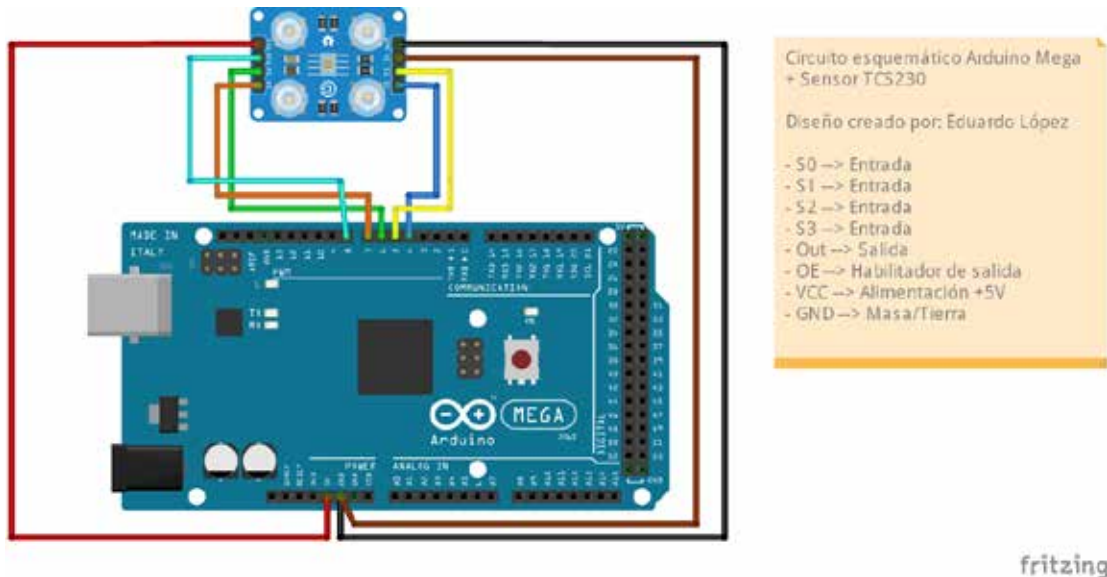





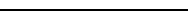




Figura 19. Diseño esquemático del sensor TCS230  
Fuente: López. (2021).

**Tabla 10. Pines digitales y cables sensor TCS230**

Cable	Sensor TCS230	Arduino Mega
	S0	Pin digital 4
	S1	Pin digital 5
	S2	Pin digital 6
	S3	Pin digital 7
	Out	Pin digital 8
	OE	GND
	VCC	5V
	GND	GND

Fuente: López. (2021).

#### 4.3.2.2 Hardware del sensor de tamaño

A continuación, se presenta las conexiones del sensor HC-SR04 con el Arduino Mega, utilizado para el diseño final. El plano esquemático fue diseñado en el software de desarrollo Fritzing (Ver Figura 20).

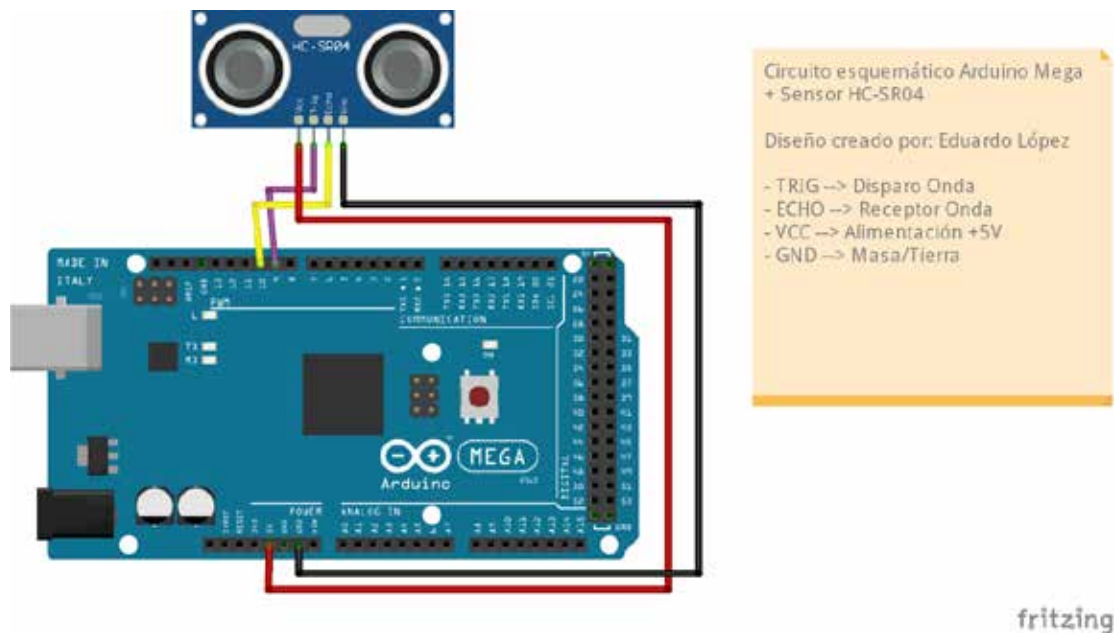






Figura 20. Plano esquemático sensor HC-SR04.

Fuente: López. (2021).

De esta manera es como se ha conectado el sensor de ultrasonido HC-SR04. En la Figura 23 se observa el Arduino, los pines digitales y cables utilizados para la representación esquemática se ve a continuación: (Ver Tabla 11).

**Tabla 11. Pines digitales y cable HC-SR04.**

Cable	Sensor HC-SR04	Arduino Mega
	TRIG	Pin digital 9
	ECHO	Pin digital 10
	VCC	5V
	GND	GND

Fuente: López. (2021).

### 4.3.2.3 Hardware del sensor de peso

En la Figura 21 de este apartado se describieron cada una de las conexiones de la celda de carga y el transmisor AD HX711 en conjunto con el Arduino Mega y la conexión con sus pines digitales que se observa en la Tabla 12 para el dispositivo de carga ADC (Ver Tabla 12),y la Tabla 13 muestra los pines de conexiones de la célula de carga de flexión de viga. (Ver Tabla 13).

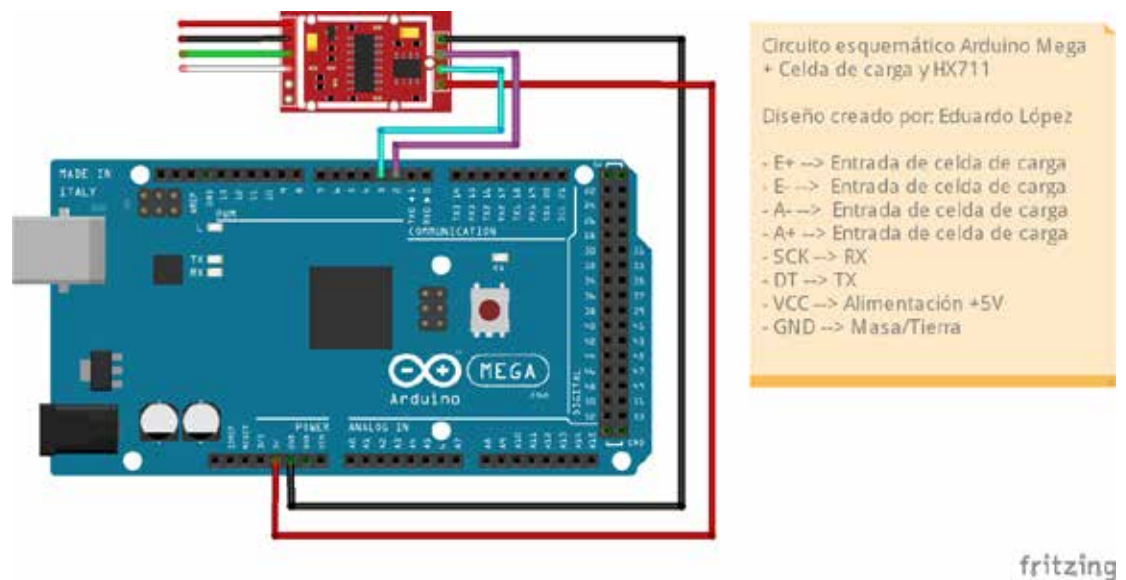










Figura 21. Plano esquemático sensor celda de carga y dispositivo AD HX711  
 Fuente: López. (2021).

**Tabla 12. Pines digitales y cable celda de carga y dispositivo AD HX711**

Cable	Sensor HC-SR04	Arduino Mega
	SCK	Pin digital 2
	DT	Pin digital 3
	VCC	5V
	GND	GND

Fuente: López (2021)

**Tabla 13. Conexión entre celda de carga y módulo HX711**

Celda de carga	Módulo HX711
	E+
	E-
	A-
	A+

Fuente: López. (2021)

### **4.3.3 Salida resultante del Sistema**

A continuación, se pretende mostrar el resultado final de cada elemento del sistema, como prueba del funcionamiento real del proyecto de detección de los objetos por color, tamaño y peso. Los resultados se mostrarán en el monitor serial del entorno de desarrollo (IDE) Arduino, el mismo es el que provee dicho programa. En esta etapa se mostraron 4 casos:

#### **a) Sin presencia de objeto**

Como primero ejemplo se tiene que en el monitor serie refleja no haber ninguna coincidencia con algún objeto, de hecho, se muestra que “NO SE HA DETECTADO UN COLOR” el tamaño del objeto es 0cm y el peso con un pequeño margen de error se obtiene una mínima variación en los decimales del peso, más sin embargo su valor es 0 g. Como primera prueba de la salida que arrojó el sistema se realizó sin objeto alguno tal y como se muestra (Ver Figura 22), para así luego hacer una comparación con las próximas figuras con objetos medibles.

NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: -0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: -0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: -0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: -0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: -0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: -0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g
NO SE HA DETECTADO UN COLOR	--	TAMAÑO: 0.00 cm	--	PESO: 0.00 g

Figura 22. Resultado de la salida a través de monitor serie sin objeto.  
Fuente: López. (2021).

#### b) Con presencia de objeto de color azul, 273g y 6cm

En este apartado se muestra como los sensores actúan juntos unos con otros enviando la información programada al monitor serie de Arduino para ser posible visualmente en esta tesis. La Figura 23 muestra como los datos se imprimen por pantalla cuando hay presencia de un objeto y como los valores de color, tamaño y peso se reflejan en el monitor serie.

COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.81 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.81 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.81 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.82 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.81 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.81 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.81 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.81 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.80 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.79 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.78 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.78 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.78 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.78 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.77 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.78 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.78 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.78 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.78 g
COLOR: AZUL	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 273.79 g

Figura 23. Con presencia de objeto de color azul  
Fuente: López. (2021).

**c) Con presencia de objeto de color rojo, 271g y 6cm.**

En este también se puede apreciar la diferencia entre las mediciones de peso, color y tamaño, el sensor de tamaño a la ubicación ideal y el peso calibrado junto al sensor de color. También el tiempo que demora el sistema en hacer la medición del peso es de alrededor unos 3 segundos, no es instantánea la medición, para mejor entendimiento se presentan las figuras como prueba. En la Figura 24 se puede observar la impresión de los datos, pero en este caso con un peso superior que el anterior por tan solo 2g de diferencia.

COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.91 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.90 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.91 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.90 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.89 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.89 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.90 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.90 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.89 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.89 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.89 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.89 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.89 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.87 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.87 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.88 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.87 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.87 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.87 g
COLOR: ROJO	--	TAMAÑO: 6.00 cm	--	PESO: 271.87 g

Figura 24. Con presencia de objeto de color rojo  
Fuente: López, (2021).

**d) Con presencia de objeto de color amarillo, 11cm y 1360g.**

En este se puede apreciar otra diferencia más significativa en cuanto al tamaño determinado por el sensor, se tiene que el objeto con mucha precisión mide 11 cm, casi el doble que las mediciones de tamaño efectuadas anteriormente (Figura 25).

COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.86 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.86 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.86 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.88 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.87 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.86 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.86 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.86 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.86 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.85 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.85 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.84 g
COLOR: AMARILLO	--	TAMAÑO: 11.00 cm	--	PESO: 1360.84 g

Figura 25. Con presencia de objeto de color amarillo  
Fuente: López, (2021).

Tomando en cuenta los valores resultantes del sistema se realizó un estudio de variabilidad usando como muestra cien (100) datos resultantes, haciendo uso de las formulas estadísticas de la desviación estándar muestral (Ver Ec.4) y la varianza muestral (Ver Ec.3), para conocer respectivamente la dispersión de los datos y las ya antes mencionadas variabilidades.

$$\text{—————} \quad (3)$$

Ec 3. Varianza muestral.

$$\begin{array}{l} \text{—————} \\ \text{—————} \end{array} \quad (4)$$

Ec 4. Desviación estándar muestral.

Los valores obtenidos por las ecuaciones mencionadas anteriormente fueron los siguientes:

- Color: Para el cálculo del color se tomaron como referencia los colores amarillo, azul y rojo, donde se estudiaron cien datos por cada color y se obtuvieron los siguientes datos estadísticos:

Color amarillo:                    y  
Color rojo:                        y  
Color azul:                        y

Calculando un promedio entre los tres colores probados se puede concluir que se tiene un porcentaje de 4,44% de variabilidad.

- Peso: En los cálculos para determinar la variabilidad del peso se tiene que:  
este dato representa el peso medio obtenido de 100 muestras de un objeto y se procedió a calcular de la desviación estándar muestral y la varianza muestral con respecto a la media y se obtuvo lo siguiente:                    y
- Tamaño: Para este caso en particular basándose en las imágenes mostradas en las figuras anteriores (Ver Figura 26, 27 y 28) se puede deducir de manera haciendo el cálculo de manera indirecta que la medición del tamaño tuvo una alta precisión.

#### 4.4 Fase 4: Estudio de las factibilidades del sistema

Según Varela, (2003) “se entiende por Factibilidad las posibilidades que tiene de lograrse un determinado proyecto”. El estudio de factibilidad es el análisis que realiza una empresa para determinar si el negocio que se propone será bueno o malo, y cuáles serán las estrategias que se deben desarrollar para que sea exitoso. Según el Diccionario de la Real Academia Española, la Factibilidad es la “cualidad o condición de factible”. Factible: “que se puede hacer” (p.65). En esta fase se desarrolló el estudio de las factibilidades técnica y operativa para determinar los factores que incidieron de manera positiva o negativa en la realización del proyecto.

##### 4.4.1 Factibilidad técnica

Según Kendall y Kendall (2005): El analista debe averiguar si posible actualizar o incrementar los recursos técnicos actuales de tal manera que satisfagan los requerimientos bajo consideración. Sin embargo, en ocasiones los agregados a los sistemas existentes son muy costosos y no redituables, simplemente porque no cumplen las necesidades con eficiencia. Si no es posible actualizar los sistemas existentes, la siguiente pregunta es si hay tecnología disponible que cumpla las especificaciones.” (P. 55). En cuanto a la viabilidad técnica digamos que se cuenta con las siguientes herramientas de desarrollo que hace posible realizar el sistema (Tablas 14 y 15):

**Tabla 14. Herramientas de hardware usadas para el desarrollo del sistema**

Equipo	Descripción	Cantidad
Laptop	- Procesador Intel i7 10ma Generación, Tarjeta madre, memoria RAM de 8GB, Disco de estado sólido (SSD) de 256GB, tarjeta de	1

	red, puertos USB disponibles y operativos.	
Placa de Arduino	- Arduino MEGA Atmega 2560	1
Cable USB	- Cable USB estándar de tipo A/B	1
Mouse	- Inalámbrico	1

Fuente: López. (2021)

En la Tabla 14 se muestran los elementos de hardware que se necesitan para que el proyecto pueda funcionar. (Ver Tabla 14)

- Laptop: Se utilizó para alojar el programa de Arduino IDE, ser fuente de alimentación para la placa de desarrollo Arduino que permitirá la interacción con los demás elementos del hardware, tales como los sensores de detección de color, tamaño y/o peso.
- Placa Arduino: Se utilizó para servir como puente para lograr la interacción entre los sensores y ser el cerebro que controla toda la lógica del programa.
- Cable USB: Se utilizó para permitir la comunicación de la placa Arduino con los puertos de la laptop.

**Tabla 15 Herramientas de software usadas para el desarrollo del sistema**

Nombre	Versión	Descripción
Arduino IDE	1.8.12	Editor de código de fuente abierta, posee un compilador y un depurador que permite crear el programa

Internet	No definido	Permite la conectividad de la laptop a la red
Windows	10	Sistema operativo actual desarrollado por Microsoft

Fuente: López. (2021).

- Arduino IDE: Fue necesario utilizar el entorno de desarrollo (IDE) con la versión 1.8.12 para desarrollar el software del sistema. Al ser este un software de desarrollo libre permitió poder realizar de manera exitosa la implementación del algoritmo y los elementos del hardware como lo son los sensores.
- Internet: Se necesitó tener conexión a internet para actualizar los drivers requeridos para lograr la conexión de la placa Arduino con los puertos de la laptop, ya que a través de este es que se logró comunicar con el IDE.
- Windows: Permitted darle alojamiento al programa de Arduino IDE y poder servir como sistema operativo para soportar con el sistema

La realización de este proyecto fue posible gracias a los conocimientos empleados en programación orientada objetos, que es el tipo de programación utilizada para el desarrollo con Arduino, adicionalmente de conocimientos básicos de electrónica para lograr conectar de manera satisfactoria cada uno de los sensores involucrados y alcanzar la calibración deseada para cada uno de ellos. En la tabla 15 se observa cuales fueron los elementos del software necesarios (Ver Tabla 15).

#### **4.4.2 Factibilidad operativa**

Según Baca Urbina (2012), la factibilidad operativa, se refiere a identificar las actividades que facilitan alcanzar la meta propuesta determinando los recursos humanos y procesos necesarios para poder ejecutarlo.

Por lo que Maldonado (s.f.): La factibilidad operativa se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (procesos), depende de los recursos humanos que participen durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo (p.152).

Bien, habiendo entendido la factibilidad operativa se puede decir que el proyecto satisface según lo que indican las definiciones mencionadas por los autores anteriormente, ya que en pocas palabras se habla de un proyecto no complejo ya que tanto el hardware como el software descrito son fáciles de manipular e intuitivos al utilizar, contando también con la parte gráfica que muestra si algún objeto se procesa o no. Tal y como se ha venido mostrando el desarrollo del sistema se evidencia que no es necesario conocimientos profundos de electrónica o programación para su utilización, por lo que un operador cualquiera sin importar algún nivel, no necesitará de mayores conocimientos o algún entrenamiento previo del sistema para estar capacitado para su uso ya que es intuitivo, ergonómico, ofrece un buen nivel de utilidad y comodidad para el usuario.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Al examinar los resultados obtenidos en cada una de las fases descritas previamente, se llegaron a desenlaces relacionados a los objetivos definidos en la presente investigación, donde se pudieron obtener los resultados esperados, tales como:

1. El sistema detecta el color del objeto presente en la medición
2. El sistema detecta la altura del objeto que se está sometiendo a las mediciones
3. El sistema detecta también el peso del objeto.
4. Los resultados son evidencian en tiempo real a medida que se parametriza el objeto y es mostrado de manera visual.

En la primera etapa, se realizó una comparativa con cada tipo de sensor a través de las tablas de parametrización de instrumentos, determinando cuáles fueron los sensores apropiados para llevar a cabo el sistema de detección, según indican las observaciones de cada tabla.

En la segunda etapa, se realizó una estimación del costo, donde se pudo observar que el precio de la estructura, diseño, elementos de hardware (sensores, placa de desarrollo, cables, etc....), software y otros. Se considera que es accesible tomando en cuenta la baja variabilidad de los resultados arrojados por el sistema (observados en la tercera etapa), su funcionamiento y la escalabilidad de este que permite una amplia medición de la altura del objeto hasta un rango máximo de 40 cm, una medición del peso de hasta 5 kg y una detección del color amplia, siendo programado previamente.

En la tercera y penúltima etapa se realizó unas tablas acompañadas de unos diagramas que permiten entender como es la conexión de cada uno de los sensores con el Arduino Mega, es decir, se muestra como se realizó el hardware, software, el diseño

del prototipo final acompañado de las figuras que reflejan los resultados obtenidos. A través de unos cálculos estadísticos se demostró la variabilidad de los resultados.

En la cuarta etapa se hizo un estudio de las factibilidades para el sistema de detección, tomando en cuenta las factibilidades técnicas y operativas de los equipos mencionados anteriormente, donde se muestra que no se necesita un alto entrenamiento del operador para hacer uso del sistema y tampoco para la manipulación del software y hardware.

## **5.2 Recomendaciones**

Tomando en consideración la información obtenida durante el desarrollo del sistema y de cada fase surge como recomendaciones los siguientes puntos que son de importancia para futuros sistemas automatizados:

- El proyecto es escalable para futuras implementaciones a nivel industrial.
- Al momento de plantearse el desarrollo de un sistema automatizado se recomienda realizar tablas de parametrización de instrumentos y comparar diferentes tipos de sensores y concluir cuál el más apropiado.
- Para proyectos grandes donde se requiera utilizar alguna placa de desarrollo basada en Arduino es recomendable hacerlo haciendo uso del Arduino Mega, debido a que posee muchos pines digitales, analógicos, PWM, etc.
- El sistema diseñado puede ser fácilmente modificado a conveniencia de la empresa que lo utilice.
- Si se cuenta con el presupuesto, puede implementarse una banda transportadora y otros elementos de control que se sincronicen mediante un PLC para lograr la operación totalmente automática de la máquina en el transporte de los objetos, así como también un brazo robótico que permita clasificar los objetos por sus características de color, peso y altura (alto o ancho).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias F. (2006). **El Proyecto de Investigación: introducción a la metodología científica**. Quinta Edición. Editorial Episteme.
- Arias F. (2012): **El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica**, Sexta Edición, Editorial Episteme.
- Autycom. (2017): **Aplicaciones del PLC en la industrial moderna**, Monterrey, N.L, México.
- BricoGeek (2021): **TFMini Plus – Micro LiDAR / IP65**. España. Recuperado en: <https://tienda.bricogeek.com/sensores-distancia/1394-tfmini-plus-micro-lidar-ip65.html>
- Cruz D. (2016): **Desarrollo de un sistema robotizado de clasificación y empaquetado de pimientos tricolores**, Universidad de Almería, Almería España, trabajo de grado.
- Colegio de ingenieros de Venezuela (2021): **Tabulador de sueldos y salarios mínimos para los profesionales del CIV**. Venezuela. Recuperado en: [http://www.civ.net.ve/uploaded\\_pictures/81\\_d.pdf](http://www.civ.net.ve/uploaded_pictures/81_d.pdf)
- De La Cruz A., Donoso J. y Gonzales O. (2017): **Implementación de una máquina didáctica clasificadora para el aprendizaje de procesos mecatrónicos**, Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, trabajo de grado.
- Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control, (2015): **Controladores lógicos programables**, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Caracas-Venezuela.
- DroneBot Workshop (2021). **Color sensing with Arduino**. Recuperado en: <https://dronebotworkshop.com/Arduino-color-sense/>

Geek Factory (2013-2021). **TCS230 Sensor de reconocimiento de color**. Recuperado en: <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/sensor-de-reconocimiento-de-color-tcs230/>

Geek Factory (2013-2021). **HC-SR04 sensor de distancia ultrasónico**. Recuperado en: <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>

Hernández Sampieri R (2014): **Metodología de la Investigación**, Sexta Edición, Editorial McGraw Hill.

Innovaciones Colombianas en Electrónica SAS. (2018): **Como programar un microcontrolador con PIC C**, Colombia.

Keyence Corporation. (2017): **Principio de un sensor de color**, México.

Keyence Corporation. (2017): **Principio de un sensor de color**, México.

Konica Minolta Sensing Americas, Inc. (2020): **Medición de Color de una fuente de luz y luz**, Venezuela.

Midebien. (2020): **Galgas extensiométricas y principio de funcionamiento**, México.

Moya R, (2002): **El proyecto factible una modalidad de investigación**, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela.

Naylamp Mechatronics (2021). **Sensor ultrasónico HC-SR04**. Recuperado en: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

Omega Engineering (2020): **Que es una célula de carga y cómo funciona**, Estados Unidos de América.

Palella y Martins (2012): **Metodología de la investigación cuantitativa**, Quinta Edición, Editorial Fedupel Venezuela.

Pepperl + Fuchs. (2017): **Sensor Ultrasónico**, Alemania.

Pérez C. (2016): **Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry Pi**, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid España, trabajo de grado.

Sabino C. (2006): **El proceso de investigación**, Séptima Edición. Editorial Panapo.

Tamayo, Tamayo M, (2004): **El proceso de la investigación**, Editorial Limusa S.A

Tecno Conciencia (2021): **Convertor A/D 24BITS p/ celdas de carga HX711**. Recuperado en: <http://tecnoconciencia.com/eshop/producto/convertor-ad-24bits-pceldas-de-carga-hx711/>

Tecno Conciencia (2021): **Celda de carga 5 kg**. Recuperado en: <http://tecnoconciencia.com/eshop/producto/celda-de-carga-5 kg/>

# APÉNDICE

## Apéndice A

### (Hoja de datos HC-SR04)



Tech Support: [services@elecfreaks.com](mailto:services@elecfreaks.com)

## Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

### Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal.
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time\*velocity of sound (340M/S) / 2,

### Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

### Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Fuente: Elec Freaks. (2021)

## Apéndice B

### (Hojas de datos Sensor de color TCS230)

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**

TAOS046 – JANUARY 2003

#### Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	I/O	DESCRIPTION
GND	4		Power supply ground. All voltages are referenced to GND.
OE	3	I	Enable for $f_o$ (active low).
OUT	6	O	Output frequency ( $f_o$ ).
S0, S1	1, 2	I	Output frequency scaling selection inputs.
S2, S3	7, 8	I	Photodiode type selection inputs.
$V_{DD}$	5		Supply voltage

Table 1. Selectable Options

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING ( $f_o$ )	S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Power down	L	L	Red
L	H	2%	L	H	Blue
H	L	20%	H	L	Clear (no filter)
H	H	100%	H	H	Green

#### Available Options

DEVICE	$T_A$	PACKAGE – LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TCS230	-25°C to 85°C	SOIC-8	D	TCS230D

#### Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)<sup>†</sup>

Supply voltage, $V_{DD}$ (see Note 1)	8 V
Input voltage range, all inputs, $V_I$	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
Operating free-air temperature range, $T_A$	0°C to 70°C
Storage temperature range	-25°C to 85°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

<sup>†</sup> Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to GND.

#### Recommended Operating Conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, $V_{DD}$	2.7	5	5.5	V
High-level input voltage, $V_{IH}$	$V_{DD} = 2.7$ V to 5.5 V		2	$V_{DD}$ V
Low-level input voltage, $V_{IL}$	$V_{DD} = 2.7$ V to 5.5 V		0	0.8 V
Operating free-air temperature range, $T_A$	0		70	°C

Copyright © 2003, TAOS Inc.



**TAOS**  
www.taosinc.com

TEXAS  
ADVANCED  
OPTOELECTRONIC  
SOLUTIONS™

The LUMINOLOGY™ Company

2

Fuente: TAOS (2021)

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS046 – JANUARY 2003

Electrical Characteristics at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{OH}$	High-level output voltage $I_{OH} = -4\text{ mA}$	4	4.5		V
$V_{OL}$	Low-level output voltage $I_{OL} = 4\text{ mA}$		0.25	0.40	V
$I_{IH}$	High-level input current			5	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	Low-level input current			5	$\mu\text{A}$
$I_{DD}$	Supply current				
	Power-on mode		2	3	mA
	Power-down mode		7	15	$\mu\text{A}$
Full-scale frequency (See Note 2)	$S0 = H, S1 = H$	500	600		kHz
	$S0 = H, S1 = L$	100	120		kHz
	$S0 = L, S1 = H$	10	12		kHz
Temperature coefficient of output frequency	$\lambda \leq 700\text{ nm}, -25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$		$\pm 200$		ppm/ $^\circ\text{C}$
$k_{SVS}$	Supply voltage sensitivity $V_{DD} = 5\text{ V} \pm 10\%$		$\pm 0.5$		%/V

NOTE 2: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.

Fuente: TAOS (2021)

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS046 – JANUARY 2003

Operating Characteristics at  $V_{DD} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $S0 = \text{H}$ ,  $S1 = \text{H}$  (unless otherwise noted)  
(See Notes 3, 4, 5, 6, and 7).

PARAMETER	TEST CONDITIONS	CLEAR PHOTODIODE $S2 = \text{H}, S3 = \text{L}$			BLUE PHOTODIODE $S2 = \text{L}, S3 = \text{H}$			GREEN PHOTODIODE $S2 = \text{H}, S3 = \text{H}$			RED PHOTODIODE $S2 = \text{L}, S3 = \text{L}$			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$f_0$ Output frequency	$E_{in} = 45.6\text{ mW/cm}^2$ , $\lambda_p = 470\text{ nm}$	16	20	24	11.2	16.4	21.6							kHz
	$E_{in} = 39.2\text{ mW/cm}^2$ , $\lambda_p = 524\text{ nm}$	16	20	24				8	13.6	19.2				kHz
	$E_{in} = 32.8\text{ mW/cm}^2$ , $\lambda_p = 635\text{ nm}$	16	20	24							14	19	24	kHz
	$E_{in} = 0$		2	12		2	12		2	12		2	12	Hz
$R_{in}$ Irradiance responsivity (Note 8)	$\lambda_p = 470\text{ nm}$		439			360			88			31		Hz/ (=W/ cm <sup>2</sup> )
	$\lambda_p = 524\text{ nm}$		510			189			347			46		
	$\lambda_p = 565\text{ nm}$		548			49			318			110		
	$\lambda_p = 635\text{ nm}$		610			30			37			579		
Saturation Irradiance (Note 9)	$\lambda_p = 470\text{ nm}$		1370			1670								=W/ cm <sup>2</sup>
	$\lambda_p = 524\text{ nm}$		1180						1730					
	$\lambda_p = 565\text{ nm}$		1090						1890					
	$\lambda_p = 635\text{ nm}$		980								1040			
$R_v$ Illuminance responsivity (Note 10)	$\lambda_p = 470\text{ nm}$		585			480			117			41		Hz/ lx
	$\lambda_p = 524\text{ nm}$		98			36			67			9		
	$\lambda_p = 565\text{ nm}$		92			8			53			18		
	$\lambda_p = 635\text{ nm}$		407			20			25			386		
Nonlinearity (Note 11)	$f_0 = 0$ to 5 kHz		$\pm 0.1\%$			$\pm 0.1\%$			$\pm 0.1\%$			$\pm 0.1\%$		% F.S.
	$f_0 = 0$ to 50 kHz		$\pm 0.2\%$			$\pm 0.2\%$			$\pm 0.2\%$			$\pm 0.2\%$		% F.S.
	$f_0 = 0$ to 500 kHz		$\pm 0.5\%$			$\pm 0.5\%$			$\pm 0.5\%$			$\pm 0.5\%$		% F.S.
Recovery from power down		100			100			100			100		ns	
Response time to output enable (OE)		100			100			100			100		ns	

- NOTES: 3. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from a light-emitting diode (LED) optical source.  
4. The 470 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 470\text{ nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 35\text{ nm}$ , and luminous efficacy = 75 lm/W.  
5. The 524 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 524\text{ nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 47\text{ nm}$ , and luminous efficacy = 520 lm/W.  
6. The 565 nm input irradiance is supplied by a GaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 565\text{ nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 28\text{ nm}$ , and luminous efficacy = 595 lm/W.  
7. The 635 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 635\text{ nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 17\text{ nm}$ , and luminous efficacy = 150 lm/W.  
8. Irradiance responsivity  $R_{in}$  is characterized over the range from zero to 5 kHz.  
9. Saturation irradiance = (full-scale frequency)/(irradiance responsivity).  
10. Illuminance responsivity  $R_v$  is calculated from the irradiance responsivity by using the LED luminous efficacy values stated in notes 4, 5, and 6 and using  $1\text{ lx} = 1\text{ lm/m}^2$ .  
11. Nonlinearity is defined as the deviation of  $f_0$  from a straight line between zero and full scale, expressed as a percent of full scale.

## Apéndice C

### (Hojas de datos de Adaptador de celda de carga HX711)



HX711

#### 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

##### DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

##### FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
  - normal operation  $< 1.5\text{mA}$ , power down  $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range:  $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

##### APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

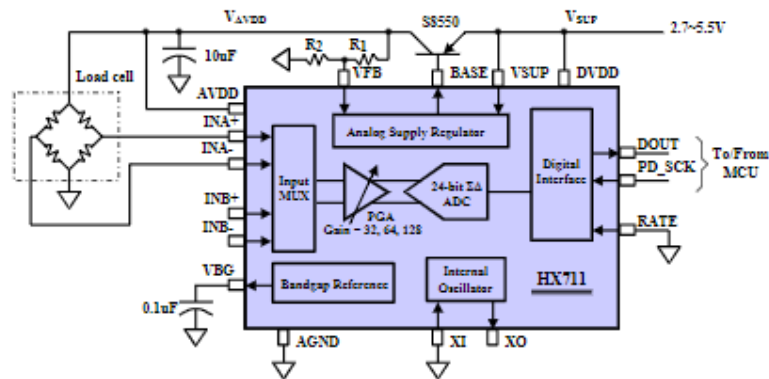


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

**Pin Description**

Regulator Power	VSUP	1	16	DVDD	Digital Power
Regulator Control Output	BASE	2	15	RATE	Output Data Rate Control Input
Analog Power	AVDD	3	14	XI	Crystal I/O and External Clock Input
Regulator Control Input	VFB	4	13	XO	Crystal I/O
Analog Ground	AGND	5	12	DOUT	Serial Data Output
Reference Bypass	VBG	6	11	PD_SCK	Power Down and Serial Clock Input
Ch. A Negative Input	INNA	7	10	INPB	Ch. B Positive Input
Ch. A Positive Input	INPA	8	9	INNB	Ch. B Negative Input

**SOP-16L Package**

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

**Table 1 Pin Description**

**KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	$V(\text{inp})-V(\text{inn})$	$\pm 0.5(\text{AVDD}/\text{GAIN})$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{\text{clk}}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{\text{clk}}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFF	HEX
Output settling time <sup>(1)</sup>	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		$\pm 5$		nV/°C
	Gain (Gain = 128)		$\pm 5$		
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass ( $V_{\text{BG}}$ )			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		$\mu\text{A}$
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		$\mu\text{A}$
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

**Table 2 Key Electrical Characteristics**

## ANEXOS

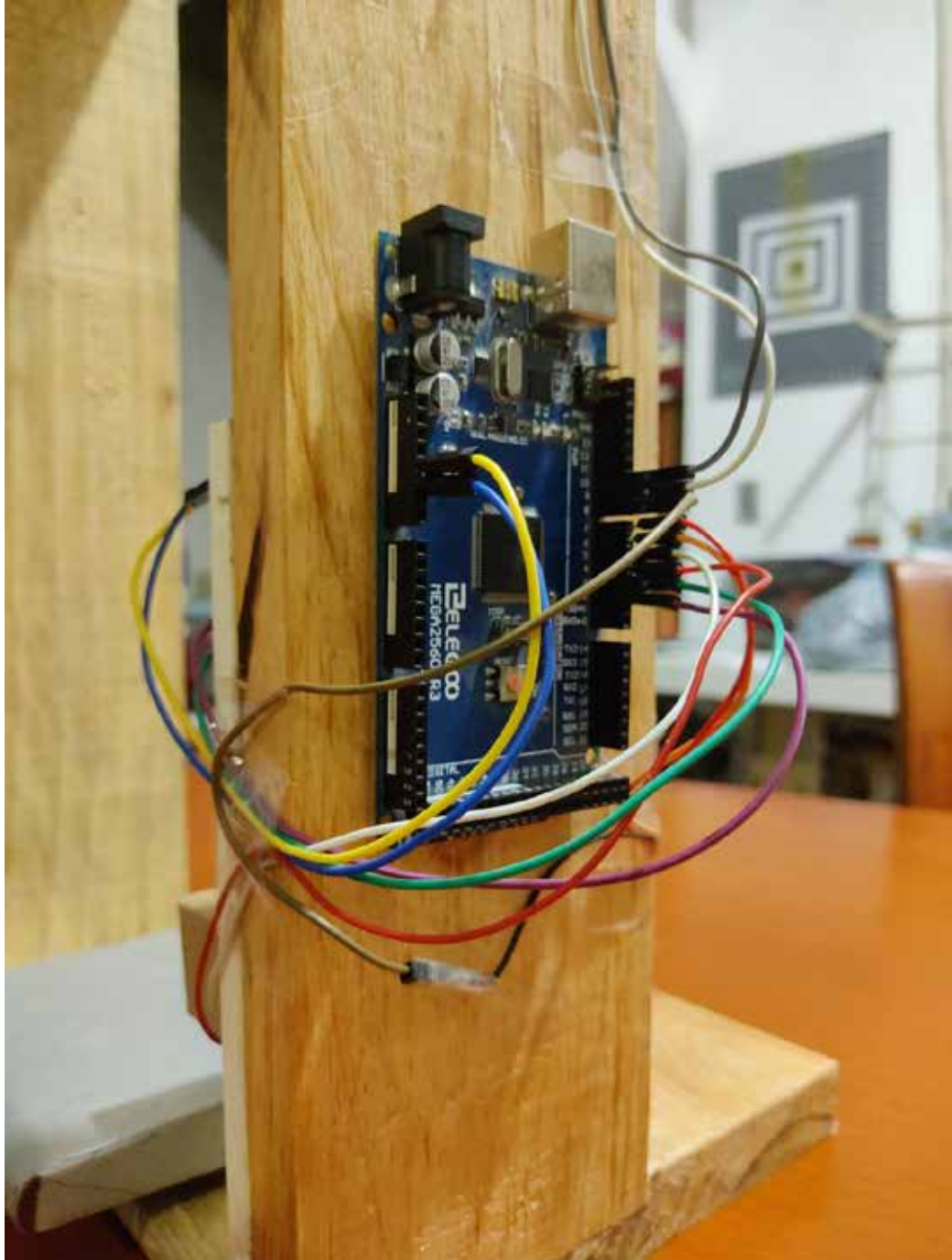
### Anexo A

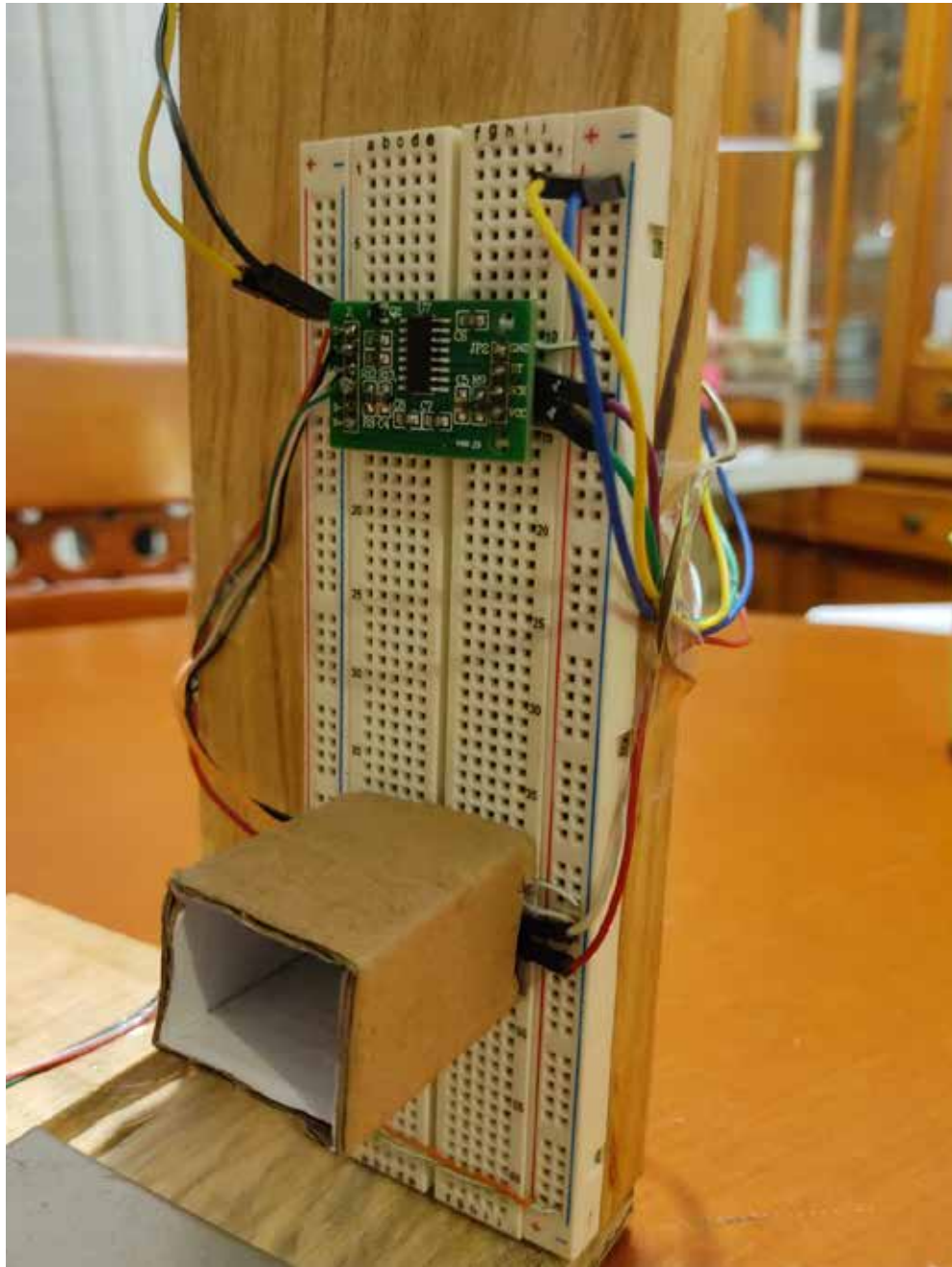
(Diseño final del sistema)



Fuente: López. (2021).

Fuente: López. (2021).





Fuente: López. (2021).