

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

CARRERA INGENIERIA DE SISTEMAS

TÍTULO:

“ANALISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INGRESO DE VEHICULOS BASADO EN VISION ARTIFICIAL Y RECONOCIMIENTO DE PLACAS EN EL PARQUEADERO DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA – SEDE CUENCA.”

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR:

Mayra Alejandra Álvarez Durán.

DIRECTORA:

Ing. Bertha Tacuri Capelo.

CUENCA – ECUADOR

2014

Breve reseña del autor e información del contacto.

Mayra Alejandra Álvarez Durán

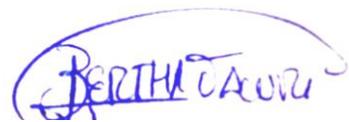
Estudiante de la Carrera de Ingeniería de Sistemas
Universidad Politécnica Salesiana
malvarezduran@gmail.com

Ing. Bertha Tacuri Capelo.

CERTIFICA

Haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos del informe de tesis realizada por la Señorita Mayra Alejandra Álvarez Durán, y por cumplir los requisitos autorizo su presentación

Cuenca, Septiembre del 2014



Ing. Bertha Tacuri C.

Directora de Tesis.

DECLARACIÓN

Yo, Mayra Alejandra Álvarez Durán declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado bajo ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Cuenca, Septiembre 2014



Mayra Alejandra Álvarez Durán

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a mis padres y hermanos Ruth Cecilia Durán González, Manuel Eleuterio Cevallos Cabrera, Manuel Francisco Cevallos, Juan Marcelo Cevallos, Javier Cevallos ya que han sido los pilares fundamentales en mi vida diaria y en mi formación personal, siempre han estado conmigo en todas las etapas de mi vida viéndome crecer y formarme, brindándome su apoyo incansable en las buenas como en las malas sin dejarme sola en ningún momento.

A mi abuelita Luz María González por su apoyo en todo el proceso de formación universitaria y de igual forma a mis tíos José Gallegos y Martha Durán han sido como mis segundos padres, he crecido con ellos y con su paciencia y apoyo en todos los momentos, me han ayudado a culminar una etapa más en mi vida.

A mi abuelita Jesús Cabrera que en el cielo me cuida también va dedicada la misma por su cariño y preocupación infinita para conmigo en mi todo momento.

A mis maestros ya que con su enseñanza afianzaron y extendieron mis conocimientos y me ayudaron a seguir creciendo como persona y profesional, a mis buenos amigos los que siempre han estado allí para mí sin importar la hora ni el día a lo largo de mi carrera, gracias infinitas.

Mayra Alejandra Álvarez Durán

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme la vida y haberme permitido cumplir una importante etapa , a mis padres y hermanos que han sido la pieza fundamental en este proceso, por su infinito apoyo y confianza en todo momento, hoy tienen la alegría de ver lograr uno de mis grandes sueños, al culminar mi carrera universitaria.

Quiero agradecer de manera especial a la Ingeniera Bertha Tacuri, quien me ayudó en la realización de la misma, con su paciencia y comprensión hasta el final de la tesis, al Ingeniero Cristian Díaz por la facilidad de brindarme las herramientas dentro de la universidad para el desarrollo de la tesis, así como también a Diego Chimbo por su ayuda incondicional y ayuda con el material para todas las pruebas requeridas del programa dentro del departamento de cámaras.

De igual forma a mis amigos que he conocido y que han sido grandes personas y me han ayudado en mi carrera universitaria Darío Gómez, David Barros, Gabriela Freire, Mauricio Villacis, María Belén Cabrera.

Mayra Alejandra Álvarez Durán

Contenido

CAPÍTULO I.....	- 3 -
INTRODUCCION	- 3 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 4 -
1.1 Antecedentes	- 4 -
1.2 Introducción a la visión por computador	- 5 -
1.2.1 Visión del ser humano	- 5 -
1.2.2 Historia de la Visión por Computador	- 7 -
1.2.3 Qué es la Visión por Computador	- 7 -
1.2.4 Terminología	- 8 -
1.2.5 Fases del proceso de Visión por Computador	- 9 -
1.3 Aplicaciones de la visión por computador dentro del ámbito de la seguridad	- 10 -
1.4 Introducción a los sistemas de Reconocimiento Automático de Placas (ANPR)	- 12 -
1.4.1 Primeros Sistemas ANPR	- 13 -
1.4.2 Funcionalidades de ANPR	- 14 -
1.4.3 Algoritmos:	- 14 -
1.4.4 Otros Nombres:	- 15 -
2. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y ANÁLISIS DE PLACAS VEHICULARES-	17 -
2.1 Introducción	- 17 -
2.2 Técnicas de procesamiento y corrección de imágenes	- 18 -
2.2.1 Smoothing	- 19 -
2.2.2 Flood FILL	- 20 -
2.2.2 Resize	- 21 -
2.2.3 Threshold	- 21 -
2.3 Revisión y selección de librerías para realizar el procesamiento de imágenes	- 24 -

2.3.1 Librerías.....	- 24 -
2.3.1.4 OPENCV.....	- 26 -
2.3.2 Comparativas y elección de la Herramienta.....	- 27 -
2.4 Formato de las placas vehiculares en Ecuador.....	- 29 -
2.4.1 Introducción.....	- 29 -
2.4.2 Característica de las placas.....	- 30 -
2.4.2.1 Dimensiones de las placas.....	- 31 -
2.4.3 Nomenclatura de las placas en el Ecuador.....	- 31 -
2.4.3.1 Tabla de identificación por provincias en la primera letra de la placa automovilística.....	- 34 -
3. TÉCNICAS ROC.....	- 37 -
3.1 Introducción.....	- 37 -
3.1.1 Que significa ROC.....	- 37 -
3.1.2 Funcionalidad de los Sistemas ROC.....	- 38 -
3.1.2.1 Adecuación de la Imagen (Preproceso):.....	- 39 -
3.1.2.2 Selección de la zona de interés (segmentación):.....	- 39 -
3.1.2.3 Representación digital de la imagen (extracción de características):.....	- 40 -
3.1.2.4 Distinción del caracter contenido en la imagen (reconocimiento).....	- 41 -
3.2 Técnicas de reconocimiento óptico de caracteres (ROC).....	- 41 -
3.2.1 Matrix matching: comparación de plantillas.....	- 42 -
3.3 Revisión de las principales librerías para implementar técnicas ROC.....	- 47 -
3.3.1 GOCR:.....	- 48 -
3.3.2 OCRAD:.....	- 49 -
3.3.3 TESSERACT:.....	- 49 -
3.4 Tabla de comparativas de las herramientas de ROC estudiadas.....	- 51 -
3.5 Selección de la librería ROC a emplear.....	- 52 -
3.5.1 PRUEBA DEL ALGORITMOS.....	- 54 -
3.5.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE ALGORITMOS Y ELECCION DEL MEJOR.....	- 58 -
CAPITULO IV.....	- 62 -

DISEÑO DEL SISTEMA Y CONSTRUCCIÓN DEL CORPUS	- 62 -
4. DISEÑO DEL SISTEMA Y CONSTRUCCIÓN DEL CORPUS.....	- 63 -
4.1 Análisis de los componentes de Software y Hardware existentes en la UPS.....	- 63 -
4.1.1 Cámara	- 63 -
4.1.2 Soporte para la Cámara.....	- 65 -
4.1.3 Computador	- 66 -
4.1.4 Java	- 66 -
4.1.5 SQLITE.....	- 67 -
4.1.6 librería TESSERACT.....	- 67 -
4.1.7 Tess4java.....	- 68 -
4.1.8 jtessboxeditor.....	- 68 -
4.2 Construcción del corpus.....	- 68 -
4.2.1 Entrenamiento del ROC mediante Tesseract.....	- 73 -
4.3 Diseño del sistema para reconocimiento de placas vehiculares.....	- 82 -
4.3.1 Esquema del proceso de detección de placas	- 82 -
4.3.2 Diagrama de Flujo del proceso de reconocimiento de caracteres de la placa vehicular.....	- 83 -
4.4 Diseño del módulo de procesamiento de imágenes para la detección de la placa.....	- 84 -
4.4.1 Diagrama de módulo para la detección de la placa	- 84 -
4.4.2 Conversión a nivel de gris.....	- 85 -
4.4.3 Ecuación.....	- 87 -
4.4.4 Binarización.....	- 87 -
4.4.5 Modulo del proceso de detección de la placa vehicular.....	- 89 -
4.4.5.1 Detección de contornos.....	- 90 -
4.4.5.2 Corrección geométrica.....	- 91 -
4.6 Diseño del módulo de reconocimiento de caracteres.....	- 91 -
4.7 Diseño del módulo de administración central.....	- 92 -
4.7.1 diseño de diagrama de casos de uso.....	- 92 -
4.7.3 Diagrama de clases.....	- 95 -
4.7.4 interfaz grafica.....	- 96 -

4.7.4.1 Descripción de la interfaz	- 96 -
4.7.5 SEÑAL DE SALIDA	- 102 -
5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA Y DISEÑO DEL PLAN DE EXPERIMENTACIÓN.....	- 104 -
5.1 Implementación de los módulos del sistema.	- 104 -
5.2 Riesgos del sistema	- 105 -
5.3 Diseño del plan de experimentación.	- 106 -
5.3.1 Experimentación 1.....	- 106 -
5.3.2 Experimentación 2.....	- 107 -
5.3.3 Experimentación 3.....	- 107 -
5.2.4 Experimentación 4.....	- 107 -
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	- 109 -
6.1 Análisis de resultados obtenidos.....	- 109 -
Tabla de Resultados de las placas vehiculares.	- 110 -
TABLA DE MUESTRA DE VEHICULOS ACEPTADOS	- 116 -
TABLA DE MUESTRA DE VEHICULOS NO LEGIBLES.....	- 118 -
TABLA DE MUESTRA DE VEHICULOS CON ILUMINACION ALTA.....	- 119 -
6.2 Medición de precisión y eficiencia del sistema.....	- 121 -
6.3 Conclusiones	- 125 -
6.4 Recomendaciones.....	- 128 -
BIBIOGRAFIA.....	- 130 -

FIGURAS

Figura N 1 Imagen del ojo del ser humano [1]	- 5 -
Figura N 2 N 2 Imagen de Bastón y Cono [2].....	- 6 -
Figura N 3 Proceso de Visión por Computador	- 9 -
Figura N 4 esquema ANPR	- 12 -
Figura N 5 Funciones Senoidales	- 17 -
Figura N 6. Ejemplo del uso del Threshold	- 22 -
Figura N 7 Tipos de operadores de Threshold.....	- 22 -
Figura N 8 Resultados de la variación de Threshold.....	- 23 -
Figura N 9 Tabla comparativa de las librerías.....	- 28 -
Figura N 10 Fotografía de una placa automovilística	- 29 -
Figura N 11 Fotografía de una placa automovilística	- 30 -
Figura N 12 Fotografía de los formatos de las placas	- 32 -
Figura N 13 Fotografía de placas elaborada para realizar la pruebas ROC.....	- 53 -
Figura N 14 de la implementación del método OCRAD	- 54 -
Figura N 15 Implementación GOOCR	- 56 -
Figura N 16 Comandos para implementación TESSERACT.....	- 57 -
Figura N 17 Resultados de las placas OCRAD.....	- 59 -
Figura N 18 Resultado de las placas GOOCR.....	- 60 -
<i>Figura N 19 Resultado de acierto Método Tesseract</i>	<i>- 61 -</i>
Figura N 20 Cámara de Video	- 63 -
Figura N 21 soporte de la Cámara de video.....	- 65 -
Figura N 22 Ejemplo de las imágenes usada para el Corpus.....	- 69 -
Figura N 23 Fotografía de las letras del Corpus.....	- 70 -
Figura N 24 Fotografía del corpus letras.....	- 71 -
Figura N 25 Fotografía del corpus de números.....	- 72 -
Figura N 26 Fotografía de vehículos con placa antigua y nueva y su diferente tipo de letra	- 73 -
Figura N 27 Comandos del Tesseract para generar el archivo de entrenamiento del ROC.	- 75 -
Figura N 28 Captura pantalla de la imagen del jtessboxeditor realizando el proceso de detección y corrección	- 76 -
Figura N 29 <i>Captura de pantalla de la consola con los comandos usados para generar el archivo de entrenamiento del ROC.....</i>	<i>- 77 -</i>
Figura N 30 <i>Comando para generar el archivo de entrenamiento del ROC</i>	<i>- 78 -</i>
Figura N 31 <i>Comando para generar el archivo de entrenamiento del ROC</i>	<i>- 78 -</i>
Figura N 32 Resultado porcentual de acierto.....	- 80 -
Figura N 33 <i>Resultado porcentual de reconocimiento números.....</i>	<i>- 81 -</i>
Figura N 34 Diagrama del Esquema del proceso de detección de placas.....	- 82 -

Figura N 35 Diagrama del proceso de reconocimiento de caracteres de las placas vehiculares	- 83 -
Figura N 36 Diagrama del módulo para la detección de la placa.	- 84 -
Figura N 37 Imagen original.....	- 86 -
Figura N 38 Nivel escala gris	- 86 -
<i>Figura N 39 Imagen en escala de gris</i>	<i>- 88 -</i>
Figura N 40 Imagen binarizada.....	- 88 -
Figura N 41 Esquema del modelo de detección de la placa vehicular.....	- 89 -
Figura N 42 Modulo de Reconocimiento de caracteres de la placa vehicular.....	- 91 -
Figura N 43 <i>Diagrama de casos inicio</i>	<i>- 92 -</i>
Figura N 4445 Diagrama de casos registro.....	- 93 -
<i>Figura N 45 Diagrama de casos borrar.....</i>	<i>- 93 -</i>
Figura N 46 Diagrama entidad relación Base de Datos.....	- 94 -
<i>Figura N 47 Diagrama de Clases.....</i>	<i>- 95 -</i>
Figura N 48 Módulo Inicial	- 96 -
Figura N 49 Módulo Manejo placas.....	- 97 -
Figura N 50 Módulo Historial.....	- 98 -
Figura N 51 Módulo Estadísticas	- 99 -
Figura N 52 Módulo Reportes.....	- 100 -
Figura N 53 Fotografía de ejemplo 1 de la Interfaz del programa en funcionamiento..	- 101 -
Figura N 54 Fotografía de ejemplo 1 de la Interfaz del programa en funcionamiento	- 101 -
Figura N 55 Funcionamiento de señal de salida	- 102 -
Figura N 56 Fotografía de Vehículo de placa no legible.....	- 120 -
Figura N 57 Fotografía de Vehículo sin placa	- 120 -
Figura N 58 Reconocimiento de placas vehiculares.....	- 121 -
Figura N 59 Reconocimiento de placas vehiculares sin acierto óptimo	- 122 -
Figura N 60 Reconocimiento de placas vehiculares no legibles.....	- 123 -
Figura N 61 <i>Porcentaje de reconocimiento de placas global.....</i>	<i>- 124 -</i>

TABLAS

TABLA N 1 Tipos de operadores de Smoothing	- 19 -
TABLA N 2 Los colores de placas.	- 33 -
TABLA N 3 Identificación de la segunda letra de placas de los vehículos.....	- 34 -
TABLA N 4 de identificación de las placas de los vehículos.	- 35 -
TABLA N 5 Comparativa entre las herramientas ROC.....	- 51 -
TABLA N 6 de valores de aciertos de OCRAD	- 55 -
TABLA N 7 Valores de aciertos de GOCR.....	- 57 -
TABLA N 8 Valores de aciertos de TESSERACT	- 58 -
TABLA N 9 Valores de las pruebas del entrenamiento.	- 79 -
TABLA N 10 Número de placas %100	- 115 -
TABLA N 11 Muestra vehículos aceptados.....	- 116 -
TABLA N 12 Tabla de vehículos con porcentaje diferente de 100%	- 117 -
TABLA N 13 Muestra de imágenes de vehículos no legibles	- 118 -
TABLA N 14 Muestra vehículos mucha luz.....	- 119 -
TABLA N 15 Muestra vehículos sin acierto	- 122 -
TABLA N 16 Muestra vehículos no legibles	- 124 -

JUSTIFICACIÓN

La importancia del contenido surge desde la necesidad de tener un sistema de control e identificación de vehículos tanto en el ingreso como en la salida del parqueadero de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, ya que si bien es cierto tenemos el control del mismo mediante tarjetas digitales entregadas a estudiantes y docentes cada semestre, carece de un completo control y registro del mismo ya que por ejemplo, existen casos en los que, los estudiantes ingresan al parqueadero con su vehículo, luego prestan su tarjeta digital, para que otro estudiante lo pueda hacer, ocasionando un caos interno a ciertas horas, ya que por este abuso en muchas ocasiones el parqueadero se llena y se pierde el buen control que debería existir dentro de la institución.

Por consiguiente he planteado la propuesta de generar un sistema en el cual se pueda adicionar a la tarjeta electrónica ya implementada, una barrera virtual de seguridad., el hecho de llevar un control de datos mediante una cámara de seguridad que verifique la placa del vehículo y según los datos entregados por los estudiantes se haga posible el ingreso del mismo de forma correcta y con esto estar más seguros dentro de nuestro parqueadero, ya que sabremos que el vehículo es propio del estudiante o docente y tendremos un mejor control dentro de nuestro parqueadero.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar, diseñar e implementar un sistema de control de ingreso de vehículos basado en visión artificial y reconocimiento de placas para el parqueadero de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar las principales técnicas para reconocimiento de caracteres (ROC)

Estudiar los principales métodos para análisis y procesamiento de imágenes en el reconocimiento de placas, usando técnicas de visión por computador.

Analizar y seleccionar técnicas y herramientas para el desarrollo del sistema de control de ingreso y salida del parqueadero de la UPS.

Generar un sistema de reconocimiento de placas de los vehículos

Construir un corpus de imágenes de placas, en base a los vehículos registrados en el parqueadero de la UPS

Realizar pruebas de funcionamiento y determinar el nivel de precisión general del sistema.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Dentro del proceso de vigilancia y seguridad en el parqueadero de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, se han implementado diferentes herramientas tecnológicas para ayudar a mejorar el ingreso vehicular y de la misma manera, dar un mejor servicio. Esta iniciativa también se ha propuesto mediante esta tesis con el desarrollo de una herramienta de reconocimiento óptico de caracteres en las placas vehiculares de los automóviles que ingresen a nuestra Universidad, para poder generar un mejor control, estadísticas, y personal de quienes están utilizando nuestro local y con esta manera estar más seguros.

A lo largo de la historia y con referencia a los avances tecnológicos que se han venido dando, se ha visto el insistente interés por la sociedad para tratar de digitalizar todo tipo de información, ya sea texto, imágenes, sonido, etc. Es por ello que en este contexto dentro de las imágenes y texto se ha venido generando diversas maneras de automatizar aquella información, es decir dejar atrás el teclado y que los datos lleguen a su destino de forma automática, generando con esto ganancias de tiempo y reduciendo recursos humanos, por lo que la productividad incrementaría y la calidad de servicios de igual forma.

Es por ello que la visión por computador se cataloga hoy en día como uno de los avances principales en el desarrollo de cualquier proceso de digitalización dentro de la seguridad vehicular, ya sea entre parqueaderos públicos privados o lugares importantes de alojamiento de vehículos, etc.

1.2 INTRODUCCIÓN A LA VISIÓN POR COMPUTADOR

1.2.1 VISIÓN DEL SER HUMANO.

El ser humano es capaz de receptar la información de imágenes mediante el ojo y este proceso se puede resumir de la siguiente manera: el ojo es el órgano que recepta la luz y la transforma en un impulso neuronal, este impulso se conecta con el cerebro para ser procesado, entonces la luz atraviesa el lente llamado “cristalino”, luego logra trascender a una capa llamada retina que está compuesta de células receptoras situadas en la parte anterior del ojo, estas células denotan la presencia de la luz y generan impulsos que se envían al cerebro mediante el nervio óptico; con ello el cerebro procesa la información que recibe y genera diversas sensaciones (que es lo que se conoce como la percepción visual) [1].

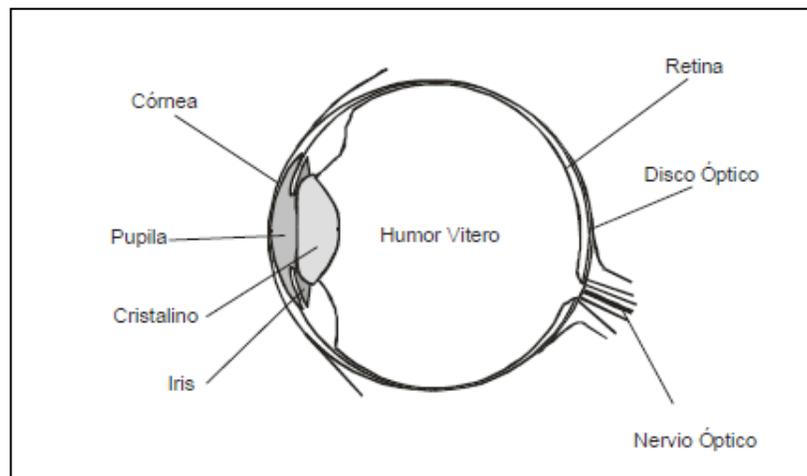


FIGURA N 1 IMAGEN DEL OJO DEL SER HUMANO [1]

Dentro de ello hay que tomar en cuenta la percepción acromática, que es la diversa luminosidad que posee una imagen y como la recepta el ojo, esto se debe a que el órgano del ojo posee millones de células dentro de la retina llamadas “los bastones”, estos son capaces de generar la intensidad del brillo o luminosidad de la imagen [1].

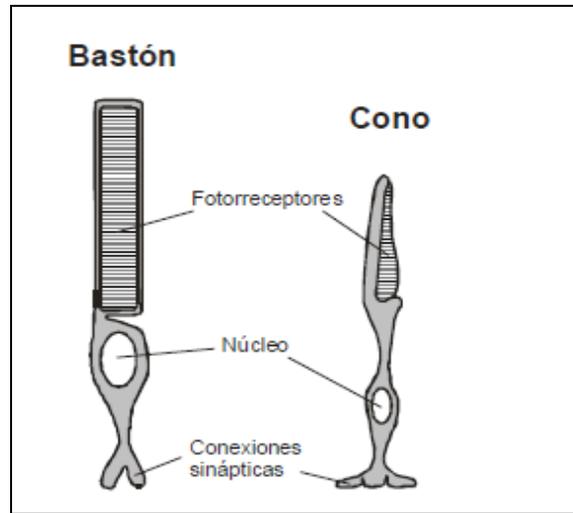


FIGURA N 2 N 1 IMAGEN DE BASTÓN Y CONO [2]

Como un factor importante también se encuentra la percepción cromática; allí es donde se denotan y diferencian las diversas gamas de color, así como también la luminosidad que posee una imagen, dentro del ojo existen células llamadas “los conos”, que son capaces de tomar diversos comportamientos, ante cambios en longitud de onda y mediante ellos generar la sensación de color en el cerebro [1](Véase imagen 2).

1.2.2 HISTORIA DE LA VISIÓN POR COMPUTADOR

La visión artificial o visión por computador tiene sus inicios desde la realización de la primera fotografía, en 1825. Para ello se usó una superficie fotosensible dentro de una cámara oscura para fijar en ella la imagen y el autor de este proceso fue el Francés Joseph Nicéphore Niépce, quien fue Químico[3].

Luego en los años 1920 surgió como una manera de ayudar a mejorar la calidad de imágenes de los periódicos, para el envío y recepción entre Londres y New York, enviadas por un cable submarino y así agilizar la información entre lugares distante fue un nuevo adelanto para llegar al proceso de la Visión por Computador[3].

Luego en los años 80 con la revolución de las cámaras de video, los microprocesadores relacionados directamente con la evolución de las computadoras logran que sea real la Visión por Computador ya que mediante la extracción de características relevantes se desarrollen procedimientos automáticos[3].

1.2.3 QUÉ ES LA VISIÓN POR COMPUTADOR

Con todo lo mencionado, acerca del funcionamiento del ojo del ser humano y desde su creación, se entiende que la visión por computador trata de emular la percepción de imágenes y de esta manera extraer del mundo físico y receptor la información en diversos medios a través del computador, aprender y poder tomar decisiones

en función de las situaciones mediante lo visual, es decir, lograr la representación de la realidad [3].

La visión artificial trabaja sobre la representación de la realidad, teniendo en cuenta diversas situaciones que posee el entorno, como la luminosidad, el brillo, la oscuridad, etc. Buscando de esa forma captar la información, ya sea en imágenes estáticas de dos dimensiones o de tres dimensiones o en movimiento, de la misma forma que el ojo humano. [3]

Con ello se sabe que la visión por computador puede verse en funcionamiento como un sistema autónomo.

1.2.4 TERMINOLOGÍA

Dentro de la Visión por computador existen muchos términos muy ligados a la misma que hacen posible el proceso de la misma [1].

- **El procesado de imágenes:** hace referencia a la transformación de la fotografía para obtener otra de más calidad en referencia a nuestras necesidades de extracción de la información [1].
- **Reconocimiento de patrones:** hace referencia a los objetos en clases representados por patrones para ser visualizados dentro de las necesidades [1].
- **Inteligencia Artificial:** aborda los problemas de interpretación aprendizaje y razonamiento [1].

1.2.5 FASES DEL PROCESO DE VISIÓN POR COMPUTADOR

Las diferentes fases de un proceso de visión por computador van a depender de nuestro objetivo, en la figura 2 se detallan las mismas.

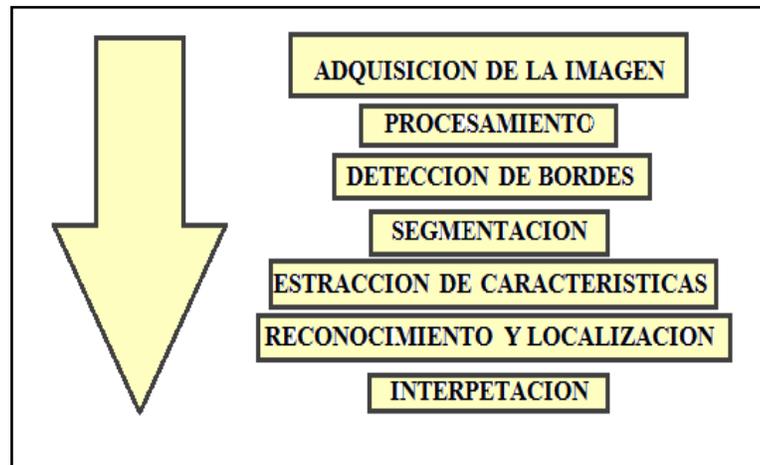


FIGURA N 3 PROCESO DE VISIÓN POR COMPUTADOR

Adquisición de la imagen: Consiste en la captura de la imagen digital mediante cualquier tipo de sensor, es decir recuperar en imagen digital el mundo tridimensional [1].

Pre procesamiento: La siguiente etapa hace referencia al tratamiento de la imagen con objetivo de facilitar las etapas posteriores, ya sea mediante filtros, transformaciones, etc., eliminando partes de la imagen que no son necesarias [1].

Detección de bordes: Esta etapa es muy importante ya que es de mucho interés verificar bien cuál es la parte de la imagen que se va a trabajar [1].

Segmentación: En esta parte se realiza el aislamiento de elementos es decir determinar las regiones de pixeles que se necesita de una escena para entender de mejor manera y utilizarla [1].

Extracción de características: Se genera en esta etapa una representación matemática de las imágenes seleccionadas en partes determinadas [1].

Reconocimiento y Localización : Se clasifican los objetos con características comunes, que se asemejen al objeto, y dentro de la localización es necesario localizarlo dentro del espacio 3D y restringir mediante técnicas de triangulación el espacio, para que se seleccione nuestra única imagen[1].

Interpretación: Con esta fase se procede a interpretar la escena resultante de la información y los cambios encontrados y generados en los procesos anteriores [1].

Aun así cabe recalcar que las fases del proceso de visión por computador no son obligatorias ni dependientes una de la otra, ya que el uso de las mismas influirá en el trabajo que se esté realizando siempre y cuando la percepción de la visión se asemeje de mejor manera a la realidad [1].

1.3 APLICACIONES DE LA VISIÓN POR COMPUTADOR DENTRO DEL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD.

En el ámbito de la seguridad hoy en día se tienen sistemas autónomos que permiten buscar contenidos específicos, es decir, mediante el control de videos se pueden reconocer a personas de forma automática y mediante la unión con datos de bases de datos dar a conocer la identidad específica de la misma y de esta forma estar seguros si pertenece o no a un sector particular en donde se debería encontrar ya sea su lugar de trabajo o institución en general [5].

También mediante inteligencia artificial existe la aplicación de reconocimiento facial en los Smartphone precisamente en los iPhone de Apple que poseen un lector de reconocimiento de rostro, para desbloquear el móvil y dejarnos ingresar llamada "iface" que fue diseñada por la empresa Anometrics.Inc y puesta al mercado con la

finalidad de brindarnos seguridad para que nadie pueda ingresar aparte de nosotros. [10].

VIVAC es un proyecto de cámaras de seguridad con visión artificial que genera funciones como [4]:

Detección de intrusión: El sistema permite configurar una zona de la escena en la que el acceso no autorizado no está permitido. Cualquier objeto que invada dicha zona será detectado, lo que provoca la activación de la alarma correspondiente.

Filtrado de objetos de interés: A partir de su tamaño mínimo, tamaño máximo, cambio en el tamaño del objeto o cambios en la forma y dirección del objeto, velocidad o distancia a la cámara.

Recuento de objetos: Los objetos pueden ser personas, vehículos o cualquier otro tipo de objetos susceptibles de ser detectados y seguidos. Esta función permitirá, entre otras cosas, controlar el aforo de un recinto, controlar el número de vehículos que atraviesan una vía determinada, o que acceden a ciertas instalaciones, como aparcamientos, etc.

Se ha desarrollado también dentro de un estudio de tesis en Chile una plataforma de software para el reconocimiento facial en video, diseñada dentro del campo de la biometría para generar mayor seguridad en el ingreso a establecimientos privados, esta plataforma utiliza algoritmos de reconocimiento facial como el Haar y PCA Eigenface que son muy óptimos en la inteligencia Artificial [8].

1.4 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DE PLACAS (ANPR)

El ANPR es una aplicación de visión por computador que gestiona el reconocimiento óptico de caracteres en imágenes para leer las placas de los automóviles. [2]

A diferencia de otras aplicaciones de visión por computador esta aplicación cuenta con la dificultad de un entorno incontrolable, como el caso de la iluminación que varía a cada hora, el ángulo de la cámara para capturar la imagen de la placa así como también el estado de conservación o el tamaño de la misma, entre otras. Por ello, a menudo se tiende a utilizar iluminación infrarroja para hacer posible que la cámara fotográfica capture imágenes en cualquier momento del día y otras técnicas que posibiliten el reconocimiento de la placa vehicular.

La tecnología ANPR tiende a ser específica para una región, debido a la variación entre placas de un lugar u otro.

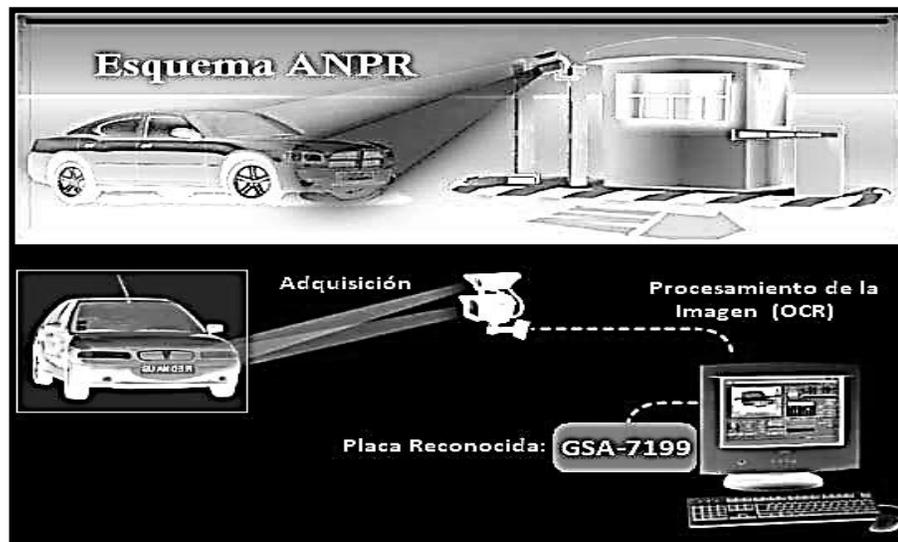


FIGURA N 4 ESQUEMA ANPR

El trabajo de ANPR consiste en utilizar una serie de técnicas de manipulación de la imagen para detectar, normalizar y realzar el reconocimiento de la imagen del número de la placa, y finalmente reconocimiento óptico de caracteres para extraer los alfanuméricos de la misma estos sistemas trabajan de dos formas el primero que permite que el proceso sea realizado en su totalidad en el lugar de la toma en tiempo real, mientras que el otro transmite todas las imágenes de muchas cámaras a un ordenador remoto en que se realiza el proceso de OCR en tiempos posteriores [3].

1.4.1 PRIMEROS SISTEMAS ANPR

El inicio de los sistemas de reconocimiento automático de placas está ligado directamente a “Police Scientific Development Branch ” de Reino Unido en finales de los años 70, mediante los primeros ensayos con el objetivo de detectar carros robados con el prototipo del sistema EMI Electronics Computer Recognition System (CRS), dando así el primer resultado en 1981[6].

Los sistemas ANPR fueron evolucionando de tal forma que en el 2005 se cuenta con sistemas que capturan la imagen de la placa vehicular hasta una velocidad de 160km/h incrementando las posibilidades de recuperar automóviles robados luego de una verificación en bases de datos, así como también las

compañías de seguros han adquirido estos con el fin de generar y dar mejor servicio a sus usuarios [6].

1.4.2 FUNCIONALIDADES DE ANPR

Los sistemas ANPR pueden ser utilizados para [7]:

- La gestión de aparcamiento de abonados: usando la matrícula a modo de “llave” o “mando” para acceder a estacionamiento
- Control de fraude en autopistas: ayuda a determinar si un vehículo fue robado o no es autorizado su circulación, o se busca a cualquier automóvil.
- Control de velocidad media en autopistas: poniendo cámaras con este sistema en lugares accesos y salidas a la autopista y medir la autopista.
- Inventariado de vehículos: además de capturar la imagen de la matrícula se podría adquirir imágenes adicionales del vehículo, para poder determinar el estado del mismo en el instante del ingreso al parqueadero.

1.4.3 ALGORITMOS:

Existen 5 pasos necesarios para que el software identifique las placas de un vehículo [7]:

Localización de la matrícula: esta técnica es la responsable de descubrir y aislar la placa dentro de la fotografía del automóvil.

Orientación: Hace referencia a los ángulos que posee la imagen dentro de la toma ya sea que este torcida hacia a algún lado y ajusta a las dimensiones necesitadas.

Normalización: Mediante este algoritmo se ajusta el contraste y brillo en una fotografía.

Reconocimiento óptico de Caracteres: que es el proceso de reconocimiento de la letra dentro del rectángulo de la placa

Análisis sintáctico: comprueba que los caracteres hallados sean los mismos que los reales en la placa vehicular

1.4.4 OTROS NOMBRES:

Al sistema de reconocimiento automático de placas (ANPR) se lo llama también de otras maneras: [7]

ALPR Reconocimiento Automático de Placas (Automatic License plate recognition)

AVI Identificación automática de vehículos (Automatic vehicle identification)

CPR Reconocimiento de matrículas de vehículos (Car plate recognition)

LPR Reconocimiento de matrículas (Licence plate recognition)

LAPI (Lecture Automatique de Plaques d'immatriculation)

CAPÍTULO II

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y ANÁLISIS DE PLACAS VEHICULARES

2. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y ANÁLISIS DE PLACAS VEHICULARES

2.1 INTRODUCCIÓN

El procesamiento de imágenes se ocupa de manera fundamental en mejorar diversos aspectos en las imágenes y hacer más notorio muchos detalles que se desean verificar con mayor rapidez dentro de la misma.

La imagen puede ser generada ya sea por medio de una fotografía o por medio de monitores de televisión, cámaras de video, etc. El procesamiento de imágenes se desarrolla por medio de algoritmos u operadores de alto nivel, que gestionan estructuras de la imagen con el fin de mejorar la calidad de la misma y facilitar la búsqueda de información en el contexto de imágenes visuales gráficas.

El matemático Jean-Baptiste-Joseph Fourier (1768-1830) en su teorema llamado “Teorema de Fourier” explica que “una gráfica o función, cualquiera que sea su forma, se puede representar con alta precisión dentro de un intervalo dado, mediante la suma de una gran cantidad de funciones senoidales, con diferentes frecuencias” [11].

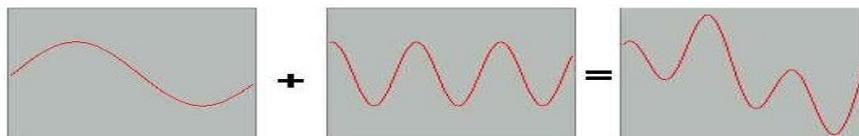


FIGURA N 5 FUNCIONES SENOIDALES

Es decir cualquier función, sea o no periódica, se puede representar por una superposición de funciones periódicas con diferentes frecuencias. Con esto se sabe que la variación del brillo de una imagen, medida a lo largo de una dirección cualquiera es una función que se puede representar mediante el teorema de Fourier, con una suma de distribuciones senoidales de varias frecuencias [11].

Con se sabe que atenuar o reforzar individualmente algunos de estos componentes senoidales dentro de la fotografía, tendrá efecto en la calidad de una imagen, mejorándola o empeorándola, según el caso. Este es el fundamento del procesamiento de imágenes, tanto por medios ópticos como digitales [11].

2.2 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y CORRECCIÓN DE IMÁGENES.

Dentro de las técnicas de procesamiento y corrección de imágenes se encuentran grupos de algoritmos cuya finalidad esta en segmentar, es decir separar los objetos concretos de segmento, de toda la imagen [11].

Con la ayuda de estos métodos, se puede saber que píxeles conforman los objetos que se necesiten y que píxeles son los que no se desea en la imagen, de igual manera mejorar la calidad de la imagen para poder tener fotografías que puedan dar mejores resultados en el proceso del reconocimiento. A continuación se describirá las técnicas que se usará en la tesis: Smoothing, Flood Fill, Resize, Threshold.

2.2.1 SMOOTHING.

También llamado desenfoque, es un procesamiento de imágenes de simple funcionamiento y de uso frecuente. Está diseñado fundamentalmente para reducir el ruido que provoca una fotografía de la cámara. Smoothing también es importante cuando se quiere reducir la resolución de una imagen buscando resultados óptimos para la imagen [12].

A continuación se describirá los tipos de Operaciones con los que trabaja Smoothing.

Table 5-1. Types of smoothing operations

Smooth type	Name	In place?	Nc	Depth of src	Depth of dst	Brief description
CV_BLUR	Simple blur	Yes	1,3	8u, 32f	8u, 32f	Sum over a param1×param2 neighborhood with subsequent scaling by 1/(param1×param2).
CV_BLUR_NO_SCALE	Simple blur with no scaling	No	1	8u	16s (for 8u source) or 32f (for 32f source)	Sum over a param1×param2 neighborhood.
CV_MEDIAN	Median blur	No	1,3	8u	8u	Find median over a param1×param1 square neighborhood.
CV_GAUSSIAN	Gaussian blur	Yes	1,3	8u, 32f	8u (for 8u source) or 32f (for 32f source)	Sum over a param1×param2 neighborhood.
CV_BILATERAL	Bilateral filter	No	1,3	8u	8u	Apply bilateral 3-by-3 filtering with color sigma=param1 and a space sigma=param2.

TABLA N 1 TIPOS DE OPERADORES DE SMOOTHING

CV_BLUR: Llamado Simple blur, este operador soporta 1-4 canales de imagen y funciona en imágenes de 8 bits o imágenes de punto flotante de 32 bits, toma un píxel y saca el promedio simple de todos los píxeles, y ese es el valor de resultado [12].

CV_BLUR_NO_SCALE. No todos los operadores Smoothing trabajan sobre la misma clase de imágenes. CV_BLUR_NO_SCALE es

esencialmente lo mismo que el anterior excepto que no hay proceso de división al crear un promedio. Por lo tanto las imágenes de origen y de destino deben tener diferente precisión numérica de modo que la operación de desenfoque no dé lugar a un desbordamiento [12].

CV_MEDIAN: Este filtro reemplaza cada píxel por el píxel de la mediana, valor en un sector cuadrado alrededor del píxel central. Este filtro puede trabajar en un solo canal, en tres canales o en cuatro canales, imágenes de 8 bits., Como resultado se obtiene una imagen desdibujada de forma simple promediada y puede ser sensible a las imágenes ruidosas, especialmente imágenes con grandes puntos atípicos aislados (a veces llamados "ruido de disparo") [12].

CV-GAUSSIAN: El filtro gaussiano, es probablemente la más útil, aunque no el más rápido. Filtrado gaussiano se realiza mediante la convolución de cada punto en la matriz de entrada con un núcleo gaussiano y sumando luego para producir la matriz de salida [12].

CV_BILATERAL: es un filtro de suavizado, no es una convolución en el sentido tradicional. Reduce el número de colores de una imagen, pero no altera los bordes abruptos [12].

2.2.2 FLOOD FILL.

Esta es una función muy útil que a menudo es usada para marcar o aislar partes de una imagen para su posterior procesamiento o análisis. También se utiliza para derivar, a partir de una imagen de entrada, máscaras que se pueden utilizar para las rutinas posteriores para acelerar o restringir el procesamiento a sólo los píxeles indicados por la máscara [12].

El resultado de una operación Flood Fill será siempre una única región contigua. La función `cvFloodFill()` aporta color a un píxel vecino si está dentro de un rango especificado ya sea del píxel actual o si el píxel vecino está dentro de un rango específico del valor original[12].

2.2.2 RESIZE.

Con frecuencia nos encontramos una imagen con cierto tamaño, y se requiere convertir en alguna de otro tamaño. Se puede querer incrementar el tamaño (zoom in) o reducir (alejarse) la imagen, este proceso se puede lograr utilizando `cvResize ()` [12].

En general, se busca que el mapeo de la imagen original a la imagen de destino redimensionada sea lo más suave posible y los valores de píxeles no cambien. El argumento interpolación controla exactamente cómo será manejado. La interpolación surge cuando se están reduciendo una imagen y un píxel de la imagen de destino cae en medio de los píxeles de la imagen de origen.

También puede ocurrir cuando se está ampliando una imagen y la necesidad de calcular los valores de los píxeles que no corresponden directamente a cualquier píxel de la imagen de origen [12].

2.2.3 THRESHOLD.

La función `cvThreshold ()` trabaja mediante una matriz, junto con un umbral, es decir se elabora el proceso de binarización de la imagen ya sea mediante una escala de grises, inversión o diversos enfoques buscando resultados óptimos y verificando que es lo que le va sucediendo a cada elemento de la matriz si está por debajo o por encima del umbral [13].

Por ejemplo



FIGURA N 6. EJEMPLO DEL USO DEL THRESHOLD

Entre los tipos de operadores con los que trabaja Threshold se tienen:

Threshold type	Operation
CV_THRESH_BINARY	$dst_i = (src_i > T) ? M : 0$
CV_THRESH_BINARY_INV	$dst_i = (src_i > T) ? 0 : M$
CV_THRESH_TRUNC	$dst_i = (src_i > T) ? M : src_i$
CV_THRESH_TOZERO_INV	$dst_i = (src_i > T) ? 0 : src_i$
CV_THRESH_TOZERO	$dst_i = (src_i > T) ? src_i : 0$

FIGURA N 7 TIPOS DE OPERADORES DE THRESHOLD

Como resultados de la variación del tipo de umbral en cvThreshold (), se puede visualizar la línea horizontal a través de cada cuadro que representa un nivel de umbral particular aplicado a la tabla de la parte

superior y su efecto para cada uno de los cinco tipos de operaciones de umbral por debajo [13].

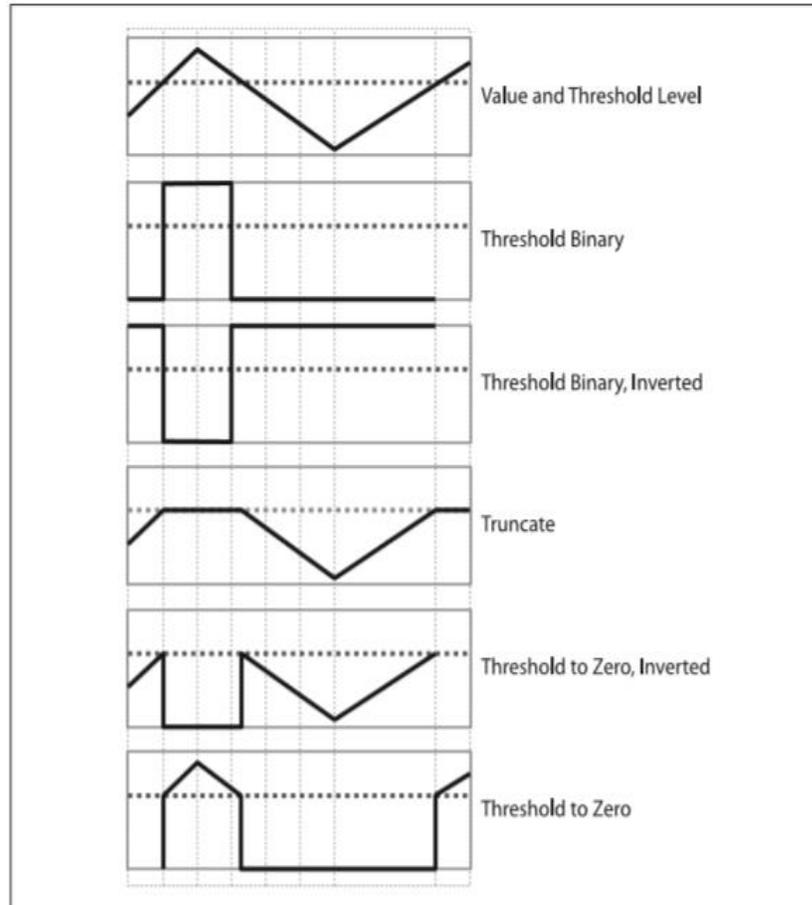


FIGURA N 8 RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DE THRESHOLD

2.3 REVISIÓN Y SELECCIÓN DE LIBRERÍAS PARA REALIZAR EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

Existen diversos tipos de librerías disponibles de visión artificial desarrolladas para realizar el procesamiento de las imágenes mediante el reconocimiento óptico de caracteres, entre ellas se mencionan, Torch3visión, Vlx, LTI-Lib, Opencv, etc. A continuación se describirá cada una de ellas para seleccionar la mejor herramienta a utilizar.

2.3.1 LIBRERÍAS

2.3.1.1 TORCH3VISIÓN.

Es una biblioteca de visión artificial diseñada en C++ que dispone de procesamiento de imágenes y algoritmos de extracción de imágenes básicas, así como también características tales como la rotación, giro, detección de bordes, decodificación de archivos de vídeo / codificación, captura de imágenes desde una tarjeta o desde USB, también es capaz de leer y escribir en formatos de imágenes gráficas (pgm, ppm, gif, tif, jpeg) [14].

2.3.1.2 VLX.

VLX fue desarrollado en C++, incorpora la mayoría de los algoritmos habituales en visión artificial, no es una única librería, sino un conjunto de ellas que ofrecen una muy completa funcionalidad, fue creado con el objetivo de hacer un sistema rápido y estable, dispone de unas

características muy atractivas, una de ellas es la posibilidad de usar únicamente las librerías que nos resulten de utilidad ya que no hay dependencias entre ellas [15].

Las bibliotecas del núcleo en VXL son:

VNL (numéricos): contenedores numéricos y algoritmos, por ejemplo matrices, vectores, descomposiciones, optimizadores.

VIL (imágenes): Cargar, guardar y manipular imágenes en muchos formatos de archivo comunes, incluyendo imágenes muy grandes.

VGL (geometría): Geometría de puntos, curvas y otros objetos elementales en 1, 2 o 3 dimensiones.

Además de las bibliotecas del núcleo, posee librerías que trabajan con la geometría de la cámara, equipo de música, la manipulación de video, la estructura de recuperación por el movimiento, el modelado de probabilidad, característica de seguimiento, la topología, manipulación de la estructura, las imágenes en 3D, y mucho más [15].

2.3.1.3 LTI-LIB.

El LTI-Lib es una biblioteca orientada a objetos con los algoritmos y estructuras de datos utilizadas con frecuencia en el procesamiento de imágenes , y dentro del campo de la visión por computador, fue desarrollada en la Cátedra de Informática Técnica (Lehrstuhl fuer Technische Informatik) LTI en la Universidad de Tecnología de Aachen , como parte de muchos proyectos de investigación de visión por computador orientado a la robótica, posee

entre sus funcionalidades el reconocimiento de objetos y cantar el lenguaje y el reconocimiento de gestos, dispone de más de 500 clases, entre las que se incluyen clases para álgebra lineal, clasificación, procesamiento de imágenes y herramientas de visualización de dibujo, debido a la arquitectura orientada a objetos de LTI- Lib, sólo tiene que crear un objeto visor y darle la imagen que necesita para mostrar[16].

2.3.1.4 OPENCV.

OpenCv es una biblioteca libre de visión artificial desarrollada por Intel, es una de las librerías más conocidas, completa, activa e imprescindible en la actualidad, con más de 500 algoritmos entre los que se incluye funciones de propósito general para procesamiento de imágenes, descripciones geométricas, segmentación, reconocimiento facial, calibración de cámaras, visión estéreo visión robótica, seguimiento; así como también, una característica añadida es la posibilidad de emplear las capacidades de computación.

El proyecto pretende proporcionar un entorno de desarrollo fácil de utilizar y altamente eficiente, también permite el uso de las librerías de Intel (Integrated Performance Primitives, IPP) que incluyen una larga lista de funciones optimizadas para procesadores Intel. Si las librerías se encuentran instaladas OpenCV hace uso de las mismas, mejorando la velocidad de tiempo de respuesta en los cálculos [17].

Opencv ha sido diseñado para el uso de:

Procesado de imágenes y análisis,

Análisis estructural,

Análisis de movimiento,

Reconocimiento del modelo,

Reconstrucción 3D

Interfaz gráfica y adquisición, Etc.

Dispone de muchísima documentación, incluyendo algunos libros, posee muchos ejemplos al alcance fácilmente para poder guiarse en lo que se desee desarrollar, así como también está disponible para Linux, Windows y Android ya que es multiplataforma. Se puede programar en C++, C, Python y Java [17].

2.3.2 COMPARATIVAS Y ELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA.

Para comparar de forma más objetiva las diferentes librerías se ha recurrido a una evaluación de la velocidad de cálculo con algunos algoritmos habituales, tales como, cambiar el tamaño de una imagen, o un Optical Flow para seguimiento de 520 puntos [17].

La siguiente gráfica muestra los resultados, valores mayores indican más tiempo de proceso.

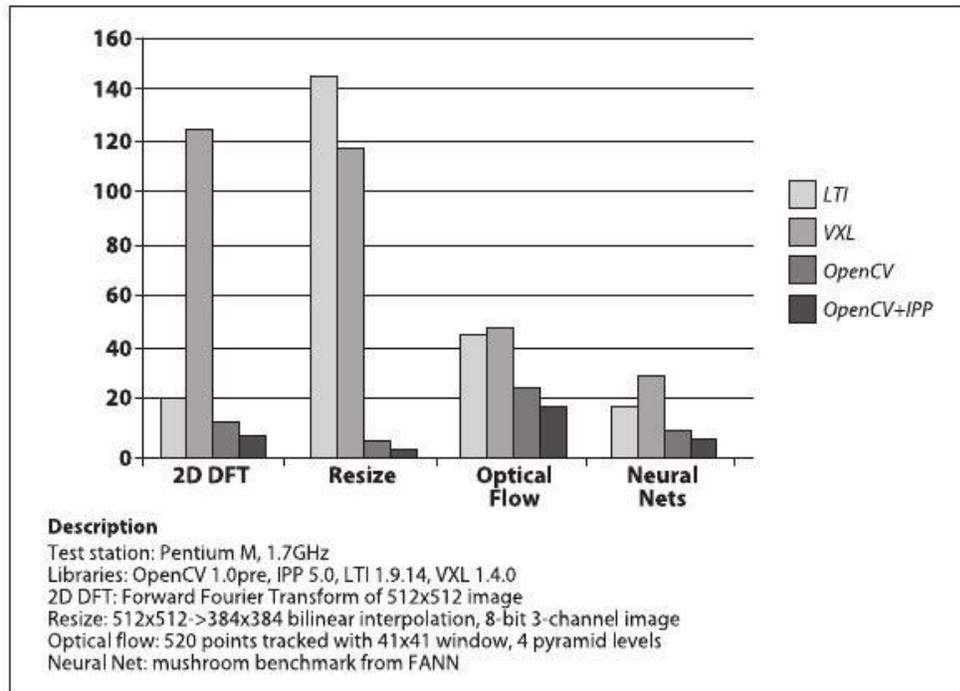


FIGURA N 9 TABLA COMPARATIVA DE LAS LIBRERÍAS

El resultado es evidente, OpenCV y OpenCV+IPP ganan indiscutiblemente.

Por consiguiente luego de lo investigado y expuesto, dentro de este punto, puedo entender que de manera inequívoca para la presente tesis, se va a utilizar OpenCv como librería principal en el presente proyecto.

2.4 FORMATO DE LAS PLACAS VEHICULARES EN ECUADOR.



FIGURA N 10 FOTOGRAFÍA DE UNA PLACA AUTOMOVILÍSTICA

2.4.1 INTRODUCCIÓN.

En el Ecuador como en cualquier parte del mundo las placas vehiculares son el registro que usan los vehículos automotores para su identificación y circulación legal en todo el territorio nacional. Por lo que en el presente capítulo se hablará de dichas características, las cuales se deben considerar al momento de realizar el sistema que permita la detección de placas y un óptimo reconocimiento de caracteres.

2.4.2 CARACTERÍSTICA DE LAS PLACAS.

Las placas en el Ecuador son entregadas al momento de su matriculación por la Agencia Nacional de Tránsito en el Ecuador (ANT), esta entidad debe realizar la entrega de dos placas metálicas de identificación que deberá colocarse en la parte frontal y posterior del automóvil. Están formadas por tres letras y tres o cuatro dígitos, partiendo desde 000 al 9999, en formatos ABC-123 así como también ABC-1234, el color de la letra dentro de la placa debe ser negra mate, en la parte superior izquierda tendrá que llevar impreso a color el logotipo de la ANT, deberán tener un relieve de 2mm con la finalidad de mejorar su visibilidad así como también, las normas de seguridad y la pintura de laca anticorrosiva [18].

EL diseño es único en todo el país, las letras impresas deben medir 38m.m de ancho por 70m.m de alto, en la parte superior en un campo de 146 m.m de ancho por 27 m.m de alto debe encontrarse impresa la palabra ECUADOR, en mayúsculas y el guion que separa la serie alfanumérica tendrá un ancho de 20m.m [18].



FIGURA N 11 FOTOGRAFÍA DE UNA PLACA AUTOMOVILÍSTICA

2.4.2.1 DIMENSIONES DE LAS PLACAS.

El reglamento de la ANT y el artículo de la ley orgánica de transporte terrestre establecen que todas las placas automovilísticas son metálicas, deberán medir 404 m.m. de largo por 154m m.m de alto y ser completamente reflectivas.

Aun así existen placas en el Azuay con otra medida ya que no han sido actualizadas y poseen la medida 305m.m de largo y 155m.m de largo en sus automóviles, sin el logo ANT [18].

Ejemplo:



FIGURA N 12 FOTOGRAFÍA DE UNA PLACA AUTOMOVILÍSTICA ANTIGUA Y NUEVA

2.4.3 NOMENCLATURA DE LAS PLACAS EN EL ECUADOR.

Dentro de la nomenclatura de las placas se conoce que según la ANT (Agencia Nacional de Tránsito en el Ecuador) se describe que la primera letra de la placa indica la provincia a la que pertenece el vehículo es decir la provincia en la que se matriculó por primera vez, la segunda letra de la placa

identifica el tipo de la matrícula autorizada de acuerdo al tipo de función que posee el vehículo y la tercera es correlativa, ejemplo ABC-123, PBC-1234[18]

Así también se analiza que, dependiendo del tipo de vehículo, las matrículas tienen colores diferentes en su placa, y con la modificación del reglamento de tránsito en el Ecuador en el mes junio de 2012, se modificó también la forma de las placas, es decir para los vehículos no particulares, las nuevas placas conservarán el mismo color diferenciador pero ya no será aplicado en la totalidad de la misma, sino solo en el borde superior, siendo el resto de la placa de color blanco [18].

Ejemplo:

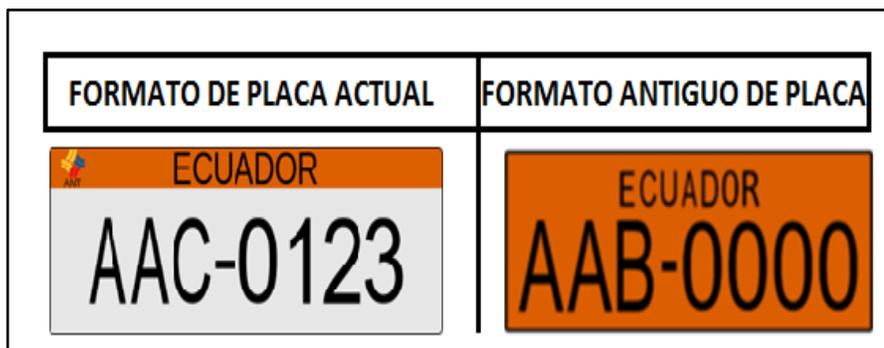


FIGURA N 12 FOTOGRAFÍA DE LOS FORMATOS DE LAS PLACAS

Este cambio se realizó de manera que se mejore la visibilidad de las placas, en particular ante las cámaras y radares, se espera que en un plazo de 5 años todas las placas sean remplazadas por las nuevas, sin embargo, las antiguas matrículas seguirán siendo válidas.

Por consiguiente se describirá el color de fondo de placa cambia de acuerdo al tipo de servicio que presta el vehículo [18].

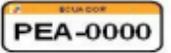
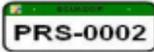
SERVICIO	COLOR	PLACA
PUBLICO O COMERCIAL	FRANJA NARANJA	
ORGANISMOS DEL ESTADO	FRANJA ORO	
GAD'S REGIONALES, PROVINCIALES, MUNICIPALES Y PARROQUIALES.	FRANJA VERDE LIMÓN	
DIPLOMÁTICOS Y ORGANISMOS INTERNACIONALES	FRANJA AZUL	
INTERNACIÓN TEMPORAL	FRANJA ROJA	
PARTICULAR	COLOR BLANCO	
MOTOS	COLOR BLANCO	

TABLA N 2 LOS COLORES DE PLACAS.

De la misma forma se describe mediante esta tabla que de acuerdo al servicio que posee el automóvil, su segunda letra indica [19]:

NUMERO	TIPO	LETRA
1	ESTADO	E
2	OFICIAL	X
3	CONSEJO PROVINCIAL	S
4	MUNICIPIO	M
5	CUERPO CONSULAR	CC
6	CUERPO DIPLOMATICO	CD
7	ORGANISMOS INTERNACIONALES	OI

8	ASISTENCIA TECNICA	AT
9	INTERNACIONAL TEMPORAL	IT
10	VEHICULOS COMERCIALES	A,U,Z
11	PARTICULARES	CUALQUIERA MENOS LOS ANTERIORES

TABLA N 3 IDENTIFICACIÓN DE LA SEGUNDA LETRA DE PLACAS DE LOS VEHÍCULOS.

2.4.3.1 TABLA DE IDENTIFICACIÓN POR PROVINCIAS EN LA PRIMERA LETRA DE LA PLACA AUTOMOVILÍSTICA.

Los vehículos, al momento de adquirir la placa para poder transitar legalmente por el país necesitan una previa matriculación, cuya placa estará categorizada por las letras del abecedario distribuidas por provincias en donde se matricule el mismo [19].

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

TABLA N 4 DE IDENTIFICACIÓN DE LAS PLACAS DE LOS VEHÍCULOS.

Los vehículos de las Fuerzas Armadas del Ecuador usan placas que inician con la letra “F”, siendo usada normalmente acompañada de la letra “T” (para la Fuerza Terrestre), “N” (Fuerza Naval), “AE” (Fuerza Aérea) y normalmente son del mismo color que las placas del estado[18].

Anteriormente los vehículos de la Policía Nacional del Ecuador utilizaban matrículas cuya segunda letra era la “W” y eran del mismo color que la de los vehículos particulares (blanco-plateado), sin embargo los nuevos vehículos están siendo entregados con matrículas gubernamentales [19].

CAPÍTULO III

TÉCNICAS

ROC

3. TÉCNICAS ROC

3.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años la digitalización de la información ya sea: textos, imágenes, sonido, etc. Se ha vuelto un gran punto de interés para la sociedad, es por eso que en el caso de los textos, se generan continuamente grandes cantidades de información escrita, tipográfica o manuscrita en todo tipo de soporte. En este contexto, dentro del reconocimiento de caracteres de placas vehiculares el poder automatizar la introducción de caracteres evitando la entrada por teclado, implica un importante ahorro de recursos humanos y un aumento de la productividad, al mismo tiempo que se mantiene, o hasta se mejora, la calidad de muchos servicios.

Por consiguiente el reconocimiento óptico de caracteres genera como principal objetivo la tarea de poder identificar automáticamente símbolos o caracteres que pertenecen a un determinado alfabeto, a partir de una imagen para almacenarla en forma de datos con los que se podrá interactuar mediante un programa de edición de texto o similar.

3.1.1 QUE SIGNIFICA ROC

Reconocimiento Óptico de Caracteres, con siglas ROC, o llamado en inglés OCR, es una tecnología que le permite que diferentes tipos de documentos, tales como papeles escaneados, archivos PDF o imágenes captadas por una cámara digital se conviertan en datos con opción de búsqueda y funcionalidad de editar.

Por lo tanto dentro de nuestra tesis lo que se busca es el reconocimiento mediante ROC de los caracteres que están dentro de las placas para poderlas extraer y dentro del alfabeto poderlas reconocer [21].

El software roc verifica la imagen pixel por pixel buscando formas que coincidan con los caracteres buscados, en función de la complejidad este buscara diferentes coincidencias con los mismos, mediante un determinado número de fuentes., el roc puede analizar los elementos ya sean bloques de texto, imágenes o tablas, verificando los espacios en blanco, descomponiendo el texto en líneas, palabras y caracteres de forma que el programa pueda realizar el reconocimiento mediante los diccionarios que posee internamente, y dar con el valor exacto o más cercano buscado.

3.1.2 FUNCIONALIDAD DE LOS SISTEMAS ROC

En todo sistema de reconocimiento óptico de caracteres se diferencian al menos estas 4 etapas, llamadas de igual forma o similares en diferentes libros o por diferentes autores, es preciso resaltar que en cada una de estas etapas se deben aplicar diversas técnicas ya existentes para poder trabajar de manera óptima las imágenes de entrada [21].

- Adecuación de la imagen (preproceso).
- Selección de la zona de interés (segmentación).
- Representación digital de la imagen (extracción de características).
- Distinción del carácter contenido en la imagen (reconocimiento).

3.1.2.1 ADECUACIÓN DE LA IMAGEN (PREPROCESO):

En la etapa del pre proceso se tiene como objetivo eliminar de la imagen cualquier tipo de ruido o imperfección que no pertenezca al caracter, así como normalizar el tamaño de la misma, esta etapa puede necesitar un binarizado de la imagen [21].

Para la eliminación del ruido que suele aparecer en una imagen digital, provocada por manchas reales o gráficas imperfectas, o bien por defectos técnicos en la adquisición o binarizado de la imagen, se utilizan diversos algoritmos:

- **Etiquetado:** se aplica en la división de la imagen en regiones de componentes conectadas.
- **Erosión o expansión:** se usa para la eliminación de pequeños grupos de píxeles.
- **Umbralizado de histograma:** se usa para seleccionar o ya sea eliminar los objetos más brillantes o más oscuros de la imagen.

3.1.2.2 SELECCIÓN DE LA ZONA DE INTERÉS (SEGMENTACIÓN):

Cuando se habla de segmentación se dice que seleccionar la zona de interés viene dado por los valores o parámetros que se desee tomar de una imagen determinada donde los caracteres se encuentren claramente ya propuestos con anterioridad en el proceso y mediante la segmentación es posible separarlos de manera relativamente fácil.

Dentro de cualquier ámbito la segmentación variará de condiciones favorables, a otras no tanto, puesto que la segmentación de los caracteres viene dada por la demarcación de los límites de los campos en los que se espera que se rellene el formulario [21].

3.1.2.3 REPRESENTACIÓN DIGITAL DE LA IMAGEN (EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS):

Una vez realizada la segmentación, se tendrá una imagen normalizada en la que se encuentra la información más real a ser “reconocida”. La información así representada, una matriz bidimensional de valores binarios, niveles de gris o color RGB, no simboliza que las características de la fotografía se vuelvan óptimas para los resultados que se buscan [21].

Desde el punto de vista del reconocimiento de formas, la matriz bidimensional se ve como un vector de tantas dimensiones como componentes tenga la matriz, la dimensión de estos vectores es normalmente elevada [21].

Por consiguiente el procedimiento de extracción de características mediante ciertas técnicas busca ir borrando diferentes componentes o contornos que no son parte de la imagen de la misma manera que ésta conserve su tipología es decir, su misma proporción que la original y así no quede deforme.

Con esto se sabe que primero se tiene que hacer un barrido en paralelo, es decir, señalar los píxeles borrables para eliminarlos todos a la vez. Este proceso se llevará a cabo para hacer posible la clasificación y reconocimiento, simplificando la forma de los componentes [21].

3.1.2.4 DISTINCIÓN DEL CARACTER CONTENIDO EN LA IMAGEN (RECONOCIMIENTO)

En la última etapa es donde el reconocimiento de los objetos, en nuestro caso imágenes de caracteres, se realiza, el problema que esta etapa se plantea consiste en desarrollar algún método que sea capaz de distinguir la clase a la que pertenece un objeto entre un conjunto limitado de clases posibles.

Este planteamiento general del reconocimiento de formas, se traduce, en el caso de la aplicación de ROC, en asignar un carácter hipótesis a una imagen de entrada, es decir dentro de una placa tener la letra A como meta de búsqueda y mediante este proceso que nuestro resultado del reconocimiento sea la letra A de resultado [21].

3.2 TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES (ROC).

Dentro de las técnicas de reconocimiento óptico de caracteres se utiliza con frecuencia dos tipos de reconocimiento que poseen características diferentes y que buscan un fin común, ayudarnos a encontrar el resultado buscado en cualquier imagen aplicable, por lo tanto a continuación se describe los dos tipos [22].

3.2.1 MATRIX MACHING: COMPARACIÓN DE PLANTILLAS

Reconocimiento óptico de caracteres mediante el uso del “Matrix matching” es un prototipo de sistema usado para reconocer el carácter o el alfabeto mediante la comparación de dos imágenes es decir, mediante este proceso se debe encontrar la ubicación de una subimagen llamada plantilla dentro de otra imagen, y una vez que se encuentra una serie de puntos correspondientes a sus centros se utilizan estos para determinar los parámetros de registro [23].

Resolver el problema del reconocimiento de caracteres requiere el uso de algunos pasos como los procesos de adquisición, proceso de filtrado, el umbral de la imagen, la agrupación de la imagen del alfabeto y reconocer finalmente el alfabeto. Todos estos procesos son muy importantes para obtener el resultado del reconocimiento después de comparar las dos imágenes de carácter [23].

Procedimiento.

El proceso funciona mediante la comparación de características de las imágenes derivadas de la original y la plantilla para cada posible desplazamiento de la misma, tomando en cuenta los siguientes pasos [23].

- 1) Los caracteres que se probarán se deben encontrar dentro del alfabeto (A - Z).
- 2) Las imágenes deben estar en escala de grises

- 3) Se debe utilizar un tipo de fuente por ejemplo Times New Roman.
- 4) El uso de formato de imagen de mapa de bits
- 5) Uso de 240 x 240 tamaño de la imagen
- 6) Tener la otra plantilla para comparar las dos imágenes, el alfabeto.

Pasos de concordancia para el reconocimiento de la imagen.

- 1) En primer lugar, se selecciona la imagen de carácter de la cadena de texto detectada.
- 2) Después de eso, la imagen al tamaño de la primera plantilla se debe reajustar a la segunda plantilla.
- 3) Se necesita reescalar la imagen al tamaño de la primera plantilla (original), la métrica correspondiente se calcula.
- 4) A continuación, la mayor coincidencia encontrada es almacenada. Si la imagen no está de acuerdo se debe repetir el tercer paso.
- 5) El índice de la mejor correspondencia se almacena como el carácter reconocido.

Se podría concluir que este prototipo de sistema ha sido desarrollado mediante el uso de la técnica de comparación de plantillas para reconocer la imagen del carácter. Además, la interfaz del prototipo es

sencilla; dentro de los resultados que resuelve el proceso se conoce que este sistema se enfrenta a una serie de limitaciones, y mediante este algoritmo trabajan librerías como Gocr que se analizarán a continuación [23].

3.2.2 Featchure extraction.

Cuando los datos de entrada a un algoritmo son demasiado grandes para ser procesados y se conoce que son redundantes, entonces los datos de entrada se transforman en un conjunto reducido de funciones de representación, es decir en vectores, para ser procesados La transformación de los datos de entrada en el conjunto de características se denomina extracción de características [24].

Si estas características son extraídas y cuidadosamente seleccionadas, se espera que la información relevante que se contenga en los vectores sea la deseada en lugar de usar la imagen de entrada con tamaño completo, para trabajar, es decir Featchure extraction implica la simplificación de la cantidad de recursos necesarios para describir a un gran conjunto de datos con precisión [24].

Un análisis con un gran número de variables generalmente requiere una gran cantidad de memoria y potencia de cálculo o un algoritmo de clasificación que sobreajuste la muestra de entrenamiento y generalice las nuevas muestras, aun así existen técnicas generales para la reducción de dimensiones que nos pueden ayudar [25]

Análisis de componentes principales (PCA):

Es un procedimiento estadístico que utiliza una transformación ortogonal para convertir un conjunto de observaciones de las variables posiblemente correlacionadas en un conjunto de valores de las variables no correlacionadas linealmente llamadas componentes principales [25].

El número de componentes principales es menor o igual al número de variables originales. Los componentes principales están garantizados para ser independientes si el conjunto de datos se distribuye conjuntamente con normalidad. De igual forma se sabe que PCA es sensible a la escala relativa de las variables originales [25].

Reducción de dimensionalidad de factores múltiples (MDR):

Es un enfoque de datos para la detección y caracterización de combinaciones de atributos o variables independientes que interactúan para influir en una variable dependiente o clase. Se diseñó específicamente para identificar las interacciones entre las variables discretas que influyen en un resultado binario y se considera una alternativa no paramétrica a métodos estadísticos tradicionales tales como la regresión logística [25].

Aprendizaje sub espacio Multilinear (MSL):

Se trata de un enfoque de reducción de dimensionalidad para encontrar una representación de pocas dimensiones, con ciertas características preferidas de los datos del tensor de alta

dimensión mediante asignación directa, sin pasar por la vectorización. El término tensor de MSL se refiere a matrices multidimensionales [25].

Análisis semántico latente (LSA):

Es una técnica en el procesamiento del lenguaje natural, mediante la semántica vectorial, esta técnica trata de analizar las relaciones entre un conjunto de documentos y los términos que contienen al producir una serie de conceptos relacionados con términos buscados dentro del mismo. LSA asume que las palabras que están cerca en sentido formarán piezas similares de texto. Una matriz que contiene recuentos de palabras por párrafo (filas y columnas) se construye a partir de un pedazo grande de texto y una técnica matemática llamada descomposición de valor singular (SVD) se utiliza para reducir el número de columnas mientras que preserva la estructura de similitud entre filas [25].

Mínimos cuadrados parciales

Parcial de regresión por mínimos cuadrados (PLS regresión) es un método estadístico que tiene alguna relación con los componentes principales de regresión, este método se utiliza para encontrar las relaciones fundamentales entre dos matrices (X e Y), es decir, un enfoque variable latente para el modelado de las estructuras de covarianza en estos dos espacios [25].

Análisis de componentes independientes

En el procesamiento de señales, análisis de componentes independientes (ICA) es un método de cálculo para la separación de una señal multivariante en subcomponentes

aditivos. Esto se hace suponiendo que los subcomponentes son señales no gaussianas y que son estadísticamente independientes entre sí. ICA es un caso especial de la separación ciega de fuentes. Un ejemplo de aplicación común es el "problema de cóctel" de escuchar en el discurso de una persona en un lugar ruidoso [25].

Como conclusión se puede decir que Featchure extraction es una forma especial de reducción de dimensión dentro de una imagen, al mismo tiempo es muy completa y es de las más usadas dentro de las librerías para reconocimiento de caracteres como son Ocrad, Tesseract.

3.3 REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES LIBRERÍAS PARA IMPLEMENTAR TÉCNICAS ROC.

Dentro de las técnicas para el reconocimiento de caracteres ópticos (ROC) existen muchos softwares libres, entre esto se puede mencionar los siguientes, el OCRopus, GOCR Tesseract, Ocrad; también existen propietarios como son: ExperVision, ReadSoft, Microsoft Office Document Imaging, FineReader, Readiris, OmniPage,etc, dentro de las necesidades que supone la tesis se debe verificar y estudiar cual es la herramienta más óptimas para elegir, por consiguiente se detalla a las técnicas más indicadas, y más reconocidas dentro de este ámbito para utilizar en la tesis.

3.3.1 GOCR:

Gocr, es un sistema de reconocimiento óptico de caracteres (ROC), que fue desarrollado por Joerg Schulenburg, con la idea de conseguir un resultado rápido y aceptable la necesidad de tener que aprender conocimientos teóricos, es decir utilizando un método lógico basado en un conjunto de reglas, genera como resultado el proceso de convertir y analizar un fichero gráfico de entrada en archivo de texto, en el cual reconoce cada carácter minimizando la distancia de los píxeles con un grupo de patrones que han sido entrenados previamente, es accesible a ser utilizado en diversos sistemas operativos y arquitecturas.

El tamaño de las fuentes que soporta esta técnica es entre 20 - 60 píxeles, así como también trabaja con varios formatos de imágenes, como pnm, PBM, pgm, ppm, pcx, tga; y dentro de tipos de imágenes incluyen png, jpg, tiff, gif, bmp, etc.

Sin embargo, posee inconvenientes muy pronunciados con letras cursivas, texto escrito a mano, de igual forma es muy sensible a imágenes que contenga ruido y grandes ángulos de inclinación, por lo que se necesita de un gráfico de alta calidad para conseguir buenos resultados, adicionalmente es muy lento y tiene una tasa de error alto con respecto a otros software's .

3.3.2 OCRAD:

Ocrad es una programa que desarrolla la técnica de reconocimiento óptico de caracteres basada en un método de extracción de características geométricas, que compara la forma de cada carácter (borde) con un modelo de clasificación binario donde agrupa símbolos por categorías, posee un analizador de diseño, capaz de separar las columnas o bloques de texto que comúnmente se encuentran en las hojas impresas. Esta herramienta lee una imagen en formato bmp, pgm o ppm y produce texto en formato byte o UTF-8. Puede ser usado como aplicación autónoma o como complemento de otros programas. Fue desarrollado sobre Unix, es muy rápido, sensible al ruido y difícil de adaptar a nuevos símbolos [27].

3.3.3 TESSERACT:

Fue desarrollado desde sus inicios como software propietario en Hewlett- Packard HP en los años 1985 y 1995, después de 10 años comprado, liberado y administrado por Google hasta la actualidad, está basado en el método de redes neuronales y es considerado uno de los software"s libres de ROC más preciso y exacto, incluso mucho más potente que algunos software propietario, es multiplataforma y tiene un tiempo de ejecución aceptable, además, se puede detectar si el texto es proporcional o monoespaciado, su tipo de formato es TIFF (formato de archivo informático para imágenes). Tesseract procesa los caracteres en inglés, alemán, español, alemán, portugués, neerlandés,

funciona en más de 60 idiomas, y puede ser entrenado para funcionar con cualquier otro idioma o carácter nuevo, sin embargo presenta problemas para la depuración en el caso de que haya un fallo en la segmentación [28].

Tesseract trabaja de forma ligada con LBP (Leptonica Biblioteca Processing), es un sitio de código abierto, orientada pedagógicamente conteniendo software que es ampliamente útil para aplicaciones de procesamiento de imágenes y análisis de imágenes, entre ellas las más usadas tenemos:

- Las transformaciones afines (escala, traslación, rotación, cortante) en las imágenes de la profundidad de píxeles arbitraria
- Morfología binaria y escala de grises, orden de rango, y la convolución
- Seedfill y componentes conectados
- Transformaciones de imágenes que combinan cambios de escala y profundidad de píxeles
- Enmascaramiento Pixel, mezcla, mejora, etc

Tesseract funciona en Linux, Windows y Mac OSX, así como también se sabe que funciona en plataformas móviles de iPhone y Android.

3.4 TABLA DE COMPARATIVAS DE LAS HERRAMIENTAS DE ROC ESTUDIADAS.

DATOS	GOCR	OCRAD	TESSERACT
TIEMPO DE RESPUESTA	MALO	MUY BUENO	BUENO
PLATAFORMAS DE SISTEMAS OPERATIVOS	WINDOWS, LINUX	UNIX	WINDOWS LINUX MAC OS
PRECISION EN EL RECONOCIMIENTO DE CARACTERES	BUENO	BUENO	MUY BUENO
DESARROLLADO EN :	C	C++	C Y C++
TIPO DE LICENCIA	GNU LICENCE	GNU LICENCE	LICENCE APACHE
UTIMA VERSION DISPONIBLE	Ago-09	Jul-10	Sep-10
FORMATO DE IMAGEN DE INGRESO	PBM,PGM, OTROS	BMP,PGM,PPM	TIFF
CALIDAD DE IMAGEN REQUERIDA PARA ANALISIS	EXCELENTE	BUENA	BUENA

TABLA N 5 COMPARATIVA ENTRE LAS HERRAMIENTAS ROC.

3.5 SELECCIÓN DE LA LIBRERÍA ROC A EMPLEAR.

Se realizaron pruebas de los diversos algoritmos investigados para conocer con mayor exactitud cuál es el que emplea y genera el mejor reconocimiento de caracteres tomando como muestra letras reales de placas de automóviles ecuatorianos.

Fotografía de las placas: Se tomaron una serie de fotografías de placas vehiculares, se recortaron y se copiaron a un archivo de imagen cada una de ellas para lograr una sola y poder utilizar en la prueba de los distintos algoritmos.

La imagen contiene 69 Placas vehiculares por consiguiente 511 caracteres.

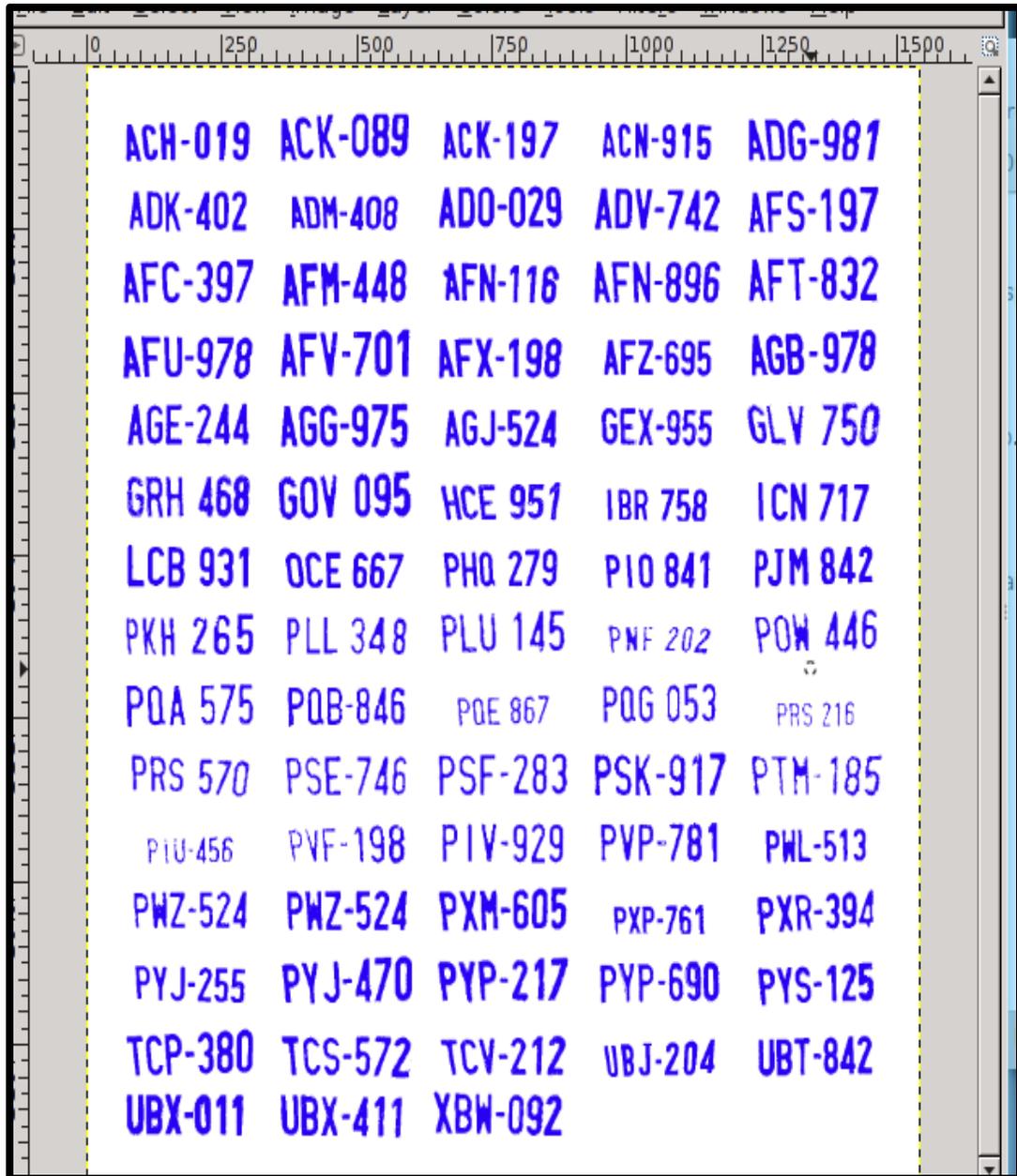


FIGURA N 13 FOTOGRAFÍA DE PLACAS ELABORADA PARA REALZAR LA PRUEBAS ROC

3.5.1 PRUEBA DEL ALGORITMOS

OCRAD

La fotografía siguiente describe el proceso de ejecución de Ocrad en modo consola mediante la utilización del comando Ocrad -1 y el nombre del archivo de la fotografía con una extensión (.pnm). y como resultado nos generara en la pantalla la letra que considera como resultado.

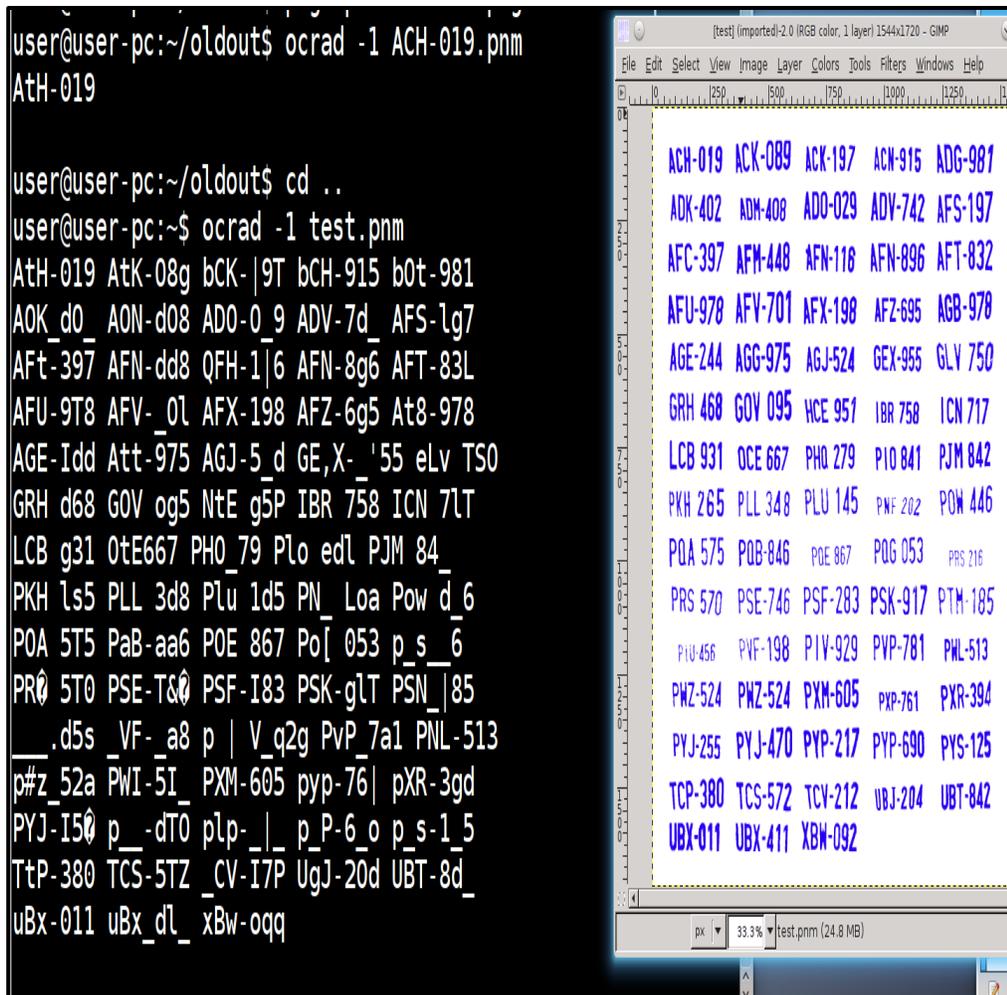


FIGURA N 14 DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO OCRAD

Con referencia a la imagen inicial, verificando la imagen nuestra inicial y los valores de consola que devuelve el uso del algoritmo Ocrad se obtiene como resultado los siguientes valores:

TABLA DE VALORES OCRAD

VALORES	BIEN	MAL
NUMERO DE PLACAS 73	10	63
NUMERO DE CARACTERES 511	209	302

TABLA N 6 DE VALORES DE ACIERTOS DE OCRAD

GOOCR

La fotografía siguiente describe el proceso de ejecución del algoritmo GOOCR en modo consola mediante la utilización del comando:

Gocr -i (nombre archivo con extensión .pnm) -u

Y como resultado nos generara en la pantalla una a una la letra que considera como resultado de la imagen de entrada.

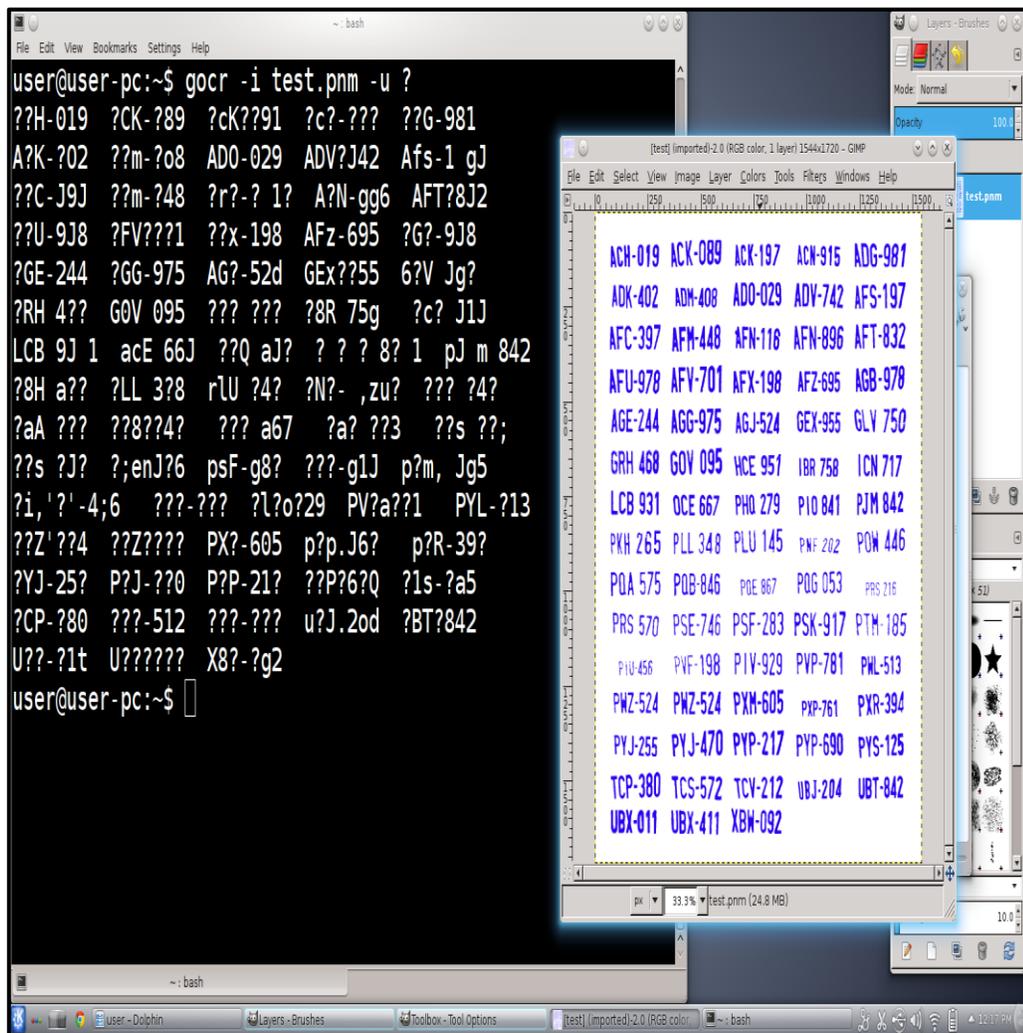


FIGURA N 15 IMPLEMENTACIÓN GOCR

Con referencia a la imagen de consola de los valores, y verificando la imagen inicial el uso del algoritmo GOCR se obtiene como resultado los siguientes valores:

TABLA DE VALORES GOCR

VALORES	BIEN	MAL
PLACAS 73	2	71
CARACTERES 511	140	371

TABLA N 7 VALORES DE ACIERTOS DE GOCR

TESSERACT

La fotografía siguiente describe el proceso de ejecución de Tesseract en modo consola mediante la utilización del comando.

tesseract (nombre archivo con extensión .pnm)

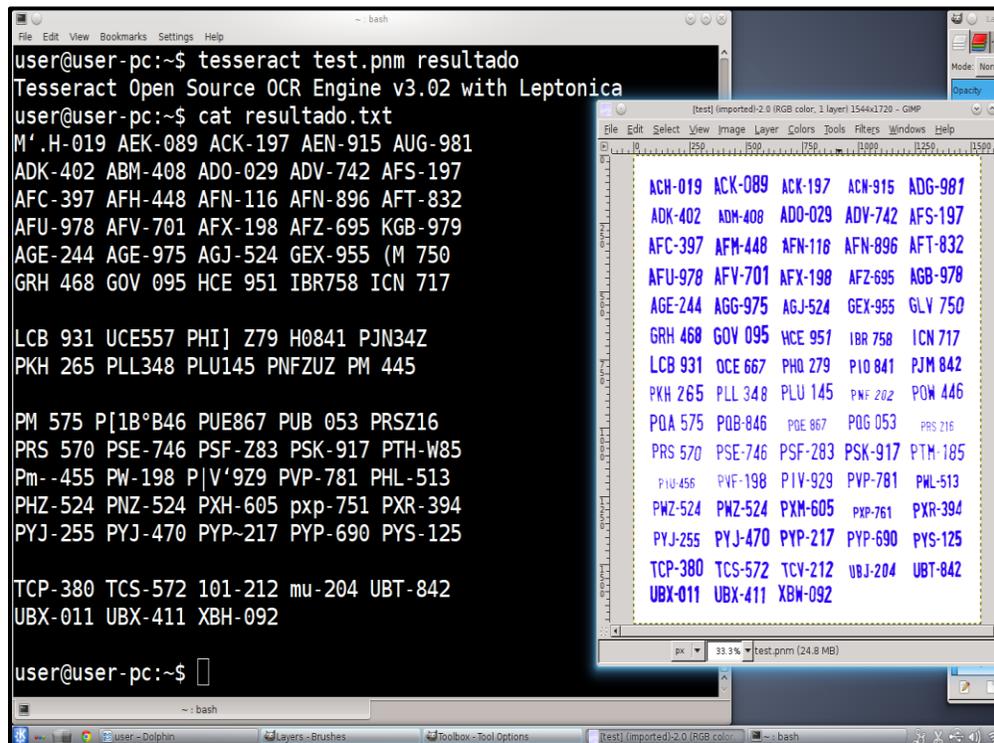


FIGURA N 16 COMANDOS PARA IMPLEMENTACIÓN TESSERACT

Como resultado nos generará en la pantalla una a una la letra que considera como resultado de la imagen que se ha mandado a generar.

Con referencia a la imagen anterior, el uso de Tesseract nos ha devuelto como resultado los siguientes caracteres:

VALORES	BIEN	MAL
PLACAS 73	55	18
CARACTERES 511	492	19

TABLA N 8 VALORES DE ACIERTOS DE TESSERACT

3.5.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE ALGORITMOS Y ELECCION DEL MEJOR.

Luego de haber realizado la prueba de los mejores algoritmos elaborados para el ROC se ha dado como resultado los siguientes valores, que se analizaran para poder verificar cual es el algoritmo a utilizar en el siguiente sistema.

METODO OCRAD

Como resultado utilizando el algoritmo OCRAD se verifica que de las 73 placas presentadas 10 son placas acertadas y de los 511 caracteres 211 nos dan un resultado positivo.

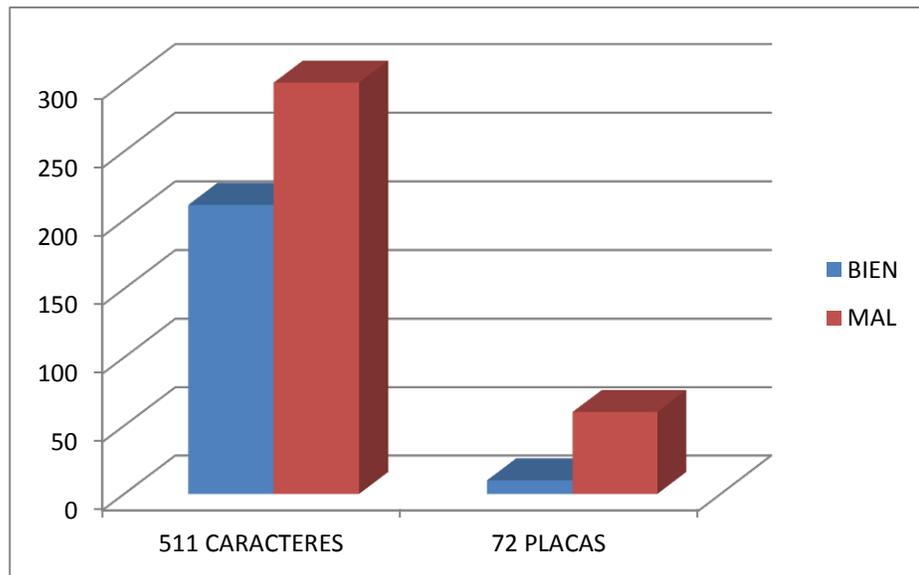


FIGURA N 17 RESULTADOS DE LAS PLACAS OCRAD

METODO GOCR

Los resultados del método Gocr describen que de 73 placas vehiculares de 6 letras cada una solo 2 ha sido buenas, y de los 511 caracteres que compone la hoja de caracteres solo 140 se han descrito como verdaderos valores reconocidos.

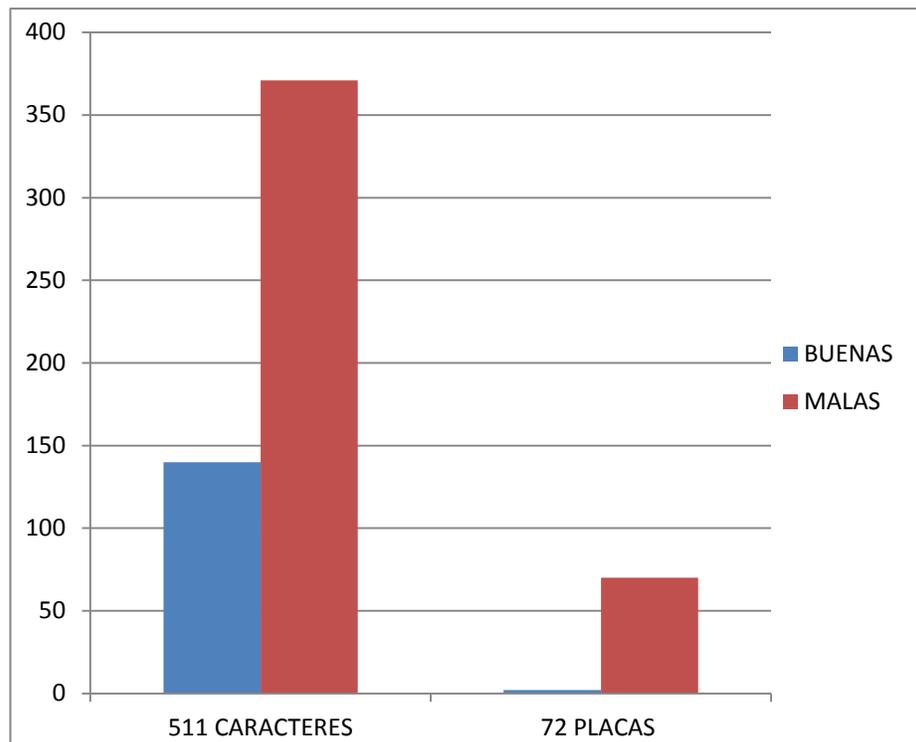


FIGURA N 18 RESULTADO DE LAS PLACAS GOCR

METODO TESSERACT

Los resultados del método Tesseract describen que de 73 placas vehiculares de 55 ha sido buena, y de los 511 caracteres que compone la hoja de caracteres 492 se han descrito como verdaderos valores reconocidos

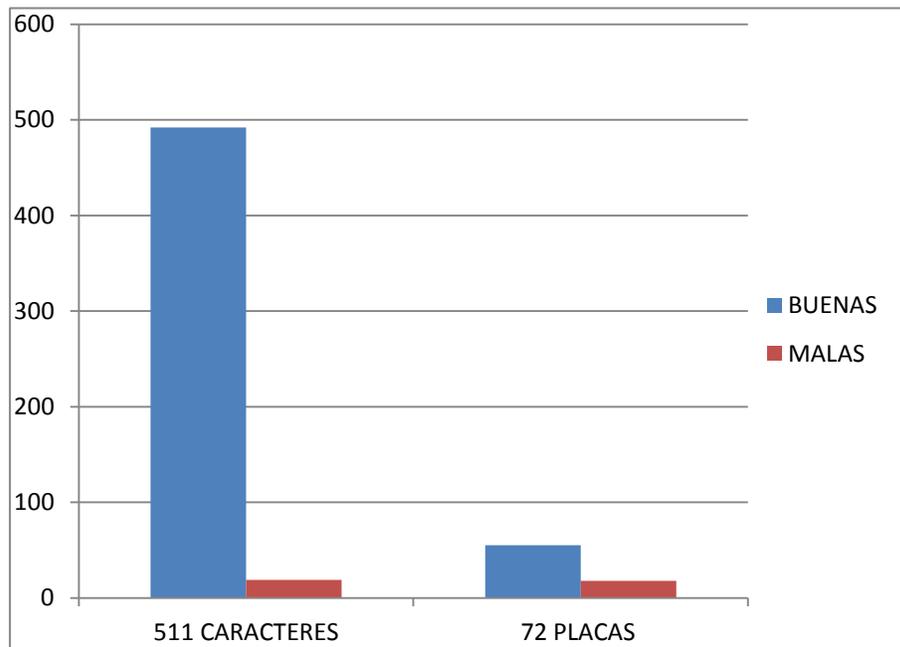


FIGURA N 19 RESULTADO DE ACIERTO MÉTODO TESSERACT

Luego de revisar los resultados se ha llegado a la conclusión de que el mejor algoritmo a utilizarse es el **Algoritmo Tesseract** ya que maneja muchísimas librerías de lectura, es software libre, es el más rápido en tiempos de respuesta en comparación con los otros y así como también que en nuestro entrenamiento nos ha generado el mayor índice de datos correctos, la tasa más baja de caracteres no reconocidos es de Tesseract

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA Y CONSTRUCCIÓN DEL CORPUS

4. DISEÑO DEL SISTEMA Y CONSTRUCCIÓN DEL CORPUS

4.1 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE SOFTWARE Y HARDWARE EXISTENTES EN LA UPS.

Componentes de Hardware

Dentro de las características de la imagen con la que se trabajará se debe recalcar que las dimensiones de la placas actuales son 40,4 cm. de largo por 15,4cm de alto así como también en las placas antiguas la medida es 30,5cm de largo y 15,5 cm, esto se debe tomar en cuenta ya que para los diferentes enfoques y el ángulo de recepción de video, se deberá asegurar que la imagen sirva tanto para él un modelo de placas como para el otro.

4.1.1 CÁMARA



FIGURA N 20 CÁMARA DE VIDEO

La cámara utilizada dentro del parqueadero de la universidad, para el reconocimiento de placas es una cámara de marca “ACTI” modelo

“E31” conocida también como “cámara bala” , a continuación se describirá sus funcionalidades [30].

Características de la Cámara [30].

NOMBRE: Cámara Bala “ACTI E31”

Video:

Resolución 1MP / HDTV 720p Día/Noche

Codificación H.264 High Profile / MJPEG

Dual Stream / Dual Códec Simultáneos con configuraciones diferentes

30IPS a 1280x720 (HDTV 720p); 30 IPS a 640x480 (VGA)

Lente:Lente fijo de 4.2mm / F1.8

Dispositivo

Iluminación mínima 0.1 lux Color; 0 lux con IR Encendido
LEDs IR para iluminar hasta 15m en total oscuridad.

Filtro ICR Mecánico interconstruido.

Shutter Electrónico (Manual/Automático) 1/5 a 1/10,000

Funciones

Basic WDR, AWB, AGC, DNR, Flickerless, Brillo, Contraste.

Detección de Movimiento (3 Regiones), Máscaras de Privacidad (4 Regiones), Texto Sobrepuesto, Imagen Girada o en Espejo.

Interfaces 1 Puerto Ethernet RJ45 10/100Base-T

Integración

Completamente compatible con Software y NVR ACTi..

Compatible con ONVIF e Integrado con VMS como NUUO, Milestone, Exacq, QNAP, Genetec, OnSSI, entre otros.

Características físicas y eléctricas

Incluye montaje. (Montable en Techo, Pared, Poste o Esquina)
Alimentación PoE Clase 2 802.3af / 5.41W (IR Encendido)

Peso: 584gr. (1.29 lb.)

Dimensiones: 77 mm x 196.74 mm (3.04" x 7.7").

4.1.2 SOPORTE PARA LA CÁMARA

Dentro del parqueadero, en la puerta principal de la universidad se encuentra implementado un soporte de manera específica para la ubicación de la cámara de video con una altura de 1,20cm.

A continuación se podrá ver la ubicación del soporte y la cámara en las siguientes fotografías.



FIGURA N 21 SOPORTE DE LA CÁMARA DE VIDEO

4.1.3 COMPUTADOR

Dentro de las características el funcionamiento del programa deberá para funcionar constar con diversas características o requerimientos mínimos para operar, ya que se ha probado correctamente con los siguientes valores expuestos a continuación:

Detalles del computador.

- Sistema Operativo: Windows 7
- versión 64/32 preferible 32 bits
- Memoria mínimo 2GB

Componentes de Software

4.1.4 JAVA

Para el arranque de sistema se necesita tener como requerimiento principal Java en la máquina ya que mediante JDK (Java Development Kit) que incluye Runtime Environment, nos servirá poder compilar cualquier programa con extensión JAR, este programa es totalmente gratuito, la versión instalada en el computador del programa es JDK 7.

4.1.5 SQLITE

SQLite es una librería escrita en C que implementa un motor de base de datos para SQL92 empotrable, de igual forma implementa un manejador de base de datos SQL embebido, esto quiere decir que cualquier programa que se enlace con la librería SQLite pueden tener acceso a una base de datos SQL, sin tener que ejecutar un programa de RDBMS por separado, así como también al ser empotrable no necesita que se inicie un servicio en la máquina independiente de la aplicación, pudiéndose enlazar directamente al código fuente o bien utilizarse en forma de librería (include)".

Es software libre y su principal característica, es su completo soporte para tablas e índices en un único archivo por base de datos, soporte transaccional, también trabaja con rapidez es decir unas 2 veces más veloz que MySQL y PostgreSQL, al igual que su instalación ya que es muy sencilla y es compatible para distintos lenguajes

4.1.6 LIBRERÍA TESSERACT.

Tesseract es una librería para reconocimiento de caracteres mediante ROC de software libre, que trabaja Linux, Windows Mac OSX, su instalación es importante para el reconocimiento de caracteres de las placas vehiculares.

4.1.7 TESS4JAVA

Tess4Java es un wrapped para el arranque de Tesseract OCR en java, esta liberado bajo la Apache License, v2.0, y dentro de sus características se tiene que proporciona el reconocimiento óptico de caracteres (ROC) en formatos de imagen TIFF, JPEG, GIF, PNG, y BMP al igual que formato de documento PDF.

4.1.8 JTESSBOXEDITOR

JTessBoxEditor es una aplicación útil y fácil de usar, es un editor simple de caja para datos ROC de Tesseract, admite los formatos Tesseract 2.0x y 3.0x y puede leer formatos de archivo de imagen comunes, incluyendo imágenes TIFF de varias páginas, esta aplicación permite corregir valores de caracteres para el proceso de entrenamiento Tesseract.

4.2 CONSTRUCCIÓN DEL CORPUS

Para el diseño y la elaboración del corpus, que es el proceso en el cual se seleccionan las imágenes con los caracteres a ser reconocidos para el entrenamiento ROC, se desarrollaron dos tipos de corpus ya que existen dos tipos de modelos de placas las primeras que constan

con 3 letras y tres números y las segundas que se encuentran con 4 letras y tres números.

Las imágenes utilizadas para el corpus son tomadas de la cámara en uso que registra los vehículos a la entrada del parqueadero, para poder lograr un mejor reconocimiento de las imágenes.

Se tomaron fotografías de placas, tomando en cuenta que la cámara registra la grabación del ingreso con un ángulo, es decir no esta la grabación con un eje X y Y en 0, así como también tomando en cuenta que existen en el Ecuador las placas con 6 y 7 letras anteriormente explicadas, se dividió en corpus de letras y números de la siguiente forma.



FIGURA N 22 EJEMPLO DE LAS IMÁGENES USADA PARA EL CORPUS

Para realizar el corpus de letras y números de extrajeron de la cámara 389 placas diferentes de este tipo.

Como segundo paso se extrajeron las 5 mejores letras de cada placa buscando que existan las letras todo el abecedario, realizando el corpus de la siguiente forma.

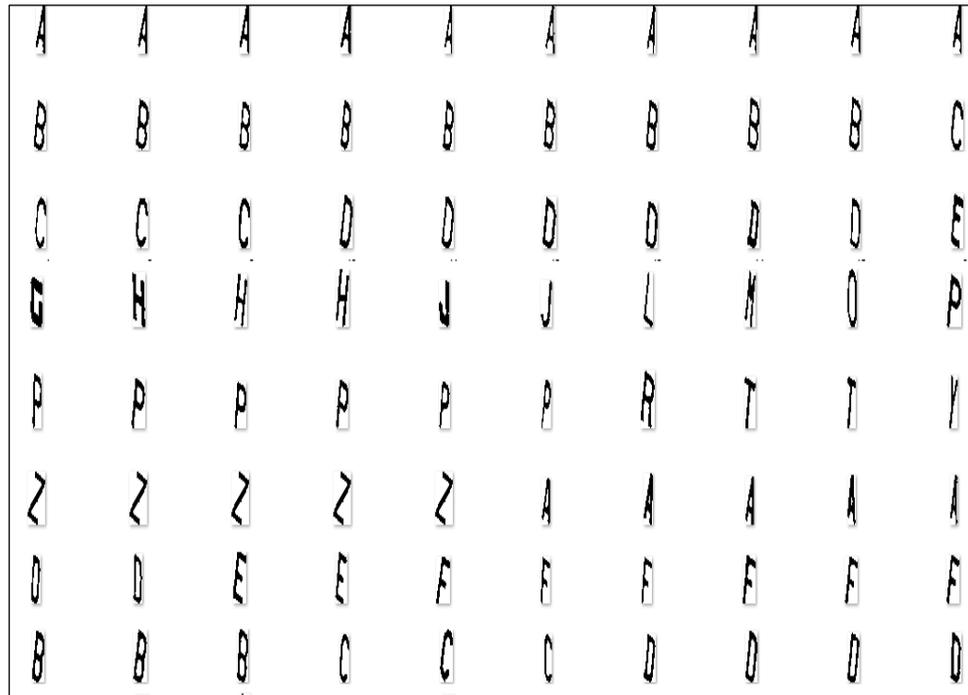


FIGURA N 23 FOTOGRAFÍA DE LAS LETRAS DEL CORPUS

Como tercer paso se eliminaron los bordes de cada letra y se armó el corpus de letras de la siguiente manera.

CORPUS DE LETRAS: EL siguiente corpus de letras está compuesto por todas las letras del abecedario intercaladas, y posee 166 letras para el entrenamiento.

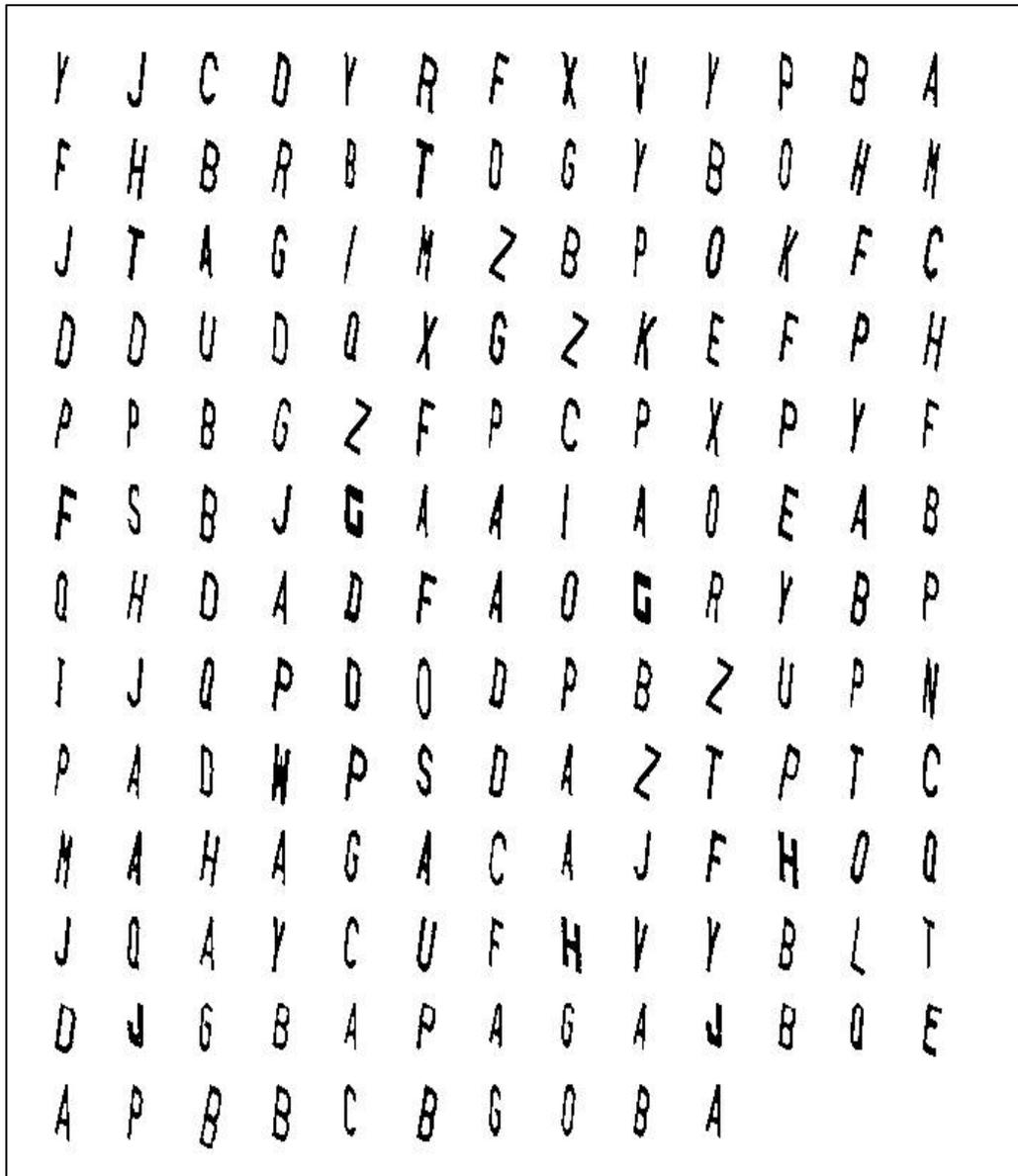


FIGURA N 24 FOTOGRAFÍA DEL CORPUS LETRAS

CORPUS DE NUMEROS: EL siguiente corpus de números está compuesto por todas los números 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 intercalados, y posee 173 números para el entrenamiento.

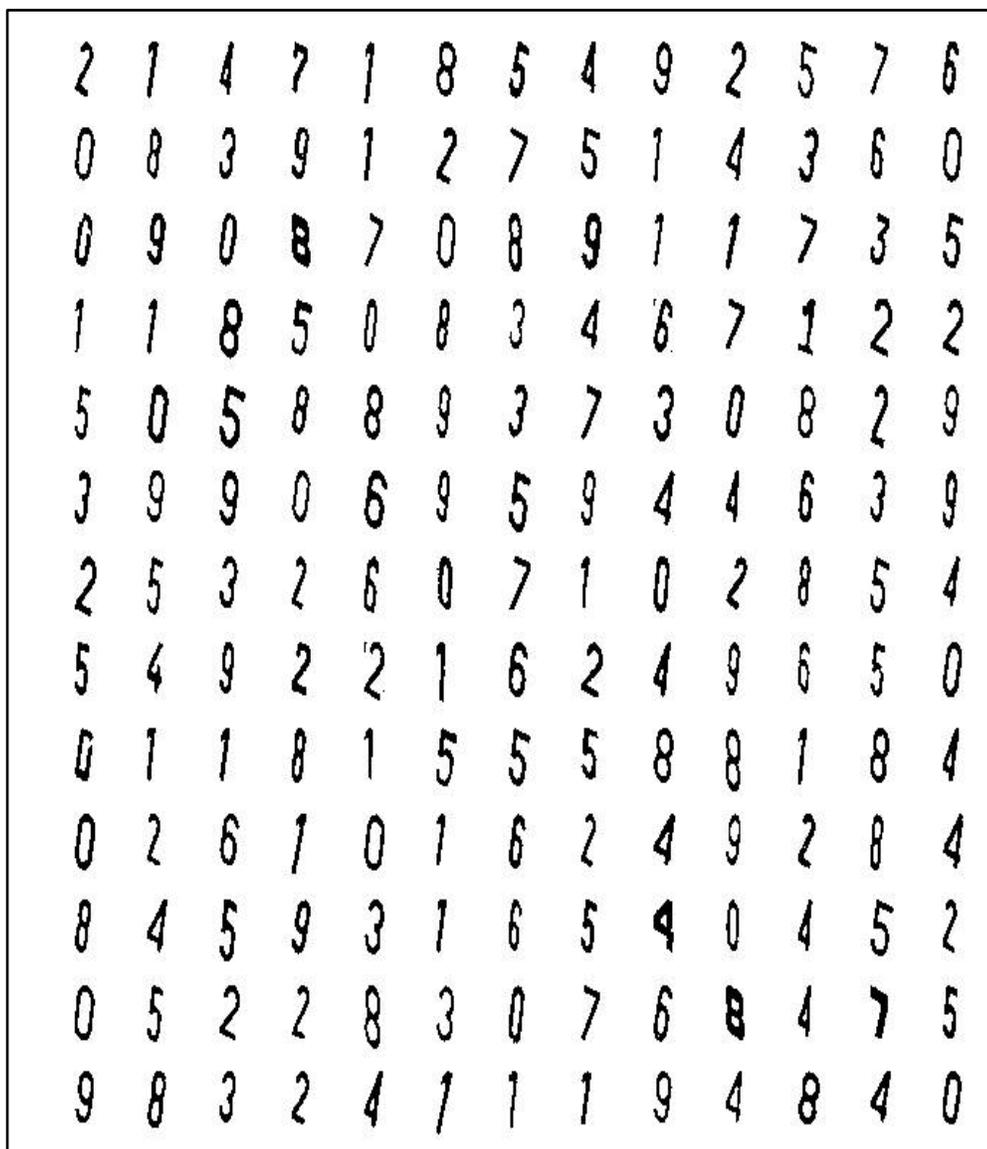


FIGURA N 25 FOTOGRAFÍA DEL CORPUS DE NÚMEROS

4.2.1 ENTRENAMIENTO DEL ROC MEDIANTE TESSERACT

Tesseract fue originalmente diseñado para reconocer texto solamente en inglés, sin embargo, actualmente es capaz de procesar en otros idiomas como lo son el francés, italiano, alemán, español, portugués y puede ser entrenado para funcionar con otros idiomas más; siempre que estos idiomas se manejen de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, es por ello que se ha decidido entrenar nuestro propio sistema de reconocimiento de caracteres Tesseract ya que los tipos de letra de las placas del Ecuador no son los mismos, se asemejan en ciertos puntos pero no son los mismos.

Por ejemplo en la siguiente imagen se puede ver que los tipos de placas parecen iguales pero en contexto al ver carácter por carácter la forma del tipo de la letra es diferente una de ella, y por consiguiente cada vez que la Agencia Nacional de Transito genera un nuevo tipo de placa, de igual forma esta cambiando el tipo de letra de las mismas.



FIGURA N 26 FOTOGRAFÍA DE VEHÍCULOS CON PLACA ANTIGUA Y NUEVA Y SU DIFERENTE TIPO DE LETRA

4.2.1.1 Creación del Tesseract entrenado con los caracteres del corpus

Como primer paso para entrenar nuestro Tesseract se debe crear algunos archivos de datos en el subdirectorio tessdata, los cuales deberán ser reunidos y combinados en un único archivo, utilizando la herramienta llamada combine_tessdata..

Los archivos por defecto que posee el tessdata para traducir ROC en idioma ingles son los siguientes.

- tessdata/eng.config
- tessdata/eng.unicharset
- tessdata/eng.unicharambigs
- tessdata/eng.inttemp
- tessdata/eng.pffmtable
- tessdata/eng.normproto
- tessdata/eng.punc-dawg
- tessdata/eng.word-dawg
- tessdata/eng.number-dawg
- tessdata/eng.freq-dawg
- y los archivos más importantes son:
- tessdata/eng.traineddata
- tessdata/eng.user-words

Si solo se quiere reconocer un valor limitado de tipos de letra es suficiente con crear los archivos unicharset, intTemp, normproto, pfftable; si se requiere mejorar la precisión se puede utilizar el resto de archivos.

Librerías de Entrenamiento.

Como primer punto para realizar el proceso de entrenamiento se deberá tener una imagen de corpus con las imágenes de los caracteres a entrenarse y guardarse en una imagen con formato TIFF ya que con esta extensión trabaja Tesseract, en este caso se ha generado dos archivos uno de letras y uno de números por separado para el posterior análisis en el programa.

Para el segundo paso, Tesseract necesita un archivo con extensión “box”, en el que se encuentre el detalle de cada una de las imágenes de entrenamiento, este archivo es un archivo de texto, que lista todos los caracteres que se encuentren en la imagen de entrenamiento, en orden y uno por línea mediante el siguiente comando en la consola de cmd.

```
tesseract [lang].[fontname].exp[num].tif  
[lang].[fontname].exp[num] batch.no chop makebox
```



```
C:\Windows\system32\cmd.exe  
D:\tpk\training>tesseract let.placas.exp0.tif let.placas.exp0 batch.no chop make  
box  
Tesseract Open Source OCR Engine v3.02 with Leptonica  
D:\tpk\training>_
```

FIGURA N 27 COMANDOS DEL TESSERACT PARA GENERAR EL ARCHIVO DE ENTRENAMIENTO DEL ROC.

Esto genera un archivo con extensión .box en el cual se encuentran las letras y los valores de cada una de los caracteres con qué valor lo ha reconocido, a este archivo hay que editarle línea por línea y letra por letra revisando que sea la misma letra reconocida con la letra correcta este archivo se puede abrir mediante el Bloc de Notas.

Para este proceso de corrección de letras se utilizó el un programa lector y corrector de valores de caracteres llamado “jtessexeditor”, para evitar la corrección en el bloc de notas este programa permitió poder modificar y agregar los valores correctos de los caracteres de las placas.

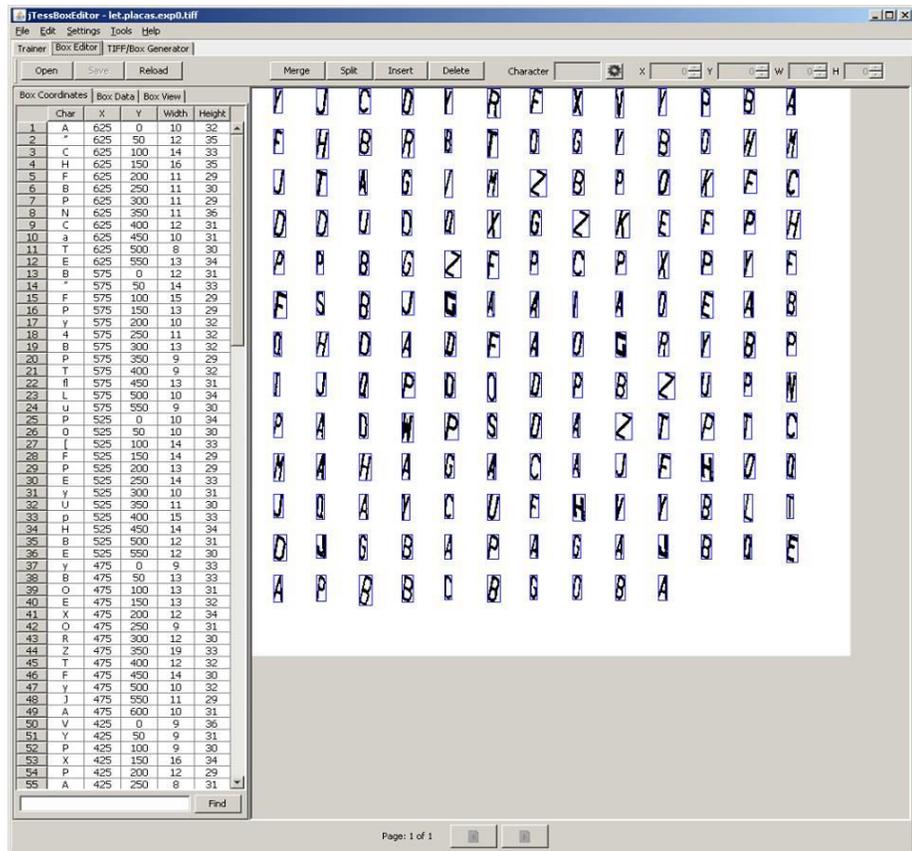
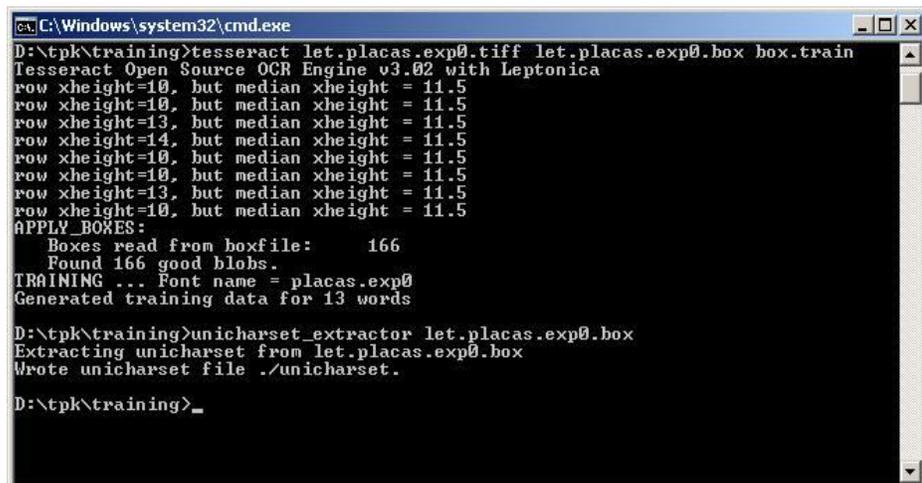


FIGURA N 28 CAPTURA PANTALLA DE LA IMAGEN DEL JTESSEXEDITOR REALIZANDO EL PROCESO DE DETECCIÓN Y CORRECCIÓN

Este proceso nos devolverá un archivo con extensión .exp0, este archivo contiene los valores generados de cada letra para saber que letra la consideró, luego de ello y una vez modificado el archivo que contiene los valores de cada letra, se realiza la digitación de los siguientes comandos para generar el archivo de Tesseract entrenado

Como siguiente paso se creó un archivo llamado Font_properties que nos pide por obligación para saber el nombre de la fuente, como requisito pero en este proceso se están estableciendo los propios caracteres nuestros, entonces el archivo tendrá “placas 1 0 0 0 0” dentro.

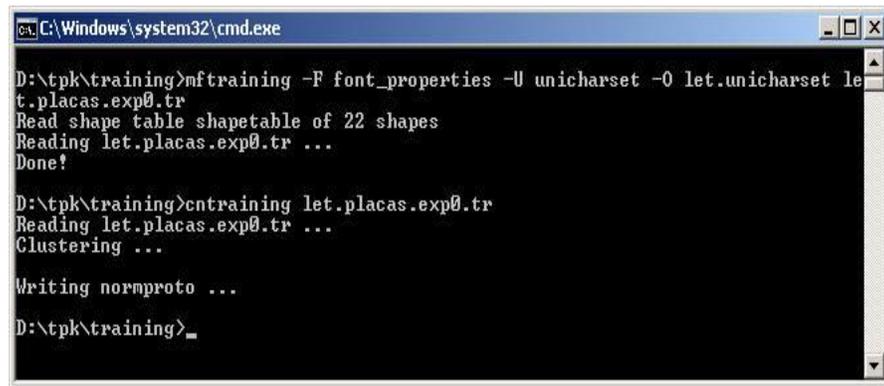


```
C:\Windows\system32\cmd.exe
D:\tpk\training>tesseract let.placas.exp0.tiff let.placas.exp0.box box.train
Tesseract Open Source OCR Engine v3.02 with Leptonica
row xheight=10, but median xheight = 11.5
row xheight=10, but median xheight = 11.5
row xheight=13, but median xheight = 11.5
row xheight=14, but median xheight = 11.5
row xheight=10, but median xheight = 11.5
row xheight=10, but median xheight = 11.5
row xheight=13, but median xheight = 11.5
row xheight=10, but median xheight = 11.5
APPLY_BOXES:
  Boxes read from boxfile:    166
  Found 166 good blobs.
TRAINING ... Font name = placas.exp0
Generated training data for 13 words
D:\tpk\training>unicharset_extractor let.placas.exp0.box
Extracting unicharset from let.placas.exp0.box
Wrote unicharset file ./unicharset.
D:\tpk\training>_
```

FIGURA N 29 CAPTURA DE PANTALLA DE LA CONSOLA CON LOS COMANDOS USADOS PARA GENERAR EL ARCHIVO DE ENTRENAMIENTO DEL ROC

El siguiente uso del comando Mftraining dará como resultado tres archivos de datos: intTemp(prototipo de forma), pffmtable(número de características por cada carácter) y Microfeat que no se lo utiliza.

Luego de ello se digita el comando cntraining con el nombre del archivo antepuesto la extensión let.placas.exp0.tr .



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
D:\tpk\training>mftraining -F font_properties -U unicharset -O let.unicharset let.placas.exp0.tr
Read shape table shapetable of 22 shapes
Reading let.placas.exp0.tr ...
Done!

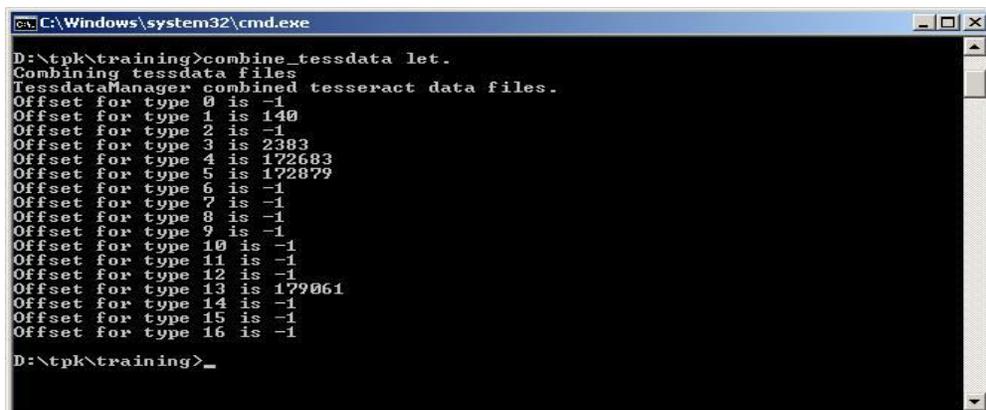
D:\tpk\training>cntraining let.placas.exp0.tr
Reading let.placas.exp0.tr ...
Clustering ...

Writing normproto ...

D:\tpk\training>_
```

FIGURA N 30 COMANDO PARA GENERAR EL ARCHIVO DE ENTRENAMIENTO DEL ROC

Finalmente se cogen todos los archivos (normproto, normproto, Microfeat, inttemp, pffmtable) y se los renombra con un prefijo lang (es remplazado por el nombre de nuestro lenguaje), donde ese prefijo lang consta de un código de 3 letras que representa el idioma y luego se ejecuta el comando combine_tessdata de la siguiente manera:



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
D:\tpk\training>combine_tessdata let.
Combining tessdata files
TessdataManager combined tesseract data files.
Offset for type 0 is -1
Offset for type 1 is 140
Offset for type 2 is -1
Offset for type 3 is 2383
Offset for type 4 is 172683
Offset for type 5 is 172879
Offset for type 6 is -1
Offset for type 7 is -1
Offset for type 8 is -1
Offset for type 9 is -1
Offset for type 10 is -1
Offset for type 11 is -1
Offset for type 12 is -1
Offset for type 13 is 179061
Offset for type 14 is -1
Offset for type 15 is -1
Offset for type 16 is -1

D:\tpk\training>_
```

FIGURA N 31 COMANDO PARA GENERAR EL ARCHIVO DE ENTRENAMIENTO DEL ROC

El resultado es un archivo lang.traineddata, que va directamente en el directorio tessdata. Tesseract, puede reconocer utilizando el nuevo lenguaje utilizando el siguiente comando:

```
tesseract image.tif output -l lang
```

Este archivo let.traineddata vendría al ser el archivo resultado de entrenamiento, con el cual mediante el uso de las técnicas ROC nos devolverá los valores de cada carácter esperando que sean los correctos.

4.2.1.1 Resultados de pruebas del entrenamiento.

Para el resultado de estas pruebas se tomaron 166 letras del abecedario y 172 números del 0 al 9.

TABLA DE VALORES:

VALORES	TESSERACT POR DEFECTO		TESSERACT ENTRENADO	
	BIEN	MAL	BIEN	MAL
166 LETRAS	113	53	145	21
172 NUMEROS	130	42	155	17

TABLA N 9 VALORES DE LAS PRUEBAS DEL ENTRENAMIENTO.

Resultados Letras:

Luego de los resultados encontrados, en valores porcentuales se obtiene que los caracteres acertados mediante el proceso del Tesseract entrenado anteriormente cuenta con un 86,03 % de acierto, y por lo tanto con un 13,07 de datos erróneos.

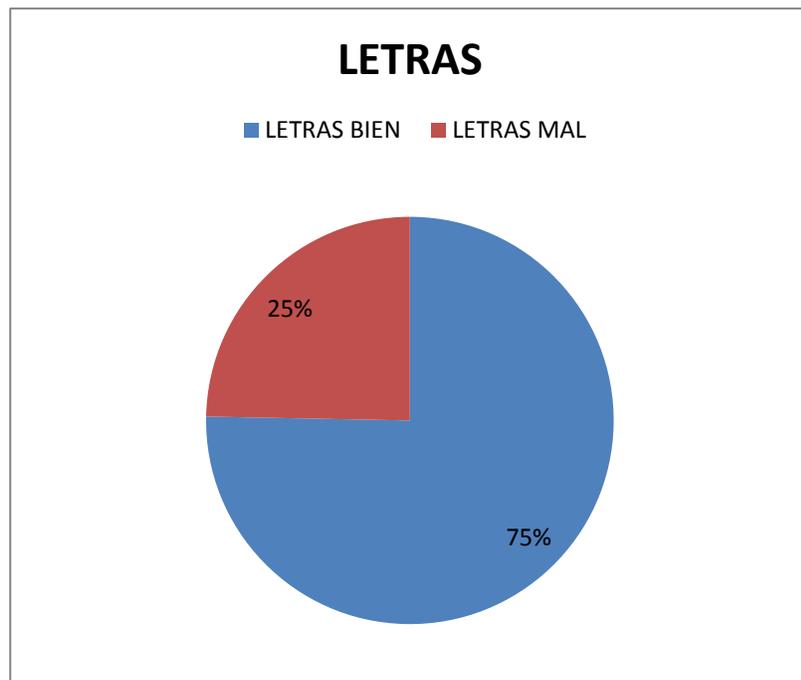


FIGURA N 32 RESULTADO PORCENTUAL DE ACIERTO

Resultado Números

Los valores porcentuales de los números nos demuestran que se obtiene un %88,4 de aciertos y con un valor de 11,6 % de valores que no corresponden del algoritmo de Tesseract entrenado.

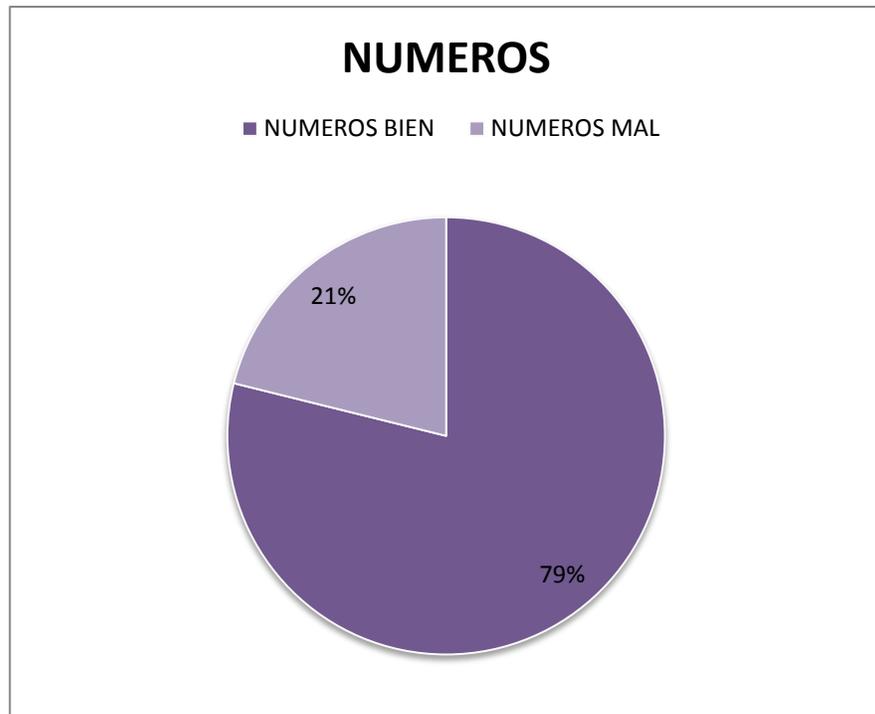


FIGURA N 33 RESULTADO PORCENTUAL DE RECONOCIMIENTO NÚMEROS

Como análisis de los resultados se puede hablar que existe un alto grado de aceptación de los dos tipos de caracteres letras y números por lo que para el desarrollo del sistema se utilizara el Tesseract entrenado.

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA PARA RECONOCIMIENTO DE PLACAS VEHICULARES.

4.3.1 ESQUEMA DEL PROCESO DE DETECCIÓN DE PLACAS

Dentro del módulo general se describe el proceso de detección de placas que empieza con la obtención de la imagen mediante una cámara, luego realizando el normalizado de la imagen, posteriormente segmentando la placa la cual tendrá un proceso de reconocimiento de caracteres (ROC) y finalmente una interface que permite el análisis comparativo de los datos generados con una base de datos de placas de vehículos e información de los usuarios autorizados al ingreso.

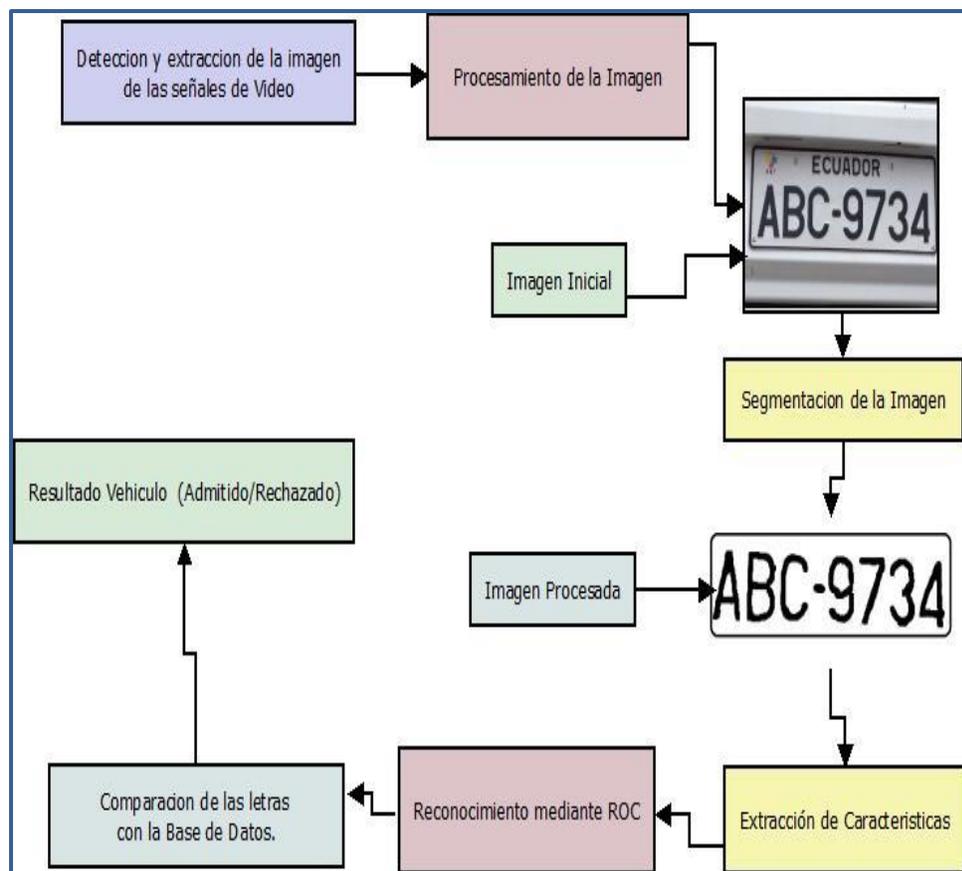


FIGURA N 34 DIAGRAMA DEL ESQUEMA DEL PROCESO DE DETECCIÓN DE PLACAS

4.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECONOCIMIENTO DE CARACTERES DE LA PLACA VEHICULAR.

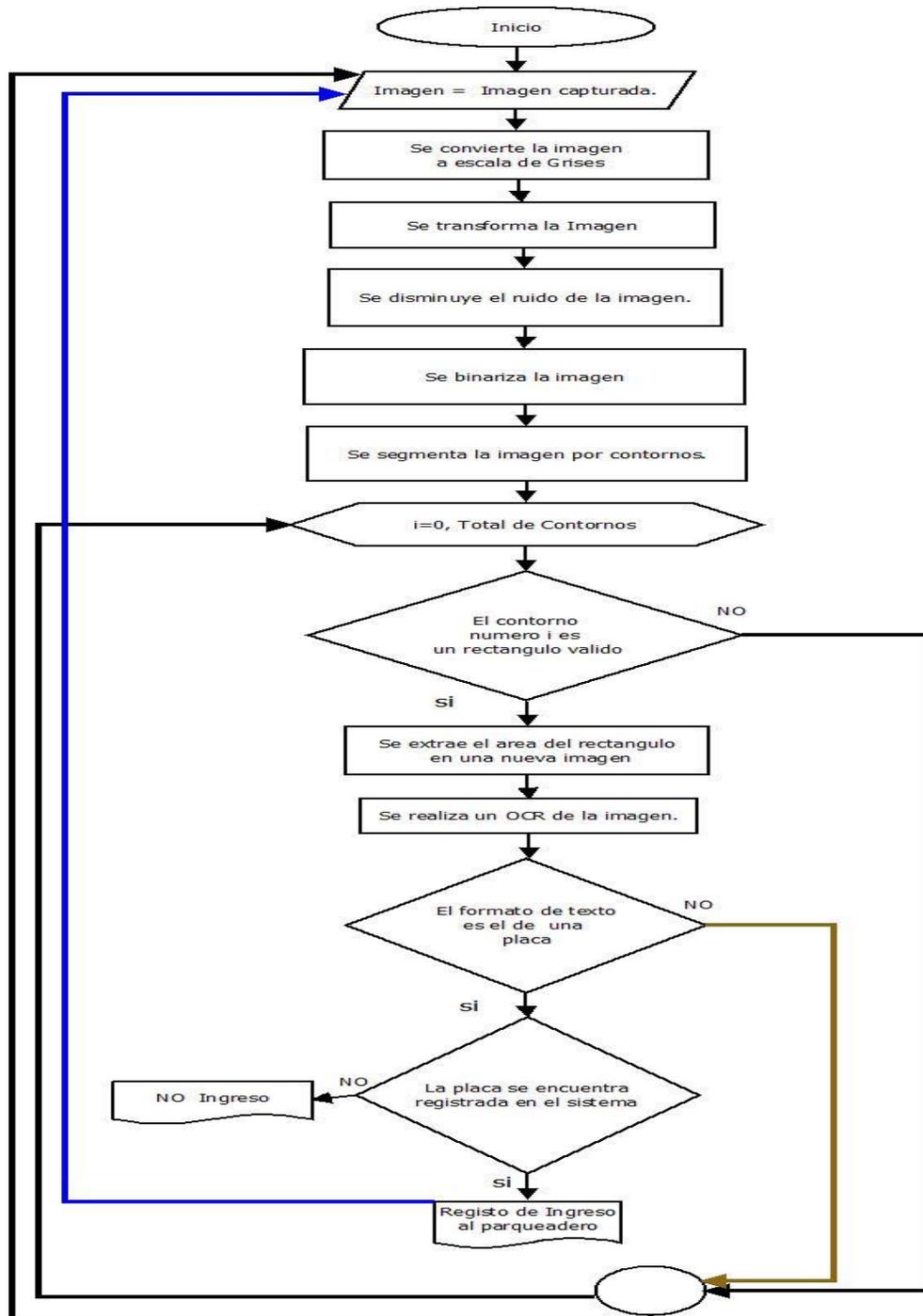


FIGURA N 35 DIAGRAMA DEL PROCESO DE RECONOCIMIENTO DE CARACTERES DE LAS PLACAS VEHICULARES

El diagrama expuesto anteriormente, está compuesto por el proceso completo de funcionamiento de la detección de placa, hasta verificar si el vehículo se encuentra registrado en el sistema.

4.4 DISEÑO DEL MÓDULO DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES PARA LA DETECCIÓN DE LA PLACA.

4.4.1 DIAGRAMA DE MÓDULO PARA LA DETECCIÓN DE LA PLACA

Una vez que la imagen sea detectada, se tendrá que procesarla hasta encontrar el área de interés, donde se encuentren los caracteres de la placa vehicular, para ello se utiliza el siguiente módulo.

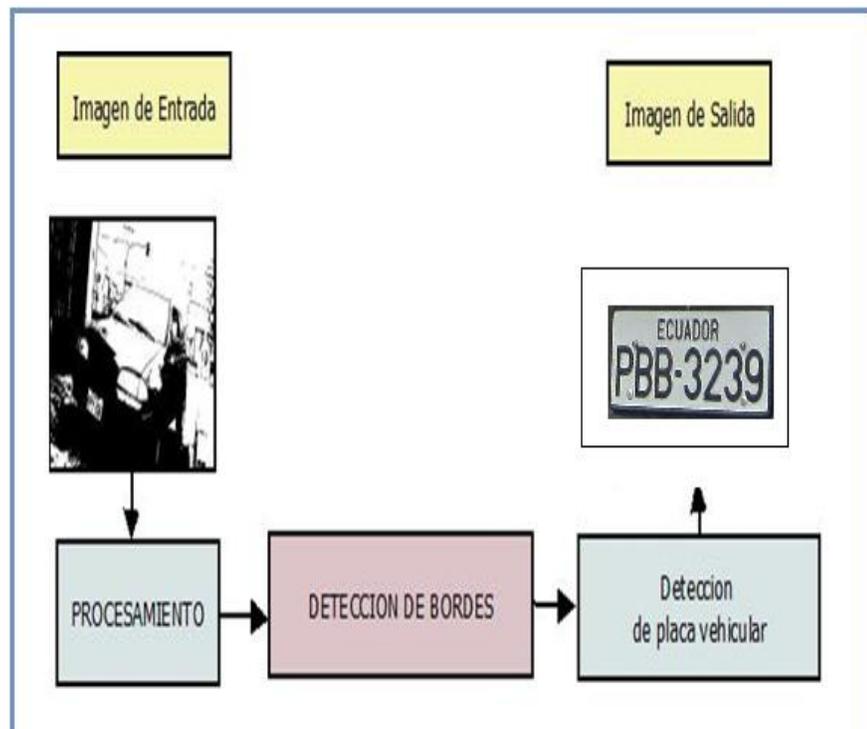


FIGURA N 36 DIAGRAMA DEL MÓDULO PARA LA DETECCIÓN DE LA PLACA.

4.4.2 CONVERSIÓN A NIVEL DE GRIS

Como primer paso se tendrá que convertir la imagen de entrada en una imagen a nivel de gris.

Las imágenes están formadas por tres o capas, normalmente estos son RGB en español Rojo Verde y Azul, sin embargo una imagen a escala de grises solo posee una capa, el trabajar con tres capas implica que se tendría 3 imágenes diferentes, por lo que para tratar la imagen con mayor eficiencia se unen las tres capas en una sola mediante la conversión a nivel de gris de tal manera que para los futuros pasos solo sea necesario el proceso de una capa.

La función de OpenCv que nos permite realizar esta conversión es:

`void Imgproc.cvtColor (Mat src, Mat dst, int code)`

La siguiente figura describe la conversión a nivel de gris mediante el uso de las funciones de OpenCv de una imagen de color captada por la cámara de video.

a) Imagen original a nivel de gris



FIGURA N 37 IMAGEN ORIGINAL

b) imagen convertida



FIGURA N 38 NIVEL ESCALA GRIS

4.4.3 ECUALIZACIÓN

Como segundo paso se realiza el proceso de ecualización, mediante el proceso de ecualización la imagen reduce automáticamente el contraste en las áreas muy claras o muy oscuras así como también, expande los niveles de gris a lo largo de todo el intervalo.

La función con la que se trabaja para el siguiente proceso es la siguiente:

Public static void equalizeHist(Mat src, Mat dst)

4.4.4 BINARIZACIÓN.

Como tercer paso se tiene que realizar el proceso de binarizado de la imagen, la binarización es un proceso mediante el cual, se toma la imagen de escala de grises, para generar una imagen de salida en donde cada pixel tiene solo dos posibles valores (0 255) con esto se logra localizar de una manera más rápida el objeto de interés.

Para realizar la binarización se necesita de un valor umbral, que es un valor de intensidad, que divide que pixeles tomaran valor 1 o 0, este valor puede ser especificado manualmente, pero el inconveniente de hacer esto está en que puede generar resultados positivos en unas imágenes y fallar en otras que posean diversa intensidad de luz, por lo tanto el proceso de binarización se utiliza el algoritmo "Otsu", que elige dinámicamente el valor umbral, recorriendo toda la imagen buscando el valor de intensidad más alto, así como también el más bajo para generar de manera estadística dicho valor.

Para ello se usa la siguiente función de OpenCv:

```
Imgproc.threshold( Mat src, Mat dst, double threshold ,  
double max_value, int Threshold_type
```

La siguiente imagen describe la imagen después de la aplicación de la binarización respectiva

a) Imagen de entrada(nivel de gris)



FIGURA N 39 IMAGEN EN ESCALA DE GRIS

b) Imagen de salida (binarizada)



FIGURA N 40 IMAGEN BINARIZADA

4.4.5 MODULO DEL PROCESO DE DETECCIÓN DE LA PLACA VEHICULAR.

Para el módulo de detección de la placa se ha desarrollado básicamente cuatro funciones:

1 Detección de contornos o rectángulos.

2 Corrección del ángulo de placa

3 Selección de caracteres.

4 Extracción de caracteres de la imagen

La figura siguiente describe los procesos de detección de placa vehicular.

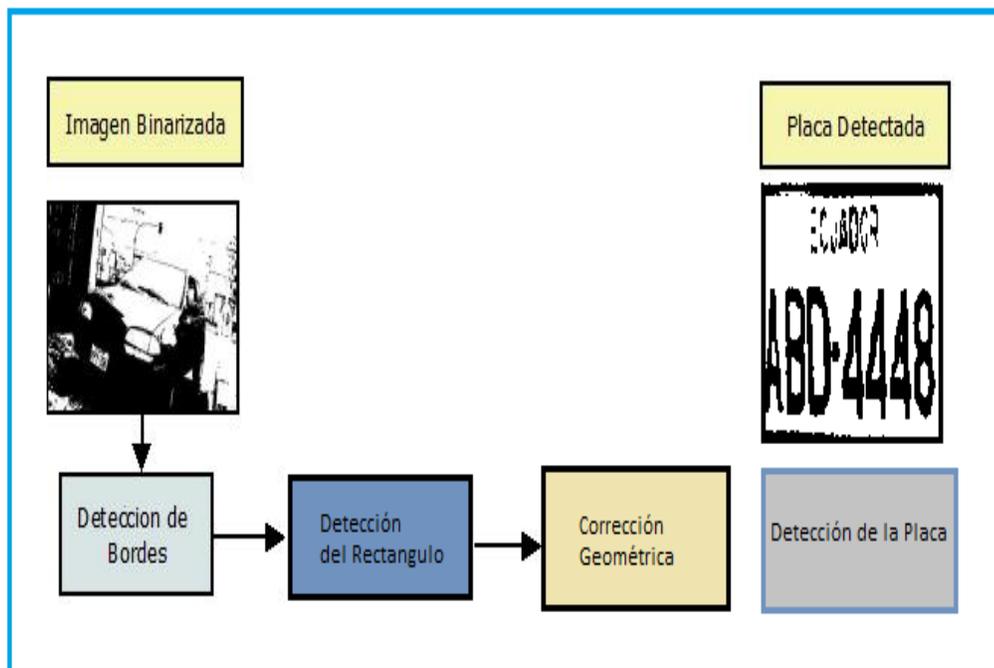


FIGURA N 41 ESQUEMA DEL MODELO DE DETECCIÓN DE LA PLACA VEHICULAR.

4.4.5.1 DETECCIÓN DE CONTORNOS.

Dentro del módulo del proceso de detección de la placa se tiene como primer paso la detección de bordes o contornos,

Para este proceso se ha utilizado el algoritmo Canny que es un algoritmo que detecta todos los bordes que se encuentren en una imagen, este nos permitirá identificar los elementos individuales dentro de una imagen para ello se necesita previamente que la imagen binarizada la misma que se obtiene del módulo de detección de placa anteriormente descrita.

Las Funciones que posee OpenCv ayudan a los procesos de generación de contornos en la imagen es:

```
void CannyThreshold(int, void*)
{
    Canny( detected_edges, detected_edges,
lowThreshold, lowThreshold*ratio, kernel_size );
    dst = Scalar::all(0);
    src.copyTo( dst, detected_edges);
    imshow( window_name, dst );
}
```

Para la detección de los contornos se ha desarrollado la búsqueda de los contornos que posean 4 lados formando un rectángulo que tengan el área aproximada del rectángulo de la placa, la función utilizada es.

Find Contours

```
public static void findContours(Mat image,
List<MatOfPoint> contours, Mat hierarchy, int mode, int
method)
```

4.4.5.2 CORRECCIÓN GEOMÉTRICA.

Una vez encontrado el conjunto de rectángulos se debe realizar la corrección geométrica de los polígonos usando una función de perspectiva. Esto debido a que en ciertas ocasiones la imagen de la placa tiene cierta inclinación o perspectiva, dependiendo del ángulo con el que se capture la cámara el ingreso de los vehículos..

La función de OpenCv es:

```
void cvWarpPerspective ( constCvArr* src, CvArr* dst,  
constCvMat*  
map_matrix,intflags=CV_INTER_LINEAR+CV_WARP_FILL_  
OUTLIERS,CvScalarfillval=cvScalarAll(0) )
```

4.6 DISEÑO DEL MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE CARACTERES.

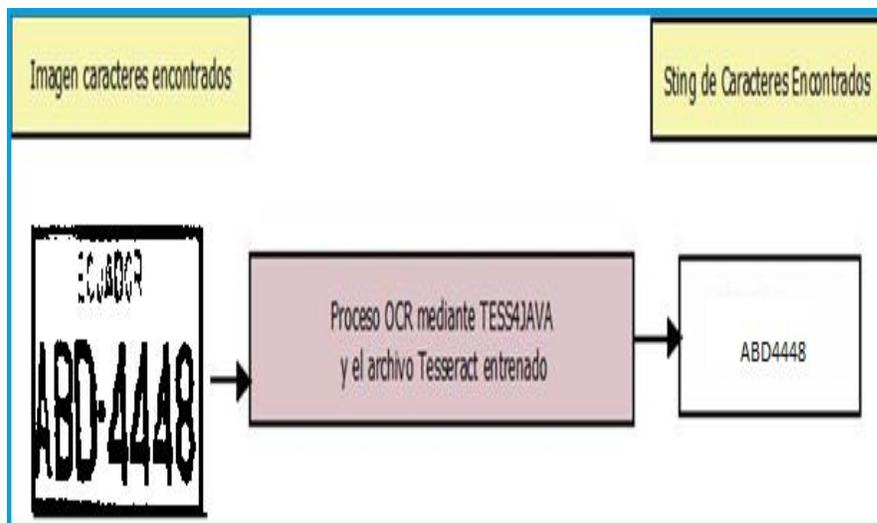


FIGURA N 42 MODULO DE RECONOCIMIENTO DE CARACTERES DE LA PLACA VEHICULAR.

Dentro del módulo de reconocimiento de caracteres se utiliza el proceso ROC con nuestro Tesseract previamente entrenado para hacer el reconocimiento de las letras y números de la imagen extraída de la placa del vehículo que quiere ingresar al parqueadero, este proceso se desarrolla mediante dos verificaciones de ROC el primero de letras y el segundo de números, y al final se almacena en un String con los dos datos listos para la verificación con la base de datos del sistema.

4.7 DISEÑO DEL MÓDULO DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL.

4.7.1 DISEÑO DE DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Los siguientes diagramas de los casos de uso describen uno por uno las funciones del usuario con el sistema de control de ingresos de vehículos al parqueadero.

EL primer caso, la funcionalidad del sistema al correr el programa, es decir el inicio del mismo.

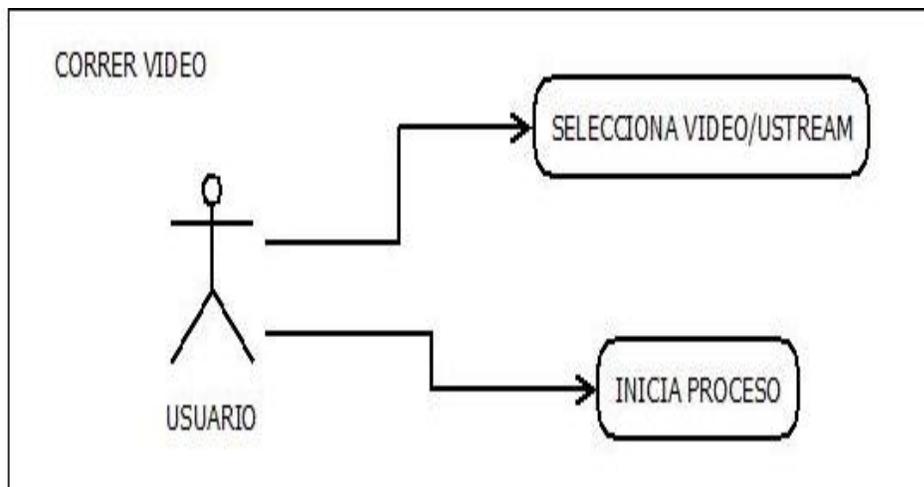


FIGURA N 43 DIAGRAMA DE CASOS INICIO

El siguiente caso describe el proceso de registro del número de la placa y los datos de la persona a quien corresponde la placa vehicular.

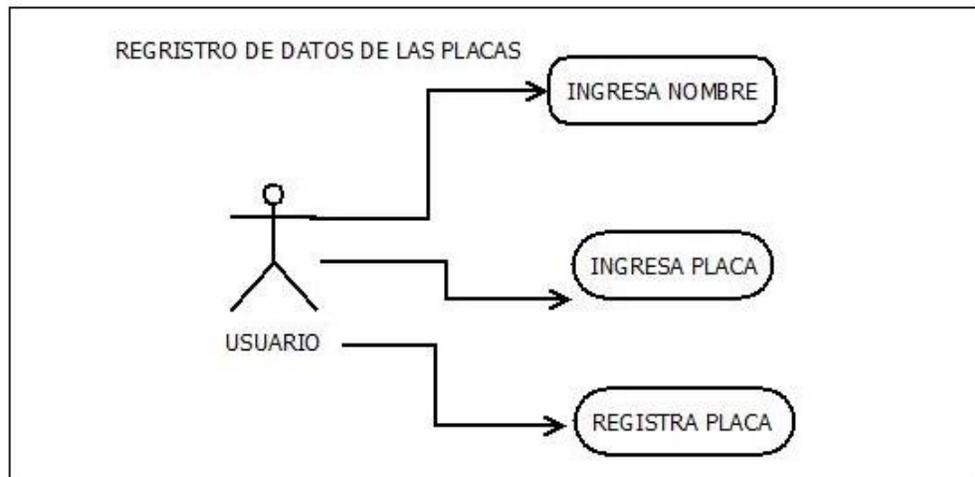


FIGURA N 4445 DIAGRAMA DE CASOS REGISTRO

EL proceso siguiente permite eliminar placas ya sea porque se han ingresado mal, o por diferentes situaciones que se hayan desarrollado y la placa ingresada ya no sea permitida y se requiere borrarla.

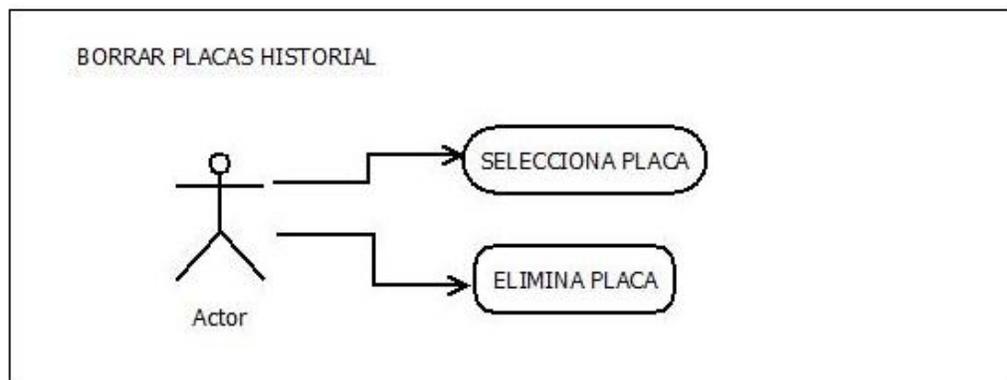


FIGURA N 45 DIAGRAMA DE CASOS BORRAR

4.7.2 Diagrama de la base de datos

El siguiente diagrama hace referencia a como se encuentra elaborada y distribuida la base de datos del sistema de control vehicular.

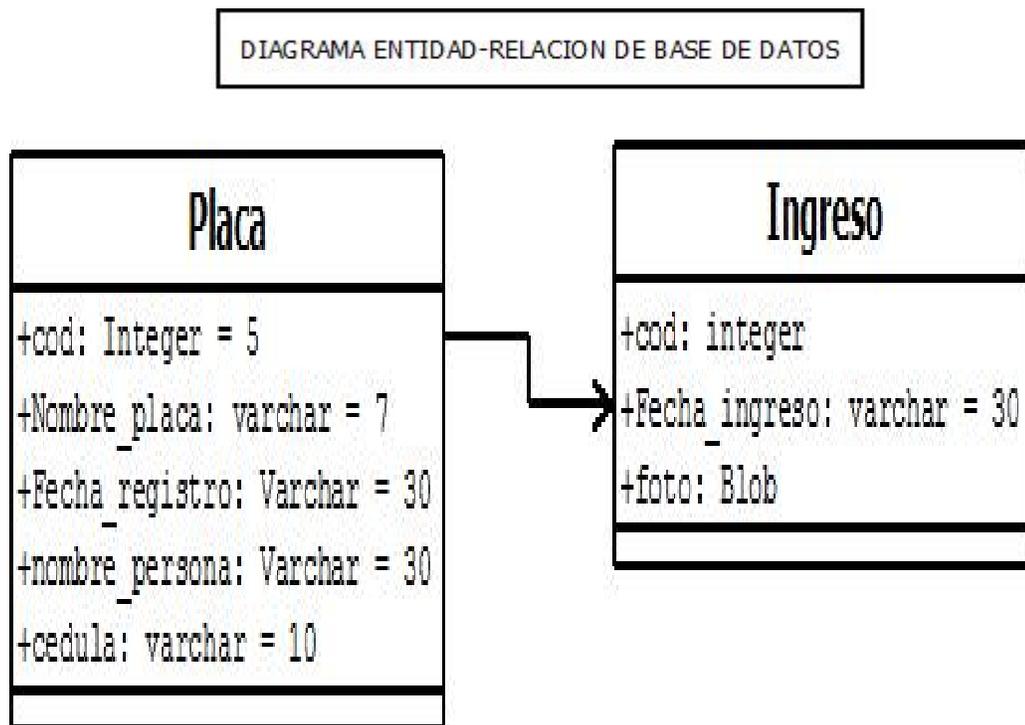


FIGURA N 46 DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN BASE DE DATOS

4.7.3 DIAGRAMA DE CLASES

El diagrama de clases describe todo el esquema del sistema de control vehicular, prediseñado para el funcionamiento del programa.

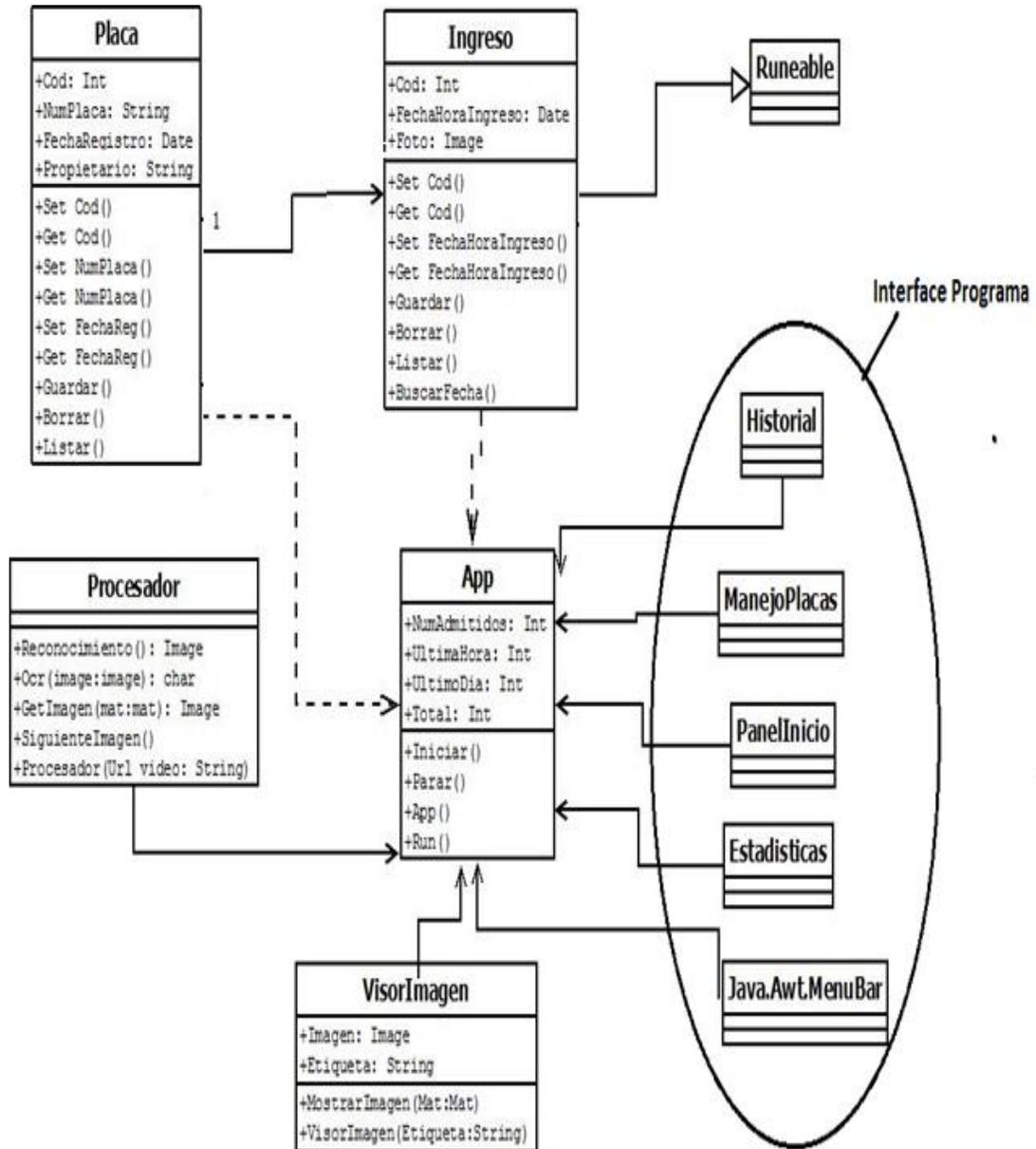


FIGURA N 47 DIAGRAMA DE CLASES

4.7.4 INTERFAZ GRAFICA

4.7.4.1 DESCRIPCION DE LA INTERFAZ

La interfaz gráfica del programa consta de 4 módulos, que poseen diferentes funciones cada uno de ellos, y que serán descritos a continuación

- **MODULO INICIO.**

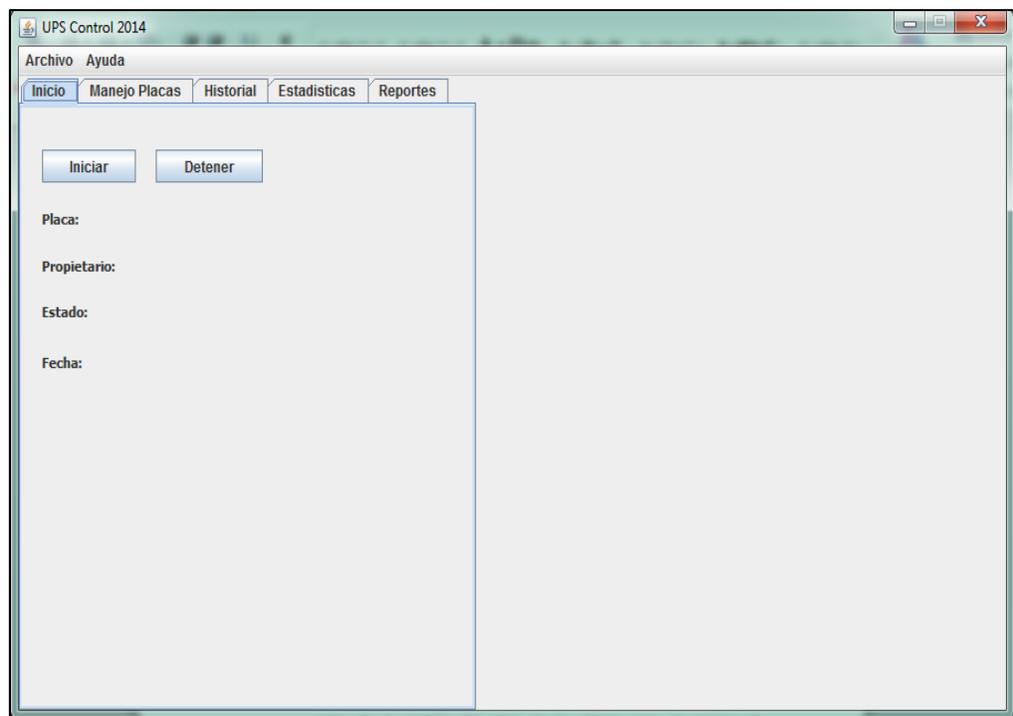


FIGURA N 48 MÓDULO INICIAL

El módulo inicial, es la parte principal donde se muestra el resultado de los ingresos, ya que consta de un BOTON INICIAR, en que comienza la captura del video de la cámara para el proceso de reconocimiento, así como de igual forma el BOTON DETENER que es para terminar el reconocimiento, cuando se desea finalizar el mismo.

En esta pantalla se mostrará el Nombre, Número de Placa, el día conjuntamente con la hora de ingreso, y su estado de ACEPTADO o no el vehículo

- **MODULO MANEJO PLACAS**

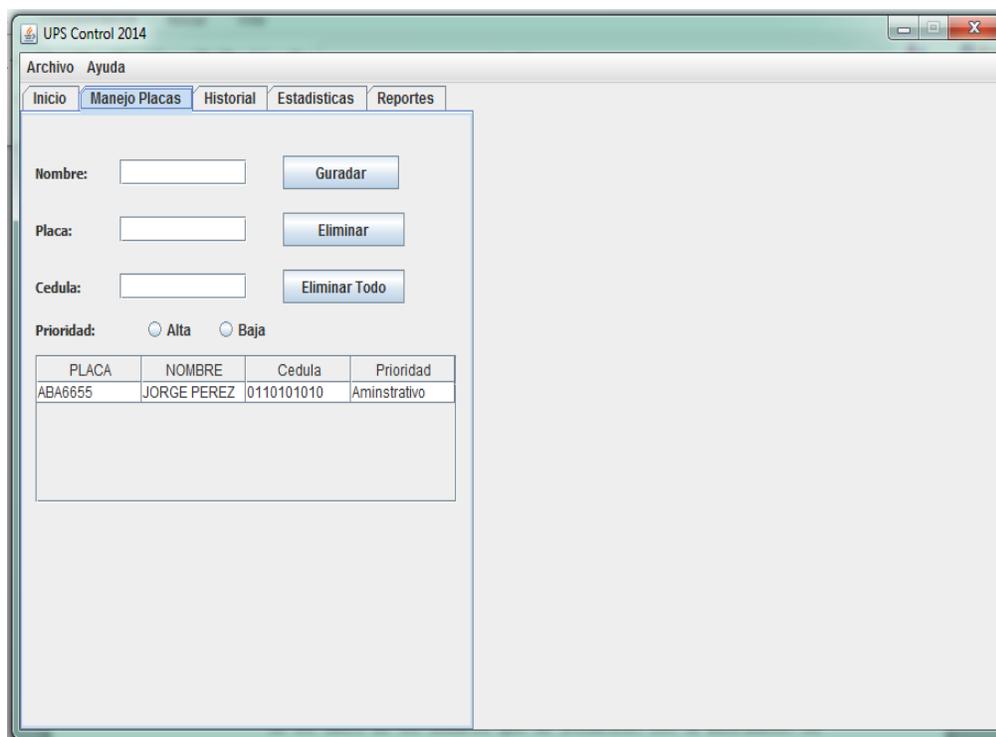


FIGURA N 49 MÓDULO MANEJO PLACAS

El módulo manejo placas, consta principalmente con la función del ingreso de los datos de los usuarios que se encuentren con la autorización de ingresar al parqueadero de la Universidad, por consiguiente se conoce que los datos a ser ingresados serán

Nombres y Apellidos

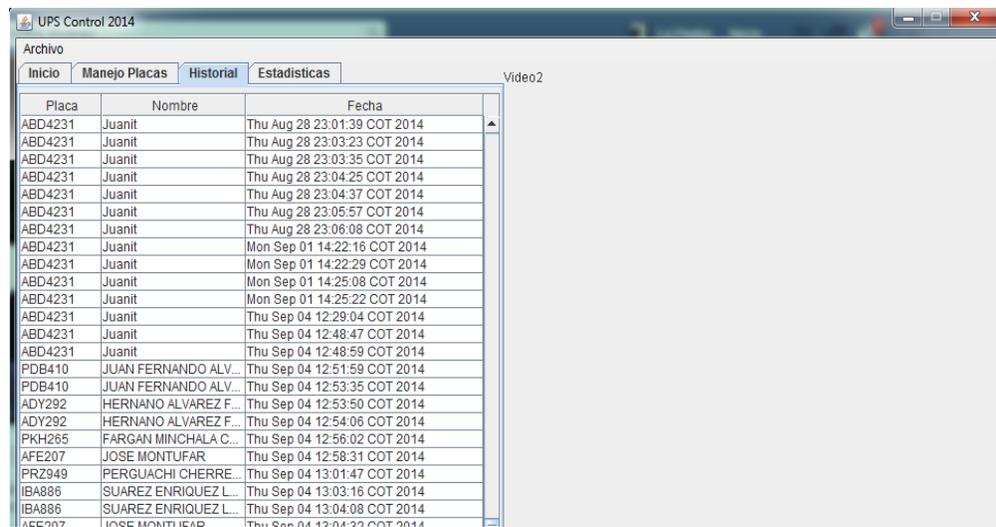
Número de Cédula

Número de placa Vehicular

Y también se tiene la prioridad de ingreso que hace referencia a que tipo de usuario es ya sea Estudiante o una autoridad o profesor de la institución.

Dentro de los botones se encuentra la función de guardar los datos ingresados, así como también poder eliminar algún nombre específico o ya sea todos los datos registrados, ya que se cambia de semestre por ejemplo.

- **HISTORIAL**



Placa	Nombre	Fecha
ABD4231	Juanit	Thu Aug 28 23:01:39 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Aug 28 23:03:23 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Aug 28 23:03:35 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Aug 28 23:04:25 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Aug 28 23:04:37 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Aug 28 23:05:57 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Aug 28 23:06:08 COT 2014
ABD4231	Juanit	Mon Sep 01 14:22:16 COT 2014
ABD4231	Juanit	Mon Sep 01 14:22:29 COT 2014
ABD4231	Juanit	Mon Sep 01 14:25:08 COT 2014
ABD4231	Juanit	Mon Sep 01 14:25:22 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Sep 04 12:29:04 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Sep 04 12:48:47 COT 2014
ABD4231	Juanit	Thu Sep 04 12:48:59 COT 2014
PDB410	JUAN FERNANDO ALV...	Thu Sep 04 12:51:59 COT 2014
PDB410	JUAN FERNANDO ALV...	Thu Sep 04 12:53:35 COT 2014
ADY292	HERNANO ALVAREZ F...	Thu Sep 04 12:53:50 COT 2014
ADY292	HERNANO ALVAREZ F...	Thu Sep 04 12:54:06 COT 2014
PKH265	FARGAN MINCHALA C...	Thu Sep 04 12:56:02 COT 2014
AFE207	JOSE MONTUFAR	Thu Sep 04 12:58:31 COT 2014
PR2949	PERGUACHI CHERRE...	Thu Sep 04 13:01:47 COT 2014
IBA886	SUAREZ ENRIQUEZ L...	Thu Sep 04 13:03:16 COT 2014
IBA886	SUAREZ ENRIQUEZ L...	Thu Sep 04 13:04:08 COT 2014
AFE207	JOSE MONTUFAR	Thu Sep 04 13:04:22 COT 2014

FIGURA N 50 MÓDULO HISTORIAL

En el módulo del historial, tenemos la pantalla que solo será informativa en ella se mostrarán los ingresos diarios que tenga el parqueadero, con los datos más importantes es decir número de la placa vehicular, el nombre de la persona a la que se encuentre registrado el vehículo y la fecha que lo hizo; esto para tener constancia de la hora y el día del ingreso del vehículo al parqueadero.

- **ESTADISTICAS**

Numero admitidos:	567
Numero hoy:	15
Numero esta semana:	35
Numero este mes:	0

FIGURA N 51 MÓDULO ESTADÍSTICAS

EL módulo de estadísticas es un módulo informativo en el cual se guardan los registros de ingreso de forma cuantitativa, es decir se registran los siguientes datos.

- ✓ Número de vehículos Admitidos (Hasta la Fecha)
- ✓ Número de vehículos que ingresaron en un día
- ✓ Número de vehículos que han ingresado en una semana
- ✓ Número de vehículos que ingresaron en un mes.

Con estos datos se pueden hacer análisis diversos, así como también tener información respectiva del uso del parqueadero de la universidad.

- **REPORTES**

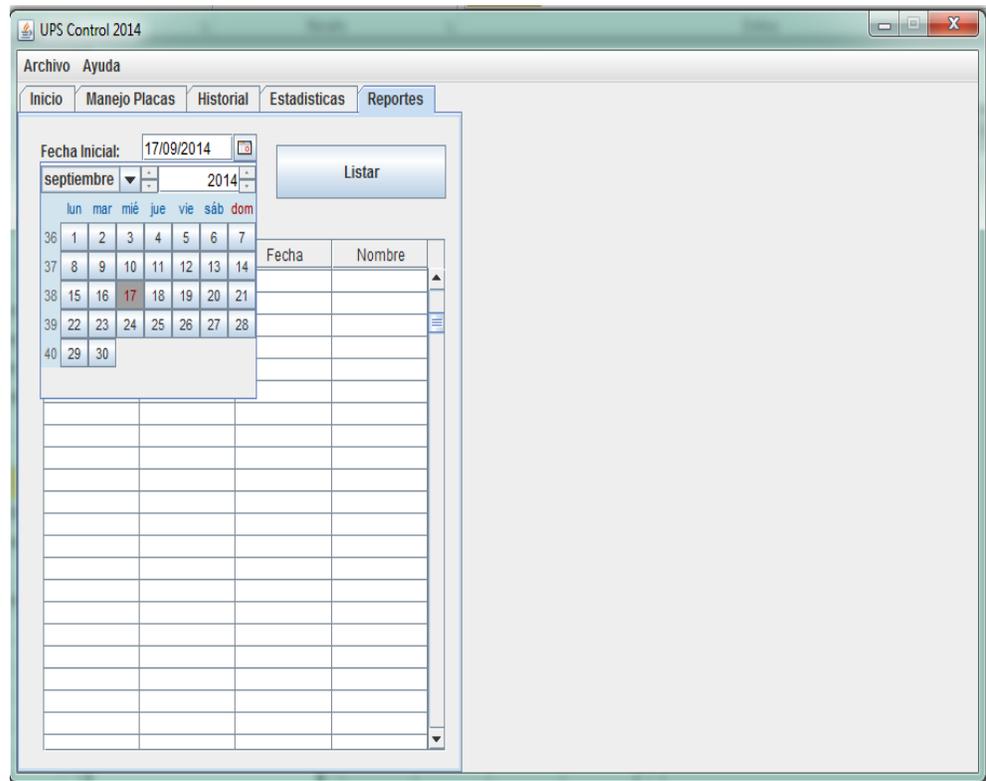


FIGURA N 52 MÓDULO REPORTES

El módulo reportes, es un módulo diseñado para las consultas de los ingresos vehiculares, Se puede generar en un rango de fechas, de esta forma se listará los datos del número de placa, los datos del dueño de vehículo y la fecha en la que ingresó.

FOTOGRAFIAS DE EJEMPLO DEL RECONOCIMIENTO VEHICULAR MEDIANTE LA INTERFAZ GRAFICA.

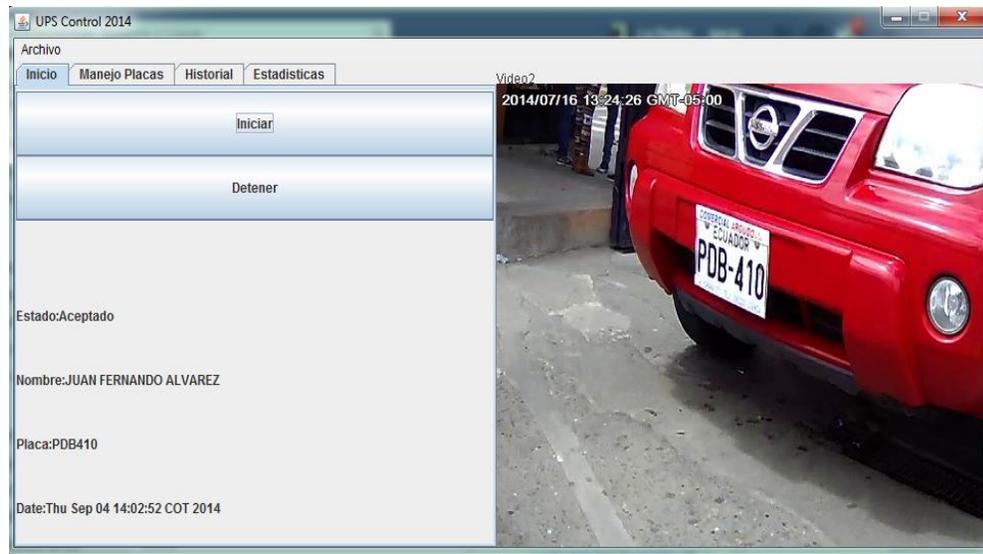


FIGURA N 53 FOTOGRAFÍA DE EJEMPLO 1 DE LA INTERFAZ DEL PROGRAMA EN FUNCIONAMIENTO

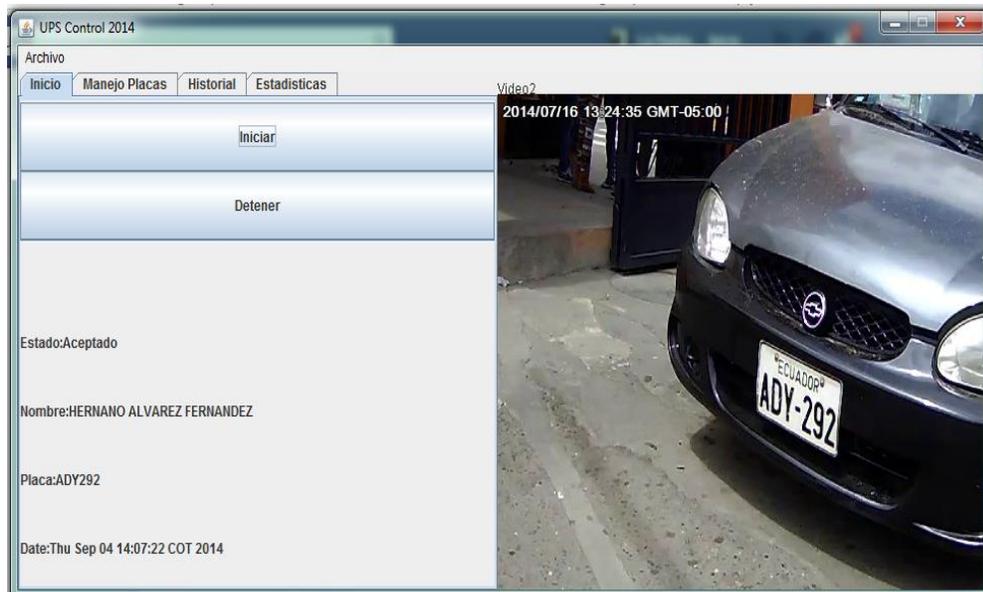


FIGURA N 54 FOTOGRAFÍA DE EJEMPLO 1 DE LA INTERFAZ DEL PROGRAMA EN FUNCIONAMIENTO

4.7.5 SEÑAL DE SALIDA

Para la elaboración de la señal de salida, se diseñó un prototipo de emisión de señal mediante una tarjeta arduino con la tarea de que si el vehículo ingresa al parqueadero y su placa consta dentro de la base de datos del sistema la señal se transforma en 1 y por consiguiente nos devuelve un led verde encendido.

Para esto como primer paso se investigó el funcionamiento de la tarjeta ARDUINO ONE, y se determinó que trabaja con señales de puertos COM, luego se investigó la conexión con JAVA, dando como resultado que, para que el funcionamiento sea el correcto se necesitaba importar el archivo .jar RXTXcom para que pueda ser compatible, de igual forma como siguiente paso se tuvo que configurar la señal dentro de la tarjeta partiendo como punto inicial una señal 0 siempre y la señal de 1 cuando ingrese un vehículo y la placa coincida con las placas de la base de datos.

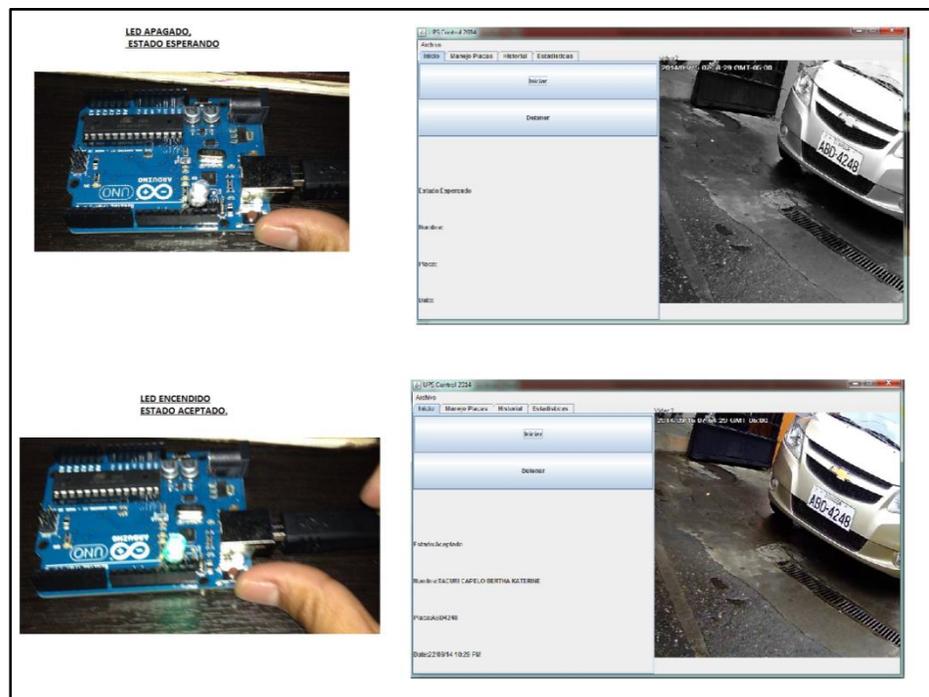


FIGURA N 55 FUNCIONAMIENTO DE SEÑAL DE SALIDA

CAPITULO V

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA Y DISEÑO DEL PLAN DE EXPERIMENTACIÓN

5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA Y DISEÑO DEL PLAN DE EXPERIMENTACIÓN.

5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA.

Para la implementación de los módulos del sistema se ha tomado en consideración diferentes pautas. Como son las siguientes

Módulo Manejo Placas:

Para el ingreso de los datos se desarrolló la conectividad con la base de datos y se ingresaron datos de Estudiantes registrados con el permiso de ingreso vehicular del cual tomamos sus dos nombres, dos apellidos, número de cédula, número de placa vehicular.

Módulo Inicio:

Para el módulo que lleva consigo la interfaz de todo el proceso se desarrollaron dos pruebas la primera mediante la toma de fotografías de los vehículos y la segunda mediante los videos en red de la cámara IP.

Módulo Estadísticas, Módulo Historial:

Estos modelos son informativos, y de igual forma van ligados al módulo de inicio por lo que estos modelos se verán influenciados por el proceso de ingreso de vehículos, por lo tanto su implementación fue directa.

Módulo Reportes:

EL módulo de reportes es una implementación diseñada para la búsqueda de las fechas de ingreso de los vehículos, con este módulo se puede realizar consultas para saber si el vehículo que necesitamos ingresó en las fechas que se requieran.

5.2 RIESGOS DEL SISTEMA

- Los riesgos del sistema, hacen referencia a las variables a las que se somete el programa para poder detectar y verificar los caracteres de la placa vehicular, ya que son necesarios explicarlos porque pueden poner en riesgo el buen desarrollo del mismo.
- Como primer riesgo se encuentra, el que la aplicación desarrollada no consiga encontrar la placa vehicular dentro de la imagen capturada, este riesgo es crítico ya que no permitiría que se cumpla el objetivo del programa. La solución sería validar que la fotografía contenga la placa.
- Otro riesgo es que la placa vehicular se encuentre muy inclinada, esta prioridad no es crítica ya que el sistema posee un algoritmo de corrección de ángulos, y con esto podría ayudar a que las letras no se distorsionen y se puedan leer.
- Uno de los mayores riesgos es que en la noche la luz de los focos del vehículo se encuentren en modo Altas y esto

genere que no se pueda visualizar bien los caracteres dentro de la placa, ya que aunque la placa según lo dispuesto por la Asociación Nacional de Tránsito, se obliga que las placas vehiculares sean refractivas, algunas no lo son y no se podría visualizar las letras.

5.3 DISEÑO DEL PLAN DE EXPERIMENTACIÓN.

Dentro del plan de experimentación se desarrollaron 4 formas de realizar el reconocimiento de placas vehiculares.

5.3.1 EXPERIMENTACIÓN 1.

El primer procedimiento fue recopilar toda clase de imágenes con la cámara de un celular iPhone 4 que posee una captura de 5 mega pixeles. Esta recopilación se hizo de todos los vehículos que se encuentren en la ciudad de Cuenca así como también de los vehículos del parqueadero de la universidad; ya que la cámara de ingreso al parqueadero todavía no estaba implementada, dentro de este proceso se tomaron como 350 fotografías de diferentes placas vehiculares, ya sean las que poseen 6 caracteres como las que poseen 7 caracteres, esto quedó descrito con 123 fotografías con 6 caracteres y 227 fotografías con 7 caracteres.

Estas fotografías estaban tomadas con diferente ángulo de la captura de la fotografía así como también a diferente horario del día.

5.3.2 EXPERIMENTACIÓN 2.

La segunda experimentación fue la de tomar fotografías desde el ángulo donde debería encontrarse la cámara, se recopilaron 100 fotografías de los dos tipos de placas para pruebas, de igual forma con una cámara de 5mpx de un teléfono celular iPhone 4.

5.3.3 EXPERIMENTACIÓN 3

La tercera experimentación fue realizar con el video propio de la cámara que registraba el ingreso de los vehículos, estos videos se encontraban receptados por una cámara de 1mpx de resolución y contenían datos de todas las horas de ingreso al parqueadero.

5.2.4 EXPERIMENTACIÓN 4

La cuarta experimentación se desarrolló con el video en red de la cámara IP de 1mpx de resolución durante 2 semanas desde las 7:30 de la mañana hasta las 7 de la noche.

CAPITULO VI

ANÁLISIS DE

RESULTADOS

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra los resultados que se obtuvieron de las diferentes pruebas realizadas en este proyecto durante la fase de implementación del mismo hasta llegar a una segmentación con un margen aceptable de efectividad. Posteriormente se describen las conclusiones y recomendaciones que consideramos pertinentes mencionar como parte final de este informe.

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.

Para el análisis de los resultados se describirá el proceso de 300 vehículos con usuarios del parqueadero de la Universidad Politécnica Salesiana.

Dentro del análisis cabe aclarar que la captura de las imágenes de los vehículos se desarrolló desde las 7am hasta las 10pm, horas en donde se labora dentro de la Universidad Politécnica Salesiana

Se expondrá la tabla de los vehículos que fueron leídos y su porcentaje de acierto, tomando en cuenta que las placas constan de 6 o 7 letras por consiguiente si tienen un mismo número de acierto letra por letra se describirá el también en puntos porcentuales. Es decir:

Para una placa de 7 letras posee como resultado 7 letras las mismas tendrá un 100%

Si la placa posee 7 letras y el resultado son las 6 letras correctas y una está mal identificada el resultado en forma porcentual será 85,71, así sucesivamente con el resto de las letras.

TABLA DE RESULTADOS DE LAS PLACAS VEHICULARES.

NUMERO DE PLACA	RESULTADO	PORCENTAJE %
ABA1614	ABA1614	100
ABA2175	ABA2175	100
ABA2608	ABA2608	100
ABD4248	ABD4248	100
ABA3143	ABA3143	100
ABA4547	ABA4547	100
ABA5923	ABA5923	100
ABA5979	ABA5979	100
ABA6047	ABA6047	100
ABB2025	ABB2025	100
ABB2434	ABB2434	100
ABB2582	ABB2582	100
ABB3399	ABB3399	100
ABB3992	ABB3992	100
ABB6422	ABB6422	100
ABC2205	ABC2205	100
ABB3992	ABB3992	100
ABB6422	ABB6422	100
ABC2205	ABC2205	100
ABC4576	ABC4576	100
ABC5131	ABC5131	100
ABC6390	ABC6390	100
ABC7897	ABC7897	100
ABC9735	ABC9735	100
ABC9751	ABC9751	100
ABC9806	ABC9806	100
ABD2023	ABD2023	100
ABD2679	ABD2679	100
ABD8683	ABD8683	100
ADN674	ADN674	100

ADO642	ADO642	100
ADP044	ADP044	100
ADP962	ADP962	100
ADS245	ADS245	100
ADS483	ADS483	100
ADY292	ADY292	100
AFE109	AFE109	100
AFE322	AFE322	100
AFS770	AFS770	100
AFT832	AFT832	100
AFV990	AFV990	100
AGB978	AGB978	100
AGE967	AGE967	100
AGF229	AGF229	100
HCD008	HCD008	100
PBA2685	PBA2685	100
PBD9763	PBD9763	100
PCC4870	PCC4870	100
PDB410	PDB410	100
PFI199	PFI199	100
PJX330	PJX330	100
PKH265	PKH265	100
PKL718	PKL718	100
PLJ176	PLJ176	100
PNF104	PNF104	100
PBS238	PBS238	100
PSL696	PSL696	100
PSL777	PSL777	100
PTJ855	PTJ855	100
PXJ286	PXJ286	100
PQB017	PQB017	100
PXO936	PXO936	100
PYO248	PYO248	100
TDD237	TDD237	100
UBA1681	UBA1681	100
UBA3276	UBA3276	100
ABA1614	ABA1614	100
ABA6655	ABA6655	100

ABA7256	ABA7256	100
ABA8236	ABA8236	100
ABB2353	ABB2353	100
ABB4157	ABB4157	100
ABC1345	ABC1345	100
ABC2025	ABC2025	100
ABC2034	ABC2034	100
ABC3679	ABC3679	100
ABC5131	ABC5131	100
ABC5761	ABC5761	100
ABC6390	ABC6390	100
ABC7563	ABC7563	100
ABD3792	ABD3792	100
ABD4011	ABD4011	100
ABD4073	ABD4073	100
ABD4231	ABD4231	100
ABD5213	ABD5213	100
ABD5535	ABD5535	100
ABD5698	ABD5698	100
ABD7402	ABD7402	100
ABD9974	ABD9974	100
ABE4423	ABE4423	100
ABE4716	ABE4716	100
ABE5165	ABE5165	100
ABE7033	ABE7033	100
ACK482	ACK482	100
ADD275	ADD275	100
ADP946	ADP946	100
ADU903	ADU903	100
AFA764	AFA764	100
AFE322	AFE322	100
AFL023	AFL023	100
AFL865	AFL865	100
AFV990	AFV990	100
AFX106	AFX106	100
AFX957	AFX957	100
AFY0323	AFY0323	100
GDU943	GDU943	100

HBB5022	HBB5022	100
LBP947	LBP947	100
PBB9751	PBB9751	100
PBC2984	PBC2984	100
PBF4743	PBF4743	100
PBH2787	PBH2787	100
PBJ1821	PBJ1821	100
PBL7151	PBL7151	100
PBM4059	PBM4059	100
PCC4870	PCC4870	100
PEI1193	PEI1193	100
PFI199	PFI199	100
PHB0767	PHB0767	100
POO897	POO897	100
PSL777	PSL777	100
PSX470	PSX470	100
AGE978	AGE978	100
PVP781	PVP781	100
PXA203	PXA203	100
PYJ255	PYJ255	100
UBA1697	UBA1697	100
UBS735	UBS735	100
UBT842	UBT842	100
XBK238	XBK238	100
XCA994	XCA994	100
ABD4448	ABD4448	100
ABC2034	ABC2034	100
ABD5698	ABD5698	100
ADO705	ADO705	100
AGE0482	AGE0482	100
LBA7626	LBA7626	100
UBX0764	UBX0764	100
ADC711	ADC0711	100
ABA3737	ABA3737	100
ADG009	ADG0009	100
ADP441	ADP0441	100
AFV701	AFV0701	100
PKH0269	PKH0269	100

ABA9777	ABA9777	100
AFT121	AFT0121	100
AGF0286	AGF0286	100
IBM0237	IBM0237	100
AFU0142	AFU0142	100
ABD3632	ABD3632	100
ABD7198	ABD7198	100
AFZ569	AFZ569	100
AFB581	AFB581	100
PNP004	PNP004	100
ABD3652	ABD3652	100
AFV814	AFV814	100
PBA2685	PBA2685	100
PNF104	PNF104	100
ABC3679	ABC3679	100
PBC2984	PBC2984	100
AFX198	AFX198	100
PSL696	PSL696	100
ABD9974	ABD9974	100
TCP380	TCP380	100
PCG3068	PGC3068	100
ABE7033	ABE7033	100
ABD4011	ABD4011	100
ABD4073	ABD4073	100
ABD4231	ABD4231	100
ABD5213	ABD5213	100
ABD5535	ABD5535	100
ABD5698	ABD5698	100
ABD7402	ABD7402	100
ABD9974	ABD9974	100
ABE4423	ABE4423	100
ABE4716	ABE4716	100
ABE5165	ABE5165	100
AFC397	AFC397	100
AFN625	AFN625	100
ADN782	ADN782	100
AGG917	AGG917	100
AGG409	AGG409	100

IBZ150	IBZ150	100
PDC408	PDC408	100
UBX764	UBX764	100
ABA2618	ABA2618	100
PYP690	PYP690	100
ABB8494	ABB8494	100
PCQ935	PCQ935	100
PPQ238	PRQ238	100
PIN739	PIN739	100
XBA7745	XBA7745	100
ABE7033	ABE7033	100
AFX198	AFX198	100
ABD5698	ABD5698	100
ABD7402	ABD7402	100
ABB3399	ABB3399	100
PCE4766	PCE4766	100
ABD4248	ABD4248	100
PSB238	PSB238	100
ADN479	ADN479	100

TABLA N 10 NÚMERO DE PLACAS %100

Los siguientes son los resultados de las placas del ingreso vehicular como podemos ver tenemos un porcentaje de 100 ya que estas son las placas que en la prueba dieron un resultado exacto al de la placa vehicular.

Las razones, para que estas placas tengan un acierto de 100 están fundadas principalmente en la calidad de la placa es decir, la placa deberá ser legible, deberá encontrarse en perfecto estado, es decir no deberá tener manchas, torceduras, o encontrarse desgastado las letras ya que de esa forma el sistema no lo leería, por lo tanto las placas que se encuentren en este estado tendrán un porcentaje alto de acierto.

Como ejemplo se muestran imágenes en buenas condiciones para el ingreso y verificación.

TABLA DE MUESTRA DE VEHICULOS ACEPTADOS

NUMERO DE PLACA	VEHICULO FOTO	RESULTADO
ABA1614		ABA1614
PBB751		PBB9751
ABA2608		ABA2608
LBP947		LBP947

TABLA N 11 MUESTRA VEHÍCULOS ACEPTADOS

TABLA DE RESULTADOS DE LO VEHICULOS QUE NO POSSEEN UN 100%

NUMERO PLACA	RESULTADO	PORCENTAJE
PNV012	PW012	66,66
PKP479	VW179	33,33
PRQ935	PC0935	85,71
ADT785	AWB5	33,33
AAP260	O	0
PBH5399	PB5399	85,71
ADE725	ABH25	50
ACY817	A	16,66
PNX589	NMI	16,66
PPE693	S69	33,33
HBA4949	4949	57,14
AFY708	AFV106	50
ABA5596	ARA5596	85,71
ADU903	ABB03	16,67
ADS765	AD	33,333
ADS085	AS08	33,333
PBH5399	PB5399	33,333
TCG561	TC61	33,333
PKT804	80	33,333
ACJ456	ACJ455	85,71
PDC408	PDH08	85,71
PQNZ87	RN785	85,71
PBM4059	PBN4059	85,71
PTC621	TC621	85,71

TABLA N 12 TABLA DE VEHÍCULOS CON PORCENTAJE DIFERENTE DE 100%

Como se puede apreciar dentro de los resultados de la tabla no existe ningún valor óptimo para que el vehículo pueda ser leído por el sistema y de acceso al parqueadero esto se debe a que estos vehículos no han tenido la placa del mismo en una forma

óptima, ya que poseen torceduras, están borrosos que provocan que no sean legibles fácilmente, como ejemplo se pondrá a continuación algunas de las placas en las cuales se ha presentado este problema.

TABLA DE MUESTRA DE VEHICULOS NO LEGIBLES

NUMERO DE PLACA	VEHICULO FOTO	RESULTADO
PNV012		PW012
PKP479		VW179
ADT785		AWB5
ACY875		0

TABLA N 13 MUESTRA DE IMÁGENES DE VEHÍCULOS NO LEGIBLES

Dentro de los resultados es importante describir placas que no han podido ser legibles en la noche, ya que la iluminación del foco de vehicular es muy intensa y no permite encontrar las letras dentro de la placa.

TABLA DE MUESTRA DE VEHICULOS CON ILUMINACION ALTA

NUMERO DE PLACA	VEHICULO FOTO	RESULTADO
NO SE LEE		0
NO SE LEE		0
NO SE LEE		0

TABLA N 14 MUESTRA VEHÍCULOS MUCHA LUZ

De igual forma aunque parezca improbable han existido vehículos con la placa totalmente ilegible y vehículos hasta sin placa, que se deben mencionar.

Ejemplos:



FIGURA N 56 FOTOGRAFÍA DE VEHÍCULO DE PLACA NO LEGIBLE



FIGURA N 57 FOTOGRAFÍA DE VEHÍCULO SIN PLACA

6.2 MEDICIÓN DE PRECISIÓN Y EFICIENCIA DEL SISTEMA.

Se desarrolló las pruebas con 300 vehículos en horario desde la 7 de la mañana a las 10 de la noche durante dos semanas, teniendo como primer análisis que las horas de mayor ingreso vehicular se encuentran entre las 7 a 9 de la mañana de 1-3 y de 5-7 de la noche.

Para la medición de precisión y eficiencia del sistema se ha desarrollado la siguiente tabla con los resultados de todos los datos.

De los 300 vehículos con diferente placa que ingresaron se obtuvo que 242 vehículos fueran reconocidos por el programa y 58 no obtuvieron un reconocimiento

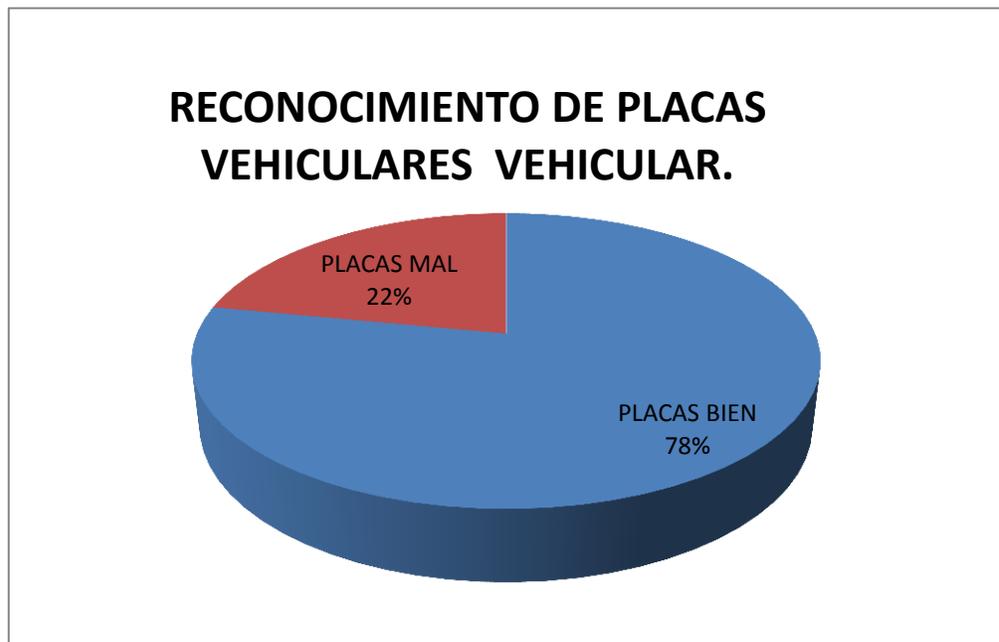


FIGURA N 58 RECONOCIMIENTO DE PLACAS VEHICULARES

Como se puede apreciar en el gráfico se conoce que dentro del proceso de reconocimiento vehicular se obtuvo 242 placas bien dando un porcentaje de 78% y un 22% de porcentaje de placas mal con 68 vehículos.

La cifra de 22% de vehículos que no han obtenido un resultado óptimo, posee diferentes causas, las mismas que a continuación se explicarán.

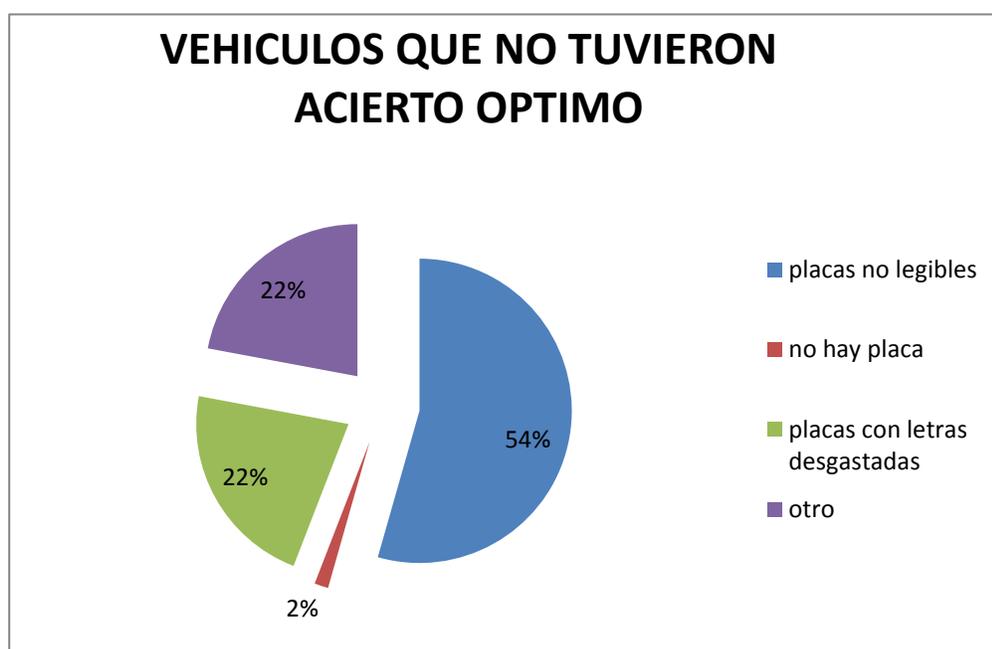


FIGURA N 59 RECONOCIMIENTO DE PLACAS VEHICULARES SIN ACIERTO ÓPTIMO

MOTIVOS	NUMERO DE PLACAS
placas no legibles	37
no hay placa	1
placas con letras desgastadas	15
Otro	15

TABLA N 15 MUESTRA VEHÍCULOS SIN ACIERTO

Dentro de las placas que no tuvieron un acierto óptimo tenemos que existe un dos 2% en cuanto el vehículo ingresa y no posee placa, también un 22% de placas que se encuentran con un valor de “otro”, este tipo de placas son placas que no se ha logrado describirlas correctamente porque poseen una letra mal, dentro de nuestro reconocimiento, esto se debe a que existen estas placas que fueron diseñadas no por ANT sino por lugares particulares y las letras son confundidas con otra letra.

Existe también un porcentaje del 26% de placas vehiculares que se encuentran desgastadas y no se ve la tinta negra de las letras vehiculares, esto genera que el resultado sea otra letra y no la que se espera.

Y un alto porcentaje dentro de las placas no legibles un 64% que se describe a continuación.

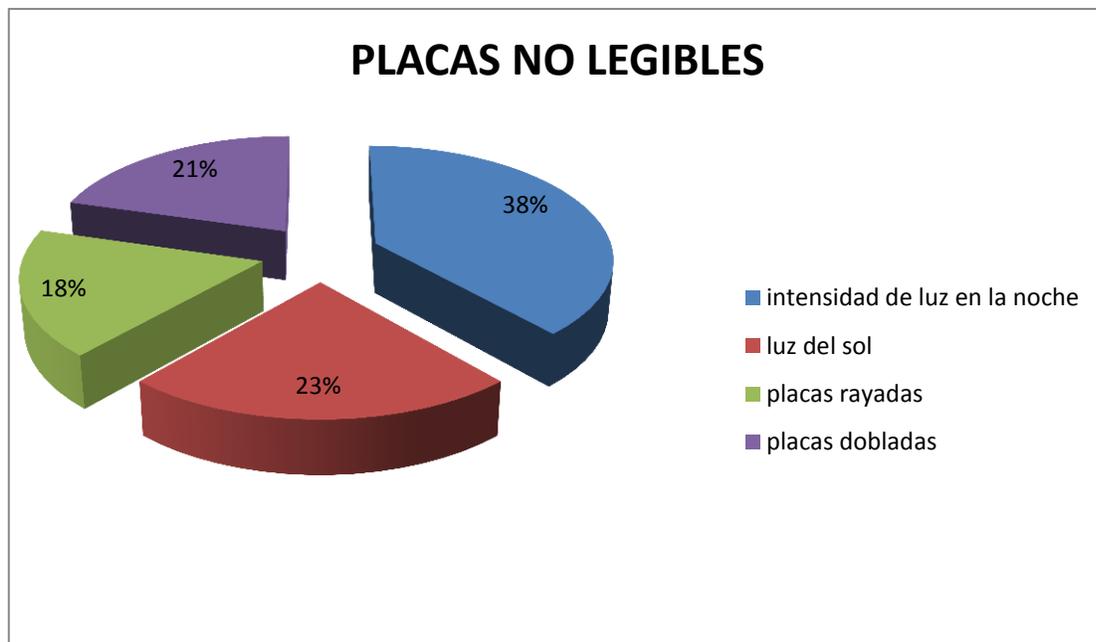


FIGURA N 60 RECONOCIMIENTO DE PLACAS VEHICULARES NO LEGIBLES

MOTIVO	NUMERO DE PLACAS
intensidad de luz en la noche	15
luz del sol	9
placas rayadas	7
placas dobladas	8

TABLA N 16 MUESTRA VEHÍCULOS NO LEGIBLES

Con estos datos podemos concluir que de 300 vehículos ingresados con placas en buen estado el porcentaje sería el siguiente, si tomamos los 242 vehículos aceptados y los 15 vehículos que no tienen un motivo grave de la placa, sino que más bien las letras no son reconocidas, tenemos lo siguiente



FIGURA N 61 PORCENTAJE DE RECONOCIMIENTO DE PLACAS GLOBAL.

Con estos resultados se puede decir que el programa cuenta con un 94% de acierto en el desarrollo del proceso.

6.3 Conclusiones

En el desarrollo del presente proyecto se lograron cumplir los objetivos que fueron planteados y se obtuvieron las siguientes conclusiones.

Visión artificial es una tecnología que combina principalmente dos elementos, el primero encargado de la adquisición de imágenes (cámara de video) y el segundo de procesar esta información (computadora), mediante esto lo que se busca es extraer, clasificar y comparar ciertas características o propiedades que contenga la imagen para luego obtener resultados simulando la acción que tienen la visión humana y el cerebro al percibir o tomar una decisión sobre un tema específico; es por esto que los algoritmos de localización de la zona de la placa y del reconocimiento de placas de vehículos son una aplicación de los sistemas de visión artificial debido a las operaciones y decisiones que el hardware y software usado tiene que realizar.

La visión artificial usa dispositivos para capturar las imágenes de mayor capacidad, debido a esta cualidad lo convierte en dispositivos inteligentes dejando así ser diferentes accesorios convirtiéndose en verdadera ayuda para las personas. Con esta tecnología se puede automatizar y mejorar procesos en ambientes industriales; optimizar recursos en sistemas de vigilancia ya que en lugar de tener varias personas vigilando ciertos lugares, se pueden instalar en cada uno de esos sitios cámaras de vigilancia y ser controlado por una sola persona, además con un sistema de visión artificial, el operario solo

deberá ver la pantalla donde se presente alguna alerta emitida por el sistema.

Un punto sensible en un sistema de visión artificial es la cámara ya que se encarga de captar la información de la escena real mediante una imagen, debido al poco control que se tiene sobre la iluminación tanto de forma artificial como natural afectan drásticamente el funcionamiento del prototipo es por ello que se puede evidenciar que cuando existía ambiente de cielo despejado y mucha intensidad de luz se introducía en la escena algunas anomalías difíciles de eliminar como son el caso de las sombras, el bajo o alto nivel de contraste, contornos no muy definidos que ocasionaban que se reconociera otras partes del vehículo como son radiadores, faros, etc.

Pueden existir caracteres unidos entre sí que dificultan el proceso de segmentación de la placa.

Cuando se localizó la zona donde se encontraba la placa, se presentó el problema que la misma no estaba completamente horizontal sino que tenía una inclinación, eso se corrigió calculando las esquinas del segmento de la placa y se realizaba una rotación a la imagen.

En muchas ocasiones, se encontró el problema que para algunas placas donde la iluminación era excesiva y se le aplicaba una dilatación posterior el carácter se eliminaba por completo, así que la eliminación de ruido en la imagen se produjo muchas veces solamente por la binarización de la misma y se le aplicaba una sutil dilatación de esta.

También existía el problema de que a las letras le reconocía como números y a algunos números se los reconocía como letras, eso se solucionó de la siguiente forma.

Las tres primeros caracteres son por obligación letras por lo tanto si los 3 primeros caracteres era algún número, mediante un mapa de caracteres posibles se pondrá la letra correspondiente por ejemplo si la placa nos da como resultado A88 en las primeras tres letras entonces con el mapa de valores se tomara el valor de 8 con B, de igual forma luego de ello los demás caracteres luego de los 3 primeros siempre serán números por consiguiente si resulta alguna letra del abecedario se sustituirá por un numero por ejemplo ABBI2 esto cambiará la I por el 1 como resultado se tendrá ABB112.

Con el análisis de los resultados se puede concluir que el sistema posee un gran porcentaje de acierto llegando al reconocimiento del 94% este resultado es muy bueno ya que los sistemas de proceso de reconocimiento de placas de venta con licencias pagadas poseen un 97% y con placas de un solo tamaño, y con cámaras de mejor calidad, este resultado se puede deducir del análisis previo realizado a las placas vehiculares en buen estado es decir que no estén dobladas, manchadas rayadas, torcidas, ya que eso afectara la lectura de la misma.

Cuando las placas no se encuentran en un buen estado, se realiza el reconocimiento de la placa pero aunque falle solo una letra de las 6 o 7 restantes el resultado no será el óptimo ya que para que el proceso sea efectivo se tiene que tener el 100% de acierto.

Uno de los puntos más sensibles es el reconocimiento de los vehículos en la noche ya que el Angulo donde se encuentra la cámara IP dirige de forma directa su visualización al foco del vehículo por consiguiente la intensidad de la luz provoca que la placa no pueda visualizarse,

6.4 RECOMENDACIONES.

Para que la aplicación sea robusta y tenga una mejor fiabilidad se deberá tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

Como primera recomendación se tiene que pedir a los usuarios del parqueadero que las placas de los vehículos deben estar en muy buen estado, es decir no dobladas ni rayas, y si es posible deben ser refractivas como lo dispone el ANT.

Se recomienda que la cámara que se está implementando tenga una posición fija ya que no se encuentra de forma fija y eso genera diferentes ángulos de captura por lo que hace que en algunos momentos se requiera aplicar una rotación en la imagen para poder encontrar el rectángulo de la placa vehicular.

De igual forma se recomienda que la cámara, tenga mayor resolución así se podrá distinguir con una mejor calidad y no se dañe el pixel de la imagen al momento de realizar el binarizado y el reconocimiento de caracteres sea más exacto ya que con la que ahora se cuenta es de un megapíxel.

Para mejorar el registro de las imágenes en la noche se recomienda que la cámara se encuentre en modo infrarrojo todo el tiempo, o se configure sin infrarrojo ya que el cambio de una posición al otro durante el ingreso del vehículo genera mucha luz y no se divisa los números.

Así como también para el ingreso del parqueadero, se podría buscar una mejor ubicación para la cámara, ya que el ángulo donde se encuentra en ocasiones no captura la placa vehicular por lo que se encuentra muy cerca.

Se recomienda también cuando ingrese el vehículo el personal de vigilancia no se situé frente a la cámara porque limita el proceso del mismo así como también que los estudiantes pasen por delante de ella cuando ingrese un vehículo porque no se puede realizar el reconocimiento.

De igual forma para que el sistema tenga mejor reconocimiento, se debe tomar en cuenta que la cámara debe por lo menos tomar 100 fps para que no se tenga mayor distorsión en la placa debido a que los automóviles se encuentran en movimiento, haciendo que la placa se desplace mientras el sensor de imagen de la cámara capta la imagen.

BIBIOGRAFIA

- [1] Autor: VELEZ J., MORENO A., SÁNCHEZ A. y SÁNCHEZ-MARÍN J. Libro: "Visión por Computador", Segunda Edición. URL: <http://www.escet.urjc.es/~visionc/>
- [2] Autor: GONZÁLEZ R., and WOODS R., Libro "Digital Image Processing", Third Edition, Prentice Hall, 2008.
- [3] Autor: Haralick&Shapiro Libro: "Computer and Robot Vision" Addison Wesley
- [4] Proyecto AVIVAC, Video Inteligente Seguridad Ciudadana
<http://vivac.anovagroup.es/quees.html>
- [5] (Artículo, del proyecto de desarrollo de la Universidad Politécnica de Cataluña).
- [6] Aplicación de Visión por Computador para el Reconocimiento Automático de Placas Vehiculares utilizando OCR's Convencionales. Por Richard Gutierrez1 Ma. Fernanda Frydson2 Phd. Boris VintimillaFac. Ing. en Electricidad y Computación Escuela Superior Politécnica del Litoral
- [7] Artículo sobre ANPR Dirección Web:
http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_autom%C3%A1tico_de_matr%C3%ADculas
- [8] Tesis; Título "Diseño e implementación de una plataforma de software para reconocimiento facial en video" Autor Villalon de la Vega, Darío Eduardo
<http://www.thesis.uchile.cl/handle/2250/112271> Año 2012
- [9] Autor : Castleman Libro: "Digital Image Processing" Prentice Hall
- [10] Página Oficial de Animetrics, empresa que desarrolla sistemas de reconocimiento artificial <http://animetrics.com/>
- [11] Libro "La percepción remota: nuestros ojos desde el espacio, la Ciencia para todos", by Jorge Lira, Secretaría de Educación Pública/Fondo de Cultura Económica, México, 1987.
- [12] Libro "Learning OpenCV, Computer Vision with the OpenCV Library", By Gary Bradski, Adrian Kaehler Publisher: O'Reilly Media Released: September 2008 Pages: 580
- [13] Threshold página oficial información general
http://fiji.sc/wiki/index.php/Auto_Threshold
- [14] página oficial <http://torch3vision.idiap.ch> información Torch3.
- [15] página oficial <http://vxl.sourceforge.net/> información Vxl.
- [16] página oficial <http://ltilib.sourceforge.net/doc/homepage/index.shtml> información Ltilib
- [17] página oficial <http://opencv.org/> información Opencv
- [18] ARTICULO 177 LOTT, DECIMO PRIMERO DEL REGLAMENTO GENERAL PARA LA APLICACIÓN DE LA LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRANSITO DE SEGURIDAD VIAL EN EL ECUADOR
- [19] Página Oficial de ANT (Agencia Nacional de Transito), y sus resoluciones
<http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-2014>
- [20] Libro, "Procesamiento Digital de imágenes", by Oliver Rojas Juan Carlos, Universidad Vasco de Quiroga Mayo, 2009, Pág. 55-57-58.
- [21] Artículo de información OCR de la ITI Implementaciones Tecnológicas e Informática con la dirección by Joaquin Arlandis Navarro Investigador OCR.
<http://www.iti.es/media/about/docs/tic/13/articulo2.pdf>
- [22] Artículo de información OCR publicado directamente por la ITI (Implementaciones Tecnológicas e Informática)
<http://www.iti.es/media/about/docs/tic/02/2003-11-ocr.pdf>
- [23] Libro: "Optical Character Recognition" By Using Template Matching(Alphabet)

Komputer & Kejuruteraan Perisian,Universiti Malaysia PahangKarung Berkunci 12,
25000 Kuantan, Pahang

[24] Artículo : Feature Extraction and Classification Techniques in O.C.R. Systems for
Handwritten Gurmukhi Script – A Survey by , Pritpal Singh*, Sumit Budhiraja**

Pagina <http://www.ijera.com/papers/Vol%201%20issue%204/BQ01417361739.pdf>

[25] Información de Feature Extraction en la página con link:
http://en.wikipedia.org/wiki/Feature_extraction

[26] Libro: Feature Extraction and Image Processing by Mark S. Nixon Alberto S.
Aguado Newnes, 2002 - 350 páginas

[27] página oficial <http://www.gnu.org/software/ocrad/>

[28] página oficial <http://es.wikipedia.org/wiki/Tesseract OCR>,
<https://code.google.com/p/tesseract-ocr/>

[29] página de información de Feature Extraction
http://en.wikipedia.org/wiki/Feature_extraction

[30] Información de cámara Página Oficial:
http://www.arci.com.mx/th_gallery/acti-e31/