



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN,  
TELECOMUNICACIONES E INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIONES**

TEMA:

---

**SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL  
DE UNA MÁQUINA DE CORTE DE CARNE**

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniera  
en Electrónica y Comunicaciones

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Control

**AUTOR: Bonilla Ponluisa Erika Gissela**  
**TUTOR: Ing. Salazar Logroño Franklin Wilfrido**

Ambato - Ecuador  
Agosto, 2019

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Tema:

**“SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL DE UNA MÁQUINA DE CORTE DE CARNE”**, de ERIKA GISSELA BONILLA PONLUISA, estudiante de la Carrera de Ingeniería en ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES, de la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad técnica de Ambato

Ambato, agosto de 2019

EL TUTOR.



---

Ing. Salazar Logroño Franklin Wilfrido

## AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: “**SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL DE UNA MÁQUINA DE CORTE DE CARNE**”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Ambato, agosto de 2019

Erika Gissela Bonilla Ponluisa



---

CC: 1804612032

## DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, agosto de 2019

Erika Gissela Bonilla Ponluisa



---

CC: 1804612032

## APROBACIÓN COMISIÓN CALIFICADORES

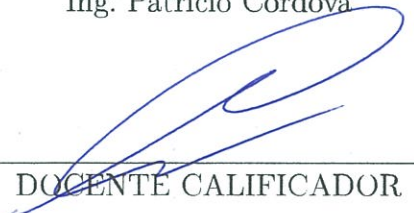
La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Patricio Córdova e Ing. Patricio Encalada, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado *“Sistema de frenado automático mediante visión artificial de una máquina de corte de carne”*, presentado por Bonilla Ponluisa Erika Gissela de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la Aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia



PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Patricio Córdova



DOCENTE CALIFICADOR

Ing Patricio Encalada



DOCENTE CALIFICADOR

## DEDICATORIA

A Dios que me permite vivir, tener salud y una familia, por las bendiciones de cada día, los logros alcanzados y la oportunidad de cumplir una meta más.

A mi madre quién ha sido un pilar fundamental en mi progreso, que con su apoyo amor y dedicación he podido cumplir mis metas.

A mi esposo quién con mucho amor y cariño ha sabido darme aliento en los momentos más difíciles, a mi hijo quién ha sido la fuente de inspiración cada día y el motor que me mueve a conseguir lo mejor en mi carrera profesional.

Erika Gissela Bonilla Ponluisa

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría y la inteligencia para superar las adversidades y por las oportunidades de cada día, que me permite tener un crecimiento personal y espiritual.

A mi familia por su gran preocupación y consideración, en especial a mi esposo e hijo quienes han sacrificado su tiempo.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial y a la carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones por abrirme su puertas y permitirme aprender de grandes maestros brindándome los recursos necesarios para mi formación.

A todos los docentes que me han compartido su conocimiento, en especial a mi tutor Ing. Franklin Salazar quien con su gran entrega y paciencia ha sabido guiarme en la realización de este proyecto.

Erika Gissela Bonilla Ponluisa

## ÍNDICE

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA</b>	<b>iii</b>
<b>DERECHOS DEL AUTOR</b>	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN COMISIÓN CALIFICADORA</b>	<b>v</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>vi</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>vii</b>
<b>Introducción</b>	<b>xx</b>
<b>CAPÍTULO 1 El problema</b>	<b>1</b>
1.1 Tema de Investigación . . . . .	1
1.2 Planteamiento del problema . . . . .	1
1.3 Delimitación . . . . .	3
1.3.1 De contenidos . . . . .	3
1.3.2 Espacial . . . . .	3
1.3.3 Temporal . . . . .	3
1.4 Justificación . . . . .	3
1.5 Objetivos . . . . .	5
1.5.1 General . . . . .	5
1.5.2 Específicos . . . . .	5
<b>CAPÍTULO 2 Marco Teórico</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes Investigativos . . . . .	6
2.2 Fundamentación teórica . . . . .	8
2.2.1 Riesgos Laborales . . . . .	8
2.2.2 Seguridad de un equipo de trabajo . . . . .	9
2.2.3 Maquinas cortadoras de carne . . . . .	9



2.2.4	Sistemas de Control . . . . .	10
2.2.5	Microcontroladores . . . . .	11
2.2.6	Sistemas Embebidos . . . . .	11
2.2.7	Procesamiento digital de señales . . . . .	11
2.2.8	Procesamiento de Imágenes . . . . .	11
2.2.9	Imagen . . . . .	12
2.2.10	Inteligencia Artificial . . . . .	13
2.2.11	Visión artificial . . . . .	13
2.2.12	Componentes de un sistema de visión artificial . . . . .	15
2.2.13	Phyton . . . . .	16
2.2.14	OpenCV . . . . .	16
2.2.15	Base de Datos . . . . .	17
2.2.16	SBC . . . . .	17
2.2.17	Motor Eléctrico . . . . .	18
2.2.18	Clasificación de los motores eléctricos . . . . .	19
2.2.19	Fundamentos del motor asíncrono . . . . .	20
2.2.20	Frenado del motor asíncrono . . . . .	23
2.3	Propuesta de solución . . . . .	26
<b>CAPÍTULO 3 Metodología</b>		<b>27</b>
3.1	Modalidad Básica de la investigación . . . . .	27
3.2	Recolección de información . . . . .	27
3.3	Procesamiento y análisis de datos . . . . .	27
3.4	Desarrollo del Proyecto . . . . .	28
<b>CAPÍTULO 4 Desarrollo de la propuesta</b>		<b>30</b>
4.1	Análisis de Factibilidad . . . . .	31
4.1.1	Factibilidad Técnica . . . . .	31
4.1.2	Factibilidad Económica . . . . .	31
4.1.3	Factibilidad Bibliográfica . . . . .	31
4.2	Requerimientos del prototipo . . . . .	31
4.2.1	Hardware . . . . .	32
4.2.2	Software . . . . .	33
4.3	Diseño del prototipo . . . . .	33
4.3.1	Sistema de procesamiento de imágenes . . . . .	34
4.3.2	Desarrollo del Software de procesamiento de imágenes . . . . .	39
4.3.3	Base de datos . . . . .	45
4.3.4	Diseño de la Base de datos . . . . .	46

4.3.5	Diseño del sistema de frenado automático . . . . .	49
4.3.6	Estructura del prototipo . . . . .	50
4.3.7	Equipos de medición . . . . .	52
4.4	Implementación y validación del prototipo . . . . .	55
4.4.1	Detección de mano del operador . . . . .	55
4.4.2	Frenado automático de motor . . . . .	61
4.4.3	Resultados . . . . .	64
4.5	Análisis Costo-Beneficio . . . . .	72
<b>CAPÍTULO 5 Conclusiones y Recomendaciones</b>		<b>73</b>
5.1	Conclusiones . . . . .	73
5.2	Recomendaciones . . . . .	74
<b>Bibliografía</b>		<b>75</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Características principales de motor monofásicos y trifásicos . . . . .	20
4.1	Características técnicas de dispositivos de control . . . . .	35
4.2	Características técnicas de cámaras digitales. . . . .	36
4.3	Características técnicas Sensor de color TCS3200 . . . . .	37
4.4	Características técnicas del microcontrolador NodeCU Wir V3 CH340 ESP8266 V3 . . . . .	39
4.5	Descripción de módulos utilizados en Python . . . . .	41
4.7	Tipos de frenado de un motor asíncrono . . . . .	50
4.8	Sistemas de freno . . . . .	51
4.9	Rango de iluminación en lux de areas de trabajo . . . . .	55
4.10	Valores de tiempo de freno obtenidos en funcion al voltaje DC inyectado	64
4.11	Valores de tiempo de freno del sistema con respecto a la corriente . .	66
4.12	Resultado de pruebas de funcionamiento del sistema . . . . .	68
4.13	Costo del Diseño del Sistema de Frenado Automático mediante visión artificial de una máquina de corte de carne. . . . .	70
4.14	Costo de los componentes del sistema de detección . . . . .	70
4.15	Precios de los componentes del sistema de freno del motor . . . . .	71
4.16	Precio total del diseño e implementación del Sistema de freno automático mediante visión artificial de una máquina cortadora de carne . . . . .	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Máquina de corte de carne con sierra cinta . . . . .	10
2.2	Situaciones de trabajo peligrosas . . . . .	10
2.3	Modo RGB . . . . .	13
2.4	Proceso operativo de la Visión Artificial . . . . .	14
2.5	Método de captación de imágenes . . . . .	15
2.6	Detección y seguimiento de múltiples objetos de color usando OpenCV	17
2.7	Ejemplos de placas SBC más comunes . . . . .	18
2.8	Partes principales de un motor eléctrico . . . . .	19
2.9	Clasificación de los motores eléctricos . . . . .	21
2.10	Curva de par de una máquina asíncrona polifásica a $V_1$ y $f_1$ constantes	22
2.11	Freno Regereativo . . . . .	24
2.12	Freno por inversión. . . . .	25
2.13	Freno por inyección de DC . . . . .	26
3.1	Diagrama de flujo del proceso de realización del proyecto . . . . .	29
4.1	Diagrama de bloques de la interacción entre sistemas. . . . .	32
4.2	Diagrama de bloques del sistema de frenado automático . . . . .	33
4.3	Esquema de conexiones del prototipo de frenado automático mediante visión artificial de una máquina de corte de carne. . . . .	34
4.4	Conexión de cámara con raspberry a través del puerto CSI . . . . .	37
4.5	Configuración interna de sensor TC3200 . . . . .	38
4.6	Reconocimiento de color de sensor TC3200 . . . . .	38
4.7	Configuración interna del microcontrolador NodeMCU . . . . .	39
4.8	Diagrama UML de la programación . . . . .	40
4.9	Filtrado de color y conversión a escala de grises . . . . .	42
4.10	Filtro de ruino y detección de contornos . . . . .	43
4.11	Diagrama de flujo del almacenamiento de datos . . . . .	45
4.12	Página de verificación de instalación del Servidor Apache . . . . .	46
4.13	Instalación y activación de MariaDB . . . . .	47
4.14	Página de verificación de PHP . . . . .	48

4.15	Página inicial de phpMyAdmin . . . . .	48
4.16	Interfaz de la Base de Datos . . . . .	49
4.17	Diseño de la estructura del prototipo (máquina cortadora de carne) . . . . .	51
4.18	Elaboración del prototipo . . . . .	52
4.19	Equipo de medición de corriente (Amperímetro) . . . . .	53
4.20	Sensor de corriente SCT- 013 . . . . .	53
4.21	Funcionamiento de SCT-013 . . . . .	54
4.22	Equipo de medición de intensidad luminosa . . . . .	54
4.23	Adquisición de la imagen en tiempo real a través de la cámara digital . . . . .	56
4.24	Filtrado de color de la imagen adquirida en tiempo real . . . . .	56
4.25	Conversión de color RGB a escala de grises de la imagen procesada . . . . .	57
4.26	Aplicación del filtro Gaussiano en la imagen . . . . .	57
4.27	Detección de contornos de la imagen original . . . . .	58
4.28	Rango de detección de la imagen . . . . .	58
4.29	Segmentación de la imagen para limitar el rango de detección . . . . .	59
4.30	Proceso de detección de la mano mediante segmentación de espacio, detección de color y detección de contornos. . . . .	59
4.31	Instalación y pruebas de funcionamiento de sensor de color en Nodemcu . . . . .	60
4.32	Medición cantidad de luxes en el area de trabajo . . . . .	60
4.33	Especificaciones motor AC . . . . .	61
4.34	Motor AC . . . . .	61
4.35	Alimentación de DC para freno dinámico de motor . . . . .	62
4.36	Implementación del Circuito de control . . . . .	62
4.37	Instalación del motor en el prototipo . . . . .	63
4.38	Sistema de detección (mano, color) . . . . .	63
4.39	Instalación de sistema de mordazas en el prototipo . . . . .	64
4.40	Análisis de resultado del voltaje DC de inyección al motor . . . . .	65
4.41	Gráfica de la corriente de arranque, nominal y freno del motor . . . . .	69
4.42	Gráfica de la corriente con respecto al tiempo de activación del sistema mediante Serial Plotter de Arduino . . . . .	69
4.43	Valores del tiempo obtenidos mediante el Monitor Serial de Arduino . . . . .	69
A.1	Frigorífico LUIS JR . . . . .	81
A.2	Indagación a propietario del Frigorífico . . . . .	82
A.3	Zona de trabajo para corte y despiece . . . . .	82
A.4	Maquina cortadora de carne con sierra vertical . . . . .	83
A.5	Uso de la máquina por el operario . . . . .	83

B.1	Construcción del prototipo . . . . .	84
B.2	Adecuación de elementos electrónicos en la maqueta . . . . .	85
B.3	Comprobación del funcionamiento del sistema en el prototipo . . . . .	85
B.4	Comprobación del funcionamiento del procesamiento de imágenes . . . . .	86
B.5	Calibración de la cámara para determinar rango de detección . . . . .	86
B.6	Adecuación y comprobación de iluminación necesaria en zona de trabajo . . . . .	87
B.7	Pruebas de voltaje DC de alimentación al motor AC . . . . .	87
B.8	Verificación de corriente del motor . . . . .	88
B.9	Creación de base de datos . . . . .	88
B.10	Pruebas de funcionamiento final del prototipo . . . . .	88

## RESUMEN

La industria cárnica comprende una multiplicidad de tareas en su labor por lo que los operarios están expuestos a diferentes tipos de riesgos inherentes a cada una de las tareas que implica. El tipo de equipos que se utilizan son de alta peligrosidad, ya que se maneja piezas de corte extremadamente filas y con motores industriales potentes por lo que los riesgos de sufrir algún tipo de corte son altos, a pesar de que la siniestralidad no es tan alta la pérdida de un miembro del cuerpo es irreversible.

El presente proyecto describe el diseño e implementación de un Sistema de Frenado Automático mediante Visión Artificial de una máquina de corte de carne para el Frigorífico Luis J.R. apta para todos tipo de máquinas de corte que utilicen una sierra eléctrica, basada en tecnología con Hardware y Software gratis. Para su funcionamiento requiere de un sistema de visión artificial mediante una cámara digital y una Raspberry Pi que captura y procesa las imágenes en cuestión de milisegundos, el microcomputador envía una señal a una de sus salidas previamente programadas para que active el sistema de frenado que cesa el funcionamiento del motor de forma inmediata, mediante el método de Freno DC Dinámico.

El funcionamiento del sistema de detección consiste en un algoritmo que detecta el color del guante del operario de la máquina de corte, y además detecta el contorno de una mano en un límite de distancia a la sierra eléctrica, haciendo que este active una señal que es enviada al sistema de potencia que controla el freno dinámico mediante inyección de corriente DC al motor AC de la máquina con el fin de que éste se detenga de manera instantánea, evitando cortes o daños en la salud del trabajador y sobretodo evitar la pérdida irreversible de un miembro de la mano.

Como resultado se obtiene un sistema eficiente que evita la existencia de un accidente laboral y sobre todo guardando la integridad y buen funcionamiento de los equipos de trabajo, además se cuenta con una base de datos donde se almacena los eventos en que el sistema se ha activado con el fin de alertar el uso indebido de la

máquina.

**Palabras clave:** Visión Artificial, Procesamiento de imágenes, Raspberry Pi, Frenado Automático, Motor Asíncrono



## ABSTRACT

The meat industry comprises a multiplicity of tasks in its work so the operators are exposed to different types of risks inherent in each of the tasks involved. The type of equipment used is highly dangerous, as it handles pieces of extremely thin rows and powerful industrial engines so that the risks of suffering some type of cut are high, although the accident rate is not as high. The loss of a member of the body is irreversible.

This project describes the design and implementation of an Automatic Braking System by Artificial Vision of a meat cutting machine for the Luis JR Refrigerator, suitable for all types of cutting machines that use an electric saw, based on technology with hardware and Free software. For its operation requires a system of artificial vision using a digital camera and a Raspberry Pi that captures and processes images in a matter of milliseconds, the microcomputer sends a signal to one of its previously programmed outputs to activate the braking system that ceases the engine operation immediately, using the Dynamic DC Brake method.

The operation of the detection system consists of an algorithm that detects the color of the operator's glove of the cutting machine, and also detects the outline of a hand in a distance limit to the electric saw, causing it to activate a signal that is sent to the power system that controls the dynamic brake by injection of DC current to the AC motor of the machine so that it stops instantaneously, avoiding cuts or damage to the health of the worker and above all to avoid the irreversible loss of a member of the hand.

As a result, an efficient system is obtained that avoids the existence of an accident at work and, above all, keeping the integrity and good functioning of the work teams, in addition there is a database where the events in which the system has been activated are stored. in order to warn of the improper use of the machine.

**Keywords:** Artificial Vision, Image Processing, Raspberry Pi, Automatic Braking, Asynchronous Motor

## Glosario de términos y acrónimos

**API:** Application Programming Interface (Interfaz de programa de Aplicación )  
**AC:** Alternating Current  
**DC:** Direct Current  
**CV:** Computer Vision  
**DSP:** Digital Signal Processing  
**GNU:** GNU's Not Unix (GNU No es Unix)  
**GPIO:** General Purpose Input/Output  
**IESS:** Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social  
**IoT:** Internet of Things (Internet de las cosas)  
**ISS:** Integrated Sensing Systems  
**MySQL:** My Structured Query Language (Mi lenguaje estructurado de consulta)  
**OIT:** Organización Internacional de Trabajo  
**RGB:** acrónimo de Red, Green y Blue  
**RISC:** Reduced Instruction Set Computer (Ordenador con Conjunto Reducido de Instrucciones)  
**RVA:** acrónimo de Rojo, Verde, Azul  
**SBC:** Single Board Computer (PC de placa simple)  
**SGRT:** Seguro General de Riesgos del Trabajo  
**SOIC:** Small-Outline Integrated Circuit (Circuito integrado de contorno pequeño)  
**TCS:** Trajectory Control Sensor (Sensor de control de trayectoria)  
**TTL:** Transistor-Transistor Logic (Lógica Transistor-Transistor)  
**TF:** To Fill (Para Llenar)

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación presentado a continuación describe un sistema de frenado automático mediante Visión Artificial de un máquina de corte de carne, para prevenir accidentes laborales o la pérdida irreversible de algún miembro de la mano del operario, el estudio brinda una herramienta al sector cárnico o donde se hacen uso de máquinas con sierras eléctricas.

El Proyecto se encuentra estructurado con los siguientes capítulos:

### **Capítulo I**

Se describe el problema de accidentes laborales que afecta a los trabajadores que operan con máquinas cuyo uso debe ser mediante el cumplimiento de normas de seguridad y que se ven afectados por el incumplimiento de los mismos. Se presenta una alternativa de solución al problema con el planteamiento de objetivos, se establece las limitaciones de su desarrollo, su duración, y el lugar de implementación.

### **Capítulo II**

En este capítulo se presenta los antecedentes investigativos referentes al proyecto, la fundamentación teórica para su sustentación, y la propuesta de solución.

### **Capítulo III**

Se describe la modalidad de la Investigación, la recolección de la información con su procesamiento y análisis, y los pasos o procesos que se necesitan para su desarrollar e implementación.

### **Capítulo IV**

Se describe el desarrollo de la propuesta planteada, el análisis de su factibilidad y los elementos tanto de software y hardware seleccionados para el diseño e implementación del sistema de frenado automático de una máquina de corte de carne.

## CAPÍTULO 1

### El problema

#### 1.1. Tema de Investigación

*“Sistema de frenado automático mediante visión artificial de una máquina de corte de carne”*

#### 1.2. Planteamiento del problema

El mundo laboral se ha visto impactado por el desarrollo de la ciencia y tecnología generando cambios en la estructura del empleo y en las condiciones de trabajo. El progreso del sector alimenticio se destaca por parámetros como la productividad, higiene, calidad seguridad, ergonomía, robotización entre otros, que ha condicionado la evolución de la tecnología. Esto ha influido en el surgimiento de factores de riesgos con el uso de maquinaria y herramientas no siempre dotadas de sistemas de seguridad, siendo un peligro para la productividad de la empresa y sobre todo la seguridad y salud de los trabajadores.[1]

El índice de riesgos laborales en el Ecuador ha incrementado en un 4.4% desde el 2016 registrando un total de 22336 accidentes para el 2017 del cual el 57.2% son generados en el lugar de trabajo, según el Seguro General de Riesgos del Trabajo (SGRT) del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). Sin embargo los accidentes de trabajo no son reportados en su totalidad. La provincia de Tungurahua registra un total de 344 accidentes en el 2016, cuya cifra para el 2017 es la misma, indicando que no se ha implementado suficientes métodos o sistemas de prevención y seguridad que permita cambiar los resultados.[2, 3]

Actualmente la industria cárnica en el Ecuador busca un mejor desarrollo para el ahorro, rendimiento y mayor productividad, destacando el consumo de sus habitantes en carnes de res, cerdo y pollo, con un consumo en promedio de 54 kilogramos

de distintas variedades de carne, acorde a la Corporación de Ganaderos de Manabí (Corpogam), para lo que el uso de maquinaria en el procesado de carnes, tanto de faenamiento como despiece, se ha visto indispensable de modo que se cubra la demanda interna del país.[4]

Debido a la multiplicidad de tareas que comprende el sector cárnico, los operarios están expuestos a diferentes tipos de riesgos inherentes a cada una de las tareas que implica. El tipo de equipos que se utilizan son de alta peligrosidad, ya que se maneja piezas de corte extremadamente filas y con motores industriales potentes por lo que los riesgos de sufrir algún tipo de corte son altos, a pesar de que la siniestralidad no es tan alta la pérdida de un miembro del cuerpo es irreversible, tal es el caso de una mujer quiteña que perdió cuatro de sus dedos en un molino eléctrico, incidente ocurrido en una fábrica de alimentos.[5, 6]

El gobierno se ha visto en la necesidad de crear una entidad orientada a potenciar la acción preventiva de riesgos, detección de enfermedades y vigilancia de la salud de los trabajadores, creándose la Dirección de Seguridad y Salud en el Trabajo, programa sustentado en el Art. 326, numeral 5 de la Constitución del Ecuador, en Normas Comunitarias Andinas, Convenios Internacionales de OIT, Código del Trabajo, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Acuerdos Ministeriales. Sin embargo Pablo Suasnavas, Decano de la Facultad de Ciencias del Trabajo de la Universidad Internacional SEK asegura que las empresas no aplican estos principios ya que en el Ecuador se producen en promedio 67 accidentes de trabajo al día.[7, 8]

La provincia de Tungurahua está considerada entre las 8 provincias que más consume productos cárnicos. La existencia de una gran cantidad de frigoríficos y centros de despiece se debe a esto, por lo tanto la existencia de maquinaria de corte y procesado de carne es alto, a tal motivo se debe los accidentes ocurridos en donde los operarios sufren pequeños cortes en sus miembros del cuerpo en especial manos. El coste de esta adversidad diaria es enorme y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud se estima en un 4 % del Producto Interior Bruto global de cada año. Por lo que es necesario la implementación de un sistema que evite un accidente fatal como la pérdida de una extremidad y daños psicológicos en trabajadores.[9, 10]

### **1.3. Delimitación**

#### **1.3.1. De contenidos**

- **Área:** Ingenierías
- **Línea de Investigación:** Sistemas de Control.
- **Sublínea de Investigación:** Procesamiento de señales e imágenes

#### **1.3.2. Espacial**

La presente investigación se realizó en el FRIGORÍFICO LUIS JR. en la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua, Ecuador.

#### **1.3.3. Temporal**

La presente investigación se realizó en el periodo septiembre 2018 – febrero 2018 de acuerdo al Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, aprobado mediante Resolución 1196-P-CD-FISEI-UTA-2018 del 28 de junio de 2018.

### **1.4. Justificación**

En el Ecuador la producción de carne para la industria es una actividad económica importante que conlleva el uso de maquinaria con instrumentos filosos como sierras eléctricas para su procesado tanto desde el faenamamiento hasta la zona de despiece. Debido a las inadecuadas condiciones con las que laboran y los factores individuales externos a las áreas laborales y la inexistencia de sistemas de seguridad en ciertos equipos, los trabajadores están expuestos a sufrir daños en su salud.

La ergonomía ha sido desde hace algunos años y en algunos aspectos relacionados con la prevención de riesgos laborales, el factor que ha condicionado el diseño de las instalaciones y equipos para facilitar las labores de los operarios. A pesar de la implementación de muchas opciones de prevención de un accidente la irresponsabilidad de los operarios prevalece, no todos adoptan su correcto uso, debido a que estos conllevan en ciertos casos, pérdidas de tiempo por usar un nuevo instrumento o por el hecho de ser procesos repetitivos el humano tiende a confundirse, provocando pérdidas irreparables. Las máquinas de corte de carne no poseen ningún tipo de control de parada inmediata para casos en los que los operarios estén en situaciones

de peligro, poniendo en riesgo su salud.

Se evidencia el esfuerzo del gobierno por la prevención y conservación de la integridad de los trabajadores mediante organismo que regulan las prácticas y la situación en las que laboran los trabajadores con el fin de evitar daños o accidentes que afectan la salud e incluso evitar un suceso fatal. En las empresas que se utilizan herramientas cortantes como en zonas de despiece de carnes se ha adoptado medidas de seguridad como el uso de guantes de malla especiales para evitar cortes, pero no en todos los lugares su uso es constante debido al alto costo de los mismos.

Es necesario contar con un sistema de prevención de corte para una maquina cortadora de carne que permita alertar al operario cuando la mano se encuentre demasiado cerca de la sierra, y pararla en cuanto casi mantenga contacto, de tal forma que se pueda evitar el corte de un miembro de la mano o incluso la perdida misma. Además es importante que este sistema no sea una herramienta que necesite configuración o manipulación para utilizarla.

Mediante la investigación se proyecta dotar a la máquina un sistema automático con proceso controlado de parada del motor mediante visión artificial y sistemas de control automático, el cual permitirá hacer de las máquinas de corte de carne más seguras.

La factibilidad que presenta el tema de investigación planteado se debe a que se podrá prevenir un acontecimiento poco favorable y hasta fatal con la manipulación de la maquina cortadora de carne emitiendo alarmas de prevención que mediante un procesamiento de imágenes, captará la presencia del guante del operario cerca de la sierra y emitirá señales de alerta, además de evitar que la sierra eléctrica continúe moviéndose cuando este se encuentre demasiadamente cerca.

A pesar del costo que conlleva el sistema, nada compensa la pérdida de un miembro como una mano, por tanto el sistema es de gran beneficio tanto para el empleador como para el empleado, evitando pérdidas económicas posiblemente mucho más altas. Por tato los beneficiarios inmediatos serán los consumidores y el mismo que será de beneficio en la industria tanto a nivel nacional e internacional



## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. General

Implementar un sistema de frenado automático mediante visión artificial de una máquina de corte de carne.

### 1.5.2. Específicos

- Analizar el funcionamiento y seguridad que existe en la manipulación de máquinas cortadoras de carne.
- Investigar los sistemas electrónicos existentes y determinar los dispositivos adecuados para el procesamiento de imágenes.
- Diseñar un prototipo electrónico para gestionar la parada del motor de la máquina y la base de datos para el almacenamiento de la información.

## CAPÍTULO 2

### Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes Investigativos

En base a tesis y publicaciones científicas se obtienen aportes presentados a continuación:

La principal consecuencia y más riesgosa de trabajar en centros de despiece o rebanadoras de carnes es el uso de instrumentos extremadamente filosos como sierras eléctricas que presentan un alto peligro para las manos de los operadores, el incumplimiento de normas de seguridad y factores externos ajenos al operario ha incentivado el desarrollo de tecnologías, como las cortinas de seguridad EZ-SCREEN LS de Banner Engineering de México S. de R.L. de C.V., lanzado al mercado en el 2015, que permiten proteger al operario de lesiones y permanecen higiénicos para facilitar los procedimientos de limpieza que en muchos casos puede ocasionar pequeños cortes en manos. Este dispositivo está diseñado mediante dos piezas, emisor y receptor, con leds infrarrojos y fotodetectores sincronizados respectivamente que crean una barrera de seguridad brindando protección multilateral en áreas donde se requiere un mayor acceso. El diseño de detección de extremo a extremo de la EZSCREEN LS es también conocido como "sin zona ciega" y "sin zona muerta".[11, 12]

Una de las principales empresas dedicadas al desarrollo de proyectos industriales en España, SIMA Ingeniería y Montajes y especializados en maquinaria de construcción en colaboración con José María Martínez, ha desarrollado una nueva máquina tronadora de madera que protege las manos, comercializada en 2017. La cortadora de madera HANDSAFE dispone de un sistema que permite la parada automática de la maquina cuando la piel humana toca el disco, es decir que tiene la capacidad de detectar tejido humano en cuestión de milésimas de segundo, y de esta manera acciona la parada automática del giro del disco para impedir que el operario sufra daños en su mano. La forma de impedir el movimiento del disco lo hace a través de

que son accionados por el sensor ISS, el cual está programado para medir humedad, resistencia y conductividad[13].

El uso de diferentes software para el diseño de sistemas electrónicos mediante procesamiento de señales por inteligencia artificial ha facilitado varios procesos tanto de control como de automatización, así lo afirma Luis Felipe Gómez Aguilar y Javier Villasánchez Rosas quien en el año 2016, en base a su “Propuesta de un sistema de visión artificial aplicada al proceso ovoscópico en la vacunación in ovo” afirman que Labview facilita el procesamiento de imágenes con sus diferentes métodos de visión, mostrando diversas opciones de filtrado, manipulación, morfología, binarización, detección de umbral, extracción de imágenes en RGB, etc. Además, se pueden realizar HMI’s básicas dentro del mismo programa, esto con la finalidad de hacer más sencilla la interacción.[14]

Cristiane de Fátima dos Santos, Deivid do Vale Nascimento y Jucelino Cardoso Marciano dos Santos en el año 2013, en base a su investigación sobre “Um software para seleção de ovos através de processamento de imagens com customização da relação entre lucros e qualidade” mediante el uso de una cámara de video digital y el entorno de Matlab, plantean que las iteraciones y los umbrales utilizados en los procesos se pueden ajustar según las necesidades locales donde se despliega el sistema, aumentando la segmentación de iteraciones del método, el software es más sensible y pasa a reconocer defectos más pequeños. Otro aspecto que debe también ser ajustado de acuerdo a las necesidades del usuario es una aplicación de base de datos, lo que puede ir más allá de la propuesta y llevar a cabo el control sobre otra información, por ejemplo, procedente de un lote que se está procesando, el tiempo necesario para procesar los lotes, etc. En trabajos futuros se podrán emplear descriptores de imagen y se ha de establecer una comparativa.[15]

Padilla-Magaña, J, Sánchez-Suárez, Isahi y Oseguera-Espinoza, P en su artículo publicado en el año 2016, “Control Automático de una maquina seleccionadora por Color mediante la PixyCam CMUCAM5 para aseguramiento de calidad” utilizando hardware libre (sensor, controlador, actuador), propone un sistema de automatización de tareas dentro de la industria para optimizar el proceso de selección de productos, asegura que se puede obtener un sistema eficiente y eficaz utilizando software y hardware más accesible, además de enmarcar el uso de la visión artificial como una herramienta común en varios sistemas en donde el aseguramiento de la calidad es su primordial objetivo. La selección de la cámara Pixy CMUCam 5

se basa en que es un sensor de imagen con un potente procesador que se puede programar para enviar sólo la información que se está buscando con el fin que el micro controlador no se sienta abrumado por una gran cantidad de datos.[16]

## **2.2. Fundamentación teórica**

### **2.2.1. Riesgos Laborales**

Son las posibilidades de que un trabajador sufra una enfermedad o un accidente vinculado a su entorno de trabajo. Entre los riesgos laborales están las enfermedades laborales y los accidentes laborales.[17]

#### **Enfermedad laboral**

La enfermedad laboral es aquella contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar.[17]

#### **Accidente de trabajo**

Es uno de los riesgos laborales en el que los trabajadores sufren algún tipo de lesión corporal a consecuencia del trabajo que ejecuta. Frecuentemente se caracterizan por su especial gravedad, pudiendo ser consecuencia de fallos, averías o mal diseño en las partes técnicas de las máquinas o por los actos inseguros que realicen los operarios que las utilicen.[18]

#### **Peligro**

Fuente de posible lesión o daño para la salud o amenaza a la vida. Es una condición o característica intrínseca que puede causar lesión o enfermedad, daño a la propiedad y/o paralización de un proceso.[19]

#### **Riesgo**

Combinación de la probabilidad de que ocurra una posible lesión o daño y la consecuencia de no controlar el peligro.[19]

#### **Zona peligrosa**

Cualquier zona situada en el interior o alrededor de un equipo de trabajo en la que la presencia de un trabajador expuesto entrañe un riesgo para su seguridad o su salud.[20]

### **2.2.2. Seguridad de un equipo de trabajo**

Aptitud de una máquina para desempeñar su función, para ser transportada, instalada, ajustada, mantenida, desmantelada y retirada en las condiciones de uso previsto, especificadas en el manual de instrucciones (y, en algunos casos durante un periodo de tiempo dado, indicado en el manual de instrucciones) sin causar lesiones o daños a la salud.[20]

### **Máquina**

Conjunto de piezas u órganos unidos entre ellos, de los cuales uno por lo menos ha de ser móvil y, en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, etc., asociados de forma solidaria para una aplicación determinada, en particular para la transformación, tratamiento, desplazamiento y acondicionamiento de un material.[20]

### **Fiabilidad de una máquina**

Capacidad de una máquina para ejecutar su función eficientemente, para ser transportada, instalada, ajustada, mantenida, desmantelada y retirada en las condiciones de uso previsto, especificadas en el manual de instrucciones, sin causar lesiones o daños a la salud de los operarios.[21]

### **2.2.3. Maquinas cortadoras de carne**

Máquinas para uso en la industria alimentaria cárnica, cuya función es cortar piezas de distinto tamaño y cantidad. En la Figura 2.1 se muestra la cortadora de carne con sierra cinta utilizada para realizar cortes de tamaño variable de piezas de cualquier tipo de carne[21]

### **Situaciones de trabajo peligrosas**

El corte de piezas en variedad de dimensiones sujetando las piezas con las manos cerca de la cinta en movimiento sin las protecciones adecuadas como se muestra en la figura 2.2 .

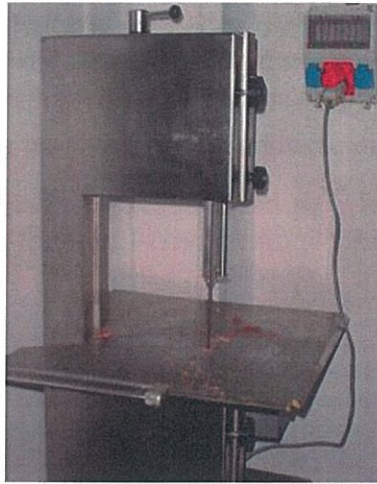


Figura 2.1: Máquina de corte de carne con sierra cinta  
Fuente: BASEMAQ [21]

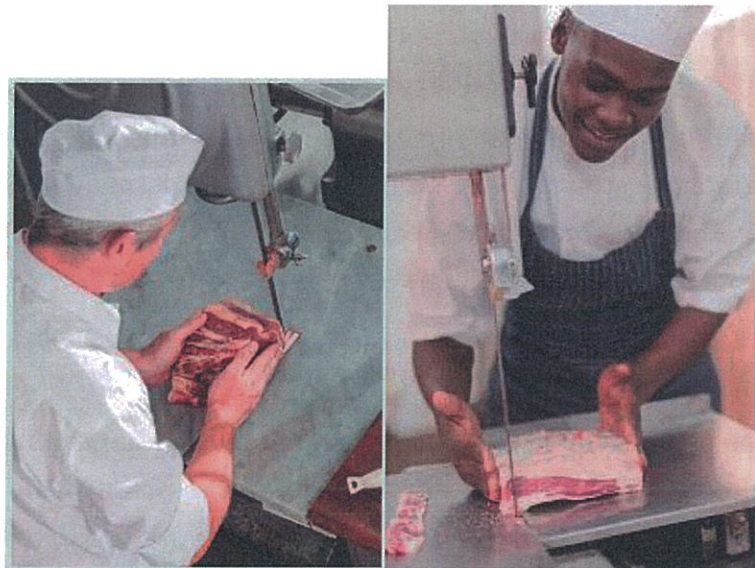


Figura 2.2: Situaciones de trabajo peligrosas  
Fuente: BASEMAQ [21]

#### 2.2.4. Sistemas de Control

Los sistemas de control son procesos que están formados por un conjunto de elementos relacionados entre sí para alcanzar un determinado fin; ofrecen señales de salida en función de señales o datos de entrada, lo que permite seleccionar la acción de control adecuada para mejorar las respuestas previstas. La regulación y control de procesos industriales permiten la automatización de la producción, mejorando la calidad del producto, incrementando la seguridad, disminución del consumo energético, optimización del coste de producción y mantenimiento, etc.[22]

### **2.2.5. Microcontroladores**

Un micro-controlador es un circuito integrado que posee memoria para almacenar programas, un procesador para ejecutar los programas y periféricos de entrada/salida para conexión de interrupciones, sensores o actuadores. Un micro-controlador puede reemplazar a un circuito electrónico completo, dentro de algunas de las ventajas están el aumento de la confiabilidad por el uso de menor número de componentes, simplificación de ensamblaje de sistemas, flexibilidad y adaptabilidad al hardware electrónico, rapidez en las modificaciones y desarrollo del producto mediante cambios a nivel de software.[23]

### **2.2.6. Sistemas Embebidos**

Un sistema Embebido es un dispositivo controlado por un procesador, dedicado a realizar una única tarea o una serie de ellas. Algunos sistemas embebidos son únicos en su tipo o se construyen para proyectos específicos. Por ejemplo: Embebidos en industria automotriz: navegador GPS, de la aviación: piloto automático, control de aterrizaje. Embebidos en telecomunicaciones: routers, módems. Embebidos en comunicaciones: teléfonos celulares. Embebidos en el hogar: control de heladeras, microondas, robots que aspiran o cortan pasto. Etcétera. Todos (o casi casi todos) están compuestos por software y hardware diseñados específicamente para la tarea que tienen que cumplir, e interactuando muy cercanamente. Los microcontroladores se encuentran presentes en numerosos sistemas embebidos.[24, 25]

### **2.2.7. Procesamiento digital de señales**

El procesamiento digital de la señal (DSP, digital signal processing) es la manipulación de las señales analógicas empleando métodos digitales. En el procesamiento digital influye el filtrado, la igualación y desplazamiento de fase. Los pulsos digitales se pueden guardar con mayor facilidad que las señales analógicas, además, se puede cambiar fácilmente la rapidez de transmisión adaptándose a distintos ambientes e interconectar distintas clases de equipos.[35]

### **2.2.8. Procesamiento de Imágenes**

El procesamiento de imágenes es la disciplina orientada a obtener, mediante herramientas de programación, imágenes mejoradas o modificadas con efectos especiales para un propósito específico.[36]

### **2.2.9. Imagen**

Se puede considerar a la imagen como una señal bidimensional definida por la función matemática  $f(x,y)$ , donde  $x$  y  $y$  corresponden a las coordenadas horizontal y vertical respectivamente, El valor de  $f(x,y)$  en cualquier punto dado es un valor que representa cierta característica de ese punto (o pixel) como el brillo, intensidad, color, etc.[27]

#### **Imagen Digital**

Cuando la función que representa a una imagen está compuesta por valores discretos, se trata de una imagen digital. Lo que esto quiere decir es que la imagen está formada por un número finito de elementos organizados en arreglos matriciales de dos o más dimensiones. A cada uno de estos elementos se los considera como la unidad más pequeña que conforma la imagen, y se los llama pixeles. Dependiendo de su resolución, una imagen puede contener cientos, miles y hasta millones de pixeles, que pueden ser apreciados cuando se la amplía lo suficiente.[31]

#### **La resolución**

La resolución es una imagen digital de mapa de bits es la característica que le permite tener mayor o menor nitidez o calidad visual, y apreciar mayor o menor detalle en la imagen.[26]

#### **El pixel**

Las dimensiones del área que ocupa una imagen digital, alto y ancho, ya que siempre son cuadrangulares, se miden en pixeles. El pixel es la unidad mínima de color homogéneo que constituye una imagen digital bitmap, sea este una fotografía, un gráfico o un fotograma de video digital, las dimensiones de una imagen están íntimamente relacionadas con la resolución y el aspecto de la imagen. [26]

#### **Modo de color**

Hay varios modos de color o maneras en las que se constituye el color en una imagen digital, el más usual y utilizado es el RGB.[26]

#### **Modo RGB**

RGB es el acrónimo de Red(rojo), Green (verde) y Blue (azul), que también puede encontrarse representado por las siglas RVA. En el modo RGB, el color de cada pixel



esta compuesto por una cierta cantidad de rojo, verde y azul. A la combinación de determinadas cantidades de luz de estos colores se la conoce como mezcla aditiva de colores.[26]

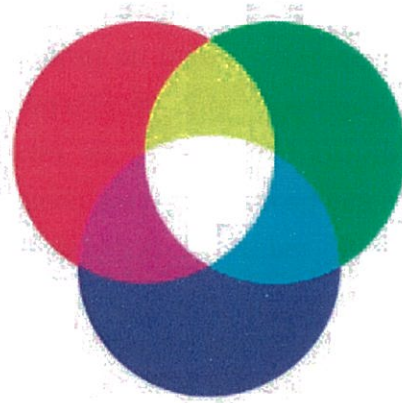


Figura 2.3: Modo RGB

Fuente: Una introducción a la imagen digital y su tratamiento [26]

#### **2.2.10. Inteligencia Artificial**

Según la Encyclopedia Of Artificial Intelligence “La Inteligencia Artificial es un campo de la ciencia y de la ingeniería que se ocupa de la comprensión, desde el punto de vista informático, de lo que denomina comúnmente comportamiento inteligente. También se ocupa de la creación de artefactos que exhiben este comportamiento”[33]

#### **2.2.11. Visión artificial**

La visión artificial, también conocida como visión por computador, tiene como objetivo el crear modelos computacionales equiparables a la visión humana. Se puede definir como un campo de la “Inteligencia Artificial” que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales. [28]

#### **Aplicaciones de la visión artificial**

- Reconocimiento óptico de caracteres
- Reconstrucción de entornos tridimensionales a partir de imágenes 2D
- Detección de rostros y expresiones
- Inspección visual automática a nivel industrial
- Reconocimiento y seguimiento de objetos

- Procesamiento de imágenes biomédicas

## Aplicaciones Industriales

“La visión por computador está innovando los procesos de manufactura en cuatro áreas importantes: inspección visual de productos, identificación y clasificación de partes, control de procesos, y guía de sistemas robóticos”. El sector industrial de alimentos es uno de los beneficiarios de esta tecnología y ya lleva varios años implementándola en sus procesos. Tareas como la inspección de productos cárnicos y agrícolas están siendo realizadas por sistemas de visión capaces de clasificarlas según sus características y evaluar su calidad. De manera similar, la industria de manufactura se ayuda de la visión artificial en sus operaciones de identificación de piezas, ensamblaje automatizado y detección de fallas.[30]

## Proceso operativo de la visión artificial

El procesamiento es el mecanismo de extracción de información de una imagen digital y puede efectuarse externamente en un sistema basado en PC o internamente en un sistema de visión independiente. El procesamiento se realiza con software y consta de diversos pasos. En primer lugar, se adquiere una imagen desde el sensor. En algunos casos, puede ser necesario un procesamiento previo para optimizar la imagen y garantizar que destaquen todas las características necesarias. A continuación, el software localiza las características específicas, hace medidas y las compara con las especificaciones. Por último, se toma una decisión y se comunican los resultados[37]. La secuencia a seguir en el proceso operativo es:

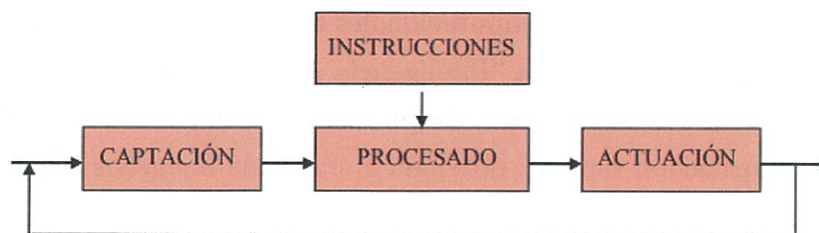


Figura 2.4: Proceso operativo de la Visión Artificial  
Fuente: CONTAVAL [37]

- **Captación.** Obtención de la imagen visual del objeto a inspeccionar.
- **Instrucciones.** Conjunto de operaciones a realizar para resolver el problema.
- **Procesado.** Tratamiento de la imagen mediante las instrucciones aplicadas.

- **Actuación.** Sobre el entorno (aparato, pieza, elemento) en función del resultado obtenidos

### Método de captación de imágenes mediante visión artificial

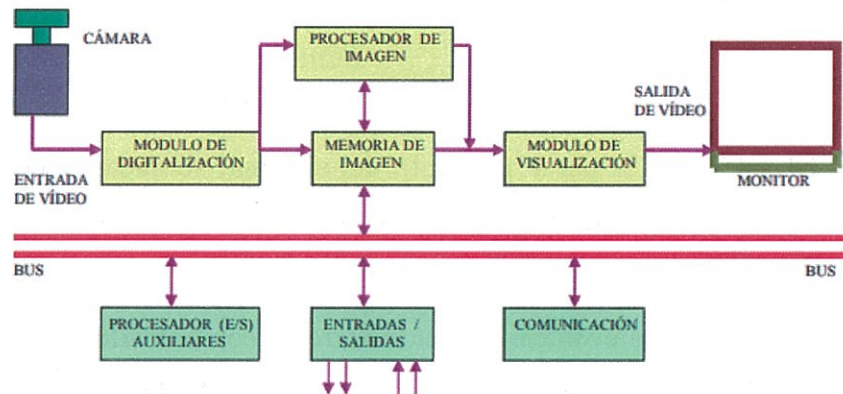


Figura 2.5: Método de captación de imágenes  
Fuente: CONTAVAL [37]

- **Módulo de digitalización.** Convierte la señal analógica proporcionada por la cámara a una señal digital (para su posterior procesamiento).
- **Memoria de imagen.** Almacena la señal procedente del módulo de digitalización.
- **Módulo de visualización.** Convierte la señal digital residente en memoria, en señal de vídeo analógica para poder ser visualizada en el monitor de TV.
- **Procesador de imagen.** Procesa e interpreta las imágenes captadas por la cámara.
- **Módulo de entradas/salidas.** Gestiona la entrada de sincronismo de captación de imagen y las salidas de control que actúan sobre dispositivos externos en función del resultado de la inspección.
- **Comunicaciones.** Vía I/O, Ethernet, RS232

#### 2.2.12. Componentes de un sistema de visión artificial

- **Iluminación.-** Determina la intensidad de luz necesaria, de acuerdo a la superficie a iluminar, al color del objeto y al espacio disponible

- **Cámara.-** Su función es capturar la imagen proyectada en el sensor, vía las ópticas, para poder transferirla a un sistema electrónico.
- **Óptica.-** Las ópticas se utilizan para transmitir la luz al sensor de la Cámara de una forma controlada para poder obtener una imagen enfocada de uno o varios objetos.

$$Distancia = \frac{Tama\~{n}odelsensor}{Tama\~{n}odelobjeto}$$

- **El PC.-** Es la parte pensante del sistema, se encarga no solo de recoger y mostrar las imágenes capturadas, si no de procesarlas para llevar a cabo su cometido.
- **Software-** La evolución del hardware ha comportado el desarrollo de librerías de visión que puedan funcionar en entornos estándar de todo tipo de sistemas operativos como de procesadores. La base del software de un sistema de visión es la interpretación y análisis de los pixeles

### 2.2.13. Phyton

Pyhton es un lenguaje de programación que permite trabajar con una velocidad mayor y sobre todo integrar distintos sistemas de manera eficiente. La utilización de este lenguaje de programación puede aumentar la productividad en las empresas y reducir costos de mantenimiento. Al igual que otros lenguajes, Python puede ser empleado en distintos sistemas operativos como Windows, Linux o MAC, limitando su funcionalidad en cada uno de ellos en concordancia con los módulos que puedan emplearse y las versiones de Python.[34]

### 2.2.14. OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca de software de código abierto que se emplea en tareas de procesamiento de imagen, visión por computador y aprendizaje de máquina. Se publica bajo una licencia BSD y, por lo tanto, es gratis para uso académico y comercial. Tiene interfaces C ++, Python y Java y es compatible con Windows, Linux, Mac OS, iOS y Android. OpenCV fue diseñado para la eficiencia computacional y con un fuerte enfoque en las aplicaciones en tiempo real. Escrita en C / C ++ optimizado, la biblioteca puede aprovechar el procesamiento multi-core. Habilitado con OpenCL, puede aprovechar la aceleración de hardware de la plataforma de cómputo heterogénea subyacente.[32]

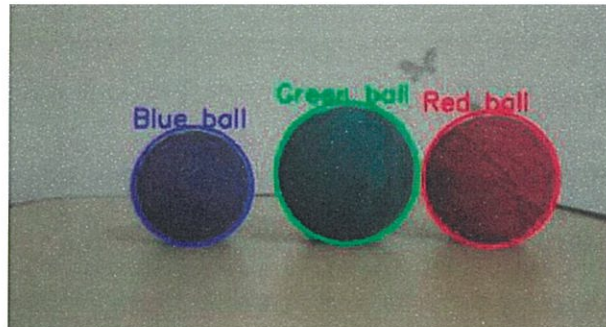


Figura 2.6: Detección y seguimiento de múltiples objetos de color usando OpenCV  
Fuente: OPEN CV[32]

### 2.2.15. Base de Datos

Es una entidad de almacenamiento de datos de manera estructurada, estos datos pueden ser utilizados posteriormente por cualquier programa o usuario, es decir su fin es el de compartir algún tipo de información.

#### Herramientas para el manejo de base de datos

##### MYSQL

Es un intérprete de órdenes SQL, que es un tipo de lenguaje vinculado a operaciones que se pueden realizar en un abase de datos. MYSQL brinda la opción de manipular la base de datos y obtener resultados en forma de tablas.[38]

##### MARIADB

Es un servidor de base de datos creado bajo licencia de Software libre, convierte los datos en información estructurada y permite vincularlas con sitios web.[39]

##### PHPMYADMIN

Es una herramienta se Software libre con interfaz gráfica escrita en PHP, permite administrar funciones de MySQL desde la web. Permite manipular la base de datos y presentarlas mediante tablas, índices, entre otros.[40]

### 2.2.16. SBC

Single Board Computer o Pc de placa única, son placas que contienen todos o la mayor parte de los componentes de un ordenador, caracterizados por su tamaño reducido y precio accesible. Ejemplos de placas SBC son las que se enlistan a continuación y se muestran en la figura 2.7[45]:

- Raspberry Pi:
- BeagleBone Black
- PcDuino
- Pandaboard

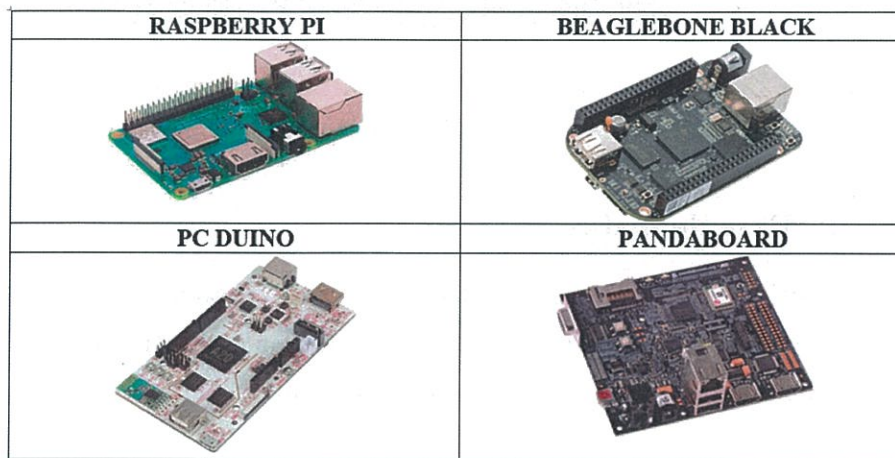


Figura 2.7: Ejemplos de placas SBC más comunes  
Elaborado por: Investigadora

### 2.2.17. Motor Eléctrico

Se podría definir un motor eléctrico como una máquina eléctrica rotatoria responsable de transformar la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas fundamentalmente por un estator y un rotor además de otros elementos que complementan su funcionamiento como las que se enlistan a continuación y me muestran en la figura[41]:

- **Carcasa:** Es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación.
- **Estátor:** Constituye la parte fija del motor y es el elemento que opera como base, para que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor.
- **Rotor:** Constituye la parte móvil del motor y es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica.
- **Rodamientos:** Dispositivo mecánico que mantiene el eje o rotor en suspensión, separado del devanado estatórico.

- **Ventilador:** Dispositivo que absorbe el aire del ambiente y lo hace circular por las ranuras de ventilación de la carcasa.
- **Placa de bornes:** Contiene la regleta donde se conecta el devanado estatístico a la red de alimentación.

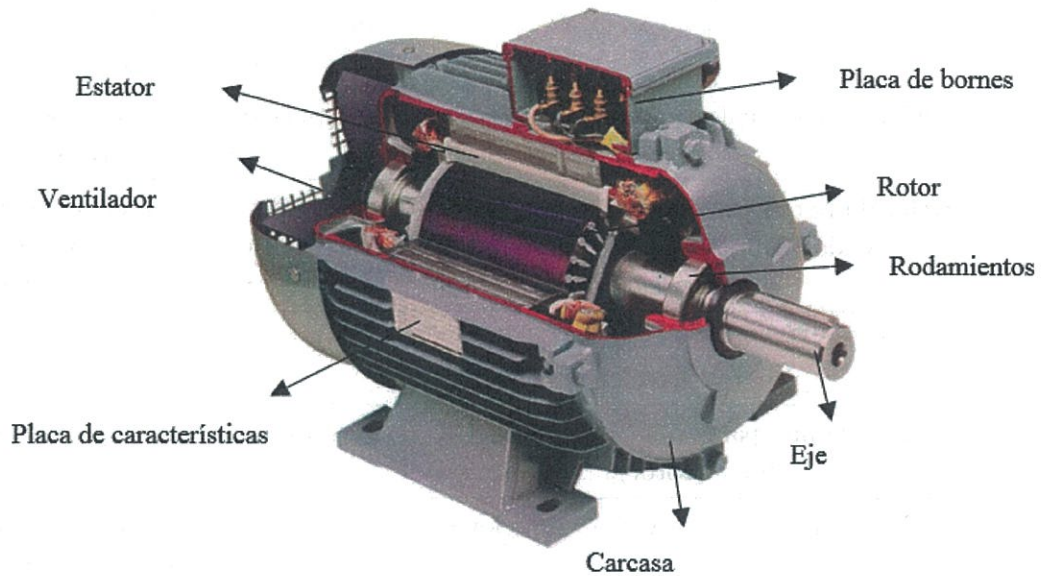


Figura 2.8: Partes principales de un motor eléctrico  
Elaborado por: Investigadora

### 2.2.18. Clasificación de los motores eléctricos

Los motores de corriente continua y los motores síncronos de corriente alterna tienen una utilización y aplicaciones muy específicas. En el cuadro 2.9 se muestra la clasificación de los diferentes motores eléctricos. [41]

Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, tienen aplicaciones más generalizadas gracias a su fácil utilización, poco mantenimiento y bajo costo de fabricación.

Tabla 2.1: Características principales de motor monofásicos y trifásicos  
Fuente: Freno de máquinas asíncronas o de inducción[41]

<b>MOTORES ASÍNCRONOS</b>	
<b>Motor Monofásico</b>	<b>Motor Trifásico</b>
Fuente de potencia monofásica	Fuente de potencia trifásica
Potencia de hasta 3KW	Potencia de hasta 300KW y velocidades entre 900 y 3600 RPM
Alimentación entre una fase y neutro	Es impulsado por tres corrientes alternas de la misma frecuencia
Preferido para el uso en hogares, oficinas, tiendas, empresas pequeñas no industriales	Muy usado en el sector industrial ya que posee una potencia mayor de 150 % que un motor monofásico
Necesita de un condensador para el arranque.	Arranca por si solo
Consta de una parte fija (estator) y otra móvil (rotor).	Consta de una parte fija (estator) y otra móvil (rotor).
Ejecución más ruidosa y con vibraciones	Tiene una marcha más pareja que el motor monofásico. No produce vibraciones y es mucho menos ruidoso
Fáciles de reparar y cuidar	Más robustas
Precio más asequible	Su costo suele ser un poco más elevado.

### 2.2.19. Fundamentos del motor asíncrono

Se da el nombre de motor asíncrono al motor de corriente alterna cuya parte móvil gira a una velocidad distinta a la de sincronismo.

Son mayormente utilizados en la industria por sus grandes ventajas sobre los motores dc en su construcción y robustez, siendo capaces de operar en ambientes peligrosos y requiriendo un mantenimiento mínimo. Las desventajas en este tipo de motores como el ajuste de par-velocidad, intensidad de corriente para el arranque y la regulación de velocidad, han dejado de ser limitantes gracias a los variadores de velocidad.[42]



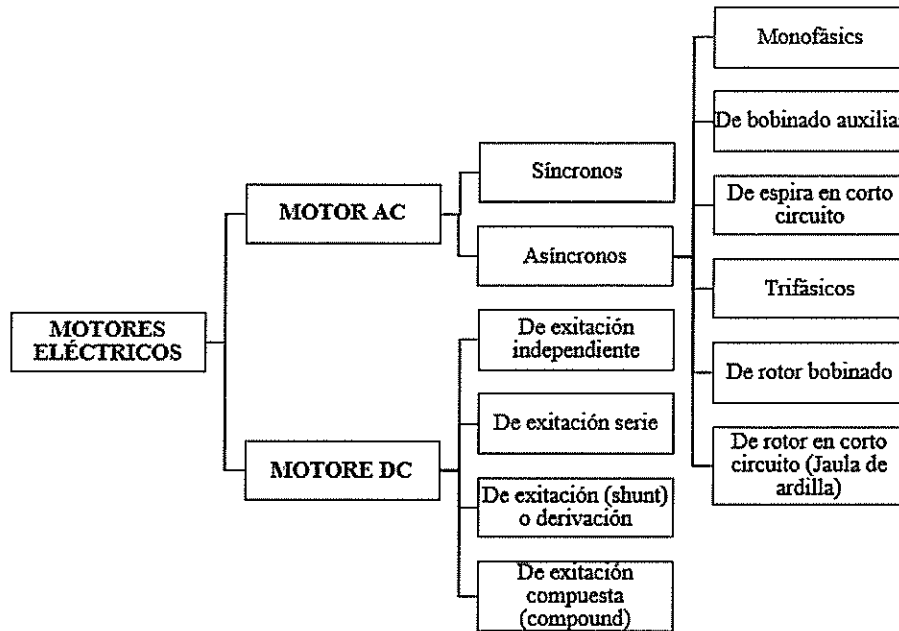


Figura 2.9: Clasificación de los motores eléctricos  
Elaborado por: Investigadora

### Velocidad de sincronismo

La velocidad de sincronismo de los motores eléctricos viene dada cuando el estator de una máquina asíncrona de  $p$  pares de polos, esta recorrido por un sistema equilibrado de corrientes de frecuencia  $f_1$ (Hz), el campo magnético que se obtiene gira con una velocidad  $n_1$  r.p.m., y esta definida por la ecuación:

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} \quad (2.1)$$

$$\Omega_1 = \frac{2\pi}{60}n_1 = \frac{2\pi f_1}{p} \quad (2.2)$$

Donde:

$n_1$ = Número de revoluciones por minuto.

$f$ = Frecuencia de la red.

$p$ = Numero de pares de polos de la máquina.

### Deslizamiento

Si el eje de la máquina gira a una velocidad de  $n$  r.p.m. o  $\Omega$  rad/s, su deslizamiento es una magnitud adimensional cuya ecuación se obtiene de la siguiente manera:

$$s = \frac{n - n_1}{n_1} = \frac{\Omega_1 - \Omega}{\Omega_1} \quad (2.3)$$

### Velocidad Relativa

La velocidad a la cual el rotor ve girar al campo magnético; se llama  $n_2$  cuando se mide en r.p.m. y  $\Omega_2$  cuando se mide en rad/s.

$$n_2 = n_1 - n = s * n_1 \quad (2.4)$$

$$\Omega_2 = \Omega_1 - \Omega = s * \Omega_1 \quad (2.5)$$

En el rotor se inducen fuerzas electromotrices (f.e.m.), por donde circulan corrientes de frecuencia  $f_2$  y pulsación  $\omega_2$

$$f_2 = \frac{p * n_2}{60} = \frac{p \Omega_2}{2\pi} = s * f_1 \quad (2.6)$$

$$\omega_2 = 2\pi f_2 = p \Omega_2 = \frac{2\pi}{60} * p * n_2 \quad (2.7)$$

Curva de par de una máquina asíncrona alimentada con  $V_1$  y  $f_1$  constantes

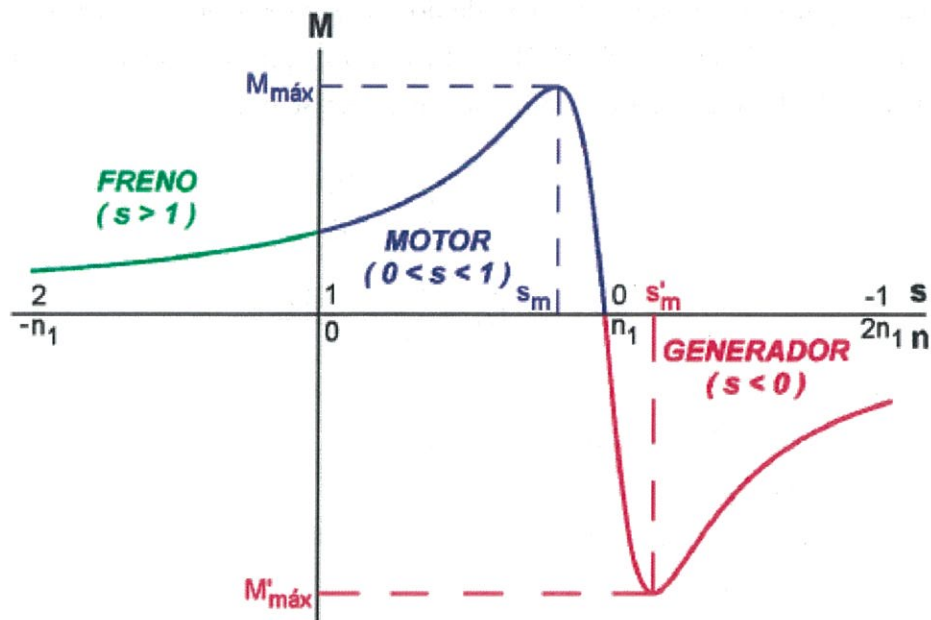


Figura 2.10: Curva de par de una máquina asíncrona polifásica a  $V_1$  y  $f_1$  constantes

En la curva par que muestra la Figura 2.10 el campo magnético gira con una velocidad  $n_1$  positiva y las pérdidas mecánicas  $P_m$  son despreciables, por tanto se va a trabajar con el par interno  $M$  igual al par útil  $M_u$ .

$$M_u = \frac{P_u}{\Omega} \quad (2.8)$$

$$M = \frac{P_{mi}}{\Omega} \quad (2.9)$$

$$M_u \approx M$$

En la curva de par de la Figura 2.10 se distinguen tres formas de funcionamiento de la máquina:

- Motor: Cuando la velocidad  $n$  tiene un valor entre 0 y  $n_1$ , en la ecuación 2.3 el deslizamiento  $s$  toma valores entre 1 y 0.
- Generador: Cuando la velocidad  $n$  es mayor a  $n_1$ , lo que equivale a que el deslizamiento  $s$  sea negativo.
- Freno a contra corriente: Cuando la velocidad  $n$  es de sentido contrario a  $n_1$ , es decir que en la ecuación 2.3,  $s$  tome valores mayores a 1.

### 2.2.20. Frenado del motor asíncrono

Los motores eléctricos impulsan generalmente máquinas cuya frecuencia debe ser frenada en determinados momentos, para lo cual las opciones posibles son con frenos mecánicos y utilizar los propios motores eléctricos como dispositivos de freno.

Un motor asíncrono tiene varios métodos de frenado [43]:

1. Freno Regenerativo
2. Freno por Inversión
3. Freno DC Dinámico

#### Freno Regenerativo

También llamado freno por recuperación, funciona cuando el motor es conducido a una velocidad mayor que la velocidad síncrona, produciendo una acción de frenado y tratando de restablecer su velocidad normal, es decir el motor actúa como generador.

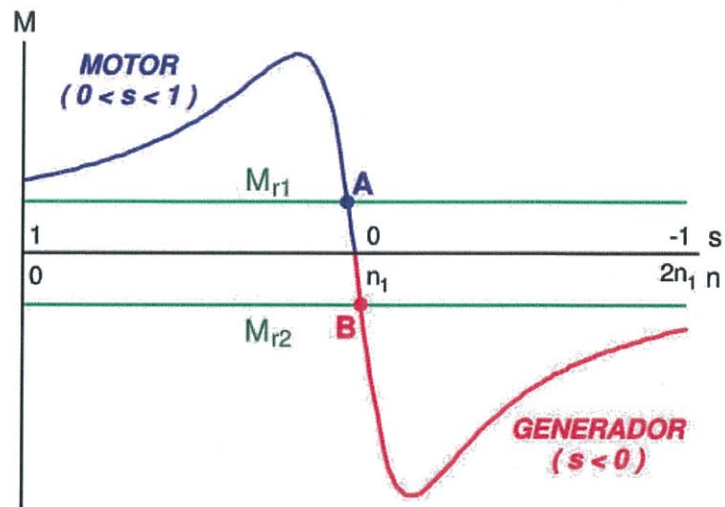


Figura 2.11: Freno Regenerativo

Fuente: Diseño y construcción del sistema de frenado dinámico para un vehículo eléctrico[43]

En la Figura 2.11 se muestra la curva cuando funciona como motor, se da un par  $M$ , el par del motor  $M$  debe vencer el par resistente  $M_r$ , y cuando se obtiene un par resistente  $M_r$  negativo empieza a funcionar con una velocidad mayor a la de sincronismo actuando como freno o como generador.

### Freno por Inversión

También llamado freno a contracorriente en donde se invierte el sentido del campo magnético con respecto al giro del rotor, por tanto según la ecuación 2.3  $s$  toma valores mayores a 1 y ejerce un par de freno.

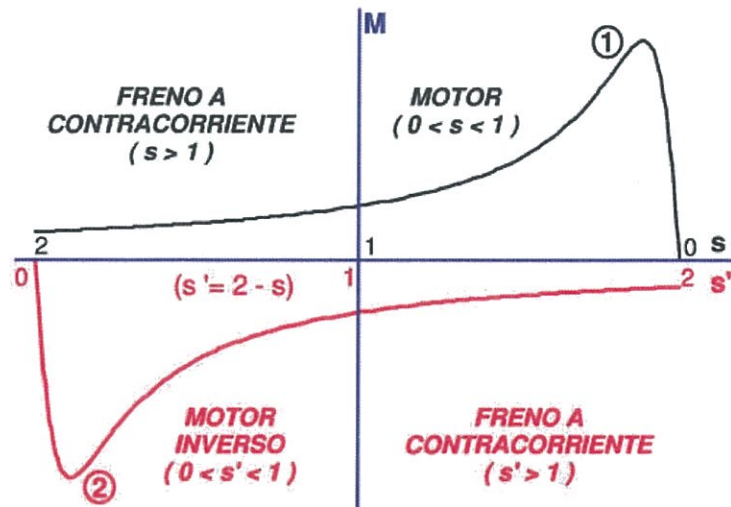


Figura 2.12: Freno por inversión.

Fuente: Diseño y construcción del sistema de frenado dinámico para un vehículo eléctrico[43]

La curva 1 de la Figura 2.12 representa el par cuando la velocidad de sincronismo  $n_1$  es positiva y la curva 2 cuando el par cuando se invierte el sentido de giro del campo magnético y  $n_1$  es negativo.

La energía de freno absorbe potencia eléctrica y potencia mecánica transformándose en calor siendo peligroso para la máquina, y para reducir estas corrientes es necesario utilizar sistemas similares a los de arranque.

### Frenado DC Dinámico

También llamado freno por inyección de corriente continua, consiste en separar el devanado del estator de la red de alimentación y conectar a una tensión continua, el estator es alimentado con corriente continua, apareciendo en el entre hierro un campo magnético fijo que induce f.e.m.s en los conductores del rotor cuando esta en movimiento, como el devanado rotórico esta en cortocircuito por él circulará una corriente de gran intensidad y los conductores quedarán sometidos a una fuerza que según la ley de Lenz, el sentido de las fuerzas sera tal que frenará el motor.[42]

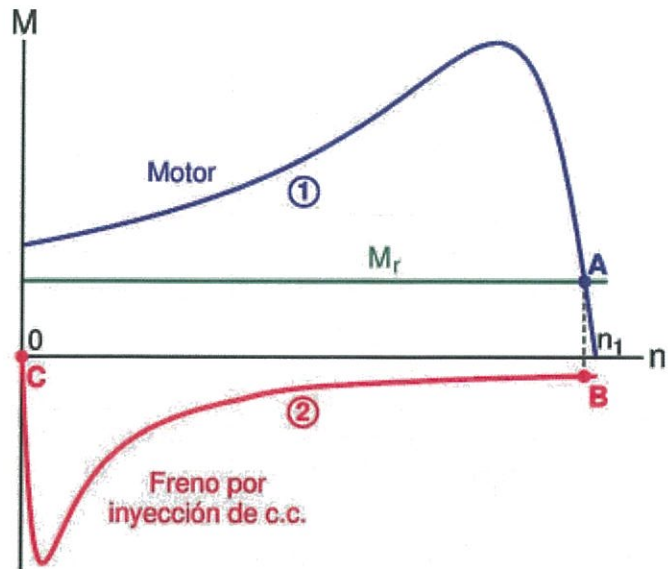


Figura 2.13: Freno por inyección de DC

Fuente: Diseño y construcción del sistema de frenado dinámico para un vehículo eléctrico[43]

En la curva 1 de la Figura 2.13 se aprecia cuando la máquina actúa como motor, teniendo un punto de funcionamiento A, al inyectar corriente continua pasa a formar la curva 2 y por la inercia el motor conserva su velocidad hasta el punto de funcionamiento B, en ese momento existe el par resistente de la carga  $M_r$  y el par del motor  $M$ , haciendo que la velocidad descienda rápidamente y el motor se detenga.

La energía de freno se transforma en calor cuando se frena frecuentemente, por lo que hay que utilizar ventiladores para obtener refrigeración.

### 2.3. Propuesta de solución

La implementación de un prototipo de sistema de control y seguridad mediante visión artificial para el FRIGORÍFICO LUIS JR., que controla el proceso de frenado automático de una sierra eléctrica permitiendo la prevención de accidentes en el uso de máquinas de corte de carne, generando alarmas de advertencia cuando la mano se encuentre en zona de peligro.

## **CAPÍTULO 3**

### **Metodología**

#### **3.1. Modalidad Básica de la investigación**

En el presente proyecto se realizó una investigación aplicada, debido a que se hizo uso de herramientas y conocimientos existentes para la implementación del sistema de frenado automático mediante visión artificial de una máquina cortadora de carne.

Además se requirió un sustento bibliográfico a través de revistas, libros y publicaciones como soporte científico al proyecto, tomando como referencia el desarrollo de sistemas semejantes que estén relacionados con el tema planteado.

El proyecto también presentó una investigación de campo debido a que se realizó un análisis de las condiciones en las que se está desarrollando el problema, se determinó los factores que influyeron en las causas y efectos, y el impacto social sobre los afectados.

#### **3.2. Recolección de información**

Para la recolección de información del presente proyecto, fue necesario realizar visitas en la zona de trabajo y uso de las máquinas (Anexo A) , entrevistas realizadas (Anexo N), libros, revistas científicas, trabajos de investigación, datos estadísticos, publicaciones científicas e Internet, además de la guía del docente tutor para el desarrollo del prototipo. Además, a través de la investigación bibliográfica se determinó las técnicas más factibles para el manejo del sistema en cuanto concierne a interfaces amigables para visualización de resultados, procesamiento de señales, bases de datos y controladores.

#### **3.3. Procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento y análisis de datos se realizó de la siguiente manera:

- Se recopiló información bibliográfica relacionada con el problema y de experiencias basadas en el tema de investigación.
- Se realizó un análisis comparativo entre las características principales de las tecnologías posibles a utilizarse para su adecuada selección.
- Se estructuró el proceso óptimo para la programación y procesamiento de los datos obtenidos por el sensor.
- Se revisó los datos obtenidos mediante un registro de los eventos en una base de datos.
- Se validó los resultados para detección de errores o respuestas contradictorias en la eficiencia del sistema.

### 3.4. Desarrollo del Proyecto

Para poder desarrollar el prototipo del sistema, se deben realizar los siguientes pasos.

1. Recopilación de la información mediante visitas al centro de despiece de carne.
2. Investigación en diversas fuentes bibliográficas, sobre temas relacionados con accidentes laborales en industrias cárnicas.
3. Análisis de parámetros importantes para el diseño del sistema, y las variables que intervienen.
4. Análisis comparativo entre diferentes sensores para la adquisición de datos.
5. Selección de la tecnología y los componentes electrónicos adecuados para el funcionamiento del sistema.
6. Elaboración del sistema de sensorización y comprobación de su correcto funcionamiento.
7. Comprobación del sistema para el proceso del frenado de motor y adecuación precisa en la maquina cortadora de carne.
8. Determinación de parámetros necesarios para el diseño de la base de datos.
9. Diseño de la interfaz de la base de datos requerida y unificación del sistema.
10. Realización de pruebas y comprobación del correcto funcionamiento del prototipo de control y seguridad para prevención de accidentes en máquinas cortadoras de carne.



11. Desarrollar el informe escrito del proyecto de investigación.

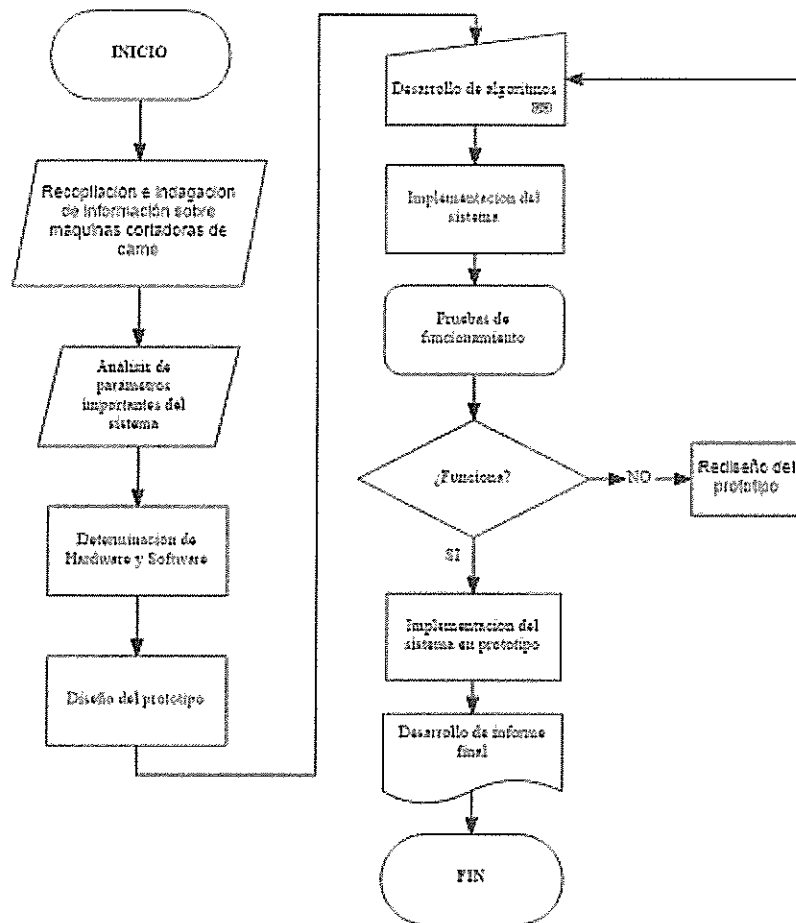


Figura 3.1: Diagrama de flujo del proceso de realización del proyecto  
Elaborado por: Investigadora

## CAPÍTULO 4

### Desarrollo de la propuesta

El consumo de carnes en el Ecuador ha ido aumentando a medida que existe mayor procesamiento y variedad que abarca un amplio sector en el mercado, conllevando a esto la existencia de varias carniceras y lugares de faenamiento. Debido a las características de modo de consumo en el Ecuador las micro empresas como frigoríficos y pequeñas carnicerías son las encargadas del corte y venta inmediata de la carne. Los accidentes que se dan normalmente en estos lugares de trabajo son debido a diversos factores entre estos esta la falta de formación en materia preventiva de los trabajadores.

La incidencia de accidentes de trabajo en el sector cárnico en el Ecuador ha disminuido, ya que en el mercado existe variedad de productos que ayudan a los operarios a contrarrestar riesgos en la manipulación de equipos o herramientas, pero estos no han terminado con este problema, debido a que estos deben ser previamente ajustados y adaptados a su talla para su comodidad mediante de ajustes necesarios que conllevan tiempo antes, durante y después de realizar las tareas de corte de carne.

Esta situación a llevado a que los trabajadores dejen de utilizar los elementos individuales de protección en momentos en los que las tareas se las debe realizar de manera inmediata, por ende se dan los accidentes como cortes e incluso fatales como pérdidas de miembros de las manos.

Los sistemas inteligentes buscan cada vez que las maquinas puedan realizar las tareas de manera eficiente y brindar la comodidad de quienes las utiliza y sobre todo que este proteja su integridad, por tanto el uso de un sistema que se adapte a estas herramientas de corte es indispensable para evitar algún tipo de accidente en circunstancias en donde no exista el correcto uso de la maquina o exista algún problema externo a la maquina que provoque daños en el trabajador. El sistema implementado en la máquina de corte con sierra eléctrica puede adaptarse

y replicarse en pequeñas, medianas o grandes empresas dedicadas al corte de carne de diversos tipos.

#### **4.1. Análisis de Factibilidad**

##### **4.1.1. Factibilidad Técnica**

El presente proyecto de investigación es técnicamente factible debido a que los equipos, elementos electrónicos y mecánicos requeridos han sido estudiados y comprobados para su uso en diversos campos además de ser comerciales y poder adquirirlos fácilmente dentro del país. Además, de emplear tecnología basada en Hardware y Software libre.

##### **4.1.2. Factibilidad Económica**

El desarrollo del proyecto es económicamente factible debido a que los gastos fueron financiados por la investigadora.

##### **4.1.3. Factibilidad Bibliográfica**

La información requerida para este proyecto es de libre acceso y se obtuvo de libros, publicaciones científicas, repositorios, tesis de ingeniería entre otros.

#### **4.2. Requerimientos del prototipo**

Para llevar a cabo el proyecto fue necesario que el sistema cumpla a cabalidad cada una de las funciones necesarias en cada proceso. El enfoque del sistema es detectar la mano del operario de la maquina de corte de carne, cerca de la sierra eléctrica y frenarla instantáneamente para evitar cualquier riesgo de corte o pérdida de un miembro de la mano, por tanto el sistema deberá cumplir con las funciones optimas como sensorización, detección, y freno inmediato y sin presentar ningún tipo de retardo o falla. Los requerimientos necesarios del sistema son:

- El sistema debe detectar de manera precisa e instantánea la presencia del guante o mano cerca de la sierra eléctrica.
- El sistema de detección debe funcionar sin presentar ningún retardo o falla en la adquisición de datos y en el procesado del mismo.
- El sistema de freno de la máquina debe actuar al instante y que este no presente ninguna falla mecánica o algún tipo de retardo.

- Debe existir alarmas de seguridad para cuando la mano se encuentre en zona de peligro y alertar el mal uso de la máquina.

El presente diagrama de bloques muestra un bosquejo de la interacción entre los elementos principales del prototipo tanto en software como en hardware se muestra en la Figura 4.1.

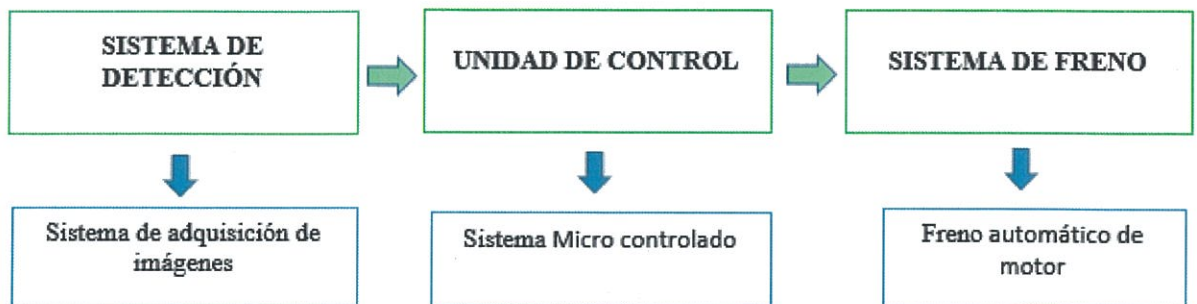


Figura 4.1: Diagrama de bloques de la interacción entre sistemas.  
Elaborado por: Investigadora

#### 4.2.1. Hardware

Para el sistema de control fue necesario el uso de los siguientes elementos:

- La cámara digital encargada de la adquisición y transmisión de la señal para el análisis en la micro computadora.
- El sensor de color, como sistema de respaldo detecta la presencia del guante mediante detección de color
- La micro computadora se encarga del análisis de la imagen adquirida, mediante algoritmos que comparan y analizan su situación alojando la información en una base de datos.
- El micro controlador procesa la señal análoga y la convierte a digital para su posterior proceso
- El circuito de potencia que permite el freno del motor de manera instantánea y sin que este sufra daños.

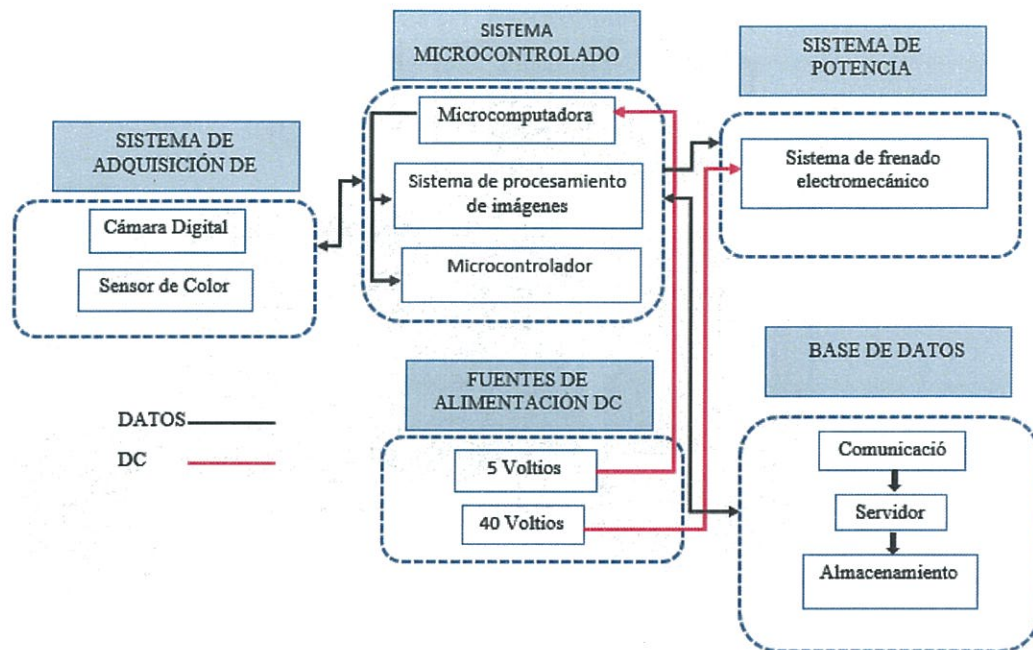


Figura 4.2: Diagrama de bloques del sistema de frenado automático  
Elaborado por: Investigadora

#### 4.2.2. Software

Las especificaciones del prototipo requieren de un programa que permita realizar cálculos matemáticos y procesar algoritmos de alto nivel, además de que este permita el almacenamiento de información para su uso posterior. Además el programa debe tener la capacidad de configurar entradas y salidas y añadir funciones a estas.

#### 4.3. Diseño del prototipo

El sistema está basado en etapas y subsistemas complementarios que requieren varios componentes, análisis y procesos para su desarrollo, los mismos que se detallan a continuación. En la Figura 4.3 se presenta la interconexión de los dispositivos necesarios para el funcionamiento del prototipo.

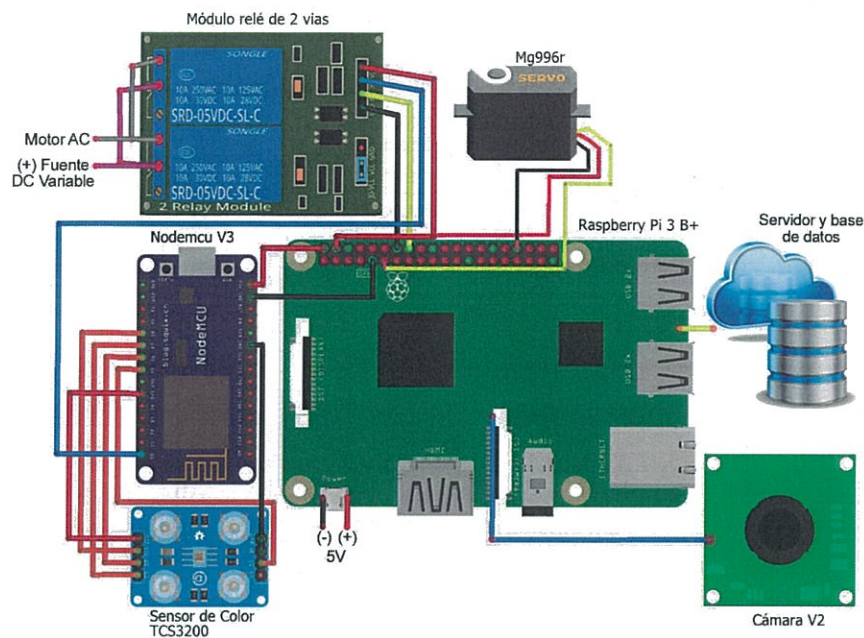


Figura 4.3: Esquema de conexiones del prototipo de frenado automático mediante visión artificial de una máquina de corte de carne.  
Elaborado por: Investigadora

#### 4.3.1. Sistema de procesamiento de imágenes

El sistema encargado del procesamiento de imágenes es un dispositivo computarizado encargado de analizar y procesar las imágenes adquiridas por la cámara, el primer proceso que realiza el sistema es detectar la presencia de la mano o guante mediante la configuración de parámetros y algoritmos establecidos para la ejecución de procesos de control posteriores, además permite el almacenamiento de la información en una base de datos.

#### Selección de la tecnología para el procesamiento de imágenes

En la tabla 4.1 se puede observar el análisis de diferentes tarjetas micro computarizadas, con sus características principales.

Tabla 4.1: Características técnicas de dispositivos de control

Fuente: Raspberry pi 3, BeagleBone Black, Link Sprite pc Duino 3[45, 46, 47]

Especificación	Raspberry Pi 3B	BeagleBone Black	pc Duino 3B
Tamaño	85x56 mm	86.36x53.34 mm	121X64mm
Procesador	Broadcom BCM2387 Quad Core ARM Cortex-A53 de 64 bits y 4 núcleos	Sitara AM3359 ARM Cortex A 8	AllWinner A20 SoC, ARM Cortex A7 Dual Core
Velocidad de Reloj	1.2 GHz	1GHz	1GHz
Memoria RAM	1 GB LPDDR2	512MB DDR3	1GB
GPIO	40 pines	69 pines	14 pines
GPU	Video Core IV doble núcleo 400 MHz-3D	3D graphics accelerator	OpenGL ES2.0, Open VG 1.1, Mali 400 Dual Core
Micro SD	Clase 10, de 8 GB	Puerto disponible para expansión de memoria	4GB Flash, micro SD card (TF) hasta 32GB
Puerto USB	4 puertos 2.0	4 puertos 2.0	1xUSB HOST, 1x USB OTG
Sistemas Operativos Soportados	Compatible distribuciones de ARM GNU/Linux, Android y Windows 10IoT	Debian, android, Ubuntu, Cloud9 IDE on Node.js w/BoneScript library plus much more	Ubuntu 12.04, Android 4.2
Consumo	2.5 A /5V	210-460mA /5V	200mA / 5V
Costo Aproximado	\$65	\$105	\$60

Mediante el análisis de las características de las tarjetas de procesamiento se ha elegido la Raspberry Pi para el desarrollo del prototipo debido a que es considerado como un sistema informático completo de bajo costo, compatible con casi todos los sistemas operativos, además de que posee un gran procesador y una gran velocidad del reloj. A pesar de las características que posee el BeagleBone Black y el pcDuino, para el desarrollo del presente proyecto se ha considerado usar la raspberry Pi ya que las características de ésta abastecen los requerimientos del prototipo.

La micro computadora Raspberry Pi 3 Modelo B, no cuenta con memoria interna

como se especificó en la Tabla 4.1, por lo que se procede a la instalación del sistema operativo Raspbian en una memoria micro SD. Raspbian posee un entorno de trabajo amigable y cuenta con elementos de software útiles para su manipulación.

### Selección del dispositivo para adquisición de imágenes

El sensor de imagen se basa en un cámara digital que es la encargada de adquirir la información al micro computador, en la tabla 4.2 se detallan características de cámaras que pueden adaptarse a la Raspberry Pi 3.

Tabla 4.2: Características técnicas de cámaras digitales.  
Fuente: Camera Module, Webcam Facecam, Cámaras web[48, 49, 50]

Especificación	Raspberry Pi Camera Module v2	Cámara Web Genius FaceCam 1000x	Cámara web Ins IS-W811
Tamaño aproximado	25x24x9mm	25x24x60mm	59.3x24.6x41.1mm
Peso	3g	50 g	58g
Resolución	8 megapíxeles	1 megapíxel	12 megapíxeles
Ángulo de visión	62.2° campo horizontal y 48.48° vertical	60°	30°
Fotogramas por segundo	30,60 o 90	30	30
Voltaje de entrada	5V	5V	5V
Sensor	Sony IMX219	CMOS	CMOS
Extensión del cable de conexión	0.15m	1.5m	1m
Tipo de conexión	CSI	USB	USB
Precio neto	50\$	\$18	10\$

Mediante el análisis de las características de las cámaras digitales se ha elegido la Raspberry Pi Camera Module v2, debido a que al ser un módulo de la familia de las raspberry pi presenta mayor compatibilidad con la tarjeta de procesamiento y su conexión se la realiza mediante el puerto CSI brindando mayor velocidad en la transmisión de imágenes, además de su tamaño, el gran ángulo de visión y la resolución que proporciona mayor calidad de la imagen.



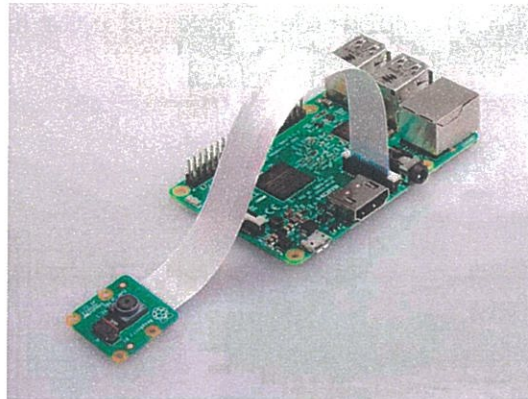


Figura 4.4: Conexión de cámara con raspberry a través del puerto CSI  
Fuente: Robots Didácticos [50]

### Selección del dispositivo para el sistema de respaldo

Además de contar con un sensor de alta precisión como la cámara digital, por las características del proyecto, se ha visto la necesidad de implementar un sistema de respaldo para el sistema de sensorización, mediante el uso de un sensor de color, para lo cual se ha elegido el Sensor de color TCS3200 cuyas características se detallan en la Tabla 4.3, programada en el modulo NodeMCU que se detalla en la Tabla 4.4

Tabla 4.3: Características técnicas Sensor de color TCS3200

Especificación	Sensor de color TCS3200
Tamaño	28.4x28.4mm
Alimentación	2.7V a 5.5V
Encapsulado	SOIC 8 pines (SMD)
Salida digital	TTL
Grupo de detección	rojo, verde, azul (RGB), y luz blanca
Fotodiodos	Arreglo de 64 (8x8)
Frecuencia de salida	600khz
Escalamiento de frecuencia	configurable mediante S0 y S1 (apagado, 2%, 20%, 100%)

Fuente: Robots Didácticos [51]

Este módulo utiliza un sensor integrado de 64 foto diodos; 16 tienen filtro para el

color rojo, 16 para el color verde, 16 para el color azul y 16 para luz directa (sin ningún filtro).

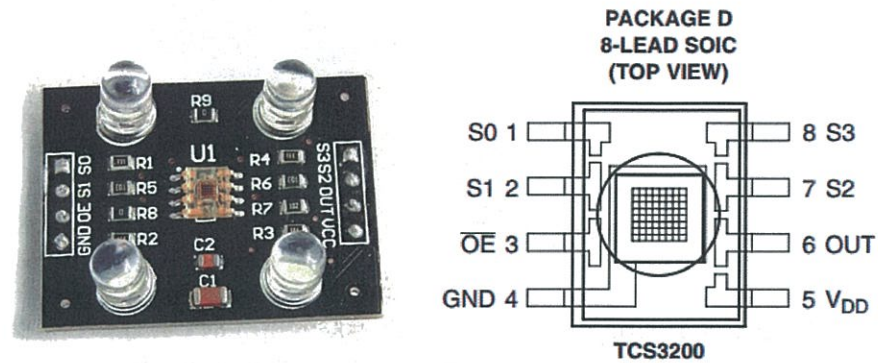


Figura 4.5: Configuración interna de sensor TC3200  
Fuente: Robots Didácticos [51]

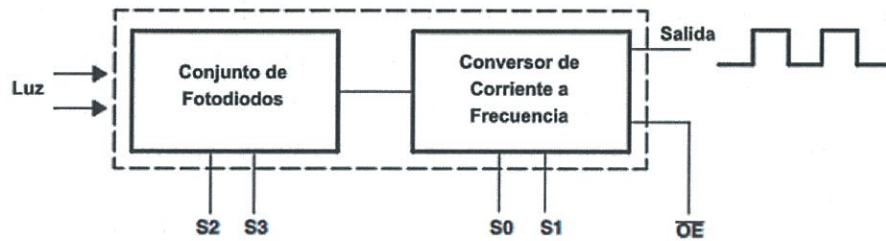


Figura 4.6: Reconocimiento de color de sensor TC3200  
Fuente: Robots Didácticos [51]

En la siguiente Tabla se muestra las características principales del NodeMCU Wir V3 CH340 ESP8266 V3 que se utilizó para la programación del sensor de color que funciona como sistema de respaldo al sistema de detección por visión artificial.



que contiene alrededor de 2500 algoritmos de visión artificial y que sobre todo es de código abierto es decir se puede utilizar y modificar el código, adaptándose a las necesidades del prototipo.

Para el desarrollo del Software se ha realizado un diagrama general de la programación del sistema, donde muestra la relación de las clases empleadas, los métodos y variables empleadas, como se aprecia en la Figura

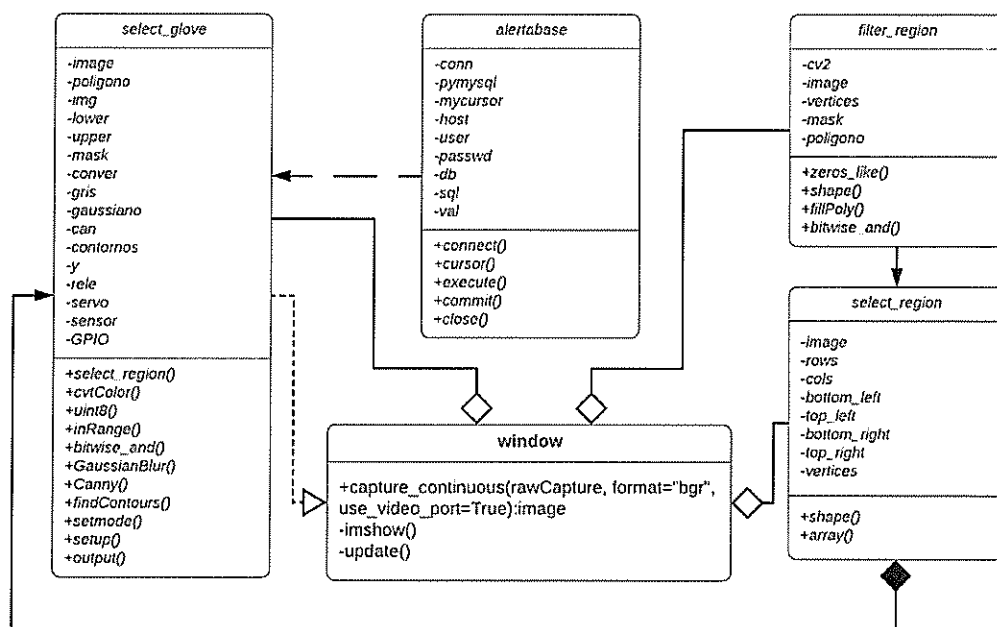


Figura 4.8: Diagrama UML de la programación

### Configuración de la cámara

Para el manejo de la Raspberry Pi Camera Module v2 se debe habilitar la picamera que proporciona una interfaz Python pura para el módulo de la cámara, para lo cual se debe cumplir los pasos:

1. En el terminal ejecutar el comando `$ sudo raspi-config`
2. Seleccionar **Interfacing Options**
3. Seleccionar **P1 Camera**
4. Seleccione **YES**, continúe y reinicie.
5. Instalar los drivers con el comando `sudo apt-get python3-picamera`.
6. Luego ejecutamos el comando `raspistill -o cam.jpg`

Mediante Open CV se configura la resolución y la cantidad de frames por segundo de la cámara y también se habilita la transmisión de video en vivo, el filtro de color para la detección, reducción de escala de acuerdo a la región de detección deseada, bordes y comparaciones que engloba el tratamiento de la imagen que se está analizando.

```
cam.resolution = (480, 320)
cam.framerate = 30
captura = PiRGBArray(cam, size=(480, 320))
def segmentar(image, vertices):
img = cv2.cvtColor(poligono,cv2.COLOR_BGR2HLS)
```

En el presente cuadro se detallan las librerías que se utilizaron para la programación:

Tabla 4.5: Descripción de módulos utilizados en Python

Fuente: Open CV [32]

Librerías	Descripción
sys	Provee acceso a funciones y objetos mantenidos por el intérprete.
PiRGBArray	Activación de la cámara de Raspberry
time	Pausar procesos y medir tiempo de cada proceso
pimysql	Vincular código con la base de datos
cv2	Métodos para procesamiento de imágenes
numpy	Procesos matemáticos con vectores, matrices y otro tipo de datos
RPi.GPIO	Activación de pines de propósito general de Raspberry
tkinder	Creación de interfaces
PIL	Manejo de imágenes dentro de Interfaz

### Filtrado de color

- Para el filtro de color se realiza una comparación de cada pixel de la imagen o fotograma de entrada, donde  $M$ ,  $M1$ ,  $I$  son los valores numéricos de color en formato o vector de componentes HLS, inferior, superior y de la imagen original respectivamente [59]:

$$M = [h, l, s] \quad (4.1)$$

$$M1 = [h1, l1, s1] \quad (4.2)$$

$$l_{xy} = [h_{xy}, l_{xy}, s_{xy}] \quad (4.3)$$

Los píxeles originales se comparan con los límites de sus tres componentes para determinar si se encuentra o no dentro del rango establecido mediante la siguiente relación 4.4.

$$FC_{xy} = (M_0 \leq I_{xy(0)})^{(M_1 \leq I_{xy(1)} \leq M_1)}^{(M_2 \leq I_{xy(2)} \leq M_1)} \quad (4.4)$$

Donde FC es la imagen resultante posterior a la comparación de cada parámetro.

- Se emplea el método `cvtColor` de Open CV para transformar el formato BGR a HLS, mediante el cual se puede establecer de mejor manera los rangos de detección como se muestra en la figura 4.9.
- Se crea una máscara con un límite inferior y superior de la gama de colores y esta se combina con la imagen original a través del método `bitwise_and` también de OpenCV.
- De la imagen original se trata sólo la región de interés, es decir se realiza una segmentación reduciendo o cortando la imagen. Esta acción se realiza estableciendo vértices y creando un polígono a través del método `array` de la librería `numpy`, finalmente filtrando la región con el método `filter_region` de Python.
- Una vez segmentada la imagen se convierte a escala de grises con el método `cvtColor` de OpenCV como se muestra en la figura 4.9
- Para determinar el valor de la escala de grises, se analiza cada píxel, estableciendo una matriz de salida (GS) de dimensiones  $U \times V$  que corresponde al número de píxeles de la imagen. Cada valor de píxel que se almacena en la matriz se calcula con la ecuación 4.5 [59].

$$GS_{xy} = \frac{R_{xy} + G_{xy} + B_{xy}}{3} \quad (4.5)$$

```
gris = cv2.cvtColor(conver,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

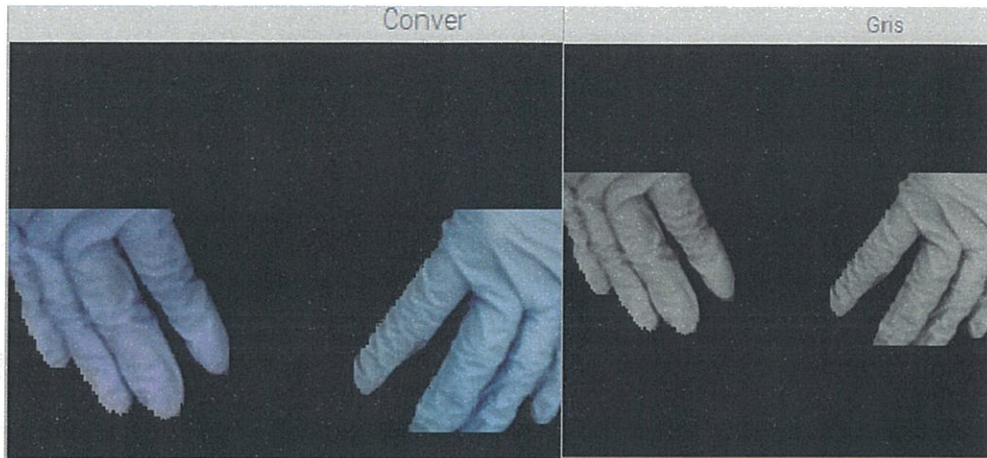


Figura 4.9: Filtrado de color y conversión a escala de grises  
Elaborado por: Investigadora

### Filtrado de ruido

- Se aplica un filtro gaussiano a fin de eliminar el ruido con el método **GaussianBlur** de OpenCV y se detecta los bordes de la mano o el guante con el método Canny, también de OpenCV como se muestra en la figura.
- El Método `GaussianBlur()`, utiliza los parámetros de la imagen en escala de grises, tamaño del núcleo y el método de extrapolación de píxeles, generando una nueva matriz (GF) basada en la desviación estándar ( $\sigma$ ). El cálculo lo realiza mediante la ecuación 4.6.

$$GF_{xy} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (4.6)$$

Para visualizar los resultados de los filtros aplicados o la imagen original se emplea el método `imshow` de OpenCV o a su vez se crea una GUI con la librería Tkinter.

```
gaussiano = cv2.GaussianBlur(gris, (1, 1), 0)
```

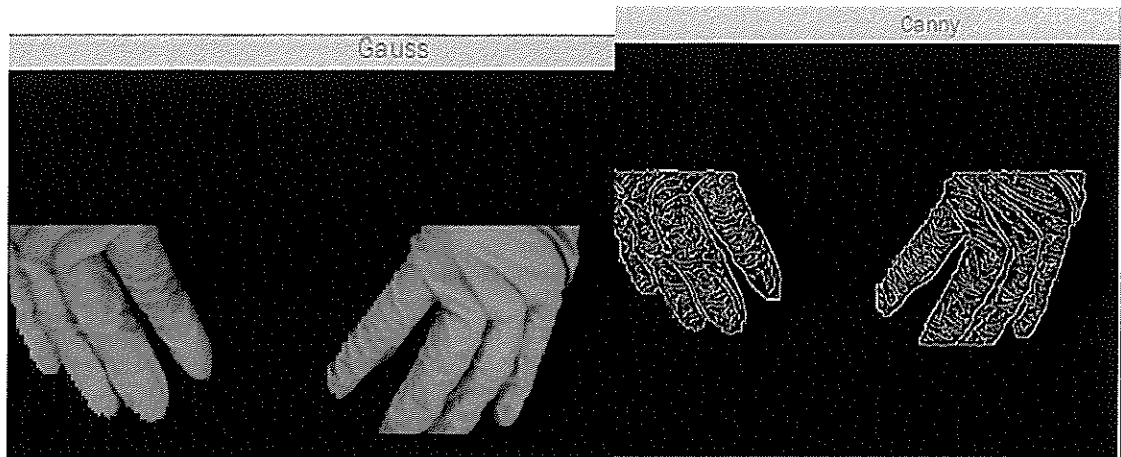


Figura 4.10: Filtro de ruído y detección de contornos

### Detección de contornos

- Se aplica el método `findContours()`, para determinar si se ha fijado o detectado el objeto.
- El método `findContours()`, recibe como parámetros la imagen filtrada, la relación de contornos y el método de aproximación. Para determinar si existen discontinuidades entre píxeles se aplica el gradiente para obtener una función bidimensional, para lo que utiliza las funciones [59].

$$G[GF_{xy}] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} GF_{xy} \\ \frac{\partial}{\partial y} GF_{xy} \end{bmatrix}$$

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (4.7)$$

$$\theta_{xy} = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x} \quad (4.8)$$

### Condiciones de detección

Luego del procesamiento de imágenes se crean las condiciones de detección y para poder activar el sistema mecánico es necesario activar un GPIO de la Raspberry que permite enviar la señal eléctrica, habilitando la librería `RPI.GPIO` y empleando el método `output` de la misma donde se indica el número del pin a activar.

```
rele=10
```

```
GPIO.setup(rele,GPIO.OUT)
```

```
GPIO.output(rele, False)
```



Es necesario definir los números de los pines de acuerdo a la instrucción ya sea BOARD o BCM del método setmode.

Se emplea los métodos connect, cursor, execute, commit y close para agregar un dato cada vez que se requiera posterior a la activación de la señal de emergencia en las GPIO de la Raspberry.

```
mycursor = xphp.cursor()
sql = "INSERT INTO frenado (Indicador) VALUES (%s)"
val = ("FRENADO AUTOMÁTICO")
mycursor.execute(sql, val)
xphp.commit()
xphp.close()
```

La programación completa se detalla en el anexo C

### Configuración del sistema de respaldo

Para la programación del filtrado de color en la NodeMCU se utilizó arduino, aunque el firmware de NodeMCU utiliza el lenguaje de programación Lua, por su facilidad de manejo, y la gran información que existe resulta mas amigable utilizar el entorno de programación y el lenguaje de programación de arduino.

La programación para procesar la señal proveniente del sensor de color en la NodeMCU se lo realizó mediante los siguientes pasos:

- Declaración de las variables para los pines de activación y lectura del sensor:  
const int s0 = D4;

```
const int s1 = D5;
const int s2 = D6;
const int s3 = D7;
const int out = D8;
const int r1 = D0;
int rojo = 0;
int verde = 0;
int azul = 0;
```

- Definición de pines GPIO como entradas o salidas

```
void setup(){ Serial.begin(9600);
pinMode(s0, OUTPUT);
pinMode(s1, OUTPUT);
pinMode(s2, OUTPUT);
pinMode(s3, OUTPUT);
```

```
pinMode(r1, OUTPUT);  
pinMode(out, INPUT);
```

- Combinación de pines para escala de frecuencia de salida del sensor

```
digitalWrite(s0, HIGH);  
digitalWrite(s1, HIGH);
```

- Se realiza un método para la adquisición de color, color() dentro del cual se realiza la combinación para aplicar el filtro azul o activar el foto diodo correspondiente del sensor.

```
digitalWrite(s2, LOW);  
digitalWrite(s3, LOW);
```

- Se realiza el conteo de pulsos correspondientes a la combinación de colores RGB para la obtención de valores numéricos a comparar.

```
rojo = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);  
digitalWrite(s3, HIGH);  
azul = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);  
digitalWrite(s2, HIGH);  
verde = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
```

El código completo se aprecia en el anexo D

#### 4.3.3. Base de datos

En el sistema de almacenamiento y visualización de datos del sistema de frenado automático mediante visión artificial de la máquina de corte de carne, se basa en guardar los datos de Fecha y Hora del momento que ocurrió el evento del freno inmediato de la máquina.

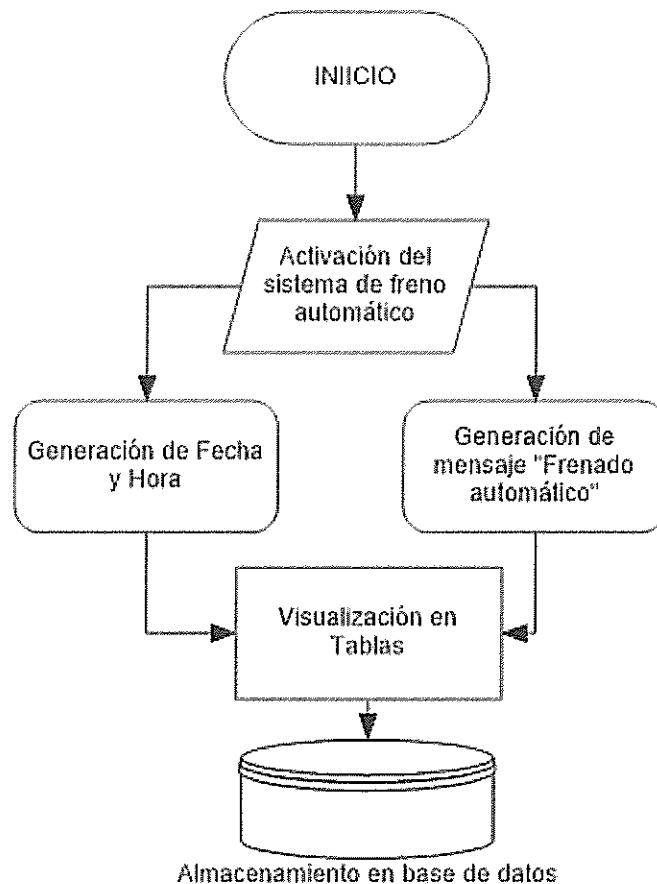


Figura 4.11: Diagrama de flujo del almacenamiento de datos  
Elaborado por: Investigadora

#### 4.3.4. Diseño de la Base de datos

Para la administración de la información en la base de datos se emplea PHP y MySQL que se pueden instalar en el sistema operativo Raspbian que es una distribución de GNU/Linux, de manera que se utiliza sistemas de gestión y almacenamiento libres.

#### Servidor APACHE

El servidor web apache permite acceder a la base de datos mediante la creación de rutas facilitando el ingreso a la misma.

Para su instalación hay que ejecutar los siguientes comandos:

1. sudo rpi-update
2. sudo apt-get update
3. sudo apt-get upgrade

4. sudo apt-get install apache2
5. En el navegador ingresar la dirección del localhost 127.0.0.1 y verificar su instalación

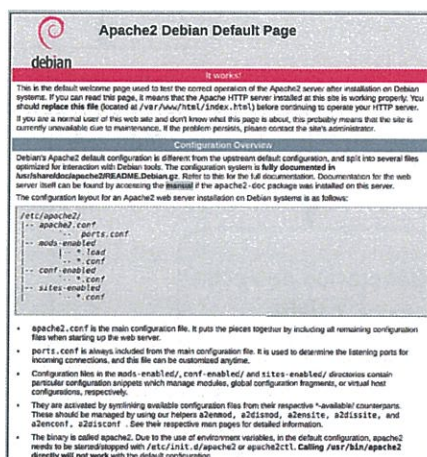


Figura 4.12: Página de verificación de instalación del Servidor Apache  
Elaborado por: Investigadora

## GESTOR DE BASE DE DATOS MySQL / MARIADB

MySQL sirve para el manejo de base de datos y la presentación de la información mediante tablas, facilitando su uso y organización.

Para la instalación se ejecuta los siguientes comandos:

1. sudo apt-get install php5-mysql mysql-server mysql-client
2. sudo systemctl start mariadb
3. sudo systemctl enable mariadb

Cuando se finaliza la instalación en el terminal no se presenta ningún error.

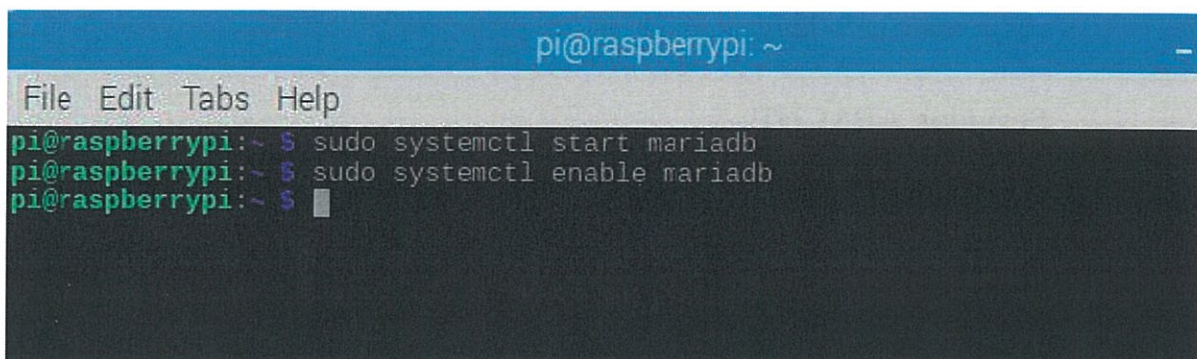


Figura 4.13: Instalación y activación de MariaDB  
Elaborado por: Investigadora





Figura 4.15: Página inicial de phpMyAdmin  
Elaborado por: Investigadora

## MÉTODO PARA VINCULAR LA BASE DE DATOS

Una vez ya creada la base de datos en este caso llamada **Emergencias** es necesario crear un software de donde se pueda acceder a la información a través de la web, para ello se crea tablas de **Alertas** donde se presentará la información de las variables, en este caso presentará el **ID** y la **Fecha/Hora** en que se realiza cada detección como se aprecia en la Figura .

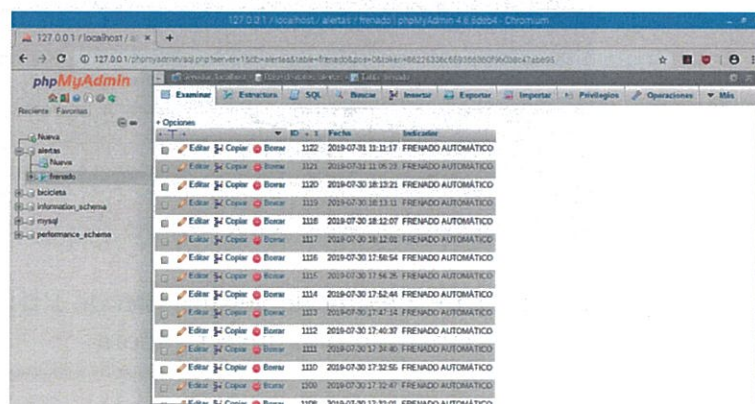


Figura 4.16: Interfaz de la Base de Datos  
Elaborado por: Investigadora

### 4.3.5. Diseño del sistema de frenado automático

El sistema encargado de que el motor realice una de las funciones muy esenciales para el funcionamiento del sistema completo, consiste en realizar un freno inmediato para de esta manera cesar el funcionamiento de la sierra eléctrica de modo que esta no lastime o corte algún miembro de la mano del operario. Este sistema debe estar

Tabla 4.7: Tipos de frenado de un motor asíncrono

Especificación	Freno Regenerativo	Freno por inversión	Freno DC Dinámico
Funcionamiento	Como generador aislado	Como generador	Como generador síncrono
Método de funcionamiento	La velocidad del motor sea superior a la de sincronismo	Invertir el gir del campo magnético	Inyección de corriente DC al estator
Consumo de potencia	Mecánica	Eléctrica y Mecánica	Mecánica
Uso	Frecuente	Peligroso no muy frecuente	Frecuente
Intensidad de corrientes	Bajas	Alta	Depende de la tensión DC

Fuente: Diseño y Construcción del sistema de Frenado Dinámico para un vehículo eléctrico[43]

Elaborado por: Investigadora

diseñado de tal manera que el motor no sufra grandes daños o afecte su optimo funcionamiento.

### Selección del método de freno del motor

El freno de un motor consiste en cesar su funcionamiento o movimiento para finalizar el proceso de alguna máquina. En la siguiente tabla se muestran las características principales de los tres tipos de freno mas utilizados.

Mediante el análisis de los tipos de freno se ha determinado el uso del Freno DC dinámico, debido a que este se utiliza en aplicaciones específicas donde se necesita un freno inmediato, a diferencia de los otros métodos el freno por inyección de corriente DC unicamente depende del voltaje que se suministre de la fuente, por tanto no existirá altas corrientes que generen calor y dañen la integridad de la máquina. Además el tiempo de frenado del motor va a ser en micro segundos haciendo que este no genere daños en sus componentes.

### Selección del dispositivo para el sistema de control de inercia del sistema

El sistema de frenado de la máquina se realiza mediante el cese inmediato del funcionamiento del motor, pero debido al peso de las ruedas de las poleas existe una pequeña inercia que debe ser controlada ya que esta pequeña fuerza puede

Tabla 4.8: Sistemas de freno

Especificación	Sistema de mordazas	Sistema de freno de tambor
Fiabilidad	Muy eficiente	Poco eficiente
Instalación	Anclados a la rueda	Instalado en la rueda
Funcionamiento	De acuerdo al tacto (manilla de frenos)	De acuerdo al tacto (manilla de frenos)
Modo de funcionamiento	Fuerza hidráulica acciona pistones de las pinzas de frenos	Presión acciona sistema interno y ejerce fricción contra las paredes de la rueda.

Fuente: Aficionados a la mecánica [54]  
 Elaborado por: Investigadora

causar algún tipo de cortes o accidentes en el trabajador.

A continuación se presenta características de diferentes sistemas de freno:

El sistema que se ha elegido es un sistema de mordazas utilizadas en los frenos de disco por su eficiencia y fiabilidad, además este sistema presenta un accionamiento inmediato después de ejercer una pequeña presión en la manilla de frenos.

#### 4.3.6. Estructura del prototipo

Por las características del sistema se ha visto la necesidad de implementar una estructura similar a la máquina real, debido a que, es necesario la re adecuación de cierto elementos que componen la máquina para instalar el sistema de freno, que controla la inercia producida en las ruedas de la máquina después del freno del motor.

Los componentes del sistema de adquisición de imágenes así como el sistema de potencia estará fijado de manera que su presencia no interrumpa el propósito principal de la máquina, el trabajo del operario ni su ergonomía.

#### Diseño de la estructura del prototipo

La estructura del prototipo es una máquina a escala de la máquina cortadora de carne real, a la cual se adecuará el sistema de sensorización y frenado.



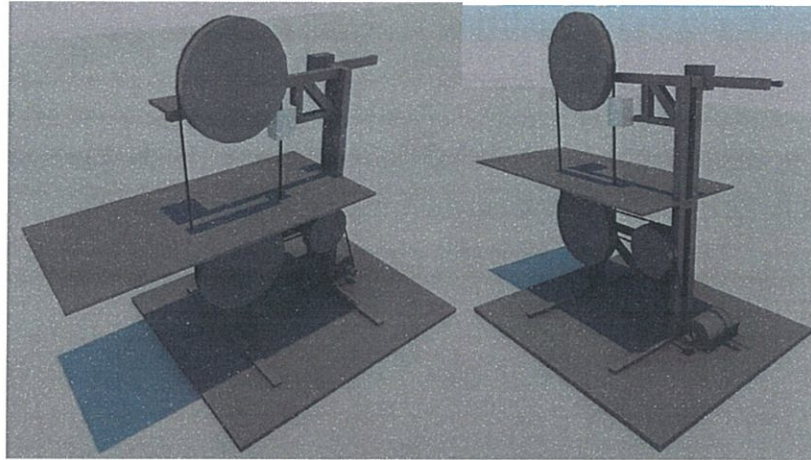


Figura 4.17: Diseño de la estructura del prototipo (máquina cortadora de carne)  
Elaborado por: Investigadora

Las medidas de la estructura se realizaron mediante un análisis de tamaños de diferentes máquinas, siempre y cuando cumpliendo con las normas de seguridad y ergonomía del trabajador.



Figura 4.18: Elaboración del prototipo  
Elaborado por: Investigadora

Los planos completos del prototipo se muestra en el anexo H

#### 4.3.7. Equipos de medición

##### Medición de corriente

Para la medición de corriente se ha hecho uso de Amperímetro el cual permite medir la intensidad de corriente eléctrica y mostrar a través de un display numérico el valor de la corriente circulante en el circuito. En la Figura 4.19 se puede apreciar el dispositivo



Figura 4.19: Equipo de medición de corriente (Amperímetro)  
Fuente: FINAL-TEST [55]

Además para la obtención y análisis de datos se ha hecho uso de un sensor de corriente SCT-013 de 20A el cual proporciona datos de intensidad similar al Amperímetro, son sensores de corrientes no invasivos que permiten medir la intensidad que atraviesa un conductor sin necesidad de cortar o modificar el conductor como se muestra en la figura 4.20. Se puede emplear con un procesador como Arduino para medir la intensidad o potencia consumida por una carga.



Figura 4.20: Sensor de corriente SCT- 013  
Fuente: Luis LLamas [56]

La exactitud de medición de este dispositivo es del 1% como se muestra en la

hoja de especificaciones del anexo M.

### Funcionamiento

Un transformador de corriente es similar a un transformador de tensión y está basado en los mismos principios de funcionamiento, busca generar una intensidad en el secundario que sea proporcional a la intensidad que atraviesa el primario. Para ello se desea que el primario esté formado un un número de espiras reducido, un ejemplo de este se puede apreciar en la Figura 4.21.[56]

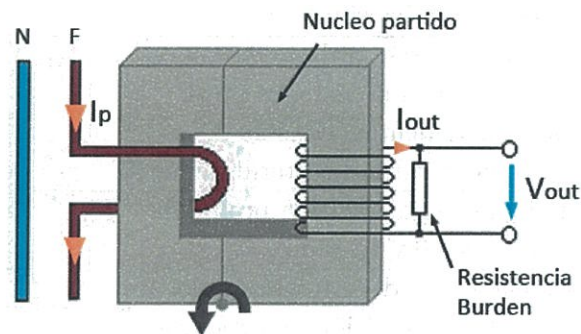


Figura 4.21: Funcionamiento de SCT-013

Fuente: Luis LLamas [56]

### Medición de intensidad luminosa

Para medir la intensidad luminosa en la zona de trabajo se ha hecho uso de un luxómetro dispositivo que permite medir la luz o luminosidad que hay en un ambiente, un lux es el equivalente a la energía producida por una fuente de luz, para el ojo humano.



Figura 4.22: Equipo de medición de intensidad luminosa

Fuente: ColeParmer[57]

Los niveles de luxes adecuados para una zona de trabajo se muestra en el cuadro 4.9

LUGAR	ILUMINACIÓN
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementarias obre cada máquina, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos	150
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico son cierta discriminación de detalles, moldes en funciones y trabajos similares	300
Trabajo con poco contrastes, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y salas de esterilización	500
Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado	1000
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajos similares	1500 a 2000
Sillas dentales y mesas de autopsias	5000
Mesa quirúrgica	20000

Tabla 4.9: Rango de iluminación en lux de áreas de trabajo

#### 4.4. Implementación y validación del prototipo

El sistema de frenado de automático mediante visión artificial de una máquina de corte de carne ha sido probado mediante la detección de color del guante que utiliza el operario, en este caso guante de látex azul y el reconocimiento de la forma de la mano mediante el sensor (cámara digital).

##### 4.4.1. Detección de mano del operador

El proceso de detección de la mano del operador a través del tratamiento de imágenes se muestra a continuación:



Figura 4.23: Adquisición de la imagen en tiempo real a través de la cámara digital  
Elaborado por: Investigadora

En la Figura 4.23 se observa la calidad de imagen de la cámara y la nitidez de colores que presentan los elementos.

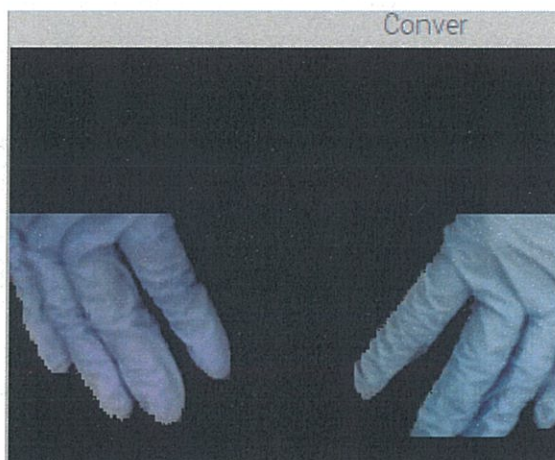


Figura 4.24: Filtrado de color de la imagen adquirida en tiempo real  
Elaborado por: Investigadora

En la Figura 4.24 se observa la imagen adquirida y filtrada para que presente únicamente con el color requerido en este caso el color azul del guante.

Para determinar el color se ha establecido un rango mínimo y máximo de detección mediante el código HLS de acuerdo a la gama de interés.

```
min = np.uint8([ 92, 53, 6])
```

```
max = np.uint8([ 127, 239, 150])
```

Si el guante del operario va a ser de otro color únicamente hay que modificar el código del color por el requerido.

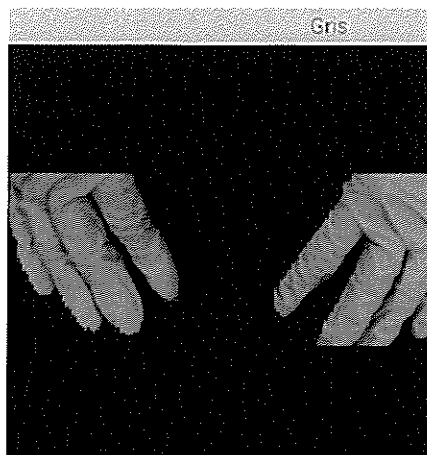


Figura 4.25: Conversión de color RGB a escala de grises de la imagen procesada.  
Elaborado por: Investigadora

En la Figura 4.25 se muestra la conversión de color RGB a escala de grises ya que en este modo es más fácil tratarla y el proceso de filtrado es mas sencillo.

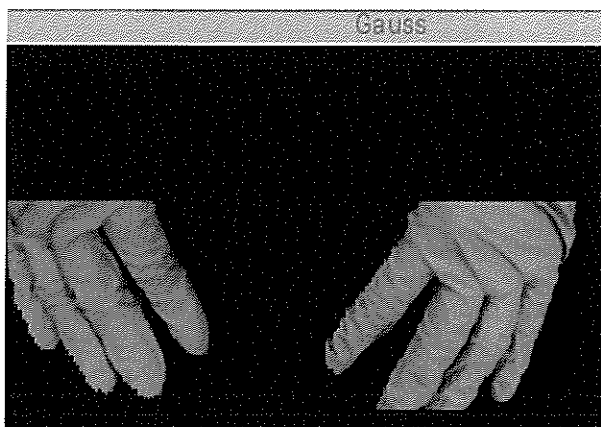


Figura 4.26: Aplicación del filtro Gaussiano en la imagen  
Elaborado por: Investigadora

En la Figura 4.26 se muestra la imagen aplicada el filtro Gaussiano, para la eliminación del ruido que se produce en la imagen y suavizando los pixeles.

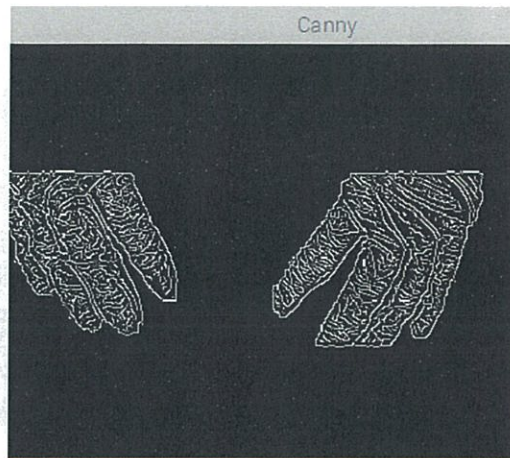


Figura 4.27: Detección de contornos de la imagen original  
Elaborado por: Investigadora

La detección de los contornos en las imágenes es imprescindible en este proceso ya que en muchos de los casos el operario no cumple con las normas de higiene y no utiliza algún tipo de guante por lo tanto, el sistema debe considerar además del color la forma de la mano, ya que es el miembro que más cerca se encuentra a la sierra eléctrica.

Previo al proceso descrito anteriormente se realiza una segmentación de la imagen, con el fin de limitar el rango de detección, para evitar falsos positivos, que conlleven a que la máquina se detenga cuando no haya existido algún tipo de peligro.

### Rango de detección

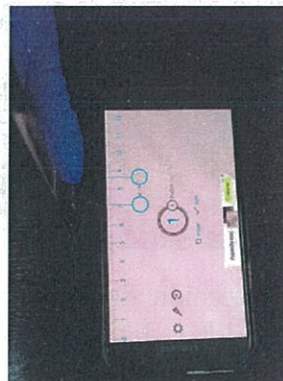


Figura 4.28: Rango de detección de la imagen  
Elaborado por: Investigadora



Figura 4.29: Segmentación de la imagen para limitar el rango de detección  
Elaborado por: Investigadora

Para determinar el rango en que el sensor va a detectar la mano se ha realizado un análisis de las situaciones de peligro en que el operario puede sufrir algún tipo de lesión y se ha considerado un límite de 1.6 cm hasta la posición de la sierra Figura4.28 . En este instante el sistema actuará y enviará la señal a los actuadores para el frenado del mecanismo. En la figura 4.30 se muestra la delimitación de área con todos los filtros .

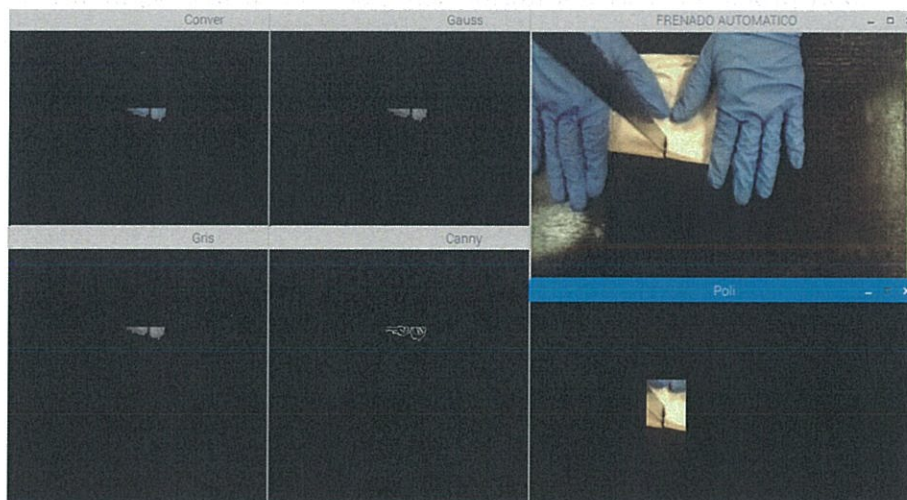


Figura 4.30: Proceso de detección de la mano mediante segmentación de espacio, detección de color y detección de contornos.

Elaborado por: Investigadora

### Detección de color

Como sistema de respaldo se utilizó un sensor de color el cual está conectado a una Nodemcu.



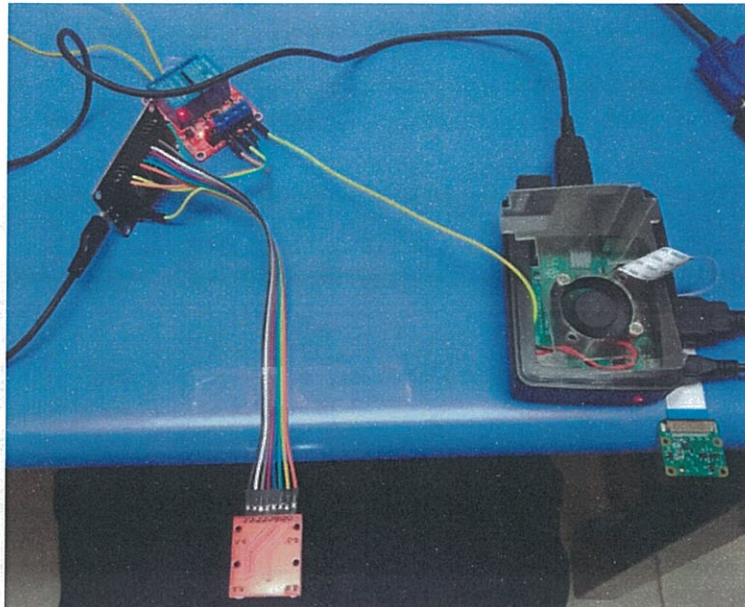


Figura 4.31: Instalación y pruebas de funcionamiento de sensor de color en Nodemcu  
Elaborado por: Investigadora

### Pruebas de iluminación

La cantidad de luxes apropiadas para la eficiencia del sistema de detección mediante el sensor (cámara digital), debe estar en un rango de luxes en base a las características del lugar, por tanto se considera según el cuadro 4.9, que la cantidad de luxes adecuadas para un centro de despiece de carne es de 150 lux. No se considera este valor como el ideal, ya que cada factor se debe ajustar de manera diferente para optimizar la iluminación, la seguridad en las operaciones, y las situaciones de emergencia de seguridad.

Las pruebas realizadas con el prototipo mediante el luxómetro y una aplicación en el teléfono móvil detectó la cantidad de luxes como se muestra en la figura

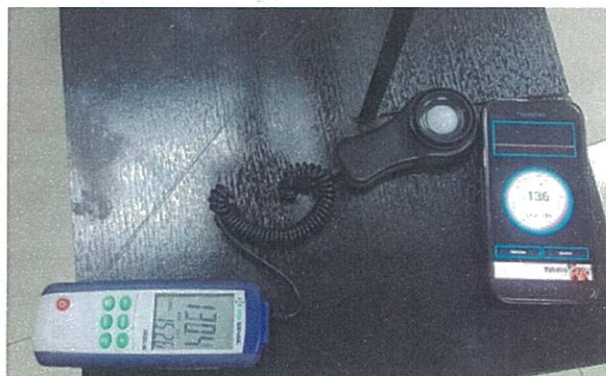


Figura 4.32: Medición cantidad de luxes en el area de trabajo  
Elaborado por: Investigadora

#### 4.4.2. Frenado automático de motor

El motor eléctrico que se utilizó en este caso es un motor AC con las especificaciones que se muestran en la Figura 4.33:



Figura 4.33: Especificaciones motor AC  
Elaborado por: Investigadora

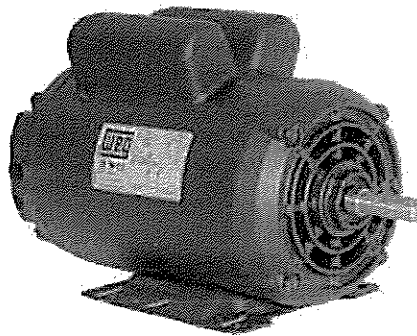


Figura 4.34: Motor AC  
Elaborado por: Investigadora

#### Circuito de control

Para el sistema de freno mediante inyección de corriente DC se ha realizado el circuito que permite des alimentar el motor de la fuente ac y alimentarla con dc, mismo que se detalla en el anexo I.

El voltaje con el que se alimenta debe ser un valor pequeño para que este no origine corrientes peligrosas.

Se ha realizado varias pruebas y el valor ideal con el que el motor se detiene de inmediato es con un valor de  $34.37V \approx 35 V$ .

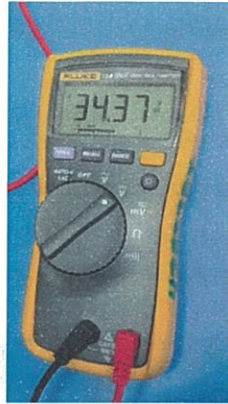


Figura 4.35: Alimentación de DC para freno dinámico de motor  
Elaborado por: Investigadora

### Elementos del sistema

Los elementos utilizados en el sistema de potencia son:

Contactor 12A 110V

Relé termico 12-18A

Pulsadores

Luces piloto

Fusibles y portafusibles

Puente rectificador

Transformador BANDO ATT-677



Figura 4.36: Implementación del Circuito de control  
Elaborado por: Investigadora

### Pruebas de funcionamiento del sistema de detección con sistema de freno

Las pruebas de funcionamiento se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Sistema Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, ya que dispone de los elementos de potencia necesarios para realizar este tipo de pruebas.

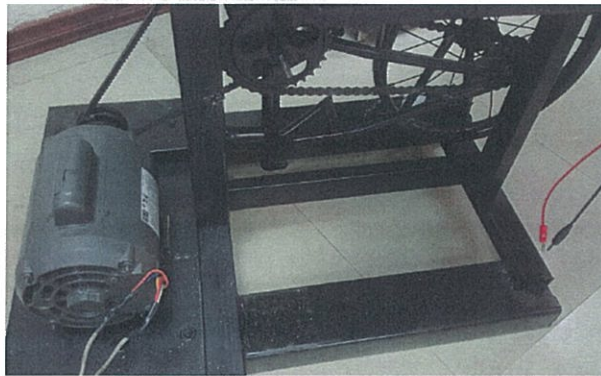


Figura 4.37: Instalación del motor en el prototipo  
Elaborado por: Investigadora



Figura 4.38: Sistema de detección (mano, color)  
Elaborado por: Investigadora

El sistema de mordazas es actuado mediante un servo motor de 12 kg que gira  $180^\circ$  desde su posición inicial, generando que este actúe el sistema hidráulico del freno de disco inyectando el líquido de freno. En la figura 4.39 se puede observar la instalación del sistema de mordazas en la sierra eléctrica adecuada para evitar que la sierra continúe moviéndose por la inercia producida después del freno del motor.

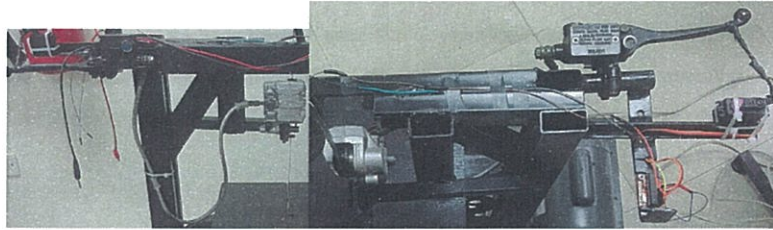


Figura 4.39: Instalación de sistema de mordazas en el prototipo  
Elaborado por: Investigadora

#### 4.4.3. Resultados

##### Voltaje DC

Para obtener el valor ideal que permita el freno inmediato del motor se ha considerado 15 muestras con valores de Voltaje (V), tiempo (s) de alimentación dc y tiempo (s) de frenado, los mismos que se detallan a continuación en la tabla 4.10

Prueba	Voltaje DC (V)	Tiempo de alimentación DC (s)	Tiempo de frenado (s)
Prueba 1	0	0.75	12
Prueba 2	10.2	0.8	12
Prueba 3	15	1	12
Prueba 4	20	1.5	12
Prueba 5	22	0.8	0.9
Prueba 6	24	0.8	0.85
Prueba 7	25.3	1.5	0.77
Prueba 8	25.8	0.8	0.70
Prueba 9	26.2	1	0.68
Prueba 10	26.2	0.8	0.37
Prueba 11	27.3	0.8	0.35
Prueba 12	30.9	0.8	0.3
Prueba 13	31.8	1	0.28
Prueba 14	34.9	0.75	0.27
Prueba 15	34.9	0.8	0.26

Tabla 4.10: Valores de tiempo de freno obtenidos en función al voltaje DC inyectado

Elaborado por: Investigadora

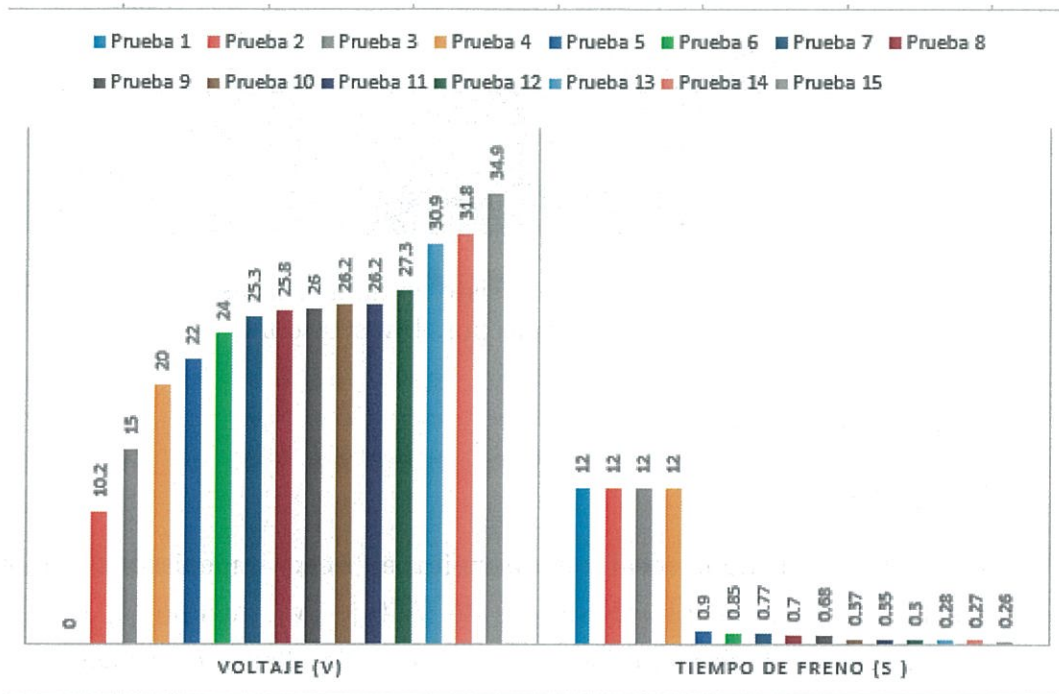


Figura 4.40: Análisis de resultado del voltaje DC de inyección al motor  
Elaborado por: Investigadora

De este análisis se considera que el voltaje ideal para alimentar al motor es de 34.9 V con un tiempo de 0.8s medido de manera independiente al sistema.

### Tiempo de freno

El tiempo esta considerado como una medida en función de la corriente que genera el motor para lo cual se ha realizado programas que permiten la visualización de las gráficas y determinar el tiempo de que tarda en realizar el freno luego de la activación. El código de los programas se visualiza en el anexo F y anexo G. Los valores obtenido mediante 50 pruebas se muestra en la tabla 4.11

Prueba	Corriente(A)	Tiempo (ms)	Prueba	Corriente(A)	Tiempo (ms)
Prueba 1	12.9	67	Prueba 26	12.58	64
Prueba 2	12.3	63	Prueba 27	12.54	63
Prueba 3	12.75	64	Prueba 28	12.5	64
Prueba 4	12.38	66	Prueba 29	12.3	62
Prueba 5	12.46	61	Prueba 30	12.5	64
Prueba 6	12.5	62	Prueba 31	12.49	63
Prueba 7	12.6	63	Prueba 32	12.56	61
Prueba 8	12.8	64	Prueba 33	12.61	64
Prueba 9	12.5	62	Prueba 34	12.6	65
Prueba 10	12.36	61	Prueba 35	12.38	63
Prueba 11	12.42	62	Prueba 36	12.37	61
Prueba 12	12.56	63	Prueba 37	12.51	62
Prueba 13	12.58	64	Prueba 38	12.36	64
Prueba 14	12.61	66	Prueba 39	12.54	64
Prueba 15	12.36	67	Prueba 40	12.37	68
Prueba 16	12.5	64	Prueba 41	12.58	62
Prueba 17	12.61	63	Prueba 42	12.59	65
Prueba 18	12.45	62	Prueba 43	12.6	64
Prueba 19	12.47	64	Prueba 44	12.61	63
Prueba 20	12.36	61	Prueba 45	12.58	64
Prueba 21	12.57	64	Prueba 46	12.47	64
Prueba 22	12.69	62	Prueba 47	12.56	61
Prueba 23	12.45	63	Prueba 48	12.54	62
Prueba 24	12.36	64	Prueba 49	12.7	64
Prueba 25	12.39	62	Prueba 50	12.62	64

Tabla 4.11: Valores de tiempo de freno del sistema con respecto a la corriente

Elaborado por: Investigadora

Los valores considerados son de pruebas en los que el sistema ha detectado exitosamente la presencia de la mano cerca de la sierra.

### Análisis de valores

Para obtener un valor promedio de la corriente y del tiempo de freno hacemos uso de las siguientes formulas:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (4.9)$$

Realizando la suma de los 50 datos dados no da un valor total de 782.69 A y el valor de tiempo da un total de 3169 ms. Aplicando la fórmula obtenemos lo siguiente.

$$\bar{X} = \frac{782.69A}{50} \quad (4.10)$$

$$\bar{X} = 12.5198A \quad (4.11)$$

Por tanto el valor promedio de la corriente es de 12.5198 A

$$\bar{X} = \frac{3169ms}{50} \quad (4.12)$$

$$\bar{X} = 63.38ms \quad (4.13)$$

Por tanto el valor del tiempo de freno es de 63.38 ms

La varianza es necesaria calcularla ya que es muy esencial en las industrias y sobre todo en este caso la reducción de la varianza aumenta la precisión de valores en tiempo e intensidad.

Para calcular la varianza se hace uso de la siguiente fórmula:

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (4.14)$$

Para la corriente

$$s^2 = \frac{7671.7878A^2}{50 - 1} \quad (4.15)$$

$$s^2 = 156.567A^2 \quad (4.16)$$

Para el tiempo

$$s^2 = \frac{10042561ms^2}{50 - 1} \quad (4.17)$$

$$s^2 = 4017.02ms^2 \quad (4.18)$$

## **Eficiencia**

Para determinar la eficiencia del sistema hay que considerar el error porcentual de fallo de las pruebas realizadas Fallidas con respecto a las exitosas

Para esto se considera una muestra de 20 pruebas consecutivas realizadas las mismas que se detallan a continuación en la tabla 4.12



Prueba	Resultado
Prueba 1	Exitosa
Prueba 2	Exitosa
Prueba 3	Exitosa
Prueba 4	Exitosa
Prueba 5	Exitosa
Prueba 6	Exitosa
Prueba 7	Exitosa
Prueba 8	Exitosa
Prueba 9	Fallida
Prueba 10	Exitosa
Prueba 11	Exitosa
Prueba 12	Exitosa
Prueba 13	Exitosa
Prueba 14	Exitosa
Prueba 15	Exitosa
Prueba 16	Exitosa
Prueba 17	Exitosa
Prueba 18	Exitosa
Prueba 19	Exitosa
Prueba 20	Exitosa

Tabla 4.12: Resultado de pruebas de funcionamiento del sistema

Elaborado por: Investigadora

Para determinar el error porcentual se hace uso de la fórmula

$$\%e = \frac{\text{obtenido} - \text{real}}{\text{real}} * 100 \quad (4.19)$$

$$\%e = \frac{19 - 20}{20} * 100 \quad (4.20)$$

$$\%e = \frac{19 - 20}{20} * 100 \quad (4.21)$$

$$\%e = -5\% \quad (4.22)$$

Considerando que la eficiencia de estos sistema con respecto a los existentes en el mercado como HandSafe deben ser de 100 %, el sistema propuesto posee una eficiencia del 95 %.

En las gráficas a continuación podemos apreciar estos valores obtenidos mediante la medición y sensado de la corriente y activación del sistema.



Para realizar este análisis se considera el valor promedio de corriente sensado que es de 12.5198A  $\approx$ 12.52A y un valor medido con el Amperímetro de 12.36A como se muestra en la figura 4.44



Figura 4.44: Valor de corriente obtenido mediante el Amperímetro

Con estos valores determinamos el error porcentual que existe en esta medición utilizando la siguiente ecuación:

$$\%e = \frac{\textit{obtenido} - \textit{real}}{\textit{real}} * 100 \quad (4.23)$$

$$\%e = \frac{12.52 - 12.36}{12.36} * 100 \quad (4.24)$$

$$\%e = \frac{19 - 20}{20} * 100 \quad (4.25)$$

$$\%e = 1.29\% \quad (4.26)$$

Por tanto se considera que los valores obtenidos por el sensor para el análisis están en rango de error aceptable.

#### 4.5. Presupuesto

Para el presupuesto total del diseño e implementación del prototipo se ha considerado, los elementos propios del sistema, detección y frenado, y el costo para su diseño y construcción. Para determinar el costo de diseño, se ha considerado el tiempo invertido en el mismo mediante el análisis del salario de un Ingeniero Electrónico y Comunicaciones establecido por el ministerio de Trabajo en 858 dolares mensuales, considerando las 8 horas diarias laborables establecidas en el Ecuador.

En la Tabla 4.13 se muestra el costo de Diseño de Proyecto.

Tabla 4.13: Costo del Diseño del Sistema de Frenado Automático mediante visión artificial de una máquina de corte de carne.

<b>Diseño del Prototipo</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unita- rio</b>	<b>Precio Total</b>
1	Costo de diseño y material de oficina empleado	75	Hora	\$5.36	\$402,00
<b>COSTO TOTAL DE DISEÑO</b>					<b>\$402,00</b>

Fuente: Investigación de campo  
Elaborado por: Investigadora

En la Tabla 4.14 se detalla el costo de los componentes que se utilizó para la implementación del sistema de detección y en la Tabla 4.15 los componentes del sistema de freno de motor.

Tabla 4.14: Costo de los componentes del sistema de detección

<b>Item</b>	<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unita- rio</b>	<b>Precio Total</b>
1	Raspberry Pi 3 Modelo B incluye disipadores de calor, case y ventilador	1	u	\$63,50	\$63,50
2	Micro SD de 32Gb	1	u	\$20	\$20
3	Cargador para Raspberry 5V 3A	1	u	\$10	\$10
4	Módulo relé de dos canales con optoacopladores	1	u	\$2,46	\$2,46
5	Raspberry Pi Camera Module v2	1	u	\$50,00	\$50,00
6	Módulo Nodemcu Wir V3 CH340 ESP8266 V3	1	u	\$5,80	\$5,80
7	Sensor de color TCS3200	1	u	\$3,35	\$3,35
<b>COSTO TOTAL DE COMPONENTES</b>					<b>\$155.11</b>

Elaborado por: Investigadora

Tabla 4.15: Precios de los componentes del sistema de freno del motor

Ítem	Detalle	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Contactador 12A 110V	2	u	\$31,79	\$63,58
2	Relé térmico 12-18A	2	u	\$27,50	\$55
3	Motor ac 3/4hp 1730rpm	1	u	\$130	\$130
4	Pulsadores	2	u	\$2,37	\$4,74
5	Luces piloto	2	u	\$1,52	\$3,04
6	Fusibles y porta fusibles	2	u	\$1,50	\$3,00
7	Cable flexible	10	m <sup>2</sup>	\$0,35	\$3,50
8	Puente rectificador	1	u	\$2,32	\$2,32
9	Caja térmica	1	u	\$14,06	\$14,06
10	Transformador BANDO ATT-677	1	u	\$50,00	\$50,00
11	Riel de acero	1	u	\$2,46	\$2,46
12	Kit de freno de disco	1	u	\$60,00	\$60,00
13	Servomotor 12kg alto torque	1	u	\$12,00	\$12,00
<b>PRECIO TOTAL DEL SISTEMA</b>					<b>\$403,70</b>

Elaborado por: Investigadora

El costo total del sistema se considera sumando lo detallado en la Tabla 4.13, Tabla 4.14, Tabla 4.15, que se muestra en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16: Precio total del diseño e implementación del Sistema de freno automático mediante visión artificial de una máquina cortadora de carne

Ítem	Detalle	Cantidad	Unidad	Precio Unita- rio	Precio Total
1	Costo de diseño de prototipo	1	Hora	\$402,00	\$402,00
2	Costo de componentes del sistema de detección	1	u	\$115,11	\$155,11
3	Costo de los elementos del sistema de freno	1	u	\$403,70	\$403,70
4	Costo de diseño e implementación de máquina a escala (material y mano de obra)	1	u	\$200,00	\$200,00
<b>COSTO TOTAL DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO</b>					<b>\$1160,81</b>

Elaborado por: Investigadora

En el valor total del sistema se considera todos los elementos que se utilizó para la realización del prototipo, el cual puede reducirse si no se considera el valor de la máquina y del motor que son elementos que una industria cárnica ya los posee.

#### 4.6. Análisis Costo-Beneficio

En este apartado se va a considerar el costo general del Sistema de Frenado Automático mediante visión artificial de un máquina de corte de carne, que se adaptará a las máquinas que se comercializan.

Los costos de la máquina de corte de carne en el mercado oscilan entre los \$700 a \$1500, a esto se suma el costo del sistema de detección y el costo del sistema de frenado de \$518,81, obteniéndose un total de \$1228,81 en el menor de los casos y un total de \$2018,81 en el mayor de los casos, obteniéndose un valor razonable con respecto al costo de atentar contra la integridad de la salud y bienestar del operario o perder definitivamente algún miembro de la mano.

Para las pequeñas y grandes industrias cárnicas, donde el uso de estas máquinas son imprescindibles, resulta ser un sistema de mucha utilidad para evitar pagos adicionales por los accidentes de trabajo que constantemente existen y que el dueño están en la responsabilidad de subsidiar con tiempo y dinero. Esto ocasionaría pérdidas económicas para la empresa y daños irreparables para los trabajadores.

## Capítulo 5

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- Se ha considerado realizar un algoritmo para visión artificial que permita detectar el color del guante que el operador utiliza, en este caso se ha considerado para los guantes de látex color azul, y además un algoritmo que permite la detección de bordes para identificar la mano ya que es el miembro mas directo a sufrir heridas.
- La iluminación es un factor que influye en la detección del color ya que los niveles de iluminación varían de acuerdo al lugar de trabajo, para el sistema se ha considerado un intervalo de 116 a 130 luxes como normales para que el sistema de sensorización no sea afectado, tomando en cuenta que para ambientes de trabajo el máximo es de 150 luxes.
- Al ser un sistema de emergencia y mediante las pruebas realizadas, se ha considerado utilizar un rango de distancia de detección de 1.7cm, mas no cuando la mano mantiene contacto con la sierra, para que se pueda alertar el peligro y el operario tome precaución de utilizar los equipos de mejor manera.
- De entre los tres diferentes tipos de freno, los mas utilizados dentro de la industria, tanto por sus características como por el modo de funcionamiento, es el freno dinámico, un método que se adecuó al sistema logrando un freno inmediato y sin presentar mayor peligro en su integridad debido a que el tiempo de inyección de corriente DC fue de 0.75s con un voltaje de 34.9V.
- La eficiencia del sistema se ha considerado mediante el análisis del error porcentual de éxito en la detección de la mano y freno automático, obteniendo una eficiencia del 95 % con un tiempo de frenado de 63.68ms con respecto a sistemas similares en el mercado como HandSafe que tiene 100 %.

## 5.2. Recomendaciones

- En el sistema de detección es necesario determinar un rango exacto para el filtrado de color, ya que el sistema puede obtener falsos negativos, ocasionando que este se detenga cuando no haya existido peligro, afectando la continuidad del trabajo y el desgaste de los equipos que componen el sistema, Además se debe tomar muy en cuenta la iluminación del área de trabajo ya que este es un factor importante que influye en la correcta detección del guante.
- Se recomienda utilizar una tarjeta de procesamiento de alta velocidad y que se adapte a las características de la cámara, de modo que la transmisión y procesamiento de los datos sea eficiente y exacta, ya que en este tipo de sistemas el tiempo de respuesta es un factor muy importante que ayudará a que el sistema se potencia actúe de manera inmediata y precisa para cesar el funcionamiento de la sierra eléctrica y evite el corte o pérdidas de miembros.
- En el sistema de potencia para el control del motor es muy indispensable que la señal de corriente continua no trabaje simultáneamente con la señal de corriente alterna ya que esto provocaría mayor peligro en la máquina, para lo que se recomienda utilizar un tiempo de transición mínima en des alimentar el rotor de la corriente ac y alimentarla con dc, además se recomienda la instalación de ventiladores para que no exista problemas en su óptimo funcionamiento a largo plazo por las pequeñas disipaciones de calor que podría existir.
- Si el sistema va a ser instalado en una máquina real se recomienda adaptar las piezas del sistema de control de inercia de manera fija para que estas no generen otros accidentes por el movimiento de piezas, además de que se debe considerar utilizar un servomotor con mas torque para controlar la mayor fuerza que ejerce las poleas de la máquina real.



## Bibliografía

- [1] J. Cruz, Las nuevas tecnologías aplicadas a la industria cárnica permiten una mayor automatización Y robotización,” *Tecnología de la carne* , nº 232, p. 5, 2014.
- [2] “Estadísticas del Seguro de Riesgos del Trabajo,” Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2017.
- [3] El Telégrafo, “Los accidentes de trabajo no son reportados en su totalidad,” El Telégrafo, 2012.
- [4] “Productos cárnicos: orientados al consumo interno,” EKOS, 2017.
- [5] “Riesgos laborales en elaboración de productos cárnicos,” PREVEN SYSTEM, 2017.
- [6] I. Alarcón, “Una mujer pierde sus dedos en el trabajo,” El Comercio, 2016.
- [7] “Seguridad y Salud en el Trabajo,” Ministerio del Trabajo.
- [8] P. Suasnavas, “ Seguridad y Salud Ocupacional en 2017,” EKOS, 2017.
- [9] “En ocho provincias se concentra el mayor consumo de cárnicos,” Líderes, 2015
- [10] “Seguridad y Salud en el Trabajo,” Organización Internacional del Trabajo.
- [11] B. E. d. M. S. d. R. d. C.V., “Seguridad Banner: protección del personal en una cortadora de carne con entorno hostil,” *REPORTERO INDUSTRIAL*, 2018.
- [12] B. E. Corp, “EZ-SCREEN® LS Safety Light Screen,” *Instruction Manual*, nº 179480, p. 100, 2017.
- [13] V. R. J. Gómez Aguilar Luis Felipe, “Propuesta de un sistema de visión artificial aplicada al proceso ovoscópico en la vacunación in ovo,” Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México D. F., 2016.

- [14] V. R. J. Gómez Aguilar Luis Felipe, "Propuesta de un sistema de visión artificial aplicada al proceso ovoscópico en la vacunación in ovo," Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México D. F., 2016.
- [15] C. de Fátima dos Santos and J. C. Marciano dos Santos, "A software for selection of eggs using digital image processing with customization between profits and quality," 2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Lisboa, 2013, pp. 1-7
- [16] PADILLA-MAGAÑA, J, SÁNCHEZ-SUÁREZ, Isahi y OSEGUERA-ESPINOZA, P, "Control Automático de una maquina seleccionadora por Color 21 mediante la PixyCam CMUCAM5 para aseguramiento de calidad" Revista de Tecnología e Innovación, vol. 3, nº 8, pp. 35-44, 2016.
- [17] Ministerio de salud y protección social, "Aseguramiento en riesgos laborales," Imprenta Nacional de Colombia, Colombia.
- [18] GOF CEPRIT, Prevención de Riesgos Laborales, EsSalud, 2013, p. 1.
- [19] ANEFA, "Equipos de trabajo de las plantas de tratamiento del sector de los áridos," [En línea]. Available: <http://www.seguridadyaridos.org/pdfs/SeguridadEquipos.pdf>.
- [20] HISPAVISTA EMPRESAS, "Maquinaria para la industria cárnica y pesquera," MEDOC, [En línea]. Available: <http://www.medocsa.com/>.
- [21] BASEMAQ, "Situaciones de trabajo peligrosas producidas por las máquinas", España: BASEMAQ.
- [22] C. Angulo; C. Raya. "Tecnología de sistemas de control". Universidad Politécnica de Cataluña. 1ª Ed. Ediciones UPC. Barcelona - España, septiembre de 2004.
- [23] P. Lascorz Salazar. "Robótica Y Automática en El Aula: Trabajando Con Microcontroladores Picaxe". 1ªEd. Noviembre 4, 2009.
- [24] D. Benchimol "Proyectos con microcontroladores aprenda a desarrollar sus propias aplicaciones". M.P. Ediciones. Argentina.
- [25] S. Pedre. "Sistemas embebidos". Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos Departamento de Computación - FCEN - UBA.

- 12 de octubre de 2012. [En línea]. Disponible en: [http://www-2.dc.uba.ar/charladeborrachos/presentaciones/charla\\_2012-10-12.pdf](http://www-2.dc.uba.ar/charladeborrachos/presentaciones/charla_2012-10-12.pdf).
- [26] G. N. José Ramón Alcalá, Una introducción a la imagen digital y su Tratamiento, Cuenca: MIDECIANT. Museo Internacional de Electrografía/Centro de investigación en arte y nuevos medios, 2008.
- [27] R. Gonzalez, & R. Woods, “Digital image processing”. [En línea]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0734-189X\(90\)90171-Q](https://doi.org/10.1016/0734-189X(90)90171-Q). Prentice Hall, 2002.
- [28] A. Vasco, & A. Tamayo. “Visión artificial, una alternativa a la sensorica convencional en la implementación de los sistemas de control”, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.eam.edu.co/ojs/index.php/ingeam/article/view/144/217>
- [29] P. Wattuya, (n.d.). “Introduction to Digital Images”. [En línea]. Disponible en: <https://web.stanford.edu/class/cs101/image-1-introduction.html>.
- [30] H. Golnabi, & A. Asadpour, “Design and application of industrial machine vision systems. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing”, 2007, 23(6), pág. 630–637. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.02.005>.
- [31] P. E. ALTAMIRANO Víctor, “Diseño e implementación de un módulo didáctico de inspección y clasificación de frutas usando visión artificial por medio de imágenes fuera del espectro visible para el laboratorio de mecatrónica de la universidad de las fuerzas armadas ESPE extensión Latacunga ,” ESPE, Latacunga, 2018.
- [32] OpenCV, 20 11 2018. [En línea]. Available: <https://opencv.org/>.
- [33] A. G. G. N. d. A. M. Raúl Pino Diez, INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva, Oviedo: Editorial Servicios de Publicaciones Universidad de Oviedo, 2001.
- [34] “Python”. Copyright 2001-2018, Python team. [En línea]. Disponible en: <https://www.python.org/>
- [35] S. Pedre. “Sistemas embebidos”. Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos Departamento de Computación - FCEN - UBA. 12 de octubre de 2012. [En línea]. Disponible en: [http://www-2.dc.uba.ar/charladeborrachos/presentaciones/charla\\_2012-10-12.pdf](http://www-2.dc.uba.ar/charladeborrachos/presentaciones/charla_2012-10-12.pdf).

- [36] W. Tomasi. "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas". 4<sup>a</sup> Ed. Pearson Education. México, 2003.
- [37] CONTAVAL, "¿Qué es la visión artificial y para que sirve?," 18 02 2016. [En línea]. Available: <http://www.contaval.es/que-es-la-vision-artificial-y-para-que-sirve/>.
- [38] "4.5.1 mysql-The MySQL Command-Line Tool". 2018, Oracle Corporation and/or its affiliates. [En Línea]. Disponible en: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/mysql.html>.
- [39] "About MariaDB". 2018 Copyright MariaDB Foundation. [En Línea]. Disponible en: <https://mariadb.org/about/>
- [40] "PhpMy Admin Bringing MySQL to the web". Copyright 2003-2018 phpMyAdmin contributors. [En Línea]. Disponible en: <https://www.phpmyadmin.net/>.
- [41] I. Kosow, Máquina Eléctricas y transformadores, México: Prentice-Hall Inc, 1993.
- [42] M. A. R. Pozueta, "Frenado de máquinas asíncronas o de inducción," Universidad de Cantabria, España, 2017
- [43] J. Q. Margarita Galarza, "Diseño y Construcción del sistema de Freado Dinámico para un vehículo eléctrico," Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2009.
- [44] W. Muller, Electrónica de potencia, Barcelona: Reverté S.A., 1994
- [45] J. G. Cobo, "HARDWARELIBRE," [En línea]. Available: <https://www.hwlibre.com/que-es-una-placa-sbc/>.
- [46] "LinkSprite pcDuino3". LinkSprite. [En línea]. Disponible en: <http://www.linksprite.com/linksprite-pcduino3/>
- [47] "Link Sprite pc Duino3". Link Sprite. [En línea]. Disponible en: <http://www.linksprite.com/linksprite-pcduino3/>
- [48] "Camera Module". Raspberry Pi Foundation UK Registered Charity 1129409. [En línea]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera/>
- [49] "720p HD webcam FaceCam 1000X". 2018 KYE System Corp. [En línea]. Disponible en: <http://pe.geniusnet.com/product/facecam-1000x>

- [50] “Cámaras web”. Copyright 2018 INS CORP. All Rights Reserved. [En línea]. Disponible en: [http://ins.com.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5&Itemid=18](http://ins.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=18).
- [51] Raspberrypi, “Raspberrypi.org,” [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>.
- [52] Grupo de robots Argentina, “Robots Didácticos,” [En línea]. Available: <http://robots-argentina.com.ar/didactica/arduino-reconocer-colores-con-el-modulo-tcs230/>.
- [53] BBITS, “BBITS, TECNOLOGÍA Y OPINIÓN,” [En línea]. Available: <https://borrowbits.com/2017/10/aprende-programar-nodemcu-esp8266-arduino-ide/>.
- [54] D. Meganeboy, “Aficionados a la mecánica,” [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>.
- [55] FINAL TEST , “FINAL TEST, Venta de Instrumentos de Prueba y Medición,” [En línea]. Available: <https://www.finaltest.com.mx/Fluke-373-p/fluke-373.htm>.
- [56] L. LLamas, “SENSOR DE CORRIENTE ELÉCTRICA NO INVASIVO CON ARDUINO Y SCT-013,” [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-sensor-corriente-sct-013/>.
- [57] Cole Parmer scientific experts, “Cole Parmer,” [En línea]. Available: <https://www.coleparmer.ca/i/digi-sense-data-logging-light-meter-with-nist-traceable-calibration/2025000>.
- [58] DELICATESSEN LUIS Jr, [En línea]. Available: [https://www.facebook.com/pg/Delicatessen-Luis-Jr-511745892669621/about/?ref=page\\_internal](https://www.facebook.com/pg/Delicatessen-Luis-Jr-511745892669621/about/?ref=page_internal).
- [59] Fernández-S. Á., Salazar-L. F., Jurado M., Castellanos E.X., Moreno-P. R., Buele J. (2019) Electronic System for the Detection of Chicken Eggs Suitable for Incubation Through Image Processing. In: Rocha Á., Adeli H., Reis L., Costanzo S. (eds) New Knowledge in Information Systems and Technologies. WorldCIST’19 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 931. Springer, Cham

## **Anexos y Apéndices**

## Anexo A

### Anexo Fotográfico de recolección de información

En este anexo se presenta la visita a la empresa FRIGORÍFICO LUIS JR. para recolección de información

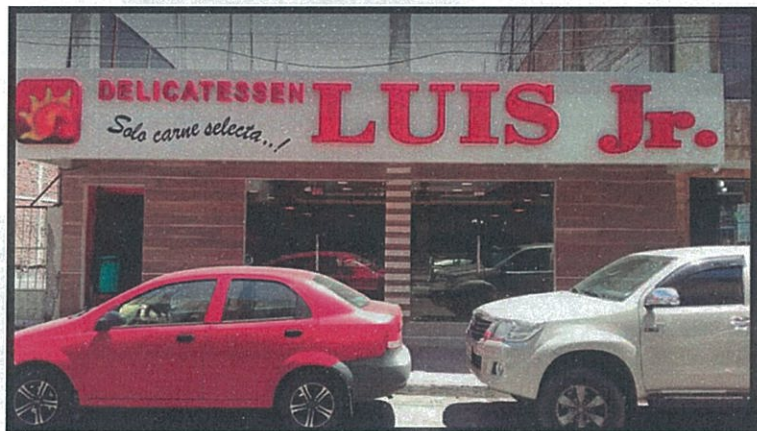


Figura A.1: Frigorífico LUIS JR  
Fuente: Delicatessen LUIS Jr [58]



Figura A.2: Indagación a propietario del Frigorífico  
Fuente: Investigadora



Figura A.3: Zona de trabajo para corte y despiece  
Elaborado por: Investigadora



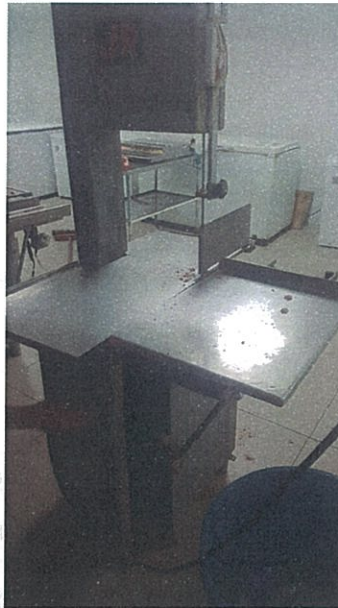


Figura A.4: Máquina cortadora de carne con sierra vertical  
Elaborado por: Investigadora



Figura A.5: Uso de la máquina por el operario  
Elaborado por: Investigadora

## Anexo B

### Anexo Fotográfico de pruebas de funcionamiento del prototipo

En este anexo se muestra todos los procesos realizados para la realización, verificación y pruebas de funcionamiento del prototipo



Figura B.1: Construcción del prototipo  
Elaborado por: Investigadora



Figura B.2: Adecuación de elementos electrónicos en la maqueta  
Elaborado por: Investigadora

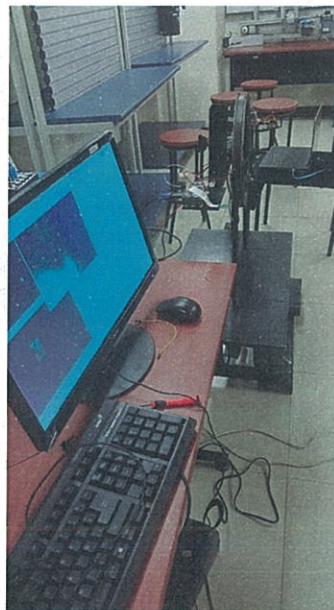


Figura B.3: Comprobación del funcionamiento del sistema en el prototipo  
Elaborado por: Investigadora

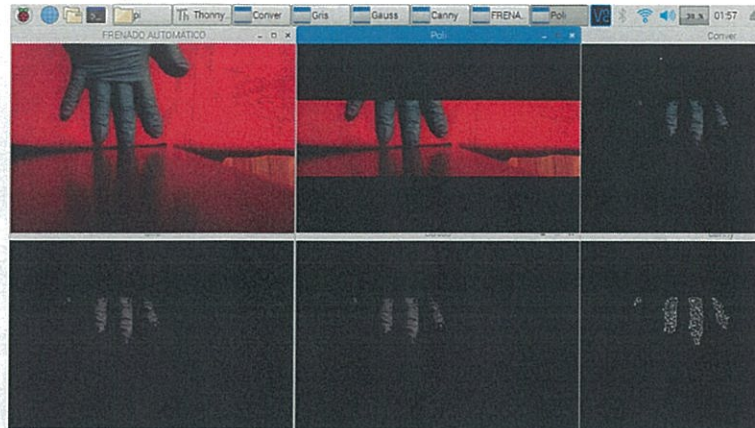


Figura B.4: Comprobación del funcionamiento del procesamiento de imágenes  
Elaborado por: Investigadora



Figura B.5: Calibración de la cámara para detrmnar rango de detcción  
Elaborado por: Investigadora



Figura B.6: Adecuación y comprobación de iluminación necesaria en zona de trabajo  
Elaborado por: Investigadora

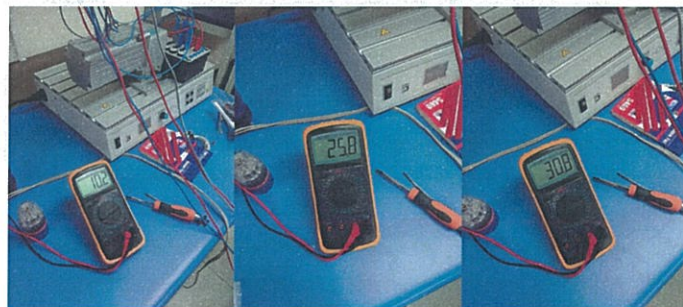


Figura B.7: Pruebas de voltaje DC de alimentación al motor AC  
Elaborado por: Investigadora



Figura B.8: Verificación de corriente del motor  
Elaborado por: Investigadora

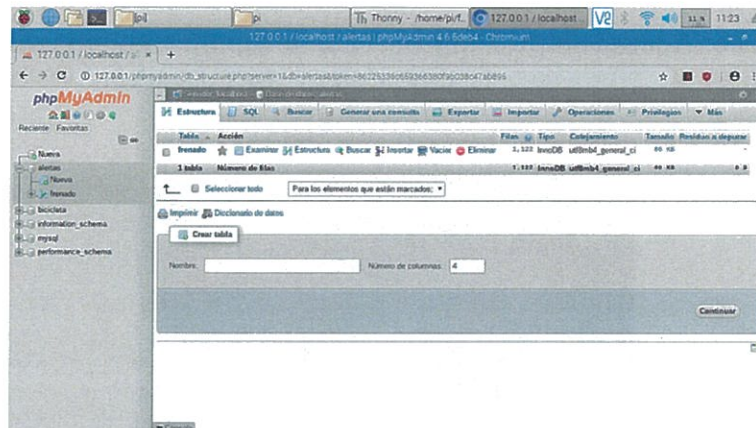


Figura B.9: Creación de base de datos  
Elaborado por: Investigadora

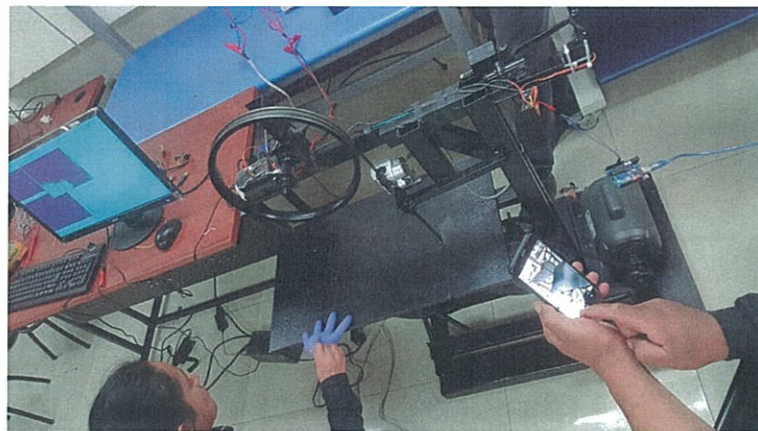


Figura B.10: Pruebas de funcionamiento final del prototipo  
Elaborado por: Investigadora

## Anexo C

### Código Python del Sistema de Visión Artificial

```
#Importación del módulo sys propio del lenguaje Python
import sys

#Importación del módulo para activación de la cámara de raspberry
from picam.array import PiRGBArray
from picam import PiCam

#Importación del módulo time para pausar procesos y medir el tiempo de cada
proceso
import time

#Importación del módulo pymysql cuyos métodos permiten vincular el código con
la base de datos
import pymysql

#Importación del módulo cv2 de OpenCV cuyos métodos permiten realizar el
procesamiento de imágenes
import cv2

#Importación del módulo numpy cuyos métodos permiten realizar procesos
matemáticos con vectores, matrices y otros tipos de datos
import numpy as np

#Importación del módulo RPi.GPIO para la activación de los pines de propósito
general de la Raspberry
import RPi.GPIO as GPIO

#Importación del módulo tkinter para la creación de interfaces
from tkinter import *

#Importación del módulo PIL para el manejo de imágenes dentro de la interfaz
from PIL import Image, ImageTk

#Seteo de los pines de propósito general, desactivando alertas por consola y
habilitando el número de los pines de acuerdo a su distribución en la placa (BOARD)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
```

```

#Inicialización de variables y pines como entrada (.IN) o salida (.OUT)
    rele=10 GPIO.setup(rele,GPIO.OUT)
    GPIO.output(rele, False)
    y=0
#Inicialización de la ventana principal de la interfaz
    principal = Tk()
#Título de la ventana
    principal.wm_title("FRENADO AUTOMATICO")
#Atributo para maximización principal.attributes('-zoomed',True)
#Método para el cierre total de ventanas generadas por la aplicación
    def cerrar():
        GPIO.cleanup()
        cv2.destroyAllWindows()
        principal.destroy()
#Algoritmo para activar el método de cierre al presionar el botón característico 'X'
de la ventana principal
    principal.protocol('WM_DELETE_WINDOW', cerrar)
#Inicialización y posicionamiento de widgets que se ubican dentro de la ventana
principal #Marco para posicionar la imagen dentro de la ventana
    cuadroimagen = Frame(principal)
    cuadroimagen.grid(row=0, column=0,columnspan=3)
#Etiqueta para alojar la imagen dentro de la ventana
    etiq = Label(cuadroimagen)
    etiq.grid(row=0, column=0,columnspan=3)
#Inicialización de la cámara
    cam = PiCam()
#Resolución
    cam.resolution = (480, 320)
#Número de fotogramas a capturar por segundo
    cam.framerate = 30
#Generación del vector de color a partir de la imagen adquirida por la cámara
    captura = PiRGBArray(cam, size=(480, 320))
#Tiempo para refrescar el módulo
    time.sleep(0.1)
#Método para almacenamiento de información en la base de datos
    def alertabase():
#Verificación de credenciales

```



```

xphp = pymysql.xphpect(host="localhost", user="root",passwd="AFS26", db="alertas"
)
#Inserción de datos en la tabla
mycursor = xphp.cursor()
sql = "INSERT INTO frenado (Indicador) VALUES (%s)"
val = ("FRENADO AUTOMÁTICO")
mycursor.execute(sql, val)
xphp.commit()
xphp.close()
#Método para segmentación de la imagen adquirida en tiempo real
def segmentar(image, vertices):
#Creación de tupla para posicionamiento del polígono de segmentación
seg = np.zeros_like(image)
if len(seg.shape)==2:
cv2.fillPoly(seg, vertices, 255)
else:
cv2.fillPoly(seg, vertices, (255,)*seg.shape[2])
poligono=cv2.bitwise_and(image, seg)
return poligono
#Método para el posicionamiento del polígono de segmentación o recorte del cuadro
de imagen adquirido en tiempo real
def posicionar_segmento(image):
rows, cols = image.shape[:2]
#Posicionamiento de los vértices del polígono
abajo_izq = [cols*0, rows*0.7]
arriba_izq = [cols*0, rows*0.3]
abajo_der = [cols*1, rows*0.7]
arriba_der = [cols*1, rows*0.3]
vertices = np.array([[abajo_izq, arriba_izq, arriba_der, abajo_der]], dtype=np.int32)
return segmentar(image, vertices)
#Método para el procesamiento de la imagen adquirida en tiempo real
def deteccion(image):
#Segmentación de acuerdo a los métodos indicados y la imagen captada
poligono = posicionar_segmento(image)
#Conversión de color RGB propio de la imagen a HLS para realizar un filtro más
preciso de colores, creando una capa con los valores máximos y mínimos de acuerdo
a la gama de interés

```

```

img = cv2.cvtColor(poligono,cv2.COLOR_BGR2HLS)
min = np.uint8([ 92, 53, 6])
max = np.uint8([ 127, 239, 150])
capa = cv2.inRange(img, min, max)
conver = cv2.bitwise_and(image, poligono, capa = capa)
#Conversión a escala de grises
gris = cv2.cvtColor(conver,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
#Aplicación del filtro Gaussiano
gaussiano = cv2.GaussianBlur(gris, (1, 1), 0)
#Detección de bordes
can = cv2.Canny(gaussiano, 0, 0)
#Detección de contornos para determinar si se ha fijado o detectado el objetivo
(., contornos,.)= cv2.findContours(can,cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
#Condición para activación del pin declarado previamente para el accionamiento
de los actuadores correspondientes, procurando que mientras la aplicación esté
detectando, se active el pin y se almacene la señal en la base de datos por una
única ocasión hasta volver a detectar, evitando que se saturen los datos y exista
oscilaciones contradictorias en las señales.
    global y if (y==0 and contornos==[]):
    or (y==1 and contornos!=[]):
        GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
        GPIO.setup(rele,GPIO.OUT)
        GPIO.output(rele, False)
        y=0
    elif (y==0 and contornos!=[]):
        GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
        GPIO.setup(rele,GPIO.OUT)
        GPIO.output(rele, True)
        time.sleep(0.8)
        GPIO.setup(rele,GPIO.OUT)
        GPIO.output(rele, True)
        alertabase()
    #GPIO.output(rele, False)
    y=1
#Visualización de filtros y manipulación de la imagen principal
cv2.imshow("Conver", conver)

```

```

cv2.imshow("Gris", gris)
cv2.imshow("Gauss", gaussiano)
cv2.imshow("Canny", can)
cv2.imshow("Poli", poligono)
#Ciclo para captura continua de fotogramas de la cámara
for var in cam.capture_continuous(captura, format="bgr", use_video_port=True):
#Obtención del vector captado
image = var.array
#Aplicación de métodos de filtrado y procesamiento deteccion(image)
#Visualización de la transmisión de la cámara en tiempo real dentro de la ventana
principal
cv2image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2RGBA)
img = Image.fromarray(cv2image)
imgtk = ImageTk.PhotoImage(image=img)
etiq.imgtk = imgtk
etiq.configure(image=imgtk)
#Opciones para cerrar aplicación por teclado
if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'): break
#Actualización de fotogramas para proceder con los siguientes
captura.truncate(0)
#Actualización de la ventana principal para visualización
principal.update()
principal.mainloop()

```

## Anexo D

### Código en Arduino del sistema de detección en NodeMCU

```
//DECLARACIÓN DE VARIABLES PARA PINES DE ACTIVACIÓN Y
LECTURA DEL SENSOR DE COLOR EN LA PLACA NODEMCU
const int s0 = D4;
const int s1 = D5;
const int s2 = D6;
const int s3 = D7;
const int out = D8;
const int r1 = D0;
int rojo = 0;
int verde = 0;
int azul = 0;
//DEFINICIÓN DE PINES GPIO COMO ENTRADAS O SALIDAS
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(s0, OUTPUT);
  pinMode(s1, OUTPUT);
  pinMode(s2, OUTPUT);
  pinMode(s3, OUTPUT);
  pinMode(r1, OUTPUT);
  pinMode(out, INPUT);
//COMBINACIÓN DE PINES PARA ESCALA DE FRECUENCIA DE SALIDA
DEL SENSOR
  digitalWrite(s0, HIGH);
  digitalWrite(s1, HIGH);
} void loop(){
//ACTIVACIÓN DEL MÉTODO DE ADQUISICIÓN DE COLOR color();
//VISUALIZACIÓN DE VALORES DE INTERÉS ADQUIRIDOS POR EL
SENSOR EN ESTE CASO EL FILTRO DE COLOR AZUL //
```

```
Serial.println(azul);
//CONDICIONES PARA ACTIVACIÓN DE ACTUADOR RELÉ PARA FRENA-
DO DE EMERGENCIA POR DETECCIÓN DE COLOR
if(azul<250&&azul>195){
digitalWrite(r1,HIGH);
delay(800);
digitalWrite(r1,LOW);
delay(5000);
}else{digitalWrite(r1,LOW);}
delay(50);
}
//MÉTODO DE ADQUISICIÓN DE COLOR
void color(){
//COMBINACIÓN PARA APLICACIÓN DE FILTRO AZUL O ACTIVACIÓN
DEL FOTODIODO CORRESPONDIENTE DEL SENSOR
digitalWrite(s2, LOW);
digitalWrite(s3, LOW);
//CONTEO DE PULSOS CORRESPONDIENTES A LA COMBINACIÓN DE
COLORES RGB (ROJO, VERDE, AZUL) PARA LA OBTENCIÓN DE VALORES
NUMÉRICOS A COMPARAR
rojo = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(s3, HIGH);
azul = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(s2, HIGH);
verde = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
```

## Anexo E

### Código del Servo Motor

```
#include <Servo.h>
#define senal 10
Servo myservo; // create servo object to control a servo
void setup() {
  pinMode(senal,INPUT);
  myservo.attach(11); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}
void loop() {
  if(digitalRead(senal)==HIGH){
    myservo.write(0);
    delay(5000);
  }else{
    myservo.write(180);
  }
}
```

## Anexo F

### Código para visualizar gráfica de corriente y pulso de activación del sistema

```
#define senal 8
void setup() {
  Serial.begin(9600); //velocidad de comunicación
  analogReference(INTERNAL); //Referencia Interna:
  analogReference(INTERNAL1V1); (para Arduino Mega)
  pinMode(senal,INPUT); //definición de pin que recibe la señal }
void loop() {
  float Irms=medir_corriente(); //Corriente eficaz (A)
  if(Irms>10){
    Irms=Irms-5.25; } // float P=Irms*120.0; // P=IV (Watts)
  Serial.print(Irms,3); //graficar o imprimir valores de corriente
  Serial.print(",");
  Serial.println(digitalRead(senal)); //graficar o imprimir valor del pulso }
  float medir_corriente(){
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    float Sumatoria=0;
    long tiempo=millis();
    int N=0; while(millis()-tiempo<50){//Duración 0,05 segundos(Aprox. 3 ciclos de
60Hz)
      voltajeSensor = analogRead(A0) * (1 / 1023.0);//voltaje del sensor corriente=voltajeSensor*20.0; //corriente=VoltajeSensor*(20A/1V)
      Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente);//Sumatoria de Cuadrados N=N+1; }
      Sumatoria=Sumatoria*2;//Para compensar los cuadrados de los semiciclos negativos. corriente=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del RMS return(corriente);
    }
}
```

## Anexo G

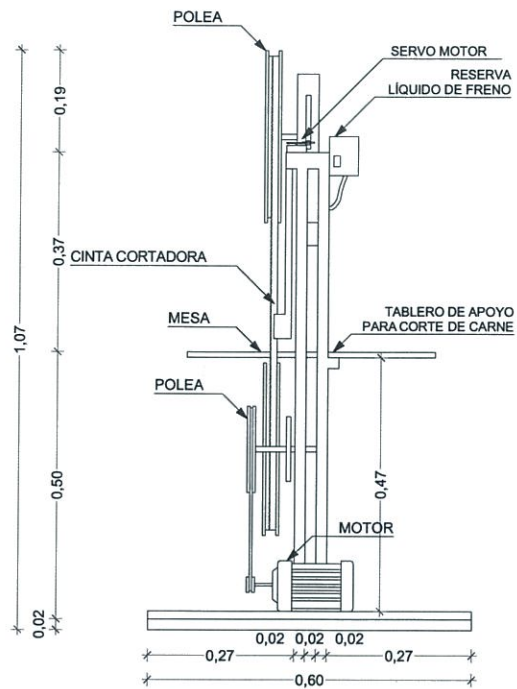
### Código para determinar el tiempo de freno del sistema

```
#define senal 8
unsigned long tiempo1 = 0;
unsigned long tiempo2 = 0;
double diferenciaTiempo = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(senal,INPUT); }
void loop() {
  if(digitalRead(senal)==LOW){ //detección del pulso inicia el conteo
  tiempo1 = millis(); }
  else if(analogRead(0)==0){ //detección del sensor detiene el conteo
  tiempo2 = millis();
  diferenciaTiempo = (tiempo2-tiempo1)*0.001; //Tiempo total de frenado en
segundos Serial.println(diferenciaTiempo,3); //visualización de tiempo
  while(true){ //condición para esperar el próximo evento de frenado
  if(digitalRead(senal)==LOW){
  break;
  } } } }
```

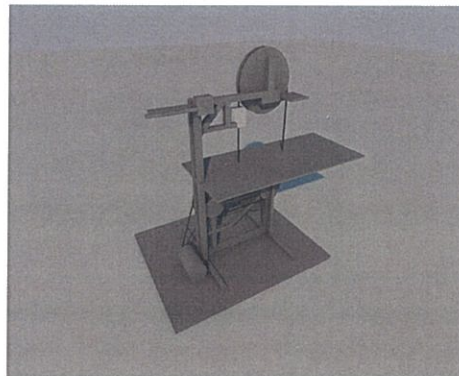
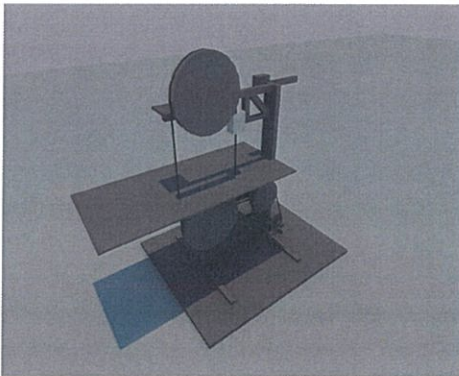


## Anexo H

### Planos generales del prototipo



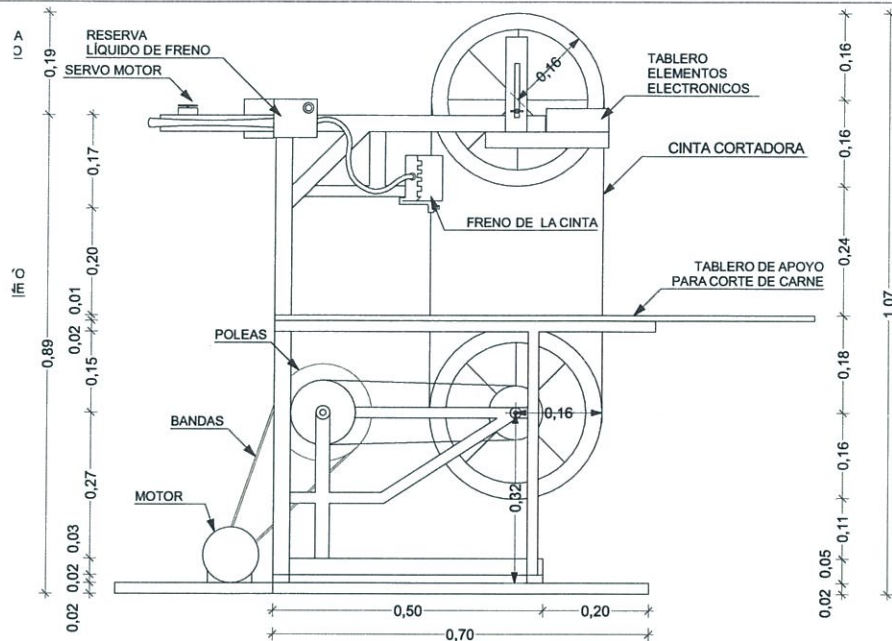
VISTA FRONTAL



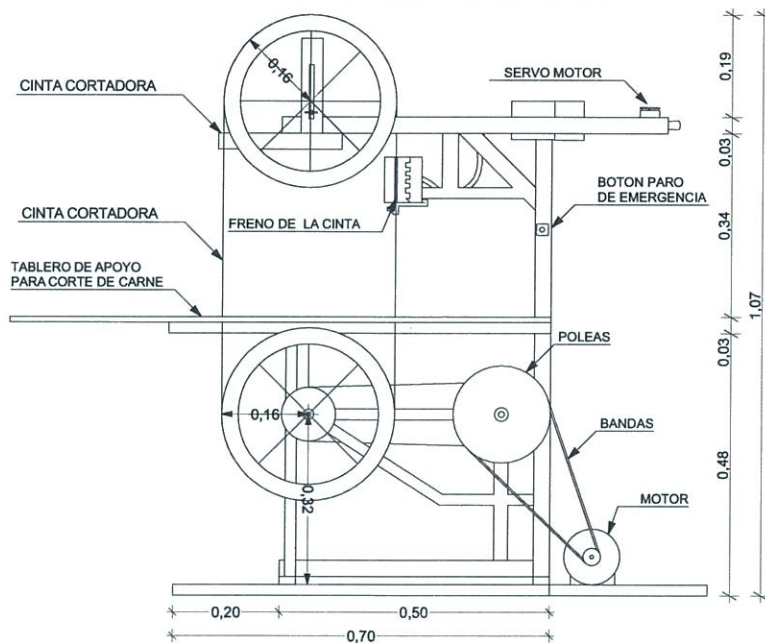
ISOMETRIAS

ESC: S/E

	<b>NOMBRE</b> ERIKA GISSELA BONILLA PONLUISA	<b>PROTOTIPO DEL PROYECTO</b> "SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL DE UNA MÁQUINA DE CORTE DE CARNE"	<b>ESCALA DEL DIBUJO</b> 1:10
			<b>LÁMINA:</b> 1/2



VISTA LATERAL DERECHA



VISTA LATERAL IZQUIERDA



NOMBRE

ERIKA GISSELA  
BONILLA PONLUISA

PROTOTIPO DEL PROYECTO

"SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO  
MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL DE UNA  
MÁQUINA DE CORTE DE CARNE"

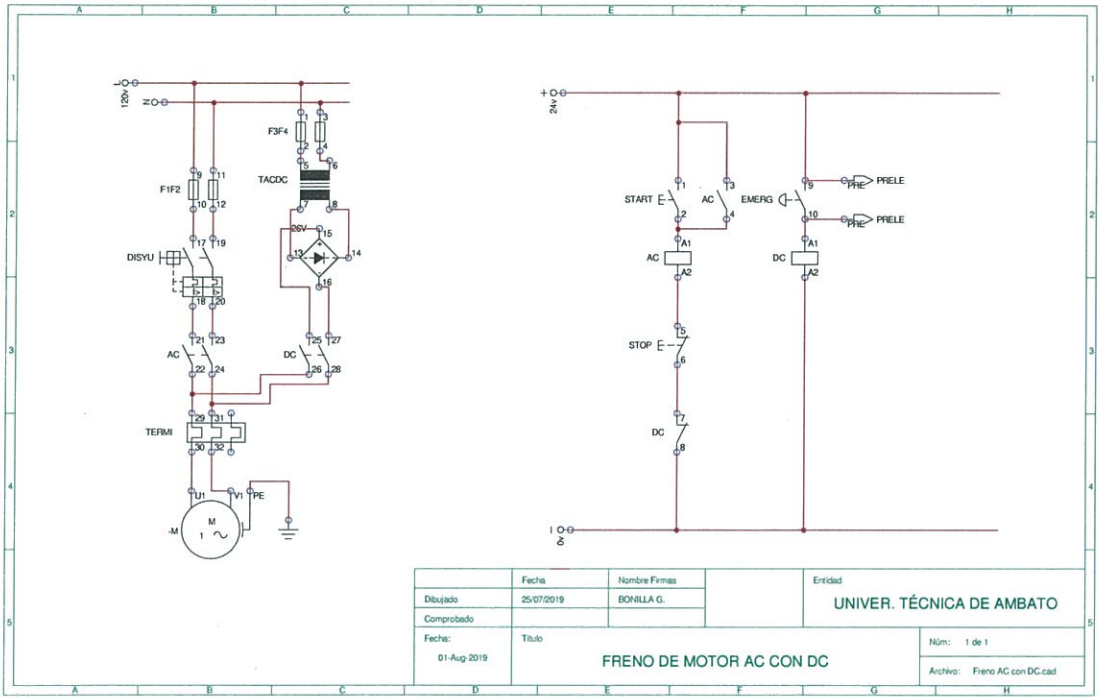
ESCALA DEL DIBUJO

1:10

LÁMINA:

2/2

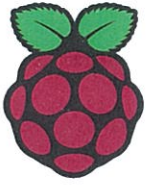
**Anexo I**  
**Planos Eléctricos del Sistema**



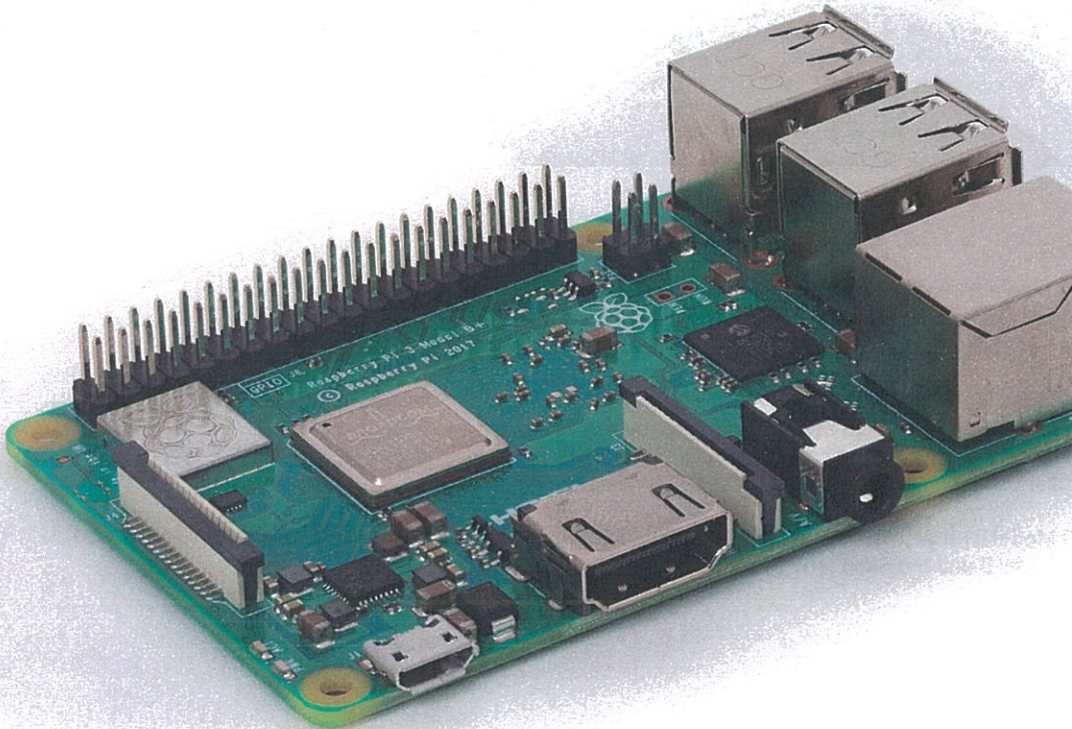
	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Dibujado	25/07/2019	BONILLA G.	UNIVER. TÉCNICA DE AMBATO
Comprobado			
Fecha:	Título		Núm: 1 de 1
01-Aug-2019	FRENO DE MOTOR AC CON DC		Archivo: Freno AC con DC.cad

## Anexo J

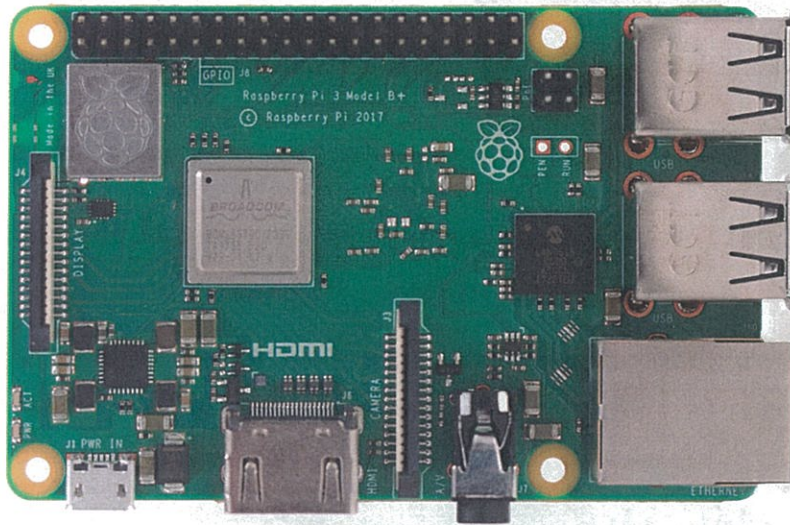
### Especificaciones Técnicas Raspberry pi



# Raspberry Pi 3 Model B+



## Overview



The Raspberry Pi 3 Model B+ is the latest product in the Raspberry Pi 3 range, boasting a 64-bit quad core processor running at 1.4GHz, dual-band 2.4GHz and 5GHz wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE, faster Ethernet, and PoE capability via a separate PoE HAT

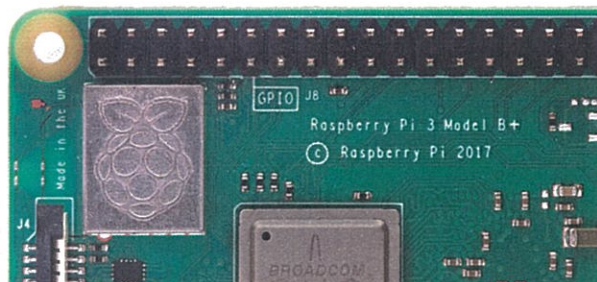
The dual-band wireless LAN comes with modular compliance certification, allowing the board to be designed into end products with significantly reduced wireless LAN compliance testing, improving both cost and time to market.

The Raspberry Pi 3 Model B+ maintains the same mechanical footprint as both the Raspberry Pi 2 Model B and the Raspberry Pi 3 Model B.

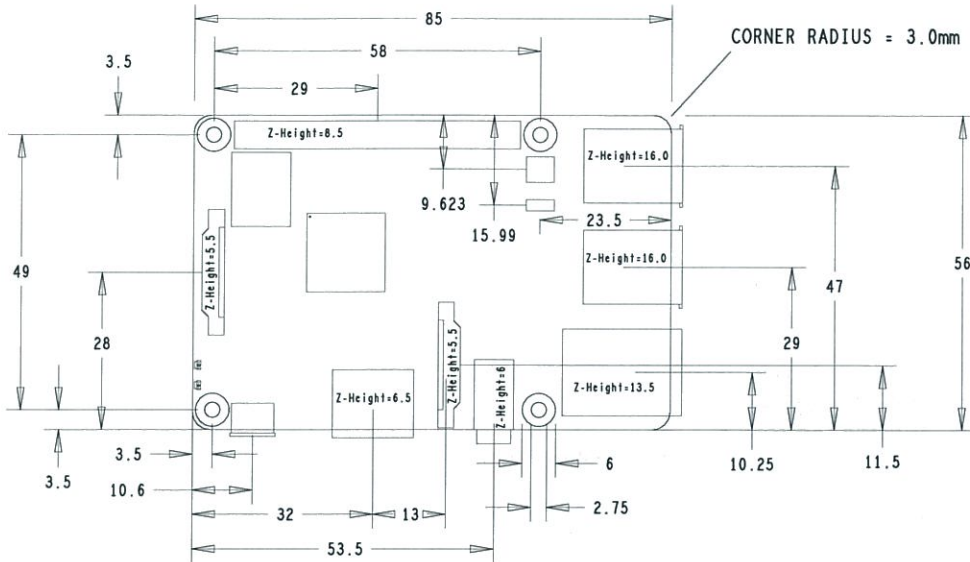


## Specifications

<b>Processor:</b>	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
<b>Memory:</b>	1GB LPDDR2 SDRAM
<b>Connectivity:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE</li><li>■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps)</li><li>■ 4 × USB 2.0 ports</li></ul>
<b>Access:</b>	Extended 40-pin GPIO header
<b>Video &amp; sound:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 1 × full size HDMI</li><li>■ MIPI DSI display port</li><li>■ MIPI CSI camera port</li><li>■ 4 pole stereo output and composite video port</li></ul>
<b>Multimedia:</b>	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
<b>SD card support:</b>	Micro SD format for loading operating system and data storage
<b>Input power:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 5V/2.5A DC via micro USB connector</li><li>■ 5V DC via GPIO header</li><li>■ Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)</li></ul>
<b>Environment:</b>	Operating temperature, 0–50°C
<b>Compliance:</b>	For a full list of local and regional product approvals, please visit <a href="http://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-3-model-b+">www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-3-model-b+</a>
<b>Production lifetime:</b>	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



## Physical specifications



### Warnings

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/2.5A DC. Any external power supply used with the Raspberry Pi 3 Model B+ shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- Whilst in use, this product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance, result in damage to the unit, and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors, and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- The cables and connectors of all peripherals used with this product must have adequate insulation so that relevant safety requirements are met.

### Safety instructions

To avoid malfunction of or damage to this product, please observe the following:

- Do not expose to water or moisture, or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose to heat from any source; the Raspberry Pi 3 Model B+ is designed for reliable operation at normal ambient temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Whilst it is powered, avoid handling the printed circuit board, or only handle it by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.



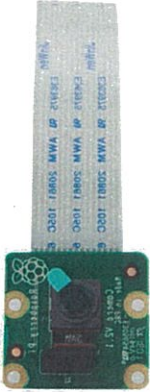
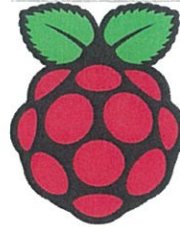
HDMI is a trademark of HDMI Licensing, LLC  
Raspberry Pi is a trademark of the Raspberry Pi Foundation

## Anexo K

### Especificaciones Técnicas Raspberry Pi Camera Module v2

## Raspberry Pi Camera v2

Part number: RPI 8MP CAMERA BOARD



- 8 megapixel camera capable of taking photographs of 3280 x 2464 pixels
- Capture video at 1080p30, 720p60 and 640x480p90 resolutions
- All software is supported within the latest version of Raspbian Operating System

The Camera v2 is the new official camera board released by the Raspberry Pi foundation.

The Raspberry Pi Camera Module v2 is a high quality 8 megapixel Sony IMX219 image sensor custom designed add-on board for Raspberry Pi, featuring a fixed focus lens. It's capable of 3280 x 2464 pixel static images, and also supports 1080p30, 720p60 and 640x480p60/90 video. It attaches to Pi by way of one of the small sockets on the board upper surface and uses the dedicated CSI interface, designed especially for interfacing to cameras.

- 8 megapixel native resolution sensor-capable of 3280 x 2464 pixel static images
- Supports 1080p30, 720p60 and 640x480p90 video
- Camera is supported in the latest version of Raspbian, Raspberry Pi's preferred operating system

The board itself is tiny, at around 25mm x 23mm x 9mm. It also weighs just over 3g, making it perfect for mobile or other applications where size and weight are important. It connects to Raspberry Pi by way of a short ribbon cable.

The high quality Sony IMX219 image sensor itself has a native resolution of 8 megapixel, and has a fixed focus lens on-board. In terms of still images, the camera is capable of 3280 x 2464 pixel static images, and also supports 1080p30, 720p60 and 640x480p90 video.

### Applications

- CCTV security camera
- motion detection
- time lapse photography

## Anexo L

### Especificaciones Técnicas Sensor de color TCS3200

- High-Resolution Conversion of Light Intensity to Frequency
- Programmable Color and Full-Scale Output Frequency
- Communicates Directly With a Microcontroller
- Single-Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)
- Power Down Feature
- Nonlinearity Error Typically 0.2% at 50 kHz
- Stable 200 ppm/°C Temperature Coefficient
- Low-Profile Lead (Pb) Free and RoHS Compliant Surface-Mount Package

### Description

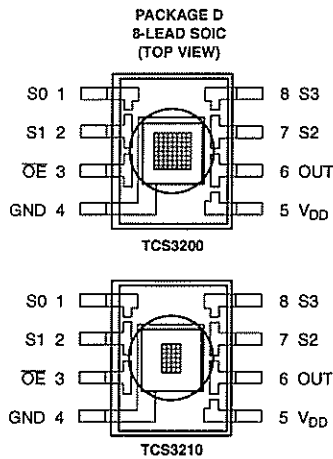
The TCS3200 and TCS3210 programmable color light-to-frequency converters that combine configurable silicon photodiodes and a current-to-frequency converter on a single monolithic CMOS integrated circuit. The output is a square wave (50% duty cycle) with frequency directly proportional to light intensity (irradiance).

The full-scale output frequency can be scaled by one of three preset values via two control input pins. Digital inputs and digital output allow direct interface to a microcontroller or other logic circuitry. Output enable (OE) places the output in the high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

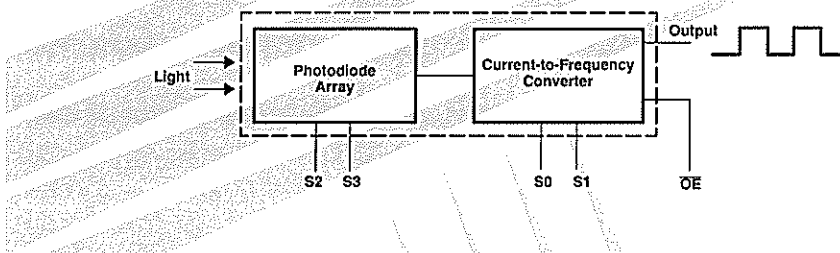
In the TCS3200, the light-to-frequency converter reads an 8 x 8 array of photodiodes. Sixteen photodiodes have blue filters, 16 photodiodes have green filters, 16 photodiodes have red filters, and 16 photodiodes are clear with no filters.

In the TCS3210, the light-to-frequency converter reads a 4 x 6 array of photodiodes. Six photodiodes have blue filters, 6 photodiodes have green filters, 6 photodiodes have red filters, and 6 photodiodes are clear with no filters.

The four types (colors) of photodiodes are interdigitated to minimize the effect of non-uniformity of incident irradiance. All photodiodes of the same color are connected in parallel. Pins S2 and S3 are used to select which group of photodiodes (red, green, blue, clear) are active. Photodiodes are 110 μm x 110 μm in size and are on 134-μm centers.



### Functional Block Diagram



**TCS3200, TCS3210**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
 TAOS099 – JULY 2009

**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 <sub>DD</sub>	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 <sub>A</sub>	PACKAGE - LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TCS3200	-40°C to 85°C	SOIC-8	D	TCS3200D
TCS3210	-40°C to 85°C	SOIC-8	D	TCS3210D



**TCS3200, TCS3210**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS099 – JULY 2009

**Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†**

Supply voltage, $V_{DD}$ (see Note 1)	6 V
Input voltage range, all inputs, $V_I$	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
Operating free-air temperature range, $T_A$ (see Note 2)	-40°C to 85°C
Storage temperature range (see Note 2)	-40°C to 85°C
Solder conditions in accordance with JEDEC J-STD-020A, maximum temperature (see Note 3)	260°C

† 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.

- NOTES: 1. All voltage values are with respect to GND.  
2. Long-term storage or operation above 70°C could cause package yellowing that will lower the sensitivity to wavelengths < 500nm.  
3. The device may be hand soldered provided that heat is applied only to the solder pad and no contact is made between the tip of the solder iron and the device lead. The maximum time heat should be applied to the device is 5 seconds.

**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, $T_A$	-40		70	°C

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

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{OH}$ High-level output voltage	$I_{OH} = -2$ mA	4	4.5		V
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$I_{OL} = 2$ 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		1.4	2	mA
	Power-down mode			0.1	$\mu\text{A}$
Full-scale frequency (See Note 4)	$S0 = H, S1 = H$	500	600		kHz
	$S0 = H, S1 = L$	100	120		kHz
	$S0 = L, S1 = H$	10	12		kHz
Temperature coefficient of responsivity	$\lambda \leq 700$ nm, $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$		$\pm 200$		ppm/°C
$k_{SVS}$ Supply voltage sensitivity	$V_{DD} = 5$ V $\pm 10\%$		$\pm 0.5$		%/V

NOTE 4: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.

**TCS3200, TCS3210**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
 TAOS099 – JULY 2009

Operating Characteristics at  $V_{DD} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $S_0 = \text{H}$ ,  $S_1 = \text{H}$  (unless otherwise noted)  
 (See Notes 5, 6, 7, and 8). Values for TCS3200 (TCS3210) are below.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	CLEAR PHOTODIODE S2 = H, S3 = L			BLUE PHOTODIODE S2 = L, S3 = H			GREEN PHOTODIODE S2 = H, S3 = H			RED PHOTODIODE S2 = L, S3 = L			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$f_O$ Output frequency (Note 9)	$E_e = 47.2\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , $\lambda_p = 470\ \text{nm}$	12.5	15.6	18.7	61%	84%	22%	43%	0%	6%				kHz
		(4.7)	(5.85)	(7)										
	$E_e = 40.4\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , $\lambda_p = 524\ \text{nm}$	12.5	15.6	18.7	8%	28%	57%	80%	9%	27%				
		(4.7)	(5.85)	(7)										
	$E_e = 34.6\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , $\lambda_p = 640\ \text{nm}$	13.1	16.4	19.7	5%	21%	0%	12%	84%	105%				
		(4.9)	(6.15)	(7.4)										
$R_e$ Irradiance responsivity (Note 10)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$	331 (124)			61%	84%	22%	43%	0%	6%				Hz/ ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$	386 (145)			8%	28%	57%	80%	9%	27%				
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$	474 (178)			5%	21%	0%	12%	84%	105%				
Saturation irradiance (Note 11)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$	1813 (4839)			---			---			---			$\mu\text{W}/\text{cm}^2$
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$	1554 (4138)			---			---			---			
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$	1266 (3371)			---			---			---			
$f_D$ Dark frequency	$E_0 = 0$	2 10			2 10			2 10			2 10			Hz
Nonlinearity (Note 12)	$f_O = 0$ to 5 kHz	$\pm 0.1$			$\pm 0.1$			$\pm 0.1$			$\pm 0.1$			% F.S.
	$f_O = 0$ to 50 kHz	$\pm 0.2$			$\pm 0.2$			$\pm 0.2$			$\pm 0.2$			
	$f_O = 0$ to 500 kHz	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$			$\pm 0.5$			$\pm 0.5$			
Recovery from power down		100			100			100			100			$\mu\text{s}$
Response time to output enable (OE)		100			100			100			100			ns

- NOTES: 5. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from a light-emitting diode (LED) optical source.  
 6. 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.  
 7. 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.  
 8. The 640 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 640\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 17\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 155 lm/W.  
 9. Output frequency Blue, Green, Red percentage represents the ratio of the respective color to the Clear channel absolute value.  
 10. Irradiance responsivity  $R_e$  is characterized over the range from zero to 5 kHz.  
 11. Saturation Irradiance = (full-scale frequency)/(irradiance responsivity) for the Clear reference channel.  
 12. Nonlinearity is defined as the deviation of  $f_O$  from a straight line between zero and full scale, expressed as a percent of full scale.



TYPICAL CHARACTERISTICS

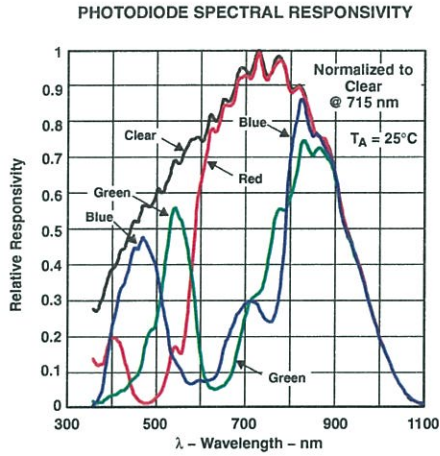


Figure 1

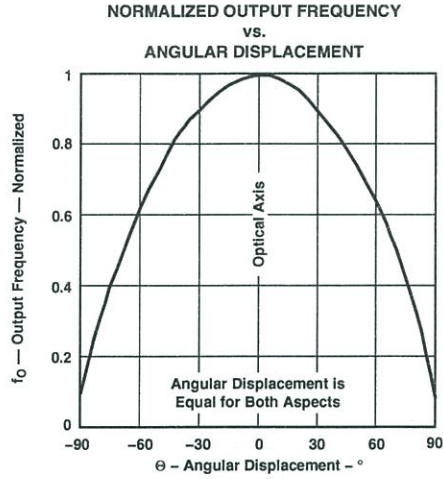


Figure 2

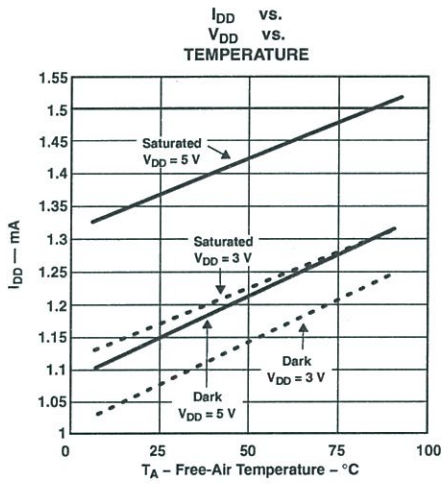


Figure 3

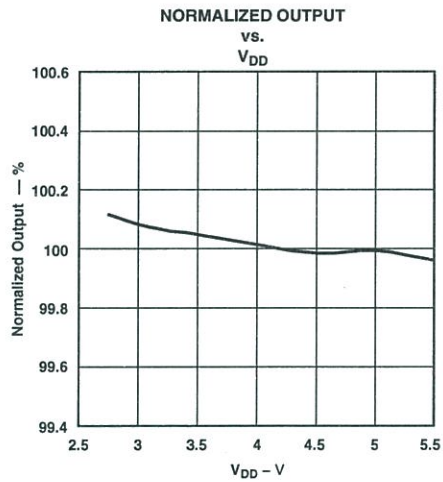


Figure 4

TYPICAL CHARACTERISTICS

PHOTODIODE RESPONSIVITY TEMPERATURE COEFFICIENT  
vs.  
WAVELENGTH OF INCIDENT LIGHT

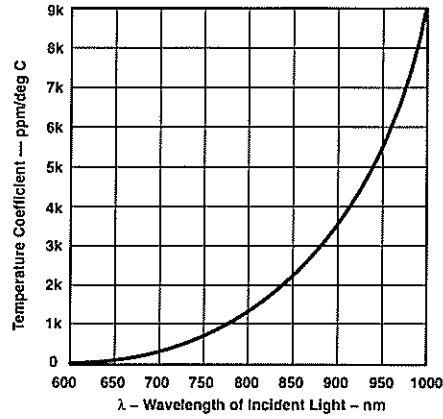


Figure 5

---

## APPLICATION INFORMATION

### Power supply considerations

Power-supply lines must be decoupled by a 0.01- $\mu$ F to 0.1- $\mu$ F capacitor with short leads mounted close to the device package.

### Input interface

A low-impedance electrical connection between the device  $\overline{OE}$  pin and the device GND pin is required for improved noise immunity. All input pins must be either driven by a logic signal or connected to VDD or GND — they should not be left unconnected (floating).

### Output interface

The output of the device is designed to drive a standard TTL or CMOS logic input over short distances. If lines greater than 12 inches are used on the output, a buffer or line driver is recommended.

A high state on Output Enable (OE) places the output in a high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

### Power down

Powering down the sensor using S0/S1 (L/L) will cause the output to be held in a high-impedance state. This is similar to the behavior of the output enable pin, however powering down the sensor saves significantly more power than disabling the sensor with the output enable pin.

### Photodiode type (color) selection

The type of photodiode (blue, green, red, or clear) used by the device is controlled by two logic inputs, S2 and S3 (see Table 1).

### Output frequency scaling

Output-frequency scaling is controlled by two logic inputs, S0 and S1. The internal light-to-frequency converter generates a fixed-pulsewidth pulse train. Scaling is accomplished by internally connecting the pulse-train output of the converter to a series of frequency dividers. Divided outputs are 50%-duty cycle square waves with relative frequency values of 100%, 20%, and 2%. Because division of the output frequency is accomplished by counting pulses of the principal internal frequency, the final-output period represents an average of the multiple periods of the principle frequency.

The output-scaling counter registers are cleared upon the next pulse of the principal frequency after any transition of the S0, S1, S2, S3, and  $\overline{OE}$  lines. The output goes high upon the next subsequent pulse of the principal frequency, beginning a new valid period. This minimizes the time delay between a change on the input lines and the resulting new output period. The response time to an input programming change or to an irradiance step change is one period of new frequency plus 1  $\mu$ s. The scaled output changes both the full-scale frequency and the dark frequency by the selected scale factor.

The frequency-scaling function allows the output range to be optimized for a variety of measurement techniques. The scaled-down outputs may be used where only a slower frequency counter is available, such as low-cost microcontroller, or where period measurement techniques are used.

APPLICATION INFORMATION

Measuring the frequency

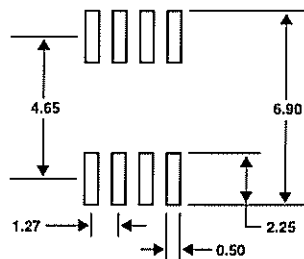
The choice of interface and measurement technique depends on the desired resolution and data acquisition rate. For maximum data-acquisition rate, period-measurement techniques are used.

Output data can be collected at a rate of twice the output frequency or one data point every microsecond for full-scale output. Period measurement requires the use of a fast reference clock with available resolution directly related to reference clock rate. Output scaling can be used to increase the resolution for a given clock rate or to maximize resolution as the light input changes. Period measurement is used to measure rapidly varying light levels or to make a very fast measurement of a constant light source.

Maximum resolution and accuracy may be obtained using frequency-measurement, pulse-accumulation, or integration techniques. Frequency measurements provide the added benefit of averaging out random- or high-frequency variations (jitter) resulting from noise in the light signal. Resolution is limited mainly by available counter registers and allowable measurement time. Frequency measurement is well suited for slowly varying or constant light levels and for reading average light levels over short periods of time. Integration (the accumulation of pulses over a very long period of time) can be used to measure exposure, the amount of light present in an area over a given time period.

PCB Pad Layout

Suggested PCB pad layout guidelines for the D package are shown in Figure 6.



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.  
B. This drawing is subject to change without notice.

Figure 6. Suggested D Package PCB Layout

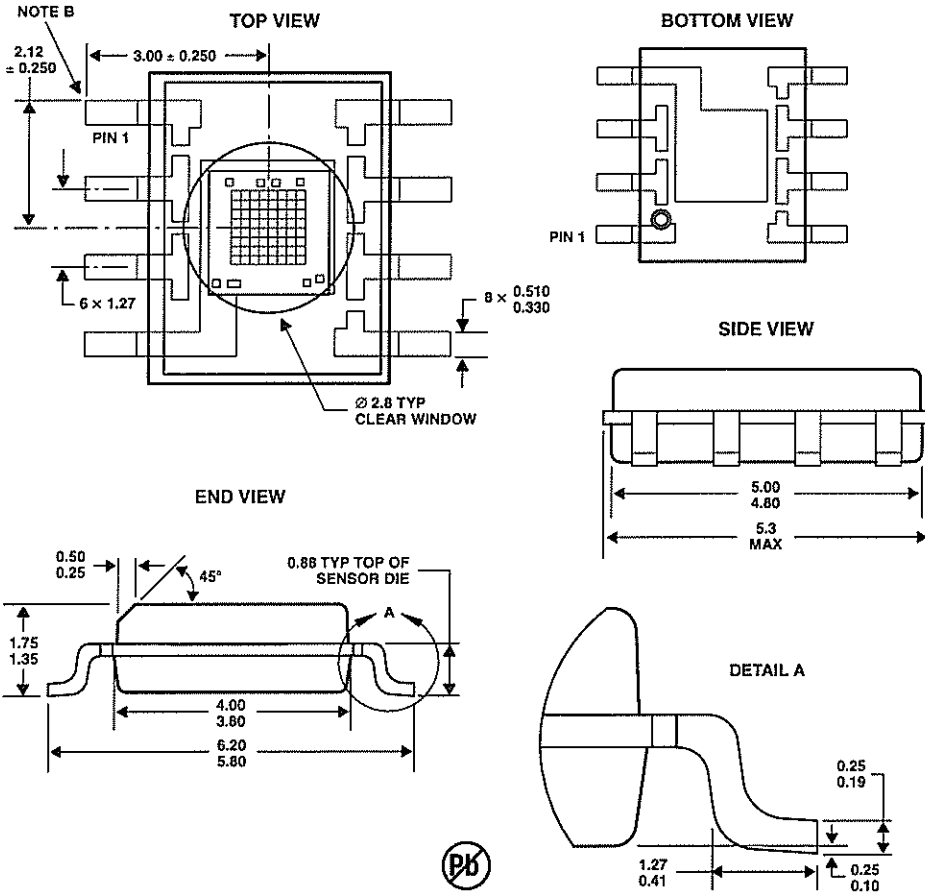
**TCS3200, TCS3210**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS099 – JULY 2009

**MECHANICAL INFORMATION**

This SOIC package consists of an integrated circuit mounted on a lead frame and encapsulated with an electrically nonconductive clear plastic compound. The TCS3200 has an 8 × 8 array of photodiodes with a total size of 1 mm by 1 mm. The photodiodes are 110 μm × 110 μm in size and are positioned on 134 μm centers.

**PACKAGE D**

**PLASTIC SMALL-OUTLINE**



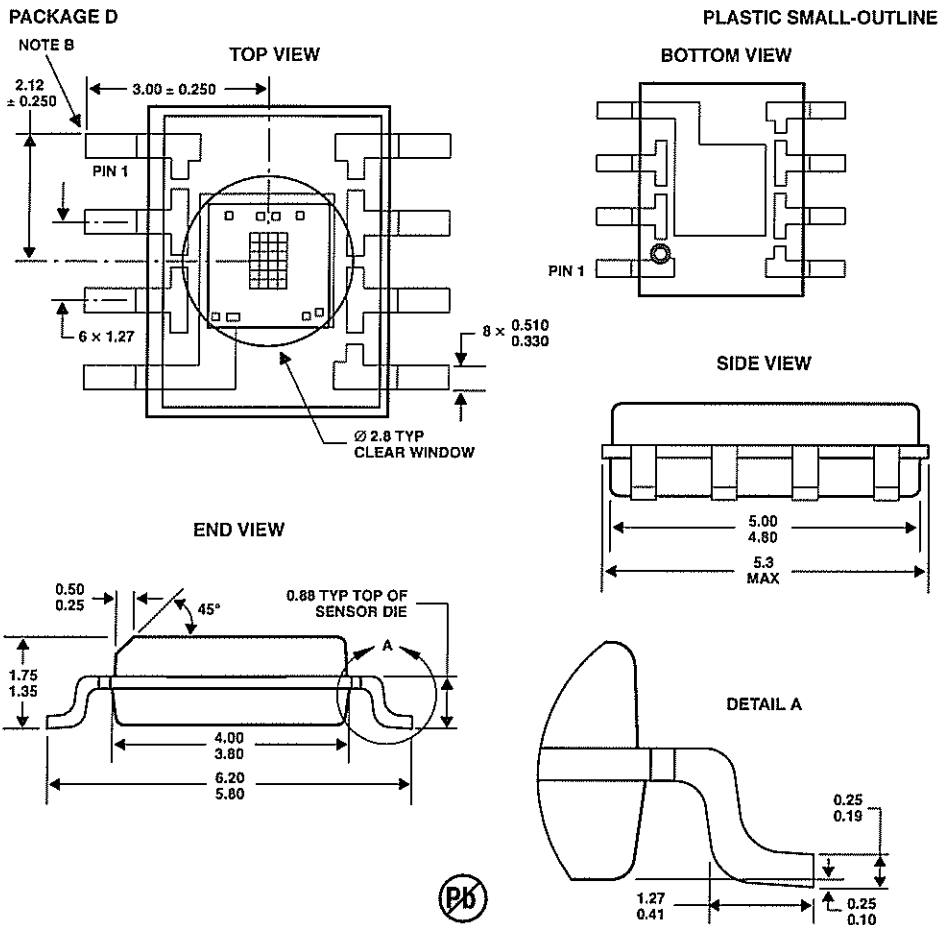
- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.  
 B. The center of the 1-mm by 1-mm photo-active area is referenced to the upper left corner tip of the lead frame (Pin 1).  
 C. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.  
 D. This drawing is subject to change without notice.

**Figure 7. Package D — TCS3200 Plastic Small Outline IC Packaging Configuration**

**TCS3200, TCS3210**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
 TAOS099 – JULY 2009

**MECHANICAL INFORMATION**

This SOIC package consists of an integrated circuit mounted on a lead frame and encapsulated with an electrically nonconductive clear plastic compound. The TCS3210 has a 4 × 6 array of photodiodes with a total size of 0.54 mm by 0.8 mm. The photodiodes are 110 μm × 110 μm in size and are positioned on 134 μm centers.



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.  
 B. The center of the 0.54-mm by 0.8-mm photo-active area is referenced to the upper left corner tip of the lead frame (Pin 1).  
 C. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.  
 D. This drawing is subject to change without notice.

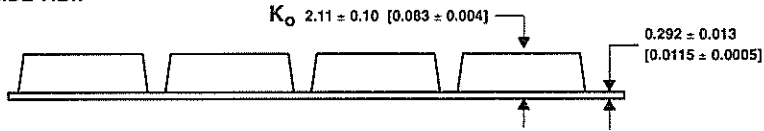
**Figure 8. Package D — TCS3210 Plastic Small Outline IC Packaging Configuration**



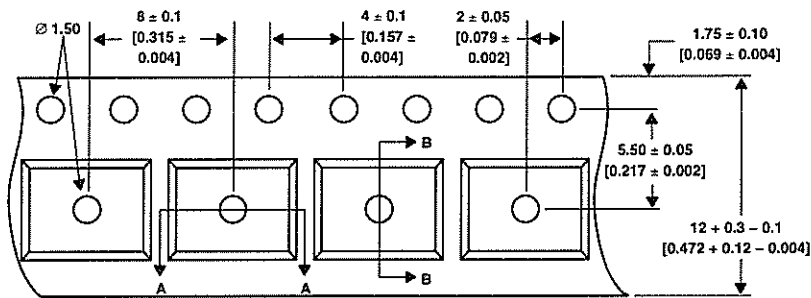
TCS3200, TCS3210  
PROGRAMMABLE  
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER  
TAOS099 - JULY 2009

MECHANICAL INFORMATION

SIDE VIEW



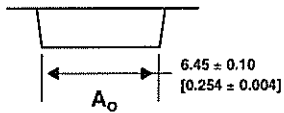
TOP VIEW



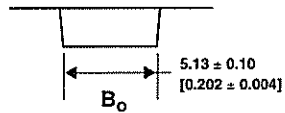
END VIEW



DETAIL A



DETAIL B



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters [inches].  
 B. The dimensions on this drawing are for illustrative purposes only. Dimensions of an actual carrier may vary slightly.  
 C. Symbols on drawing  $A_o$ ,  $B_o$ , and  $K_o$  are defined in ANSI EIA Standard 481-B 2001.  
 D. Each reel is 178 millimeters in diameter and contains 1000 parts.  
 E. TAOS packaging tape and reel conform to the requirements of EIA Standard 481-B.  
 F. This drawing is subject to change without notice.

Figure 9. Package D Carrier Tape

**TCS3200, TCS3210**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
 TAOS099 – JULY 2009

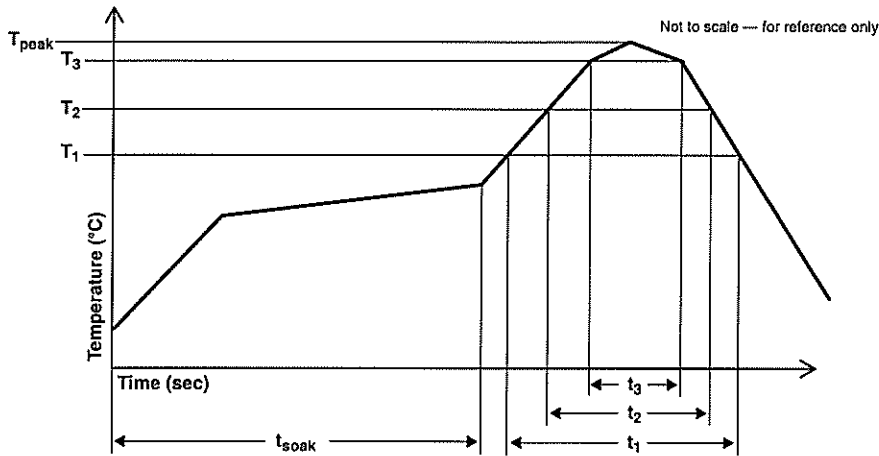
**MANUFACTURING INFORMATION**

The Plastic Small Outline IC package (D) has been tested and has demonstrated an ability to be reflow soldered to a PCB substrate.

The solder reflow profile describes the expected maximum heat exposure of components during the solder reflow process of product on a PCB. Temperature is measured on top of component. The component should be limited to a maximum of three passes through this solder reflow profile.

**Table 2. TCS3200, TCS3210 Solder Reflow Profile**

PARAMETER	REFERENCE	TCS32x0
Average temperature gradient in preheating		2.5°C/sec
Soak time	$t_{soak}$	2 to 3 minutes
Time above 217°C	$t_1$	Max 60 sec
Time above 230°C	$t_2$	Max 50 sec
Time above $T_{peak} - 10^\circ\text{C}$	$t_3$	Max 10 sec
Peak temperature in reflow	$T_{peak}$	260°C (-0°C/+5°C)
Temperature gradient in cooling		Max -5°C/sec



**Figure 10. TCS3200, TCS3210 Solder Reflow Profile Graph**

### **Moisture Sensitivity**

Optical characteristics of the device can be adversely affected during the soldering process by the release and vaporization of moisture that has been previously absorbed into the package molding compound. To prevent these adverse conditions, all devices shipped in carrier tape have been pre-baked and shipped in a sealed moisture-barrier bag. No further action is necessary if these devices are processed through solder reflow within 24 hours of the seal being broken on the moisture-barrier bag.

However, for all devices shipped in tubes or if the seal on the moisture barrier bag has been broken for 24 hours or longer, it is recommended that the following procedures be used to ensure the package molding compound contains the smallest amount of absorbed moisture possible.

#### ***For devices shipped in tubes:***

1. Remove devices from tubes
2. Bake devices for 4 hours, at 90°C
3. After cooling, load devices back into tubes
4. Perform solder reflow within 24 hours after bake

Bake only a quantity of devices that can be processed through solder reflow in 24 hours. Devices can be re-baked for 4 hours, at 90°C for a cumulative total of 12 hours (3 bakes for 4 hours at 90°C).

#### ***For devices shipped in carrier tape:***

1. Bake devices for 4 hours, at 90°C in the tape
2. Perform solder reflow within 24 hours after bake

Bake only a quantity of devices that can be processed through solder reflow in 24 hours. Devices can be re-baked for 4 hours in tape, at 90°C for a cumulative total of 12 hours (3 bakes for 4 hours at 90°C).

**TCS3200, TCS3210  
PROGRAMMABLE  
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS099 – JULY 2009

---

**PRODUCTION DATA** — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**LEAD-FREE (Pb-FREE) and GREEN STATEMENT**

**Pb-Free (RoHS)** TAOS' terms *Lead-Free* or *Pb-Free* mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TAOS Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

**Green (RoHS & no Sb/Br)** TAOS defines *Green* to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material).

**Important Information and Disclaimer** The information provided in this statement represents TAOS' knowledge and belief as of the date that it is provided. TAOS bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TAOS has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TAOS and TAOS suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

**NOTICE**

Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

LUMENOLOGY, TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are registered trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.

## Anexo M

### Especificaciones Técnica Sensor de corriente SCT-013



# Product Specification

Date:2015-8-7

Product Name	Current transformer	Model	SCT013-030
--------------	---------------------	-------	------------

Characteristics: Opening size 13mm\*13mm, 1m leading wire, standard  $\Phi 3.5$  three-core plug output.  
voltage output type.  
Purpose: Used for current measurement, monitor and protection for AC motor, lighting equipment, air compressor etc.  
Patent No.: ZL 2015 3 0060067. X

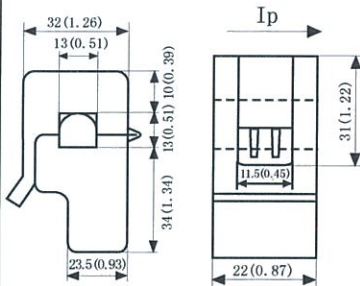
### Technical Data

$I_{PN}$	Rated input	0-30A
$I_{PM}$	Max. detection input	
$I_{OUT}$	Rated output	0-1V
X	Accuracy	$\pm 1\%$
$\epsilon_L$	Linearity	$\leq 0.2\%$
N	Turns ratio	1:1800
$\Phi$	Phase shift	
$R_L$	Max. Sampling resistance	
$V_{FN}$	Work voltage	660V
f	Work frequency	50-1KHz
$T_A$	Operating temperature	-25..+70°C
$T_S$	Storage temperature	-40..+85°C
$V_d$	Dielectric strength, 50 Hz, 1 min	3KV



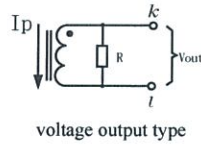
Fire resistance	UL94-V0
Material of core	Ferrite
Mounting type	Suspension
Weight	55g

Dimension ( mm(in). 1 mm= 0.0394 inch)

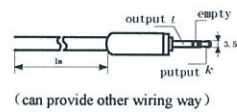


Front view

Side view



Schematic diagram



Standard three-core plugs schematic diagram

Anexo N

Entrevista

Entrevista con Manel Bernadó, director general de Intecal

## “ Las nuevas tecnologías aplicadas a la industria cárnica permiten una mayor automatización y robotización ”

Como en anteriores ediciones de la tecnología, entrevistamos a una de las personas que mayor implicación tiene con la tecnología para la industria cárnica. Sus más de 30 años de experiencia en el sector hacen que Manel Bernadó, director de Intecal, tenga una completa perspectiva sobre cómo ha evolucionado, especialmente a nivel de mataderos y salas de despiece.

Jesús Cruz  
eurocarne  
redaccion@eurocarne.com



**H**ablar con Manel Bernadó sirve para repasar algunos de los temas que han centrado la actualidad del sector cárnico durante las últimas décadas. Ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña, Bernadó es director general de Intecal (Industrial Técnico Alimentaria, S.A.), empresa que dirige junto a su hermano Óscar Bernadó y que lleva ya tres décadas dedicada a la importación y comercialización de equipos para la industria alimentaria y específicamente tecnología para mataderos y salas de despiece. Esta experiencia le permite ser un gran conocedor del sector, algo que también le ha valido para ser vocal dentro de la junta directiva de Amec-Aefemac y miembro del comité organizador de Bta.

### ¿Cómo fueron sus inicios en el sector de maquinaria para la industria cárnica?

Inicié mi etapa profesional en el año 1978 al finalizar mis estudios universitarios trabajando ya para la industria cárnica. Después de una etapa inicial de cinco años como técnico comercial en dos empresas del sector decidí, a finales del año 1983, crear Intecal, Industrial Técnico Alimentaria S.A., con el objetivo de comercializar y distribuir maquinaria y equipos para la industria alimentaria en España y en especial para la industria cárnica, previendo que se iba a producir una



importante renovación en las instalaciones de las industrias españolas con motivo de la entrada de España en la CEE, entonces la llamábamos Mercado Común Europeo, para mejorar procesos productivos y adaptarse a las normativas comunitarias que aún no eran obligatorias en España.

Antes de la entrada en la CEE eran tiempos difíciles para la importación y venta de equipos de importación ya que existían aranceles y el impuesto de compensación de gravámenes interiores. Con esto las máquinas que venían de fuera tenían tasas de entre el 20 y el 30%. Cuando se entró en la CE y con la introducción del IVA, este impuesto de compensación desapareció y quedó únicamente el arancel de forma transitoria decreciente durante 7 años. De esta manera la importación de maquinaria cada año se fue haciendo más asequible.

En una primera etapa el objetivo fue a partir de algunos contactos realizados previamente y de otros a partir de visitas a ferias y eventos relacionados con la tecnología para la industria cárnica, conseguir la confianza de empresas fabricantes de maquinaria y equipos que no se fabricaran en España o que aunque se fabricaran no fueran de las mismas características o calidad, para representarlas en nuestro país, hasta llegar a disponer en la actualidad de una completa gama de maquinaria y accesorios para la industria cárnica y en especial para mataderos, salas de despiece y triperías.

En esta primera etapa fue importante llegar a un acuerdo con Banss, fabricante alemán de líneas de sacrificio y que ya era conocida en nuestro mercado y con los fabricantes de accesorios, que eran una innovación en aquella época, Bettcher y Efa. De todas estas firmas continuamos siendo sus representantes en el

mercado español. También fue muy importante para nosotros el acuerdo con Durand International, empresa francesa fabricante de máquinas automáticas para el esquinado de porcino con cuchillas y que era una auténtica novedad tecnológica en el mercado mundial.

En una siguiente fase nuestros esfuerzos se dirigieron a consolidarnos en el mercado español como uno de los proveedores de referencia de maquinaria y accesorios para la industria cárnica. Siempre hemos buscado tener la confianza tanto de nuestros clientes como de los proveedores que representamos. Llevamos con muchos de ellos desde los comienzos de nuestra empresa. Acostumbro a explicar que una empresa comercial como la nuestra es como un taburete de tres patas. Una pata son los clientes, porque sin ellos no hay actividad; otra serían los proveedores ya que sin ellos no tenemos producto y la tercera pata es el equipo humano de la empresa, que es vital. Si cortamos o falla una de ellas, el taburete se cae.

En todo el proceso ha sido también importante nuestra participación como socios fundadores en el G6, una asociación a nivel europeo compuesta por un grupo de empresas que tenemos más o menos la misma actividad e intereses: la comercialización de equipos para la industria alimentaria. Nos reunimos periódicamente desde hace más de 20 años para intercambiar información sobre tecnologías, proveedores, aplicaciones, etc...

**Y en estos 30 años, ¿Qué factores han marcado la evolución de la tecnología para la industria cárnica en el caso de los mataderos y salas de despiece?**

Desde mi punto de vista los parámetros que han condicionado la evolución de la tecnología durante estos



**Industria Alimentaria**  
Industrias Cárnicas y de Productos Elaborados



---

**libre de alérgenos**

Posibilidad de Añadir Cualquier Ingrediente

Granulometría Personalizada

Harina de Maíz con Ip\*

Color a Medida

**Harinas · Panes Rallados · Encolantes**



SIN soja



SIN frutos secos



SIN huevo



SIN semillas



SIN leche



SIN gluten



SIN cacahuete

**ADPAN EUROPA, S.L.** · Avda. Langreo nº 12 · 33186 · El Berrón · Siero · Asturias · España · UE · Tlf.: + 34 985 743 627 · Fax.: + 34 985 743 720

Representado en: España - Portugal - Francia  
Marruecos - Argelia y Turquía por:

**Qd Quimidroga**

Tel. 93 236 30 05 · alimento@quimidroga.com · www.quimidroga.com

**ADPAN**

Descubre todos nuestros productos en:  
[www.adpan.es](http://www.adpan.es)

y sigúenos en Facebook y Twitter

Ip\*: Identidad Preservada: Producto controlado desde la semilla del cereal hasta su entrega al cliente final.



últimos 30 años ordenados más o menos cronológicamente y relacionados entre sí algunos de ellos, serían los siguientes: productividad, higiene, calidad, seguridad, ergonomía, robotización y bienestar animal.

La productividad ha significado un aumento en los rendimientos de las líneas de sacrificio y en las salas de despiece. En los años 80 el rendimiento normal de una línea de sacrificio de porcino era de 100 cerdos/h. y actualmente la mayoría de las líneas están entre 400 y 600 cerdos/h. existiendo alguna de hasta 1.000 cerdos/h. Y en cuanto al despiece estaríamos hablando de crecimientos en proporciones similares. Caso distinto es el del vacuno en el que el aumento de rendimientos ha sido mucho menor siendo los rendimientos máximos de las líneas en España muy parecidos a los que existían hace tres décadas.

La higiene vino muy condicionada inicialmente por la entrada en la CE ya que hubo que adaptar la legislación española a las normativas europeas. Esto obligó a homologar las instalaciones de los mataderos y salas de despiece españolas para poder vender productos tanto en España como en la CE que en aquel entonces contaba con 12 países. El proceso de las homologaciones supuso mucho trabajo. Había visitas de inspectores comunitarios y muchas preguntas y dudas debido sobre todo a una falta de uniformidad de criterios. Posteriormente ha venido condicionada por las exportaciones a terceros países que ha supuesto de nuevo inspecciones y homologaciones.

La calidad ha sido un requerimiento del mercado que ha ido en aumento con el paso de los años. Hoy la durabilidad de los equipos, los materiales usados, la facilidad de mantenimiento y el servicio postventa son factores, además por supuesto del precio, que se tienen muy en cuenta al tomar la decisión de compra, aunque a veces todavía en nuestro sector el precio parece que es lo único que importa.

La seguridad vino condicionada por la normativa europea del mercado CE. Supuso tanto para fabricantes como importadores tener que adaptar todas sus máquinas a las nuevas normas y cumplir con los requisitos, certificados, manuales, expedientes técnicos, etc.

La ergonomía ha sido desde hace algunos años y en algunos aspectos relacionados con la prevención de riesgos laborales, el factor que ha condicionado el diseño de las instalaciones y equipos para facilitar las labores de los operarios. Desde detalles como la mejora ergonómica en herramientas manuales para evitar lesiones musculares y tendinitis hasta casos extremos como que hace 30 años para cargar o descargar un camión de canales, en muchos casos se hacía manualmente, a la espalda de los trabajadores y hoy en día evidentemente hay otros medios.

En los últimos 10 años la robótica y el bienestar animal han sido los dos últimos factores en aparecer. Si bien como ya he comentado anteriormente la automatización en algunas operaciones ya hace bastantes años que existe, en estos últimos años la aplicación de las nuevas tecnologías aplicadas a la industria cárnica permiten una mayor automatización y robotización.

En cuanto al bienestar animal, el nuevo reglamento europeo de obligado cumplimiento desde enero del 2013 ha supuesto tanto para procesadores como para fabricantes y comercializadores de equipos un esfuerzo importante de adaptación. Por nuestra parte ya desde hace bastantes años es un tema en el que hemos estado muy implicados, especialmente en el aturrido, representando a la empresa danesa Butina desde 1994 y con la que introdujimos en España el aturrido de porcino mediante dióxido de carbono. En los últimos años se ha avanzado mucho en los sistemas automáticos de acarreo y aturrido de los cerdos en grupos mediante el sistema Backloader que ha supuesto una importante mejora en el tema del bienestar animal.

#### ¿Qué cambios ha supuesto toda esta evolución tecnológica en los procesos en los mataderos?

En el caso de las líneas de sacrificio de porcino destacaría como más importante lo que acabo de comentar sobre el aturrido de cerdos mediante CO<sub>2</sub> como alterna-

tiva al anestesiado eléctrico que era el sistema utilizado habitualmente. Apostamos por ello y ha sido uno de nuestros caballos de batalla en estos años. Hoy en día cerca de 100 mataderos tienen este sistema de aturrido en España. Esto hace que buena parte de los más de 40 millones de cerdos que se sacrifican en nuestro país sean aturridos con CO<sub>2</sub>. También ha sido importante el sistema de escalde de cerdos mediante vapor que ha sustituido a los sistemas de escalde mediante agua caliente. Además en los últimos

salas de despiece apostaron por el despiece en frío mecanizando los cortes primarios al igual que se hacía en otros países europeos como Dinamarca, Holanda o Alemania.

Tanto el uso de herramientas manuales como los cuchillos circulares o trimmers que introdujimos en España, así como el uso de máquinas automáticas y semiautomáticas como descortezadoras, desgrasadoras y desveladoras facilitan enormemente algunas de las operaciones del despiece tanto de porcino como de vacuno.

*"Buscamos tener la confianza tanto de nuestros clientes como de los proveedores que representamos. Llevamos con muchos de ellos desde los comienzos de la empresa"*

años tal y como he avanzado anteriormente la utilización de la robótica industrial ha permitido automatizar con gran precisión una serie de operaciones como el corte del recto, del hueso puente, la apertura de la canal, el desnucado y el esquinado, de forma que hoy en una línea de 600 cerdos/hora puede haber varios robots haciendo diversas operaciones al igual que ocurre en una fábrica de automóviles. Otro proceso que ha cambiado gracias a la tecnología ha sido la clasificación automática de las canales tanto de vacuno como de porcino gracias a los sistemas mediante ultrasonidos y a la visión artificial.

**¿Y en las salas de despiece?**

También ha habido una evolución muy importante en los procesos. Hace 30 años prácticamente no había líneas de trabajo en continuo y la mayor parte del despiece de porcino se realizaba en caliente. Cuando se empezó a exportar se muchas

En cuanto al despiece de vacuno los cambios también han sido muy importantes. Hemos pasado de que la mayor parte de las canales de vacuno llegaban a las carnicerías procedentes de los mataderos municipales o frigoríficos, los cuales no despiezaban a que hoy se despieza y envasa un volumen muy importante en salas de despiece preparadas para tal efecto, bien en los mismos mataderos o de terceros. En todos estos cambios ha tenido mucha importancia el tema de la refrigeración tanto de las canales como del despiece. Durante estos años se han construido túneles de oreo y cámaras de estabilización de canales que han permitido todos estos cambios en los procesos del despiece.

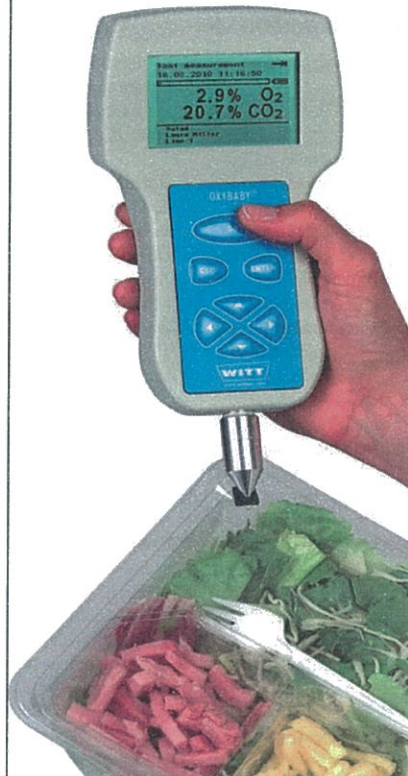
**Otro tema relevante en su evolución durante estos años ha sido el de las exportaciones.**

Es verdad y ha sido un factor fundamental para el sector. Tras la en-

**¿Qué hay en el espacio de cabeza de sus envases?**

OXYBABY® el analizador de O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> de WITT – el compañero ideal para la toma de muestras en sus envases con atmósfera modificada.

- + Para los envases más pequeños – precisa una cantidad mínima de gas de medición (2 ml)
- + Rápido – resultado en 6 segundos
- + Fácil de usar – manejo intuitivo



MEZCLADORES DE GAS  
ANALIZADORES DE GAS  
DETECTORES DE FUGAS

trada en la CEE, y la erradicación en España de la PPA las empresas cárnicas españolas que superaban el proceso de la homologación comenzaron a exportar. El crecimiento de las exportaciones de las empresas cárnicas españolas estos años ha supuesto la necesidad de realizar inversiones en las instalaciones de producción y para las empresas proveedoras de maquinaria y equipos ha significado buena parte de la actividad de los últimos años. De no existir ese crecimiento en la producción debido a las exportaciones, estaríamos seguramente en otro escenario totalmente distinto.

*“ Con la visión artificial, el láser 3D y otras técnicas hemos podido robotizar procesos tanto en el matadero como en la sala de despiece ”*

**Específicamente en cuanto a los sacrificios religiosos. ¿Cómo se han ido introduciendo en los mataderos?**

Aunque lo que llamamos sacrificio ritual ya se practicaba en algunos países europeos desde hace bastantes años, en España se ha ido introduciendo de forma progresiva en los últimos 15 años motivado evidentemente por la llegada de población inmigrante que solicita carne de vacuno y ovino obtenida mediante este tipo de sacrificios rituales. Recuerdo en los primeros viajes a Francia con clientes españoles a inicios de los 80 para visitar mataderos que nos sorprendía el ver la utilización del box de sujeción para degollar las reses sin aturdirlos y aquello nos parecía muy especial y fuera de nuestro día a día. Sin embargo, hoy en día es una práctica habitual en casi todos los mataderos españoles. Tecnológicamente nos afecta en cuanto a las características de los box de sujeción y a la utilización o no de los equipos de aturdimiento. El reglamento en vigor de bienestar animal permite el no aturdimiento de las reses por motivo de sacrificios religiosos. Este es un debate abierto que suscita muchas preguntas, dudas y opiniones distintas según países y colectividades.

**También fue una revolución para el sector la aparición de la encefalopatía espongiforme bovina (EEB) y la posterior gestión de los MER.**

Está claro que hay un antes y un después en el proceso de sacrificio de vacuno con motivo de la aparición de la EEB. Como proveedores de equipos de proceso quizás el tema que más nos ha afectado fue la retirada

de la médula espinal tanto de vacuno como de ovino. En una primera normativa se obligaba a la retirada del espinazo entero de la canal en la línea de sacrificio para retirar la médula también. Desde el sector vacuno se entendió que esto era una barbaridad y conllevaba graves problemas tanto comerciales como de proceso.

Las asociaciones cárnicas buscaron alternativas y finalmente en Francia y España se legisló que si se retiraba la médula, mediante aspiración con bombas de vacío, de la canal antes del esquinado no hacía falta sacar el espinazo entero. Esto supuso tener que instalar equipos de aspiración en la mayoría de mataderos en muy pocos meses.

Otros países como Alemania, Holanda o el mismo Reino Unido no fueron por esta vía ya que el sistema no garantizaba que se limpiara un 100% la médula y utilizaron otros métodos que fueron partir por la mitad la canal y limpiar el canal medular, asumiendo el riesgo de la contaminación.

Otros temas que nos han afectado en relación con el tema de la encefalopatía espongiforme bovina han sido la obturación de los orificios del disparo y del *foramen magnum* en las cabezas de vacuno cuando se trabajan fuera de la línea para evitar contaminación. Además, claro está, también está el marcaje con tintas MER y por supuesto la trazabilidad.

**¿Y cómo ve el futuro del sector? ¿Qué tecnologías serán las que más se demandarán?**

Si hablamos de nuestros clientes, el proceso de concentración que hemos vivido en los últimos años ha supuesto que cada vez hay menos mataderos y salas de despiece pero más grandes y con mayor capacidad de producción. Por lo tanto las tecnologías que se seguirán demandando pasan por continuar automatizando procesos para conseguir una mayor productividad e higiene. El uso de la robótica ha costado introducirla más que en otros sectores industriales ya que hablamos del sacrificio de animales y piezas de carne que son más heterogéneas, y no tienen todas exactamente las mismas características. Sin embargo, con la visión artificial, el láser 3D y otras técnicas hemos podido automatizar procesos tanto en el matadero como en la sala de despiece, algo que años atrás era impensable.

Desde mi punto de vista esta es la tendencia que se está imponiendo aunque el factor de las exportaciones tanto de los procesadores cárnicos como de los fabricantes de equipos continuará condicionando el futuro de la mayoría de las empresas del sector. e