



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

**“Diseño e implementación de una aplicación para detección de
placas vehiculares a partir de imágenes”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Guerrero Gutiérrez, Pablo Alejandro

DIRECTOR: Aguirre Reyes, Daniel Fernando, Ph.D.

LOJA – ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ph.D.

Daniel Fernando Aguirre Reyes

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: "Diseño e Implementación de una Aplicación para la Detección de Placas Vehiculares a partir de Imágenes", realizado por Guerrero Gutiérrez Pablo Alejandro ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, junio del 2017

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Guerrero Gutiérrez Pablo Alejandro declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Diseño e Implementación de una Aplicación para la Detección de Placas Vehiculares a partir de Imágenes”, de la Titulación: Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, siendo Daniel Fernando Aguirre Reyes director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f).....

Autor Guerrero Gutiérrez Pablo Alejandro

Cédula 1104580301

DEDICATORIA

A mis abuelitos Amada y Alciviades que son el pilar de mi vida que con sus enseñanzas, consejos y amor, pudieron sembrar en mí toda la dedicación y esfuerzo a lo largo de toda mi formación académica.

A mi madre Glendy que con su carácter y disciplina ha formado en mí la persona que soy, apoyándome hasta el último momento y brindándome la confianza que necesitaba para demostrar mi capacidad al desarrollar este trabajo investigativo.

A mi esposa Carolina, a mi hijo Daniel Alejandro que fueron quienes intensificaron mis ganas de superarme, entendiendo que mi vida está ligada a ustedes a través del amor, apoyo y comprensión sin iguales.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza e ímpetu para ver realizar esta meta considerada como la más importante dentro de mi desenvolvimiento profesional e intelectual.

A mi director de tesis, Daniel Fernando Aguirre Reyes, que con su destreza, capacidad y entusiasmo, incentivó el desarrollo y culminación exitosa del trabajo investigativo, así como también a los docentes que impartieron sus conocimientos en mi formación profesional: Diego Barragán, Marco Morocho, Jorge Luis Jaramillo, Hernán Samaniego, Kathy Rohoden, Carlos Calderón, Tuesman Castillo, Francisco Sandoval y Manuel Quiñones.

A mis tíos, primos y demás familiares quienes aprecio y agradezco por siempre demostrar interés en mi formación y bienestar.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1.....	4
1. ESTADO DEL ARTE.....	4
1.1. Introducción.....	5
1.2. Fundamentos del procesamiento de imágenes.....	5
1.2.1. Definiciones.....	5
1.2.2. Tipos de imágenes en MATLAB.....	9
1.2.3. Imagen como matriz.....	10
1.2.4. Operaciones sobre matrices.....	10
1.2.5. Morfología.....	11
1.3. Estado del arte en la detección y reconocimiento de placas vehiculares.....	12
1.4. Formato de placas vehiculares en Ecuador.....	14
1.4.1. Características de las placas vehiculares.....	14
1.4.2. Nomenclatura de las placas vehiculares.....	15
CAPÍTULO 2.....	17
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.1. Introducción.....	18
2.2. Imagen.....	18
2.2.1. Imágenes frontales de placas vehiculares.....	19
2.2.2. Imágenes proyectadas de placas vehiculares.....	19
2.2.3. Imágenes nocturnas de placas vehiculares.....	20
2.2.4. Imágenes variables en distancia.....	20
2.2.5. Imágenes variables en tamaño.....	21

2.3. Localización.....	22
2.3.1. Conversión a escala de grises.....	22
2.3.2. Algoritmo de detección de bordes Sobel.....	23
2.3.3. Corrección de la inclinación y perspectiva de la imagen.....	25
2.3.3.1. Corrección de la inclinación de la placa a través de la Transformada de Hough.....	27
2.3.3.2. Corrección de la distorsión o proyección de la placa a través de la Transformación Proyectiva.....	30
2.3.3.3. Corrección de la distorsión e inclinación de la placa vehicular.....	35
2.4. Umbralización.....	38
2.4.1. Umbralización por el método de Otsu.....	39
2.5. Segmentación.....	40
2.5.1. Proyección horizontal.....	41
2.6. Extracción.....	41
2.7. Reconocimiento Óptico de Caracteres OCR.....	43
2.7.1. Segmentación.....	44
2.7.2. Extracción de características y clasificación.....	44
2.8. Aplicación.....	46
 CAPÍTULO 3.....	 48
3. RESULTADOS.....	48
3.1. Introducción.....	49
3.2. Resultados obtenidos en placas vehiculares frontales.....	49
3.3. Resultados obtenidos en placas vehiculares proyectadas.....	53
3.4. Resultados obtenidos en placas vehiculares captadas en la noche.....	60
3.5. Resultados obtenidos en placas vehiculares captadas a una distancia variable.....	63
3.6. Resultados obtenidos en placas vehiculares con diferentes tamaños.....	65
 CAPÍTULO 4.....	 67
4. EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN.....	67
4.1. Introducción.....	68
4.2. Evaluación e interpretación en imágenes de placas vehiculares frontales.....	68
4.3. Evaluación e interpretación en imágenes de placas vehiculares proyectadas.....	69
4.4. Evaluación e interpretación en imágenes nocturnas de placas vehiculares.....	70
4.5. Evaluación e interpretación en imágenes captadas a una distancia variable.....	71
4.6. Evaluación e interpretación en imágenes de acuerdo a su tamaño.....	73
4.7. Especificación de las limitaciones del algoritmo para su correcto funcionamiento...74	
4.8. Comparación del algoritmo desarrollado con el estado del arte actual.....	75
 CONCLUSIONES.....	 76
 RECOMENDACIONES.....	 77
 BIBLIOGRAFÍA.....	 78
 ANEXOS.....	 80
 ANEXO I : Tamaño de muestras.....	 81

ANEXO II : Base de datos de imágenes de placas vehiculares.....	82
ANEXO III.....	89
Algoritmo de programación parte I.....	89
Algoritmo de programación parte II.....	90
Algoritmo de programación parte III.....	91
Algoritmo de programación parte IV.....	92
Algoritmo de programación parte V.....	96
Algoritmo de programación parte VI.....	100
Algoritmo de programación parte VII.....	101
Algoritmo de programación parte VIII.....	105
Algoritmo de programación parte IX.....	107
ANEXO IV.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Intensidad de luminosidad por número de bits, eje x,y.....	6
Figura 2. Representación de un espacio RGB.....	7
Figura 3. Mapas de color predeterminados en MATLAB.....	8
Figura 4. Tipos de ruido en una imagen.....	9
Figura 5. Discretización de una imagen.....	9
Figura 6. Imagen digital representada como una matriz.....	10
Figura 7. Operaciones con imágenes a través de matrices.....	11
Figura 8. Morfología de una imagen.....	12
Figura 9. Placas vehiculares de Ecuador.....	14
Figura 10. Formato de placas vehiculares de Ecuador.....	15
Figura 11. Color de placas vehiculares de Ecuador.....	16
Figura 12. Diagrama de bloques del procedimiento para la aplicación de reconocimiento de placas vehiculares.....	18
Figura 13. Imágenes frontales de una placa vehicular.....	19
Figura 14. Imágenes de una placa vehicular proyectada.....	19
Figura 15. Imágenes de una placa vehicular captada en la noche.....	20
Figura 16. Imágenes de una placa vehicular tomadas a distancia.....	20
Figura 17. Imágenes de una placa vehicular de diferente tamaño.....	21
Figura 18. Imágenes de una placa vehicular de diferente tamaño al aplicar un acercamiento equitativo.....	21
Figura 19. Uso del comando uigetfile.....	22
Figura 20. Uso del comando imagesc e imcrop.....	22
Figura 21. Conversión RGB a escala de grises.....	23
Figura 22. Máscara del operador Sobel.....	24
Figura 23. Aplicación de filtro Sobel horizontal a una imagen en escala de grises.....	25
Figura 24. Imagen de una placa vehicular con ángulo y apreciación correcta.....	26

Figura 25. Imagen de una placa vehicular inclinada o girada.....	26
Figura 26. Imagen de una placa vehicular con distorsión perspectiva.....	27
Figura 27. Ubicación de un punto en común atravesado por dos rectas en el espacio de Hough.....	28
Figura 28. Espacio de Hough representado en coordenadas polares.....	29
Figura 29. Determinación del ángulo de inclinación a través de la Transformada de Hough.....	29
Figura 30. Corrección de la inclinación a través de la Transformada de Hough.....	30
Figura 31. Inconveniente al emplear la Transformada de Hough.....	31
Figura 32. Corrección de la distorsión de una imagen a través de la matriz H.....	32
Figura 33. Corrección de la distorsión de la placa a través de la Transformación Proyectiva.....	34
Figura 34. Construcción del recuadro que contiene la placa vehicular a través de la Transformada de Hough.....	36
Figura 35. Corrección de la distorsión e inclinación a través de la Transformada de Hough y Transformada Proyectiva.....	37
Figura 36. Inconveniente en la representación del recuadro que contiene la placa vehicular.....	38
Figura 37. Prolongación de la recta horizontal inferior para hallar un punto de intersección.....	38
Figura 38. Umbralización por el método de Otsu.....	40
Figura 39. Aplicación de la segmentación a través de la proyección horizontal.....	41
Figura 40. Redimensionamiento y recorte de la placa vehicular.....	42
Figura 41. Aplicación de filtro medio y apertura de área a la placa vehicular.....	43
Figura 42. Dilatación de la imagen de la placa vehicular.....	43
Figura 43. Segmentación dentro del Reconocimiento Óptico de Caracteres OCR.....	44
Figura 44. Reconocimiento de los caracteres contenidos en la placa a través del OCR.....	45
Figura 45. Elaboración de la interfaz gráfica GUIDE.....	46
Figura 46. Resultado final de la interfaz gráfica GUIDE.....	47
Figura 47. Implementación de la aplicación diseñada a través de la interfaz gráfica GUIDE.....	47
Figura 48. Error específico de sombra o brillo.....	111

Figura 49. Error específico de proyección.....	111
Figura 50. Error específico de corrección.....	112
Figura 51. Error específico de OCR.....	112
Figura 52. Error específico por placa deteriorada.....	113
Figura 53. Error específico por marco de placa.....	113
Figura 54. Error específico por vista superior.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Representación de colores de acuerdo a una tripleta de valores.....	7
Tabla 2. Nomenclatura de las placas vehiculares del Ecuador.....	15
Tabla 3. Resultados correctos de placas vehiculares frontales.....	49
Tabla 4. Resultados incorrectos de placas vehiculares frontales.....	51
Tabla 5. Resultados correctos de placas vehiculares frontales.....	53
Tabla 6. Resultados incorrectos de placas vehiculares proyectadas.	55
Tabla 7. Resultados de placas vehiculares proyectas excluidas.....	58
Tabla 8. Resultados correctos de placas vehiculares captadas en la noche.....	60
Tabla 9. Resultados incorrectos de placas vehiculares captadas en la noche.....	61
Tabla 10. Resultados de placas vehiculares nocturnas excluidas.....	63
Tabla 11. Resultados de placas vehiculares a una distancia mayor a 1 m.....	63
Tabla 12. Resultados de placas vehiculares a una distancia mayor a 2 m.....	64
Tabla 13. Resultados de placas vehiculares a una distancia mayor a 3 m.....	64
Tabla 14. Resultados de placas vehiculares sujetas a diferentes tamaños.....	65
Tabla 15. Resultados totales obtenidos en placas vehiculares frontales.....	68
Tabla 16. Error específico en los resultados de placas vehiculares frontales.....	68
Tabla 17. Resultados obtenidos en placas vehiculares proyectadas.....	69
Tabla 18. Resultados obtenidos en placas vehiculares proyectadas sujeta a limitaciones.....	69
Tabla 19. Error específico en los resultados de placas vehiculares proyectadas.....	70
Tabla 20. Resultados obtenidos en placas vehiculares nocturnas.....	70
Tabla 21. Resultados obtenidos en placas vehiculares nocturnas sujeta a limitaciones.....	71
Tabla 22. Error específico en los resultados de placas vehiculares nocturnas.....	71
Tabla 23. Resultados en placas vehiculares captadas a una distancia mayor a 1 m.....	72
Tabla 24. Resultados en placas vehiculares captadas a una distancia mayor a 2 m.....	72

Tabla 25. Resultados en placas vehiculares captadas a una distancia mayor a 3 m.....	72
Tabla 26. Imágenes de placas vehiculares con diferentes tamaños.....	73
Tabla 27. Limitaciones del algoritmo para su correcto funcionamiento.....	74
Tabla 28. Comparación del algoritmo desarrollado con el estado del arte actual.....	75

RESUMEN

Con el crecimiento poblacional en los últimos años la demanda vehicular se ve incrementada proporcionalmente, resultando cada vez más difícil el control, seguridad y acceso para tan significativa demanda. Por tal motivo es necesario implementar un sistema de reconocimiento de identidad vehicular que permita digitalizar y optimizar este proceso.

La aplicación diseñada en este trabajo se la realizó a través de la herramienta de software MATLAB, que parte del acceso a una imagen que posea la información de la placa de un vehículo, permitiendo seleccionar el área de ubicación de la placa y a través de un pre-procesamiento adecuarla óptimamente para su reconocimiento a través de la aplicación del OCR (del inglés: "Optical Character Recognition") o Reconocimiento Óptico de Caracteres, que se basa en la adquisición de valores propios de la imagen representada a través de una matriz específica correspondiente a cada carácter, logrando así establecer una relación y posteriormente su reconocimiento.

Finalmente se expone los resultados obtenidos de dicha implementación, así como también las conclusiones globales de todo este procedimiento.

PALABRAS CLAVES: digitalizar, pre-procesamiento, RGB, OCR, MATLAB.

ABSTRACT

With the population increase in the last years the vehicular demand is increased proportionally, being more and more difficult the control, security and access for so significant demand. For this reason it is necessary to implement a system of recognition of vehicular identity that allows to digitize and optimize this process.

The application designed in this work was done through the software tool MATLAB, which starts from the access to an image that has the information of the plate of a vehicle, allowing to select the area of location of the plate and through a pre -processing to optimally adapt it for recognition through the application of Optical Character Recognition (OCR) or Optical Character Recognition (OCR), which is based on the acquisition of own values of the image represented through a corresponding specific matrix To each character, thus establishing a relationship and later its recognition.

Finally, the results of this implementation are presented, as well as the overall conclusions of this procedure.

KEYWORDS: scan, pre-processing, RGB, OCR, MATLAB.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de las personas para trasladarse de un lugar a otro representa una actividad cotidiana característica que mayor expansión ha experimentado en los dos últimos siglos, y que, a través del uso de un medio de transporte proporciona una solución en tiempo, comodidad y acceso. En el Ecuador conforme al censo realizado hasta el año 2015 según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la demanda vehicular se ve incrementada anualmente en un 11,4%, llegando a estimarse que la cantidad de vehículos matriculados sea superior a los dos millones.

En todo el país existen varias zonas encargadas de realizar el control de velocidad, seguridad, acceso e identificación vehicular como por ejemplo: peajes, acceso a zonas residenciales e institucionales, sistemas de fotomultas, parqueaderos y estacionamientos. Un gran problema al realizar el procedimiento se da en situaciones que al no contar con personal destinado a estas labores, varios inconvenientes como accidentes e intromisiones pasan desapercibidos. Con la finalidad de presentar una solución a esta problemática, se plantea la implementación de una aplicación que permita la identificación vehicular a través de su elemento característico que es la placa vehicular.

Detrás del funcionamiento de esta aplicación existe un algoritmo de desarrollo, el cual propone una solución frente a factores y condiciones desfavorables que impiden el correcto reconocimiento de la placa vehicular, como son: ubicación, distancia, iluminación y posicionamiento. Este sistema netamente computacional debe cumplir los requisitos de disponibilidad y respuesta para el usuario, adicionando también su fácil uso e implementación.

Con el propósito de realizar una aplicación que represente una solución a los inconvenientes de trabajos realizados existentes en el actual estado del arte del Ecuador, se estableció un proceso de adecuación y pre procesamiento que permite manipular el formato principal de la imagen, para que el algoritmo desarrollado en MATLAB abarque una mayor cantidad de imágenes sujetas a diferentes condiciones desfavorables a su procesamiento, logrando así que el índice de error decrezca considerablemente frente a las problemáticas antes mencionadas.

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE

1.1. Introducción.

La necesidad remota del ser humano de captar eventos importantes en su vida ha venido siendo una característica propia de nuestra cotidianidad. Asimismo el desarrollo tecnológico año tras año se ve incrementado por grandes innovaciones y descubrimientos en esta rama de la digitalización, desde el desarrollo de dispositivos fotográficos hasta sistemas complejos que permitan hacer un procesamiento de los mismos. Por esto, conforme la ciencia ha desarrollado nuevos elementos, la necesidad de adaptación en el usuario es más grande significando un gran nivel de demanda de calidad y servicio, que comprende una manera accesible de obtener y procesar las imágenes.

El campo que implica el procesamiento de imágenes es muy amplio ya que abarca interés dentro de la medicina, biología, geología, astronomía. Inclusivamente el campo de procesamiento de imágenes se encuentra muy introducido a la seguridad. Por supuesto, cada campo de interés se rige a un determinado concepto de trabajo, el cual determina el tipo de algoritmo óptimo de acuerdo a la función para la cuál será empleado.

Actualmente en el país existe una variedad de proyectos propuestos referentes al reconocimiento de caracteres y, específicamente placas vehiculares. Sin embargo, estos sistemas no se han visto implementados o popularizados en su totalidad, por lo que se propone crear una aplicación versátil y fácil de implementar que permita realizar esta útil función, la misma que será destinada a la labor que el usuario final crea necesaria, ya sea en el control de acceso, velocidad o seguridad vehicular.

Un problema común por la cual no se ha acatado este sistema en nuestro entorno es a causa del elevado índice de error en algunos caracteres que poseen similitud gráfica, por lo que el principal propósito de esta investigación es disminuir dicho índice e incrementar la precisión del sistema frente a diferentes situaciones no favorables del medio, que de una u otra forma afectan en la determinación de dichos caracteres.

1.2. Fundamentos del procesamiento de imágenes.

El procesamiento de imágenes nace propiamente de la disposición tecnológica que permite captar y manipular grandes cantidades de información espacial en forma de matrices de valores (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).

1.2.1. Definiciones.

Visión por computadora: Consiste en la adquisición, procesamiento, clasificación y reconocimiento de imágenes digitales (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).

Píxel: Elemento básico de una imagen, siendo un polígono de color constante (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).

Imagen: Arreglo bidimensional de píxeles con diferente intensidad luminosa (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).

Para representar una imagen matemáticamente se establece la intensidad de luminosidad descrita en cada píxel a través de escalas de grises diferentes representadas por n número de bits, en la presente figura $r = f(x,y)$ representa la intensidad luminosa del píxel en coordenadas cartesianas bidimensionales $[x,y]$ (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing Using MATLAB, 2003).

El diagrama muestra una matriz de 4x4 con los siguientes valores:

		x				
		→				
		0	1	1	2	
		7	6	6	5	
		6	0	4	0	
		5	5	1	2	
	y	↓				

Figura 1. Intensidad de luminosidad por número de bits, eje x,y.
Fuente: Gonzalez R. Woods R. Digital Image Processing.
Elaboración: Gonzalez R. Woods R. Digital Image Processing.

Si deseamos representar un sistema para procesar imágenes se representa como $g(x,y)=T[f(x,y)]$.

Color: El color se forma mediante la combinación de los tres colores básicos rojo, azul y verde (*RGB*) (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993). A continuación, se presentan algunas definiciones básicas para comprender los espacios de color:

- **Brillo:** Indica si un área está más o menos iluminada.
- **Tono:** Indica si un área parece similar al rojo, amarillo, verde o azul o a una proporción de ellos.
- **Luminosidad:** Brillo de una zona respecto a otra zona blanca en la imagen.
- **Croma:** Indica la coloración de un área respecto al brillo de un banco de referencia.
- **Modelo RGB:** Se basa en la combinación de tres componentes espectrales primarias de rojo (red), verde (green), azul (blue). Para lograr un color específico se requiere una combinación de las mismas, para lo cual se realiza la suma aritmética

de los componentes rojo, verde y azul, gráficamente representada por un cubo (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).

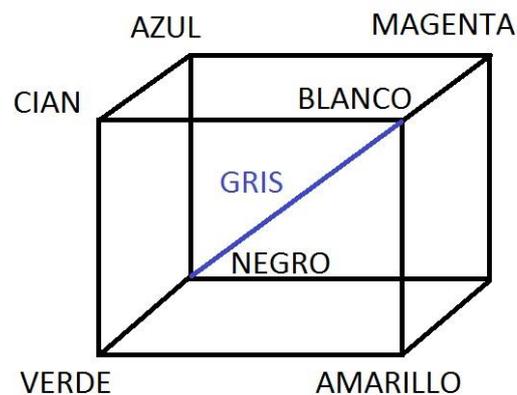


Figura 2. Representación de un espacio RGB.
Fuente: Gonzalez R. Woods R. Digital Image Processing.
Elaboración: Autor.

Para definir un color es necesaria la combinación de tres colores básicos que son: rojo, verde y azul, y representarlos a través de una tripleta de valores comprendidos de cero a uno, los cuales representan las intensidades de los tres colores básicos rojo, verde y azul (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).

Tabla 1. Representación de colores de acuerdo a una tripleta de valores.

COLOR	ROJO	VERDE	AZUL
Blanco	1,0	1,0	1,0
Rojo	1,0	0,5	0,0
Amarillo	1,0	1,0	0,0
Verde	0,0	1,0	0,0
Turquesa	0,0	1,0	1,0
Gris	0,5	0,5	0,5
Rojo Oscuro	0,5	0,0	0,0
Azul	0,0	0,0	1,0
Negro	0,0	0,0	0,0

Fuente: Gonzalez R. Woods R. Digital Image Processing.
Elaboración: Autor.

Mapa de color: El mapa de color es representado por una matriz $n \times 3$, donde cada renglón es una tripleta de colores. El primero corresponde al valor mínimo del eje de color y el último al máximo. Una vez definida las diferentes distribuciones de intensidad, se crean diferentes mapas de color (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993). Algunos mapas de color predeterminados en MATLAB son:

jet, hsv (*hue saturation value*), cool, hoot.

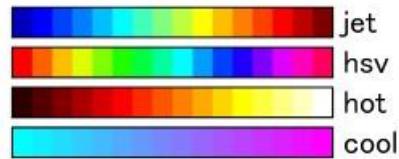


Figura 3. Mapas de color predeterminados en MATLAB.
Fuente: MATLAB.
Elaboración: Autor.

Conectividad: Es utilizado para establecer los límites de objetos en regiones dentro de una imagen para determinar si dos píxeles están conectados, determinando así si son adyacentes en algún sentido y si sus niveles de grises satisfacen un criterio de similitud (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).

Distancia: Proporciona una medición de la separación existente entre dos puntos dentro de una imagen pudiendo así determinarse una función distancia dados tres píxeles (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).

Ruido en imágenes: Todas las imágenes poseen cierto nivel de ruido, el cual puede deberse a la cámara o al medio de transmisión de la señal. Generalmente el ruido se manifiesta como píxeles aislados que toman un nivel de gris diferente al de sus vecinos (Fernández, 2012). Con la finalidad de eliminar o disminuir este factor existen varios métodos de filtrado que se analizarán más adelante.

Ruido Gaussiano: Produce pequeñas variaciones en la imagen y se debe a diferentes ganancias en la cámara, ruido en los digitalizadores o perturbaciones en la transmisión. El valor final del píxel estaría acompañado de una cantidad de error considerada como una variable aleatoria gaussiana (Fernández, 2012).

Impulsional: El valor que toma el píxel no tiene relación con el valor ideal, sino con el valor del ruido que sobrepasa el valor de píxel al llegar a niveles muy altos que es causado por saturación del sensor (Fernández, 2012).

Multiplicativo: Es resultado de la multiplicación de dos señales (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing, 1993).



Figura 4. Tipos de ruido en una imagen. (a) imagen original, (b) sal y pimienta, (c) gaussiano, (d) multiplicativo.

Fuente: Puerta de la Ciudad. Disponible en: Wikipedia.org.

Elaboración: Autor.

1.2.2. Tipos de imágenes en MATLAB.

Los formatos de imágenes soportados son: tiff, jpeg, gif, bmp, png y xwd. MATLAB almacena las imágenes como vectores bidimensionales correspondientes a matrices cuyos valores determinan el del pixel (Cuenca , 2012). Los tipos de imágenes de acuerdo a la discretización del color son:

- Imágenes en niveles de gris (una sola matriz con valores entre 0 y 255).
- Imágenes binarias (escala de grises con dos valores: 0 (negro) y 1 (blanco)).
- Imágenes RGB (tres matrices que forman el color).



Figura 5. Discretización de una imagen. (a) RGB, (b) escala de grises, (c) binaria.

Fuente: Puerta de la Ciudad. Disponible en: Wikipedia.org.

Elaboración: Autor.

1.2.3. Imagen como matriz.

Las imágenes digitales en el entorno MATLAB son representadas automáticamente como matrices, para acceder a cada pixel de la imagen (f), lógicamente se accede a un elemento de dicha matriz cuyo espacio se encuentra representado en N filas y N columnas $f(Nfilas, Ncolumnas)$ (Cuenca , 2012).

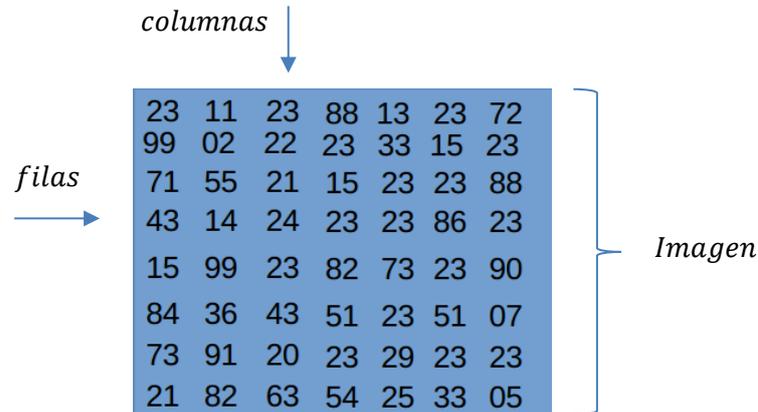


Figura 6. Imagen digital representada como una matriz.
Fuente: Gonzalez R. Woods R. Digital Image Processing.
Elaboración: Autor.

Una vez obtenida la matriz, se procede a extraer la información deseada o incluso trabajar con algunas funciones preestablecidas en MATLAB, de las cuales se describirá las habituales:

imresize: Modifica el tamaño de una imagen (I) a una determinada escala $I = \text{imresize}(\text{imagen}, \text{escala})$ (Cuenca , 2012).

imrotate: Modifica la posición de una imagen (I) de acuerdo al ángulo de referencia $I = \text{imrotate}(\text{imagen}, \text{ángulo}, \text{método})$ (Cuenca , 2012).

imcrop: Recorta una porción de una imagen (I), delimitada por la posición de los píxeles delimitantes $I = \text{imcrop}(\text{imagen}, \text{valores})$, donde la variable valores = [xmin, ymin, ancho, alto] (Cuenca , 2012).

1.2.4. Operaciones sobre matrices.

Posteriormente a la obtención de la matriz correspondiente a una imagen digital, podemos trabajar con otra, a través de operadores y funciones (Cuenca , 2012). Los operadores son los siguientes:

- Suma
- Resta
- Multiplicación
- Traspuesta
- Potenciación
- División Izquierda/Derecha
- Producto/División a Elemento



Figura 7. Operaciones con imágenes a través de matrices. (a) imagen normal, (b) suma de la imagen ($a+a$).

Fuente: Puerta de la ciudad. Disponible en: Wikipedia.org.
Elaboración: Autor.

1.2.5. Morfología.

Las operaciones morfológicas proponen una simplificación del concepto de una imagen, sin alterar las principales características de la misma (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing Using MATLAB, 2003). Son aplicables en imágenes binarizadas. Estas son:

imdilate: Dilatación (I,se). Adiciona pixeles en las fronteras de la imagen (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing Using MATLAB, 2003).

imerode: Erosión (I,se). Remueve pixeles de las fronteras de la imagen (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing Using MATLAB, 2003).

La variable **se**, corresponde al valor **STREL**, y este a su vez al elemento estructural por definirse, estos pueden ser de diferentes formas: diamante (*diamond*), disco (*disk*), rectángulo (*rectangle*), línea (*line*) y cuadrado (*square*) (Gonzalez & Woods, Digital Image Processing Using MATLAB, 2003). En la Figura 8 podemos apreciar diferentes operaciones morfológicas:

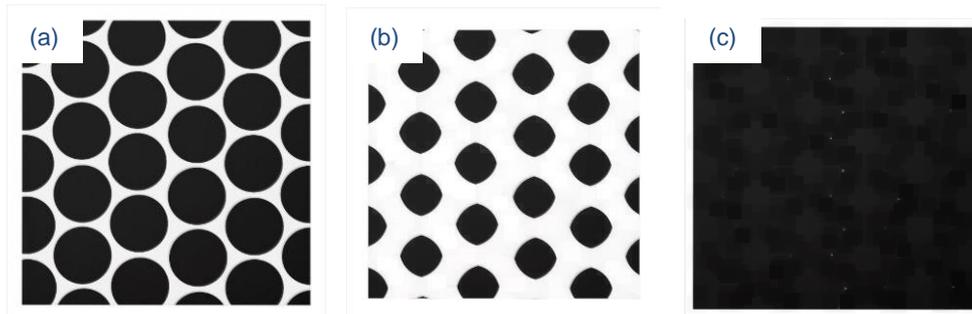


Figura 8. Morfología de una imagen. (a) imagen original, (b) imagen dilatada, (c) imagen erosionada.

Fuente: Círculos negros. Disponible en: zcache.com.

Elaboración: Autor.

1.3. Estado del arte en la detección y reconocimiento de placas vehiculares.

Para el diseño de una aplicación para detección y reconocimiento de placas vehiculares, se toma como referencia sistemas que han sido implementados con la finalidad de unificarlos y resolver los inconvenientes que estos presentan individualmente.

En la aplicación “Diseño y construcción de un prototipo de sistema de control para monitorear e incrementar la seguridad en el acceso vehicular al parqueadero de la ESPE-LI, utilizando procesamiento digital de imágenes” (Mendoza & Romero, 2012), se emplea un algoritmo desarrollado a través de la herramienta LabVIEW, permitiendo la captura de la imagen y posteriormente su adaptación, procesamiento y reconocimiento. Una vez efectuado este proceso se accede a una base de datos que precisa constatar la información captada de la ya existente.

En la tesis “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 la Placa en Tiempo Real por Medio de Visión Artificial, Aplicado al Control Vehicular” (Cañadas & Haro , 2011), se aprovecha las herramientas tecnológicas brindadas por el computador y el programa Matlab para visión artificial orientada a tres enfoques para la detección de la placa vehicular dentro de una imagen obteniendo buenos resultados. Sin embargo, el problema radica al momento de existir objetos que se asemejan a la forma de la placa vehicular u objetos cuyo valor supera al umbral de la placa vehicular, determinando así una zona errónea dentro de la imagen.

En la tesis “Estudio Comparativo entre Algoritmos de Reconocimiento de Borde para Identificación de Placas de Autos” (Paredes & Guerrero, 2012), se realiza un análisis comparativo de los diferentes métodos existentes empleados para la detección y

reconocimiento. El filtro Sobel resulta más eficiente que el filtro Canny gracias a su corto tiempo de ejecución y rápido tiempo de respuesta.

En el documento de “Visión Artificial” (Mery D. , 2004), se expone detalladamente las caracterizaciones que componen la Geometría Proyectiva, así como también diferentes algoritmos que permiten la reconstrucción de una imagen a partir de sus vistas disponibles. La transformación afín y transformación proyectiva general resultaron indispensables para adecuar la imagen a un plano frontal favorable.

En el artículo “Reconocimiento Automático de Matrículas” (Parra & Regajo, 2014), propone realizar tres procedimientos de forma automática: la localización de la matrícula, umbralización y segmentado de caracteres, haciendo uso de su histograma y relación de aspecto de los caracteres. El problema surge al momento de trabajar con imágenes giradas o proyectadas, es decir, imágenes de placas que no tengan una apreciación frontal favorable, ya que existe un alto índice de error en el reconocimiento de caracteres por la segmentación.

En la tesis “Reconocimiento Automático de Matrículas de Automóvil” (Toledo, 2005) empleando redes neuronales, propone la detección de la placa vehicular a partir de un algoritmo que establece la correlación entre dos imágenes, resultando muy versátil al momento de su ejecución. Este procedimiento obtiene un alto índice de acierto en la localización de la placa vehicular.

En el proyecto “Identificación y Reconocimiento de Matrículas de Automóviles con MATLAB” (Ceballos, 2012), se implementan varios procedimientos orientados al reconocimiento de caracteres, detección de áreas, detección de bordes y segmentación de caracteres. Existe una gran dificultad al momento de trabajar con imágenes de placas que no están ubicadas en un plano frontal, por lo tanto, la corrección de la imagen presenta un alto índice de error.

En el proyecto “Reconocimiento de Caracteres de una Placa de Automóvil mediante Redes Neuronales Artificiales usando MATLAB” (Ocampo, 2011), se extrae una zona de la imagen que contiene la placa vehicular basándose en su morfología, seguidamente su extracción y reconocimiento a través de redes neuronales.

En la tesis “Sistema de Reconocimiento de Imagen para Detección de Placas de Vehículo obtenidas con Cámara Web, basado en lenguaje de programación MATLAB” (Lema, 2014), se elabora un sistema de control de acceso mediante algoritmos en técnicas de morfología matemática capaz de efectuar automáticamente el reconocimiento de los caracteres en cualquier placa de uso particular.

En la tesis “Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Ingreso de Vehículos basado en Visión Artificial y Reconocimiento de Placas en el Parqueadero de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca” (Alvarez, 2014), analiza diferentes técnicas de OCR y métodos de análisis y procesamiento de imágenes sujetos a técnicas de visión por computador.

1.4. Formato de placas vehiculares en Ecuador.

La placa vehicular es un distintivo característico de un vehículo que permite su identificación y circulación, sin embargo, existen normas y cualidades que se deben tomar en cuenta para su mejor comprensión y trabajo.

1.4.1. Características de las placas vehiculares.

Las placas vehiculares en Ecuador son proveídas al titular del vehículo por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) al momento de ser matriculado, se emiten dos placas que deben ser colocadas en la parte delantera y trasera del vehículo. Estas placas vehiculares están conformadas por seis o siete caracteres alfanuméricos, siendo las tres primeras letras y los restantes dígitos.

El color de los caracteres es negro mate, el logotipo de la ANT se encuentra en la parte superior izquierda de la placa, es necesario que tengan un relieve de 2 mm y estén dotadas de pintura anticorrosiva con el propósito de mejorar su visibilidad y seguridad (Ley Orgánica del Transporte Terrestre, 2016).

Los caracteres alfanuméricos, tienen una longitud de 70 mm de largo por 38 mm de ancho, la palabra ECUADOR que caracteriza a toda placa deberá tener una longitud de 146 mm de largo por 27 mm de ancho (Ley Orgánica del Transporte Terrestre, 2016), como se aprecia en la Figura 9.



Figura 9. Placas vehiculares de Ecuador.
Fuente: Wikipedia.org.
Elaboración: Autor.

La ANT a través de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre establece que el material de las placas vehiculares sea metálico y completamente reflectivas. Sus dimensiones de 404 mm de largo por 154 mm de ancho (Ley Orgánica del Transporte Terrestre, 2016). Algunas placas vehiculares antiguas no poseen el logotipo de la ANT como se aprecia en la Figura 10.



Figura 10. Formato de placas vehiculares de Ecuador. (a) formato placa antigua, (b) formato placa actual.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

1.4.2. Nomenclatura de las placas vehiculares.

Según la ANT la primera letra contenida dentro de la placa vehicular representa la provincia de la primera matriculación del vehículo, la segunda representa el tipo de autorización asignada a la matrícula, y, la tercera es correlativa. El color de la placa también depende de acuerdo a su asignación, como se observa en la Figura 11, siendo un color parcial superior para vehículos a partir del año 2012 y total para los demás vehículos (Ley Orgánica del Transporte Terrestre, 2016).

Tabla 2. Nomenclatura de las placas vehiculares del Ecuador.

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

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito.

Elaboración: Autor.



Figura 11. Color de placas vehiculares de Ecuador. (a) color placa antigua, (b) color placa actual.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Introducción.

Para el diseño de la aplicación para el reconocimiento de placas vehiculares se emplearon distintos procedimientos reflejados en algoritmos específicos, como se observa en la Figura 12. El diseño comprende un funcionamiento semi-automático con la finalidad de reducir significativamente los errores de detección de la placa vehicular dentro de la imagen. El diagrama de bloques que representa el esquema a utilizar es el siguiente:

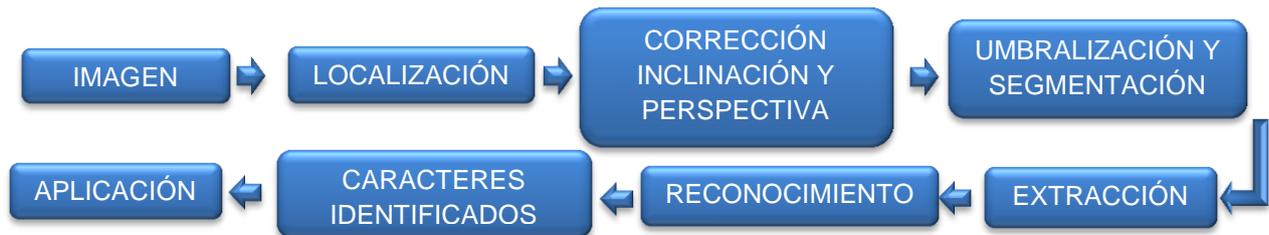


Figura 12. Diagrama de bloques del procedimiento para la aplicación de reconocimiento de placas vehiculares.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.2. Imagen.

Antes de iniciar la secuencia de algoritmos que componen el programa es necesario seleccionar una imagen, la misma que está sujeta a diferentes condiciones favorables y desfavorables con la intención de identificar las limitaciones existentes dentro del programa.

Para este procedimiento fue necesario adquirir 381 imágenes que representa el número estimado de muestreo para la cantidad de vehículos existentes en la ciudad de Loja (ver Anexo I: Tamaño de Muestras Necesarias). Sin embargo, la base de datos de las imágenes tomadas en cuenta en este proceso fueron de 630 imágenes (ver Anexo II: Base de Datos de Imágenes), de las cuales se pudo apreciar diferentes deficiencias al momento de la correcta obtención de resultados que describen claramente las limitaciones del mismo. Estas limitaciones corresponden a un total de 66 imágenes las cuales deberán ser tomadas en cuenta con la finalidad de ser excluidas imágenes que tengan características similares.

Fue necesario clasificar todas las imágenes en tres grupos principales: frontales, proyectadas y nocturnas. Por otro lado, con el propósito de ampliar la sugestión del funcionamiento del algoritmo, se añadió dos subgrupos de imágenes sujetas a variaciones de distancia y tamaño.

2.2.1. Imágenes frontales de placas vehiculares.

Son imágenes cuya placa vehicular no presenta ningún tipo de inclinación angular o proyectiva, son capturadas en frente o detrás del vehículo por lo tanto su apreciación es total. En la Figura 13 se puede apreciar distintos tipos de imágenes frontales de placas vehiculares.



Figura 13. Imágenes frontales de una placa vehicular.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.2.2. Imágenes proyectadas de placas vehiculares.

Estas imágenes poseen una inclinación angular y proyectiva característica, son captadas desde una posición no favorable resultando difícil su apreciación. La Figura 14 muestra algunas imágenes con tales características.



Figura 14. Imágenes de una placa vehicular proyectada.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.2.3. Imágenes nocturnas de placas vehiculares.

Son imágenes de placas vehiculares captadas en la noche donde la iluminación y factores del medio dificultan o impiden la correcta apreciación de la placa vehicular dentro de la imagen. En la Figura 15 se presenta algunas imágenes captadas en la noche.



Figura 15. Imágenes de una placa vehicular captada en la noche.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.2.4. Imágenes variables en distancia.

Son imágenes de placas vehiculares cuya variable principal es la distancia existente entre el vehículo y la posición de la realización de la captura. Esta variable será medida en metros (m). Estas imágenes también pueden ser frontales, proyectadas, captadas en la noche o en el día como se muestra en la Figura 16.



Figura 16. Imágenes de una placa vehicular tomadas a distancia. (a) 1 m, (b) 2 m, (c) 3 m.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.2.5. Imágenes variables en tamaño.

Son imágenes de placas vehiculares cuyo tamaño varía con la finalidad de simular la capacidad de diferentes cámaras digitales. Este valor se mide en píxeles, por ejemplo si una cámara obtiene una imagen de 1.600 x 1.200 píxeles = 1'920.000 píxeles ~ 2 megapíxeles (MP), entonces su tamaño será de 2 MP. En la Figura 17 podemos apreciar imágenes de diferentes tamaños que aparentemente no presentan diferencia alguna.

Sin embargo, si aplicamos un acercamiento equitativo a cada imagen como en la Figura 18, se puede apreciar con mayor claridad la diferencia existente al momento de trabajar con imágenes de tamaños diferentes, por lo tanto si se tiene una imagen de pocos megapíxeles de tamaño al acercar la imagen, se nota que los píxeles son más visibles, obteniendo así una imagen pixelada.



Figura 17. Imágenes de una placa vehicular de diferente tamaño. (a) 0,3 MP, (b) 3 MP, (c) 8 MP.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.



Figura 18. Imágenes de una placa vehicular de diferente tamaño al aplicar un acercamiento equitativo. (a) 0,3 MP, (b) 3 MP, (c) 8 MP.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

La selección de la imagen se la realiza a través de la función **uigetfile** que muestra un cuadro de diálogo donde enlista los archivos contenidos en el directorio actual de ejecución del programa, permitiendo así ingresar o seleccionar el nombre y extensión (.bmp, .png, .jpg) del archivo de la imagen. Posteriormente esta imagen seleccionada se almacenará en una variable previamente declarada (Ver ANEXO III: Algoritmo de Programación Parte 1, Cargar Imagen).

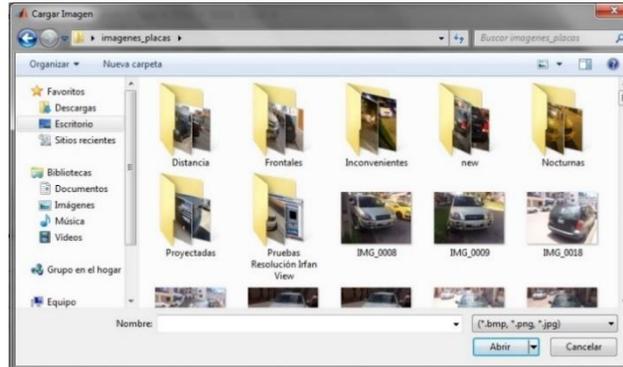


Figura 19. Uso del comando uigetfile.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.3. Localización.

Con la finalidad de precisar la ubicación correcta de la placa dentro de la imagen, fue necesario utilizar la función **imagesc** que junto con **imcrop** permite mostrar los datos de una matriz como imagen y realizar un recorte que precise la ubicación de la placa vehicular (Ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte 1, Selección Región Determinada de la Placa). Este procedimiento pese a no ser automático resulta muy útil al momento de desprestigiar regiones de la imagen ajenas a la zona donde está localizada la placa vehicular, permitiendo así que el tiempo de procesamiento del programa y el índice de error de localización se vean reducidos significativamente.

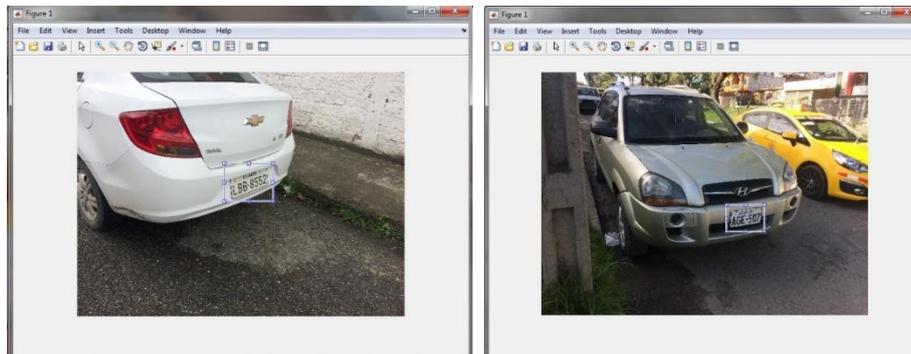


Figura 20. Uso del comando imagesc e imcrop.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.3.1. Conversión a escala de grises.

Una vez adquirida la región de la imagen que contiene la placa vehicular, es necesario que exista un pre procesamiento de la misma con la finalidad de adecuarla para los siguientes procedimientos.

La imagen resultante al momento es una imagen con formato RGB (tres canales), por lo que es necesario convertirla a escala de grises (un solo canal) con la finalidad de expropiarnos de las cualidades innecesarias de la imagen. La Figura 21 muestra el paso de una imagen RGB a escala de grises.



Figura 21. Conversión RGB a escala de grises.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.3.2. Algoritmo de detección de bordes Sobel.

Los bordes en una imagen digital se pueden definir como transiciones entre dos regiones de niveles de gris significativamente distintos (Torres S. A., 2005). Los bordes proporcionan una valiosa información sobre las fronteras de los objetos, ideal para la detección del contorno de la placa vehicular.

La mayoría de técnicas para detectar bordes emplean operadores basados en la primera derivada o (gradiente) de los niveles de grises de la imagen. Es necesario destacar que la derivada de una señal continua proporciona variaciones locales con respecto a cada variable, siendo el valor de la variable más alto conforme más variaciones existan (Torres S. A., 2005).

Nuestra imagen al ser bidimensional, es decir $f(x,y)$, el operador gradiente determinará un vector cuya dirección apunta a la máxima variación de $f(x,y)$ y su módulo será proporcional a dicha variación (Torres S. A., 2005). Este vector se denomina vector gradiente y está definido en la Ecuación [1] y su magnitud en la Ecuación [2] de la siguiente manera:

$$\nabla f(x, y) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{bmatrix} \quad [1]$$

$$\text{Magnitud } [\nabla f(x, y)] = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\right)^2} \quad [2]$$

La discretización del vector gradiente en el eje x corresponde a la Ecuación [3]. Asimismo la discretización del gradiente en el eje y , corresponde a la Ecuación [4].

$$G_f = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \approx \nabla_x f(x, y) = f(x, y) - f(x - 1, y) = [-1, +1] \quad [3]$$

$$G_c = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \approx \nabla_y f(x, y) = f(x, y) - f(x, y - 1) = [-1, +1] \quad [4]$$

Donde: G_f = gradiente filas y G_c = gradiente columnas.

El gradiente en filas y columnas se obtiene gracias a la convolución de la imagen con la máscara correspondiente al operador, como se aprecia en la Ecuación [5]:

$$G_f(i, j) = F(i, j) * H_f(i, j)$$

$$G_c(i, j) = F(i, j) * H_c(i, j) \quad [5]$$

Donde: H_f = máscara del operador filas y H_c = máscara del operador columnas. En la Figura 22, se muestra la máscara del operador Sobel para filas y columnas:

H_f			H_c		
-1	0	+1	-1	-2	-1
-2	0	+2	0	0	0
-1	0	+1	+1	+2	+1

Figura 22. Máscara del operador Sobel.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

La magnitud del gradiente resultante es obtenida por medio de la Ecuación [6] y la dirección de gradiente es determinada por el ángulo resultante de aplicar la Ecuación [7]:

$$G = \sqrt{G_f^2 + G_c^2} \quad [6]$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad [7]$$

En MATLAB la función que permite la detección de bordes es **edge** (Ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte 1, Selección Región Determinada de la Placa). Esta función encuentra los bordes en una imagen de distintos niveles de intensidad. El resultado es una imagen binaria del mismo tamaño que la original, siendo el valor de uno para un borde detectado y cero para su ausencia (Torres S. A., 2005). Para este caso se ha empleado la dirección horizontal, como se aprecia en la Figura 23.



Figura 23. Aplicación de filtro Sobel horizontal a una imagen en escala de grises.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

2.3.3. Corrección de la inclinación y perspectiva de la imagen.

Existen situaciones en las cuales la imagen capturada no presenta una posición favorable para su apreciación debido a la ubicación del vehículo hacia la cámara, presentando una ligera inclinación o distorsión al momento de ser capturada la imagen. Al presentarse tal situación es necesario implementar procedimientos que permitan detectar y corregir dicho inconveniente con la finalidad de descartar futuros problemas de reconocimiento.

La matrícula es un objeto tridimensional que al ser capturado en una imagen es proyectada sobre un plano bidimensional presentando algunas veces variaciones de distorsión o rotación. Estas dos situaciones son completamente diferentes una de otra, aunque existen imágenes que presentan estas variaciones conjuntamente.

Si la línea frontal existente entre la placa F_p (Figura 24) y la cámara F_c (Figura 24) es la misma y el eje de la placa A_p (Figura 24) es paralelo al eje A_c (Figura 24) de la cámara, se considera que se trata de una placa sin ningún problema de distorsión o rotación. A continuación en la Figura 24 represento un ejemplo de una imagen sin problemas de distorsión o rotación.

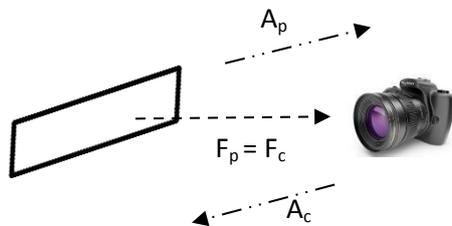


Figura 24. Imagen de una placa vehicular con ángulo y apreciación correcta.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Si la línea frontal existente entre la placa F_p (Figura 25) y la cámara F_c (Figura 25) es la misma, pero el eje de la placa A_p (Figura 25) no es paralelo al eje A_c (Figura 25) de la cámara, se considera que se trata de una placa girada o rotada, como se aprecia en la Figura 25.

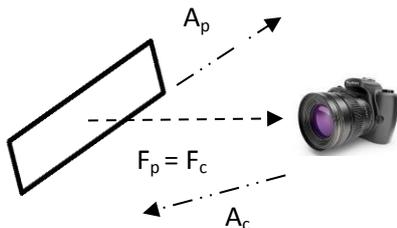


Figura 25. Imagen de una placa vehicular inclinada o girada.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Cuando la línea frontal existente entre la placa F_p (Figura 26) y la cámara F_c (Figura 26) no es la misma, pero el eje de la placa A_p (Figura 26) es paralelo al eje A_c (Figura 26) de la cámara, se considera que se trata de una placa distorsionada, como se observa en la Figura 26.



Figura 26. Imagen de una placa vehicular con distorsión perspectiva.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

2.3.3.1. Corrección de la inclinación de la placa a través de la Transformada de Hough.

Al capturar un documento con una cámara de mano, es común tener como salida una imagen distorsionada en perspectiva (Pilu, 2001). En los casos donde la placa se encuentra ligeramente inclinada, es necesario primeramente determinar dicho ángulo de inclinación o rotación con la finalidad de corregir tal inconveniente.

La Transformada de Hough permite la determinación de pistas ilusorias a través de los bordes de la imagen, para lograr su rectificación y así obtener una imagen corregida (Pilu, 2001), por lo que resulta muy útil el trabajar con el detector de filtro Sobel ya que al aplicarlos en conjunto sobre la imagen, se puede apreciar claramente los bordes del contorno de la placa vehicular.

La representación matemática de una línea en el sistema de coordenadas ortogonal es una ecuación definida por la Ecuación [8] y la Ecuación [9]:

$$y = a \cdot x + b \quad [8]$$

$$b = -x \cdot a + y \quad [9]$$

Donde: a = inclinación y b = sección eje x de la línea.

Y todos los puntos $[x, y]$ en conjunto forman parte de la línea, siempre y cuando esta ecuación se cumpla. La línea al contener un número infinito de puntos asevera también que un punto puede ser atravesado por un número infinito de rectas. Esta relación es la idea principal de la Transformada de Hough (Ceballos, 2012).

La Ecuación [8] es equivalente a la Ecuación [9], y definen un conjunto de todas las rectas que pueden atravesar un punto (a, b) ubicado en el plano $[x, y]$ como se puede apreciar en la Figura 27(a). Por lo tanto, existe para cada punto en el eje de coordenadas “ xy ” una línea de coordenadas “ ab ” denominado espacio de Hough (Ceballos, 2012). Si se considera un punto (x_i, y_i) por el cual pasan un número infinito de rectas y un punto (x_j, y_j) adicional, ambas rectas compartirán un punto en común de intersección en el plano (ab) , donde a' es la pendiente y b' es la ordenada al origen de la recta que contiene a los puntos (x_i, y_i) y (x_j, y_j) como se observa en la Figura 27(b) (Quilmes U. N., 2005).

Un problema común al emplear la Ecuación [8] para representar una recta, es que tanto la pendiente como la ordenada al origen, conforme la línea tiende a hacerse vertical pueden llegar a valer infinito (Quilmes U. N., 2005). Una forma de resolver este inconveniente es emplear la Ecuación [10], que permite la representación de la recta en coordenadas polares.

$$\rho = x \cdot \cos\theta + y \cdot \sin\theta \quad [10]$$

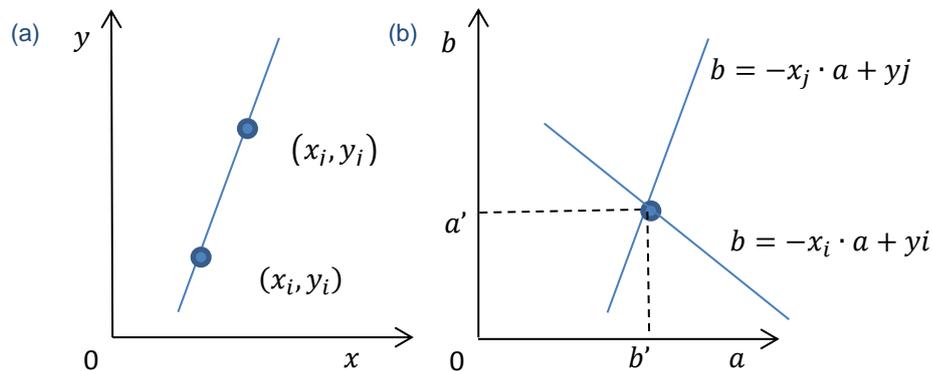


Figura 27. Ubicación de un punto en común atravesado por dos rectas en el espacio de Hough.
 Fuente: Universidad Nacional de Quilmes. Procesamiento Global empleando la Transformada de Hough.
 Elaboración: Autor.

Al emplear los parámetros polares (ρ, θ) a cada punto del plano $[x, y]$ corresponde ahora una senoide en el plano $[\rho, \theta]$ en lugar de una recta, donde un número infinito de sinusoides se intersecaran en el punto (ρ_i, θ_i) del espacio de Hough (Quilmes U. N., 2005). Por lo tanto, este procedimiento se puede utilizar para determinar líneas rectas que tengan un punto en común con un ángulo θ_i a una distancia ρ_i . La Figura 28 muestra el resultado de emplear coordenadas polares.

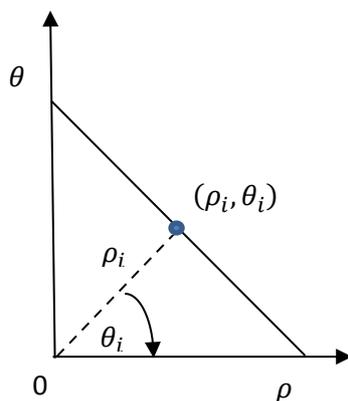


Figura 28. Espacio de Hough representado en coordenadas polares.
Fuente: Universidad Nacional de Quilmes. Procesamiento Global empleando la Transformada de Hough.
Elaboración: Autor.

Dado que las imágenes al almacenarse en matrices su orden inicia desde la parte superior izquierda para el conteo de filas y columnas, se elige el origen y los ejes en la misma dirección de inicio, como se muestra en la Figura 29. Así el ángulo θ_i del espacio de Hough es correspondiente al ángulo existente entre la recta y el eje x (Quilmes U. N., 2005).

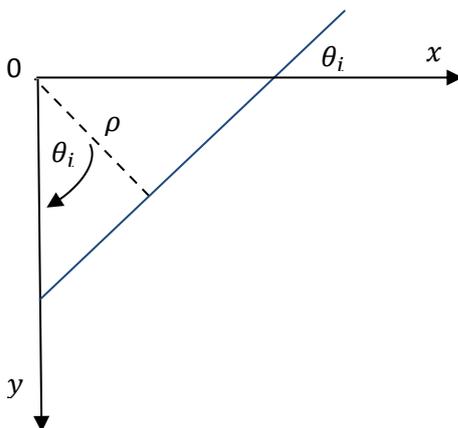


Figura 29. Determinación del ángulo de inclinación a través de la Transformada de Hough.
Fuente: Universitat Jaume I. Transformada de Hough.
Elaboración: Autor.

Para implementar la Transformada de Hough es necesario discretizar los ejes polares (ρ, θ) y representarlos en una matriz $N(\rho, \theta)$, cuyo valor representa el número de curvas que intersecan tal punto, correspondiendo a la inclinación el valor máximo encontrado en la matriz (Mery D. , 2004). Es necesario limitar la restricción angular para rectas horizontales y verticales, con la finalidad de precisar rectas candidatas y reducir notablemente el tiempo de procesamiento dentro del programa.

La matriz $N(\rho, \theta)$ estará representada por los valores discretos de ρ_i que corresponden a las filas y los valores de θ_i a las columnas, siendo el valor de cada elemento de la matriz el número de puntos que pasan por una recta para un ρ_i y θ_i específicos (Mery D. , 2004). Posteriormente, al ubicar el valor máximo de la matriz correspondiente a la recta con un ángulo de inclinación θ , resulta viable la corrección de la inclinación angular de la placa. Para este procedimiento se utiliza el algoritmo que fundamenta el principio de la Transformada de Hough para detección de rectas (Quilmes U. N., 2005) (Mery D. , 2004)(ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte 2, Corrección Inclinación). En la Figura 29 se puede apreciar la corrección de una imagen con una inclinación de -36° .

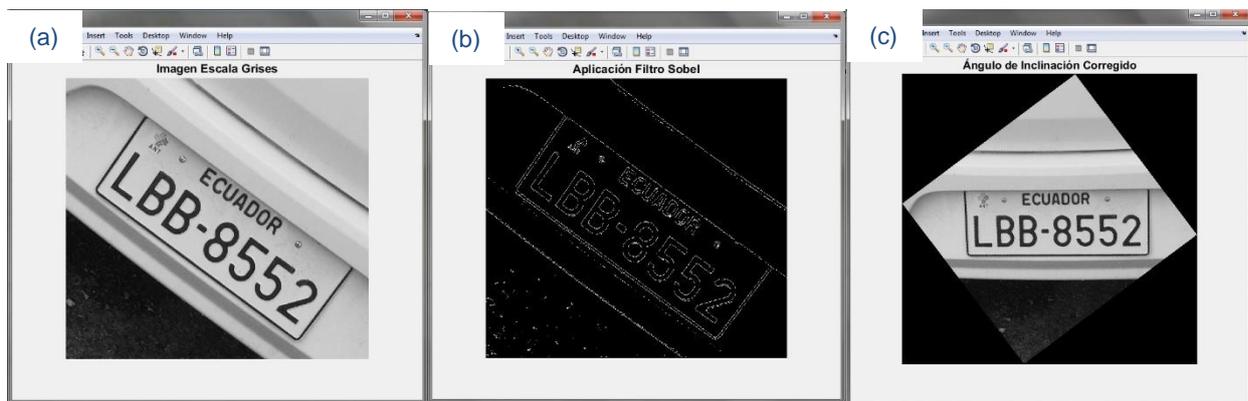


Figura 30. Corrección de la inclinación a través de la Transformada de Hough. (a) imagen en escala de grises, (b) aplicación filtro sobel horizontal, (c) ángulo de inclinación corregido.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.3.3.2. Corrección de la distorsión o proyección de la placa a través de la Transformación Proyectiva.

La Transformación Proyectiva es el procedimiento idóneo para las situaciones donde la imagen que contiene la placa vehicular no corresponde a una inclinación, sino a una distorsión o proyección de la misma. En la Figura 31, se puede observar que la aplicación de la Transformada de Hough no corrige el problema de la distorsión ya que los caracteres siguen manteniendo una ligera inclinación, lo cual dificultaría las etapas posteriores de segmentación y reconocimiento. Es así que con la finalidad de rectificar este problema se recurre a la Transformación Proyectiva.

El propósito de la Transformación Proyectiva es la proyección de la imagen que contiene la placa en un plano rectangular corregido, asignando un punto arbitrario del plano distorsionado a su correspondiente del plano corregido. Dado que el mapeo está delimitado

por cuatro puntos en el espacio 2D, esto da lugar a la existencia de ocho coordenadas (Ceballos, 2012) representadas por la matriz H como se observa en la Ecuación [11]:

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad [11]$$

Siendo: $h_{31} + h_{32} + h_{33} = 1$

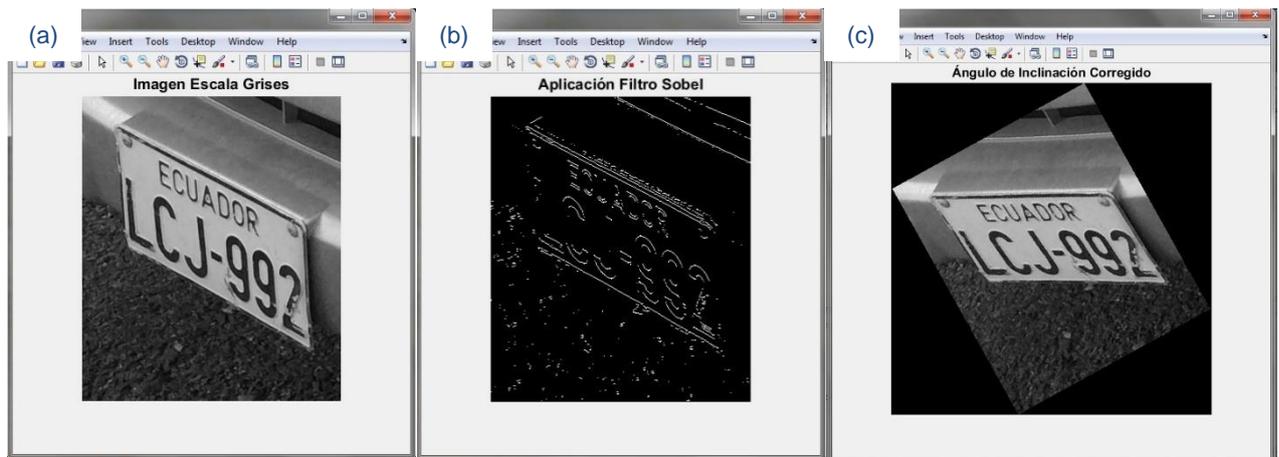


Figura 31. Inconveniente al emplear la Transformada de Hough. (a) imagen en escala de grises, (b) aplicación filtro sobel horizontal, (c) ángulo de inclinación corregido.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Los valores correspondientes a la matriz H se hallan a partir de los cuatro puntos que conforman los vértices del plano distorsionado y los cuatro restantes correspondientes a la región del plano corregido. Esta transformación conserva la colinearidad en las líneas rectas más no en las líneas paralelas. Una vez aplicada la Transformada Proyectiva es necesario aplicar una interpolación bilineal que determine el valor de gris correspondiente del punto del plano distorsionado al plano corregido (Mery D. , 2004). En la Figura 32 se puede apreciar este proceso de transformación:

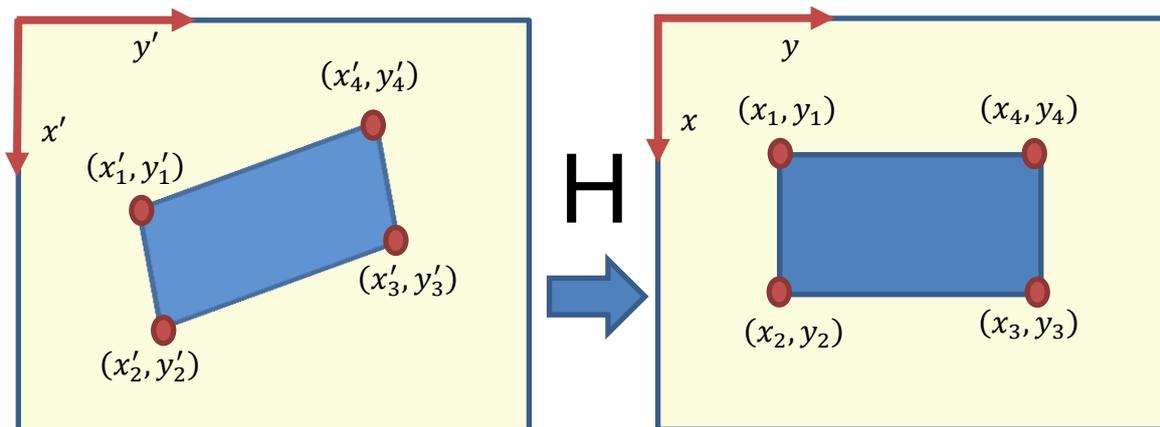


Figura 32. Corrección de la distorsión de una imagen a través de la Matriz H.

Fuente: Mery D. Visión por Computador.

Elaboración: Autor.

Las relaciones entre el plano $[x, y]$ y $[x', y']$ están descritas por la Ecuación [12] y Ecuación [13] de la siguiente manera:

$$x' = \frac{x'_1}{x'_3} = \frac{h_{11}x + h_{12}y + h_{13}}{h_{31}x + h_{32}y + h_{33}} \quad [12]$$

$$y' = \frac{x'_2}{x'_3} = \frac{h_{21}x + h_{22}y + h_{23}}{h_{31}x + h_{32}y + h_{33}} \quad [13]$$

Si se divide para un mismo factor todos los elementos h_{ij} ya sea en x' o y' , éstos no cambiarán su valor por lo que se puede establecer que $h_{33} = 1$. De esta forma restarían por hallar ocho valores de la matriz H (Mery D. , 2004). Para definir la matriz H es necesario definir solamente cuatro puntos, por ejemplo:

$$(x'_1, y'_1) = (1,1) \quad (x'_2, y'_2) = (4,1) \quad (x'_3, y'_3) = (3,4) \quad (x'_4, y'_4) = (2,4)$$

$$(x_1, y_1) = (1,1) \quad (x_2, y_2) = (4,1) \quad (x_3, y_3) = (4,4) \quad (x_4, y_4) = (1,4)$$

Entonces si $h_{33} = 1$, las Ecuaciones [12] y [13] pueden ser representadas como la Ecuación [14] de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'x & -x'y \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -y'x & -y'y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad [14]$$

De esta manera se obtiene dos ecuaciones por cada punto correspondiente. Si se aplica este procedimiento para todos los puntos, se tiene como resultado la Ecuación [15]:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -16 & -4 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 1 & 1 & -4 & -1 \\ 4 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -12 & -12 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 4 & 1 & -16 & -16 \\ 1 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -2 & -8 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 4 & 1 & -4 & -16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 1 \\ 3 \\ 4 \\ 2 \\ 4 \end{bmatrix} \quad [15]$$

Finalmente resolviendo el sistema se obtiene la matriz H, representada en la Ecuación [16]:

$$H = \begin{bmatrix} 3 & 5 & -5 \\ 0 & 11 & -8 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad [16]$$

La matriz H obtenida será la que permita realizar la corrección de la perspectiva de la imagen (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte III, Resolución Matriz de Transformación H), siendo únicamente necesarios los cuatro puntos correspondientes al plano distorsionado de la placa $[x',y']$, ya que los cuatro puntos restantes pueden delimitarse conforme a las dimensiones que se requiera establecer de acuerdo al plano $[x,y]$. Posteriormente a través del uso de un algoritmo de interpolación bilineal (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte III, Interpolación Bilineal), se establece un valor de gris adecuado en relación a los valores de los pixeles vecinos, logrando establecer la correspondencia de cada pixel de la imagen del plano distorsionado al pixel del plano corregido (Mery D. , 2004) (Martin & Fernández, 1999). La Figura 33 muestra el resultado de este procedimiento.

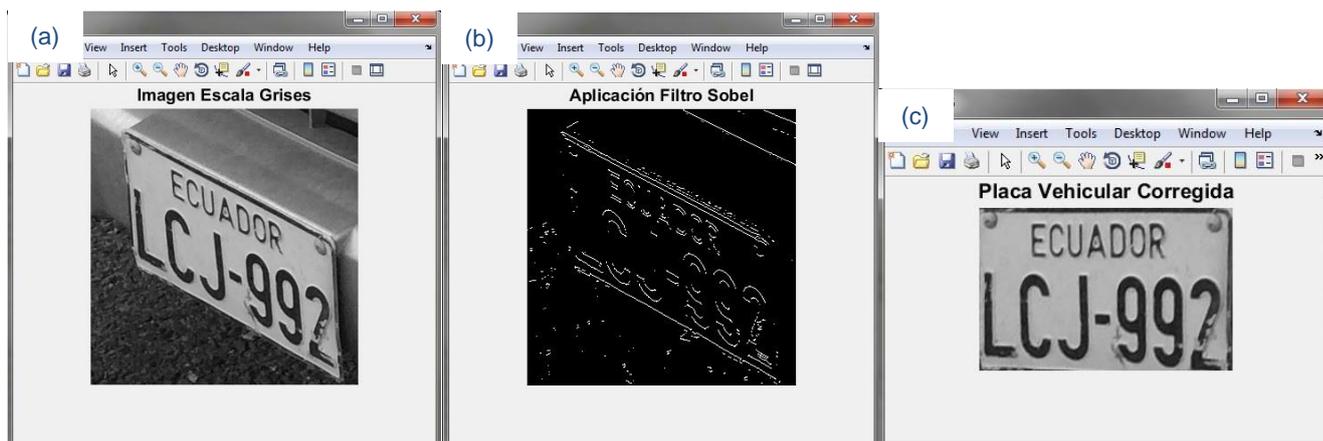


Figura 33. Corrección de la distorsión de la placa a través de la Transformación Proyectiva. (a) imagen en escala de grises, (b) aplicación filtro sobel horizontal, (c) corrección de la distorsión de la placa.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

La Transformación Proyectiva a través de la matriz H , asigna para cada pixel (x', y') un pixel correspondiente (x, y) dentro del nuevo plano $[x, y]$ ausente de distorsión. Este valor asignado corresponde a un valor de gris interpolado de sus cuatro pixeles vecinos, siendo definidos por valores enteros y tomando el nivel de gris más adecuado (Mery D. , 2004). El algoritmo que fundamenta este proceso de interpolación se describe a continuación:

Sea un número determinado de puntos (x', y') correspondientes al plano distorsionado $[x', y']$, donde $x' = [1, \dots, N]$ y $y' = [1, \dots, M]$.

Por correspondencia se establece que en el plano $[x, y]$ existirán valores equivalentes: $x = [1, \dots, N]$; $y = [1, \dots, M]$. Los cuales se calcularan de la siguiente manera:

Primeramente se define la matriz traspuesta m por medio de la Ecuación [17], que corresponde al plano distorsionado, una vez determinada la matriz m es posible calcular los valores correspondientes al plano a través de la Ecuación [18].

$$m = [x \ y \ 1]^T \quad [17]$$

$$x' = \frac{m_1}{m_3} \quad ; \quad y' = \frac{m_2}{m_3} \quad [18]$$

Una vez determinado el valor de x' y y' , es necesario definir los valores $x_2, y_2, \Delta x'$ y $\Delta y'$ por medio de la Ecuación [19]. Estos valores permitirán hallar los puntos correspondientes a la imagen corregida I a través de la Ecuación [20].

$$x_2 = \text{fix}(x'); y_2 = \text{fix}(y'); \Delta x' = x' - x_2; \Delta y' = y' - y_2 \quad [19]$$

La función fix arroja un valor entero del valor real correspondiente de los puntos (x', y') y sus variaciones $\Delta x'$ y $\Delta y'$.

$$I(x, y) = [I'(x_2 + 1, y_2) - I'(x_2, y_2)]\Delta x' + [I'(x_2, y_2 + 1) - I'(x_2, y_2)]\Delta y' + [I'(x_2 + 1, y_2 + 1) + I'(x_2, y_2) - I'(x_2 + 1, y_2) - I'(x_2, y_2 + 1)]\Delta x'\Delta y' + I'(x_2, y_2) \quad [20]$$

Donde: I =imagen corregida; I' =imagen distorsionada.

2.3.3.3. Corrección de la distorsión e inclinación de la placa vehicular.

Para realizar la corrección de la distorsión de una imagen a través de la Transformación Proyectiva es necesario especificar los puntos correspondientes a los vértices de la imagen distorsionada. El inconveniente ocurre al trabajar sobre toda la imagen y no específicamente sobre la placa. De esta manera existiría una corrección total de la imagen más no de la placa, razón por la cual es necesario primeramente definir los puntos que encierran el contorno de la placa vehicular.

La Transformada de Hough permite determinar las rectas más destacadas dentro de una imagen, permitiendo ubicar la recta inferior de la placa y posteriormente determinar su ángulo de inclinación (Ceballos, 2012). Sin embargo, es necesario emplear la misma técnica pero para un propósito distinto (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte IV, Construcción del Recuadro que Contiene la Placa Vehicular a través de la Transformada de Hough) que consiste en determinar cuatro rectas dentro de la imagen, que corresponderá al marco que contiene la placa vehicular (Quilmes U. N., 2005). La Figura 34 muestra claramente el recuadro formado por las cuatro rectas que conforman la placa vehicular.

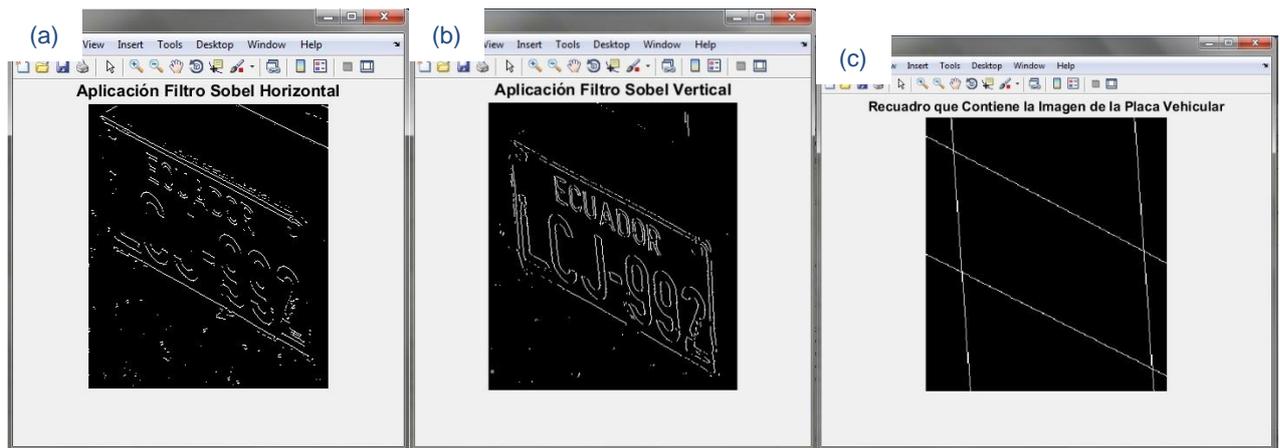


Figura 34. Construcción del recuadro que contiene la placa vehicular a través de la Transformada de Hough. (a) aplicación filtro sobel horizontal, (b) aplicación filtro sobel vertical, (c) recuadro que contiene la placa vehicular.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Para la detección de las rectas que conforman el recuadro es necesario aplicar un filtro Sobel horizontal y vertical a la imagen, el filtro Sobel horizontal permitirá la detección de bordes en esta dirección y por otro lado el filtro Sobel vertical detectará los bordes verticales. La proyección de estas rectas genera un recuadro dentro de la imagen como podemos apreciar en la Figura 34(c), cuya ubicación corresponde a la de la placa vehicular.

Las rectas que conforman el recuadro de la placa vehicular denotan intersecciones entre sí. Estos puntos claramente describen vértices que corresponden a los de la placa vehicular y por ende a partir de este principio es aplicable la Transformada Proyectiva. Para poder ubicar y almacenar los vértices se emplea un algoritmo (ver Anexo III: Algoritmo de Programación IV, Intersección) que establece la similitud entre las rectas con respecto a un punto en común, obteniendo así los valores para las abscisas y para las ordenadas (Mery D. , 2004). La Ecuación [21] muestra el valor correspondiente para las abscisas y la Ecuación [22] para las ordenadas:

$$[xx] = [x_1, x_2, x_3, x_4] \quad [21]$$

$$[yy] = [y_1, y_2, y_3, y_4] \quad [22]$$

Una vez obtenidos las matrices que contienen la ubicación de los puntos de intersección, es necesario ordenarlos en sentido horario empezando por el superior izquierdo para su correcta apreciación y correspondencia con la imagen corregida (Martin & Fernández, 1999) (Mery D. , 2004), por lo tanto la imagen estará delimitada por los siguientes vértices, como se puede apreciar en la Ecuación [23]:

$$I = [(x_2, y_2), (x_1, y_1), (x_3, y_3), (x_4, y_4)] \quad [23]$$

Ahora que la región de la placa está delimitada por cuatro vértices es posible aplicar la Transformada Proyectiva a través de la matriz H, para así generar una nueva imagen en un plano corregido $[x, y]$, por lo que se empleará nuevamente el algoritmo correspondiente a la Transformada Proyectiva (ver Anexo III: Algoritmo de Programación III, Resolución Matriz de Transformación H). La Figura 35 muestra el resultado obtenido de asociar la Transformada de Hough y la Transformación Proyectiva.

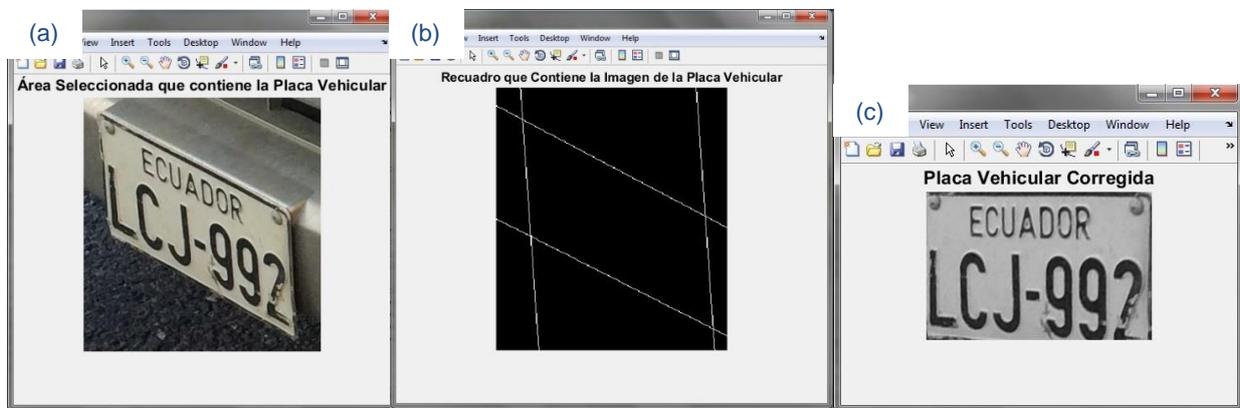


Figura 35. Corrección de la distorsión e inclinación a través de la Transformada de Hough y Transformada Proyectiva. (a) área de la imagen que contiene la placa vehicular, (b) recuadro que contiene la placa vehicular, (c) distorsión de la placa vehicular corregida.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Existen casos donde las rectas horizontales no cortan en ningún punto a las verticales, al no contar con los cuatro vértices de la imagen no es posible realizar la Transformada Proyectiva. Para este inconveniente se hizo uso de un algoritmo (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte V, Posible Corrección) que permita el desplazamiento de la recta horizontal en conflicto sobre el eje de las ordenadas, hasta buscar un punto de intersección con las rectas verticales, permitiendo así que los puntos restantes se logren identificar (Martin & Fernández, 1999). Las Figuras 36 y 37 muestran el resultado de aplicar este algoritmo.

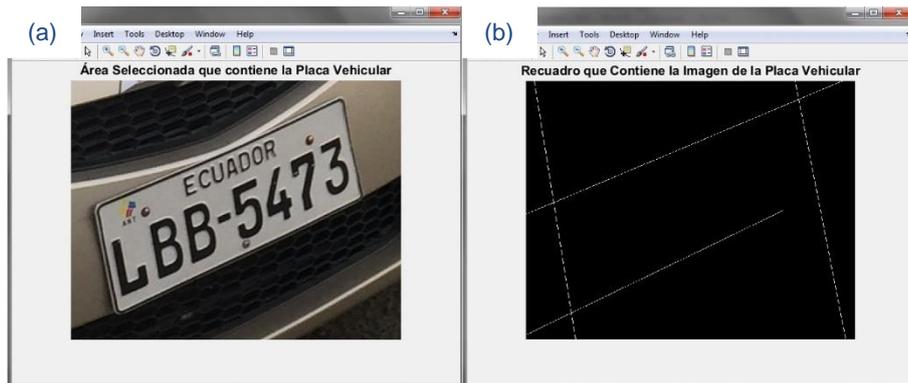


Figura 36. Inconveniente en la representación del recuadro que contiene la placa vehicular. (a) área de la imagen que contiene la placa vehicular, (b) recuadro que contiene la placa vehicular.

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

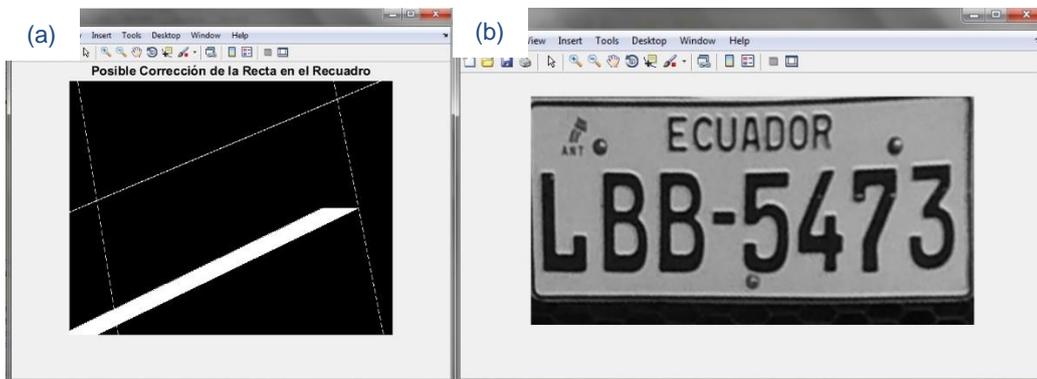


Figura 37. Prolongación de la recta horizontal inferior para hallar un punto de intersección. (a) recuadro que contiene la placa vehicular, (b) aplicación de la transformación proyectiva y corrección de distorsión.

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

2.4. Umbralización.

La umbralización es la conversión de una imagen en escala de grises a binaria, con la finalidad de eliminar objetos innecesarios y mantener objetos deseados en una imagen. Para este procedimiento es necesario definir un valor de umbral, el cual establecerá un límite donde cualquier objeto con un umbral mayor al definido pasará a formar parte de la imagen resultante, caso contrario formará parte del fondo (Valladolid, 2010).

Este procedimiento brinda la capacidad de trabajar con mayor rapidez, ya que al contar con dos niveles 1 (blanco) y 0 (negro) y establecer un valor de umbral determinado. Este

proceso es realmente útil para separar el texto de una imagen, permitiendo en nuestro trabajo resaltar únicamente los caracteres de la placa vehicular (Valladolid, 2010).

2.4.1. Umbralización por el método de Otsu.

Existe un número considerado de métodos de umbralización, la mayoría no dan buenos resultados al ser sometidos en imágenes con la presencia de ruido o iluminación inadecuada. El método de Otsu es un procedimiento no paramétrico ya que la obtención del valor del umbral corresponde a un criterio, el cual consiste en maximizar la varianza entre clases (*between-class variance*) mediante una búsqueda exhaustiva (Quilmes U. N., 2005).

Si se tiene una imagen en escala de grises cuyo nivel está representado por L , el valor del umbral T es el que define dos niveles de umbral C_1 y C_2 dentro de la imagen, los cuales se componen de la siguiente manera: $C_1 = [0, \dots, T]$; $C_2 = [T + 1, \dots, L]$. La probabilidad de ocurrencia de un nivel de gris está dada por la Ecuación [24], resultando directamente proporcional a la frecuencia de repetición de un nivel de gris específico e inversamente proporcional al número de pixeles correspondientes de la imagen (Quilmes U. N., 2005).

$$p_i = \frac{f_i}{N} \quad [24]$$

Donde: N = Número de pixeles de la imagen;

p_i = Probabilidad de ocurrencia de un nivel de gris;

f_i = Frecuencia de repetición de un nivel de gris específico.

Una vez determinada la probabilidad de ocurrencia de nivel gris p_i , es posible determinar la probabilidad de paso de un pixel a un nivel de umbral C_1 o C_2 a través de la Ecuación [25].

$$C_1 = \frac{p_t}{\omega_1(t)} \quad ; \quad C_2 = \frac{p_{t+1}}{\omega_2(t)} \quad [25]$$

La distribución de probabilidad para los dos niveles de gris es equivalente a la Ecuación [26], donde ω_1 representa los valores menores o iguales al umbral T y ω_2 representa los valores mayores (Quilmes U. N., 2005).

$$\omega_1 = \sum_{i=0}^T p_i \quad ; \quad \omega_2 = \sum_{i=T+1}^{L=255} p_i \quad [26]$$

Donde: $\omega_1 = (i \leq T)$; $\omega_2 = (i > T)$.

Posteriormente obtenidos los valores p_i y asignados a un grupo ω , es necesario determinar la media existente de cada grupo. Los valores medios los grupos μ_1 y μ_2 se los determina a través de la Ecuación [27] (Quilmes U. N., 2005).

$$\mu_1 = \sum_{i=0}^T \frac{ip_i}{\omega_1} ; \mu_2 = \sum_{i=T+1}^{L=255} \frac{ip_i}{\omega_2} \quad [27]$$

Según Otsu, la varianza representativa de cada grupo de umbral está definida por la Ecuación [28]. Donde una vez determinada, se puede calcular la varianza total de la imagen ψ a través de la Ecuación [29] (Quilmes U. N., 2005).

$$\sigma^2_1 = \sum_0^T \frac{(i-\mu_1)^2 \cdot p_i}{\omega_1} ; \sigma^2_2 = \sum_{T+1}^{255} \frac{(i-\mu_2)^2 \cdot p_i}{\omega_2} \quad [28]$$

$$\psi = \sqrt{\omega_1 \cdot \sigma^2_1 + \omega_2 \cdot \sigma^2_2} \quad [29]$$

El cálculo de la varianza total para todos los niveles de 0 a 255 permite usar el nivel que produce el máximo umbral. La importancia de este método es su automatismo al no necesitar ingresar información alguna (Quilmes U. N., 2005). Para este proceso se ha empleado la función **im2bw** que junto con **graythresh** representan la umbralización por el método de Otsu (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte VI, Umbralización). La Figura 38 muestra el resultado de umbralizar la imagen a través del método de Otsu.



Figura 38. Umbralización por el método de Otsu. (a) placa vehicular corregida, (b) umbralización por método de Otsu.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.5. Segmentación.

Una vez efectuada la umbralización es necesario adecuar la imagen con la finalidad de eliminar objetos ajenos a los caracteres que aún permanezcan en la imagen, este procedimiento se denomina segmentación. La segmentación describe un proceso consecutivo, ya que conforme existan imperfecciones dentro de la imagen la segmentación

procederá a eliminarlas proporcionalmente logrando así la optimización de la imagen para su posterior extracción (Ceballos, 2012).

Dentro de los objetos ajenos a los caracteres el más notable es el contorno de la placa, ya que su composición denota muchos píxeles resultando difícil su eliminación, por ese motivo es necesario aplicar una segmentación a través de proyecciones, que en este caso será horizontal (Martin & Fernández, 1999).

2.5.1. Proyección horizontal.

La proyección horizontal parte de la asignación binaria a cada píxel proveniente de la umbralización, siendo uno para los píxeles blancos y cero para los negros. Para lograr realizar la proyección horizontal es necesario representar la imagen como una matriz, la cual estará conformada por valores binarios específicos de la imagen cuya suma de columnas describirá la proyección horizontal (Martin & Fernández, 1999).

Con la finalidad de lograr una correcta proyección horizontal fue necesario establecer un nivel específico horizontal, que permita separar las columnas de los caracteres de las columnas correspondientes al marco (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte VI, Proyección Horizontal). Mediante la implementación de este nivel específico, la imagen resultante está comprendida entre el primer valor negativo o neutro de la izquierda y el último de la derecha (Martin & Fernández, 1999). La Figura 39 muestra el resultado de aplicar la Proyección Horizontal.

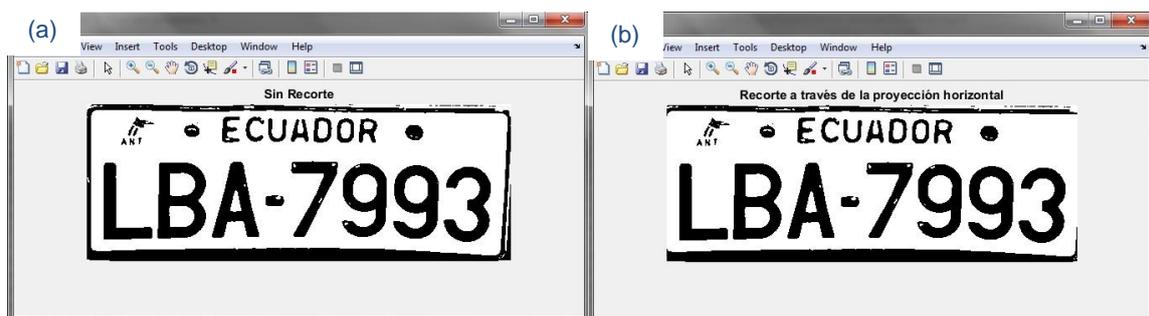


Figura 39. Aplicación de la segmentación a través de la proyección horizontal. (a) placa vehicular sin recorte horizontal, (b) recorte a través de la proyección horizontal.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.6. Extracción.

La extracción es el procedimiento previo al reconocimiento de caracteres, el mismo que consiste en adecuar la imagen y extraer los objetos que impidan la correcta apreciación de los caracteres contenidos en la placa vehicular. Para este proceso se aplicó un redimensionamiento a la imagen a través de la función **resize** con la finalidad de que al

momento de trabajar en la etapa de reconocimiento, los vectores encargados de este proceso sean de menor longitud, así de esta forma lograr que el resultado sea mucho más eficaz y que el tiempo de procesamiento sea mucho menor.

Con la finalidad de remover la parte superior de la placa vehicular que contiene la palabra ECUADOR, se logró generalizar el tamaño de la placa vehicular que contenga específicamente el área de los caracteres. Siendo necesario establecer una condición que en casos donde la imagen sea relativamente grande se aplique un recorte con la función **imcrop** y en los demás casos no se la utilice. El resultado de la aplicación de este algoritmo (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte VI, Extracción) se puede apreciar en la Figura 40.

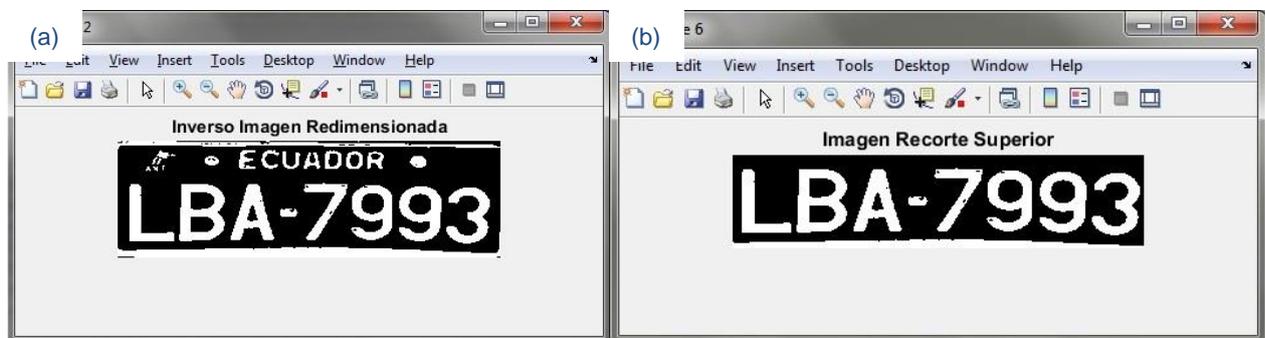


Figura 40. Redimensionamiento y recorte de la placa vehicular. (a) placa vehicular sin recorte superior, (b) placa vehicular aplicado el recorte superior.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Una vez aplicado el recorte superior de la imagen, es recomendable aplicar un suavizado a la imagen que permita reducir el posible ruido existente dentro de ella, en este caso se ha empleado la función **medfilt2** que corresponde al filtro de la mediana, donde los pixeles homogeneizan a un nivel de intensidad diferente al de los pixeles vecinos (Torres S. A., 2005).

Posteriormente con la finalidad de remover los objetos restantes empleamos la función **bwareaopen**, cuya función es de eliminar componentes conectados (objetos) que tienen un número menor de pixeles al del especificado, para este caso he establecido el valor de 300. Esta función se conoce también como apertura de área. En la Figura 41 podemos apreciar el resultado de la aplicación de un filtro medio y una apertura de área a la imagen.

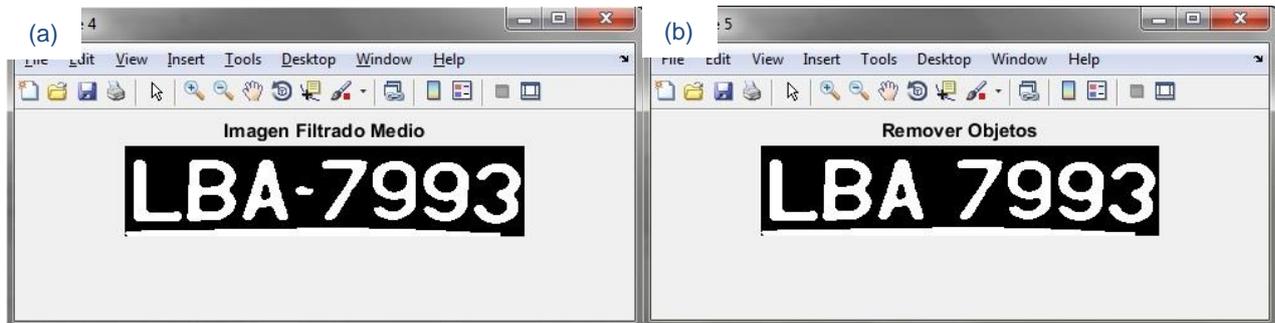


Figura 41. Aplicación del filtro medio y apertura de área a la placa vehicular. (a) filtrado medio, (b) objetos ajenos a los caracteres removidos.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Finalmente con el propósito de aumentar la definición de los caracteres se empleó la función **imdilate**, que como ya es conocido permite realizar múltiples dilataciones de la imagen, brindando una apariencia más robusta a los caracteres. La Figura 42 muestra el resultado de dilatar la imagen.

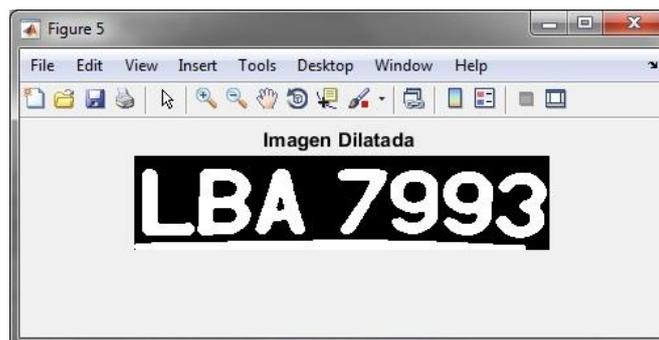


Figura 42. Dilatación de la Imagen de la Placa Vehicular

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.7. Reconocimiento Óptico de Caracteres OCR.

El Reconocimiento Óptico de Caracteres es una herramienta que permite identificar una palabra o un conjunto de palabras, el cual propone generar patrones ópticos correspondientes a los caracteres alfanuméricos y a su vez relacionarlos e identificarlos con los patrones de la plantilla a través de la correlación. El proceso OCR envuelve procesos como segmentación, extracción de características y clasificación (Barragán, Matpic, 2012).

2.7.1. Segmentación.

La segmentación permite realizar el recorte de la imagen que se ajuste al caracter y así posteriormente poder separar cada línea del texto, cabe destacar que existirá una variable que represente la primera línea de la matriz y la restante, para poder posteriormente realizar el recorte de la imagen (Barragán, Matpic, 2016).

Una vez obtenida cada línea de la imagen, a través de la función **bwlabel** se procede a extraer cada caracter de la matriz que representa la imagen, ésta función etiqueta los componentes conectados de la imagen. Posteriormente es necesario normalizar el tamaño de cada letra, con la finalidad que corresponda al mismo tamaño de la plantilla y así poder correlacionarlas entre sí (Barragán, Matpic, 2016). El resultado de emplear el algoritmo (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte VII, Separación y Normalización) de segmentación OCR se puede apreciar en la Figura 43.

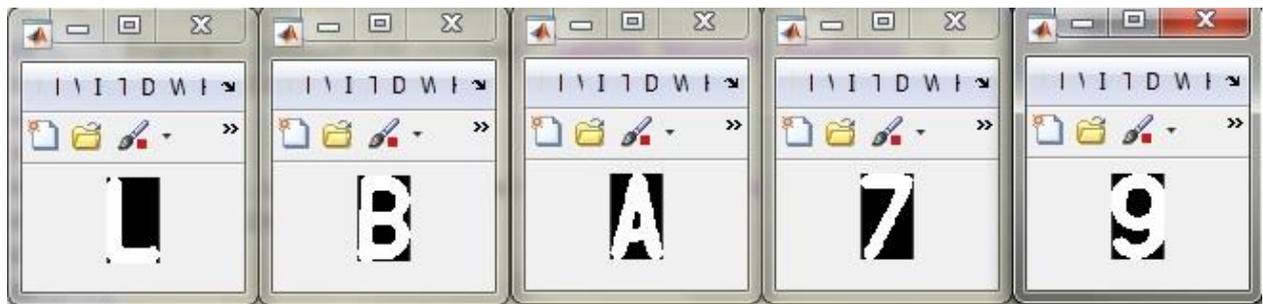


Figura 43. Segmentación dentro del Reconocimiento Óptico de Caracteres OCR.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

2.7.2. Extracción de características y clasificación.

El procedimiento de clasificación comprende la función de correlación en dos dimensiones, dando como resultado de la semejanza existente entre la matriz correspondiente a la plantilla y la imagen de cada caracter. Con la finalidad de reducir el conflicto entre caracteres similares al momento de realizarse la correlación, se ha establecido dos funciones de correlación (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte VII, Correlación).

La función **corr2** permite realizar la correlación a través del fundamento descrito en la Ecuación [30] que permite calcular el coeficiente de correlación r .

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - A_2)(B_{mn} - B_2)}{\sqrt{(\sum_m \sum_n (A_{mn} - A_2)^2)(\sum_m \sum_n (B_{mn} - B_2)^2)}} \quad [30]$$

Donde A es la matriz de la imagen de entrada y B representa la matriz de la imagen correspondiente a la plantilla. La media de la matriz de la imágenes estará representada por A_2 y B_2 respectivamente, siendo m y n los valores que determinen la posición de cada pixel.

Las plantillas con las cuales se efectuará la correlación corresponden a los patrones de las imágenes de cada caracter alfanumérico, el tamaño es de 117 x 192 pixeles. El algoritmo permitirá la creación de las plantillas en relación a la imagen cargada (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte VII, Creación Plantillas) (Barragán, Matpic, 2016). Asimismo se han establecido dos funciones encargadas de crear una plantilla para letras y otra para números.

Una vez descritas estas funciones es necesario unificarlas. De esta forma su composición permitirá el correcto desarrollo del Reconocimiento Óptico de Caracteres, siendo necesario asegurar el correcto reconocimiento de la matrícula para lo cual se añadió una sentencia encargada de especificar que los caracteres reconocidos no sean mayores a ocho. Los primeros tres caracteres son letras y los tres o cuatro restantes son números, de esta manera minimizamos el posible conflicto entre los caracteres similares (ver Anexo III: Algoritmo de Programación Parte VIII, OCR) (Barragán, Matpic, 2016). La Figura 44 muestra el resultado de la función OCR al reconocer correctamente los caracteres contenidos dentro de la placa, el archivo .txt muestra el resultado (Barragán, Matpic, 2016).



Figura 44. Reconocimiento de los caracteres contenidos en la placa a través del OCR.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

2.8. Aplicación

Una vez finalizada la programación del algoritmo, es necesario diseñar la aplicación que permitirá facilitar la interacción del usuario y visualizar los resultados obtenidos gráficamente. MATLAB posee una herramienta ideal para la creación de una interfaz gráfica de usuario GUI (del inglés: “Graphical User Interface”) en la cual se puede manipular o modificar el ingreso de datos y apreciación de resultados (Barragán, Matpic, 2016).

Con la finalidad de asociar todos los procedimientos que conforman el funcionamiento de la aplicación, se estableció a cada algoritmo una función que permita realizar la invocación directa con el proceso siguiente (Barragán, Matpic, 2016). Así de esta forma la interacción del usuario solamente es necesaria al momento de cargar la imagen y seleccionar la localización de la placa vehicular.

La interfaz gráfica permite la creación de ventanas, botones y texto que se pueden acondicionar a conveniencia, permite también la asignación de funciones en respuesta a un evento determinado. En la Figura 45 podemos observar el entorno de elaboración de una interfaz gráfica (GUIDE) en MATLAB.

Finalizado el proceso de elaboración se ha obtenido una interfaz gráfica que permita una interacción sencilla y ágil para el usuario, la Figura 46 muestra el resultado final de la interfaz gráfica creada cuyo código correspondiente se encuentra en Anexos (Anexo III: Algoritmo de Programación Parte IX, Código Interfaz Gráfica GUIDE). Así mismo en la Figura 47 podemos observar el resultado logrado de la implementación del algoritmo a la interfaz gráfica (GUIDE).

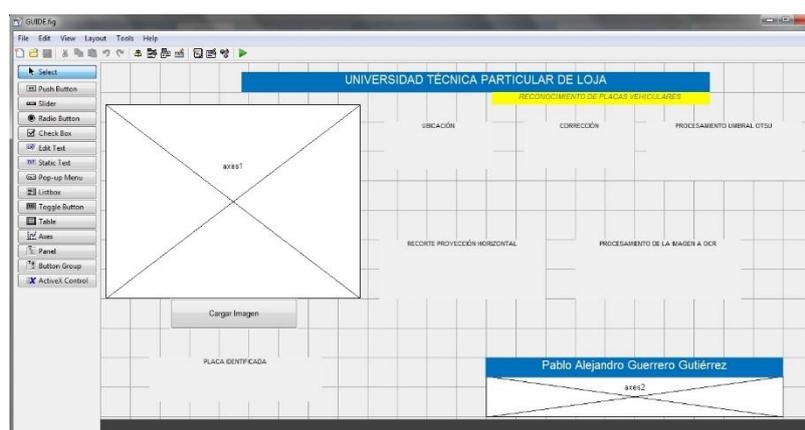


Figura 45. Elaboración de la interfaz gráfica GUIDE.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.



Figura 46. Resultado final de la interfaz gráfica GUIDE.
 Fuente: Autor.
 Elaboración: Autor.



Figura 47. Implementación de la aplicación diseñada a través de la interfaz gráfica GUIDE.
 Fuente: Autor.
 Elaboración: Autor.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1. Introducción.

Para la obtención de los resultados es necesario contar una muestra de 381 imágenes (ver Anexo I: Tamaño de Muestras Necesarias), sin embargo con la finalidad de realizar un análisis más profundo fue necesario incrementar el número de imágenes de la base de datos, la misma que cuenta con un total de 630 imágenes clasificadas de acuerdo al tipo de imagen. Cada resultado obtenido a través de la ejecución de la aplicación corresponde a un número específico de prueba que fue capturado, almacenado y posteriormente representado en la tabla correspondiente, siendo separados los resultados correctos de los incorrectos para su mejor apreciación. Los resultados incorrectos son atribuidos a un error específico, que será descrito en la columna Error Específico.

Dentro de las pruebas realizadas se pudo comprobar que existe una limitación específica de la aplicación, que corresponde a placas que poseen un marco protector e imágenes captadas desde una vista superior a la placa. El resultado obtenido en estas placas vehiculares se puede apreciar en el apartado correspondiente.

3.2. Resultados obtenidos en placas vehiculares frontales.

La muestra total de imágenes de placas vehiculares frontales corresponden a un total de 153, la Tabla 3 y 4 muestra respectivamente los resultados correctos e incorrectos obtenidos dentro del proceso de ejecución de la aplicación.

Tabla 3. Resultados correctos de placas vehiculares frontales.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada
184	IMG_0350	LAA-2305	SI	SI	LAA-2305
185	IMG_0365	LBA-7993	SI	SI	LBA-7993
675	IMG_0621	PBC-4715	SI	SI	PBC-4715
187	IMG_0622	LCC-416	SI	SI	LCC-416
188	IMG_0623	LCC-416	SI	SI	LCC-416
191	IMG_0651	PQG-161	SI	SI	PQG-161
193	IMG_0675	LBB-2549	SI	SI	LBB-2549
194	IMG_0676	LBB-3414	SI	SI	LBB-3414
195	IMG_0678	LCK-481	SI	SI	LCK-481
196	IMG_0679	LCK-481	SI	SI	LCK-481
197	IMG_0692	HBW-0964	SI	SI	HBW-0964
198	IMG_0700	IBA-1471	SI	SI	IBA-1471
199	IMG_0703	XBP-0636	SI	SI	XBP-0636
202	IMG_0719	PTD-916	SI	SI	PTD-916
203	IMG_0720	LBA-1117	SI	SI	LBA-1117
204	IMG_0721	PBD-6386	SI	SI	PBD-6386
205	IMG_0725	LBB-8951	SI	SI	LBB-8951
206	IMG_0726	PBI-8613	SI	SI	PBI-8613
207	IMG_0742	GHS-005	SI	SI	GHS-005
209	IMG_1230	TBN-0940	SI	SI	TBN-0940

210	IMG_1231	LCJ-833	SI	SI	LCJ-833
211	IMG_1243	LCL-100	SI	SI	LCL-100
213	IMG_1245	PBL-9703	SI	SI	PBL-9703
216	IMG_1248	LBB-9270	SI	SI	LBB-9270
217	IMG_1249	ABC-3311	SI	SI	ABC-3311
217	IMG_1251	ZEA-155	SI	SI	ZEA-155
218	IMG_1254	AGC-220	SI	SI	AGC-220
219	IMG_1278	LCK-837	SI	SI	LCK-837
220	IMG_1280	LBA-6258	SI	SI	LBA-6258
221	IMG_1281	IBV-609	SI	SI	IBV-609
223	IMG_1285	ICI-404	SI	SI	ICI-404
225	IMG_1289	PBB-5108	SI	SI	PBB-5108
226	IMG_1299	ZAA-486	SI	SI	ZAA-486
227	IMG_1301	PPB-240	SI	SI	PPB-240
229	IMG_2346	PQG-161	SI	SI	PQG-161
231	IMG_2355	AFS-821	SI	SI	AFS-821
233	IMG_2360	LBB-4608	SI	SI	LBB-4608
235	IMG_2366	LBB-5280	SI	SI	LBB-5280
241	IMG_2393	PKC-397	SI	SI	PKC-397
242	IMG_2396	LBA-5812	SI	SI	LBA-5812
243	IMG_2398	GHS-005	SI	SI	GHS-005
244	IMG_2401	PBH-1729	SI	SI	PBH-1729
245	IMG_2406	PNQ-670	SI	SI	PNQ-670
247	IMG_2411	LBB-6015	SI	SI	LBB-6015
249	IMG_3318	PTN-681	SI	SI	PTN-681
250	IMG_3320	PPA-2423	SI	SI	PPA-2423
252	IMG_3679	LBA-6650	SI	SI	LBA-6650
253	IMG_3680	LBA-4725	SI	SI	LBA-4725
260	IMG_4078	ICH-0133	SI	SI	ICH-0133
262	IMG_4340	LBB-3063	SI	SI	LBB-3063
263	IMG_4341	LBB-4748	SI	SI	LBB-4748
264	IMG_4349	LBB-4748	SI	SI	LBB-4748
265	IMG_4350	LBB-8552	SI	SI	LBB-8552
266	IMG_4351	LBB-8552	SI	SI	LBB-8552
267	IMG_4353	LBB-8552	SI	SI	LBB-8552
268	IMG_4365	LBB-1620	SI	SI	LBB-1620
270	IMG_4377	LCG-141	SI	SI	LCG-141
271	IMG_4378	LCL-666	SI	SI	LCL-666
272	IMG_4379	LBB-1354	SI	SI	LBB-1354
273	IMG_4380	PBO-5745	SI	SI	PBO-5745
274	IMG_4381	ABE-7859	SI	SI	ABE-7859
453	IMG_0008	GKU-442	SI	SI	GKU-442
454	IMG_0009	AGE-507	SI	SI	AGE-507
458	IMG_0025	ABD-5702	SI	SI	ABD-5702
459	IMG_0026	TCT-865	SI	SI	TCT-865
462	IMG_0038	LCL-904	SI	SI	LCL-904
464	IMG_0044	LCD-476	SI	SI	LCD-476
465	IMG_0045	PCN-5094	SI	SI	PCN-5094
466	IMG_0048	ICD-506	SI	SI	ICD-506
467	IMG_0050	TDS-935	SI	SI	TDS-935
468	IMG_0707	PIU-537	SI	SI	PIU-537
469	IMG_1246	LBB-8870	SI	SI	LBB-8870
470	IMG_2410	LBB-8443	SI	SI	LBB-8443
471	IMG_3681	LBA-4725	SI	SI	LBA-4725
472	IMG_0089	LCL-920	SI	SI	LCL-920
473	IMG_0090	LCC-920	SI	SI	LCC-920
474	IMG_0094	LBE-434	SI	SI	LBE-434
475	IMG_0095	LBZ-0934	SI	SI	LBZ-0934

476	IMG_0096	XBA-5000	SI	SI	XBA-5000
477	IMG_0099	LPA-2006	SI	SI	LPA-2006
478	IMG_0102	LAF-0749	SI	SI	LAF-0749
479	IMG_0120	PAU-0919	SI	SI	PAU-0919
480	IMG_146	TBE-1545	SI	SI	TBE-1545
481	IMG_0516	BBJ-0416	SI	SI	BBJ-0416
482	IMG_0534	PIH-405	SI	SI	PIH-405
483	IMG_0572	LBA-8458	SI	SI	LBA-8458
485	IMG_4561	PCJ-9276	SI	SI	PCJ-9276
486	IMG_4564	AGJ-492	SI	SI	AGJ-492
487	IMG_4570	HCI-067	SI	SI	HCI-067
489	IMG_4583	LBA-2819	SI	SI	LBA-2819
490	IMG_4591	LBA-9969	SI	SI	LBA-9969
491	IMG_4593	LBB-7640	SI	SI	LBB-7640
493	IMG_4597	XBP-0636	SI	SI	XBP-0636
494	IMG_4599	LBB-8882	SI	SI	LBB-8882
495	IMG_4602	LBY-566	SI	SI	LBY-566
496	IMG_4604	LBB-2767	SI	SI	LBB-2767
497	IMG_4606	LBB-5630	SI	SI	LBB-5630
498	IMG_4618	PBN-7676	SI	SI	PBN-7676
499	IMG_4631	LBY-508	SI	SI	LBY-508
507	IMG_4648	ICJ-710	SI	SI	ICJ-710
513	IMG_4669	TCW-119	SI	SI	TCW-119
514	IMG_4675	LBB-9840	SI	SI	LBB-9840
515	IMG_4677	LBB-3572	SI	SI	LBB-3572
517	IMG_4680	LBB-3859	SI	SI	LBB-3859
518	IMG_4683	AGF-0859	SI	SI	AGF-0859

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Tabla 4. Resultados incorrectos de placas vehiculares frontales.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada	Error Específico
186	IMG_0621	PBC-4715	SI	SI	BCA-715	ERROR OCR
189	IMG_0639	PQQ-273	NO	NO	IJ	MARCO DE PLACA
190	IMG_0644	PCG-3001	SI	SI	YCG-3001	ERROR EN PROYECCION
192	IMG_0671	AFS-821	SI	SI	AXS-821	PLACA DETERIORADA
201	IMG_0711	TDM-383	NO	NO	ISS-3	MARCO DE PLACA
208	IMG_0767	LBX-864	SI	NO	LQA-004	PLACA DETERIORADA
212	IMG_1244	MBC-4470	SI	SI	HBC-4470	ERROR OCR
215	IMG_1247	PWT-276	SI	SI	NRZ-76	PLACA DETERIORADA
222	IMG_1284	ZEI-1036	SI	SI	ZEI-2036	ERROR OCR
224	IMG_1286	AFW-070	SI	SI	AFN-070	ERROR OCR
228	IMG_1304	LCJ-404	SI	NO	AI	ERROR PROYECCION
230	IMG_2349	PSJ-059	SI	SI	PSJ-59	ERROR OCR, PLACA DETERIORADA
232	IMG_2357	PBN-5180	SI	SI	PBN-5190	ERROR OCR, DETERIORADA

234	IMG_2365	LAE-0431	SI	SI	LAE-0432	ERROR OCR
236	IMG_2371	LBW-265	NO	NO	J	MARCO DE PLACA
237	IMG_2372	LBW-265	NO	NO	SBN-2	MARCO DE PLACA
238	IMG_2374	LBW-265	SI	SI	LBN-265	ERROR OCR
239	IMG_2381	LBA-5270	SI	NO	T	ERROR SOMBRA
240	IMG_2382	LBA-5270	SI	NO	F	ERROR SOMBRA
248	IMG_2414	LBX-864	SI	NO	LIA-44	PLACA DETERIORADA
251	IMG_3676	LBA-2540	SI	SI	LBJ-40	ERROR OCR, MARCO PLACA
255	IMG_4070	TDK-636	SI	SI	TDK-8636	ERROR OCR
256	IMG_4072	PDA-3919	NO	SI	OAS-919	ERROR PROYECCION, BORDE SUPERIOR
258	IMG_4074	LMA-1164	SI	SI	LHA-2254	ERROR OCR
259	IMG_4077	LMA-1164	SI	SI	LNA-2244	ERROR OCR
261	IMG_4087	PWM-017	SI	SI	PMM-0177	PLACA DETERIORADA
269	IMG_4366	LBB-1620	SI	SI	LBB-1820	ERROR OCR
455	IMG_0019	LMA-025	SI	SI	LHA-025	ERROR OCR
456	IMG_0021	OCO_0491	SI	SI	QCO-0491	ERROR OCR
457	IMG_0023	LBW-666	SI	SI	LBN-666	ERROR OCR
460	IMG_0028	PIY-228	SI	NO	IPY8	PLACA DETERIORADA
461	IMG_0034	LBZ-0552	SI	SI	LSZ-0552	ERROR OCR
463	IMG_0040	ADT-0169	SI	SI	AOT-0269	ERROR OCR
484	IMG_4557	IBC-3463	SI	SI	TBC-3463	ERROR OCR
488	IMG_4574	PDU-0631	SI	SI	PJU-0042	ERROR PROYECCION
492	IMG_4595	PQQ-273	SI	SI	IQJ-273	ERROR PROYECCION
500	IMG_4634	LCH-736	NO	NO	IMZ-374	ERROR DE CORRECCION, MARCO PLACA
501	IMG_4635	GNA-0100	SI	SI	GN-4010	ERROR OCR
502	IMG_4638	LBB-9704	SI	SI	LB-8970	ERROR OCR
503	IMG_4640	LBA-8921	SI	SI	LPA-8921	PLACA DETERIORADA
504	IMG_4641	IBC-3463	SI	SI	TB-6346	ERROR OCR
505	IMG_4643	RBW-0218	SI	SI	RBV-0218	ERROR OCR
506	IMG_4646	OCP-0347	SI	SI	QCI-0	ERROR CORRECCION, SOMBRA
508	IMG_4653	LAG-0976	SI	SI	LA-0097	ERROR OCR
509	IMG_4655	PPA-1372	SI	SI	AOA-2372	ERROR OCR, BRILLO
510	IMG_4660	TDS-0761	SI	SI	TIS-0742	ERROR OCR
511	IMG_4663	TDS-0761	SI	SI	TIS-0742	ERROR OCR
512	IMG_4667	GMS-880	SI	SI	GHS-880	ERROR OCR
516	IMG_4679	ADP-384	SI	SI	AAD-8384	ERROR OCR

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.3. Resultados obtenidos en placas vehiculares proyectadas.

La muestra total de imágenes de placas vehiculares proyectadas corresponde a un total de 291, la Tabla 5 y 6 muestra respectivamente los resultados correctos e incorrectos obtenidos dentro del proceso de ejecución de la aplicación. Así como también las placas vehiculares que forman parte de las limitaciones de la aplicación, son expuestas en la Tabla 7 catalogadas como excluidas.

Tabla 5. Resultados correctos de placas vehiculares proyectadas.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Projectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada (OCR)
5	IMG_0371	LCJ-992	SI	SI	LCJ-992
9	IMG_0625	LCC-089	SI	SI	LCC-089
10	IMG_0626	LCC-089	SI	SI	LCC-089
12	IMG_0628	LBA-4596	SI	SI	LBA-4596
13	IMG_0629	PTX-768	SI	SI	PTX-768
22	IMG_0641	LBB-7640	SI	SI	LBB-7640
23	IMG_0642	LBA-9969	SI	SI	LBA-9969
35	IMG_0658	PSJ-059	SI	SI	PSJ-059
36	IMG_0659	PSJ-059	SI	SI	PSJ-059
39	IMG_0663	AFR-462	SI	SI	AFR-462
652	IMG_0664	AFR-462	SI	SI	AFR-462
49	IMG_0674	LBB-2549	SI	SI	LBB-2549
51	IMG_0680	LBB-1986	SI	SI	LBB-1986
52	IMG_0681	LBB-1986	SI	SI	LBB-1986
55	IMG_0686	LBB-9490	SI	SI	LBB-9490
56	IMG_0687	LBB-9490	SI	SI	LBB-9490
64	IMG_0696	LBB-7092	SI	SI	LBB-8092
84	IMG_0728	LBB-1453	SI	SI	LBB-1453
89	IMG_0737	LBA-4521	SI	SI	LBA-4521
90	IMG_0738	LBA-4521	SI	SI	LBA-4521
91	IMG_0739	LCG-295	SI	SI	LCG-295
94	IMG_0743	LBA-5812	SI	SI	LBA-5812
120	IMG_1073	LBB-5473	SI	SI	LBB-5473
121	IMG_1077	LBB-5473	SI	SI	LBB-5473
122	IMG_1270	AGC-220	SI	SI	AGC-220
123	IMG_1271	AGC-220	SI	SI	AGC-220
124	IMG_1274	AGC-220	SI	SI	AGC-220
125	IMG_1282	IBV-609	SI	SI	IBV-609
126	IMG_1284	IBV-609	SI	SI	IBV-609
130	IMG_1300	ZAA-486	SI	SI	ZAA-486
131	IMG_1302	PPB-240	SI	SI	PPB-240
133	IMG_2341	LBB-6393	SI	SI	LBB-6393
134	IMG_2342	LBB-6393	SI	SI	LBB-6393
138	IMG_2347	LBA-8555	SI	SI	LBA-855
142	IMG_2352	AFR-462	SI	SI	AFR-462
143	IMG_2353	AFR-462	SI	SI	AFR-462
150	IMG_2391	PDA-3982	SI	SI	PDA-3982
154	IMG_2399	GHS-005	SI	SI	GHS-005
155	IMG_2400	GHS-005	SI	SI	GHS-005
156	IMG_2402	PBH-1729	SI	SI	PBH-1729
157	IMG_2403	PBH-1729	SI	SI	PBH-1729

158	IMG_2404	LBA-4521 LBB-6015	SI SI	SI SI	LBA-4521 LBB-6015
161	IMG_2408	LBB-8443	SI	SI	LBB-8443
162	IMG_2409	LBB-8443	SI	SI	LBB-8443
165	IMG_3322	PPA-2423	SI	SI	PPA-2423
166	IMG_3323	PPA-2423	SI	SI	PPA-2423
167	IMG_3324	PFI-057	SI	SI	PFI-057
169	IMG_3684	LBA-4725	SI	SI	LBA-4725
171	IMG_4084	ABE-8331	SI	SI	ABE-8331
174	IMG_4354	LBB-8552	SI	SI	LBB-8552
175	IMG-4363	LBB-8552	SI	SI	LBB-8552
176	IMG_4740	ABH-657	SI	SI	ABH-657
178	IMG_4966	ABC-6991	SI	SI	ABC-6991
520	IMG_0012	LCI-901	SI	SI	LCI-901
523	IMG_0024	LBW-666	SI	SI	LBW-666
524	IMG_0026	ABD-5702	SI	SI	ABD-5702
525	IMG_0027	LCJ-098	SI	SI	LCJ-098
527	IMG_0031	GRS-185	SI	SI	GRS-185
529	IMG_0036	LBZ-0552	SI	SI	LBZ-0552
530	IMG_0039	LCL-904	SI	SI	LCL-904
531	IMG_0041	LBB-2871	SI	SI	LBB-2871
533	IMG_0043	LBB-7878	SI	SI	LBB-7878
534	IMG_0044	LBB-7878	SI	SI	LBB-7878
535	IMG_0046	LCF-218	SI	SI	LCF-218
536	IMG_0047	IBX-210	SI	SI	IBX-210
537	IMG_0049	TDS-935	SI	SI	TDS-935
538	IMG_0051	PXG-734	SI	SI	PXG-734
539	IMG_0052	LBB-1923	SI	SI	LBB-1923
541	IMG_0055	ABB-8023	SI	SI	ABB-8023
542	IMG_0057	POZ-493	SI	SI	POZ-493
543	IMG_0058	PIP-121	SI	SI	PIP-121
544	IMG_0059	LBB-1671	SI	SI	LBB-1671
546	IMG_0092	GSK-9098	SI	SI	GSK-9098
547	IMG_0093	LBA-5800	SI	SI	LBA-5800
549	IMG_0095	LBE-434	SI	SI	LBE-434
550	IMG_0097	XBA-5000	SI	SI	XBA-5000
551	IMG_0098	LPA-2006	SI	SI	LPA-2006
552	IMG_0101	LAF-0749	SI	SI	LAF-0749
553	IMG_0115	LBZ-0934	SI	SI	LBZ-0934
554	IMG_0119	PAU-0919	SI	SI	PAU-0919
555	IMG_0121	LAH-683	SI	SI	LAH-683
557	IMG_0148	TBE-1545	SI	SI	TBE-1545
560	IMG_0517	BBJ-0416	SI	SI	BBJ-0416
562	IMG_0566	PRE-721	SI	SI	PRE-721
566	IMG_0570	LBB-8952	SI	SI	LBB-8952
567	IMG_0571	LBB-8952	SI	SI	LBB-8952
568	IMG_0573	LBA-8458	SI	SI	LBA-8458
569	IMG_0751	LCL-754	SI	SI	LCL-754
574	IMG_0757	LBB-8443	SI	SI	LBB-8443
575	IMG_0759	LBB-7521	SI	SI	LBB-7521
577	IMG_0761	LCL-754	SI	SI	LCL-754
579	IMG_0763	LBA-3630	SI	SI	LBA-3630
584	IMG_1033	PPA-242	SI	SI	PPA-242
588	IMG_4393	LAG-0577	SI	SI	LAG-0577
589	IMG_4394	LCI-901	SI	SI	LCI-901
590	IMG_4550	GJV-0959	SI	SI	GJV-0959
591	IMG_4551	PBA-7458	SI	SI	PBA-7458
592	IMG_4552	LCL-0911	SI	SI	LCL-0911

593	IMG_4555	LCD-476	SI	SI	LCD-476
595	IMG_4558	LBS-111	SI	SI	LBS-111
596	IMG-4560	LBS-111	SI	SI	LBS-111
597	IMG_4562	PCJ-9276	SI	SI	PCJ-7296
600	IMG_4569	HCI-067	SI	SI	HCI-067
602	IMG_4572	LCG-457	SI	SI	LCG-457
604	IMG_4585	LBA-2819	SI	SI	LBA-2819
605	IMG_4586	LCK-310	SI	SI	LCK-310
606	IMG_4587	PCG-3001	SI	SI	PCG-3001
607	IMG_4588	LBB-6015	SI	SI	LBB-6015
608	IMG_4589	LBB-4351	SI	SI	LBB-4351
609	IMG_4590	LBA-9969	SI	SI	LBA-9969
		LBB-7640	SI	SI	LBB-7640
610	IMG_4596	XBP-0636	SI	SI	XBP-0636
611	IMG_4603	LBB-2767	SI	SI	LBB-2767
612	IMG_4605	LBB-5630	SI	SI	LBB-5630
		LBA-3895	SI	SI	LBA-3895
613	IMG_4607	LBA-3895	SI	SI	LBA-3895
615	IMG_4619	PBN-7676	SI	SI	PBN-7676
616	IMG_4620	PBN-7676	SI	SI	PBN-7676
617	IMG_4621	PRE-721	SI	SI	PRE-721
618	IMG_4637	LBB-6460	SI	SI	LBB-6460
620	IMG_4639	LBB-9704	SI	SI	LBB-9704
625	IMG_4647	ICJ-710	SI	SI	ICJ-710
626	IMG_4650	BBI-525	SI	SI	BBI-525
627	IMG_4654	AGF-0859	SI	SI	AGF-0859
634	IMG_4666	LAE-0709	SI	SI	LAE-0709
636	IMG_4671	OEI-1150	SI	SI	OEI-1150
637	IMG_4673	LBB-9840	SI	SI	LBB-9840
638	IMG_4674	LBB-3859	SI	SI	LBB-3859
639	IMG_4678	LBB-3572	SI	SI	LBB-3572
640	IMG_4681	ADP-384	SI	SI	ADP-384
641	IMG_4683	LBB-4392	SI	SI	LBB-4392

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Tabla 6. Resultados incorrectos de placas vehiculares proyectadas.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada	Error Específico
1	IMG_0054	LAA-2305	NO	SI	LAJ-4230	ERROR SOMBRA
2	IMG_0367	LBA-7993	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
3	IMG_0369	LBA-7993	SI	SI	IBA-7993	PLACA DETERIORADA
4	IMG_0370	LCJ-992	SI	SI	LCJ-3942	POSICIONAMIENTO
6	IMG_0372	LCJ-992	NO	NO	LCI-001	CORRECCION
8	IMG_0624	PBC-4715	SI	SI	BCJ-715	ERROR OCR
15	IMG_0632	PCN-9767	NO	NO	-	CORRECCION
16	IMG_0633	PCN-9767	NO	NO	-	CORRECCION
17	IMG_0635	LBB-4351	SI	SI	LBB-44	PLACA DETERIORADA
18	IMG_0636	LBB-4351	NO	NO	CBA-41	CORRECCION
21	IMG_0640	LBB-7640	NO	NO	-	CORRECCION
26	IMG_0646	LBA-8421	SI	SI	LIA-8421	ERROR OCR
30	IMG_0652	PQG-161	SI	SI	PCG-161	ERROR OCR

31	IMG_0653	LBA-8555	NO	NO	-	CORRECCION
45	IMG_0669	PCH-7691	SI	SI	PCH-7592	ERROR OCR
47	IMG_0672	AFS-821	SI	SI	VSS-21	PLACA DETERIORADA
48	IMG_0673	POM-200	SI	SI	POH-200	ERROR OCR
50	IMG_0677	LBB-3414	SI	SI	LDD-3414	PLACA DETERIORADA
53	IMG_0682	LBB-6170	NO	NO	BBS-270	CORRECCION
58	IMG_0689	LPA-1407	SI	SI	LPA-2407	ERROR OCR
61	IMG_0693	HBW-0964	NO	NO	J	CORRECCION
62	IMG_0694	LBB-6571	NO	NO	-	CORRECCION
63	IMG_0695	LBB-6571	SI	SI	LBB-5572	ERROR OCR
66	IMG_0698	LCL-631	SI	NO	-	PROYECCION
70	IMG_0705	PQD-592	SI	SI	LPC-0592	ERROR OCR
79	IMG_0718	LBB-3258	NO	NO	-	CORRECCION
86	IMG_0733	PNQ-670	SI	SI	PNC-670	ERROR OCR
87	IMG_0735	LBB-6015	SI	SI	LBB-6025	ERROR OCR
88	IMG_0736	LBB-6015	SI	SI	LBB-6025	ERROR OCR
95	IMG_0745	LBA-5812	NO	NO	-	CORRECCION
127	IMG_1287	AFW-070	SI	NO	AFN-070	ERROR OCR
128	IMG_1288	AFW-070	SI	NO	AFN-070	ERROR OCR
129	IMG_1290	PBB-5108	SI	NO	PBS-11	PLACA DETERIORADA, OCR
135	IMG_2343	LBB-6393	NO	NO	-	CORRECCION
136	IMG_2344	PBC-4715	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
137	IMG_2345	PQG-161	NO	NO	LQG-161	CORRECCION, POSICIONAMIENTO
139	IMG_2348	LBA-6789	NO	NO	LBA-6791	PROYECCION
144	IMG_2356	AFS-821	SI	SI	AIS-821	PLACA DETERIORADA
145	IMG_2359	PBN-5180	NO	NO	KSN-16	PROYECCION, PLACA DETERIORADA
146	IMG_2362	LBB-4608	SI	SI	LBB-4508	ERROR OCR
147	IMG_2364	LAE-0431	NO	NO	-	CORRECCION
151	IMG_2392	PKC-397	NO	NO	J	ERROR DE SOMBRA
152	IMG_2394	PKC-397	SI	NO	QPA-2	ERROR DE SOMBRA, PROYECCION
153	IMG_2397	LBA-5812 GHS-005	SI SI	SI NO	LBA-5812 IHS-065	ERROR DE PROYECCION
159	IMG_2405	LBB-6015 LBA-4521	SI SI	SI NO	LBB-6015 QA-454	ERROR DE PROYECCION
160	IMG_2407	PNQ-670	SI	NO	INQ-670	ERROR EN PROYECCION
163	IMG_2412	LBX-864	SI	NO	LAA-4	PLACA DETERIORADA
164	IMG_3319	PTN-681	SI	SI	ITI-881	ERROR PROYECCION
168	IMG_3678	LBA-6650	SI	NO	SSO	ERROR SOMBRA, UMBRAL
170	IMG_4076	LMA-1164	SI	SI	LNA-1244	ERROR OCR
172	IMG_4343	LBB-4748	NO	NO	NYR-7	POSICIONAMIENTO, CORRECCION
173	IMG_4352	LBB-8552	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
177	IMG_4964	ABC-6991	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO

179	IMG_4968	ABC-6991	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
180	IMG_8522	LBB-4748	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
181	IMG_8523	LCJ-992	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
182	IMG_8524	LCJ-992	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
183	IMG_8526	LBB-8552	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
519	IMG_0011	GKU-442	NO	NO	GK-1	ERROR CORRECCION
521	IMG_0020	PCO-1438	SI	SI	ICO-2438	ERROR OCR
522	IMG_0023	OCO-0491	SI	SI	OCQ-8491	ERROR OCR
526	IMG_0029	PIY-228	SI	SI	WWV-4	ERROR DE PROYECCION, PLACA DETERIORADA
528	IMG_0032	LBT-999	SI	SI	LBT-99	ERROR PROYECCION
532	IMG_0042	AFA-858	SI	SI	VAS-58	ERROR OCR, MARCO PLACA
540	IMG_0053	PJF-826	SI	NO	MC	PLACA DETERIORADA
545	IMG_0084	LCC-673	NO	NO	-	ERROR CORRECCION, SOMBRA
548	IMG_0094	LBK-314	SI	SI	LBX-314	ERROR OCR
556	IMG_0147	TBE-1545	SI	SI	TSE-1545	ERROR OCR
558	IMG_0207	LMA-1183	SI	SI	LHA-2243	ERROR OCR
559	IMG_0516	ICD-506	SI	SI	DS	PLACA DETERIORADA
561	IMG_0535	PIH-405	SI	SI	PIH-46	ERROR OCR
563	IMG_0567	PIA-0173	SI	SI	PTA-0173	ERROR OCR
564	IMG_0568	LBA-5213	SI	SI	LBA-5223	ERROR OCR
565	IMG_0569	LBB-5815	SI	SI	LBB-582	ERROR OCR, POSICIONAMIENTO
570	IMG_0753	LCG-671	NO	NO	TZI	IMAGEN BORROSA
571	IMG_0754	LBB-7521	SI	NO	LLB-8752	ERROR OCR
572	IMG_0755	TDR-095	SI	NO	TXJ-93	ERROR OCR
573	IMG_0758	TDR-095	NO	NO	-	ERROR CORRECCION
576	IMG_0760	LCG-671	NO	NO	-	POSICIONAMIENTO
578	IMG_0762	LBA-5546	SI	SI	-	ERROR PROYECCION
580	IMG_0764	PJJ-175	SI	SI	-	ERROR PROYECCION
581	IMG_0765	LCF-880	SI	SI	-	ERROR OCR
582	IMG_0766	LBX-664	NO	NO	-	PLACA DETERIORADA
583	IMG_0768	PDB-9595	NO	NO	-	ERROR CORRECCION
585	IMG_1034	TDC-0296	NO	NO	-	ERROR CORRECCION, DISTANCIA
586	IMG_1037	LBA-4270	SI	SI	LB-4427	ERROR OCR
587	IMG_1039	PBB-6629	NO	NO	IV	ERROR CORRECCION, DISTANCIA
594	IMG_4556	IBC-3463	SI	SI	TBC-3463	ERROR OCR
598	IMG_4563	AGJ-492	SI	SI	AGJ-4921	ERROR OCR
599	IMG_4568	PSK-799	SI	SI	PUK-799	ERROR PROYECCIÓN
601	IMG_4571	ABA-4002	SI	SI	-	PLACA DETERIORADA

603	IMG_4573	PDU-0631	SI	SI	PJU-0032	ERROR PROYECCION
611	IMG_4598	LBB-8882	SI	SI	LLB-8488	ERROR OCR
612	IMG_4601	LBY-566	SI	SI	LSY-588	ERROR OCR, PLACA DETERIORADA
614	IMG_4607	TBA-2540	SI	SI	TSX-2510	ERROR OCR, PLACA DETERIORADA
619	IMG_4638	GRW-4048	SI	SI	GRX-4048	ERROR OCR
621	IMG_4640	IBC-3463	SI	SI	TBC-3463	ERROR OCR
622	IMG_4641	LBA-8921	SI	SI	LPA-8921	ERROR OCR. PLACA DETERIORADA
623	IMG_4644	RBW-0218	SI	SI	RBV-0218	ERROR OCR
624	IMG_4645	OCP-0347	NO	NO	JAZ	ERROR CORRECCIÓN
628	IMG_4656	PPA-1372	SI	SI	PMJ-72	ERROR UMBRAL, BRILLO
629	IMG-4657	TDS-0761	SI	SI	TOS-0761	ERROR OCR
630	IMG_4659	TDS-0761	SI	SI	TDS-0762	ERROR OCR
631	IMG_4661	TDS-0761	SI	SI	TOS-0761	ERROR OCR
632	IMG_4662	ADR-494	NO	SI	ADR-49	ERROR CORRECCION
633	IMG_4664	TDS-0761	SI	SI	TDS-0741	ERROR OCR
635	IMG_4670	TCW-119	NO	SI	TCM-1	ERROR PROYECCION, PLACA DETERIORADA
642	IMG_4684	LCH-736	NO	NO	JPZ-13	ERROR CORRECCION
643	IMG_4685	LCH-736	NO	NO	IJZ3	ERROR CORRECCION

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Tabla 7. Resultados de placas vehiculares proyectadas excluidas.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada	Error Específico
7	IMG_0620	POM-077	NO	NO	PLO-8077	VISTA SUPERIOR
14	IMG_0630	PTX-768	NO	NO	NIA-681	VISTA SUPERIOR
67	IMG_0699	LCL-631	NO	NO	-	VISTA SUPERIOR
68	IMG_0702	IBA-1471	NO	NO	-	VISTA SUPERIOR
69	IMG_0704	XBP-0636	NO	NO	-	VISTA SUPERIOR
75	IMG_0714	IBA-1444	NO	NO	-	VISTA SUPERIOR
76	IMG_0715	LBB-2166	NO	NO	-	VISTA SUPERIOR
78	IMG_0717	LCL-824	NO	NO	-	VISTA SUPERIOR
85	IMG_0729	LBB-2222	NO	NO	-	VISTA SUPERIOR
71	IMG_0706	PQD-592	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
72	IMG_0709	PIU-537	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
73	IMG_0712	TDM-383	NO	NO	-	MARCO DE PLACA. VISTA SUPERIOR
74	IMG_0713	IBA-1444	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
77	IMG_0716	ABC-9316	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
81	IMG_0723	LBB-6332	NO	NO	LVS-8533	CORRECCION,

						VISTA SUPERIOR
83	IMG_0727	LBB-3308	NO	NO	-	MARCO DE PLACA, VISTA SUPERIOR
96	IMG_0746	LBB-4164	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
24	IMG_0643	LBA-9969	NO	NO	SSS-9	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
27	IMG_0648	LBA-8421	NO	NO	-	CORRECCION,VISTA SUPERIOR
28	IMG_0649	LBA-9170	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
29	IMG_0650	LBA-9170	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
32	IMG_0654	LBA-8555	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
33	IMG_0655	LBA-6789	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
34	IMG_0656	LBA-6789	NO	NO	KJ	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
42	IMG_0666	ACV-0234	NO	NO	P	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
43	IMG_0667	ACV-0234	SI	SI	CV-0234	PLACA DETERIORADA, VISTA SUPERIOR
57	IMG_0688	LPA-1407	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
46	IMG_0670	PCH-7691	NO	NO	LPC-8759	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
657	IMG_0668	LPA-1407	NO	NO	-	VISTA SUPERIOR
82	IMG_0724	LBB-2383	SI	SI	LLB-8238	ERROR OCR, VISTA SUPERIOR
92	IMG_0740	LCG-295	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
93	IMG_0741	PBH-1729	NO	NO	-	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
25	IMG_0645	PCG3001	NO	NO	L	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
644	IMG_4699	PQN-924	NO	NO	J	MARCO PLACA
37	IMG_0660	LBB-6891	NO	NO	L	MARCO PLACA
38	IMG_0661	LBB-6891	NO	NO	SSQ1	MARCO PLACA
54	IMG_0684	LBB-6170	SI	SI	LBB-5270	ERROR OCR, MARCO PLACA
59	IMG_0690	LBA-7638	NO	NO	IZS-83	CORRECCION, MARCO PLACA
60	IMG_0691	LBA-7638	NO	NO	-	CORRECCION, MARCO PLACA
65	IMG_0697	LBB-7092	NO	NO	-	CORRECCION, MARCO PLACA
80	IMG_0722	LCD-212	SI	SI	LCD-2	ERROR OCR, MARCO PLACA
669	IMG_0748	PTE-472	NO	NO	-	ERROR CORRECCION, MARCO PLACA
670	IMG_0749	PTE-472	NO	NO	LIA	ERROR CORRECCION. MARCO PLACA
671	IMG_0756	LBB-8443	NO	NO	J	ERROR CORRECCION, MARCO PLACA

672	IMG_1305	LCJ-404	SI	SI	LCJ-45	ERROR PROYECCION, MARCO PLACA
673	IMG_4390	OCD-077	NO	NO	J	ERROR CORRECCION, MARCO PLACA
674	IMG_4594	PQQ-273	NO	NO	L	ERROR CORRECCION, MARCO PLACA
140	IMG_2350	LBB-6891	NO	NO	JSS	ERROR CORRECCION, MARCO DE PLACA
141	IMG_2351	LBB-6891	NO	NO	CIH-791	ERROR CORRECCION, MARCO DE PLACA
148	IMG_2367	LBB-5280	NO	NO	-	CORRECCION, MARCO DE PLACA
149	IMG_2370	LBA-2148 LBW-265 LBB-5630	NO SI SI	NO NO SI	T LB-4265 LBB-5530	CORRECCION MARCO DE PLACA, DISTANCIA ERROR OCR
675	IMG_0627	LBA-4596	NO	NO	-	ERROR CORRECCION, MARCO PLACA
676	IMG_0637	PQQ-273	NO	NO	L	ERROR CORRECCION, MARCO PLACA
677	IMG_0638	PQQ-273	NO	NO	IJ	ERROR PROYECCION, MARCO PLACA

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.4. Resultados obtenidos en placas vehiculares captadas en la noche.

La muestra total de imágenes de placas vehiculares captadas en la noche corresponde a un total de 105, la Tabla 8 y 9 muestra respectivamente los resultados correctos e incorrectos obtenidos dentro del proceso de ejecución de la aplicación. La Tabla 10 muestra las placas vehiculares que forman parte de las excluidas.

Tabla 8. Resultados correctos de placas vehiculares captadas en la noche.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada
275	IMG_1096	LCI-628	SI	SI	LCI-628
278	IMG_1105	LBA-9585	SI	SI	LBA-9585
280	IMG_1107	PPA-2423	SI	SI	PPA-2423
282	IMG_1109	LBB-5969	SI	SI	LBB-5969
286	IMG_1119	LBA-6519	SI	SI	LBA-6519
287	IMG_1123	LBB-3300	SI	SI	LBB-3300
289	IMG_1140	GQE-808	SI	SI	GQE-808
290	IMG_1142	PBL-3702	SI	SI	PBL-3702
296	IMG_1176	PPA-2423	SI	SI	PPA-2423
300	IMG_1181	LBB-9870	SI	SI	LBB-9870

308	IMG_4094	OBV-180	SI	SI	OBV-180
309	IMG_4095	OBV-180	SI	SI	OBV-180
310	IMG_4096	LCJ-847	SI	SI	LCJ-847
311	IMG_4097	LCJ-847	SI	SI	LCJ-847
312	IMG_4098	OBV-180	SI	SI	OBV-180
313	IMG_4099	LBA-2743	SI	SI	LBA-2743
316	IMG_4102	PTN-681	SI	SI	PTN-681
332	IMG_4122	AFY-604	SI	SI	AFY-604
334	IMG_4124	AFY-604	SI	SI	AFY-604
337	IMG_4128	LCJ-453	SI	SI	LCJ-453
338	IMG_4129	LCJ-453	SI	SI	LCJ453
339	IMG_4132	LBE-0289	SI	SI	LBE-0289
340	IMG_4133	LBE-0289	SI	SI	LBE-0289
341	IMG_4134	LBE-0289	SI	SI	LBE-0289
343	IMG_4136	PCA-9952	SI	SI	PCA-9952
345	IMG_4140	LBM-932	SI	SI	LBM-932
346	IMG_4141	PXP-238	SI	SI	PXP-238
352	IMG_4147	PDB-2230	SI	SI	PDB-2230
353	IMG_4148	PDB-2230	SI	SI	PDB-2230
354	IMG_4149	LCK-529	SI	SI	LCK-529
355	IMG_4150	LCK-529	SI	SI	LCK-529
358	IMG_4154	LCK-529	SI	SI	LCK-529
361	IMG_4159	LAG-766	SI	SI	LAG-766
362	IMG_4160	LAG-766	SI	SI	LAG-766
364	IMG_4163	PBH-4519	SI	SI	PBH-4519
365	IMG_4164	PBH-4519	SI	SI	PBH-4519
366	IMG_4165	LCI-735	SI	SI	LCI-735
367	IMG_4166	LCI-735	SI	SI	LCI-735
373	IMG_4173	LCI-236	SI	SI	LCI-236
376	IMG_4176	ABE-7178	SI	SI	ABE-7178
377	IMG_4300	LCL-548	SI	SI	LCL-548
678	IMG_4609	LBB-3859	SI	SI	LBB-3859
679	IMG_4610	LBB-3859	SI	SI	LBB-3859

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Tabla 9. Resultados incorrectos de placas vehiculares captadas en la noche.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada	Error Específico
279	IMG_1106	PPA-2423	SI	SI	PPA-247	ERROR DE PROYECCION
281	IMG_1108	LBB-1578	NO	NO	OS	ILUMINACION
284	IMG_1113	LBB-2397	NO	NO	MLS-5	ERROR SOMBRA
285	IMG_1114	LBB-2397	NO	NO	LLS-5	ERROR SOMBRA
291	IMG_1143	IBA-1425	SI	NO	M	ILUMINACION
292	IMG_1144	ABD-6377	SI	NO	AHV-177	MOVIMIENTO
293	IMG_1146	LBB-4502	NO	NO	-	ILUMINACION
294	IMG_1155	AFE-392	SI	SI	IAI-4334	ILUMINACION
295	IMG_1165	LBA-9569	SI	SI	KSS-9	ERROR OCR, RESOLUCION
297	IMG_1177	PPS-850	NO	NO	V-44	RESOLUCION
298	IMG_1178	PPS-850	NO	NO	AJ	SOMBRA, RESOLUCION
299	IMG_1180	LBA-9585	NO	NO	SS5	ERROR SOMBRA
302	IMG_1193	LBB-1163	NO	NO	M	DISTANCIA

303	IMG_1195	LAA-2200	NO	NO	A	DISTANCIA
304	IMG_1197	LBA-7709	SI	NO	LIA-774	CORRECCION, DISTANCIA
306	IMG_1204	LBA-2632	NO	NO	K	CORRECCION, DISTANCIA
315	IMG_4101	IBB-3418	NO	NO	-	ERROR DE PROYECCION, SOMBRA
317	IMG_4106	PTN-681	NO	NO	L	CORRECCION
318	IMG_4107	ICD-506	SI	NO	N	ERROR SOMBRA
319	IMG_4108	LBA-1828	NO	NO	V	CORRECCION
322	IMG_4113	GSH-6523	SI	NO	C	ERROR SOMBRA
323	IMG_4114	GSH-6523	SI	NO	S	ERROR SOMBRA
324	IMG_4115	LCH-020	NO	NO	XPO	CORRECCION
325	IMG_4116	PBA-7458	SI	SI	PBA-7498	ERROR OCR
326	IMG_4117	PBA-7458	SI	SI	PBA-7498	ERROR OCR
328	IMG_4118	SPA-1000	NO	NO	I	CORRECCION, SOMBRA
329	IMG_4119	SPA-1000	NO	NO	SIJ-4	CORRECCION, SOMBRA
331	IMG_4121	LBA-5702	NO	SI	LBA-081	CORRECCION, RESOLUCION
333	IMG_4123	AFY-604	SI	SI	AFY-601	ERROR OCR
335	IMG_4125	PSW-988	SI	SI	PSN-988	ERROR OCR
336	IMG_4126	PSW-988	SI	SI	PSN-988	ERROR OCR
344	IMG_4139	LBM-932	NO	NO	A	CORRECCION
347	IMG_4142	PXP-238	SI	SI	XFZ-38	ERROR DE PROYECCION
348	IMG_4143	LAI-0525	SI	SI	LAA-0040	PROYECCION
349	IMG_4144	LAI-0525	SI	SI	LAI-0575	ERROR OCR
350	IMG_4145	LAI-0525	SI	SI	LAA-0575	ERROR OCR
351	IMG_4146	PDB-2230	SI	NO	MJX	ERROR UMBRAL
356	IMG_4151	LCG-265	NO	NO	-	ERROR DE PROYECCION
357	IMG_4152	LCG-265	NO	NO	LVW-4	CORRECCION
359	IMG_4156	LBA-1828	NO	NO	CIA	CORRECCION, VISTA SUPERIOR
360	IMG_4158	LBA-1828	NO	NO	-	CORRECCION
363	IMG_4162	LCI-0868	SI	SI	LCI-0858	ERROR OCR
368	IMG_4168	PCA-9645	NO	NO	-	ERROR SOMBRA
369	IMG_4169	PCA-9645	SI	SI	PQO-835	ERROR OCR
370	IMG_4170	LCH-865	NO	NO	-	ERROR DE PROYECCION
371	IMG_4171	LCH-865	NO	NO	-	ERROR DE PROYECCION
372	IMG_4172	LCI-236	SI	SI	CIZ-36	ERROR DE PROYECCION
374	IMG_4174	LAA-2318	SI	SI	LAA-2348	ERROR OCR
375	IMG_4175	LBB-1234	SI	SI	M	ERROR SOMBRA, DISTANCIA
680	IMG_0157	GKU-442	NO	NO	JIA-421	ERROR CORRECCION

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Tabla 10. Resultados de placas vehiculares nocturnas excluidas.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada	Error Específico
276	IMG_1101	PPG-134	NO	NO	-	VISTA, SUPERIOR PROYECCION
277	IMG_1104	PIL-172	SI	NO	PIP-4	MARCO PLACA, ERROR SUCIEDAD
283	IMG_1112	LCD-476	NO	NO	DIZ-6	MARCO DE PLACA
288	IMG_1127	LBB-7920	NO	SI	LSI-7928	MARCO DE PLACA, DISTANCIA
301	IMG_1182	LBB-9870	SI	NO	L	MARCO DE PLACA
305	IMG_1201	PIV-708	SI	NO	-	MARCO DE PLACA
307	IMG_4092	PPG-134	NO	NO	A	VISTA SUPERIOR, ERROR SOMBRA
314	IMG_4100	IBB-3418	SI	SI	ISB-3448	VISTA SUPERIOR, ERROR EN OCR
320	IMG_4109	LBA-1828	SI	SI	LBA-2828	VISTA SUPERIOR, ERROR OCR
321	IMG_4110	ADF-995	NO	SI	AUF-300	VISTA SUEPERIOR, BORDE SUPERIOR
330	IMG_4120	PNT-629	NO	SI	IIT-821	VISTA SUPERIOR, MARCO DE PLACA
342	IMG_4135	LBB-1142	NO	NO	L	MARCO PLACA, ERROR SOMBRA

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.5. Resultados obtenidos en placas vehiculares captadas a una distancia variable.

La muestra total de imágenes de placas vehiculares cuya distancia es variable corresponde a un total de 45, de las cuales 15 corresponden a una distancia mayor a 1 m, 13 a una distancia mayor a 2 m y 17 a una distancia superior a 3 m. La Tabla 11,12 y 13 muestra respectivamente los resultados obtenidos dentro del proceso de ejecución de la aplicación.

Tabla 11. Resultados de placas vehiculares a una distancia mayor a 1 m.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada	Error Específico
681	IMG_0053	LAA-2305	SI	SI	LAA-2305	NINGUNO
378	IMG_0366	LBA-7993	SI	SI	LBA-7993	NINGUNO
379	IMG_0732	PNQ-670	SI	SI	PNQ-670	NINGUNO
381	IMG_0007	ABE-2422	SI	SI	ABE-2422	NINGUNO
382	IMG_1249	ABC-3311	SI	SI	ABC-3311	NINGUNO
383	IMG_1277	AGC-220	SI	SI	AGC-220	NINGUNO
384	IMG_1282	IBV-609	SI	SI	IBV-609	NINGUNO
385	IMG_1288	AFW-070	SI	SI	AF-8070	OCR
386	IMG_2348	LBA-6789	SI	SI	LBA-6789	NINGUNO

387	IMG_2352	AFR-462	SI	SI	AFR-462	NINGUNO
388	IMG_2353	AFR-462	SI	SI	AFR-462	NINGUNO
389	IMG_2374	LBW-265	SI	SI	LBN-265	OCR
391	IMG_3684	LBA-4725	SI	SI	LBA-4725	NINGUNO
392	IMG_4365	LBB-1620	SI	SI	LBB-1620	NINGUNO
682	IMG_0008	AGE-507	SI	SI	AGE-507	NINGUNO

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Tabla 12. Resultados de placas vehiculares a una distancia mayor a 2 m.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada	Error Específico
393	IMG_0086	APA-1237	SI	SI	APA-1237	NINGUNO
394	IMG_0087	LAH-0395	SI	SI	LAH-0395	NINGUNO
395	IMG_1035	TDC-0296	SI	SI	TOC-0296	OCR
395	IMG_4647	PBH-6303	SI	SI	PBH-6303	NINGUNO
396	IMG_4645	ZAA-913	SI	SI	ZAA-913	NINGUNO
397	IMG_2375	LBB-5630	SI	SI	LBB-5630	NINGUNO
		LBW-265	SI	SI	LBW-265	NINGUNO
398	IMG_3682	LBA-4725	SI	SI	LBA-4725	NINGUNO
399	IMG_4636	LBB-4773	SI	SI	LBB-4773	NINGUNO
400	IMG_2405	LBB-6015	SI	SI	LBB-6015	NINGUNO
		LBA-4521	SI	SI	UAJ-5241	MARCO PLACA
401	IMG_4084	ABE-8331	SI	SI	ABE-8331	NINGUNO
402	IMG_3683	LBA-4725	SI	SI	LBA-4725	NINGUNO
403	IMG_4072	PDA-3919	SI	SI	PDA-3919	NINGUNO
404	IMG_4363	LBB-8552	SI	SI	LBB-8552	NINGUNO
405	IMG_4366	LBB-1620	SI	SI	LBB-1820	OCR

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Tabla 13. Resultados de placas vehiculares a una distancia mayor a 3 m.

N° Prueba	Nombre Archivo	Placa Existente	Corrección Proyectiva Correcta	Umbralización Correcta	Placa Identificada	Error Específico
406	IMG_0556	POI-906	SI	SI	POI-906	NINGUNO
407	IMG_1039	PBB-6629	NO	SI	BG-629	CORRECCION
408	IMG_4646	PBH-6303	SI	SI	PBH-6303	NINGUNO
409	IMG_1040	PCD-1033	SI	SI	PCD-1033	NINGUNO
410	IMG_4357	ABE-4488	SI	SI	ABE-4488	NINGUNO
411	IMG_4362	LBB-8552	SI	SI	LBB-8552	NINGUNO
412	IMG_2404	LBA-4521	SI	SI	LBA-4521	NINGUNO
		LBB-6015	SI	SI	LBB-6015	NINGUNO
413	IMG_4638	LBW-451	SI	SI	LPH-451	OCR
414	IMG_2390	POZ-0661	SI	SI	POZ-0662	OCR
418	IMG_1166	LAI-0312	NO	NO	-	CORRECCION
420	IMG_1183	PBB-2388	SI	SI	PB-8238	OCR

421	IMG_1186	LBB-7734	NO	NO	LSS-11	CORRECCION
422	IMG_1188	LAA-1055	SI	SI	LAA-1055	NINGUNO
425	IMG_1190	LCF-972	SI	SI	LCF-972	NINGUNO
426	IMG_1191	ABD-6377	SI	SI	ABD-6377	NINGUNO
434	IMG_1210	LCH-315	SI	SI	LCH-315	NINGUNO
436	IMG_1217	LAA-1662	SI	SI	LAA-2441	OCR

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.6. Resultados obtenidos en placas vehiculares con diferentes tamaños.

Para la obtención de resultados en este apartado fue necesario emplear el programa IrfanView, que permite el redimensionamiento de una imagen a un tamaño deseado. Para este proceso se tomó en cuenta imágenes que no presentaron problemas respecto a su tipo de placa, ya sea frontal, proyectada, nocturna o sujeta a una distancia específica, con la finalidad de destacar la única interrogante conforme al tamaño. Los tamaños corresponden a 8 MP, 5 MP, 3 MP, 2 MP, 1 MP Y 0,3 MP. En la Tabla 14 se pueden apreciar los resultados.

Tabla 14. Resultados de placas vehiculares sujetas a diferentes tamaños.

N° Prueba	Tipo de Placa	Placa Existente	Tamaño	Placa Identificada	Error Específico
683	FRONTAL	LBB-3572	8 MP	LBB-3572	NINGUNO
			5 MP	LBB-3572	NINGUNO
			3 MP	LBB-3572	NINGUNO
			2 MP	LBB-3572	NINGUNO
			1 MP	LBB-3572	NINGUNO
			0,3 MP	LBB-3572	NINGUNO
684	PROYECTADA	LBB-9840	8 MP	LBB-9840	NINGUNO
			5 MP	LBB-9840	NINGUNO
			3 MP	LBB-9840	NINGUNO
			2 MP	LBB-9840	NINGUNO
			1 MP	LBB-9840	NINGUNO
			0,3 MP	LB-8981	OCR

685	NOCTURNA	LBB-3859	8 MP	LBB-3859	NINGUNO
			5 MP	LBB-3859	NINGUNO
			3 MP	LBB-3859	NINGUNO
			2 MP	LBB-3859	NINGUNO
			1 MP	LBB-3859	NINGUNO
			0,3 MP	BSS-591	CORRECCION
686	DISTANCIA MAYOR A 1 m	ABC-3311	8 MP	ABC-3311	NINGUNO
			5 MP	ABC-3311	NINGUNO
			3 MP	ABC-3311	NINGUNO
			2 MP	ABC-3311	NINGUNO
			1 MP	ABC-3311	NINGUNO
			0,3 MP	ABC-3311	NINGUNO
687	DISTANCIA MAYOR A 2 m	ZAA-913	8 MP	ZAA-913	NINGUNO
			5 MP	ZAA-913	NINGUNO
			3 MP	ZAA-913	NINGUNO
			2 MP	ZAA-913	NINGUNO
			1 MP	ZAA-91	CORRECCION
			0,3 MP	-	CORRECCION
688	DISTANCIA MAYOR A 3 m	PBH-6303	8 MP	PBH-6303	NINGUNO
			5 MP	PBH-6303	NINGUNO
			3 MP	PBH-6303	NINGUNO
			2 MP	PBH-6303	NINGUNO
			1 MP	PBH-6303	NINGUNO
			0,3 MP	CYG-72	OCR

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN

4.1. Introducción.

Este capítulo comprende la interpretación de los resultados obtenidos en el apartado anterior. Los errores encontrados en la detección de algunas placas vehiculares se han suscitado acorde a un error en particular que impide la correcta detección de la misma, la descripción de estos errores se encuentran en el Anexo IV.

4.2. Evaluación e Interpretación en imágenes de placas vehiculares frontales.

Para la evaluación y obtención de resultados en placas vehiculares frontales se emplearon un total de 153 imágenes con un tamaño de 8 MP, la Tabla 15 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 15. Resultados obtenidos en placas vehiculares frontales.

PLACAS VEHICULARES FRONTALES		
RESULTADO	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
CORRECTAS	105	68,62
ERRÓNEAS	48	31,38

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

El resultado erróneo en las placas vehiculares frontales atribuye un error específico descrito en la Tabla 16.

Tabla 16. Error específico en los resultados de placas vehiculares frontales.

PLACAS VEHICULARES FRONTALES		
ERROR ESPECIFICO	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
OCR	29	60,42
PROYECCION	4	8,33
CORRECCION	2	4,17
PLACA DETERIORADA	7	14,58
MARCO DE PLACA	4	8,33
SOMBRA	2	4,17

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Según la Tabla 16, el error específico más prominente es en el proceso de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), representando más del 60 % de todas las placas vehiculares erróneas. Dentro de las pruebas realizadas algunas correspondían a placas vehiculares

deterioradas, esto dificulta aún más el procedimiento de reconocimiento de caracteres (OCR).

4.3. Evaluación e interpretación en imágenes de placas vehiculares proyectadas.

Para la evaluación y obtención de resultados en placas vehiculares proyectadas se han empleado un total de 291 imágenes con un tamaño de 8 MP, ya que se consideró destacar la funcionalidad sobre placas distorsionadas e inclinadas como propósito fundamental para esta aplicación, la Tabla 17 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 17. Resultados obtenidos en placas vehiculares proyectadas.

PLACAS VEHICULARES PROYECTADAS		
RESULTADO	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
CORRECTAS	128	43,99
ERRÓNEAS	163	56,01

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Como se observa en la Tabla 17, el resultado erróneo en las placas vehiculares proyectadas sobrepasa al de las correctas. Al momento de evaluar el desempeño de la aplicación se pudo constatar que el del algoritmo de corrección y proyección entra en conflicto al trabajar con imágenes captadas desde un ángulo superior y cuya placa vehicular posee un marco protector, por tal razón a estas condiciones ajenas al programa se las excluyó dentro de las capacidades de funcionamiento de la aplicación, para establecerlas como limitaciones. Bajo estas limitaciones el total de imágenes sería de 237. La Tabla 18 muestra el resultado de excluir tales condiciones.

Tabla 18. Resultados obtenidos en placas vehiculares proyectadas sujeta a limitaciones.

PLACAS VEHICULARES PROYECTADAS		
RESULTADO	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
CORRECTAS	128	54,00
ERRÓNEAS	109	46,00

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

El resultado erróneo en las placas vehiculares proyectadas atribuye un error específico descrito en la Tabla 19.

Tabla 19. Error específico en los resultados de placas vehiculares proyectadas.

PLACAS VEHICULARES PROYECTADAS		
ERROR ESPECIFICO	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
OCR	42	38,53
PROYECCION	14	12,84
CORRECCION	24	22,01
PLACA DETERIORADA	12	11,00
POSICIÓN	12	11,00
SOMBRA	5	4,59

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Según la Tabla 19, el error específico más recurrente se da en el proceso de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), seguido de la Corrección Proyectiva. Es importante que la placa vehicular no se encuentre deteriorada y que la posición de donde se realizó la captura de la imagen permita la apreciación correcta del recuadro que contiene la placa vehicular, de esta forma el proceso de proyección y corrección se puede realizar correctamente.

4.4. Evaluación e interpretación en imágenes nocturnas de placas vehiculares.

Para la evaluación y obtención de resultados en placas vehiculares captadas en la noche se han empleado un total de 105 imágenes con un tamaño de 8 MP, la Tabla 20 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 20. Resultados obtenidos en placas vehiculares nocturnas.

PLACAS VEHICULARES NOCTURNAS		
RESULTADO	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
CORRECTAS	43	40,95
ERRÓNEAS	62	59,05

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Como se observa en la Tabla 20, el resultado erróneo en las placas vehiculares captadas en la noche difiere mucho al de las correctas. Si se excluyen las placas que cumplen las limitaciones anteriormente descritas se tiene un total de 93 placas. La Tabla 21 muestra el resultado obtenido.

Tabla 21. Resultados obtenidos en placas vehiculares nocturnas sujeta a limitaciones.

PLACAS VEHICULARES NOCTURNAS		
RESULTADO	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
CORRECTAS	43	46,23
ERRÓNEAS	50	53,77

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

El resultado erróneo en las placas vehiculares nocturnas atribuye un error específico descrito en la Tabla 22.

Tabla 22. Error específico en los resultados de placas vehiculares nocturnas.

PLACAS VEHICULARES NOCTURNAS		
ERROR ESPECIFICO	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
OCR	11	22,00
PROYECCION	8	16,00
CORRECCION	13	26,00
DISTANCIA / MOVIMIENTO	4	8,00
ILUMINACIÓN	13	26,00
UMBRAL	1	2,00

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Según la Tabla 22, el error específico con mayor incidencia atribuye al factor de iluminación, seguidamente en el proceso de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) existe un porcentaje similar de error. El porcentaje de error en la Corrección y Proyección corresponde a las diferentes condiciones que se realizó la captura de imágenes.

4.5. Evaluación e interpretación en imágenes captadas a una distancia variable.

La distancia representa un factor muy importante al momento de ejecutar la aplicación, por lo cual fue necesario evaluar el funcionamiento del programa conforme a esta variable. Esta prueba se realizó con el objetivo de establecer las limitaciones de la aplicación con respecto a la variable distancia, el total de imágenes utilizadas fueron 49, dentro de las cuales están divididas acorde a la distancia existente. Las Tabla 23,24 y 25 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 23. Resultados en placas vehiculares captadas a una distancia mayor a 1 m.

DISTANCIA MAYOR A 1 METRO		
NUMERO PLACAS	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
CORRECTAS	13	86,70
ERRONEAS	2	13,30

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Las imágenes de placas vehiculares captadas a una distancia de aproximadamente 1 m presentan un alto índice de acierto frente a las erróneas. Las imágenes erróneas corresponden a un error específico de Reconocimiento de Caracteres Ópticos (OCR).

Tabla 24. Resultados en placas vehiculares captadas a una distancia mayor a 2 m.

DISTANCIA MAYOR A 2 METROS		
NUMERO PLACAS	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
CORRECTAS	13	81,25
ERRONEAS	3	18,75

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Las imágenes captadas a una distancia mayor a 2 m no presentan considerables errores de reconocimiento, el porcentaje de error se atribuye al Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), los procedimientos de Corrección y Proyección no presentan problema alguno.

Tabla 25. Resultados en placas vehiculares captadas a una distancia mayor a 3 m.

DISTANCIA MAYOR A 3 METROS		
NUMERO PLACAS	NÚMERO DE PLACAS	PORCENTAJE (%)
CORRECTAS	11	61,11
ERRONEAS	7	38,89

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Las imágenes captadas a una distancia mayor a 3 m presentan mayor dificultad de reconocimiento que las anteriores, la distancia impide en algunos casos la correcta Corrección de la Placa Vehicular. El porcentaje existente de error se atribuye al Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR).

4.6. Evaluación e interpretación en imágenes de acuerdo a su tamaño.

El tamaño de la imagen representa una variable importante al momento de trabajar con diferentes equipos de registro de imágenes. Como es conocido las imágenes con las que se han realizado las evaluaciones tienen un tamaño de 8 MP, sin embargo este apartado pretende establecer el valor mínimo de tamaño que debe tener una imagen para que la aplicación funcione sin presentar ninguna deficiencia.

Se han empleado imágenes correctas en el tamaño inicial de prueba de 8 MP. La Tabla 26 muestra el resultado obtenido de las pruebas realizadas.

Tabla 26. Imágenes de placas vehiculares con diferentes tamaños.

PLACAS VEHICULARES DE ACUERDO AL TAMAÑO DE LA IMAGEN						
TIPO DE PLACA	8 MP	5 MP	3 MP	2 MP	1 MP	0,3 MP
FUNCIONAMIENTO: CORRECTO ✓ INCORRECTO ✗						
FRONTAL	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PROYECTADA	✓	✓	✓	✓	✓	✗
NOCTURNA	✓	✓	✓	✓	✓	✗
DISTANCIA 1m	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DISTANCIA 2m	✓	✓	✓	✓	✗	✗
DISTANCIA 3m	✓	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Como se puede apreciar en la Tabla 26 conforme el tamaño de la imagen se reduce a partir de 1MP la imagen tiende a presentar errores de reconocimiento, los cuales se pudieron apreciar que corresponden al proceso de Corrección y Reconocimiento Óptimo de Caracteres (OCR). A partir de los 2 MP la aplicación presenta un correcto funcionamiento.

4.7. Especificación de las limitaciones del algoritmo para su correcto funcionamiento.

Dentro del desarrollo del algoritmo e implementación de la aplicación, se pudo determinar situaciones que impiden su correcto funcionamiento, razón por la cual es necesario especificarlas con la finalidad de ser excluidas dentro de las capacidades del programa. Sin embargo, éstos inconvenientes se presentan de acuerdo a los diferentes tipos de imágenes existentes, por lo que se las representa con su limitación existente en la Tabla 27.

Tabla 27. Limitaciones del algoritmo para su correcto funcionamiento.

LIMITACIONES DEL ALGORITMO DISEÑADO					
SITUACIONES DESFAVORABLES					
TIPO DE PLACA	MOVIMIENTO	MARCO DE PLACA	VISTA SUPERIOR	PLACAS DETERIORADAS	DIFERENCIA DE INTENSIDADES EN LA PLACA VEHICULAR
FUNCIONAMIENTO:		CORRECTO ✓		INCORRECTO ✗	
FRONTAL	✓	✓	✗	✗	✗
PROYECTADA	✗	✗	✗	✗	✗
NOCTURNA	✗	✗	✗	✗	✗

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Como se puede apreciar en la Tabla 27 las limitaciones del algoritmo se dan al momento de trabajar con imágenes captadas desde una vista superior a la placa vehicular. Las limitaciones en la placa vehicular se dan con la existencia de un marco protector o bajo la presencia de movimiento a excepción de las placas vehiculares frontales. La diferencia de intensidades y el deterioro de la placa vehicular representan una limitación total para todo tipo de placa vehicular.

4.8. Comparación del algoritmo desarrollado con el estado del arte actual.

Con la finalidad de evaluar el potencial del algoritmo diseñado, se procedió a realizar una comparación con los resultados generales de los demás algoritmos correspondientes al estado del arte actual. Esta comparación precisa el índice de acierto de acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes fases del programa, la Tabla 28 muestra los porcentajes obtenidos.

Tabla 28. Comparación del algoritmo desarrollado con el estado del arte actual.

COMPARACIÓN DEL ALGORITMO DESARROLLADO CON EL ESTADO DEL ARTE ACTUAL				
ALGORITMOS	LOCALIZACIÓN (%)	CORRECCIÓN (%)	UMBRALIZACIÓN Y SEGMENTACIÓN (%)	RECONOCIMIENTO DE CARACTERES (%)
AUTOR	100	87	85	65
MENDOZA D. ROMERO W.	92	85	98	92
CAÑADAS P. HARO G.	50	60	64	60
PAREDES J. GUERRERO L.	45	0	60	75
PARRA C. REGAJO D.	94	32	78	96
TOLEDO L.	96	0	82	92
CEBALLOS S.	86	45	96	97
OCAMPO J.	92	0	93	95
LEMA L.	64	0	56	78
ÁLVAREZ M.	94	92	94	82

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Como se puede apreciar en la Tabla 28, los resultados obtenidos por los autores a través de la implementación de determinados algoritmos difieren de acuerdo al método y mecanismo empleado. Cabe resaltar que existen librerías como Open CV y LabVIEW que prestan herramientas ya desarrolladas y testeadas para todos los procedimientos, logrando así un mayor índice de fiabilidad. Sin embargo el resultado obtenido en comparación a los demás algoritmos del estado del arte actual es bueno y competente frente a los otros, ya que presenta funciones adicionales de corrección, reconocimiento y segmentación.

CONCLUSIONES

Dentro de la recolección de imágenes para la base de datos se tomaron en cuenta todas las posibles condiciones favorables y desfavorables existentes con la finalidad de evaluar al máximo el desempeño de la aplicación diseñada. Gracias a la clasificación de las placas vehiculares se pudo determinar los errores específicos en cada una de ellas, así como también establecer las limitaciones del programa para placas con marco protector e imágenes de placas captadas desde un ángulo superior.

Con la intención de abarcar mayor cantidad de imágenes se implementaron los procedimientos de corrección y proyección para casos de placas distorsionadas e inclinadas. Logrando dar solución a través de la Transformada de Hough y Transformación Proyectiva que son herramientas matemáticas de carácter geométrico y matricial.

Mediante las pruebas realizadas se pudieron observar muchas situaciones críticas para el correcto funcionamiento del programa, sin embargo fueron tomadas en cuenta con la finalidad de globalizar las condiciones referentes a la base de datos de las imágenes. Se logró despreciar las limitaciones de la variable distancia considerablemente, obteniendo buenos resultados a uno, dos, tres y hasta cuatro metros de distancia, así como también se pudo comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación en imágenes de hasta 2MP de tamaño.

Sin embargo es importante manifestar la importancia de la calidad de la imagen, ya que factores como la posición de captura, deterioro de la placa, sombra e iluminación afectan directamente a los resultados de reconocimiento. Finalmente una vez generada la estructura de la aplicación se implementó una interfaz gráfica (GUIDE) que a través de un entorno virtual permite cargar y mostrar imágenes de placas vehiculares, así como también el procedimiento que se realiza para su posterior análisis y resultado.

RECOMENDACIONES

Se propone la implementación de un algoritmo que permita la localización automática de la matrícula vehicular dentro de la imagen, tomando en cuenta factores de distancia, iluminación, distorsión y color de placa vehicular. Esta implementación es necesaria para que la aplicación sea completamente automática, de esta forma se lograría automatizar totalmente la aplicación.

Se debería realizar un algoritmo de umbralización adaptivo capaz de establecer y realizar el procedimiento necesario frente a situaciones donde la placa vehicular se encuentra representada por niveles distintos de intensidad. De esta manera se lograría corregir inconvenientes con respecto al brillo o sombra.

Para la implementación de esta aplicación en un sistema para Reconocimiento de Placas Vehiculares se recomienda una posición estratégica frontal o lateral con respecto a los vehículos. Es importante que los factores de iluminación incidan de manera positiva a la placa vehicular para así lograr obtener una imagen de mejor calidad y por supuesto obtener mejores resultados en la etapa de reconocimiento.

Se recomienda proponer o implementar una solución para el alto índice de error presentado en la etapa de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), con la finalidad de hacer un análisis más detallado de cada patrón correspondiente a caracteres alfanuméricos.

Se recomienda diseñar métodos alternativos de diseño como comparación de imágenes con marco y sin marco protector, que permita desprestigiar o corregir las rectas exteriores detectadas, logrando así la solución a uno de los errores específicos presentados en la evaluación de la aplicación. Los algoritmos que tengan el mejor índice de funcionalidad y resultado se podrían unificar, para de esta manera lograr implementar una aplicación que sea capaz de abarcar y resolver todos los inconvenientes correspondientes a las condiciones desfavorables.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, M. A. (2014). *Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Ingreso de Vehículos basado en Visión Artificial y Reconocimiento de Placas en el Parqueadero de la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca*.
- Barragán, D. O. (2012). *Matpic*. Obtenido de Reconocimiento Óptico de Caracteres - OCR: <http://www.matpic.com/esp/matlab/ocr.html>
- Barragán, D. O. (Noviembre de 2016). *Matpic*. Obtenido de Manual GUIDE en MATLAB.
- Cañadas, P., & Haro, G. (2011). *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*.
- Ceballos, S. E. (2012). Reconocimiento de Matriculas de Automóviles con MATLAB.
- Cuenca, E. V. (2012). *Informática*. Obtenido de Universitat de Valencia: <http://informatica.uv.es/iiguia/VC/tutorial.pdf>
- Fernández, N. L. (2012). *Introducción a la Visión Artificial*. Obtenido de Universidad de Córdoba: <http://www.uco.es/users/ma1fegan/2011-2012/vision/Temas/ruido.pdf>.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. (2003). *Digital Image Processing Using MATLAB*. Addison Welsey 2003.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (1993). *Digital Image Processing*. Addison Welsey.
- INEC. (2014). *Ecuador en Cifras*. Recuperado el 2017, de www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas
- Lema, L. O. (2014). *Sistema de Reconocimiento de Imagen para Detección de Placas de Vehículo obtenidas con Cámara Web, basado en lenguaje de programación MATLAB*.
- Ley Orgánica del Transporte Terrestre, T. y. (2016). *Ministerio de Turismo*. Obtenido de Art. 177: <http://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/LEY-ORGANICA-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIAL.pdf>
- Martin, F., & Fernández, X. (1999). *Automatic Reading of Vehicle License Numbers*. Vigo.
- Mendoza, D., & Romero, W. (2012). *Diseño y Construcción de un Prototipo de Sistemas de Control para monitorear e incrementar la seguridad en el acceso vehicular del parqueadero de la ESPE-L utilizando Procesamiento Digital de Imágenes*.
- Mery, D. (2004). *Universidad de Chile*. Obtenido de Visión Artificial, Geometría Projectiva: <http://dmery.sitios.ing.uc.cl/Prints/Books/2004-ApuntesVision.pdf>
- Mery, D. (2004). *Universidad Católica de Chile*. Obtenido de Visión por Computador: <https://dl.dropboxusercontent.com/u/1791703/Prints/Books/2004-ApuntesVision.pdf>

- Ocampo, J. L. (2011). Reconocimiento de Caracteres de una Placa de Automóvil mediante Redes Neuronales Artificiales usando MATLAB.
- Paredes, J., & Guerrero, L. (2012). *Estudio Comparativo entre Algoritmos de Reconocimiento de Borde para Identificación de Placas de Autos*.
- Parra, C., & Regajo, D. (2014). *Universidad Carlos III*. Obtenido de *Visión Artificial, Prácticas*: <http://www.it.uc3m.es/~jvillena/irc/practicas/06-07/14.pdf>
- Pilu, M. (2001). *Deskewing Perspectively Distorted Documents: An Approach Based on Perceptual Organization*. HP Laboratories Bristol.
- Quilmes, U. N. (2005). *Visión Artificial*. Obtenido de *Procesamiento Global emleando la Transformada de Hough*: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Transformada%20de%20Hough.pdf>
- Quilmes, U. N. (2005). *Visión Artificial*. Obtenido de *Segmentación por Umbralización - Método de Otsu*: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Segmentaci%C3%B3n%20por%20umbralizaci%C3%B3n%20-%20M%C3%A9todo%20de%20Otsu.pdf>
- Toledo, L. E. (2005). Reconocimiento Automático de Matrículas de Automóviles.
- Torres, S. (2006). *Universidad de Jaén, Área de Ingeniería de Sistemas y Automática*. Obtenido de *Detección de Bordes en una Imagen*: http://www4.ujaen.es/~satorres/practicas/practica3_vc.pdf
- Torres, S. A. (2005). *Univerisad de Jaén*. Obtenido de *Area de Ingeniería de Sistemas y Automática, Reducción del Ruido en una Imagen Digital*: <http://www4.ujaen.es/~satorres/practicas/practica2.pdf>
- Valladolid, U. d. (2010). *Universidad de Valladolid*. Obtenido de *Image Processing Lab, Umbralización - Thresholding*: https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_03_04/sonificacion/cabroa_archivos/umbralizacion.html

ANEXOS

ANEXO I

Tamaño de muestras necesarias.

$N = 41579$ (Número total de vehículos correspondientes a la Provincia de Loja) (INEC, 2014).

$Z_{\alpha} = 95\% = 1,96$ (Nivel de Confianza Correspondiente a 95%).

$e = 5\%$ Margen error.

$p = q = 0,5$ (Dato Desconocido) Proporción.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot Npq}{e^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 pq}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot (41579)(0,5)(0,5)}{(0,05)^2(41578) + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot (41579)(0,5)(0,5)}{(0,05)^2(41578) + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$$n = \frac{39915,84}{104.905}$$

$$n = 380,49 \approx 381$$

Se requieren aproximadamente 381 imágenes.

ANEXO II

Base de datos de imágenes de placas vehiculares

PLACAS FRONTALES

NOMBRE	PLACA	IMG_2360	LBB-4608
IMG_0350	LAA-2305	IMG_2365	LAE-0431
IMG_0365	LBA-7993	IMG_2366	LBB-5280
IMG_0621	PBC-4715	IMG_2371	LBW-265
IMG_0622	LCC-416	IMG_2372	LBW-265
IMG_0623	LCC-416	IMG_2374	LBW-265
IMG_0639	PQQ-273	IMG_2381	LBA-5270
IMG_0644	PCG-3001	IMG_2382	LBA-5270
IMG_0651	PQG-161	IMG_2393	PKC-397
IMG_0671	AFS-821	IMG_2396	LBA-5812
IMG_0675	LBB-2549	IMG_2398	GHS-005
IMG_0676	LBB-3414	IMG_2401	PBH-1729
IMG_0678	LCK-481	IMG_2406	PNQ-670
IMG_0679	LCK-481	IMG_2410	LBB-8443
IMG_0692	HBW-0964	IMG_2411	LBB-6015
IMG_0700	IBA-1471	IMG_2414	LBX-864
IMG_0703	XBP-0636	IMG_3318	PTN-681
IMG_0707	PIU-537	IMG_3320	PPA-2423
IMG_0711	TDM-383	IMG_3676	LBA-2540
IMG_0719	PTD-916	IMG_3679	LBA-6650
IMG_0720	LBA-1117	IMG_3680	LBA-4725
IMG_0721	PBD-6386	IMG_3681	LBA-4725
IMG_0725	LBB-8951	IMG_4070	TDK-636
IMG_0726	PBI-8613	IMG_4072	PDA-3919
IMG_0742	GHS-005	IMG_4074	LMA-1164
IMG_0767	LBX-864	IMG_4077	LMA-1164
IMG_1230	TBN-0940	IMG_4078	ICH-0133
IMG_1231	LCJ-833	IMG_4087	PWM-017
IMG_1243	LCL-100	IMG_4340	LBB-3063
IMG_1244	MBC-4470	IMG_4341	LBB-4748
IMG_1245	PBL-9703	IMG_4349	LBB-4748
IMG_1246	LBB-8870	IMG_4350	LBB-8552
IMG_1247	PWT-276	IMG_4351	LBB-8552
IMG_1248	LBB-9270	IMG_4353	LBB-8552
IMG_1249	ABC-3311	IMG_4365	LBB-1620
IMG_1251	ZEA-155	IMG_4366	LBB-1620
IMG_1254	AGC-220	IMG_4377	LCG-141
IMG_1278	LCK-837	IMG_4378	LCL-666
IMG_1280	LBA-6258	IMG_4379	LBB-1354
IMG_1281	IBV-609	IMG_4380	PBO-5745
IMG_1284	ZEI-1036	IMG_4381	ABE-7859
IMG_1285	ICI-404	IMG_0008	GKU-442
IMG_1286	AFW-070	IMG_0009	AGE-507
IMG_1289	PBB-5108	IMG_0019	LMA-025
IMG_1299	ZAA-486	IMG_0021	OCO_0491
IMG_1301	PPB-240	IMG_0023	LBW-666
IMG_1304	LCJ-404	IMG_0025	ABD-5702
IMG_2346	PQG-161	IMG_0026	TCT-865
IMG_2349	PSJ-059	IMG_0028	PIY-228

IMG_2355	AFS-821	IMG_0034	LBZ-0552
IMG_2357	PBN-5180	IMG_0038	LCL-904
IMG_0040	ADT-0169	IMG_0044	LCD-476
IMG_0045	PCN-5094	IMG_0048	ICD-506
IMG_0050	TDS-935	IMG_0089	LCL-920
IMG_0090	LCC-920	IMG_0094	LBE-434
IMG_0095	LBZ-0934	IMG_0096	XBA-5000
IMG_0099	LPA-2006	IMG_0102	LAF-0749
IMG_0120	PAU-0919	IMG_0146	TBE-1545
IMG_4557	IBC-3463	IMG_4561	PCJ-9276
IMG_4564	AGJ-492	IMG_4570	HCI-067
IMG_4574	PDU-0641	IMG_4583	LBA-2819
IMG_4591	LBA-9969	IMG_4593	LBB-7640
IMG_4595	PQQ-273	IMG_4597	XBP-0636
IMG_4599	LBB-8882	IMG_4604	LBB-2767
IMG_4606	LBB-5630	IMG_4618	PBN-7676
IMG_4631	LBY-508	IMG_4634	LCH-736
IMG_4635	GNA-0100	IMG_4637	GNA-0100
IMG_4638	LBB-9704	IMG_4640	LBA-8921
IMG_4641	IBC-3463	IMG_4643	RBW-0218
IMG_4646	OCP-0347	IMG_4648	ICJ-710
IMG_4653	LAG-0976	IMG_4655	PPA-1372
IMG_4660	TDS-0761	IMG_4663	TDS-0761
IMG_4667	GMS-880	IMG_4669	TCW-119
IMG_4675	LBB-9840	IMG_4677	LBB-3572
IMG_4679	ADP-384	IMG_4680	LBB-3859
IMG_4683	AGF-0859	IMG_4602	LBY-566
IMG_0516	BBJ-0416	IMG_0534	PIH-405
IMG_0572	LBA-8458		

IMÁGENES PROYECTADAS

NOMBRE	PLACA		
IMG_0054	LAA-2305	IMG_0640	LBB-7640
IMG_0367	LBA-7993	IMG_0641	LBB-7640
IMG_0368	LBA-7993	IMG_0642	LBA-9969
IMG_0370	LCJ-992	IMG_0643	LBA-9969
IMG_0371	LCJ-992	IMG_0645	PCG-3001
IMG_0372	LCJ-992	IMG_0646	LBA-8421
IMG_0620	POM-077	IMG_0648	LBA-8421
IMG_0624	PBC-4715	IMG_0649	LBA-9170
IMG_0625	LCC-089	IMG_0650	LBA-9170
IMG_0626	LCC-089	IMG_0652	PQG-161
IMG_0627	LBA-4596	IMG_0653	LBA-8555
IMG_0628	LBA-4596	IMG_0654	LBA-8555
IMG_0629	PTX-768	IMG_0655	LBA-6789
IMG_0630	PTX-768	IMG_0656	LBA-6789
IMG_0632	PCN-9767	IMG_0658	PSJ-059
IMG_0633	PCN-9767	IMG_0659	PSJ-059
IMG_0635	LBB-4351	IMG_0660	LBB-6891
IMG_0636	LBB-4351	IMG_0661	LBB-6891
IMG_0637	PQQ-273	IMG_0663	AFR-462
		IMG_0691	LBA-7638

IMG_0638	PQQ-273	IMG_0693	HBW-0964
IMG_0664	AFR-462		
IMG_0665	ACV-0234		
IMG_0666	ACV-0234		
IMG_0667	ACV-0234		
IMG_0668	PCH-7691		
IMG_0669	PCH-7691		
IMG_0670	PCH-7691		
IMG_0672	AFS-821		
IMG_0673	POM-200		
IMG_0674	LBB-2549		
IMG_0677	LBB-3414		
IMG_0680	LBB-1986		
IMG_0681	LBB-1986		
IMG_0682	LBB-6170		
IMG_0684	LBB-6170		
IMG_0686	LBB-9490		
IMG_0687	LBB-9490		
IMG_0688	LPA-1407		
IMG_0689	LPA-1407		
IMG_0690	LBA-7638		

IMG_0722	LCD-212	IMG_1270	AGC-220
IMG_0723	LBB-6332	IMG_1271	AGC-220
IMG_0724	LBB-2383	IMG_1274	AGC-220
IMG_0727	LBB-3308	IMG_1282	IBV-609
IMG_0728	LBB-1453	IMG_1282	IBV-609
IMG_0729	LBB-2222	IMG_1287	AFW-070
IMG_0733	PNQ-670	IMG_1288	AFW-070
IMG_0735	LBB-6015	IMG_1290	PBB-5108
IMG_0736	LBB-6015	IMG_1300	ZAA-486
IMG_0737	LBA-4521	IMG_1302	PPB-240
IMG_0738	LBA-4521	IMG_1305	LCJ-404
IMG_0739	LCG-295	IMG_2341	LBB-6393
IMG_0740	LCG-295	IMG_2342	LBB-6393
IMG_0741	PBH-1729	IMG_2343	LBB-6393
IMG_0743	LBA-5812	IMG_2344	PBC-4715
IMG_0517	BBJ-0416	IMG_2345	PQG-161
IMG_0745	LBA-5812	IMG_2347	LBA-8555
IMG_0746	LBB-4164	IMG_2348	LBA-6789
IMG_0747	LBB-4164	IMG_2350	LBB-6891
IMG_0748	PTE-472	IMG_2351	LBB-6891
IMG_0749	PTE-472	IMG_2352	AFR-462
IMG_0751	LCL-754	IMG_2353	AFR-462
IMG_0753	LCG-671	IMG_2356	AFS-821

IMG_0754	LBB-7521	IMG_2359	PBN-5180
IMG_0755	TDR-095	IMG_2362	LBB-4608
IMG_0756	LBB-8443	IMG_2364	LAE-0431
IMG_0757	LBB-8443	IMG_2367	LBB-5280
IMG_0758	TDR-095	IMG_2370	LBA-2148
IMG_0759	LBB-7521	IMG_2391	PDA-3982
IMG_0760	LCG-671	IMG_2392	PKC-397
IMG_0761	LCL-754	IMG_2394	PKC-397
IMG_0762	LBA-5546	IMG_2397	LBA-5812
IMG_0763	LBA-3630	IMG_2399	GHS-005
IMG_0764	PJJ-175	IMG_2400	GHS-005
IMG_0765	LCF-880	IMG_2402	PBH-1729
IMG_0766	LBX-864	IMG_2403	PBH-1729
IMG_0768	PDB-9595	IMG_2404	LBA-4521
IMG_1033	PPA-2423	IMG_2405	LBB-6015
IMG_1034	TDC-0296	IMG_2407	PNQ-670
IMG_1037	LBA-4270	IMG_2408	LBB-8443
IMG_1039	PBB-6629	IMG_2409	LBB-8443
IMG_1073	LBB-5473	IMG_2412	LBX-864
IMG_1077	LBB-5473	IMG_3319	PTN-681

IMG_3322	PPA-2423	IMG_0011	GKU-442
IMG_3323	PPA-2423	IMG_0012	LCI-901
IMG_3324	PFI-057	IMG_0020	PCO-1438
IMG_3678	LBA-6650	IMG_0023	OCO-0491
IMG_3684	LBA-4725	IMG_0024	LBW-666
IMG_4076	LMA-1164	IMG_0026	ABD-5702
IMG_4084	ABE-8331	IMG_0027	LCJ-098
IMG_4343	LBB-4748	IMG_0029	PIY-228
IMG_4352	LBB-8552	IMG_0031	GRS-185
IMG_4354	LBB-8552	IMG_0032	LBT-999
IMG-4363	LBB-8552	IMG_0036	LBZ-0552
IMG_4740	ABH-657	IMG_0039	LCL-904
IMG_4964	ABC-6991	IMG_0041	LBB-2871
IMG_4966	ABC-6991	IMG_0042	AFA-858
IMG_4968	ABC-6991	IMG_0043	LBB-7878
IMG_8522	LBB-4748	IMG_0044	LBB-7878
IMG_8523	LCJ-992	IMG_0046	LCF-218
IMG_8524	LCJ-992	IMG_0047	IBX-210
IMG_8526	LBB-8552	IMG_0049	TDS-935
IMG_0051	PXG-734	IMG_0052	LBB-1923
IMG_0053	PJF-826	IMG_0055	ABB-8023
IMG_0057	POZ-493	IMG_0058	PIP-121
IMG_0059	LBB-1671	IMG_0084	LCC-673
IMG_0092	GSK-9098	IMG_0093	LBA-5800
IMG_0094	LBK-314	IMG_0095	LBE-434
IMG_0097	XBA-5000	IMG_0098	LPA-2006
IMG_0101	LAF-0749	IMG_0115	LBZ-0934
IMG_0119	PAU-0919	IMG_0121	LAH-683
IMG_0147	TBE-1545	IMG_0148	TBE-1545
IMG_0207	LMA-1183	IMG_0516	ICD-506
IMG_4390	OCD-077	IMG_4393	LAG-0577

IMG_4394	LCI-901	IMG_4550	GJV-0959
IMG_4551	PBA-7458	IMG_4552	LCL-0911
IMG_4555	LCD-476	IMG_4556	IBC-3463
IMG_4558	LBS-111	IMG_4560	LBS-111
IMG_4562	PCJ-9276	IMG_4563	AGJ-492
IMG_4568	PSK-799	IMG_4569	HCI-067
IMG_4571	ABA-1002	IMG_4572	LCG-457
IMG_4573	PDU-0631	IMG_4585	LBA-2819
IMG_4586	LCK-310	IMG_4587	PCG-3001
IMG_4588	LBB-6015	IMG_4589	LBB-4351
IMG_4590	LBA-9969	IMG_4594	PQQ-273
IMG_4596	XBP-0636	IMG_4598	LBB-8882
IMG_4601	LBY-566	IMG_0567	PIA-0173
IMG_4603	LBB-2767	IMG_4605	LBB-5630
IMG_4607	LBA-3895	IMG_4619	PBN-7676
IMG_4620	PBN-7676	IMG_4621	PRE-721
IMG_4637	LBB-6460	IMG_4638	GRW-4048
IMG_4639	LBB-9704	IMG_4640	IBC-3463
IMG_4641	LBA-8921	IMG_4644	RBW-0218
IMG_4645	OCP-0347	IMG_4647	ICJ.710
IMG_4650	BBI-525	IMG_4654	AGF-0859
IMG_4656	PPA-1372	IMG_4657	TDS-0761
IMG_4659	TDS-0761	IMG_4661	TDS-0761
IMG_4662	ADR-494	IMG_4664	TDS-0761
IMG_4666	LAE-0709	IMG_4670	TCW-119
IMG_4671	OEI-1150	IMG_4673	LBB-9840
IMG_4674	LBB-3859	IMG_4678	LBB-3572
IMG_4681	ADP-384	IMG_4683	LBB-4392
IMG_4684	LCH-736	IMG_4685	LCH-736
IMG_4699	PQN-924		
IMG_0535	PIH-405		
IMG_0568	LBA-5213		
IMG_0570	LBB-8952		
IMG_0573	LBA-8458		

PLACAS NOCTURNAS

IMG_1096	LCI-628	IMG_4136	PCA-9952
IMG_1105	LBA-9585	IMG_4140	LBM-932
IMG_1107	PPA-2423	IMG_4141	PXP-238
IMG_1109	LBB-5969	IMG_4147	PDB-2230
IMG_1119	LBA-6519	IMG_4148	PDB-2230
IMG_1123	LBB-3300	IMG_4149	LCK-529
IMG_1140	GQE-808	IMG_4150	LCK-529
IMG_1142	PBL-3702	IMG_4154	LCK-529
IMG_1176	PPA-2423	IMG_4159	LAG-766
IMG_1181	LBB-9870	IMG_4160	LAG-766
IMG_4094	OBV-180	IMG_4163	PBH-4519
IMG_4095	OBV-180	IMG_4164	PBH-4519
IMG_4096	LCJ-847	IMG_4165	LCI-735
IMG_4097	LCJ-847	IMG_4166	LCI-735
IMG_4098	OBV-180	IMG_4173	LCI-236
IMG_4099	LBA-2743	IMG_4176	ABE-7178
IMG_4102	PTN-681	IMG_4300	LCL-548
IMG_4122	AFY-604	IMG_4609	LBB-3859

IMG_4124	AFY-604	IMG_4610	LBB-3859
IMG_4128	LCJ-453	IMG_1106	PPA-2423
IMG_4129	LCJ-453	IMG_1108	LBB-1578
IMG_4132	LBE-0289	IMG_1113	LBB-2397
IMG_4133	LBE-0289	IMG_1114	LBB-2397
IMG_4134	LBE-0289	IMG_1143	IBA-1425
IMG_4106	PTN-681	IMG_1144	ABD-6377
IMG_4107	ICD-506	IMG_1146	LBB-4502
IMG_4108	LBA-1828	IMG_1155	AFE-392
IMG_4113	GSH-6523	IMG_1165	LBA-9569
IMG_4114	GSH-6523	IMG_1177	PPS-850
IMG_4115	LCH-020	IMG_1178	PPS-850
IMG_4116	PBA-7458	IMG_1180	LBA-9585
IMG_4117	PBA-7458	IMG_1193	LBB-1163
IMG_4118	SPA-1000	IMG_1195	LAA-2200
IMG_4119	SPA-1000	IMG_1197	LBA-7709
IMG_4121	LBA-5702	IMG_1204	LBA-2632
IMG_4123	AFY-604	IMG_4101	IBB-3418
IMG_4125	PSW-988	IMG_4156	LBA-1828
IMG_4126	PSW-988	IMG_4158	LBA-1828
IMG_4139	LBM-932	IMG_4162	LCI-0868
IMG_4142	PXP-238	IMG_4168	PCA-9645
IMG_4143	LAI-0525	IMG_4169	PCA-9645
IMG_4144	LAI-0525	IMG_4170	LCH-865
IMG_4145	LAI-0525	IMG_4171	LCH-865
IMG_4146	PDB-2230	IMG_4172	LCI-236
IMG_4151	LCG-265	IMG_4174	LAA-2318
IMG_4152	LCG-265	IMG_4175	LBB-1234
IMG_0157	GKU-442	IMG_1101	PPG-134
IMG_1104	PIL-172	IMG_4100	IBB-3418
IMG_1112	LCD-476	IMG_4109	LBA-1828
IMG_1127	LBB-7920	IMG_4110	ADF-995
IMG_1182	LBB-9870	IMG_4120	PNT-629
IMG_1201	PIV-708	IMG_4135	LBB-1142
IMG_4092	PPG-134		

DISTANCIA

IMG_0053	LAA-2305
IMG_0366	LBA-7993
IMG_0732	PNQ-670
IMG_0007	ABE-2422
IMG_1249	ABC-3311
IMG_1277	AGC-220
IMG_1282	IBV-609
IMG_1288	AFW-070
IMG_2348	LBA-6789
IMG_2352	AFR-462
IMG_2353	AFR-462
IMG_2374	LBW-265
IMG_3684	LBA-4725
IMG_4365	LBB-1620
IMG_0008	AGE-507
IMG_0086	APA-1237
IMG_0087	LAH-0395
IMG_1035	TDC-0296
IMG_4647	PBH-6303

IMG_4645	ZAA-913
IMG_2375	LBB-5630 LBW-265
IMG_3682	LBA-4725
IMG_4636	LBB-4773
IMG_2405	LBB-6015 LBA-4521
IMG_4084	ABE-8331
IMG_3683	LBA-4725
IMG_4072	PDA-3919
IMG_4363	LBB-8552
IMG_4366	LBB-1620

IMG_0556	POI-906
IMG_1039	PBB-6629
IMG_4646	PBH-6303
IMG_1040	PCD-1033
IMG_4357	ABE-4488
IMG_4362	LBB-8552
IMG_2404	LBA-4521 LBB-6015
IMG_4638	LBW-451
IMG_2390	POZ-0661
IMG_1166	LAI-0312
IMG_1183	PBB-2388
IMG_1186	LBB-7734
IMG_1188	LAA-1055
IMG_1190	LCF-972
IMG_1191	ABD-6377
IMG_1210	LCH-315
IMG_1217	LAA-1662

ANEXO III

Algoritmo de programación parte I

```
%%Cargar Imagen
clear all;
close all;
clc;
[placa,p1]=uigetfile(['*.bmp;*.png;*.jpg'],'Cargar Imagen');
s1=strcat(p1,placa);
[I, map]=imread(s1);
%%
%%Selección Región Determinada de la Placa
imagesc(I);title('Seleccione el Área que contenga la Placa Vehicular','FontSize',14);
imagen_seleccionada = imcrop(I);%%recorte imagen de acuerdo a la seleccion
I2=imagen_seleccionada;
figure(),imshow(I2);title('Área Seleccionada que contiene la Placa Vehicular','FontSize',14);
I2=rgb2gray(I2); %%Conversión Escala Grises
figure(),imshow(I2);title('Imagen Escala Grises','FontSize',14);
A = edge(I2,'sobel','horizontal'); %%aplico filtro sobel para detección bordes
figure(),imshow(A);title('Aplicación Filtro Sobel','FontSize',14);

%%Formación Rectas a través del Filtro Sobel
[m,n]=size(A);
%%divido matriz de la imagen en dos partes
parte_superior=A(1:round(m/2),1:n);
parte_inferior=A(round(m/2):m,1:n);
resultado=zeros(m,n);%%variable encargada de posteriormente representar el resultado de la
corrección proyectiva
```

Algoritmo de programación parte II

```
%%Corrección Inclinación
[m4,n4]=size(parte_superior);
theta4=-50:50;%%Restricción angular (ángulo theta)
%para aplicar la transformada h, es necesario discretizar los ejes
%polares(rho y theta)
[L45,L44]=size(theta4);%%tamaño variable teta
p=(m4^2+n4^2)^0.5/100;
rho4=0:p:(m4^2+n4^2)^0.5; %Discretización
[L3_1,L4_1]=size(rho4); %% tamaño de rho
N_4=zeros(L4_1,L44); % Matriz encargada del conteo de las intersecciones

for i=1:m4,%%recorrido eje x
    for j=1:n4,%%recorrido eje y
        if (parte_superior(i,j)==1)%%filas,columnas
            for k=1:L44,
                rho2=i*cos(theta4(k)*pi/180)+j*sin(theta4(k)*pi/180);% rho=x*cos(theta)+y*sin(theta)
                Q=1;
                while Q<L4_1
                    if (rho4(Q)<rho2&rho2<=rho4(Q+1))%si está dentro almaceno en N
                        N_4(Q,k)=N_4(Q,k)+1;%%llenado recta con los puntos encontrados
                    end
                    Q=Q+1;% contador +1
                end
            end
        end
    end
end;
%%Angulo Desviación
recta=N_4(1,1);
for i=1:L4_1,
    for j=1:L44,
        if(N_4(i,j)>recta)
            recta=N_4(i,j);
            rho_recta_1=rho4(i);%%recta función rho
            theta_recta_1=theta4(j);%%recta función theta
        end
    end
end;

% Rotación Imagen
% R=-(theta_recta_1);
% J = imrotate(I2,R); %%Descomentar si solamente se desea corregir inclinación
```

Algoritmo de programación parte III

%Resolución Matriz de Transformación H

```
X_1=vertices(1,1);
X_2=vertices(2,1);
X_3=vertices(3,1);
X_4=vertices(4,1);
Y_1=vertices(1,2);
Y_2=vertices(2,2);
Y_3=vertices(3,2);
Y_4=vertices(4,2);
%Obtención Matriz H
a=[ x1 y1 1 0 0 0 -1*X_1*x1 -1*X_1*y1;0 0 0 x1 y1 1 -1*Y_1*x1 -1*Y_1*y1;
  x2 y2 1 0 0 0 -1*X_2*x2 -1*X_2*y2;0 0 0 x2 y2 1 -1*Y_2*x2 -1*Y_2*y2;
  x3 y3 1 0 0 0 -1*X_3*x3 -1*X_3*y3;0 0 0 x3 y3 1 -1*Y_3*x3 -1*Y_3*y3;
  x4 y4 1 0 0 0 -1*X_4*x4 -1*X_4*y4;0 0 0 x4 y4 1 -1*Y_4*x4 -1*Y_4*y4];
```

```
H=inv(a)*[X_1;Y_1;X_2;Y_2;X_3;Y_3;X_4;Y_4];
h11=H(1,1);
h12=H(2,1);
h13=H(3,1);
h21=H(4,1);
h22=H(5,1);
h23=H(6,1);
h31=H(7,1);
h32=H(8,1);
```

%%Interpolación Bilineal

```
for x=1:max(xx(4)-xx(1),xx(3)-xx(2)),
  for y=1:max(yy(2)-yy(1),yy(3)-yy(4)),

    X=(h11*x+h12*y+h13)/(h31*x+h32*y+1);
    Y=(h21*x+h22*y+h23)/(h31*x+h32*y+1);
    m=fix(X);
    n=fix(Y);
    if (m>0&m<m4)
      if(n>0&n<n4)
        IMA(x,y)=(U(m+1,n)-U(m,n))*(X-m)+(U(m,n+1)-U(m,n))*(Y-n)+(U(m+1,n+1)+U(m,n)-
        U(m+1,n)-U(m,n+1))*(X-m)*(Y-n)+U(m,n);
        IMA(x,y)=fix(IMA(x,y));
      end
    end
  end
end
figure(),imshow(uint8(IMA));title('Placa Vehicular Corregida','FontSize',14);
Imagen_corregida=uint8(IMA);
```

Algoritmo de programación parte IV

```

%Construcción del Recuadro que Contiene la Placa Vehicular a través de la
%Transf de Hough
%%Parte Superior(construcción de la recta superior)
%%Recta Horizontal #1
matrizh0=zeros(m,n);%%matriz hough 1
for y=1:n;
    if (theta_recta_1~=0)
        x=(y-rho_recta_1*(1/sin(theta_recta_1*pi/180+eps)))/(-1/tan(theta_recta_1*pi/180+eps));
        new_x=round(x);
        if (new_x>=1&new_x<=m)
            matrizh0(new_x,y)=1;
            resultado(new_x,y)=1;
        end
    else
        new_x=round(rho_recta_1);
        matrizh0(new_x,y)=1;
        resultado(new_x,y)=1;
    end
end;
Recuadro=matrizh0;%%variable encargada de representar las matrices h consecutivamente

%%Parte Inferior (construcción de la recta inferior)
[m3,n3]=size(parte_inferior);
theta4=-50:50;%%Restricción angular (ángulo theta)
[L1_2,L2_2]=size(theta4);
p=(m3^2+n3^2)^0.5/100;
rho4=0:p:(m3^2+n3^2)^0.5; %Discretización
[L3_2,L4_2]=size(rho4); %% tamaño de rho
N_2=zeros(L4_2,L2_2); % Matriz encargada del conteo de las intersecciones

for i=1:m3,
    for j=1:n3,
        if (parte_inferior(i,j)==1)%%filas,columnas
            for k=1:L2_2,
                rho2=i*cos(theta4(k)*pi/180)+j*sin(theta4(k)*pi/180);
                Q=1;
                while Q<L4_2
                    if (rho4(Q)<rho2&rho2<=rho4(Q+1))
                        N_2(Q,k)=N_2(Q,k)+1;
                    end
                    Q=Q+1;
                end
            end
        end
    end
end;

%%Angulo Desviación #2
recta=N_2(1,1);
for i=1:L4_2,
    for j=1:L2_2,
        if(N_2(i,j)>recta)
            recta=N_2(i,j);
            rho_recta_2=rho4(i); %%recta función rho
            theta_recta_2=theta4(j);%%recta función theta
        end
    end
end

```

```

end
end;

%%Recta Horizontal #2
matrizh1=zeros(m,n);%%matriz hough 2
for y=1:n;
    if (theta_recta_2~=0)
        x=(y-rho_recta_2*(1/sin(theta_recta_2*pi/180+eps)))/(-(1/tan(theta_recta_2*pi/180+eps)));
        new_x=round(x);
        if (new_x>=1&new_x+round(m/2)<=m)
            matrizh1(new_x+round(m/2),y)=1;
            resultado(new_x+round(m/2),y)=1;
        end
    else
        new_x=round(rho_recta_2);
        matrizh1(new_x+round(m/2),y)=1;
        resultado(new_x+round(m/2),y)=1;
    end
end;
Recuadro=matrizh0+matrizh1; %%almacenamiento recta horizontal superior e inferior

%%Lineas Verticales
B = edge(I2,'sobel','vertical'); %%aplico filtro sobel para detección bordes
%figure(),imshow(I);
%%Formación Rectas a través del Filtro Sobel
[m,n]=size(B);
theta4=50:110;%%Restricción angular (ángulo theta)
[L1,L2]=size(theta4);
p=(m^2+n^2)^0.5/100;
rho4=0:p:(m^2+n^2)^0.5; %Discretización
[L3,L4]=size(rho4); %%p tamaño de rho
NV=zeros(L4,L2); % Matriz encargada del conteo de las intersecciones

for i=1:m,
    for j=1:n,
        if (B(i,j)==1)
            for k=1:L2,
                rho2=i*cos(theta4(k)*pi/180+eps)+j*sin(theta4(k)*pi/180+eps);
                Q=1;
                while Q<L4
                    if (rho4(Q)<rho2&rho2<=rho4(Q+1))
                        NV(Q,k)=NV(Q,k)+1;
                    end
                    Q=Q+1;
                end
            end
        end
    end
end;

%% Recta Vertical #1 (Derecha)
matrizh2=zeros(m,n);%%matriz hough
NV2=NV(round(L4/2+1):L4,1:L2); %%matriz espacio parametrico discretizado(rho,theta)
[L4_2,L2_2]=size(NV2);
recta_V2=NV2(1,1);
for i=1:L4_2,
    for j=1:L2_2,
        if(NV2(i,j)>recta_V2)

```

```

        recta_V2=Nv2(i,j);
        rho_recta_V2=rho4(i+round(2*L4/4+1));
        theta_recta_V2=theta4(j);
    end
end
end;

for x_V=1:m;
    y_V=(-(1/tan(theta_recta_V2*pi/180+eps)))*x_V+rho_recta_V2*(1/sin(theta_recta_V2*pi/180+eps));
    new_y_V=round(y_V);%%redondear al decimal próximo
    if(new_y_V>=1&new_y_V<=n)
        matrizh2(x_V,new_y_V)=1;
        resultado(x_V,new_y_V)=1;
    end
end;

```

Recuadro=matrizh0+matrizh1+matrizh2; %%Registro 3 líneas marcadas

```

%% Recta Vertical #2 (Izquierda)
matrizh3=zeros(m,n);%%matriz hough
NV3=Nv(1:round(L4/2+1),1:L2);
[L4_2,L2_2]=size(NV3);
recta_V3=Nv3(1,1);

```

```

for i=1:L4_2,
    for j=1:L2_2,
        if(NV3(i,j)>recta_V3)
            recta_V3=Nv3(i,j);
            rho_recta_V3=rho4(i+1);
            theta_recta_V3=theta4(j);
        end
    end
end;

```

```

for x_V=1:m;
    y_V=(-(1/tan(theta_recta_V3*pi/180+eps)))*x_V+rho_recta_V3*(1/sin(theta_recta_V3*pi/180+eps));
    new_y_V=round(y_V);%%redondear al decimal próximo
    if(new_y_V>=1&new_y_V<=n)
        matrizh3(x_V,new_y_V)=1;
        resultado(x_V,new_y_V)=1;
    end
end;

```

```

Recuadro=matrizh0+matrizh1+matrizh2+matrizh3;
figure(),imshow(resultado);title('Recuadro que Contiene la Imagen de la Placa
Vehicular','FontSize',14);

```

```

%%Intersección
coordenadas=1;%establezco variable coordenadas
for x=1:m,
    for y=1:n,
        if (Recuadro(x,y)==2)%%intersección suma matrices binarias, buscamos valores iguales 2
            xx(coordenadas)=x; %%vértices x
            yy(coordenadas)=y; %%vértices y
            coordenadas=coordenadas+1;%incremento contador
        end
    end
end

```

```

end

%%
%%Vertices
for i=1:4
    for j=1:4
        if(xx(i)<xx(j))
            tmp1=xx(i);
            tmp2=yy(i);
            xx(i)=xx(j);
            yy(i)=yy(j);
            xx(j)=tmp1;
            yy(j)=tmp2;
        end
    end
end
for i=1:2
    for j=1:2
        if(yy(i)<yy(j))
            tmp1=xx(i);
            tmp2=yy(i);
            xx(i)=xx(j);
            yy(i)=yy(j);
            xx(j)=tmp1;
            yy(j)=tmp2;
        end
    end
end
for i=3:4
    for j=3:4
        if (yy(i)>yy(j))
            tmp1=xx(i);
            tmp2=yy(i);
            xx(i)=xx(j);
            yy(i)=yy(j);
            xx(j)=tmp1;
            yy(j)=tmp2;
        end
    end
end
vertices=[xx(1) yy(1);xx(2) yy(2);xx(3) yy(3);xx(4) yy(4)]
U=double(I2);
[m4,n4]=size(I2);
x1=1;
x2=1;
x3=max(xx(4)-xx(1),xx(3)-xx(2)); %nueva imagen
x4=max(xx(4)-xx(1),xx(3)-xx(2));
y1=1;
y2=max(yy(2)-yy(1),yy(3)-yy(4));
y3=max(yy(2)-yy(1),yy(3)-yy(4));
y4=1;

```

Algoritmo de programación parte V

```

%%Posible Corrección
Recuadro=Recuadro-matrizh0;%%remuevo recta horizontal superior
parte1=Recuadro(1:round(m/2),1:round(n/2));%%superior izquierda
parte2=Recuadro(1:round(m/2),round(n/2):n);%%superior derecha
parte3=Recuadro(round(m/2):m,round(n/2):n);%%inferior derecha
parte4=Recuadro(round(m/2):m,1:round(n/2));%%inferior izquierda
[m1,n1]=size(parte1);
[m2,n2]=size(parte2);
[m3,n3]=size(parte3);
[m4,n4]=size(parte4);
var1=0;
var2=0;
var3=0;
var4=0;
delay=1;
contador=0;
%extremo superior izquierdo= parte_1
for i=1:m1,
    for j=1:n1,
        if(parte1(i,j)==2)
            var1=1;
        end
    end
end
if (var1==0)
    while (var1~=1 & contador<round(m))
        matrizh0=zeros(m,n);
        for y=1:n;
            if (theta_recta_1~=0)
                x=(y-delay-rho_recta_1*(1/sin(theta_recta_1*pi/180+eps)))/(-
(1/tan(theta_recta_1*pi/180+eps)));
                new_x=round(x);
                if (new_x>=1&new_x<=m)
                    matrizh0(new_x,y)=1;
                    resultado(new_x,y)=1;
                end
            else
                new_x=round(rho_recta_1);
                matrizh0(new_x,y)=1;
                resultado(new_x,y)=1;
            end
        end
    end

    Recuadro=matrizh0+matrizh1+matrizh2+matrizh3;
    parte1=Recuadro(1:round(m/2),1:round(n/2));
    for i=1:m1,
        for j=1:n1,
            if (parte1(i,j)==2)
                var1=1;
            end
        end
    end
    delay=delay+1;
    contador=contador+1;
end
end
contador=0;
%extremo superior derecho = parte_2

```

```

for i=1:m2,
    for j=1:n2,
        if(parte2(i,j)==2)
            var2=1;
        end
    end
end
if (var2==0)
    while (var2~=1 & contador<round(m))
        matrizh0=zeros(m,n);
        for y=1:n;
            if(theta_recta_1~=0)
                x=(y-delay-rho_recta_1*(1/sin(theta_recta_1*pi/180+eps)))/(-
(1/tan(theta_recta_1*pi/180+eps)));
                new_x=round(x);
                if(new_x>=1&new_x<=m)
                    matrizh0(new_x,y)=1;
                    resultado(new_x,y)=1;
                end
            else
                new_x=round(rho_recta_1);
                matrizh0(new_x,y)=1;
                resultado(new_x,y)=1;
            end
        end
    end

    Recuadro=matrizh0+matrizh1+matrizh2+matrizh3;
    parte2=Recuadro(1:round(m/2),round(n/2):n);
    for i=1:m2,
        for j=1:n2,
            if (parte2(i,j)==2)
                var2=1;
            end
        end
    end
    delay=delay+1;
    contador=contador+1;
end
end
contador=0;

%%extremo inferior derecho= parte_3

for i=1:m3,
    for j=1:n3,
        if(parte3(i,j)==2)
            var3=1;
        end
    end
end
if (var3==0)
    while (var3~=1 & contador<round(m))
        matrizh1=zeros(m,n);
        for y=1:n;
            if (theta_recta_2~=0)
                x=(y-delay-rho_recta_2*(1/sin(theta_recta_2*pi/180+eps)))/(-
(1/tan(theta_recta_2*pi/180+eps)));
                new_x=round(x);
            end
        end
    end
end

```

```

        if (new_x>=1&new_x+round(m/2)<=m)
            matrizh1(new_x+round(m/2),y)=1;
            resultado(new_x+round(m/2),y)=1;
        end
    else
        new_x=round(rho_recta_2);
        matrizh1(new_x+round(m/2),y)=1;
        resultado(new_x+round(m/2),y)=1;
    end
end
Recuadro=matrizh0+matrizh1+matrizh2+matrizh3;
parte3=Recuadro(round(m/2):m,round(n/2):n);
for i=1:m3,
    for j=1:n3,
        if (parte3(i,j)==2)
            var3=1;
        end
    end
end
delay=delay+1;
contador=contador+1;
end
end
contador=0;

%extremo inferior izquierdo = parte_4

for i=1:m4,
    for j=1:n4,
        if(parte4(i,j)==2)
            var4=1;
        end
    end
end
if (var4==0)
    while(var4~=1 & contador<round(m))
        matrizh1=zeros(m,n);
        for y=1:n;
            if (theta_recta_2~=0)
                x=(y+delay-rho_recta_2*(1/sin(theta_recta_2*pi/180+eps)))/(-
(1/tan(theta_recta_2*pi/180+eps)));
                new_x=round(x);
                if (new_x>=1&new_x+round(m/2)<=m)
                    matrizh1(new_x+round(m/2),y)=1;
                    resultado(new_x+round(m/2),y)=1;
                end
            else
                new_x=round(rho_recta_2);
                matrizh1(new_x+round(m/2),y)=1;
                resultado(new_x+round(m/2),y)=1;
            end
        end
    end
    Recuadro=matrizh0+matrizh1+matrizh2+matrizh3;
    parte4=Recuadro(round(m/2):m,1:round(n/2));
    for i=1:m4,
        for j=1:n4,
            if (parte4(i,j)==2)
                var4=1;
            end
        end
    end
end
end

```

```
end
delay=delay+1;
contador=contador+1;
end
end
figure(),imshow(resultado);title('Posible Corrección de la Recta en el Recuadro','FontSize',14);
```

Algoritmo de programación parte VI

```

%%Umbralización %% I=imagen_corregida
I = imread('imagen_corregida.bmp');
figure(),imshow(I);title('Imagen Corregida Transformación Proyectiva')
subplot(1,4,1),imshow(I);
title('Imagen Original Corregida')
threshold = graythresh(I);
valor_umbral=255*threshold;%determinar valor umbral
imagen1=~im2bw(I,threshold);%%método Otsu abreviado
imagen1 = 1-imagen1;%% ~I // I= (I== 0);
figure(),imshow(imagen1);title('Umbralización Método Otsu');
subplot(1,4,2),imshow(imagen1);
title('Umbralización Método Otsu')
%variables: Botsu / imagen1
imwrite(imagen1,'imagen_corregida_binarizada.bmp');
%%
%%Segmentación
%%Proyección Horizontal
I = imagen1;
[filas,columnas]=size(I);
I2=~I; %inverso imagen
proy_horiz=sum(I2); %%proyección horizontal(suma columnas)
n_horiztonal=min(proy_horiz)+0.25*(max(proy_horiz)-min(proy_horiz));%% nivel separación de
caracteres dentro de la placa
valor_negativo=proy_horiz-n_horiztonal;%eliminamos los valores 1 de la izquierda y derecha
[columnas_caracteres]=find(valor_negativo<=0);%%0(negros)
I3=I2(1:filas,min(columnas_caracteres):max(columnas_caracteres));
subplot(1,4,3), imshow(~I2);
title('Sin Recorte')
subplot(1,4,4),imshow(~I3);
title('Recorte a través de la proyección horizontal');
imwrite(~I3,'recorte_proyeccion.bmp'); %%%%%%%%%%
%%
%%Extracción
%%Extracción
[alto ancho]=size(I3);
figure(),imshow(I3);title(' Inverso Imagen Redimensionada ')
if ancho>450 || alto>130
resize= imresize(I3,[100 325]);
I4=imcrop(resize,[3.5 26.5 315 71]);
figure(),imshow(I4);title(' Imagen Recorte Superior ')
imwrite(I4,'a_ocr.bmp');
else
I4=I3;
figure(),imshow(I4);title(' Imagen no Necesario Recorte Superior ')
imwrite(I4,'a_ocr.bmp');
end
imagen=imread('a_ocr.bmp');
imshow(imagen);title('Imagen a Procesar con OCR')
imagen=medfilt2(imagen,[5 5]);
figure(),imshow(imagen);title('Imagen Filtrado Medio')
imagen = bwareaopen(imagen,300);
se = strel('disk',1);
imagen = imdilate(imagen,se);
figure(),imshow(imagen);title('Imagen Dilatada ')

```

Algoritmo de programación parte VII

```
%%Separación y Normalización
%%Separación Lineas del Texto
function [fl re]=lines(im_texto)
% Divide text in lines
im_texto=clip(im_texto);
num_filas=size(im_texto,1);
for s=1:num_filas
    if sum(im_texto(s,:))==0
        nm=im_texto(1:s-1, :); % Primera linea de la matriz
        rm=im_texto(s:end, :);% Linea restante de la matriz
        fl = clip(nm);
        re=clip(rm);
        break
    else
        fl=im_texto;%Una sola linea
        re=[];
    end
end

function img_out=clip(img_in)
%subfunción encargada del corte de la línea
[f c]=find(img_in);
img_out=img_in(min(f):max(f),min(c):max(c));%Zona de recorte de la imagen

%%Determinación Componentes Conectados
[fl re]=lines(re);%Separa las lineas en el texto
imgn=fl;
[L Ne] = bwlabel(imgn);%extracción de cada caracter de la matriz imagen
for n=1:Ne
    [r,c] = find(L==n);
    % Extract letter
    n1=imgn(min(r):max(r),min(c):max(c));
    img_r=imresize(n1,[192 117]); %Normalización

%Correlación

%%Correlación Letras

function letter=read_letter(imagen,num_letras)
% Determina la correlación existente entre la plantilla de letras y la
% imagen de entrada
global templates %%Carga de la estructura de la plantilla de letras
%(vector de caracteres)
comp=[];
for n=1:num_letras
    sem=corr2(templates{1,n},imagen); %Obtiene el coeficiente de correlación
    %entre el elemento n de la plantilla de números y la compara con la imagen de entrada
    comp=[comp sem];%Vector con el coeficiente de correlación obtenido
    %con cada elemento n de la plantilla
end
vd=find(comp==max(comp));%Extrae el mayor coeficiente de correlación del
%vector y su índice en la plantilla, y según éste sabemos de que letra se trata

if vd==1
    letter='A';
elseif vd==2
    letter='B';
```

```
elseif vd==3
    letter='C';
elseif vd==4
    letter='D';
elseif vd==5
    letter='E';
elseif vd==6
    letter='F';
elseif vd==7
    letter='G';
elseif vd==8
    letter='H';
elseif vd==9
    letter='I';
elseif vd==10
    letter='J';
elseif vd==11
    letter='K';
elseif vd==12
    letter='L';
elseif vd==13
    letter='M';
elseif vd==14
    letter='N';
elseif vd==15
    letter='O';
elseif vd==16
    letter='P';
elseif vd==17
    letter='Q';
elseif vd==18
    letter='R';
elseif vd==19
    letter='S';
elseif vd==20
    letter='T';
elseif vd==21
    letter='U';
elseif vd==22
    letter='V';
elseif vd==23
    letter='W';
elseif vd==24
    letter='X';
elseif vd==25
    letter='Y';
elseif vd==26
    letter='Z';
    %*_*_*_*_*
elseif vd==27
    letter='1';
elseif vd==28
    letter='2';
elseif vd==29
    letter='3';
elseif vd==30
    letter='4';
elseif vd==31
    letter='5';
elseif vd==32
```

```

letter='6';
elseif vd==33
letter='7';
elseif vd==34
letter='8';
elseif vd==35
letter='9';
else
letter='0';
end

```

%% Correlación Números

```

function letter=read_num(imagn,num_letras)
% Calcula la correlación entre la plantilla de números y la imagen de entrada,
% y su salida es una cadena de caracteres.

%load templates
global templates_num %Carga de la estructura de la plantilla de números (vector de caracteres)
comp=[];

for n=1:num_letras

sem=corr2(templates_num{1,n},imagn); %Obtiene el coeficiente de correlación entre el elemento
n de la plantilla de números y la compara con la imagen de entrada
comp=[comp sem]; %Vector con el coeficiente de correlación obtenito con cada elemento n de la
plantilla

%pausa(1)
end

vd=find(comp==max(comp)); %Extrae el mayor coeficiente de correlación del vector y su índice en
la
%plantilla, y según éste sabemos de que número se trata

if vd==1
letter='1';
elseif vd==2
letter='2';
elseif vd==3
letter='3';
elseif vd==4
letter='4';
elseif vd==5
letter='5';
elseif vd==6
letter='6';
elseif vd==7
letter='7';
elseif vd==8
letter='8';
elseif vd==9
letter='9';
elseif vd==10
letter='0';
else
letter='!';

```

```

    %*-*-*-*
end

```

%%Creación Plantillas

%%Letras

```

A=imread('letters_numbers\A.bmp');B=imread('letters_numbers\B.bmp');
C=imread('letters_numbers\C.bmp');D=imread('letters_numbers\D.bmp');
E=imread('letters_numbers\E.bmp');F=imread('letters_numbers\F.bmp');
G=imread('letters_numbers\G.bmp');H=imread('letters_numbers\H.bmp');
I=imread('letters_numbers\I.bmp');J=imread('letters_numbers\J.bmp');
K=imread('letters_numbers\K.bmp');L=imread('letters_numbers\L.bmp');
M=imread('letters_numbers\M.bmp');N=imread('letters_numbers\N.bmp');
O=imread('letters_numbers\O.bmp');P=imread('letters_numbers\P.bmp');
Q=imread('letters_numbers\Q.bmp');R=imread('letters_numbers\R.bmp');
S=imread('letters_numbers\S.bmp');T=imread('letters_numbers\T.bmp');
U=imread('letters_numbers\U.bmp');V=imread('letters_numbers\V.bmp');
W=imread('letters_numbers\W.bmp');X=imread('letters_numbers\X.bmp');
Y=imread('letters_numbers\Y.bmp');Z=imread('letters_numbers\Z.bmp');

```

```

letter=[A B C D E F G H I J K L M...
        N O P Q R S T U V W X Y Z];
character=letter;
templates=mat2cell(character,192,[117 117 117 117 117 117 117 ...
    117 117 117 117 117 117 117 ...
    117 117 117 117 117 117 117 ...
    117 117 117 117 117]); %26 caracteres letras
save('templates','templates')
save('templates.mat') % Guarda el resultado en una tabla matemática
clear all

```

%%Números

```

one=imread('letters_numbers\1.bmp'); two=imread('letters_numbers\2.bmp');
three=imread('letters_numbers\3.bmp');four=imread('letters_numbers\4.bmp');
five=imread('letters_numbers\5.bmp'); six=imread('letters_numbers\6.bmp');
seven=imread('letters_numbers\7.bmp');eight=imread('letters_numbers\8.bmp');
nine=imread('letters_numbers\9.bmp'); zero=imread('letters_numbers\0.bmp');

```

```

number=[one two three four five...
        six seven eight nine zero];
character=number;
templates_num=mat2cell(character,192,[117 117 ...
    117 117 117 117 117 117 117 ...
    117]); % Crea el vector matemático con los números
save('templates_num','templates_num')
save('templates_num.mat') % Guarda el resultado en una tabla matemática
clear all

```

Algoritmo de programación parte VIII

OCR (Reconocimiento Óptico de Caracteres)

```
imagen = imdilate(imagen,se);
figure(),imshow(imagen);title('Imagen Dilatada ')
word=[];%Almacenamiento de letras contenidas en la imagen
re=imagen;
imwrite(re,'a_ocr.bmp');
fid=fopen('numero_placa.txt','wt');%Apertura archivo txt que contendrá la información de la placa

load templates %Plantillas del OCR
global templates
load templates_num
global templates_num
contador=1;%Variable encargada de contar los caracteres identificados en la placa
num_letras=size(templates,2);%Determina el número de letras en la plantilla
while 1
    %Determinación Componentes Conectados
    [fl re]=lines(re);%Separa las líneas en el texto
    imgn=fl;
    [L Ne] = bwlabel(imgn);%extracción de cada caracter de la matriz imagen
    for n=1:Ne
        [r,c] = find(L==n);
        % Extract letter
        n1=imgn(min(r):max(r),min(c):max(c));
        %Dimensión correspondiente al tamaño de la plantilla
        img_r=imresize(n1,[192 117]);%Tamaño correspondiente a las imágenes de los caracteres
        %figure(),imshow(img_r);
        %Condición: establezco que los primeros 4 caracteres correspondan
            %a la plantilla de letras --- y que los restantes a la plantilla números.
        %los caracteres no sobrepasan el número 8
        if contador <4
            letter=read_letter(img_r,num_letras);
            contador=contador+1;
        else %en caso de ser igual o mayor que 4
            num_letras=size(templates_num,2);
            if contador==4
                clear templates
            end
            letter=read_num(img_r,num_letras);
            contador=contador+1;
        end
        %Concatenación de los caracteres
        word=[word letter];
        if contador==8
            break;
        end
    end
end
fprintf(fid,'%s\n',word);%Escribe las letras encontradas en el texto con mayúsculas
filename='placa.xlsx';
word2=cellstr(word);
xlswrite(filename,word2);

word=[];
if contador==8
    break;
end
if isempty(re) %Muestra la variable 're' en la función lines
    break %Termina el bucle apenas acaba la cadena de caracteres
```

```
    end
end
fclose(fid);
set=word;
winopen('numero_placa.txt')%Apertura archivo txt para observación de resultados
fprintf('Pablo Alejandro Guerrero Gutiérrez,Universidad Técnica Particular de Loja, Loja-Ecuador, \n')
fprintf('Special Thanks to Mgtr. Diego Orlando Barragán Guerrero / www.matpic.com /')
clear all
```

Algoritmo de programación parte IX

Código Interfaz Gráfica (GUIDE)

```
function varargout = GUIDE(varargin)
% GUIDE MATLAB code for GUIDE.fig
%   GUIDE, by itself, creates a new GUIDE or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = GUIDE returns the handle to a new GUIDE or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   GUIDE('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in GUIDE.M with the given input arguments.
%
%   GUIDE('Property','Value',...) creates a new GUIDE or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before GUIDE_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to GUIDE_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help GUIDE

% Last Modified by GUIDE v2.5 06-Mar-2017 09:53:51

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @GUIDE_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @GUIDE_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
end

% --- Executes just before GUIDE is made visible.
function GUIDE_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to GUIDE (see VARARGIN)
```

```

% Choose default command line output for GUIDE
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes GUIDE wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
end

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = GUIDE_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

axes(handles.axes1)
background =imread ('electro.bmp');
image(background);
axis off ;

end

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
axes(handles.axes3);axis off
cla;
axes(handles.axes4);axis off
cla;
axes(handles.axes5);axis off
cla;
axes(handles.axes7);axis off
cla;
axes(handles.axes8);axis off
cla;
axes(handles.axes9);axis off
cla;

[nombre,direccion]=uigetfile('*.bmp;*.png;*.jpg','Abrir Imagen');
nombre1=[direccion nombre];
nombre=setstr(lower(nombre1));
I=imread(nombre);
axes(handles.axes2);imshow(I);
programa_principal_funcion(I);

%set(handles.solidaplaca,'String','');
% [Filename,Path]=uigetfile('*.bmp;*.png;*.jpg','Abrir Imagen');
% if isequal(Filename,0)

```

```

% return
% else
% I=imread(strcat(Path,Filename));
% axes(handles.axes2);imshow(I);
% end
% programa_principal_funcion(I);

axes (handles.axes3 )
background = imread ('I2.bmp');
imshow(background);
axis off ;

axes ( handles.axes4 )
background = imread ('A.bmp');
imshow (background);
axis off ;

axes ( handles.axes5 )
background = imread ('imagen_recuadro.bmp');
imshow ( background );
axis off ;

axes ( handles . axes7 )
background = imread ('imagen_corregida_binarizada.bmp');
imshow(background);
axis off ;

axes ( handles . axes8 )
background = imread ('recorte_proyeccion.bmp');
imshow(background);
axis off ;

axes ( handles . axes9 )
background = imread ('a_ocr.bmp');
imshow(background);
axis off ;

handles . output = hObject ;
guidata ( hObject , handles );

%Valor Placa Identificada
[numeros,texto] = xlsread('placa.xlsx'); %excel
textoplaca = cellstr(texto);
set(handles.salidaplaca,'String',textoplaca);

end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function pushbutton1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
end
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function text5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to text5 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
end
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function text6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to text6 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
end
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function axes1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to axes1 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: place code in OpeningFcn to populate axes1
```

```
end
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function axes2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to axes2 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: place code in OpeningFcn to populate axes2
```

```
end
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton2.
```

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
%opc = questdlg ('Desea salir del programa ? ','SALIR ','Si ','No ','No');
```

```
%if strcmp (opc , 'No ')
```

```
%return ;
```

```
%end
```

```
clear ,clc , close all
```

```
% hObject handle to pushbutton2 (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
end
```

ANEXO IV

Errores específicos.

SOMBRA o BRILLO

Este inconveniente se presenta al momento de existir una imagen cuya placa vehicular presenta distintos niveles de iluminación, resultando difícil la correcta determinación del valor del umbral. En la Figura 48, podemos observar que la corrección de la placa se realiza correctamente, sin embargo por efecto de la sombra la parte media superior es indeterminable el proceso del Reconocimiento Óptico de Caracteres (ROC).



Figura 48. Error específico de sombra o brillo.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

PROYECCIÓN

Es un error causado normalmente cuando los caracteres de la placa se encuentran muy cercanos al marco y cuando el tamaño de la placa es muy pequeño (Figura 49), impidiendo así la correcta proyección horizontal. Esto produce la eliminación de los caracteres ubicados en los extremos de la placa o la parte superior de todos los caracteres dando como resultado un reconocimiento erróneo por la ausencia de un carácter alfanumérico.



Figura 49. Error específico de proyección.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

CORRECCIÓN

Este problema es producido cuando el marco de la placa no está correctamente definido o no existe punto de intersección entre las rectas horizontales y verticales que forman el recuadro que contiene la placa vehicular, esto impide completamente el proceso de corrección de la placa vehicular y por consiguiente los procedimientos posteriores.



Figura 50. Error específico de corrección.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

OCR

El error en el Reconocimiento Óptico de Caracteres se debe muchas de las veces a la similitud existente entre algunos caracteres, normalmente entre la T y la I, W y N, H y M, P y B. Cabe destacar que dentro del algoritmo diseñado se ha corregido los errores de similitud entre números y letras como por ejemplo: B y 8, G y 6; por lo cual esos errores se mantuvieron inexistentes.

Otra razón del error de OCR es al momento de trabajar sobre placas deterioradas cuyos caracteres no están bien definidos. Este problema afecta también al existir una distancia considerable entre la cámara y la placa vehicular.



Figura 51. Error específico de OCR.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

PLACA DETERIORADA

Este error resulta muy lógico ya que al momento de trabajar con placas vehiculares cuyos caracteres no están bien definidos a pesar de que la placa si lo esté, el proceso de umbralización no será el óptimo resultando imposible poder realizar un reconocimiento correcto en la fase de OCR. La Figura 52 muestra el resultado obtenido al trabajar con placas deterioradas.



Figura 52. Error específico por placa deteriorada.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

MARCO DE PLACA

El marco protector en una placa vehicular dificulta la correcta detección de los bordes que encierran la placa vehicular, ya que al existir dos bordes prominentes por lado de la placa vehicular, el algoritmo de corrección resulta ineficaz, impidiendo de esta manera su correcto reconocimiento. La Figura 53 muestra el resultado obtenido al trabajar con placas que poseen el marco protector.



Figura 53. Error específico por marco de placa.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor

VISTA SUPERIOR

El error de vista superior describe una placa vehicular no uniforme, producto de la captura de la imagen desde una vista superior, esto imposibilita su correcta corrección al dificultarse el hallazgo de las rectas que encierran la placa vehicular. La Figura 54 muestra el resultado de trabajar con imágenes que capturadas desde una vista superior.



Figura 54. Error específico por vista superior.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.