



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA PARA
SUPERVISIÓN DE LUGARES EXCLUSIVOS PARA PERSONAS
CON DISCAPACIDAD EN PARQUEADEROS PÚBLICOS USANDO
VISIÓN ARTIFICIAL”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

AUTOR: GUAMÁN GUAYANLEMA JHONATAN ADRIAN

TUTOR: ING. JOSÉ LUIS TINAJERO LEÓN

Riobamba – Ecuador

2019

© 2019, Jhonatan Adrian Guamán Guayanlema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jhonatan Adrian Guamán Guayanlema, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de noviembre del 2019

Jhonatan Adrian Guamán Guayanlema

171826797-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Dispositivo Tecnológico, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA PARA SUPERVISIÓN DE LUGARES EXCLUSIVOS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN PARQUEADEROS PÚBLICOS USANDO VISIÓN ARTIFICIAL”**, de responsabilidad del señor **GUAMÁN GUAYANLEMA JHONATAN ADRIAN** ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Wilson Oswaldo Baldeón López

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

.....

Ing. José Luis Tinajero León

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

.....

Ing. Jorge Luis Hernández Ambato

MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

.....

.....

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico en primer lugar a mi madre Gladys Guayanlema, por todo su esfuerzo con mi persona, por ser el pilar principal e infinito apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida universitaria. A mi padre, Ángel Guamán, que, en algún lugar de este extenso universo, convertido en mi propia fuerza, ha logrado llenarme de sabiduría en la culminación de esta etapa. A mi hermano Miguel, que con su corta edad ha sabido incentivar me a seguir adelante. A mis familiares, amigos, que siempre estuvieron para brindarme una palabra de aliento para lograr con éxito la culminación de este trabajo de titulación.

Jhonatan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre Gladys por saber acompañarme en cada paso que he dado en mi vida y en mi carrera, por ser la mejor madre y mejor amiga, a mi padre que, a pesar de los largos años de su ausencia en este mundo terrenal, siguen presentes sus enseñanzas y valores que supo inculcarme en los inicios de mi vida. Agradezco a mi hermano Miguel que me ha brindado su cariño y apoyo en los esfuerzos que he hecho. A Emerita, gracias por ese apoyo incondicional y lealtad durante muchos años ya, sobre todo por la influencia en el alcance de metas propuestas. Agradezco a mis tíos Jorge, Andrea, Raúl, Jackeline, Alex y Daysi que me apoyaron en todo sentido para llegar con éxitos en esta etapa. A mi primo Jhon, un segundo hermano para mí, gracias por el apoyo. A mis abuelitos Humberto y Nelly, quienes a pesar de que perdimos a un gran pilar en nuestra vida, siempre estuvieron presentes siendo un gran soporte. A mi tía, Nancy, mi primo Mark, mi abuelita Rosario, que siempre creyeron en mis capacidades. A los ingenieros José Tinajero y Jorge Hernández, gracias por el apoyo y motivación en la realización de este trabajo y finalmente a todos mis amigos y demás familiares. ¡Gracias!

Jhonatan

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1	MARCO TEÓRICO.....	4
1.1	Discapacidades.....	4
1.1.1	<i>Deficiencia.....</i>	<i>4</i>
1.1.2	<i>Discapacidad.....</i>	<i>5</i>
1.1.3	<i>Minusvalía.....</i>	<i>5</i>
1.1.4	<i>Discapacidad en Ecuador.....</i>	<i>5</i>
1.1.5	<i>Discapacidad en la Provincia de Chimborazo.....</i>	<i>7</i>
1.1.6	<i>Discapacidad en la ciudad de Riobamba.....</i>	<i>8</i>
1.2	Plan para ayuda en transporte para personas con discapacidad.....	9
1.3	Sistemas mecánicos de desplazamiento lineal.....	12
1.3.1	<i>Mecanismos.....</i>	<i>12</i>
1.3.2	<i>Transmisión por Correa.....</i>	<i>13</i>
1.3.2.1	<i>Relación de Transmisión.....</i>	<i>14</i>
1.3.2.2	<i>Correas de tipo dentada o síncronas.....</i>	<i>15</i>
1.4	Tarjetas Controladoras.....	15
1.5	Sensores.....	17
1.5.1	<i>Sensores Mecánicos de Contacto.....</i>	<i>18</i>
1.5.2	<i>Sensores Capacitivos.....</i>	<i>19</i>
1.5.3	<i>Sensores Inductivos.....</i>	<i>20</i>
1.5.4	<i>Lazo inductivo.....</i>	<i>22</i>
1.5.4.1	<i>Instalación de un Lazo Inductivo.....</i>	<i>22</i>
1.5.5	<i>Sensores Fotoeléctricos.....</i>	<i>23</i>

1.6	Actuadores	24
1.6.1	Motores	25
1.6.2	Motores Paso a Paso	25
1.7	Visión artificial	26
1.7.1	Aplicaciones de la Visión Artificial	27
1.7.2	Imágenes digitales	28
1.7.3	Componentes para el procesamiento de imágenes	28
1.7.3.1	Fuente de Iluminación	28
1.7.3.2	Cámara	29
1.7.3.3	Digitalizador	30
1.7.3.4	Computador	30
1.8	Software para desarrollo de Visión Artificial	30
1.8.1	LabView	31
1.8.2	MatLab	31
1.8.3	Python Anaconda	32
1.8.3.1	OpenCV	32
1.9	Placas vehiculares en el Ecuador	34
1.9.1	Reglamento de las placas vehiculares	35

CAPÍTULO II

2	REQUERIMIENTOS HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA	37
2.1	Requerimientos del sistema	37
2.2	Concepción de la Arquitectura General del Sistema	37
2.3	Diseño de la arquitectura del sistema	38
2.4	Selección de elementos de hardware necesarios para el sistema	39
2.4.1	Arduino Mega 2560	39
2.4.2	Fuente de alimentación 5V 3.3V MB-V2 – Arduino	40
2.4.3	M12 NPN NO Sensor fotoeléctrico E-R	41
2.4.4	Motor Paso a Paso Bipolar Nema 17 JK42HS34-0404	42
2.4.5	Driver motor paso a paso A4988	43
2.4.6	MOSFET Tipo N IRF530	44
2.4.7	Cámara FOSCAM FI8904W	45
2.4.8	Sirena de alarma de automóvil	46
2.5	Esquemas de conexión electrónico del sistema	46
2.5.1	Etapa de detección de vehículo con sensores fotoeléctricos	46

2.5.2	<i>Etapa de control de desplazamiento lineal de cámara</i>	47
2.5.3	<i>Etapa de emisión de alerta</i>	49
2.6	Diseño del Software del sistema de visión artificial	51
2.6.1	<i>Requerimientos del Software del sistema de visión artificial</i>	51
2.6.2	<i>Flujograma para detección de logotipo característico de personas con discapacidad</i>	51
2.6.3	<i>Flujograma para detección de placa vehicular (Ecuador)</i>	54
2.6.3.1	<i>Pre-procesamiento, Filtrado, Segmentación y Localización de placa</i>	55
2.6.3.2	<i>Extracción de caracteres de placa vehicular</i>	56
2.6.3.3	<i>Comparación y reconocimiento de caracteres de placa vehicular</i>	57
2.6.4	<i>Flujograma para el control del sistema en Arduino</i>	58
2.7	Estructura mecánica del sistema de desplazamiento lineal de la cámara	60

CAPÍTULO III

3	VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL	64
3.1	Errores del sensor M12 NPN NO Sensor fotoeléctrico E-R	64
3.2	Estabilidad General del Sistema de Visión Artificial	66
3.2.1	<i>Pruebas de detección de logotipo característico de personas con discapacidad</i> ...	66
3.2.2	<i>Pruebas de detección de placas vehiculares</i>	67
3.3	Estabilidad del Sistema de Visión Artificial en diferentes condiciones ambientales	69
3.3.1	<i>Pruebas de detección de logotipo característico de personas con discapacidad</i> ...	69
3.3.2	<i>Pruebas de detección de placas vehiculares</i>	75
3.4	Pruebas de activación del sistema de alarma	82
3.5	Análisis de costos	83

	CONCLUSIONES	85
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	86
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Tipos de mecanismos usados en transformaciones de movimiento.....	13
Tabla 2-1.	Características y Especificaciones tarjetas controladoras.....	16
Tabla 3-1.	Ventajas y Desventajas de sensores de contacto.....	19
Tabla 4-1.	Ventajas y desventajas de sensores capacitivos.....	20
Tabla 5-1.	Ventajas y desventajas de sensores inductivos	21
Tabla 6-1.	Ventajas y desventajas de sensores de lazo inductivo	23
Tabla 7-1.	Ventajas y desventajas de sensores fotoeléctricos.....	24
Tabla 8-1.	Motores AC y DC	25
Tabla 9-1.	Ventajas y desventajas de motores paso a paso.....	26
Tabla 10-1.	Softwares más usados en Visión Artificial.....	34
Tabla 11-1.	Letras para el primer dígito de placas vehiculares.....	36
Tabla 1-2.	Conexiones de pines MOSFET IRF530	50
Tabla 1-3.	Datos de análisis de sensores fotoeléctricos.	65
Tabla 2-3.	Resumen de pruebas realizadas.	81
Tabla 3-3.	Pruebas de Alarma.	82
Tabla 4-3.	Análisis de costos por componentes.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Tipo de discapacidad en Ecuador.....	6
Figura 2-1.	Grado de discapacidad en Ecuador.	6
Figura 3-1.	Edad de personas con discapacidad en Ecuador.....	6
Figura 4-1.	Tipos de discapacidad en la provincia de Chimborazo.	7
Figura 5-1.	Grado de discapacidad en la provincia de Chimborazo.	7
Figura 6-1.	Edad de personas con discapacidad en la provincia de Chimborazo.	8
Figura 7-1.	Tipo de discapacidad en el cantón Riobamba.	8
Figura 8-1.	Grado de discapacidad en el cantón Riobamba.....	9
Figura 9-1.	Edad de personas con discapacidad en el cantón Riobamba.	9
Figura 10-1.	“Personas con discapacidad” Toyota-Ecuador.....	10
Figura 11-1.	“Personas con discapacidad” Kía Motors-Ecuador.....	10
Figura 12-1.	“Personas con discapacidad” Mazda-Ecuador.	10
Figura 13-1.	Logotipo personas con discapacidad.....	11
Figura 14-1.	Movimientos: a) Circular, b) Lineal continuo, c) Lineal alternativo.....	12
Figura 15-1.	Montaje de sistema de transmisión por correa.	14
Figura 16-1.	Relación de Transmisión.....	15
Figura 17-1.	Composición de una correa dentada.....	15
Figura 18-1.	Esquema sensor de contacto.....	18
Figura 19-1.	Esquema de funcionamiento sensor capacitivo.....	20
Figura 20-1.	Esquema de funcionamiento sensor inductivo.	21
Figura 21-1.	Vista previa instalación de Lazo Inductivo.	22
Figura 22-1.	Esquema funcionamiento Sensor Fotoeléctrico (Barrera).....	23
Figura 23-1.	Ojo humano vs Sistema de Visión.	27
Figura 24-1.	Fuente de iluminación.	29
Figura 25-1.	Cámara de Visión Artificial	29
Figura 26-1.	Computador.....	30
Figura 27-1.	Interfaz Labview.	31
Figura 28-1.	Interfaz Matlab R2018b.	32
Figura 29-1.	Interfaz Librería OpenCV.	33
Figura 30-1.	Características placa vehicular en el Ecuador.	35
Figura 1-2.	Arquitectura general del sistema.	38
Figura 2-2.	Tarjeta Arduino Mega 2560.	40
Figura 3-2.	Fuente de alimentación MB-V2.	40
Figura 4-2.	Sensor Fotoeléctrico M12 E-R.....	41

Figura 5-2.	Motor Paso a Paso.....	42
Figura 6-2.	Driver A4988.....	43
Figura 7-2.	Diagrama MOSFET IRF530.....	44
Figura 8-2.	Cámara FOSCAM.....	45
Figura 9-2.	Sirena de alarma estándar.....	46
Figura 10-2.	Unión de puntos característicos entre logo y escena.....	53
Figura 11-2.	Objeto detectado en la escena.....	53
Figura 12-2.	Proceso de localización de placa.....	56
Figura 13-2.	Extracción caracteres placa vehicular.....	57
Figura 14-2.	Valores reconocidos de placa.....	58
Figura 15-2.	Soporte de cámara.....	60
Figura 16-2.	Extremo y base de motor.....	61
Figura 17-2.	Extremo de eje dentado.....	61
Figura 18-2.	Ensamblaje de sistema mecánico.....	62
Figura 19-2.	Sistema mecánico ensamblado.....	62
Figura 20-2.	Sensores y soportes usados.....	63
Figura 1-3.	Sistema implementado.....	64
Figura 2-3.	Pruebas realizadas en diferentes vehículos, para detección de logotipo.....	67
Figura 3-3.	Pruebas realizadas en diferentes vehículos para detección de placas vehiculares.....	68
Figura 4-3.	Pruebas de vehículo en reversa para detección de logotipo en ambiente soleado.....	69
Figura 5-3.	Pruebas de vehículo de frente para detección de logotipo en ambiente soleado.....	70
Figura 6-3.	Pruebas de vehículo en reversa para detección de logotipo en ambiente nublado.....	71
Figura 7-3.	Pruebas de vehículo de frente para detección de logotipo en ambiente nublado.....	72
Figura 8-3.	Pruebas de vehículo en reversa para detección de logotipo en ambiente oscuro.....	73
Figura 9-3.	Pruebas de vehículo de frente para detección de logotipo en ambiente oscuro.....	74
Figura 10-3.	Pruebas de vehículo en reversa para detección de placa en ambiente soleado.....	75
Figura 11-3.	Pruebas de vehículo de frente para detección de placa en ambiente soleado.....	76
Figura 12-3.	Pruebas de vehículo en reversa para detección de placa en ambiente nublado.....	77
Figura 13-3.	Pruebas de vehículo de frente para la detección de placa en ambiente nublado.....	78
Figura 14-3.	Pruebas de vehículo en reversa para la detección de placa en ambiente oscuro.....	79
Figura 15-3.	Pruebas de vehículo de frente para la detección de placa en ambiente oscuro.....	80
Figura 16-3.	Funcionamiento de alarma del sistema.....	83

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-2.	Arquitectura del sistema	38
Diagrama 2-2.	Esquema de conexión sensores fotoeléctricos.....	47
Diagrama 3-2.	Esquema de conexión de Motor Nema 17.....	49
Diagrama 4-2.	Esquema de conexión de etapa de alarma.....	50
Diagrama 5-2.	Flujograma para detección de logotipo de personas con discapacidad.....	52
Diagrama 6-2.	Flujograma para la detección de placa vehicular.....	54
Diagrama 7-2.	Flujograma programa en Arduino.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Datos técnicos Fuente de alimentación YwRobot MB-V2
- Anexo B:** Datos técnicos Arduino Mega 2560
- Anexo C:** Datos Técnicos M12 NPN NO Sensor fotoeléctrico E-R
- Anexo D:** Datos técnicos motor NEMA 17
- Anexo E:** Datos Técnicos Driver A4988
- Anexo F:** Datos Técnicos Cámara FOUCAM
- Anexo G:** Datos Técnicos MOSFET IRF530
- Anexo H:** Pruebas del sistema de Visión Artificial

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ONU:	Organización de Naciones Unidas
CONADIS:	Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades
ANT:	Agencia Nacional de Tránsito
OMS:	Organización Mundial de la Salud
IN:	Entrada
OUT:	Salida
CPU:	Central Processing Unit
AC:	Alternating Current
DC:	Direct Current
IA:	Inteligencia Artificial
ANRCTTTSV:	Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial
CCD:	Charge-Coupled Device
IP:	Internet Protocol
SO:	Sistema Operativo
VI:	Virtual Instrument
PDI:	Procesamiento Digital de Imágenes
E-R:	Emisor-Receptor
PIC:	Programmable Integrated Circuited
PWM:	Pulse-Width Modulation
UART:	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
NO:	Normally Open
NEMA:	National Electrical Manufacturers Association
MOSFET:	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
m:	Metros
m :	Milímetros
°C:	Grados centígrados

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue implementar un prototipo de sistema para supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial. Este sistema consta de una etapa de sensado, implementada por dos pares de sensores fotoeléctricos E-R y control de desplazamiento lineal para cámara, a través de un motor Nema 17 y un driver A4988. Esta parte realiza la detección del vehículo en cada estacionamiento usando sensores y consecuentemente el posicionamiento de la cámara. A continuación, la etapa de visión artificial, dividida en dos ramas, la etapa de detección del logotipo característico de personas con discapacidad y la de detección de placas vehiculares. Una vez detectado el vehículo, se procede a tomar capturas a través de la cámara y se realiza el procesamiento de imágenes para el reconocimiento de logotipo y placa vehicular, de acuerdo a lo requerido. La última etapa consta de un aviso por alarma usando una sirena estándar de 6 tonos, activándose en el caso de que el logotipo característico no sea reconocido por el sistema visual. Se logró la solución al problema de ayuda social para personas con discapacidad, esto a través de las pruebas realizadas para cada una de las etapas mencionadas. Para el sensado de vehículos se logró un 94% y 96% de confiabilidad para el sensor 1 y 2 respectivamente. Para la evaluación del sistema visual, se logró un 81,25% de efectividad en la detección del logotipo y un 79,17% para la detección de placas, siendo porcentajes admitidos, considerando que se cuenta con un ambiente e iluminación no controlado. Se recomienda el uso de detección de lazo inductivo, aplicación de redes neuronales para mejorar el aprendizaje del sistema, envío de información de placas a servidores de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y alarma con comandos de voz personalizados.

PALABRAS CLAVE: <INTELIGENCIA ARTIFICIAL>, <VISIÓN ARTIFICIAL>, <DISCAPACIDADES>, <DETECCIÓN DE PLACA VEHICULAR>, <SENSORES FOTOELÉCTRICOS>, <ADQUISICIÓN DE IMÁGENES>, <PROCESAMIENTO DE IMÁGENES>, <ILUMINACIÓN>

ABSTRACT

The objective of the work was to implement a prototype system for supervision of exclusive parking zones for people with disabilities in public parking lots using artificial vision. This system consists of a sensing stage, implemented by two pairs of E-R photoelectric sensors and linear displacement control for the camera, through a Nema 17 motor and an A4988 driver. This part performs the detection of the vehicle in each parking lot using sensors and consequently the positioning of the camera. Then the artificial vision stage, divided into two branches, the detection stage of the characteristic logo of people with disabilities and the detection of the vehicles license plates. Once the vehicle has been detected, shots are taken through the camera and images processing is carried out to recognize the logo and vehicle license plate, as required. The last stage consists of a warning alarm using a 6-tone standard siren, activating in the event that the characteristic logo is not recognized by the visual system. The solution for the problem of social assistance for people with disabilities was achieved, this through the tests carried out for each of the mentioned stages. For vehicle sensing, 94% and 96% reliability were achieved for sensor 1 and 2 respectively. For the evaluation of the visual system, 81.25% of effectiveness was achieved in the detection of the logo and 79.17% for the detection of plates, percentages being admitted, considering that there is an uncontrolled environment and lighting. The use of inductive loop detection, application of neural networks is recommended to improve system learning, sending information from plates to servers of the National Transit Agency (ANT) and alarm of custom voice commands.

KEY WORDS: <ARTIFICIAL INTELLIGENCE>, <ARTIFICIAL VISION>, <DISABILITIES>, <VEHICLE PLATE DETECTION>, <PHOTOELECTRIC SENSORS>, <IMAGE ACQUISITION>, <IMAGE PROCESSING>, <LIGHTING>.

INTRODUCCIÓN

Cada vez las personas con discapacidades juegan un papel más importante en la sociedad, es decir, su inclusión va siendo aún más notoria. Se crean leyes, campañas de concientización, entre otras actividades para beneficiar a este grupo vulnerable. Un ejemplo claro y concreto es la incorporación de lugares públicos específicos para este grupo, tales como, baños, pasillos, ascensores, vías de acceso a edificios, parqueaderos, siendo este último un punto relevante a ser considerado en el desarrollo de este trabajo.

ANTECEDENTES

Se conoce que el 10% de la población mundial, es decir, 650 millones de personas, tiene algún tipo de discapacidad, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), esta cifra aumenta por el crecimiento de la población, los avances de la medicina y el proceso de envejecimiento, señala el organismo internacional. Mediante un comunicado, la ONU indica que la Agenda 2030 se compromete a “no dejar a nadie atrás”. Para ello es necesario que los gobiernos, las personas con discapacidad, los grupos que las representan, las instituciones académicas y el sector privado trabajen en equipo para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (ONU, 2017)

Según el CONADIS, en Ecuador existen 458 505 personas con discapacidad registradas, de estas personas el 46,72% tienen discapacidad física, un 22,33% intelectual, 14,11% auditiva, 11,83% visual y el 5,01% psicosocial. (CONADIS, 2019)

Frente a esta problemática, el Gobierno Nacional del Ecuador ha desarrollado diferentes programas de inclusión y ayuda dirigidos a este grupo vulnerable entre los más destacados Misión “Las Manueles”. (ANT, 2019)

Conociendo previamente estos datos históricos, y profundizando en la problemática e importancia que tiene el respeto y uso correcto de los espacios destinados en los parqueaderos para personas con discapacidad, establecemos que el enfoque de este proyecto, es específicamente, realizar un prototipo de sistema usando visión artificial para detectar a través de sensores a vehículos que usen los lugares de uso exclusivo de personas con discapacidad y posteriormente realizar un llamado de atención a través de un sistema de alarma.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo Implementar un prototipo de sistema para supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- J ¿En la actualidad existen sistemas para supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial?
- J ¿Cuáles son los requerimientos de hardware y software que debería de cumplir el diseño del prototipo de sistema para supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial?
- J ¿Cuál será la metodología de implementación del prototipo de sistema para supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial?
- J ¿El prototipo a implementar cumple los niveles de rendimiento en cuanto a la supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial?

OBJETIVOS

Objetivos Generales:

Implementar un prototipo de sistema para supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial

Objetivos Específicos:

- J Investigar los sistemas actuales disponibles para la supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial

- J Establecer los requerimientos de diseño de hardware y software para el sistema de supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial

- J Implementar el prototipo de sistema para supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial usando visión artificial.

- J Evaluar el rendimiento del prototipo desarrollado en la supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial.

Metodología

Para la realización de este trabajo, el cual consiste en una investigación aplicada; se complementará el uso de métodos y técnicas, con el objetivo de lograr los mejores resultados posibles durante su ejecución y su culminación.

Método Teórico. - Este método nos permite conocer información y el respectivo estado del arte en relación con el prototipo de sistema de supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial.

Método Científico. – Este método consiste en una secuencia de pasos que permiten realizar un trabajo ordenado con el fin de obtener los mejores resultados. En primer punto la ADQUISICIÓN, donde se realiza la toma de datos del funcionamiento de los bloques del sistema a implementar. La EXPERIMENTACIÓN, donde se realizan varias pruebas que permiten comprobar el funcionamiento correcto de los diversos bloques que conforman el sistema. Finalmente, la OBSERVACIÓN, donde se observa y se determina los diferentes objetivos cumplidos con la implementación del prototipo de sistema de supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

Se realiza una introducción respecto a conceptos que se van a englobar en este trabajo, tales como, discapacidades y tipos de discapacidades, así también, datos sobre discapacitados desde un nivel macro hasta un nivel micro, visión artificial, sistemas de visión artificial, placas vehiculares, tarjetas de desarrollo, sensores, materiales seleccionados, entre otros puntos importantes.

1.1 Discapacidades

La discapacidad según la Organización Mundial de la Salud (OMS) es un término general que conlleva deficiencias, limitaciones de la actividad y restricciones de la participación. Por consecuente, una discapacidad se da cuando se presenta una deficiencia. (Acera, 2015)

1.1.1 Deficiencia

Es toda pérdida, temporal o permanente, de una parte, o función psicológica, fisiológica o anatómica. La deficiencia limita el desarrollo normal de las actividades en la vida diaria. También se lo trata como déficit. (Acera, 2015)

Se enlista diferentes tipos de deficiencia:

-] **Física:** restringe el desenvolvimiento normal motor de una persona. Pueden ser de nacimiento o congénitas, lesión medular por accidentes o problemas del organismo.
-] **Psíquica:** trastornos que evitan la completa adaptación de las personas a la sociedad. Esto se puede presentar por enfermedades mentales como, depresión mayor, autismo, esquizofrenia.
-] **Sensorial:** puede causar problemas de comunicación debido a la afectación de los sentidos, como la sordera y ceguera.
-] **Intelectual o mental:** se denomina así a las personas con dificultad de aprendizaje mismas que no se desenvuelven normalmente en la vida diaria. Como ejemplo de esto, el Síndrome de Down.

Estas deficiencias por consecuente puedes desencadenarse en una discapacidad. Por ejemplo, si existe deficiencia auditiva (sordera), existe discapacidad auditiva. (Acera, 2015)

1.1.2 Discapacidad

Desencadenada por una deficiencia, es una restricción de funcionalidad en las actividades de una persona. La discapacidad se tiene. La persona “no es” discapacitada, sino que “está” discapacitada. De la misma forma que una deficiencia, se adquiere o es de tipo congénita, irreversible o temporal y, regresiva o progresiva. Se puede clasificar a una discapacidad en tres diferentes aspectos: de movilidad o desplazamiento, de relación o conducta y de comunicación. (Acera, 2015)

1.1.3 Minusvalía

Por su parte, minusvalía es la consecuente situación de una persona causada por una deficiencia o discapacidad, misma que ha limitado el cumplimiento de sus actividades en el diario vivir. Al momento de negar las diferentes oportunidades y necesidades fundamentales para el desenvolvimiento de la vida de la comunidad, se está hablando de una persona minusválida. (Acera, 2015)

Alrededor de 650 millones de personas en el mundo llevan consigo algún tipo de discapacidad. Mismas que por esta situación, han sobrellevado problemas al momento de adecuarse al auge social, al libre tránsito y a diferentes actividades. (Acera, 2015)

Una vez estudiados estos conceptos, con mayor seguridad, se puede encontrar caminos de inclusión social y satisfacción de las diferentes necesidades para las personas con estas limitaciones.

1.1.4 Discapacidad en Ecuador

Según el CONADIS, en Ecuador existen 458 505 personas con discapacidad registradas, como muestra en la Figura 1-1, de estas personas el 46,72% tienen discapacidad física, un 22,33% intelectual, 14,11% auditiva, 11,83% visual y el 5,01% psicosocial. (CONADIS, 2019)



Figura 1-1. Tipo de discapacidad en Ecuador.

Fuente: (CONADIS, 2019)

De acuerdo a la Figura 2-1 se tiene un 6,04% con un nivel superior al 85% de discapacidad.



Figura 2-1. Grado de discapacidad en Ecuador.

Fuente: (CONADIS, 2019)

Respecto al porcentaje de ecuatorianos con alguna discapacidad, se muestra en la Figura 3-1 que un 23,74% además de pertenecer a este grupo vulnerable, se encuentran dentro del grupo de la tercera edad, mayores de 65 años, necesitando aún más atención para su cuidado. (CONADIS, 2019)



Figura 3-1. Edad de personas con discapacidad en Ecuador.

Fuente: (CONADIS, 2019)

Con estos datos, se resalta que existe un considerable porcentaje de personas con discapacidad física en Ecuador, y que además poseen un porcentaje de discapacidad mínimo del 30%, lo que da a entender que este grupo necesita un transporte ajustado a sus necesidades para poder moverse. (CONADIS, 2019)

1.1.5 Discapacidad en la Provincia de Chimborazo

A su vez, se obtuvieron los siguientes datos respecto a personas con discapacidad en la provincia de Chimborazo, mostrados en la Figura 4-1, con un 38,45% de discapacidad física, previamente conociendo que existen 14860 personas con discapacidad en esta provincia. (CONADIS, 2019)



Figura 4-1. Tipos de discapacidad en la provincia de Chimborazo.

Fuente: (CONADIS, 2019)

Así mismo, si se relaciona los datos de la Provincia de Chimborazo con los datos obtenidos a nivel nacional, vemos que en la Provincia de Chimborazo existe un mayor porcentaje de personas con un grado de discapacidad del 6,07%, como se muestra en la Figura 5-1. (CONADIS, 2019)



Figura 5-1. Grado de discapacidad en la provincia de Chimborazo.

Fuente: (CONADIS, 2019)

Tal como ocurrió a nivel nacional, según datos de la Figura 6-1, el 34,37% de personas con discapacidad, también pertenecen al grupo vulnerable de la tercera edad. (CONADIS, 2019)



Figura 6-1. Edad de personas con discapacidad en la provincia de Chimborazo.

Fuente: (CONADIS, 2019)

Como se nota, en contraste con el porcentaje a nivel nacional, sigue siendo mayor el de personas con discapacidad física en la provincia de Chimborazo.

1.1.6 Discapacidad en la ciudad de Riobamba

Por su parte, para un mayor enfoque se obtuvieron los siguientes datos correspondientes al cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, teniendo un dato de 7010 personas con discapacidad en esta ciudad. En este caso, con un 43% de personas con discapacidad física, mostrado en la Figura 7-1. (CONADIS, 2019)



Figura 7-1. Tipo de discapacidad en el cantón Riobamba.

Fuente: (CONADIS, 2019)

Gracias a los datos mostrados en la Figura 8-1, se denota un 6,56% de personas con discapacidad que sobrepasan el 85% de grado de discapacidad. (CONADIS, 2019)



Figura 8-1. Grado de discapacidad en el cantón Riobamba.

Fuente: (CONADIS, 2019)

En el caso de la ciudad de Riobamba, gracias a la Figura 9-1, se nota un 30,33% de personas con discapacidad que están incluidas en el grupo de la tercera edad. (CONADIS, 2019)



Figura 9-1. Edad de personas con discapacidad en el cantón Riobamba.

Fuente: (CONADIS, 2019)

Contrastando los datos correspondientes a Ecuador, Chimborazo, y el cantón Riobamba, se observa un alto porcentaje de personas con discapacidad física a su vez que la mayor parte de estas pertenecen a otro grupo vulnerable, personas mayores de 65 años, por lo que es necesario que estas personas usen un transporte adecuado para su correcta movilización.

1.2 Plan para ayuda en transporte para personas con discapacidad

De la misma manera, para resolver el problema mencionando anteriormente sobre la movilización de personas con discapacidad se ha desarrollado programas o ayudas como la facilidad para adquirir vehículos a través de convenios con empresas concesionarias de autos. (ANT, 2019) Programas que pueden ser visitados, para mayor comodidad desde las páginas web oficiales de las marcas comerciales de vehículos en el Ecuador. Por citar algunas de estas marcas, Toyota, Kía y Mazda, mostradas en las Figura 10-1, Figura 11-1, Figura 12-1, respectivamente.



Figura 10-1. “Personas con discapacidad” Toyota-Ecuador.

Fuente: (Toyota, 2019)



Figura 11-1. “Personas con discapacidad” Kía Motors-Ecuador.

Fuente: (Kía, 2019)



Figura 12-1. “Personas con discapacidad” Mazda-Ecuador.

Fuente: (Mazda, 2019)

Es importante notar, a continuación, uno de los requisitos principales e indispensables para acceder a este beneficio.

Para adquirir un vehículo exonerado de impuestos se deberá presentar el Carné de Discapacidad del Ministerio de Salud Pública, con un porcentaje mínimo del 30% de discapacidad. (KíA, 2019)

Los beneficios que se obtendrán al adquirir un vehículo bajo este servicio son:

- J Exoneración de impuestos tributarios
- J Matrícula del vehículo (Eliminación de pago o Reducción)
- J Exención a la circulación en horario de pico y placa
- J Parqueaderos Preferenciales

Uno de los beneficios que obtienen las personas con discapacidad es el uso de parqueaderos preferenciales, mismos que se encuentran ubicados en todo parqueadero público, pero la gran interrogante es ¿Se respetan estos espacios? (ANT, 2019) Es así, que la Agencia Nacional de Tránsito, ANT por sus siglas, ha dispuesto el uso de identificativos estandarizados, Figura 13-1, con el objetivo de que los vehículos que usan o trasladan a personas con discapacidades accedan de manera efectiva a los parqueaderos preferenciales. (ANT, 2019) Estos identificativos estarán dispuestos en los parabrisas de los vehículos, contarán con varias protecciones, como sello de agua y barras de seguridad, datos de la placa del vehículo, código del registro y la emisión, con esto se evitará la falsificación de este documento. (ANT, 2019)



Figura 13-1. Logotipo personas con discapacidad.

Fuente: (CONADIS, 2019)

1.3 Sistemas mecánicos de desplazamiento lineal

1.3.1 Mecanismos

Un mecanismo como tal es un conjunto de elementos que permiten la transformación de un movimiento de tipo motriz de entrada en otro movimiento de salida, independientemente de magnitudes. Es importante diferenciar este concepto de mecanismo del concepto de máquina, sabiendo que, una máquina, constan de varios mecanismos, mismos que producen y transmiten fuerzas. A su vez, un mecanismo desarrolla fuerzas demasiado bajas y transmite poca potencia. (Norton, 2009)

Para la transformación y transmisión de movimiento, se debe tener en cuenta cuatro tipos de movimientos. (Cumbal y Enríquez, 2014) Entre los que constan:

-) Movimiento circular o rotatorio
-) Movimiento lineal continuo
-) Movimiento lineal alternativo
-) Movimiento oscilante

Se muestra en la Figura 14-1, los diferentes tipos de movimientos.

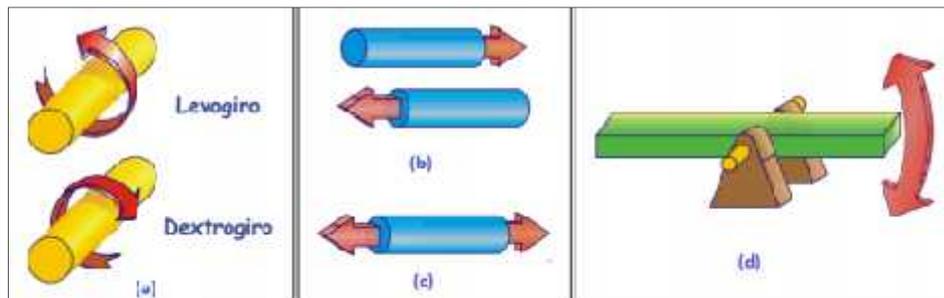


Figura 14-1. Movimientos: a) Circular, b) Lineal continuo, c) Lineal alternativo, d) Oscilante.

Fuente: (Cumbal y Enríquez, 2014)

Así mismo, para obtener un movimiento final a partir de un movimiento inicial, se necesita de un medio, para su transformación, existen diferentes tipos de transformaciones resumidos en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Tipos de mecanismos usados en transformaciones de movimiento.

ENTRADA	SALIDA	MECANISMO
Giratorio	Giratorio	Ruedas de fricción
		Transmisión por correa
		Transmisión por cadena
		Rueda dentada – Linterna
		Engranajes
		Engranaje y tornillo sin fin
	Lineal continuo	Rodillo – Cinta
		Cremallera – Piñón
		Tornillo – Tuerca
	Lineal alternativo	Biela – Manivela
		Leva – Émbolo
	Oscilante	Excéntrica – Biela – Palanca
Leva – Palanca		
Lineal continuo	Giratorio	Cremallera – Piñón
		Aparejos de Poleas
		Rueda
Lineal alternativo	Giratorio	Biela – Manivela
	Lineal alternativo	Palancas
	Oscilante	
Oscilante	Giratorio	Palanca – biela – manivela

Fuente: (Cumbal y Enríquez, 2014)

1.3.2 Transmisión por Correa

Como se observa en la distribución de la Tabla 1-1, el sistema de transmisión por correa se compone de dos ruedas de tipo dentadas o de tipo lisas, además de una correa del mismo tipo de ruedas, con el objetivo de que las dos ruedas mencionadas transmitan el movimiento a través de la correa. Exista una gran diferencia y bien llamada “ventaja” de usar un sistema de tipo dentado con un sistema liso, esto porque los dientes actúan de tal forma que se suprime el problema del deslizamiento y a su vez evita las molestas vibraciones. (Cumbal y Enríquez, 2014)

A este tipo de transmisión también se la ubica como transmisión de tipo flexible, debido a lo citado en el párrafo anterior, respecto a la minimización de vibraciones. El esquema de montaje de este tipo de transmisión se muestra en la Figura 15-1.

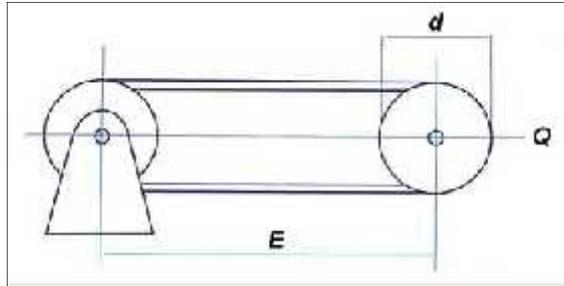


Figura 15-1. Montaje de sistema de transmisión por correa.

Fuente: (Hermenegildo, 2019)

Donde,

$$E = d + e + e + d + p$$

$$d = d_{ám} + d_p$$

$$Q = c + d + t$$

1.3.2.1 Relación de Transmisión

Esta relación se conceptualiza por el cociente entre la velocidad de la rueda conducida y la rueda conductora. (Cumbal y Enríquez, 2014) Por otro lado, se puede establecer la relación de la misma ecuación a través de los diámetros de estas ruedas, tal como se muestra en la Ecuación 1-1 y Figura 16-1.

Ecuación 1-1. Relación de Transmisión

$$R = \frac{d_c}{d_e} = \frac{V_c}{V_e}$$

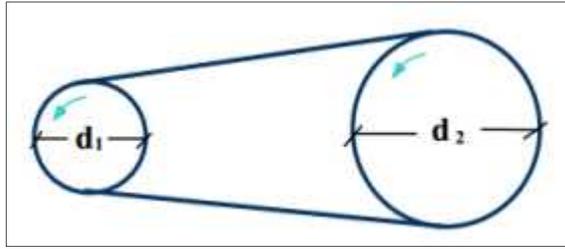


Figura 16-1. Relación de Transmisión.

Fuente: (Cumbal y Enríquez, 2014)

1.3.2.2 Correas de tipo dentada o síncronas

Existen diferentes tipos de correas que se utilizan en los sistemas de transmisión en estudio, en este caso se menciona las correas dentadas o síncronas.

Este tipo de correas reducen el deslizamiento sobre las poleas, a la vez que mantienen una relación de transmisión constante. Por otro lado, esta distribución dentada brinda flexibilidad longitudinal, misma que facilita el uso de poleas de diámetros pequeños. (Cumbal y Enríquez, 2014)

Se puede diferenciar tres partes principales en la composición de estas correas, tal como se muestra en la Figura 17-1.

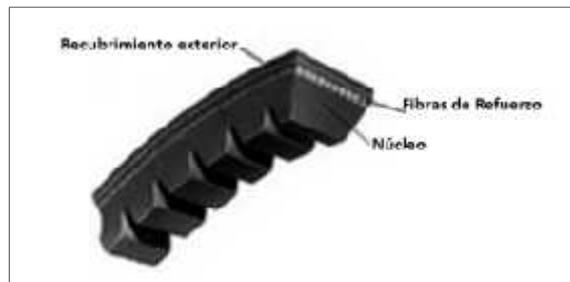


Figura 17-1. Composición de una correa dentada.

Fuente: (Hermenegildo, 2019)

1.4 Tarjetas Controladoras

Una tarjeta controladora es un dispositivo útil para realizar prototipos de sistemas o proyectos, de tipo analógicos o digitales. Gracias a sus características técnicas ofrece una gran apertura a brindar soluciones a problemas con un excelente producto resultante. (Cárdenas et al., 2013) Cuentan en su arquitectura con pines de entrada y salida de datos, el número varía de acuerdo al modelo.

Generalmente funcionan con una tensión de 5 a 12 VDC, además, que poseen librerías que facilitan varias tareas a la hora de desarrollar proyectos. También cuentan con módulos externos compatibles con estas tarjetas, para diferentes utilidades.

Existen en el mercado distintas tarjetas de control, las cuales tienen distintas utilidades a la hora de controlar sistemas, incluidos sistemas de visión artificial como del presente trabajo. Entre estas se presentan tarjetas como Arduino, en sus versiones UNO, NANO y MEGA (Electronics, MCI, 2019), Raspberry (Raspberry, 2019), Tessel (Tessel, 2019). Se muestran sus especificaciones y características en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Características y Especificaciones tarjetas controladoras.

	Arduino (UNO)	Arduino (NANO)	Arduino (MEGA)	Tessel (2)	Raspberry (Pi 3)
Lenguaje de programación	Programación en C/C++	Programación en C/C++	Programación en C/C++	JavaScript	SO (Raspbian)
Alimentación	7-12 V	5 V	7-12 V	5 V	5V
Microcontrolador	ATmega 328	ATmega 328	ATmega 2560	Mediatek MT7620n	Broadcom BCM2837B0
Reloj	16 MHz	16 Mhz	16 MHz	48 MHz	1,2 GHz
Entradas y salidas (IN/OUT)	14 (I/O) digitales 6 entradas análogas	14 (I/O) digitales	54 (I/O) digitales 16 entradas análogas	16 pines GPIO (7 con soporte para entradas analógicas)	26 entradas o salidas
Módulo de expansión (IN/OUT)	NO	NO	NO	NO	NO
Costo	\$ 15	\$ 10	\$ 20	\$70	\$ 85
Disponibilidad en el mercado ecuatoriano	SI	SI	SI	NO	SI

Fuente: (Electronics, MCI, 2019); (Tessel, 2019); (Raspberry, 2019)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.5 Sensores

Los sensores son dispositivos que emiten una señal de salida generalmente de magnitud eléctrica de acuerdo a una señal de entrada de magnitud física o química. Estos dispositivos se encuentran dentro de un sistema padre, al cual aportan con la señal a un controlador. (RAVI, 2017)

Los sensores cuentan con varias clasificaciones según su fuente de energía. En primer lugar, se clasifican en:

-)] Sensores Activos: necesitan una señal de excitación externa.
-)] Sensores Pasivos: no dependen de estas señales, la señal de salida es producida de manera directa. (RAVI, 2017)

Por otro lado, los sensores poseen distintos medios de detección. Entre estos se tiene:

-)] Medios de detección eléctricos
-)] Medios de detección biológicos
-)] Medios de detección químicos
-)] Medios de detección radiactivos (RAVI, 2017)

Además, los sensores se clasifican también por el fenómeno de conversión, en otras palabras, su entrada y su salida. Algunos son:

-)] Fotoeléctrico
-)] Termoeléctrico
-)] Electroquímico
-)] Electromagnético
-)] Termoplástico (RAVI, 2017)

Se presenta la clasificación más usada a la hora de describir y usar a un sensor, se tienen sensores de tipo analógicos y digitales. (RAVI, 2017)

-)] Sensores analógicos: se obtiene una señal de salida continua en referencia a la cantidad medida.
-)] Sensores digitales: se obtienen valores de tipo discreto o digital. (RAVI, 2017)

Finalmente, los sensores se clasifican también, por la variable física de medida, siendo algunos:

- J Sensores Mecánicos
- J Sensores Eléctricos
- J Sensores Magnéticos
- J Sensores Térmicos
- J Sensores Acústicos
- J Sensores Ultrasónicos
- J Sensores Ópticos (RAVI, 2017)

A continuación, se detallará datos relevantes sobre sensores mecánicos, capacitivos, inductivos y ópticos, siendo estos los más usados en proyectos similares al desarrollado.

1.5.1 Sensores Mecánicos de Contacto

Los sensores más simples y más utilizados en la realización de proyectos, esto porque son, básicamente, pequeños interruptores que entran en modo de funcionamiento al momento de hacer contacto con algún objeto, es así, que se determina si existe la presencia de algún objeto deseado.

De acuerdo a la Figura 18-1, su funcionamiento se da en primer lugar cuando se encuentran en contacto el pin común **C** y el de reposo **R**, siendo su estado de reposo, esto se da hasta el momento de que un objeto ejerce una presión a la palanca del sensor, lo cual, inmediatamente da paso a que el contacto se realice entre el pin común **C** y el pin activado **A**, este se conoce como el estado activo del sensor. (Olmeda, 2006)

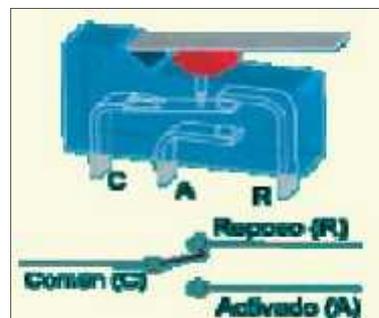


Figura 18-1. Esquema sensor de contacto.

Fuente: (Olmeda, 2006)

Por otro lado, en la Tabla 3-1, se muestran las ventajas y desventajas al momento de usar los sensores de contacto.

Tabla 3-1. Ventajas y Desventajas de sensores de contacto.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">) Bajo costo económico) Exactitud, repetibilidad y alta precisión) Soporta varios entornos de acuerdo al modelo 	<ul style="list-style-type: none">) El contacto con el objeto a detectar es físico) Se pueden presentar problemas con el componente mecánico del sensor

Fuente: (Faletti, 2014)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.5.2 Sensores Capacitivos

Son sensores que detectan materiales de tipo metálicos y no metálicos. Gracias a que su rango de sensado puede ser modificado se los considera sensores flexibles. En el mercado se encuentran sensores con una carcasa de metal o plástico. (QuimiNet, 2015)

Su funcionamiento de acuerdo a la Figura 19-1, se basa en una placa condensadora posicionada en la cabeza del sensor. Una vez que el sensor es alimentado, inmediatamente, un campo electrostático reacciona a los valores de capacitancia variables influenciados por un objeto cercano. Al momento de llegar a un límite de capacitancia, el oscilador pasa a un nivel alto o activo, al instante el circuito de encendido y apagado entra en funcionamiento. (Faletti, 2014)

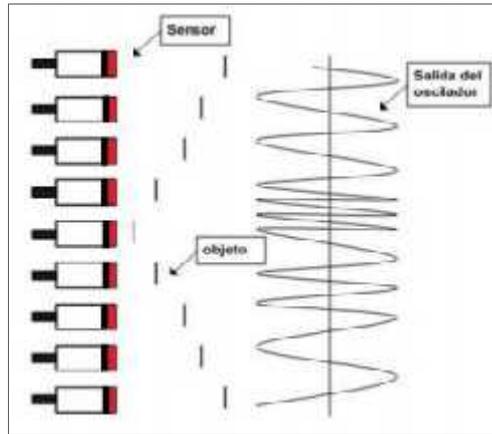


Figura 19-1. Esquema de funcionamiento sensor capacitivo.

Fuente: (Faletti, 2014)

En la Tabla 4-1, se muestran las ventajas y desventajas al momento de usar lo sensores capacitivos.

Tabla 4-1. Ventajas y desventajas de sensores capacitivos.

Ventajas	Desventajas
) Detectan materiales metálicos y no metálicos) Distancia de detección depende del material detectado.
) Larga vida útil) Sensibles a factores ambientales
) Rango de sensado ajustable) No seleccionan el objeto a detectar
) Sensado a través de ciertos materiales) Costo moderado

Fuente: (Faletti, 2014); (QuimiNet, 2015)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.5.3 Sensores Inductivos

Lo sensores de proximidad inductivos pueden detectar cualquier tipo de metal (acero, bronce, aluminio, etc.), a varias distancias sin realizar un contacto directo con estos objetos. (QuimiNet, 2015)

El funcionamiento de este tipo de sensores, basado en la Figura 20-1, se da con una bobina presente en el sensor, que al ser influenciada por la aproximación de un objeto metálico varía su frecuencia de oscilación. Esta frecuencia es la encargada de activar o desactivar el circuito electrónico del sensor. Si el objeto metálico se aleja de esta bobina, la oscilación causada influye al estado original del mecanismo. (Faletti, 2014)

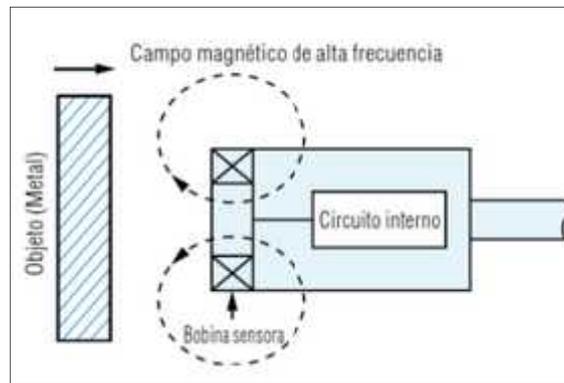


Figura 20-1. Esquema de funcionamiento sensor inductivo.

Fuente: (Faletti, 2014)

En el caso de sensores inductivos, en la Tabla 5-1 se muestran las ventajas y desventajas que se tienen al momento de su uso.

Tabla 5-1. Ventajas y desventajas de sensores inductivos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">) Solo detectan metales) No contacto con objeto a detectar) Larga vida útil) No afecta polvo ni humedad en la detección) Poseen indicadores LED de estado) Instalación sencilla 	<ul style="list-style-type: none">) Distancia de sensado corta) Sensado afectado por campos electromagnéticos intensos.) Costo moderado

Fuente: (Faletti, 2014); (QuimiNet, 2015)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.5.4 Lazo inductivo

Otra opción de sensor más robusto es un lazo inductivo, en conjunto con su detector, reconoce un vehículo o una masa metálica que se sitúa encima del lazo. Una recomendación a la hora de usar este tipo de sensor es que, si el lazo inductivo es de similar tamaño que el vehículo u objeto a detectar entonces se tendrá un rendimiento óptimo. (Actum, 2019)

1.5.4.1 Instalación de un Lazo Inductivo

Se recomienda realizar unos pequeños canales en el piso que sirvan para cubrir el lazo inductivo, esto con el objetivo de evitar daños en su uso. Estos canales deben estar limpios y libres de humedad para colocar el hilo del lazo lo más apretado posible. La instalación queda muy similar a la Figura 21-1. Se recomienda también, antes de cerrar estos canales, realizar una medición previa de la inductancia del lazo para comprobar su correcta instalación y funcionamiento. Un valor óptimo de inductancia para el lazo inductivo es de: 80-300 μH . (Actum, 2019)

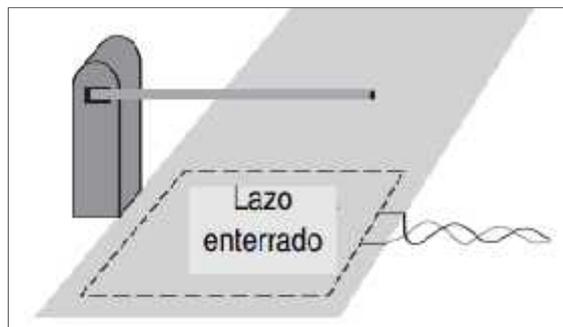


Figura 21-1. Vista previa instalación de Lazo Inductivo.

Fuente: (Gavazzi, 2009, p. 7-11)

Así mismo, para los sensores de lazo inductivo y sus detectores, en la Tabla 6-1 se muestran las ventajas y desventajas que se tienen al momento de su uso.

Tabla 6-1. Ventajas y desventajas de sensores de lazo inductivo

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">)] Detectan vehículos o masas metálicas grandes)] Área grande de detección)] Larga vida útil	<ul style="list-style-type: none">)] Alto costo económico)] Instalación complicada)] Se necesita el lazo y su detector para un correcto funcionamiento

Fuente: (Faletti, 2014); (QuimiNet, 2015)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.5.5 Sensores Fotoeléctricos

Este tipo de sensores se enfocan en cualquier objeto que pueda interrumpir el haz de luz que estos generan, tal como se muestra en la Figura 22-1. Son uno de los sensores más utilizados para detección de objetos en proyectos y en la industria, al igual que los sensores inductivos. Constan de filtros incorporados que ayudan a eliminar anomalías causadas por la luz solar a la hora del sentido. (QuimiNet, 2015)

Se tienen tres tipos de sensores fotoeléctricos:

-)] Emisor – Receptor (Barrera)
-)] Retro – Reflectivo
-)] Reflexivas con Reflector

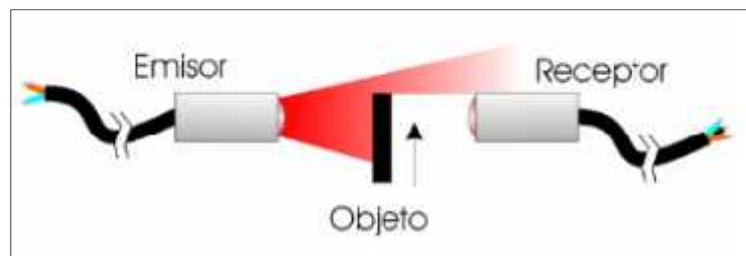


Figura 22-1. Esquema funcionamiento Sensor Fotoeléctrico (Barrera).

Fuente: (Contaval, 2016)

En este caso, el uso de sensores fotoeléctricos, siendo los más usados, tienen su pro y contras, mismos que se muestran en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1. Ventajas y desventajas de sensores fotoeléctricos.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">) Distancia de sensado de hasta 100 m) Carcasas tubulares y bloque) Excelentes para trabajo en la intemperie e industria) Detección precisa	<ul style="list-style-type: none">) Costo económico moderado) Instalación complicada en fotoeléctricos Emisor – Receptor por la precisión y calibración de recepción de luz

Fuente: (Faletti, 2014); (QuimiNet, 2015); (Contaval, 2016)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.6 Actuadores

Se conoce como actuador a todo dispositivo que transforma un tipo de energía, sea de tipo eléctrica, hidráulica o neumática, en procesos que afectan directamente a elementos externos. Estos dispositivos están patronados por controladores, de los cuales reciben la orden para activar un elemento externo de control, como puede ser un motor. (Crespo, 2016)

Se tiene diferentes tipos de actuadores, entre estos:

-) Electrónicos
-) Hidráulicos
-) Neumáticos
-) Eléctricos (Crespo, 2016)

Por otro lado, también se denomina a los actuadores como periféricos, siendo todo dispositivo adicional conectado a una CPU o a una tarjeta de control que cumplen con la misión de comunicarse con el exterior. (Crespo, 2016) Algunos de estos son:

-) Pantallas LCD
-) Teclados
-) Micrófonos
-) Impresoras
-) Zumbadores
-) Sirenas
-) Indicadores luminosos (Crespo, 2016)

1.6.1 Motores

Los motores son los actuadores más utilizados en la ejecución de proyectos y a nivel de industria. Existen motores de corriente alterna (AC) y motores de corriente directa (DC), mismos que tienen una composición similar, lo que diferencia a cada una de estas es su aplicación, es decir en qué actividad se lo va a implementar. A continuación, en la Tabla 8-1, se mostrarán datos y características de uso de estos dos tipos de motores AC y DC. (CLR, 2019)

Tabla 8-1. Motores AC y DC

Características	Motor DC	Motor AC
Uso	<ul style="list-style-type: none">) Se pueden usar para aplicaciones de baja y de alta potencia.) Se usan a nivel industrial, ideales para pequeños proyectos electrónicos, robots, impresoras 3D	Su uso generalmente en la industria, así también en hogares
Alimentación	<ul style="list-style-type: none">) 5 a 36 VDC) Monofásicos	<ul style="list-style-type: none">) 110 a 440 VAC) Monofásicos o Trifásicos
Velocidad	Velocidad aumenta con la tensión aplicada	Velocidad se regula con variadores electrónicos de frecuencia
Par de arranque	Fuerte	Escaso

Fuente: (CLR, 2019); (Electrica, 2019)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.6.2 Motores Paso a Paso

Los motores paso a paso en la actualidad son mayormente usados en impresoras 3D, esto porque facilitan el control y una buena precisión. Son excelentes para mecanismos con una precisión exigida, como control de desplazamientos, o rieles. Estos motores facilitan el control gracias a que se puede mover paso por paso –de allí su nombre–, por cada pulso que se requiera aplicarle. (Guijarro Hernández, 2015)

Se conoce como paso, al movimiento preciso provocado al recibir un impulso de corriente. La velocidad de giro de estos motores depende de la frecuencia de los impulsos aplicados. (Martínez, 2015)

Se puede observar en la Tabla 9-1 un resumen de las ventajas y desventajas de usar este tipo de motores denominados paso a paso.

Tabla 9-1. Ventajas y desventajas de motores paso a paso.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">)] Mantenimiento bajo)] Compatibles con tarjetas controladoras como Arduino, Raspberry, entre otras.)] Se puede trabajar en control a lazo abierto)] Precisión de posicionamiento)] Circuitos de control y excitación sencillos 	<ul style="list-style-type: none">)] Costo económico elevado en comparación con motores DC de baja potencia.)] Presentan resonancias)] Difícil operar en altas revoluciones

Fuente: (Guijarro Hernández, 2015); (Martínez, 2015)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.7 Visión artificial

La Inteligencia Artificial (IA) es una de las tecnologías con mayor desarrollo en la actualidad, tal es así que se ha aplicado en proyectos notorios, hogares, e industria. Por otro lado, la Visión Artificial, siendo un derivado de las IA, también ha tenido un progreso relevante, de igual manera se puede encontrar a la Visión Artificial en todo el entorno, específicamente en los teléfonos celulares. (Lapedriza, 2012)

Un sistema de visión artificial es un sistema autónomo que reemplaza o realiza actividades similares a las de la visión humana, se observa su similitud en el esquema de la Figura 23-1. Se puede realizar actividades como detección de objetos y aún más allá, una interpretación tridimensional de un entorno. (Muñoz Manso, 2014)

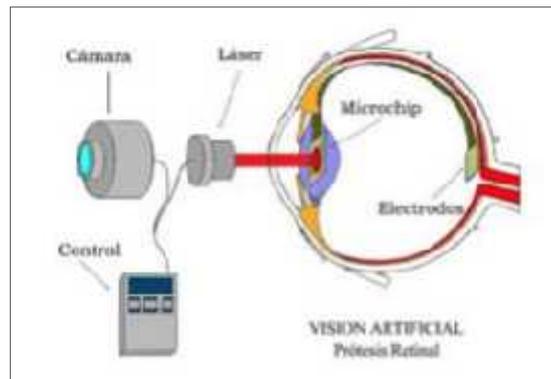


Figura 23-1. Ojo humano vs Sistema de Visión.

Fuente: (Muñoz Manso, 2014)

Existen diferentes procesos a seguir para desarrollar un sistema de visión artificial entre los que se tiene:

-)] Captura de imágenes: toma de imágenes digitales
-)] Pre procesamiento: técnicas como reducción de ruidos y realce de detalles
-)] Segmentación: Realce de en objetos de interés en la imagen
-)] Descripción: obtención de características para diferenciar un objeto de otro
-)] Reconocimiento: identificación de objetos deseados
-)] Interpretación: Se interpreta los valores y resultados obtenidos en los pasos anteriores (Muñoz Manso, 2014)

1.7.1 Aplicaciones de la Visión Artificial

La visión humana es una característica muy desarrollada que tienen los seres humanos para llevar a cabo de manera óptima sus actividades diarias, sin embargo, existen tareas en las cuales el ojo humano es perceptible a errores o repuestas lentas. En la industria se ha optado por optimizar procesos auxiliándose de la Visión Artificial, además de aplicaciones de seguridad en edificios, hogares, incluidos en la Domótica. (Muñoz Manso, 2014)

A continuación, se enlista algunas de las varias aplicaciones de la Visión Artificial:

-)] Navegación en Robótica
-)] Biología, Geología y Meteorología
-)] Medicina

- J Identificación de construcciones e infraestructuras
- J Reconocimiento y clasificación de objetos
- J Control de calidad
- J Cartografía
- J Fotointerpretación (Muñoz Manso, 2014)

1.7.2 Imágenes digitales

El tratamiento de imágenes es la base del trabajo de un sistema de Visión Artificial. En este caso estas imágenes se las puede capturar de cualquier tipo de cámara, cámara de video digital, cámara web, cámara IP, entre otras. Estas imágenes tomadas son las que entran al proceso de tratamiento para obtener características que ayuden al objetivo del sistema. Es muy importante que el sistema de procesamiento tenga buenas características a nivel hardware, ya que de esto dependerá el funcionamiento del sistema. (Muñoz Manso, 2014)

1.7.3 Componentes para el procesamiento de imágenes

Para cumplir con las funciones de procesamiento de imágenes en visión artificial se necesitan diferentes dispositivos o componentes, entre los que se tiene: fuentes de iluminación, tarjetas digitalizadoras, cámaras, software y hardware adecuado para analizar y procesar las imágenes.

1.7.3.1 Fuente de Iluminación

Estos componentes se deben elegir de acuerdo a la aplicación que se va a realizar, una mala elección puede causar interferencias considerables que afectan al resultado final del sistema de visión artificial. Se puede corregir estos problemas a nivel software, pero no es lo más recomendable, esto porque se aumenta el costo computacional, en otras palabras, es mejor considerar una fuente de iluminación óptima, para no tener que recurrir a estos arreglos por software. (Fernández y Quinatoa, 2017) (Aponte Vargas, 2012)

Se muestra en la Figura 24-1 una de las formas de usar una fuente de iluminación para visión artificial.

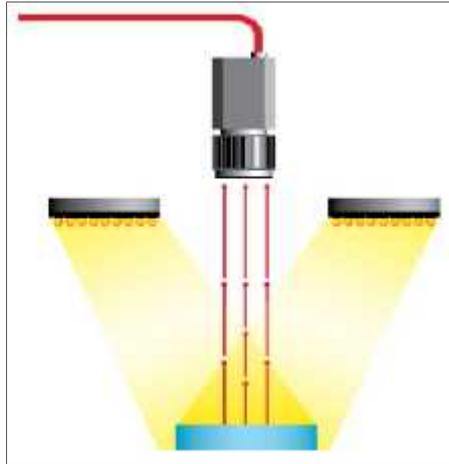


Figura 24-1. Fuente de iluminación.

Fuente: (INFAIMON, 2018)

1.7.3.2 Cámara

De igual manera que el ojo en un sistema de visión humano, una cámara en un sistema de visión artificial cumple con la misión de capturar o recibir la escena objeto. (Fernández y Quinatoa, 2017) En la Figura 25-1, se muestra una cámara usada en sistemas de visión artificial.



Figura 25-1. Cámara de Visión Artificial

Fuente: (INFAIMON, 2018)

La parte más importante de una cámara es su sensor, la que se encarga de transmitir la luz en señales eléctricas, estos sensores pueden ser de dos tipos, analógico y digital. La tecnología digital es la más usada en la actualidad para estos sensores siendo conocida como Charge-Coupled Device (CCD). Por otro lado, también se considera las dimensiones que este sensor genera una imagen, esto hace referencia a los llamados “píxeles”. (Aponte Vargas, 2012)

1.7.3.3 *Digitalizador*

Los digitalizadores son los encargados de transformar una señal eléctrica a un código binario o señal digital, con el objetivo de que el computador pueda formar y almacenar esta información en su memoria. (Cañadas y Haro, 2011)

Existen características que definen a una tarjeta digitalizadora como el precio, el control, la velocidad de procesamiento, la memoria de almacenamiento y su control. (Aponte Vargas, 2012)

1.7.3.4 *Computador*

La computadora mostrada en la Figura 26-1, es un elemento muy importante al momento de usar sistemas de visión artificial, como se mencionaba anteriormente, depende mucho de sus características de software y hardware para percibir un trabajo óptimo en el proceso de digitalización de las imágenes. Estos elementos se encargan del pre procesamiento, segmentación descripción y reconocimiento de la información que recibe. (Fernández y Quinatoa, 2017)



Figura 26-1. Computador

Fuente: (INFAIMON, 2018)

1.8 Software para desarrollo de Visión Artificial

Se encuentran varias herramientas de software que son muy útiles al momento de aplicarlas en un proyecto de visión artificial, entre las más importantes:

-) LabView
-) MatLab
-) Python Anaconda

1.8.1 LabView

LabView es un software específico para adquisición, control, análisis y presentación de datos, de programación gráfica, usa el lenguaje G, es decir, crea programas a partir de diagramas de bloques. Es compatible con sistemas que usan lenguaje C, además que trabaja junto a plataformas como Arduino y Raspberry. Consta de varias librerías y varias funciones para adquisición de datos, control de instrumentación, entre otras prestaciones bastante útiles. (Tapia y Manzano, 2013)

A la hora de diseñar un programa gráfico con LabView se genera un Instrumento Virtual o mejor conocido como VI, estos son de un aspecto cuadrado que contiene el símbolo representativo de cada función. (Tapia y Manzano, 2013) En la Figura 27-1 se muestra el área de trabajo en LabView a la hora de programar.

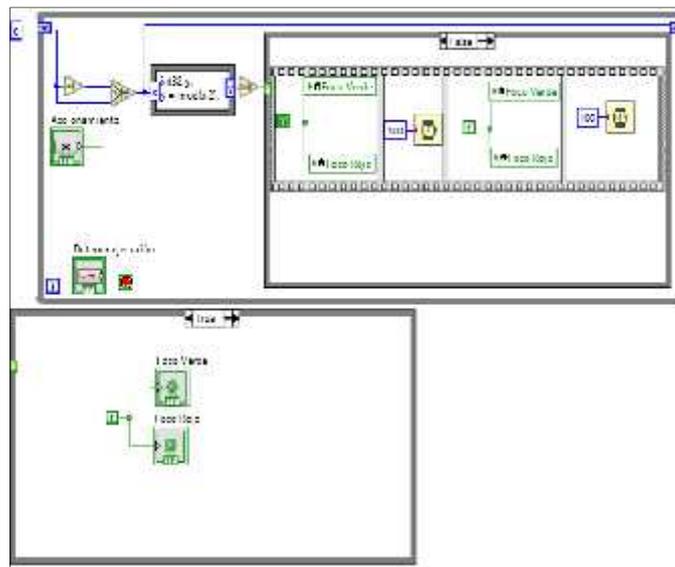


Figura 27-1. Interfaz Labview.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.8.2 MatLab

MatLab es un software que brinda la facilidad de realizar cálculo numérico y simbólico, de forma sencilla, posee también características gráficas avanzadas útiles para el desarrollo de proyectos e ingeniería. Se muestra en la Figura 28-1 la interfaz de Matlab R2018b. (Veintimilla y Sigüencia, 2014)

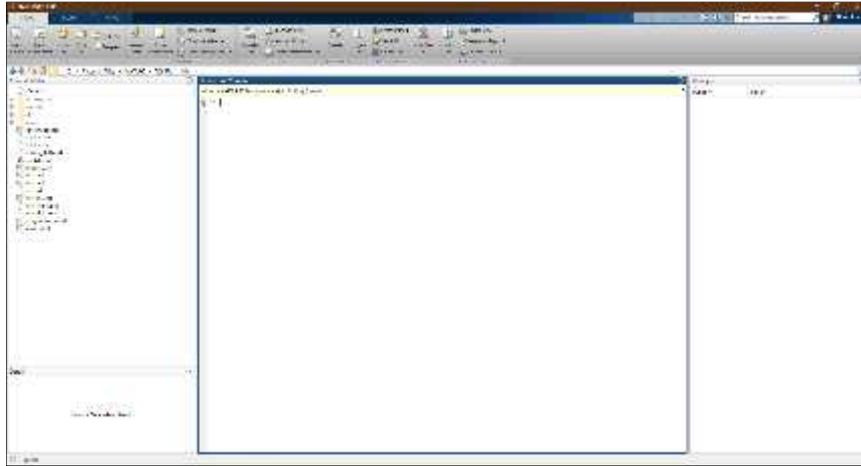


Figura 28-1. Interfaz Matlab R2018b.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

MatLab un software muy accesible para el usuario, se mantiene en constante actualización. Apta para usar en sistemas operativos como Macintosh, Windows, Linux, UNIX. Una ventaja muy clara es que es compatible con casi toda tarjeta controladora. Cuenta con herramientas de trabajo o también llamadas “toolboxes” que permiten realizar actividades necesarias para desarrollar cualquier tipo de proyecto. (Veintimilla y Sigüencia, 2014)

1.8.3 Python Anaconda

Es un software de categoría libre, distribución de Python, fue creado para el procesamiento de datos masivos, simplifica la gestión de paquetes. Posee un lenguaje de programación sencillo y amigable con el usuario. Anaconda es muy útil para usar la librería OpenCV, misma que ayuda en el desarrollo de proyectos de visión artificial. (Hernández, 2019)

1.8.3.1 OpenCV

OpenCV es considerada una librería para tratamiento de imágenes, que están enfocados a desarrollo de visión artificial en tiempo real. Su nombre proviene de “Open Source Computer Vision Library”. OpenCV es una biblioteca libre bajo la licencia BSD, fue diseñado por Intel. Existen versiones para cada sistema operativo, contienen funciones útiles para proyectos de visión por computador. Su programación está dada en lenguaje C y C++. (Muñoz Manso, 2014) Se muestra su interfaz en la Figura 29-1.

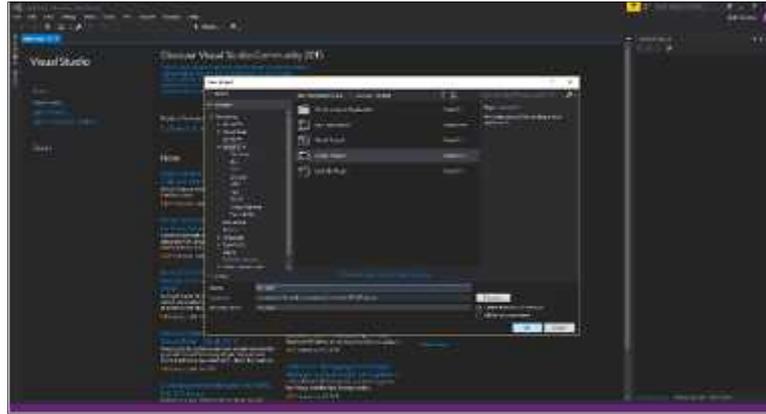


Figura 29-1. Interfaz Librería OpenCV.

Fuente: (Inakima, 2016)

Se deben tomar en cuenta varias características de estos programas a la hora de elegirlos para el desarrollo de visión artificial. Se muestra en la Tabla 10-1, las ventajas y desventajas de cada uno de estos programas.

Tabla 10-1. Softwares más usados en Visión Artificial.

	LabView	MatLab	OpenCV
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">) Compatibilidad con SO) Programación gráfica, lenguaje G) Compatible con tarjetas controladoras) Flexibilidad al sistema para realizar cambios 	<ul style="list-style-type: none">) Compatibilidad con SO) Cuenta con herramientas o toolboxes) Interfaz amigable) Compatible con tarjetas controladoras) Tiempo bajo de procesamiento 	<ul style="list-style-type: none">) Compatibilidad con SO) Programación lenguaje C o C++) Específicamente para proyectos de visión artificial) Programación en lenguaje de alto y bajo nivel
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">) Menor capacidad de procesamiento) Alto costo) Interfaz algo complicado 	<ul style="list-style-type: none">) En ocasiones errores de ejecución de software) Compatibilidad de ejecutables en otros ordenadores 	<ul style="list-style-type: none">) Interfaz algo complicada) Tiempo elevado de procesamiento

Fuente: (Tapia y Manzano, 2013); (Veintimilla y Sigüencia, 2014); (Muñoz Manso, 2014)

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

1.9 Placas vehiculares en el Ecuador

En el Ecuador, todo vehículo que requiera transitar en las vías, debe poseer placas de identificación, mismas que son reguladas y entregadas única y exclusivamente por la Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (ANRCTTTSV) o también conocida como Agencia Nacional de Tránsito (ANT), todo esto en margen a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. (Fernández y Quinatoa, 2017) (ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR, 2018)

1.9.1 Reglamento de las placas vehiculares

El Reglamento para la Elaboración, Entrega y Control de Placas de Identificación Vehicular, en su artículo 4 menciona: Las placas de identificación vehicular serán entregadas por las entidades oficiales: Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, Unidades Administrativas Regionales o Provinciales, o por los gobiernos autónomos descentralizados, las placas serán ubicadas en la parte anterior y posterior del vehículo, en lugares destinados por el fabricante del automotor, y dispuestas por una luz blanca para mejorar su visibilidad. (ANT, 2015)

Así mismo, el artículo 6 del Reglamento para la Elaboración, Entrega y Control de Placas de Identificación Vehicular, explícitamente menciona:

“La identificación de la placa para vehículos se realizará mediante una serie alfa numérica que estará compuesta por 3 letras mayúsculas y una secuencia numérica de cuatros dígitos, tendrá un guion de separación entre los números y letras de un ancho de 20mm.

Sus dimensiones serán de 404 mm de largo por 154 mm de alto; en la esquina superior izquierda llevarán impreso a color el logotipo de la Agencia Nacional de Tránsito; las letras y números impresos medirán 38 mm de ancho por 75 mm de alto; en la parte superior, en un campo de 146 mm de ancho por 27 mm de alto, estará impresa la palabra ECUADOR en letras mayúsculas”. (ANT, 2015)

Esta distribución mencionada en el artículo 6 del Reglamento para la Elaboración, Entrega y Control de Placas de Identificación Vehicular se encuentra reflejada en la Figura 30-1.



Figura 30-1. Características placa vehicular en el Ecuador.

Fuente: (Fernández y Quinatoa, 2017)

Donde, la primera letra hará mención a la provincia donde se registró la placa vehicular, en la Tabla 11-1 se muestran las letras correspondientes a cada una de las provincias del Ecuador.

Tabla 11-1. Letras para el primer dígito de placas vehiculares.

Provincia	Letra	Provincia	Letra
Azuay	A	Los Ríos	R
Bolívar	B	Manabí	M
Cañar	U	Morona Santiago	V
Carchi	C	Napo	N
Cotopaxi	X	Pastaza	S
Chimborazo	H	Pichincha	P
El Oro	O	Orellana	Q
Esmeraldas	E	Sucumbíos	K
Galápagos	W	Tungurahua	T
Guayas	G	Zamora Chinchipe	Z
Imbabura	I	Santa Elena	Y
Loja	L	Santo Domingo de los Tsáchilas	J

Fuente: (ANT, 2015)

A su vez, la segunda letra y la franja de color en la parte superior establecen el tipo de servicio que brinda el vehículo. Por su parte la tercera letra será otorgada de forma secuencial según las ANT lo disponga. La serie numérica de los último cuatro dígitos estará compuesta por números consecutivos desde 0001 hasta 9999. (ANT, 2015)

CAPÍTULO II

2 REQUERIMIENTOS HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA

El presente capítulo se enfocará en los requerimientos del sistema de visión artificial a implementar. Se presentará el diseño y armado de la estructura mecánica necesaria para el control de desplazamiento lineal de la cámara para el estacionamiento. Posteriormente, se revisará el diseño y montaje electrónico para el control mencionado y la comunicación del sistema de visión artificial. Además, se presentará en general características de los elementos usados para la implementación de este proyecto.

2.1 Requerimientos del sistema

En primer lugar, en esta sección, se enlista las necesidades del sistema a implementar:

- J Ubicación precisa de la cámara para lograr capturas de la escena
- J Sistema mecánico óptimo para soportar la cámara del sistema
- J Cámara con características aceptables para el sistema
- J Tarjeta controladora de óptimas prestaciones
- J Resistencia de la cámara a la intemperie
- J Resistencia de sensores a la intemperie
- J Resistencia de sirena de alarma a la intemperie
- J Características relevantes para CPU en el PDI
- J Permita generar una alerta en el caso de no ser un vehículo adecuado
- J Ayudar a las personas con discapacidad al correcto uso de sus lugares de estacionamiento
- J Fácil manejo e instalación del sistema
- J Ser un sistema de bajo costo

2.2 Concepción de la Arquitectura General del Sistema

La concepción del sistema está conformada por elementos electrónicos (sensores, tarjetas controladoras, actuadores) y elementos mecánicos (desplazamiento lineal a través de correa dentada), mismos que permiten el desarrollo del sistema en manera conjunta, tal como se muestra

en la Figura 1-2. Se observa que la comunicación de los bloques del sistema la realiza la tarjeta controladora.

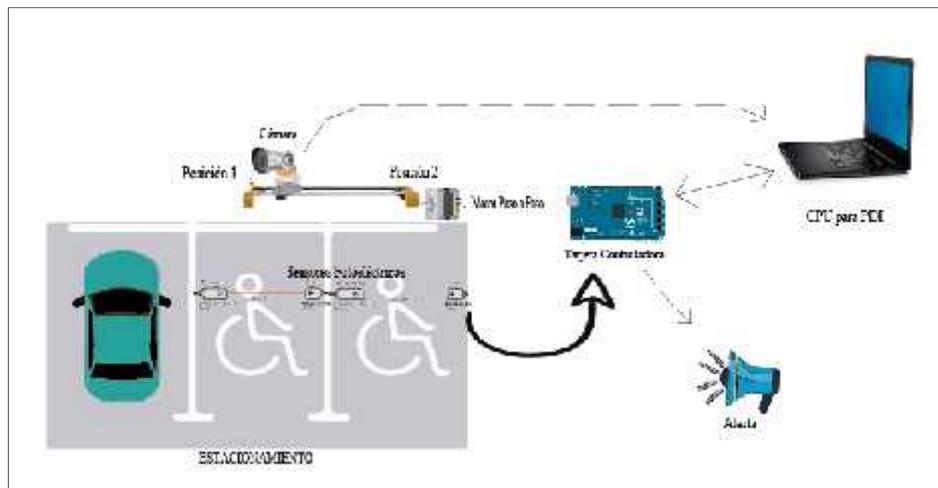


Figura 1-2. Arquitectura general del sistema.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.3 Diseño de la arquitectura del sistema

El presente proyecto también se basa en una arquitectura establecida, misma que se muestra en el Diagrama 1-2.

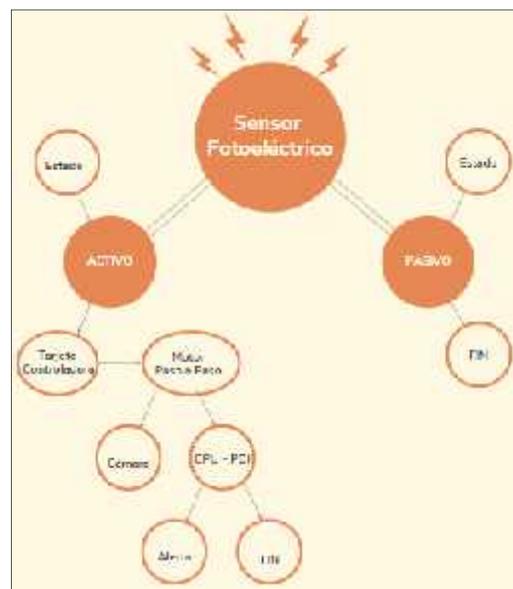


Diagrama 1-2. Arquitectura del sistema

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Nuevamente haciendo mención al Diagrama 1-2, la presente implementación se trata de un sistema de control usando visión artificial el cuál realizará una detección del vehículo al momento de posicionarse en el estacionamiento para personas con discapacidad a través de sensores fotoeléctricos E-R colocados en cada lugar, mismos que comunicarán a la tarjeta controladora su estado activo, para que esta última ubique la cámara en línea recta a este punto con el accionar del motor paso a paso del mecanismo de desplazamiento lineal, de inmediato, se realizará una captura de la escena a través de una cámara. Una vez realizado el paso anterior se comunicará con la CPU para el procesamiento de la imagen, si la detección del objeto deseado se cumple, entonces, no se realizará ninguna acción, debido a que el vehículo estacionado pertenece a una persona con discapacidad.

Por otro lado, en el caso de que la respuesta del sistema sea negativa, es decir, se procederá a la evaluación y detección de la placa vehicular, acto siguiente, se procederá a la generación de un llamado de atención de sirena de alarma, con el objetivo de que la persona allí ubicada, mueva su vehículo del lugar que no le es permitido, generando conciencia en la misma y un seguro recuerdo de no volver a cometer este tipo de contravención.

2.4 Selección de elementos de hardware necesarios para el sistema

En la presente sección se seleccionará y detallará todos los componentes Hardware necesarios para la implementación del sistema.

2.4.1 *Arduino Mega 2560*

Es una de las tarjetas controladoras más usadas, el Arduino Mega 2560 consta de 54 pines de IN/OUT, siendo 14 de tipo PWM. Además, cuenta con 16 IN analógicas y 4 UARTs (puertos serial). El microcontrolador brinda una velocidad con un Cristal de 16MHz y una memoria Flash de 256K (ver Anexo B). Puede ser alimentado con una tensión de 7 a 12 volt. Se muestra al Arduino Mega en la Figura 2-2. La comunicación Arduino-PC se establece a través del puerto serie, además que su programación no es nada complicada, por lo que hace de esta tarjeta una excelente candidata para el proyecto en desarrollo. (Radiospares, Radionics y RS, 2019)

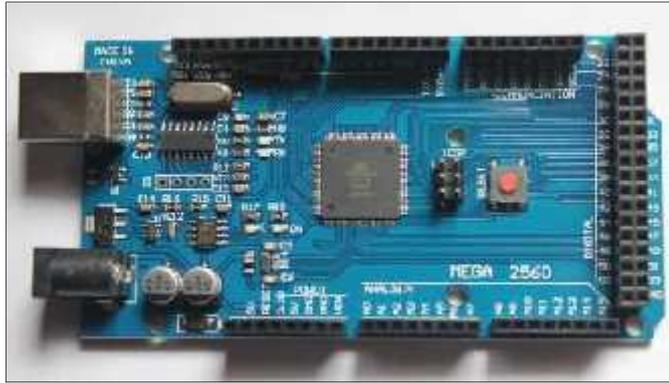


Figura 2-2. Tarjeta Arduino Mega 2560.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.4.2 Fuente de alimentación 5V 3.3V MB-V2 – Arduino

Es un módulo de alimentación para protoboard, Arduino o microcontroladores PIC. (Tecnopura, 2019) (CircuitAttic.com, 2013) Este dispositivo se muestra en la Figura 3-2.



Figura 3-2. Fuente de alimentación MB-V2.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

A continuación, se enlistan sus principales especificaciones técnicas (ver Anexo A):

- J Voltaje de entrada: 6.5V a 12V
- J Voltaje de salida 1: 3.3V o 5V (seleccionable)
- J Salida de tensión USB: 5V
- J Corriente máxima de salida: 700 mA
- J LED indicador de encendido
- J Botón de encendido / apagado

2.4.3 M12 NPN NO Sensor fotoeléctrico E-R

Este tipo de sensores fotoeléctricos de barrera son muy utilizados en la industria para maquinaria, puertas automáticas y muchas variables. También son conocidas como fotocélulas, se los encuentra a un bajo costo. Tienen una excelente accesibilidad de instalación y mantenimiento.

Este tipo de sensores captan la luz proveniente del Emisor lo que hace que se active el circuito interno del sensor para enviar una señal. Su conexión se la realiza alimentado al Emisor con la tensión recomendada por el fabricante, de igual manera se alimenta al receptor, pero con la particularidad de que este consta de un hilo adicional que se encarga de transmitir la señal. (Nieto, 2019) Se muestra este tipo de sensores en la Figura 4-2.



Figura 4-2. Sensor Fotoeléctrico M12 E-R

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

A continuación, se enlistan sus principales especificaciones técnicas (ver Anexo C):

- J Dimensiones: Diameter 12mm × 58mm
- J Longitud cable: 1.8m
- J Voltaje Operativo: 5V-30V
- J Distancia de detección: 0-20 m
- J Temperatura de trabajo: -25-70 ° C
- J Tiempo de respuesta: 1ms
- J Diámetro: 1.5mm
- J Protección contra corto circuito
- J Protección de polaridad opuesta
- J Tipo: NPN NO

2.4.4 Motor Paso a Paso Bipolar Nema 17 JK42HS34-0404

Este tipo de motores son muy usados en impresoras 3D o en máquinas CNC, o en proyectos donde se requieran movimientos precisos, como el caso del presente trabajo. Los motores paso a paso necesitan un driver que energice sus bobinas de acuerdo a lo requerido y un microcontrolador que envíe estas señales de estado al driver. En el desplazamiento lineal que se necesita para la cámara el Nema 17 es un excelente aliado, debido a que se realizó un sistema mecánico donde se usa correas de tipo dentada para el movimiento, es donde se necesita precisión en pasos para lograr una excelente ubicación. Se observa el motor en la Figura 5-2.



Figura 5-2. Motor Paso a Paso.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

A continuación, se enlistan sus principales especificaciones técnicas (ver Anexo D):

- J Ángulo de paso: 1.8°
- J Voltaje de operación: 12V
- J Número de fases: 2
- J Longitud: 34mm
- J Corriente de operación: 0.4 A
- J Temperatura de operación: -20°C a 50°C
- J Resistencia: 30ohm
- J Inductancia: 35mH
- J Masa: 0.22Kg

2.4.5 *Driver motor paso a paso A4988*

Como se mencionaba en el apartado anterior, para lograr un correcto y preciso funcionamiento de los motores paso a paso NEMA 17, es necesario de un microcontrolador que envíe las señales de estado y de un driver especial para que logre transmitir la energía a las bobinas según la necesidad. Es así como se ha seleccionado el Driver A4988, mismo que es muy utilizado en aplicaciones de máquinas CNC e impresoras 3D para el control de estos motores paso a paso. Se muestra este driver junto con su disipador de calor en la Figura 6-2.

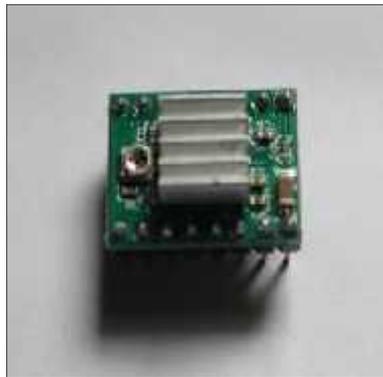


Figura 6-2. Driver A4988.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Como se puede observar en la Figura 6-2. Al lado izquierdo del disipador de calor se encuentra un pequeño potenciómetro que ayuda a regular el voltaje de referencia con el que va a trabajar el motor NEMA 17, previo a esto se realizan unos cálculos para determinar este valor.

A continuación, se enlistan sus principales características de funcionamiento (ver Anexo E):

- J Control de motor paso a paso bipolar (2A por bobina)
- J Control de paso y dirección simple
- J Paso completo, medio paso, cuarto paso, octavo paso y decimosexto paso
- J Permite configurar el voltaje de referencia con un potenciómetro
- J Apagado térmico por sobre temperatura
- J Protección contra cortocircuito

2.4.6 MOSFET Tipo N IRF530

Este componente electrónico es muy usado para conmutación de dispositivos y además de amplificación de señales. Su nombre es Transistor de Efecto de Campo de Metal Óxido Semiconductor o en inglés Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET). (García, 2016)

Este dispositivo cuenta con 3 patas o pines, mismos que son Gate, Drain y Source, tal como se muestra en la Figura 7-2.

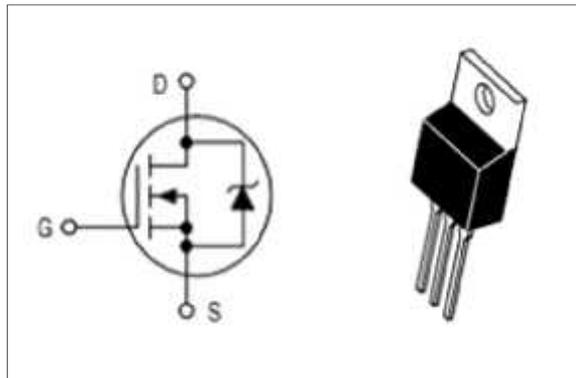


Figura 7-2. Diagrama MOSFET IRF530.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

A continuación, se enlistan sus principales especificaciones técnicas (ver Anexo G):

- J 20V Tensión de Gate y Source
- J 6.,5 ° C / W Resistencia térmica
- J Polaridad del transistor: NPN
- J Corriente Drain: 14 A
- J Voltaje Drain Source: 100 V
- J Tensión umbral Gate Source: 2 V
- J Disipación de potencia Pd: 55 W
- J Temperatura de operación mínima: -55 °C
- J Temperatura de operación máxima: 150 °C

2.4.7 Cámara FOSCAM FI8904W

Se sabe que unas de las principales características de un sistema de visión artificial es tener una entrada de imágenes, misma que se alcanza a través de una cámara, en este caso se optó por una cámara IP de vigilancia de la marca FOSCAM, modelo FI8904W, ver Figura 8-2.

Una de las características esenciales para tomar en cuenta en la selección de esta cámara fue el formato de compresión de video Stream que tiene, en este caso el formato MJPEG. Esto considerando normas de compatibilidad con el software MatLab.



Figura 8-2. Cámara FOSCAM.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

A continuación, se enlistan sus principales especificaciones técnicas (ver Anexo F):

- J Cámara IP de exterior
- J FHD 1080p
- J Infrarrojos (Visión nocturna)
- J Fija
- J Algoritmo de compresión estándar MJPEG
- J Sin sonido
- J Visión 55°
- J Detección de movimiento con alarmas email y FTP
- J Software y App gratis
- J Compatible Android
- J Compatible iPhone/iOS

2.4.8 Sirena de alarma estándar

Este componente es muy usado en los sistemas de alarmas de vehículos, existen dispositivos que cuentan desde 1 tono hasta 6 distintos de estos, su alimentación se da a través de una fuente de 12V y generalmente se activa con una corriente de 2A. Se muestra este dispositivo en la Figura 9-2.



Figura 9-2. Sirena de alarma estándar.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Este dispositivo consta de ventajas, entre las que se tiene: una fácil y rápida instalación, resistente al agua, alto impacto acústico, que lo hacen ideal para el proyecto en desarrollo. (01Seguridad, 2019)

2.5 Esquemas de conexión electrónico del sistema

Para la realización de los esquemas electrónicos del sistema se usó el software libre Fritzing, el cual contiene una interfaz muy amigable a la hora de diseñar estos esquemas. (Oliveira, 2011) Se ha dividido el sistema en tres etapas para un mejor análisis del circuito en general.

2.5.1 Etapa de detección de vehículo con sensores fotoeléctricos

Basándose en el Diagrama 2-2, por la falta de librerías en Fritzing para sensores M12 fotoeléctricos E-R, se optó por realizar un demostrativo de este ubicado los hilos de los sensores a ser usados, en los terminales de conexión.

Para realizar la conexión se siguieron estos pasos, teniendo en cuenta los colores de cables en sensores, Café (Alimentación), Azul (GND) y Negro (Señal):

- J Para los terminales Emisor y Receptor de los sensores, se conectaron los cables color CAFÉ a la alimentación de 5V del Arduino.
- J Para los terminales Emisor y Receptor de los sensores, se conectaron los cables color AZUL a GND del Arduino, con esto se cierra el circuito y se deja alimentados los sensores.
- J Únicamente para los terminales Receptor, que son los que poseen el cable color NEGRO, se conectaron a diferentes entradas digitales del Arduino, en este caso en los pines 9 y 10, mismos que servirán para los dos sensores que cubrirán los dos estacionamientos de prueba del sistema.

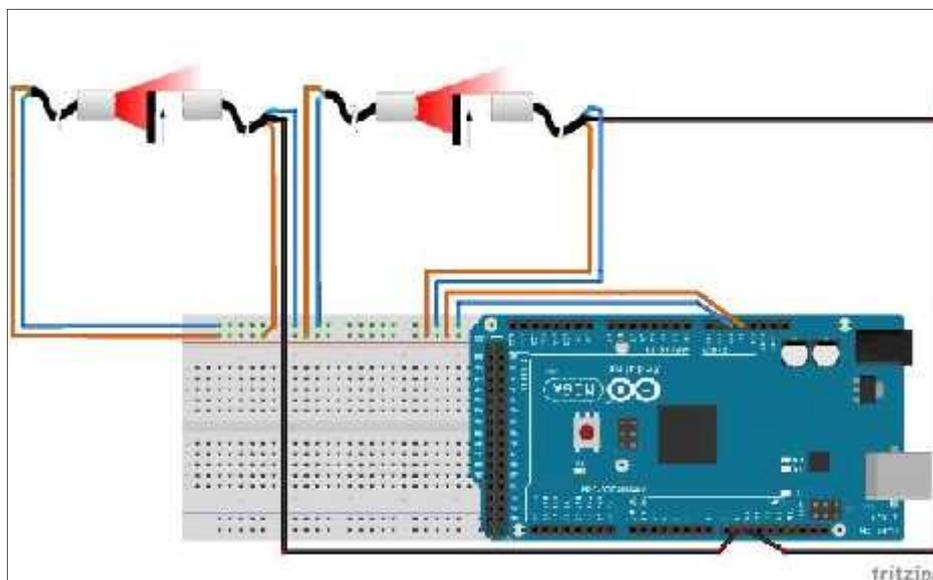


Diagrama 2-2. Esquema de conexión sensores fotoeléctricos.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.5.2 Etapa de control de desplazamiento lineal de cámara

De igual manera se realizó el esquema electrónico en el software libre Fritzing. En este caso, como muestra el Diagrama 3-2, se trata de la conexión del motor NEMA 17 con su respectivo Driver con la tarjeta Arduino Mega 2560 para el control de desplazamiento lineal de la cámara.

Teniendo en cuenta los voltajes de alimentación necesarios para el Driver A4988 y el motor NEMA 17, se realizó el siguiente proceso:

El Motor consta de características específicas para lo cual el Driver A4988 debió ser ajustado a través de su potenciómetro, para tener un voltaje de referencia adecuado, con el objetivo de tener mayor precisión en los pasos del motor NEMA 17. Conociendo las características del motor, el voltaje de referencia se lo calcula con la siguiente relación:

Ecuación 1-2. Ecuación para la corriente de operación del motor

$$I_m = \frac{V_r}{8} \times R_s$$

Donde,

$$I_m = 0,4 \text{ A}$$

$$R_s = 0,1 \text{ Ohm}$$

Realizando el despeje necesario y reemplazando los valores conocidos, se tiene:

Ecuación 2-2. Ecuación para calcular voltaje de referencia del motor.

$$V_r = I_m (8)(R_s)$$

$$V_r = 0,4 \text{ A} (8)(0,1 \text{ Ohm})$$

$$V_r = 0,32 \text{ V}$$

Con este resultado, se procedió a realizar una medición de tensión, con un multímetro, entre el pin GND y el potenciómetro del driver, se debe alcanza el voltaje calculado.

Realizado el proceso anterior, se llevó a cabo el montaje del circuito, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

-) Se conectó el pin de alimentación de 5V del driver a la alimentación de 5V del Arduino, de igual manera se realizó con el GND del driver al GND del Arduino.

-)] Se conectó el pin de alimentación de potencia del driver con 12V y GND respectivamente, con un capacitor de 100uF entre sí, este último brinda estabilidad a la fuente del motor.
-)] A continuación, se conectaron los pines STEP y DIR a los pines 12 y 13 del Arduino, respectivamente.
-)] Una vez teniendo identificados los pines del driver para la conexión del motor NEMA 17, se conectó revisando 1A, 1B y 2A, 2B.

Se muestra toda la conexión realizada en el Diagrama 3-2, el plug indica alimentación de 12V.

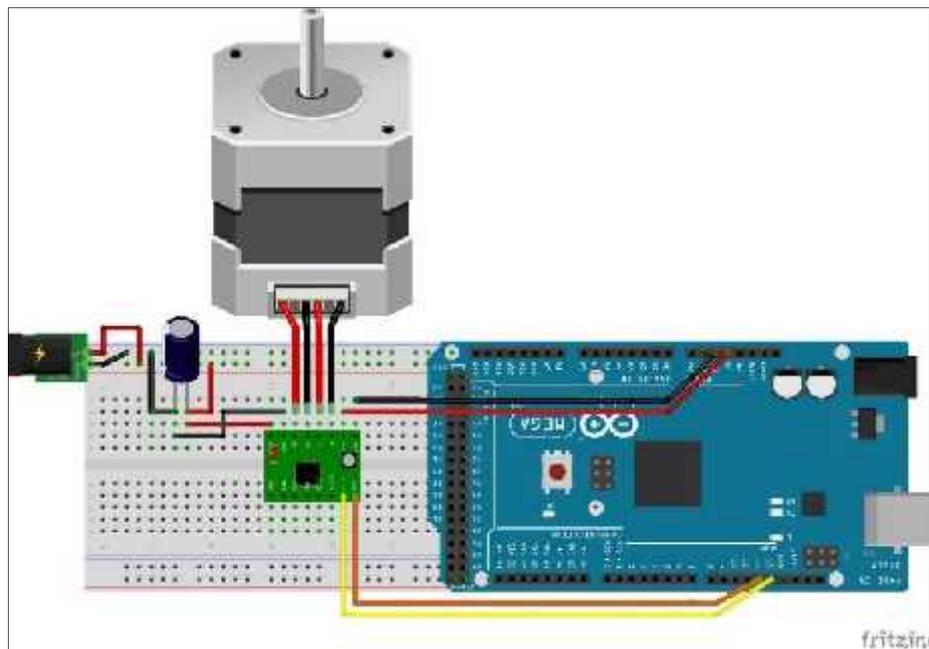


Diagrama 3-2. Esquema de conexión de Motor Nema 17.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.5.3 *Etapa de emisión de alerta*

Para esta etapa, se realizó el esquema electrónico teniendo en consideración la sirena estándar de 6 tonos, sabiendo que trabaja a 12V y 2A, Arduino no brinda esta corriente para poder activar la sirena directamente, por lo que se optó por agregar un componente electrónico, un MOSFET IRF 530 (Electronics, Transys, 2019) , el que se comportará como un pequeño driver para realizar la activación de la sirena con la respectiva alimentación.

Al realizar la conexión, para que la alarma se active o funcione necesita estar conectado a 12V y GND, como se observa en el Diagrama 4-2. Se muestra en la Tabla 1-2 las conexiones realizadas a los pines del MOSFET IRF530.

Tabla 1-2. Conexiones de pines MOSFET IRF530

PIN MOSFET IRF530	CONEXIÓN
Gate	Pin 8 Arduino
Drain	Cable negro de Sirena
Source	GND

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

El esquema se muestra en el Diagrama 4-2, el plug indica alimentación de 12V.

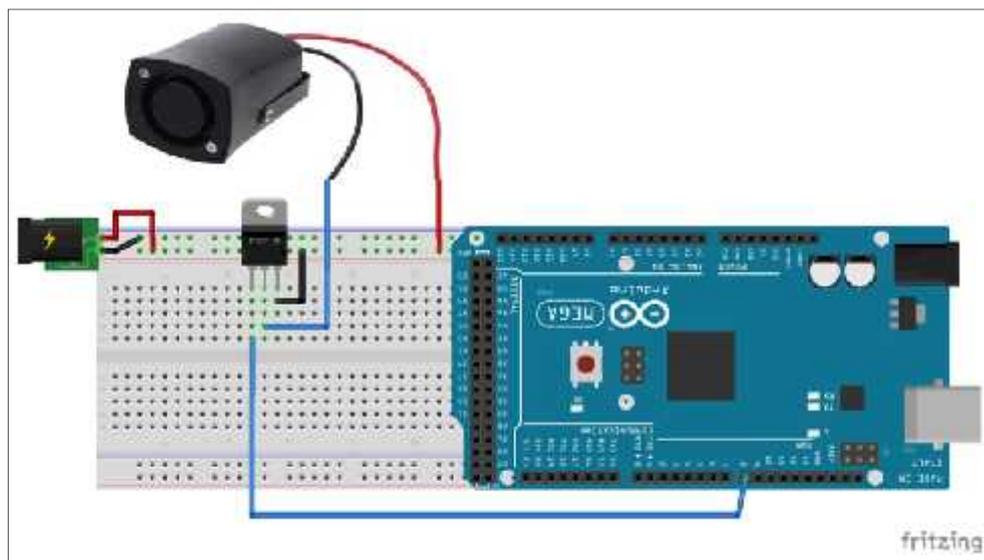


Diagrama 4-2. Esquema de conexión de etapa de alarma.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.6 Diseño del Software del sistema de visión artificial

En esta sección se mostrarán los requerimiento y desarrollo del sistema a nivel software, usando herramientas como IDE Arduino y MatLab, además de librerías adicionales que servirán para lograr la comunicación entre estas dos plataformas.

2.6.1 Requerimientos del Software del sistema de visión artificial

A continuación, se detallan las necesidades del software que debe tener el sistema:

-)] Lectura correcta de sensores en Arduino
-)] Captura de imágenes de escena a través de la cámara
-)] Comunicación MatLab-Arduino
-)] Procesamiento Digital de Imágenes
-)] Reconocimiento de logotipo para personas con discapacidad
-)] Reconocimiento de placa vehicular

En los siguientes apartados, se muestra el proceso cumplido para la programación del software necesario para el sistema de visón Artificial usando MatLab y sus Toolbox.

2.6.2 Flujograma para detección de logotipo característico de personas con discapacidad

Se muestra en el Diagrama 5-2, el flujograma usado para la detección del logotipo característico para personas con discapacidad, usando MatLab.

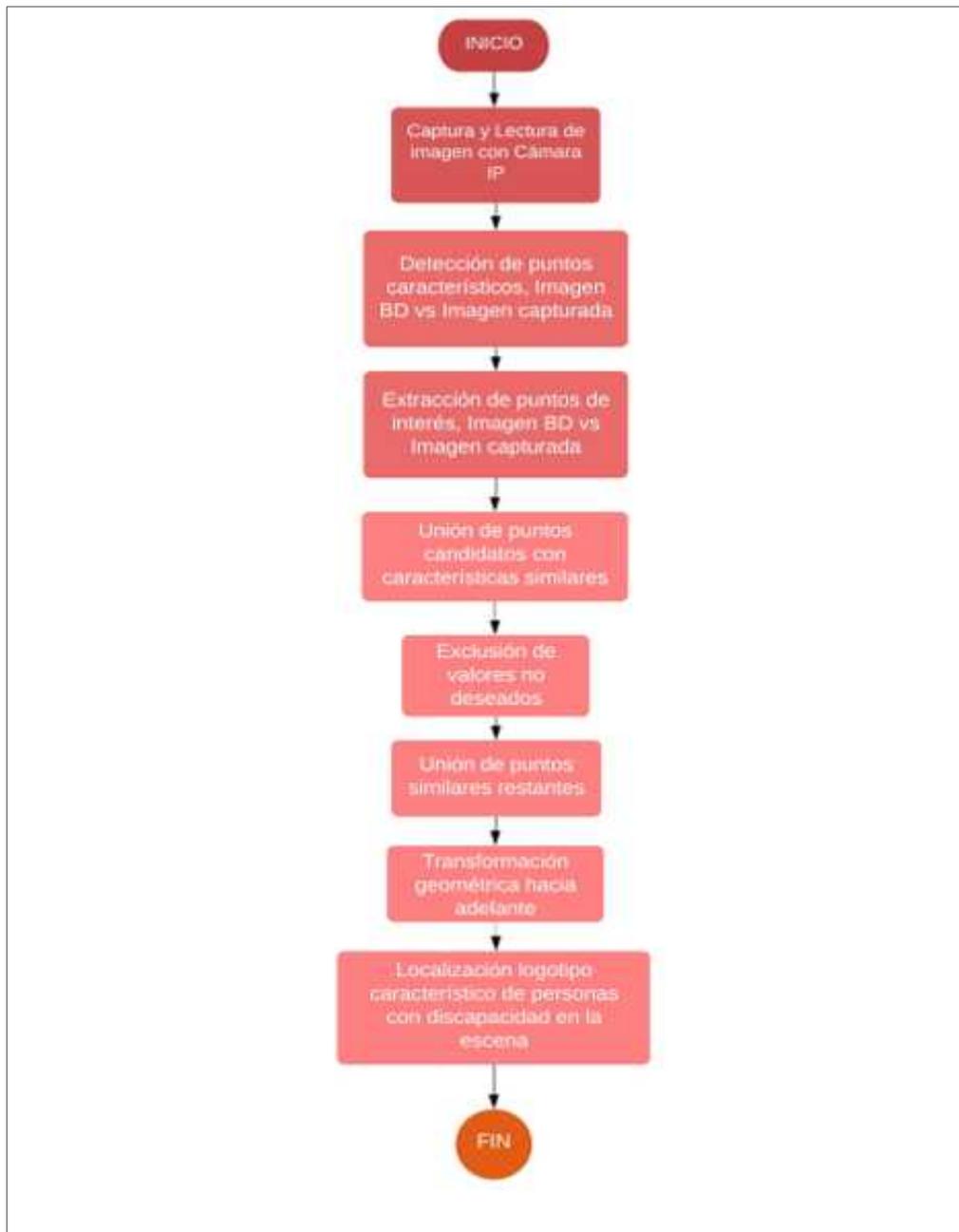


Diagrama 5-2. Flujograma para detección de logotipo de personas con discapacidad.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Se presenta, además, una breve introducción a los comandos usados para el desarrollo de esta parte del sistema, se toma en referencia la página oficial de Matlab para Latinoamérica (MathWorks, 2019), donde se encuentra todo tipo de información respecto a esta plataforma.

- J Para realizar la conexión con la cámara IP se usa el comando **ipcam('http://-dirección-/-puerto-/video')**
- J Para realizar la toma de una captura de la cámara se usa el comando **snapshot()**

-) Sobrescribe una imagen **imwrite(var, '*.jpg')**
-) Lee una imagen **imread('logodisca.jpg')**
-) Transforma una imagen RGB a Escala de grises **rgb2gray()**
-) Detecta puntos característicos de una imagen **detectSURFFeatures()** y unión de estos puntos **matchFeatures(aFeatures, bFeatures)**
-) Realiza la transformación geométrica hacia delante, es decir, que realiza la correspondencia de un punto de una imagen a un punto de otra imagen, **transformPointsForward(tform, Polygon)**

Se muestra el resultado obtenido en la Figura 10-2 y Figura 11-2.

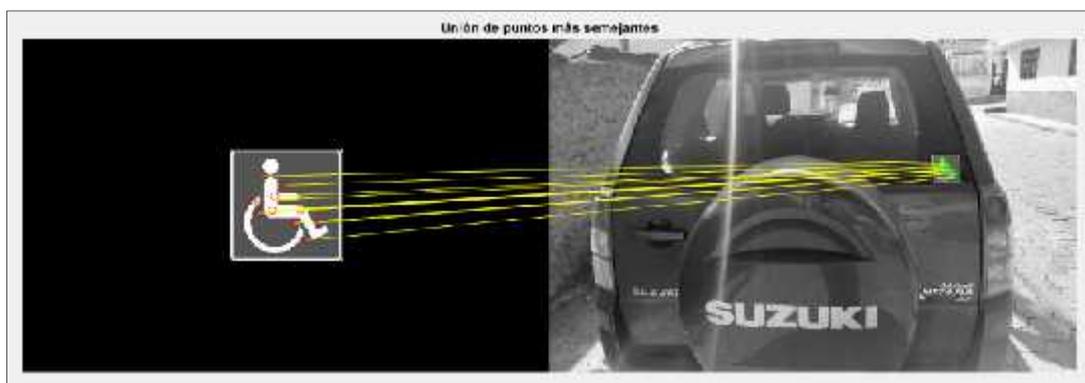


Figura 10-2. Unión de puntos característicos entre logo y escena.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.



Figura 11-2. Objeto detectado en la escena.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.6.3 Flujograma para detección de placa vehicular (Ecuador)

Se muestra en el Diagrama 6-2, el flujograma usado para la detección placas vehiculares, usando MatLab.

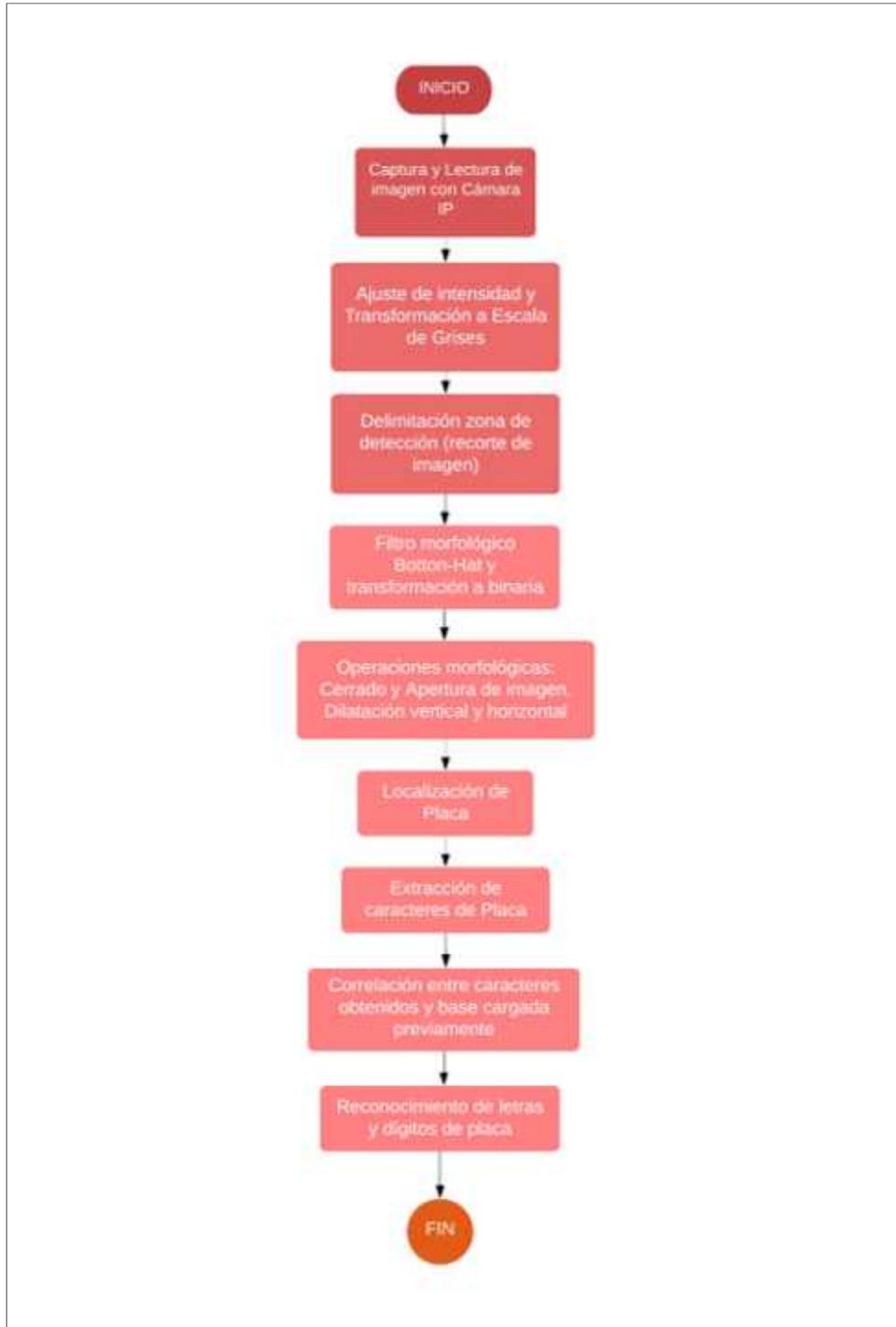


Diagrama 6-2. Flujograma para la detección de placa vehicular.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Se presenta, además, una breve introducción a los comandos usados para el desarrollo de esta parte del sistema, se toma en referencia la página oficial de Matlab para Latinoamérica, donde se encuentra todo tipo de información respecto a esta plataforma. (MathWorks, 2019) Además, para realizar esta etapa se realizó un análisis a parte del contenido de reconocimiento de placas vehiculares desarrollado por Iván García (García, 2008).

2.6.3.1 Pre-procesamiento, Filtrado, Segmentación y Localización de placa

- J Recorta imagen en pixeles definidos, en este caso se usó para delimitar la zona de detección **imcrop(var,[xmin ymin alto ancho])**
- J Crea elemento estructurante, en este caso un tipo disco de radio 6 **strel('disk',6)**
- J Aplica un filtro morfológico tipo Botton-Hat a la imagen **imbothat(var,se)**
- J Creación elementos estructurantes tipo line **strel('line',n,n)**
- J Aplicación de operaciones morfológicas **imclose(var,se)**, **imopen(var,se)**, **imdilate(var,se)**
- J Crea regiones de la imagen **bwlabel()**
- J Crea estadísticas de las regiones **regionprops(var, 'all')**
- J Toma las regiones necesarias de la imagen, la región específica está dada por el número entre paréntesis **stats(N).BoundingBox**
- J Devuelve la zona detectada recortada **imcrop(var,E)**

Al finalizar el proceso, se muestra el resultado en la Figura 12-2.

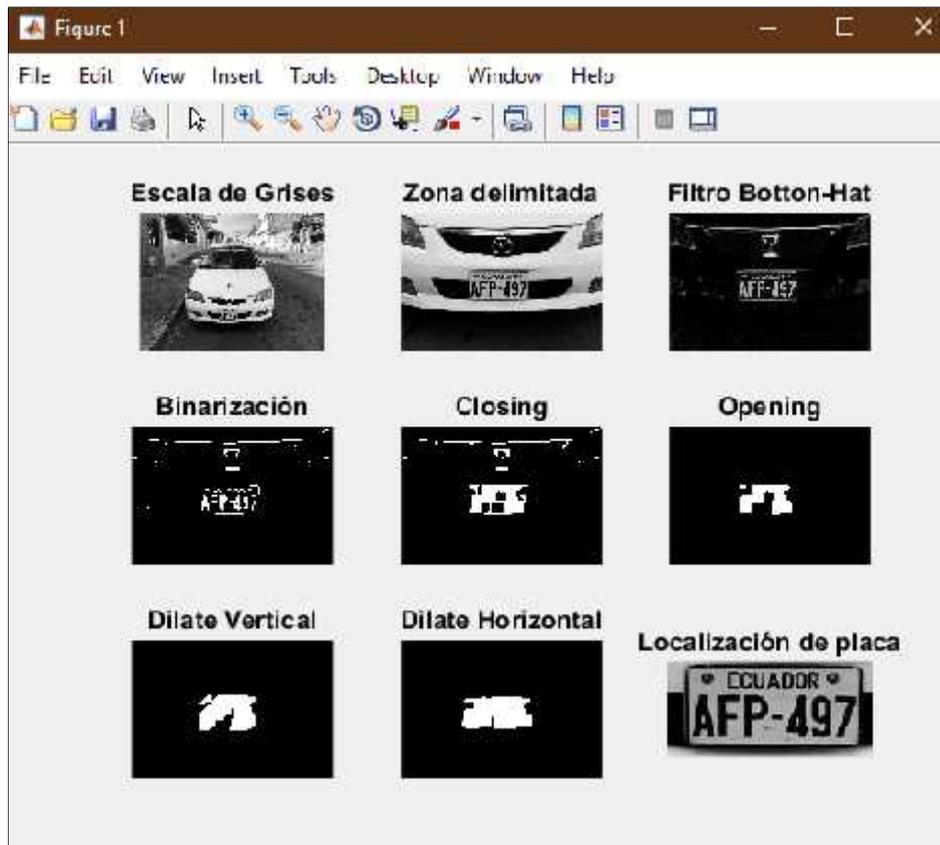


Figura 12-2. Proceso de localización de placa.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.6.3.2 Extracción de caracteres de placa vehicular

En este caso, se realizó la extracción de caracteres de la placa localizada anteriormente, considerando que se va a realizar posteriormente la operación de correlación entre los caracteres obtenido y la base de datos previamente creada, misma que consta de letras del abecedario y dígitos del 0 al 9. (García, 2008)

Una vez obtenido los caracteres necesarios de la placa, mostrados en la Figura 13-2, se procede a la etapa de comparación y reconocimiento de estos caracteres.



Figura 13-2. Extracción caracteres placa vehicular.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.6.3.3 Comparación y reconocimiento de caracteres de placa vehicular

En esta etapa se usaron los siguientes comandos:

- J Crea submatrices de una matriz mayor **mat2cell(a,,[])**
- J Se tiene un primer ciclo while para las letras o los tres primeros caracteres de la placa, donde se inicializa una variable en hasta 3, que son las tres letras
- J A continuación, se toma la primera letra de la placa y se realiza la correlación con cada una de las letras del abecedario almacenadas previamente en la base de datos, estos valores de correlación son almacenados en una matriz junto con los valores de las otras dos letras de la placa
- J El coeficiente de correlación se lo realiza con el comando **corr2(a,b)**
- J Con el comando **max(letra,[],2)** se calcula la correlación más alta de cada una de las filas de la matriz letras
- J A continuación, se guarda la posición de coeficiente más alto **letras(ind)=posy**
- J Ahora, con un ciclo for, debido a que se tiene un valor inicial, se asigna la letra correspondiente de la letra para cada carácter
- J Se realiza el mismo proceso de las letras para los números del 0 al 9
- J Posterior a esto, se realiza una concatenación horizontal de los dos valores obtenidos tanto de los valores de las letras como de los números, esto con el comando **horzcat(car, dig)**
- J Finalmente, se muestra los valores obtenidos y reconocidos de la placa a través del comando **disp()**, como se muestra en la Figura 14-2.

```
>> procesplacaopc
La placa detectada es:
AFP497
>>
```

Figura 14-2. Valores reconocidos de placa.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

2.6.4 *Flujograma para el control del sistema en Arduino*

En el apartado actual, se revisará el proceso de creación del programa base del sistema en curso, en la plataforma Arduino. Se hicieron las consideraciones respectivas respecto a los sensores, control de motor Paso a Paso NEMA 17 y la comunicación con la etapa de Visión Artificial realizada en el software MatLab. En el Diagrama 7-2, se muestra el flujograma base del programa realizado.

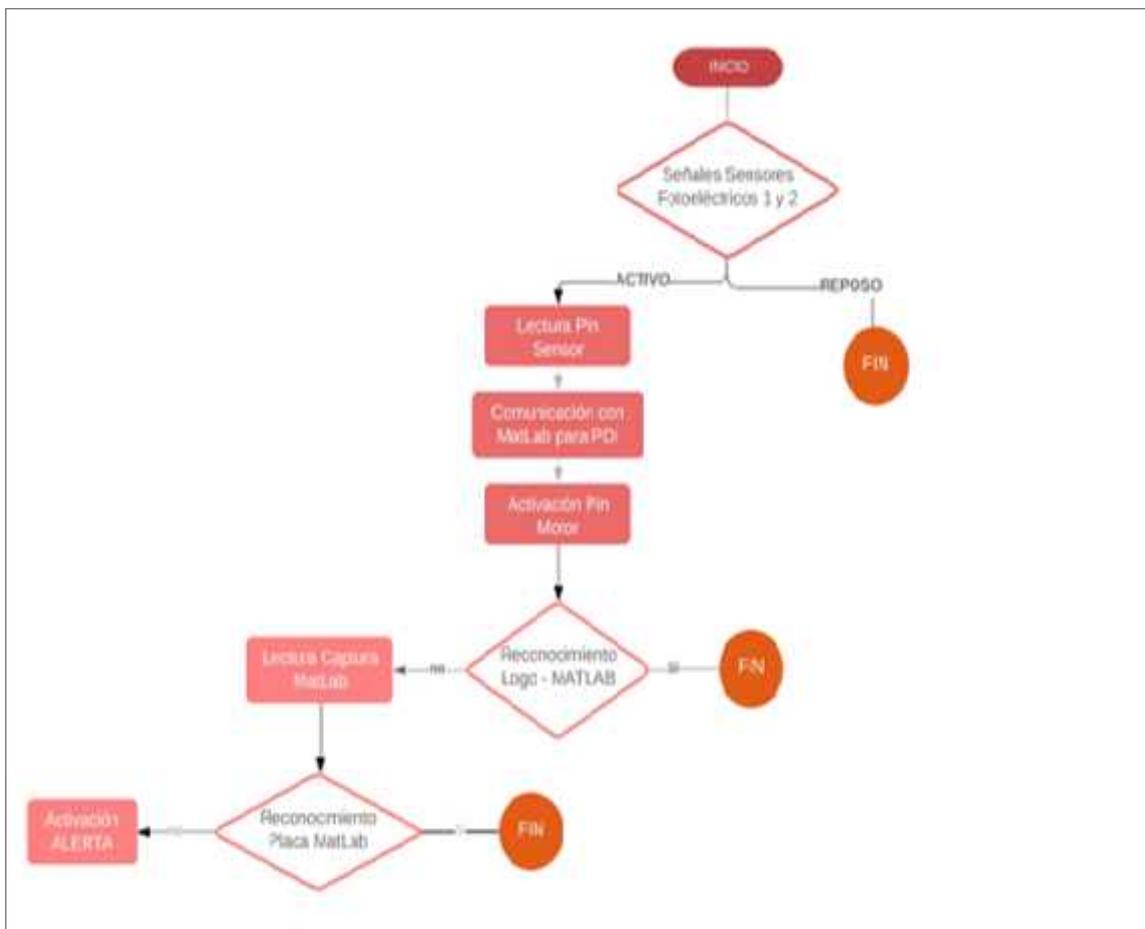


Diagrama 7-2. Flujograma programa en Arduino.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Siguiendo la estructura de los apartados anteriores, se muestra a continuación los comandos usados en el IDE Arduino para el cumplimiento de esta etapa.

Setup de Arduino

- J Se define una constante que ayudará a regular la velocidad del motor, con el comando **#define**
- J Se declaran todas las entradas, salidas y variables a usar en el programa. Se toma en cuenta el tipo de datos que va a manejar la variable, este caso de tipo **int**.
- J Se declara variables para usar en el driver A4988, siendo **steps, dirección y reset**
- J Se declara el número de pasos que va a dar el motor NEMA 17
- J Se declaran los terminales con los que se va a usar los sensores fotoeléctricos, **9 y 10**
- J Se declaran los terminales con los que se va a usar la sirena, **8**
- J Se definen si las variables declaradas son **INPUT** u **OUTPUT**

Ciclo Loop de Arduino

- J Se lee el estado de las entradas digitales de los sensores **digitalRead()**
- J Se inicia un operador **if** especialmente para el sensor1 en función al estado leído anteriormente
- J Se manda un estado tipo **LOW** a OUTPUT del reset del driver A4988, esto con el objetivo de que el motor permanezca apagado
- J Se usa una espera de 100 ms, para mantener al controlador en espera hasta la siguiente ejecución, esto con el comando **delay()**
- J Se manda un estado tipo **HIGH** a OUTPUT del reset del driver A4988, esto con el objetivo de que el motor arranque y ejecute los comandos
- J Se manda un estado tipo **LOW** a OUTPUT de dirección del driver A4988, esto con el objetivo de que el motor arranque en un sentido
- J Se inicia un ciclo **for** en función al número de pasos que el motor tiene que dar, dentro de este ciclo se manda un estado **LOW** e inmediatamente **HIGH** al puerto pasos del driver para que el motor avance por cada pulso que se da.
- J A través del comando **delayMicroseconds()** se regula la velocidad de avance de pasos del motor
- J Se repite el mismo proceso para el sensor2, con la diferencia en el estado tipo **HIGH** a OUTPUT de dirección del driver A4988, para que el motor arranque en sentido contrario
- J Para la ejecución de la Alarma del sistema, se usa un operador **if** en función de la lectura de la variable de MatLab.

- J En este caso si el PDI de MatLab no cumplió con lo requerido, se envía un estado tipo **HIGH** a la salida usada para activar la sirena a través del MOSFET IRF530.
- J Si el PDI cumple con lo requerido se envía un estado tipo **LOW** a la salida de la sirena, con lo que esta se mantendría apagada.

2.7 Estructura mecánica del sistema de desplazamiento lineal de la cámara

Como complemento del sistema de Visión Artificial se tiene el sistema mecánico. Este sistema se realizó con el objetivo de lograr un desplazamiento lineal de la cámara a lo largo de los dos parqueaderos de prueba para personas con discapacidad al momento del ingreso de un vehículo, al momento de darse la activación de los sensores colocados en cada una de estas zonas.

El Sistema está basado en un sistema de desplazamiento de una impresora 3D o una máquina CNC. Contiene uno de los principales elementos de estos sistemas, el motor NEMA 17 con su respectivo driver A4988. Generalmente el mecanismo de estas máquinas está conformado con un desplazamiento con tornillo dentado, en este trabajo, se realizó un mecanismo con correa dentada, con el objetivo de realizar un mejor desplazamiento del sistema con el objeto, en este caso una cámara, y por reducción de costos.

Las piezas que conforman este sistema, mostradas en la Figura 15-2, Figura 16-2, Figura 17-2, se las realizó en SolidWorks, basándose en el diseño del Sistema de Seguimiento de JJRobots (JJRobots, 2019)

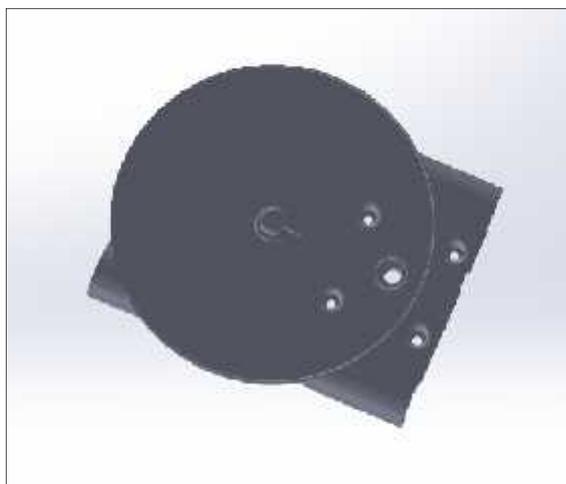


Figura 15-2. Soporte de cámara.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.



Figura 16-2. Extremo y base de motor.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.



Figura 17-2. Extremo de eje dentado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Una vez realizadas las piezas, se procedió a su impresión en una impresora 3D. A su vez, se realizó a la implementación o montaje de este sistema mecánico, incluyendo los siguientes materiales:

-) 2 barras de aluminio de 1m de longitud
-) Correa dentada GT2 (6mm) de 2m de longitud
-) Rodamiento lineal LM8UU
-) Acople para correa 20 dientes
-) Terminal GT2 20 dientes
-) Motor Nema 17 12V 0,4A

Se muestra en la Figura 18-2, el modelo final del sistema mecánico para el desplazamiento lineal de la cámara.

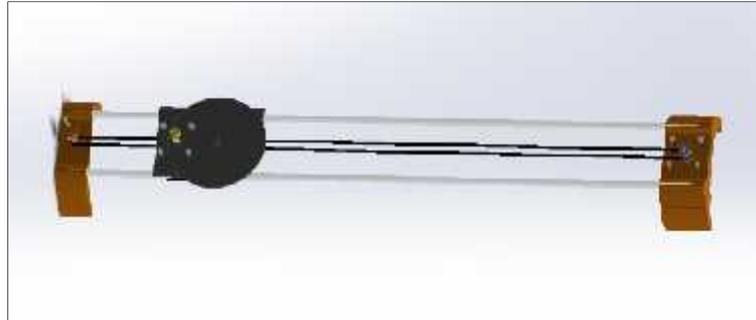


Figura 18-2. Ensamblaje de sistema mecánico.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Se muestra en la Figura 19-2, el sistema mecánico final ensamblado y listo para su funcionamiento.



Figura 19-2. Sistema mecánico ensamblado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

En el caso de los sensores, siendo sensores fotoeléctricos E-R, se necesitan soportes de extremo a extremo, con el objetivo de lograr una barrera del láser emisor. Estos soportes se los realizó con aluminio, con una altura de 90 cm con el objetivo de evitar falsas detecciones por el cruce de animales entre la barrera infrarroja. Además, se colocó a la altura de 80 cm unas pestañas con un agujero del diámetro de los sensores para su ubicación. Colocados en su posición se procedió a su calibración, es decir, se necesita que el láser emisor, esté en línea exactamente recta a la posición del receptor. Se observa en la Figura 20-2 la implementación de estos soportes y los sensores.



Figura 20-2. Sensores y soportes usados.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

CAPÍTULO III

3 VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

Después de haber realizado el ensamblaje, montaje e implementación del dispositivo, descrito en el Capítulo II, en este capítulo se va a realizar las pruebas de funcionamiento correspondientes de todo el sistema, considerando, varias características de análisis, incluido sus costos. Se muestra el sistema final implementado en la Figura 1-3.



Figura 1-3. Sistema implementado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

3.1 Errores del sensor M12 NPN NO Sensor fotoeléctrico E-R

Para realizar un análisis del funcionamiento de los sensores fotoeléctricos implementados en este sistema y posteriormente determinar su correcto funcionamiento, se realizaron 5 pruebas en diferentes escenarios en el día para cada uno. Los escenarios considerados para esta prueba fueron en el día con un ambiente soleado, con viento y lluvioso. Por su parte, en la noche se consideró un ambiente sin iluminación y con iluminación (directa a zona de sensores).

Los valores para estos datos se dan de forma binaria, es decir, se dan valores de 0 y 1, donde 1 significa una detección óptima y 0 una detección errónea debido a alguna interferencia externa. Este análisis se muestra en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3. Datos de análisis de sensores fotoeléctricos.

	Muestra	Valor Nominal	Detección Sensor1	Detección Sensor2
Día: soleado	1	1	1	1
	2	1	1	1
	3	1	1	1
	4	1	0	1
	5	1	1	1
Día: viento	6	1	1	1
	7	1	1	1
	8	1	1	1
	9	1	1	1
	10	1	1	1
Día: lluvioso	11	1	1	1
	12	1	1	1
	13	1	1	1
	14	1	1	1
	15	1	1	1
Noche: iluminación	16	1	1	1
	17	1	1	1
	18	1	0	1
	19	1	1	1
	20	1	1	0
Noche: sin iluminación	21	1	1	1
	22	1	1	1
	23	1	1	1
	24	1	1	1
	25	1	1	1
	Fiabilidad	100 %	92%	96%

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a lo observado en la Tabla 1-3, se nota una fiabilidad de los sensores fotoeléctricos para el uso del sistema, esto gracias a que cada sensor obtiene un porcentaje de valor considerable mayor al 90% en su funcionamiento respecto a las condiciones consideradas. El porcentaje de error de cada sensor se dio en el día con un clima soleado, esto porque se reduce el alcance de la

luz láser del emisor por los rayos solares de alta intensidad. Así también, se obtuvo un porcentaje de error en la noche, causado por la exposición directa de la iluminación a los sensores, que de igual manera reduce el alcance de estos.

3.2 Estabilidad General del Sistema de Visión Artificial

Como se ha mencionado a lo largo del desarrollo de este trabajo, el sistema de Visión Artificial consta de dos etapas, las que son:

-) Detección de logotipo característico de personas con discapacidad
-) Detección de placas vehiculares

Se realizaron pruebas distintas para cada uno de estas etapas, con el objetivo de conocer su correcto funcionamiento y confiabilidad de detección.

3.2.1 Pruebas de detección de logotipo característico de personas con discapacidad

Se realizaron capturas de la escena del sistema, con diferentes vehículos de características distintas como color y tamaño, una vez que este último ha sido detectado. Se muestran estas pruebas en la Figura 2-3.



Figura 2-3. Pruebas realizadas en diferentes vehículos, para detección de logotipo.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Se puede diferenciar en las pruebas realizadas que el logotipo logra ser detectado de manera rápida y óptima cuando se encuentra ubicado en el parabrisas posterior del vehículo, posición que recomienda la ANT en donde se ubique este logotipo.

Al momento que el logotipo se encuentra en el parabrisas frontal del vehículo, el logotipo es detectado, pero no de manera óptima, arrastra consigo un área mayor de detección lo que podría dar paso a falsos positivos, esto se debe a la inclinación del parabrisas, por lo tanto, se considera una detección errónea del programa.

3.2.2 *Pruebas de detección de placas vehiculares*

Al igual que las pruebas de detección del logotipo característico de personas con discapacidad, se realizaron capturas de la escena del sistema, de diferentes vehículos, una vez que este último ha

sido detectado, ahora para la ejecución de la etapa de detección de placas vehiculares. Las pruebas realizadas se muestran en la Figura 3-3.



Figura 3-3. Pruebas realizadas en diferentes vehículos para detección de placas vehiculares.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De las doce pruebas realizadas, se logró una detección óptima en cuatro ocasiones. En este caso, se observa que la localización de la placa vehicular es afectada por factores externos, generalmente por la iluminación, por el exceso de brillo contra la placa o la sombra que da al vehículo al momento de la captura.

3.3 Estabilidad del Sistema de Visión Artificial en diferentes condiciones ambientales

Considerando el apartado anterior, estas pruebas se realizaron en dos etapas. Se llevaron a cabo en diferentes estados en el ambiente, específicamente, en el día, con un ambiente soleado, nublado y oscuro.

3.3.1 Pruebas de detección de logotipo característico de personas con discapacidad

Para las primeras pruebas se consideró un ambiente soleado, en un horario entre las 11h00 y 13h00, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo en reversa, se muestra los resultados de las 12 pruebas en la Figura 4-3.



Figura 4-3. Pruebas de vehículo en reversa para detección de logotipo en ambiente soleado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo en reversa, en diferentes posicionamientos con el logotipo ubicado en la parte superior derecha del parabrisas posterior, se puede observar que existe una detección del logotipo, pero en ciertas ocasiones arrastra consigo un área no deseada, esto se debe al tipo de vehículo (parabrisas inclinado) y a la posición que se encuentra frente a la cámara.

Para estas pruebas se consideró un ambiente soleado, en un horario entre las 11h00 y 13h00, pero esta vez con el vehículo estacionado con la vista frente a la cámara, se muestra los resultados de las 12 pruebas en la Figura 5-3.

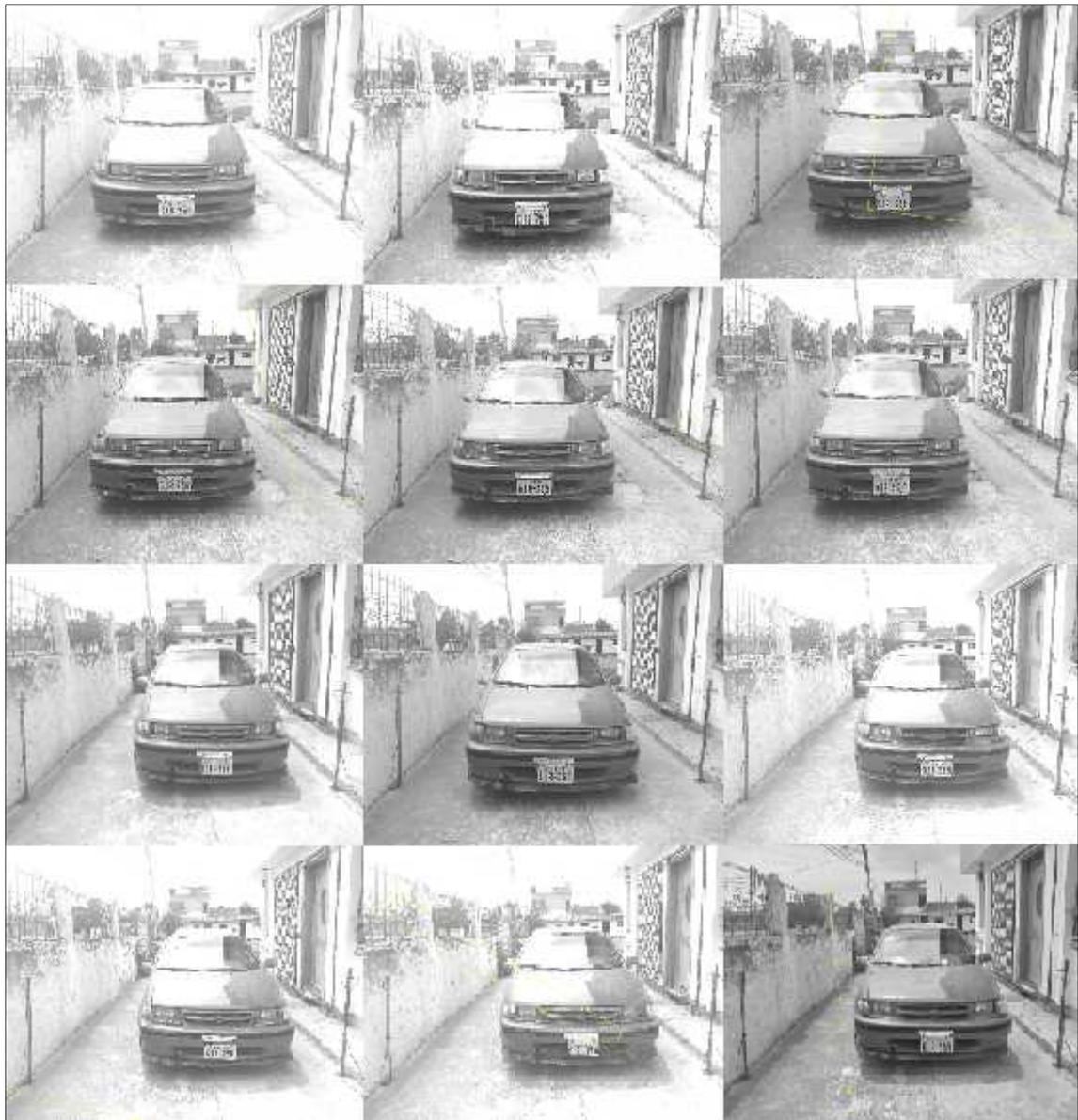


Figura 5-3. Pruebas de vehículo de frente para detección de logotipo en ambiente soleado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo frente a la cámara, en diferentes posicionamientos con el logotipo ubicado en la parte superior derecha del parabrisas delantero, se puede observar que en ninguna prueba se logró una detección del logotipo, esto por la posición del parabrisas y sobre todo por la excedente iluminación causada por el sol.

Para estas pruebas se consideró un ambiente nublado, en un horario entre las 14h00 y 16h00, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo en reversa, se muestra los resultados de las 12 pruebas en la Figura 6-3.

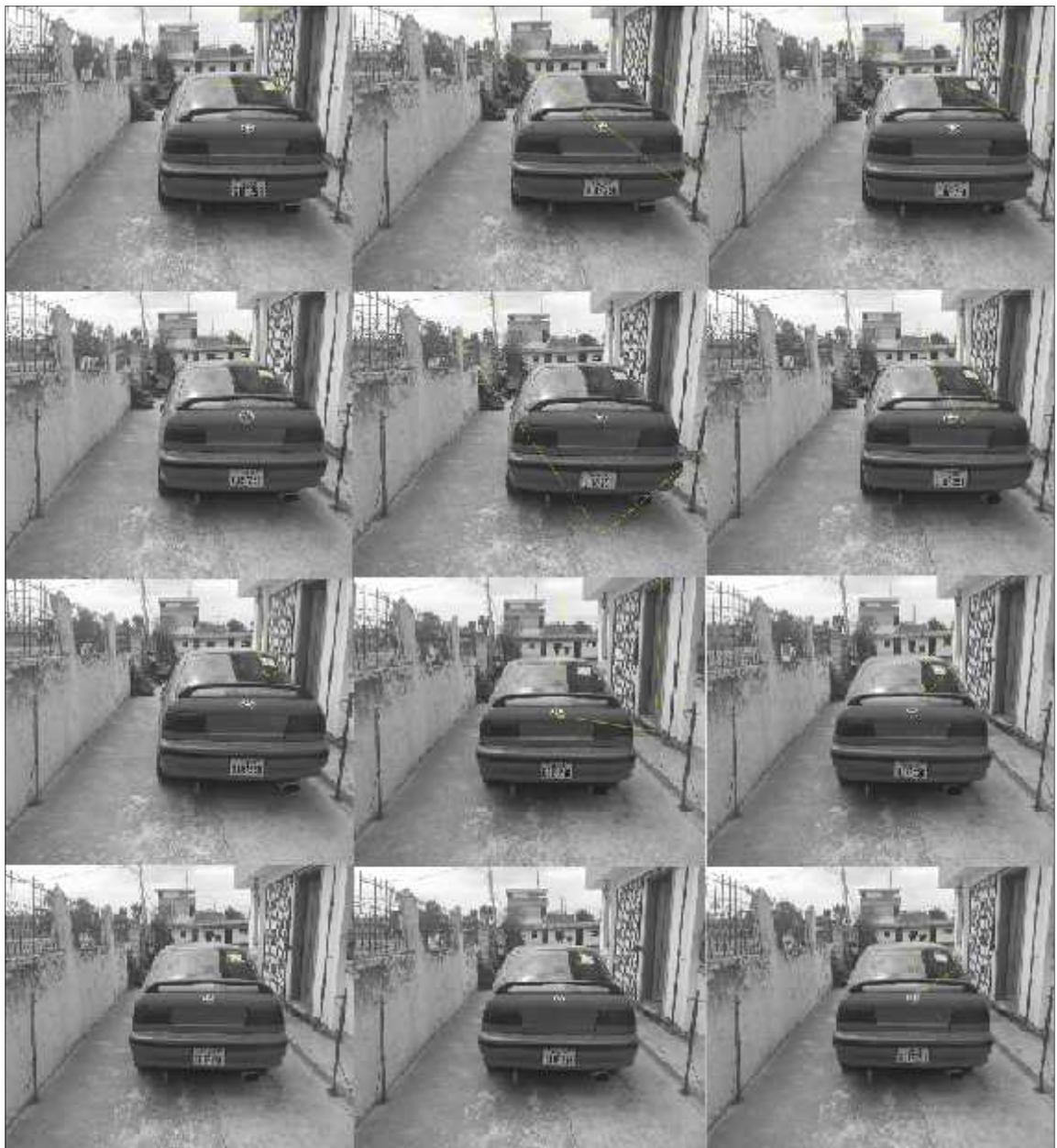


Figura 6-3. Pruebas de vehículo en reversa para detección de logotipo en ambiente nublado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo en diferentes posicionamientos con el logotipo ubicado en la parte superior derecha del parabrisas posterior, se puede observar que existe una detección del logotipo, pero en ciertas ocasiones arrastra consigo un área no deseada, esto se debe al tipo de vehículo y a la posición que se encuentra frente a la cámara.

Para estas pruebas se consideró un ambiente nublado, en un horario entre las 14h00 y 16h00, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo frente a la cámara, se muestra los resultados de las 12 pruebas en la Figura 7-3.

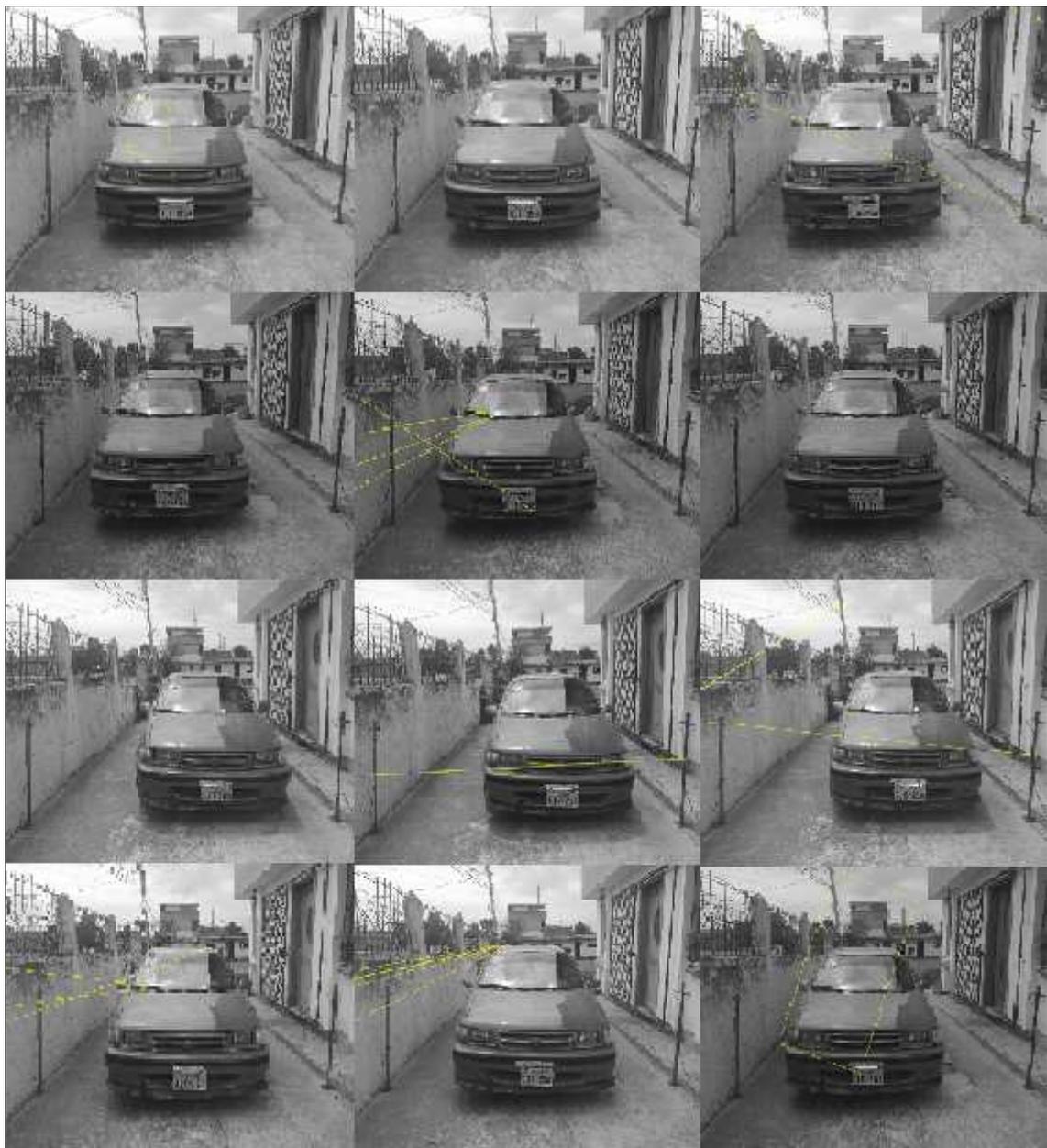


Figura 7-3. Pruebas de vehículo de frente para detección de logotipo en ambiente nublado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo en diferentes posicionamientos con el logotipo ubicado en la parte superior izquierda del parabrisas delantero, se puede observar que en una ocasión se dio la detección del logotipo, arrastrando consigo un área no deseada, esto se debe a la inclinación del parabrisas delantero.

En esta ocasión se consideró un ambiente oscuro con poca iluminación, en un horario entre las 18h00 y 18h30, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo en reversa, se muestra los resultados de las 12 pruebas en la Figura 8-3.



Figura 8-3. Pruebas de vehículo en reversa para detección de logotipo en ambiente oscuro.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo en diferentes posicionamientos con el logotipo ubicado en la parte superior derecha del parabrisas posterior, se puede observar que existe una detección del logotipo, pero en ciertas ocasiones arrastra consigo un área no deseada, esto se debe al tipo de vehículo y a la posición que se encuentra frente a la cámara.

Por último, se consideró un ambiente oscuro con poca iluminación, en un horario entre las 18h00 y 18h30, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo frente a la cámara, se muestra los resultados de las 12 pruebas en la Figura 9-3.



Figura 9-3. Pruebas de vehículo de frente para detección de logotipo en ambiente oscuro.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo en reversa, en diferentes posicionamientos, se puede observar que existe una detección total de la placa sin ningún inconveniente o influencia de la iluminación de la luz solar, esto se da siempre y cuando la placa se encuentre en la zona delimitada de detección del sistema.

Para las siguientes pruebas se considera un ambiente soleado, en un horario entre las 11h00 y 13h00, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo frente a la cámara, se muestra los resultados de las pruebas en la Figura 11-3.



Figura 11-3. Pruebas de vehículo de frente para detección de placa en ambiente soleado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo frente a la cámara, en diferentes posicionamientos, se puede observar que existe detección total de la placa a excepción de la última prueba, donde se localiza un objeto distractor, esto se da por la excedente iluminación causada por el sol, mismo que intensifica el brillo del color del vehículo y causa el error de localización.

Para estas pruebas se consideró un ambiente nublado, en un horario entre las 14h00 y 16h00, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo en reversa, se muestra los resultados de las pruebas en la Figura 12-3.



Figura 12-3. Pruebas de vehículo en reversa para detección de placa en ambiente nublado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo en reversa, en diferentes posicionamientos, se puede observar que existe detección óptima de la placa, pero en ciertas ocasiones se pierde el detalle de la misma, esto se da por la iluminación reducida a causa del ambiente nublado.

Para estas pruebas se consideró un ambiente nublado, en un horario entre las 14h00 y 16h00, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo frente a la cámara, se muestra los resultados de las pruebas en la Figura 13-3.



Figura 13-3. Pruebas de vehículo de frente para la detección de placa en ambiente nublado.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo frente a la cámara, en diferentes posicionamientos, se puede observar que existe una detección de la placa, en ocasiones se localiza parte de ella y en otras se pierde el detalle de la placa en su totalidad, esto por la falta de iluminación en el ambiente nublado, se torna un tono oscuro.

Se consideró un ambiente oscuro con poca iluminación, en un horario entre las 18h30 y 19h00, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo en reversa, se muestra los resultados de las pruebas en la Figura 14-3.



Figura 14-3. Pruebas de vehículo en reversa para la detección de placa en ambiente oscuro.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo en reversa, en diferentes posicionamientos, se puede observar que existe detección de la placa en las primeras tres pruebas, mientras que, en las pruebas restantes se pierde el detalle de la placa, esto se da por la falta de iluminación ya que el ambiente se torna oscuro por el anochecer.

Finalmente, se consideró un ambiente oscuro con poca iluminación, en un horario entre las 18h30 y 19h00, esto se lo realizó con el posicionamiento del vehículo frente a la cámara, se muestra los resultados de las pruebas en la Figura 15-3.



Figura 15-3. Pruebas de vehículo de frente para la detección de placa en ambiente oscuro.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a estas 12 pruebas tomadas de un mismo vehículo frente a la cámara, en diferentes posicionamientos, se puede observar que existe una detección de la placa, en dos ocasiones se detecta parte de la placa y en el resto de pruebas se pierde totalmente el detalle de la misma, esto por la falta de iluminación ya que el ambiente se torna oscuro por el anochecer.

Se muestran los resultados obtenidos en las pruebas realizadas para la estabilidad del sistema de Visión Artificial, en la Tabla 2-3. Se consideró valores binarios para la calificación de pruebas (ver Anexo H).

Tabla 2-3. Resumen de pruebas realizadas.

	Pruebas	Acierto	Error	Eficiencia	Porcentaje de Eficiencia
LOGOTIPO	96	78	18	78	81,25%
PLACA	96	76	20	76	79,17%
TOTAL	192	154	38	154	80,21%

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

De acuerdo a los valores y resultados obtenidos en las pruebas realizadas, se concluye que el sistema de visión artificial para detección del logotipo de personas con discapacidad y placas vehiculares, posee un porcentaje de eficiencia de 80,21%, considerando las diferentes variables que pueden influir en el funcionamiento. Este es un porcentaje aceptado para validar la eficiencia del sistema, teniendo una importante consideración, que no se tiene un ambiente controlado de iluminación.

Por otro lado, se debe considerar un forzado de estacionamiento en reversa, a través de algún tipo de señal visual, con el objetivo de lograr identificar el logotipo para personas con discapacidad, de acuerdo a la ubicación recomendada por la ANT.

3.4 Pruebas de activación del sistema de alarma

El sistema de alarma se activa al momento de no detectar el logotipo característico para vehículos que transportan personas con discapacidad, para verificar el correcto funcionamiento de esta descripción se realizaron 10 pruebas de activación del sistema, en diferentes condiciones, considerando falsas detecciones, como una motocicleta, un animal o una persona.

Tabla 3-3. Pruebas de Alarma.

	Muestra	Valor Esperado	Sirena	
Motocicleta	1	NO	NO	CORRECTO
	2	NO	SI	INCORRECTO
	3	NO	SI	INCORRECTO
	4	NO	SI	INCORRECTO
	5	NO	NO	CORRECTO
Animal	6	NO	NO	CORRECTO
	7	NO	NO	CORRECTO
	8	NO	NO	CORRECTO
	9	NO	NO	CORRECTO
	10	NO	NO	CORRECTO
Persona	11	NO	NO	0CORRECTO
	12	NO	NO	CORRECTO
	13	NO	NO	CORRECTO
	14	NO	SI	INCORRECTO
	15	NO	SI	INCORRECTO
Vehículo con logotipo	16	NO	NO	CORRECTO
	17	NO	NO	CORRECTO
	18	NO	NO	CORRECTO
	19	NO	NO	CORRECTO
	20	NO	NO	CORRECTO
Vehículo sin logotipo	21	SI	SI	CORRECTO
	22	SI	SI	CORRECTO
	23	SI	SI	CORRECTO
	24	SI	SI	CORRECTO
	25	SI	SI	CORRECTO

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Según los resultados obtenidos en la Tabla 3-3, para vehículos con logotipo la alarma no se activó en ningún momento, el sistema funciona correctamente. Para vehículos sin logotipo la alarma se activó inmediatamente en las pruebas, validando el sistema positivamente. Para el caso de animales, el sistema de alarma no se activó, el motivo es que no se rompió la barrera infrarroja con la baja estatura, generalmente de perros que transitan las calles. Esto porque que se tomaron previamente las medidas necesarias para evitar este inconveniente con la fabricación de los soportes para los sensores con una altura de 90cm. Para el caso de personas y motocicletas se presentaron novedades, se activó la sirena del sistema de alarma, por lo que el sistema presenta inconvenientes en el PDI.

Para una mejor validación del sistema se realizó una estadística, mostrado en la Figura 16-3, con los resultados de la Tabla 3-3.

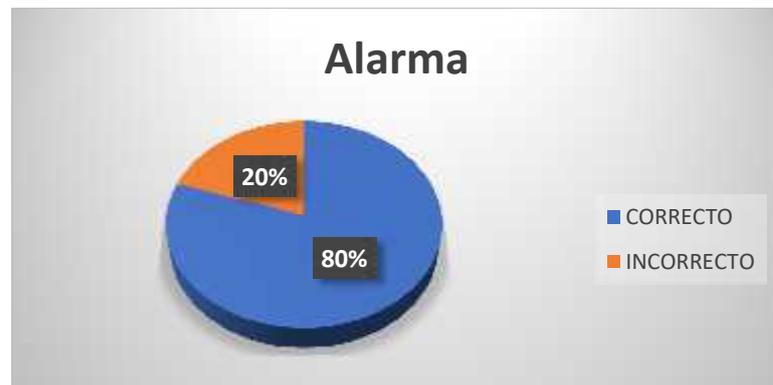


Figura 16-3. Funcionamiento de alarma del sistema.

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Se considera que el sistema es confiable a la hora de la activación de alarma con falsos positivos debido a que se presenta un 80% de aciertos.

3.5 Análisis de costos

En este apartado, como se muestra en la Tabla 4-3, se muestra un análisis de los costos que se tuvo en la adquisición, fabricación y montaje de cada uno de los dispositivos del sistema.

Tabla 4-3. Análisis de costos por componentes.

Componentes	Costo (USD)
Arduino Mega2560	\$ 45,35
Motor NEMA 17	\$ 35,17
Driver A4988	\$ 20,00
Sensores Fotoeléctricos E-R	\$ 98,60
Fuente de alimentación Arduino	\$ 10,00
Fuente de alimentación 12V	\$ 9,80
Sirena de automóvil	\$ 22,10
Mosfet	\$ 2,10
Cámara FOSCAM	\$ 110,50
Rodamiento	\$ 10,50
Banda dentada	\$ 8,50
Acoples de motor	\$ 5,20
Terminales	\$ 5,20
Barras de Aluminio Lineales	\$ 22,00
Soportes del sistema	\$ 45,00
Impresión 3D	\$ 45,00
Servicio Técnico	\$ 110,00
Otros	\$ 35,30
Total	\$ 640,32

Realizado por: Guamán, Jhonatan; 2019.

Este sistema permite controlar dos espacios exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos, al ser comparado con otros sistemas comerciales de acceso de parqueaderos similares que solo permiten el control de un espacio. Además, que su costo se ve reducido en un 54%. En vista de esta relación y comparando costos mostrados en la Tabla 4-3 se concluye que el sistema contiene un muy bajo costo de implementación.

CONCLUSIONES

- J Se analizaron los sistemas actuales disponibles para la supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial.
- J Se establecieron los requerimientos de diseño de hardware y software para el sistema de supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial.
- J Se implementó el prototipo de sistema para supervisión de lugares exclusivos para personas con discapacidad en parqueaderos públicos usando visión artificial, su funcionamiento se dio en base a sensores, tarjetas controladoras, procesamiento digital de imágenes y sirena de alarma, brinda un alcance de control de dos espacios de parqueaderos para vehículos de personas con discapacidad.
- J La evaluación del rendimiento del prototipo desarrollado indicó que el sistema presenta un considerable porcentaje de confiabilidad en el sensado de los vehículos en diferentes condiciones, siendo del 92% y 96% para el sensor 1 y sensor 2 respectivamente.
- J Se determinó una estabilidad del sistema de visión artificial del 80,21%, con 81,25% en la etapa de detección de logotipo característico para vehículos de personas con discapacidad y un 79,27% en la etapa de detección de placas vehiculares. El sistema visual presenta variabilidades mínimas causadas por factores de iluminación al momento de la captura de la escena, además, de la posición de objetos de estudio, logotipo y placa.
- J Se determinó un 80% de activación acertada del sistema de alarma, por lo que el sistema presenta un aceptable porcentaje de estabilidad en esta etapa.
- J En relación a costos de implementación del sistema implementado frente a sistemas comerciales para fines similares, se fijó una reducción del 54%. Por lo que hace de este sistema muy rentable a la hora de su implementación.
- J Finalmente, se logró el principal objetivo de impacto social de este trabajo, a través de la concientización al respeto de lugares exclusivamente destinados para un grupo vulnerable como lo son las personas con discapacidad.

RECOMENDACIONES

- J Con el objetivo de lograr una detección exclusiva de vehículos, se recomienda el uso de lazo inductivo para la detección de los vehículos, en reemplazo de sensores fotoeléctricos E-R.
- J Para incrementar el porcentaje de funcionamiento del sistema, se recomienda implementarlo en lugares donde se cuente con ambientes de iluminación controlados.
- J A fin de realizar una toma de capturas con mayor precisión, se recomienda realizar un control de movimiento de la cámara en los ejes Y y Z.
- J Para mejorar el aprendizaje y rendimiento del sistema de visión artificial a la hora de la detección de logotipos y placas vehiculares, se recomienda emplear redes neuronales.
- J Enviar la información obtenida de las placas detectadas a servidores de la Agencia Nacional de Tránsito para el cumplimiento de la contravención en margen al reglamento correspondiente.
- J Se recomienda realizar un sistema de alarma con comandos de voz personalizados, con lectura de la placa vehicular detectada.

BIBLIOGRAFÍA

01SEGURIDAD. *Sirena de Alarma.* [En línea]. 2019. [Consulta: 12 octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.01seguridad.com.ar/sirena-alarma-auto-x28-bocina-auto-domiciliaria-mpx-car-s22-01SEGURIDAD-_1278>.

ACERA, M. *El concepto de Discapacidad: diferencias entre discapacidad, deficiencia y minusvalía.* *Deusto Salud* [en línea]. 2015. [Consulta: 25 mayo de 2019]. Disponible en: <<https://www.deustosalud.com/blog/teleasistencia-dependencia/concepto-discapacidad-diferencias-entre-discapacidad-deficiencia>>.

ACTUM. *Cómo se instala un lazo inductivo.* [En línea]. 2019. [Consulta: 05 Octubre de 2019]. Disponible en: <<https://www.actum.es/preguntas-frecuentes/como-instalar-lazo-inductivo>>.

AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO (ANT). *Resolución No. 038-Dir-2015-ANT.* 2015.

AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO (ANT). *Noticias.* [en línea]. 2019 [Consulta: 02 junio de 2019]. Disponible en: <<https://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/noticias-nacionales/2009-vehiculos-que-usan-o-trasladan-a-personas-con-discapacidades-contaran-con-identificativos-estandarizados#.XG0vifrQjIU>>.

APONTE VARGAS, A. *"Aplicación de técnicas de Visión Artificial Para La Inspección Visual de Recubrimiento de Cable".* (tesis) (pregrado). [En línea]. 2012. Disponible en: <http://www.pucesi.edu.ec/webs/wp-content/uploads/2018/03/Tesis_Vision.pdf>.

ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR. *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito, Transporte y Seguridad Vial.* [En línea], 2018. [Consulta: 26 mayo de 2019] Disponible en: <<http://www.pucesi.edu.ec/webs/wp-content/uploads/2018/03/Ley-Orgánica-de-Transporte-Terrestre-Tránsito-y-Seguridad-Vial-y-Reglamento..pdf>>.

CAÑADAS, P. y HARO, G. *"Prototipo de un sistema de Adquisición de Imágenes de vehículos, detección y reconocimiento automático de los caracteres de la placa en tiempo real por medio de visión artificial, aplicado al control vehicular".* (tesis) (pregrado). [En línea], 2011. Disponible en:

<http://www.ghbook.ir/index.php?name=&option=com_dbook&task=readonline&book_id=136>

50&page=73&chckhash=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component>.

CÁRDENAS, G.G. ARBOLEDA, U.S., ANDRÉS, F. y GÓMEZ, S. *"Diseño e implementación de una Tarjeta de Desarrollo con profundización en desarrollo de aplicación de Touch Sensing"*. (tesis) (pregrado). 2013. Disponible en: <<http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP157.pdf>>

CIRCUITATTIC.COM. *YwRobot Breadboard Power Supply MB-V2.* , 2013.

CLR, *Motores de corriente continua y alterna: estudio y selección.* [En línea], 2019. [Consulta: 26 mayo de 2019] Disponible en: <<https://clr.es/blog/es/motores-corriente-continua-alterna-seleccion/>>.

CONADIS. *Estadísticas de Discapacidad.* [En línea]. 2019. [Consulta: 26 mayo de 2019] Disponible en: <<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>>.

CONTAVAL. *¿Qué tipos de sensores fotoeléctricos existen?.* [En línea]. 2016. [Consulta: 12 octubre de 2019]. Disponible en: <<https://www.contaval.es/que-tipos-de-sensores-fotoelectricos-existen/>>.

CRESPO, E. *Sensores y Actuadores.* [en línea]. 2016. Disponible en: <<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/sensores-y-actuadores/>>.

CUMBAL, R. y ENRÍQUEZ, J. *"Diseño y construcción de un sistema de posicionamiento lineal multieje controlado por visión artificial para cámara de análisis computarizado del laboratorio de análisis de movimiento (LAM)"*. (tesis) (pregrado). Quito. 2014. Disponible en: <<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8158/T-ESPE-047671.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

ELECTRICA, A. *Diferentes tipos de motores eléctricos de AC y DC.* [en línea]. 2019. [Consulta: 14 octubre de 2019]. Disponible en: <<https://www.electricaplicada.com/diferentes-tipos-de-motores/>>.

ELECTRONICS, MCI. *Arduino.* [en línea]. 2019. [Consulta: 14 octubre de 2019]. Disponible en: <<http://arduino.cl/arduino-2/>>.

ELECTRONICS. *Transys, IRF530.* [en línea]. 2019. [Consulta: 14 octubre de 2019]. Disponible

en: <<http://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/3043/MOTOROLA/IRF530.html>>

FALETTI, E. *Sensores. Sensores y su clasificación*. 2014. [Consulta: 26 agosto de 2019]

FERNÁNDEZ, G. y QUINATO, J. "Reconocimiento de placas vehiculares en tiempo real por medio de visión artificial caso: Universidad Central del Ecuador". 2017. Disponible en: <<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/11755>>

GARCÍA, A. *¿Qué es y cómo se utiliza un MOSFET?* [En línea]. 2016. [Consulta: 26 agosto de 2019] Disponible en: <<http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-mosfet/>>.

GARCÍA, I. *Visión Artificial y Procesamiento Digital de Imágenes usando MatLab*. 2008.

GAVAZZI, C. *Detectores de un Lazo o Doble Lazo Modelo LD con función teach-in (autoajuste)*. 2009. p. 7-11.

GUIJARRO HERNÁNDEZ, J. *Desarrollo de un sistema de control de una impresora 3D*. [En línea], 2015. [Consulta: 12 octubre de 2019] Disponible en: <<http://uvadoc.uva.es:80/handle/10324/13275>>.

HERMENEGILDO, G. *Ingemecánica: Ingeniería, Consultaría y Formación*. [en línea]. 2019. [Consulta: 19 octubre de 2019] Disponible en: <<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>>.

HERNÁNDEZ, L. *Instalar OpenCV y Python con el paquete Anaconda*. [en línea], 2019. [Consulta: 12 noviembre de 2019] Disponible en: <<https://programarfacil.com/blog/vision-artificial/instalar-opencv-python-anaconda/>>.

INAKIMA. *Visión Artificial – Iniciarse en OpenCV*. [en línea]. 2016. [Consulta: 20 julio de 2019] Disponible en: <<http://inakima.com/vision-artificial-iniciarse-en-opencv>>.

INFAIMON. *Iluminación Frontal*. [en línea]. 2018. [Consulta: 18 julio de 2019] Disponible en: <<https://www.infaimon.com/enciclopedia-de-la-vision/iluminacion-frontal/>>.

JJROBOTS. *Motorized camera slider with tracking system (3D printed)*. [en línea]. 2019. [Consulta: 12 junio de 2019] Disponible en: <<https://www.jjrobots.com/camera-slider-tracking-system-3d-printed/>>.

KÍA. *Adquiere tu Vehículo.* [en línea]. 2019. [Consulta: 12 mayo de 2019] Disponible en: <<https://www.kia.com/ec/shopping-tools/exonerated-vehicles.html>>.

LAPEDRIZA, Á. *La visión por computador: Una disciplina en auge.* [en línea]. 2012. [Consulta: 28 mayo de 2019] Disponible en: <<http://informatica.blogs.uoc.edu/2012/04/19/la-vision-por-computador-una-disciplina-en-auge/>>.

MARTÍNEZ, A. *Mejora del sistema de control para impresoras 3D.* [en línea], 2015. [Consulta: 12 julio de 2019] Disponible en: <<https://riunet.upv.es:443/handle/10251/56307>>.

MATHWORKS. *Image Processing and Computer Vision.* [en línea]. 2019. [Consulta: 14 octubre de 2019]. Disponible en: <https://la.mathworks.com/solutions/image-video-processing.html?s_tid=srchtitle >

MAZDA. *Personas con discapacidad.* [en línea]. 2019. [Consulta: 10 mayo de 2019] Disponible en: <<https://www.mazda.com.ec/exonerados/personas-con-discapacidad/>>.

MUÑOZ MANSO, R. "*Sistema de visión artificial para la detección y lectura de matrículas*", 2014. (tesis) (pregrado). Disponible en: <<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/11848/TFG-P-165.pdf;jsessionid=38F6EA7A6DBCD61136EDC2B44B9C84F0?sequence=1>>

NIETO, E. *Sensores fotoeléctricos industriales (fotocélulas).* [en línea]. 2019. [Consulta: 10 julio de 2019]. Disponible en: <<https://fidestec.com/blog/sensores-fotoelectricos-industriales-fotocelulas/>>.

NORTON, R. *Diseño de Maquinaria.* Cuarta Edición. 2009.

OLIVEIRA, G. *Fritzing, Primeros pasos.* 2011. [Consulta: 10 noviembre de 2019]. Disponible en: <<http://fritzing.org/media/uploads/learning/translations/Fritzing-PrimerosPasos.pdf>>

OLMEDA, O. *Sensores de medida.* 2006. [Consulta: 10 julio de 2019].

ONU. *Personas con Discapacidad.* [en línea]. 2017. [Consulta: 10 mayo de 2019]. Disponible en: <<https://www.un.org/development/desa/disabilities-es/algunos-datos-sobre-las-personas-con-discapacidad.html>>.

QUIMINET. *Diferentes tipos de sensores.* [en línea]. 2015. [Consulta: 28 junio de 2019] Disponible en: <<https://www.quiminet.com/articulos/diferentes-tipos-de-sensores-4148443.html>>.

RADIO SPARES, RADIONICS y RS. *Arduino Mega 2560: Características.* 2019.

RASPBERRY. *Raspberry.* [en línea]. 2019. [Consulta: 25 junio de 2019] Disponible en: <<https://www.raspberrypi.org/>>.

RAVI. *Different Types of Sensors.* [en línea]. 2017. [Consulta: 30 mayo de 2019] Disponible en: <<https://www.electronicshub.org/different-types-sensors/>>.

TAPIA, C. y MANZANO, H. *Evaluación De La Plataforma Arduino E Implementación De Un Sistema De Control De Posición Horizontal.* [en línea], 2013. [Consulta: 24 junio de 2019] Disponible en: <<https://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5522/1/UPS-GT000511.pdf>>.

TECNOPURA. *Fuente de alimentación para protoboard 5V 3.3V MB-102 – Arduino / PIC.* [en línea]. 2019. [Consulta: 18 agosto de 2019] Disponible en: <<http://www.tecnopura.com/producto/fuente-de-alimentacion-para-protoboard-5v-3-3v-arduino-pic/>>.

TESSEL. *Tessel 2.* [en línea]. 2019. [Consulta: 18 agosto de 2019] Disponible en: <<https://tessel.io>>.

TOYOTA. *Personas con discapacidad.* [en línea]. 2019. [Consulta: 28 mayo de 2019] Disponible en: <<https://www.toyota.com.ec/exonerados-personas-con-discapacidad/plan.php?plan=discapacitados>>.

VEINTIMILLA, D. y SIGUENCIA, F. *"Diseño de un sistema inteligente de parqueo vehicular mediante videograbación e implementación de un prototipo de prueba para la FIEE".* (tesis) (pregrado), 2014. Disponible en: <<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7853>>.

ANEXOS

Anexo A: Datos técnicos Fuente de alimentación YwRobot MB-V2

CircuitAttic.com MB-V2 Datasheet September 13, 2013

YwRobot Breadboard Power Supply MB-V2



Product Specifications:

- Locking On/Off Switch
- LED Power Indicator
- Input voltage: 6.5-12v (DC) via 5.5mm x 2.1mm plug
- Output voltage: 3.3V/5V
- Maximum output current: 700 mA
- Independent control rail output: 0v, 3.3v, 5v to breadboard
- Output header pins for convenient external use
- Size: 2.1 in x 1.4 in
- USB device connector onboard for power output to external device

CircuitAttic.com MB-V2 Datasheet September 13, 2013

Setting up output voltage:



3.3v output position **5V output position**

The left and right voltage output can be configured independently. To select the output voltage, move jumper to the corresponding pins. Note: power indicator LED and the breadboard power rails will not power on if both jumpers are in the 'OFF' position.

important note:



Make sure that you align the module correctly on the breadboard. The negative pin(-) on module lines up with the blue line(-) on breadboard and that the positive pin(+) lines up with the red line(+). Failure to do so could result in you accidentally reversing the power to your project.

Anexo B: Datos técnicos Arduino Mega 2560

Arduino MEGA 2560



CE

Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller: simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies <small>not sign of green via imparto.cerco</small>	Page 7



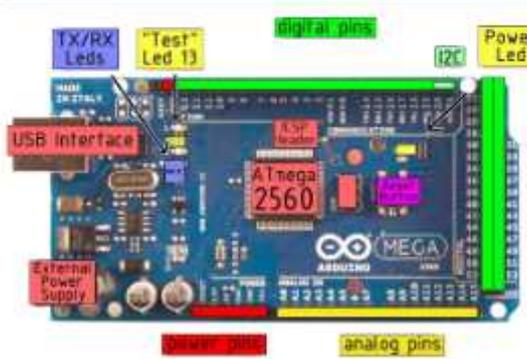
Technical Specification

EALE: Rev. <http://arduino.org/2010-08/arduino-boards-01> - Schema: <http://arduino.org/2010-08/schematics-01>

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	0-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board





Anexo C: Datos Técnicos M12 NPN NO Sensor fotoeléctrico E-R

Sensor fotoeléctrico cilíndrico actualizado

Características

- Detección en línea de 20 m (Tipo haz transmitido)
- Resistente al ruido con proceso de señal digital
- Selección en reflector del tipo haz transmitido en un espacio reducido.
- Tiempo de respuesta de alta velocidad: 1 ms.
- Invertir la polaridad de alimentación y de corto circuito (sobrecorriente) protección del circuito.
- Ajuste de sensibilidad externa (Tipo difuso reflectivo, Tipo retroreflectivo)
- Alta resistencia ambiental, Serie ERM con panel reflectivo.

⚠ Para evitar las "Precaución para su seguridad" en el manual de operación de serie de usuario.

Tipo ERM
Tipo ERM
Tipo ERM

Especificaciones

Modelo	Colector	BRP100	BR100	BR2100	BR100	BR2100	BR2100	BRP2M	BR1M	BR4M TDT	BR4M TDFL		
Colector	Colector	BRP100	BR100	BR2100	BR100	BR2100	BR2100	BRP2M	BR1M	BR4M TDT	BR4M TDFL		
Colector	Colector	DOT-P	DOT-P	DOT-P	DOT-P	DOT-P	DOT-P	DOT-P	DOT-P	DOT-P	DOT-P		
Tipo de detección		Difuso Reflectivo (Tipo haz difuso)			Fibra óptica			Retroreflectivo		Haz transmitido			
Diámetro de detección		1,00m (M1)			4,00m (M2)			0,1-20m (M3)		4m / 20m			
Detección del objeto		Transparente, Traslucido, Metálico opaco						Materiales opacos de Min. 160mm		Materiales opacos de Min. 115mm			
Resistencia		Max. 20% En el ajuste de la distancia nominal											
Tamaño de montaje		Max. 12mm											
Alimentación		12-24VDC ±10% (Carga P-P Máx. 10%)											
Consumo de corriente		Max. 45mA											
Fuente de luz		LED infrarrojo (850nm)			LED infrarrojo (850nm)			LED infrarrojo (850nm)		LED infrarrojo (850nm)			
Ajuste de sensibilidad		Ajustable (VR)								Fijo			
Modo de operación		Light ON / Dark ON Seleccionable mediante el cable de control (Blanco)								Light ON / Light ON			
Salida de control		Salida NPN colector abierto. Voltaje de salida maximo 30VDC. Carga de corriente max 200mA. Voltaje de salida max 1V. Salida PNP colector abierto. Voltaje de salida maximo. Voltaje de alimentación 24V. Salida de corriente maximo 200mA											
Protección de circuito		Protección de corto circuito. Protección de polaridad inversa											
Indicación		Indicador de operación (Sensor) LED Rojo. Indicador de operación (Receptor) LED Verde											
Corriente		Paralela											
Resistencia de aislamiento		Max. 20MΩ (en carga 50VDC max)											
Resistencia al ruido		±24V El ruido de onda cuadrada (Amplitud de pulso 1s) mediante el simulador de ruido											
Fuerza de ruptura		1000VCA 50/60Hz por 1 minuto											
Vibración		1.5mm amplitud en frecuencia de 10 - 500Hz en cada dirección X, Y, Z para 2 horas											
Choque		500m/s ² (50G) en direcciones X, Y, Z por 3 veces											
Iluminación ambiente		Influencia - Max. 5,000 Lux. Impacto maximo Max. 1,000 Lux											
Temperatura de almacenamiento		-10 - 60°C (en un estado no cargado) Almacenaje - 25 - +75°C											
Humedad ambiente		35 - 85%RH, Almacenaje - 35 - 85%RH											
Funcionamiento		IP66 (IEC estándar)											
Materiales		• BR - Carcasa de latón (C-plata), Lentes - PC				• BRP - Carcasa de latón (C-plata), Lentes - PC				• Carcasa - de latón (C-plata) (Lentes - PC) (Lentes - PC)			

Modo de operación

Light On

Dark On

Ⓜ El control de salida TR se llevará a cabo OFF por 5 seg. después alimente energía para prevenir un mal funcionamiento del sensor fotoeléctrico (Difuso reflectivo, retroreflectivo).

Ⓜ Si la terminal de control de salida está en corto circuito o flujo mas alta de la valoración actual, la señal de control no sale normalmente debido al circuito de protección.

Conexiones

Difuso Reflectivo

Retroreflectivo

Haz transmitido

Anexo D: Datos técnicos motor NEMA 17

1.8° 42mm Hybrid Stepper Motor-NEMA17



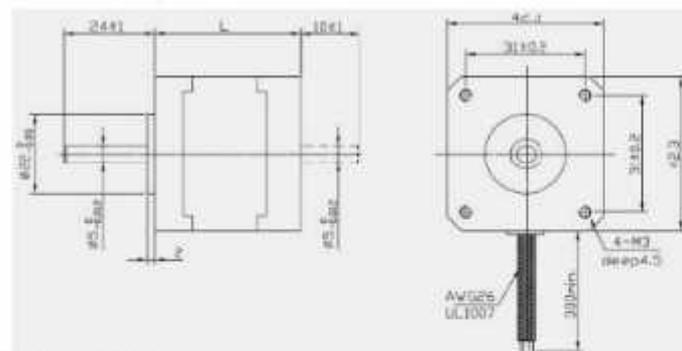
General Specifications:

Item	Specifications
Step Angle	1.8°
Temperature Rise	80°C max
Ambient Temperature	20°C - +50°C
Insulation Resistance	100 MΩ Min., 500VDC
Dielectric Strength	500VAC for 1minute
Shaft Radial Play	0.02Max. (450g-load)
Shaft Axial Play	0.08Max. (450g-load)
Max. radial force	28N (20mm from the flange)
Max. axial force	10N

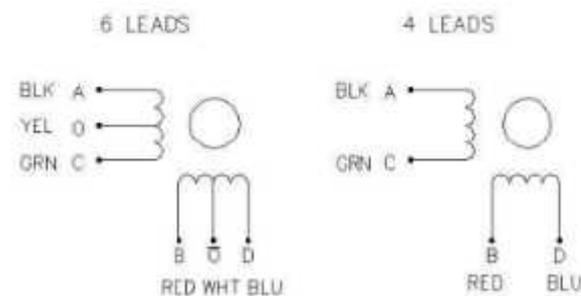
Electrical Specifications

Model No.	Step Angle (°)	Motor Length (L)mm	Current /Phase A	Resistance /Phase Ω	Inductance /Phase mH	Holding Torque kg.cm	# of Leads	Detent Torque g.cm	Motor Inertia g.cm	Mass Kg
47HS34-0956	1.8	34	0.95	4.7	7.5	6	6	150	34	0.77
47HS34-0406	1.8	34	0.4	74	19	6	6	150	34	0.77
47HS34-0916	1.8	34	0.91	38.5	21	6	6	170	34	0.77
42HS34-1334	1.8	34	1.33	2.1	2.5	2.6	4	120	34	0.22
47HS34-0404	1.8	34	0.4	30	35	7.6	4	170	34	0.77
42HS40-0804	1.8	34	0.8	30	50	4.0	4	150	34	0.28
42HS40-1206	1.8	40	1.2	3.3	3.2	2.8	6	150	54	0.28
42HS40-0806	1.8	40	0.8	7.2	6.7	2.8	6	150	54	0.28
42HS40-1704	1.8	40	1.7	1.65	3.2	4.0	4	150	54	0.28
42HS40-0906	1.8	40	0.9	30	30	2.8	6	150	54	0.28
42HS40-1604	1.8	40	1.68	1.65	3.2	4.0	4	150	54	0.28
42HS48-1206	1.8	48	1.2	3.3	2.8	3.17	6	260	68	0.35

Dimensions (Unit:mm)



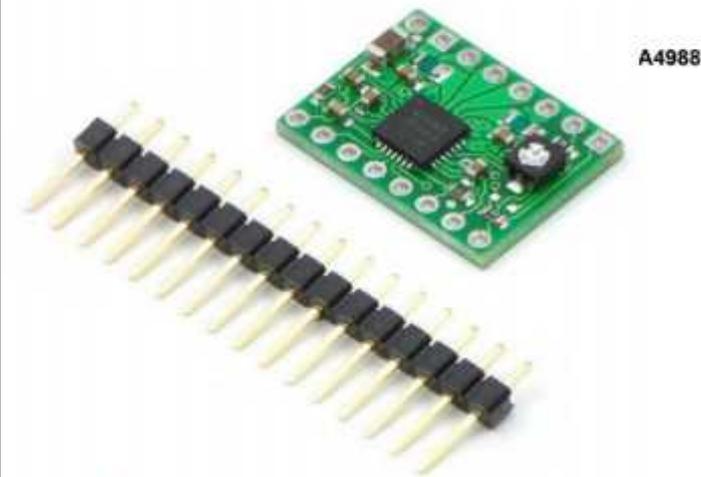
Wiring Diagram (接线图)



Anexo E: Datos Técnicos Driver A4988

RB-Pol-176

Pololu 8-35V 2A Single Bipolar Stepper Motor Driver A4988



Stepper Motor Driver Carrier

The A4988 stepper motor driver carrier is a breakout board for Allegro's easy-to-use A4988 microstepping bipolar stepper motor driver and is a drop-in replacement for the [A4983 stepper motor driver carrier](#). The driver features adjustable current limiting, overcurrent protection, and five different microstep resolutions. It operates from 8 – 35 V and can deliver up to 2 A per coil.

Note: This board is a drop-in replacement for the original [A4983 stepper motor driver carrier](#). The newer A4988 offers overcurrent protection and has an internal 100k pull-down on the MS1 microstep selection pin, but it is otherwise virtually identical to the A4983.

Overview

This product is a carrier board or breakout board for Allegro's A4988 DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection; we therefore recommend careful reading of the [A4988 datasheet](#) (380k.pdf) before using this product. This stepper motor driver lets you control one [bipolar stepper motor](#) at up to 2 A output current per coil (see the Power Dissipation Considerations section below for more information). Here are some of the driver's key features:

- Simple step and direction control interface
- Five different step resolutions: full-step, half-step, quarter-step, eighth-step, and sixteenth-step
- Adjustable current control lets you set the maximum current output with a potentiometer, which lets you use voltages above your stepper motor's rated voltage to achieve higher step rates
- Intelligent chopping control that automatically selects the correct current decay mode (fast decay or slow decay)
- Over-temperature (thermal) shutdown, under-voltage lockout, and crossover-current protection
- Short-to-ground and shorted-load protection (this feature is not available on the A4983)

Like nearly all our other carrier boards, this product ships with all surface-mount components—including the A4988 driver IC—installed as shown in the product picture.

We also sell a [larger version of the A4988 carrier](#) that has reverse power protection on the main power input and built-in 5 V and 3.3 V voltage regulators that eliminate the need for separate logic and motor supplies.

Included hardware

The A4988 stepper motor driver carrier comes with one 1×15-pin breakaway 0.1" male header. The headers can be soldered in for use with solderless breadboards or 0.1" female connectors. You can also solder your motor leads and other connections directly to the board.

Anexo F: Datos Técnicos Cámara FOSCAM

1.3 Vistas del producto

1.3.1 Vista frontal (como ejemplo modelo F8906W)



Figura 1.1

- 1 Sensor
- 2 LED de infrarrojos
- 3 LED indicador de red. Si hay actividad de red, el LED parpadeará.
- 4 Lentes del sensor CMOS. Gire las lentes manualmente para ajustar el rango de enfoque.
- 5 Micrófono integrado
- 6 Antena

Advertencia: No gire manualmente la cámara vertical/horizontalmente forzando su movimiento ya que puede causar daños a los motores de movimiento !

Vista frontal (como ejemplo modelo F8904W)



Figura 1.1.2



Cámaras IP Foscam. Manual de Usuario. www.foscam.com

1.6 Instalación del Software

La instalación del software es la clave para configurar exitosamente este producto. Esencialmente este software sirve para ver la IP asignada inicialmente de forma automática a la cámara y poder acceder así a su menú. Una vez configurada, no necesitará dicho software.

En el CD se incluye una versión para PC y otra para Macintosh.

- 1 Introduzca el CD en el ordenador y abra el Explorador de Windows;
- 2 Ejecute el programa **IPCamSetup.exe** (o el correspondiente para Mac) e instálelo como se indica:



Figura 1.4

- 1 Haga clic en **Next** para completar la instalación del software.



Figura 1.5

● **Refresh Camera List (Actualizar lista de cámaras)**

Refresca la lista de cámaras manualmente.

● **Flush ARP Buffer (Limpiar cola del ARP: Protocolo de Resolución de Direcciones)**

Hay un problema que puede encontrar y es que puede aparecer la cámara IP en la lista pero no puede abrir la página web de la cámara al hacer doble clic. Esto ocurre cuando el cable de red y el adaptador WIFI de la cámara han obtenido una dirección IP. En este caso puede intentar usar esta opción.

2.2 Conectarse a la cámara

Puede acceder a la cámara de 3 formas:

1. **IP Camera Tool:** haga doble clic en la dirección IP de la cámara listada (Figura 2.1). Se abrirá el navegador de Internet y se mostrará la página de Login (Autenticación).
2. **Navegador de Internet** (Internet Explorer, Firefox...): accede directamente tecleando en la barra de direcciones la dirección IP de la cámara, por ejemplo:



3. **Software de terceros:** hay en el mercado múltiples aplicaciones compatibles con estas cámaras.

Página de Registro:



Dirección IP: obtenida dinámicamente
 Máscara de subred (Subnet mask): 255.255.255.0
 Puerta de enlace (Gateway): obtenida dinámicamente
 DHCP: Desactivado
 DNS: Desactivado

Usuario y contraseña:

Usuario administrador: admin
 Contraseña administrador: Sin contraseña

4.3 Especificaciones

sensor de imagen	Sensor de imagen	1/4" Sensor CMOS a color
	Resolución	640 x 480 Pixels (300k Pixels)
	Iluminación mínima	0.5 Lux
Lentes	Lente	Cristal, F 3.6mm, F2.4 (Lentes IR-infrarrojas de visión nocturna); roca estándar M12x0.5 (S-Mount) para intercambio de lentes angular-teleobjetivo
	Ángulo de visión	Variable según modelo. Vea tabla comparativa en www.foscam.es
Audio	Entrada	Micrófono incorporado. En modelos con sonido
	Salida	Altavoz incorporado. En modelos con sonido
Video	Compresión de audio	ADPCM
	Compresión de imagen	MJPEG
	Tasa de refresco de imagen	15 fps (VGA), 30 fps (QVGA)
	Resolución	640 x 480 (VGA), 320 x 240 (QVGA)
	Giro y espejado de imagen	Vertical / Horizontal
	Adaptación a frecuencia de luz	50Hz, 60Hz o Exterior
Comunicación	Parámetros de video	Briño, Contraste
	Red Ethernet	10/100 Mbps RJ-45
	Protocolos soportados	HTTP, FTP, TCP/IP, UDP, SMTP, DHCP, PPPoE, DNS, UPnP, GPRS
	WiFi	IEEE 802.11b/g

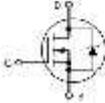
Anexo G: Datos Técnicos MOSFET IRF530



IRF530

Power Field Effect Transistor
N-Channel Enhancement-Mode Silicon Gate

- Available in Energy-Specified
- Source-to-Drain Diode Recovery Time Comparable to a Diode with Fast Recovery Diode
- Double Characterized for Linear Bridge Circuits
- Improved $V_{GS(th)}$ Specified at Elevated Temperature




MAXIMUM RATINGS (T_{case} = 25°C unless otherwise specified)

Rating	Symbol	Value	Unit
Drain-Source Voltage	V _{DS}	100	Vdc
Drain-Source Voltage (V _{GS} = 0 Vdc)	V _{DSS}	100	Vdc
Drain-Source Voltage (Pulse)	V _{DSM}	150	Vdc
Drain Current (Continuous)	I _D	14	Adc
Drain Current (Pulse)	I _{DM}	10	Adc
Maximum Power Dissipation (T _{case} = 25°C)	P _D	70	mWdc
Storage Temperature Range	T _{stg}	-55 to 150	°C

UNCLAMPED DRAIN-TO-SOURCE AWNCH CHARACTERISTICS (T_J = 125°C)

Diode Forward Voltage	V _{SD}	1.0	Vdc
Diode Reverse Current	I _{SR}	10	µAdc

THERMAL CHARACTERISTICS

Thermal Resistance (junction to case)	R _{θ(jc)}	1.00	°C/W
Thermal Resistance (junction to ambient)	R _{θ(ja)}	20.0	°C/W
Maximum Junction Temperature	T _J	150	°C

IRF530

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_J = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Drain-Source Breakdown Voltage (V _{GS} = 0 Vdc, I _D = 0.25 mAdc)	V _{DS(BR)}	100	—	—	Vdc
Temperature Coefficient (Positive)		—	—	—	V/°C
Zero Gate Voltage Drain Current (V _{DS} = 100 Vdc, V _{GS} = 0 Vdc)	I _{DSS}	—	—	10	µAdc
(V _{GS} = 100 Vdc, V _{DS} = 0 Vdc, T _J = 125°C)		—	—	100	µAdc
Gate-Body Leakage Current (V _{GS} = 0.20 Vdc, V _{DS} = 0 Vdc)	I _{GSS}	—	—	100	nAdc
ON CHARACTERISTICS					
Gate Threshold Voltage (V _{GS} = V _{DS} , I _D = 0.25 mAdc)	V _{GS(th)}	2.0	2.9	4.0	Vdc
Threshold Temperature Coefficient (Negative)		—	—	—	mV/°C
Static Drain-Source On-Resistance (V _{GS} = 10 Vdc, I _D = 0.0 A)	R _{DS(on)}	—	0.080	0.140	Ω/mΩ
Drain-Source On-Voltage (V _{GS} = 10 Vdc, I _D = 14 A)	V _{DS(on)}	—	—	—	Vdc
(V _{GS} = 10 Vdc, I _D = 0.0 A, T _J = 125°C)		—	—	—	—
Forward Transconductance (V _{GS} = 10 Vdc, I _D = 0.0 A)	g _{fs}	4.0	7.4	—	mhos
DYNAMIC CHARACTERISTICS					
Input Capacitance	C _{iss}	—	700	800	pF
Output Capacitance	C _{oss}	—	200	300	pF
Transfer Capacitance	C _{rss}	—	85	150	pF
SWITCHING CHARACTERISTICS					
Turn-On Delay Time	t _{don}	—	9.0	30	ns
Rise Time	t _r	—	4.7	25	ns
Turn-Off Delay Time	t _{doff}	—	33	40	ns
Fall Time	t _f	—	34	45	ns
Gate Charge	Q _g	—	26	40	nC
	Q ₁	—	0.0	—	—
	Q ₂	—	13	—	—
	Q ₃	—	11	—	—
SOURCE-DRAIN DIODE CHARACTERISTICS					
Forward On-Voltage (I _S = 14 A, V _{GS} = 0 Vdc)	V _{SD}	—	0.90	1.5	Vdc
(I _S = 14 A, V _{GS} = 0 Vdc, T _J = 125°C)		—	0.90	—	—
Reverse Recovery Time	t _r	—	150	—	ns
	t _r	—	70	—	—
	t _r	—	25	—	—
Reverse Recovery Stored Charge	Q _{rr}	—	0.40	—	µC
INTERNAL PACKAGE INDUCTANCE					
Internal Drain Inductance (Measured from the drain lead 0.25" from package to center of die)	L _d	—	5.5	—	nH
Internal Source Inductance (Measured from source or tab to source lead pad)	L _s	—	7.0	—	nH

(1) Pulse Test: Pulse Width < 300 µs, Duty Cycle < 2%.

(2) Switching characteristics are independent of operating junction temperature.

(3) Reflects typical values: $C_{iss} = \frac{Max\ limit - Typ}{3} = g_{fs}$

Anexo H: Pruebas del sistema de Visión Artificial

Escenario	Pruebas	Detección Logotipo			Detección Placa			Eficiencia del sistema	Observaciones
		Acier tos	Err or	Eficiencia	Acier tos	Err or	Eficiencia		
Soleado	Frente	1	1	0	1	1	1	1	Inclinación de parabrisas delantero
		2	0	1	0	1	1	1	
		3	1	0	1	1	1	1	
		4	1	0	1	1	1	1	
		5	0	1	0	1	1	1	
		6	0	1	0	1	1	1	
		7	0	1	0	1	1	1	
		8	0	1	0	1	1	1	
		9	0	1	0	0	0	0	
		10	1	0	1	1	1	1	
		11	0	1	0	1	1	1	
		12	1	0	1	1	1	1	
	Reversa	13	1	0	1	1	1	1	Brillo excesivo en detección de placa
		14	1	0	1	1	1	1	
		15	1	0	1	1	1	1	
		16	1	0	1	1	1	1	
		17	1	0	1	1	1	1	
		18	1	0	1	1	1	1	
		19	1	0	1	1	1	1	
		20	1	0	1	1	1	1	
		21	1	0	1	1	1	1	
		22	1	0	1	1	1	1	
		23	1	0	1	1	1	1	
		24	1	0	1	1	1	1	
Nublado	Frente	25	1	0	1	1	1	1	Inconvenientes con vehículos tipo sedan
		26	0	1	0	1	1	1	
		27	1	0	1	1	1	1	
		28	0	1	0	0	0	0	
		29	1	0	1	1	1	1	
		30	0	1	0	0	0	0	
		31	0	1	0	0	0	0	
		32	0	1	0	1	1	1	
		33	1	0	1	1	1	1	
		34	0	1	0	1	1	1	

		35	0	1	0	0	0	0	0	
		36	1	0	1	1	1	1	1	
	Reversa	37	1	0	1	1	1	1	1	Inconvenientes con vehículos tipo sedan
		38	1	0	1	1	1	1	1	
		39	1	0	1	1	1	1	1	
		40	1	0	1	0	0	0	1	Iluminación reducida en detección de placa
		41	1	0	1	1	1	1	1	
		42	1	0	1	1	1	1	1	
		43	1	0	1	1	1	1	1	
		44	1	0	1	0	0	0	1	
		45	1	0	1	0	0	0	1	
		46	1	0	1	1	1	1	1	
47	1	0	1	1	1	1	1			
48	1	0	1	1	1	1	1			
Oscuro	Frente	49	1	0	1	1	1	1	1	Inclinación de parabrisas delantero
		50	1	0	1	0	0	0	1	
		51	0	1	0	1	1	1	1	
		52	0	1	0	0	0	0	0	
		53	0	1	0	0	0	0	0	Iluminación escasa en detección de placa
		54	1	0	1	1	1	1	1	
		55	1	0	1	1	1	1	1	
		56	1	0	1	1	1	1	1	
		57	1	0	1	1	1	1	1	
		58	0	1	0	0	0	0	0	
	59	1	0	1	0	0	0	1		
	60	0	1	0	0	0	0	0		
Reversa	61	1	0	1	1	1	1	1	Inconvenientes con vehículos tipo sedan	
	62	1	0	1	1	1	1	1		
	63	1	0	1	1	1	1	1		
	64	1	0	1	1	1	1	1	Iluminación escasa en detección de placa	
	65	1	0	1	0	0	0	1		
	66	1	0	1	1	1	1	1		
	67	1	0	1	1	1	1	1		
	68	1	0	1	0	0	0	1		
	69	1	0	1	0	0	0	1		
	70	1	0	1	0	0	0	1		
	71	1	0	1	0	0	0	1		
	72	1	0	1	0	0	0	1		
TOTAL			54	18	54	52	20	52	62	