

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
VICERRECTORADO  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA DE SISTEMAS**



**“SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PLACAS  
VEHICULARES”**

Resolución HCC N° 775/ 2021

**EQUIPO DE INVESTIGADORES:**

Ing. Yuly Ramirez Limachi  
Univ. Maribel Huchani Silvestre  
Univ. Kevin Julián Ramos Huanca

EL ALTO – BOLIVIA  
2022

# UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico  
**RECTOR**

Dr. Efrain Chambi Vargas Ph. D.  
**VICERRECTOR**

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.  
**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

M. Sc. Ing. David Carlos Mamani  
**DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS**

M. Sc. Ing. Maricel Yarari Mamani  
**COORDINADORA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES**

## ACUERDO INTERINSTITUCIONAL

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO – UNIDAD DE TRANSPORTES

REGISTRO SENAPI Resolución Administrativa NRO. 1-2802/2022

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

**Diciembre. 2022**  
**El Alto – Bolivia**

## **PRESENTACIÓN**

---

El Instituto de Investigación de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto como un aporte de la universidad y al desarrollo científico de nuestra comunidad científica presenta proyectos de investigación en todos los campos del conocimiento relacionando la teoría con la práctica para transformar la estructura económica, social, cultural y política vigente en favor de las naciones originarias y clases populares.

El presente Proyecto es un aporte a la sociedad que pretende desarrollar un sistema de identificación de placas vehiculares para el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, mediante reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial, para el registro de entradas, mejorando el control del mismo y coadyuvando en la toma de decisiones, propone un sistema que parte desde la adquisición de una imagen digital en formato RGB (del inglés Red Green Blue) para después realizar la conversión a escala de grises y el análisis de frecuencia en la imagen para determinar la localización de la placa vehicular, y posteriormente iniciar con la conversión a blancos y negros (binarización) que es cuando ya se tiene una imagen digital en un solo plano.

Tengo la satisfacción de presentar este informe con los resultados del estudio del Lineamiento de investigación, el que cumple con los fines propuestos, asimismo, debemos agradecer el apoyo brindado por las autoridades de DICyT - UPEA, Transportes UPEA, docente investigador y los auxiliares de investigación que han contribuido a este estudio con información veraz y crítica que permite tomar acciones para beneficio de toda la Universidad.

M. Sc. Ing. Maricel Yarari Mamani  
**COORDINADORA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

## **AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES**

---

La Universidad Pública de El Alto a través de la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología responde a las necesidades y expectativas del sector educativo, productivo y social, mediante el desarrollo de tecnología, aplicación, generación del conocimiento y sobre todo la innovación. De esta manera fortalecer el desarrollo sostenible local, nacional e internacional.

La visión artificial es una disciplina científica formada por un conjunto de técnicas que permiten la captura, el procesamiento y el análisis de imágenes, con el fin de extraer información de utilidad.

El objetivo es automatizar tareas reservadas en áreas como la seguridad, la industria, el comercio, la medicina, entre otras. El reconocimiento óptico de caracteres (ROC), generalmente conocido como reconocimiento de caracteres y expresado con frecuencia con la sigla OCR (del inglés Optical Character Recognition), es un proceso dirigido a la digitalización de textos, los cuales identifican automáticamente a partir de una imagen símbolos o caracteres que pertenecen a un determinado alfabeto, para luego almacenarlos en forma de datos. La adquisición de la imagen del vehículo es el inicio para realizar una serie de tratamientos de la imagen para posteriormente realizar el reconocimiento de caracteres

En esta oportunidad se publica resultados de la investigación Sistema de Identificación de Placas Vehiculares presentados en este documento, con la seguridad que se llegó a cumplir con el objetivo planteado a un inicio del estudio de la Línea de investigación. De igual manera, debemos agradecer todo el apoyo brindado por las autoridades de la Dicyt - UPEA, al docente investigador que ha contribuido a este estudio con información veraz y crítica que permite tomar acciones para beneficio de toda la Universidad.

Ing. Yuly Ramirez Limachi  
**INVESTIGADOR PRINCIPAL**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. EL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.2. Problema general .....	2
1.2.1. Problemas secundarios .....	2
<b>2. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>3</b>
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
<b>3. LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>4. LA JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>4</b>
4.1. Justificación social.....	4
4.2. Justificación económica.....	5
4.3. Justificación técnica.....	5
4.4. Límites .....	5
4.5. Alcances.....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
<b>1. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA</b> .....	<b>9</b>
<b>2. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES</b> .....	<b>10</b>
2.1. Inteligencia artificial .....	10
2.2. Visión humana.....	11
2.3. Visión artificial .....	12
2.3.1. Etapas de un sistema de visión artificial .....	13
2.3.2. Etapas del proceso de visión artificial.....	14
2.3.3. Aplicaciones de la visión artificial .....	15
2.3.3.1. Ámbito de la seguridad.....	15
2.3.3.2. Ámbito de la medicina .....	16
2.3.3.3. Ámbito industrial .....	16
2.3.3.4. Otras aplicaciones .....	17
2.4. Desventajas de la visión artificial.....	18
2.5. Captura y digitalización de imágenes .....	18
2.5.1. Dispositivos de captura .....	19
2.5.2. La imagen digital .....	22
2.6. Tecnología OCR.....	24
2.6.1. Definición.....	24

2.6.2.	Etapas .....	25
2.6.3.	Aplicaciones .....	29
2.6.4.	Librerías para realizar el procesamiento de imágenes.....	31
2.7.	Placas vehiculares de Bolivia .....	32
2.7.1.	Características de las placas vehiculares.....	32
2.8.	Transportes Universidad Pública de El Alto .....	33
2.9.	Metodología XP.....	35
2.9.1.	Ciclo de vida.....	35
2.9.2.	Fases de la metodología XP.....	36
2.9.3.	Roles .....	38
2.10.	Lenguaje de programación Python.....	39
2.11.	Gestor de base de datos MySQL .....	40
<b>3.</b>	<b>CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR .....</b>	<b>40</b>
<b>4.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES.....</b>	<b>41</b>
	<b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>42</b>
<b>1.</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>2.</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>3.</b>	<b>VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>4.</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>45</b>
4.1.	Tipo de muestreo.....	48
<b>5.</b>	<b>AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>6.</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....</b>	<b>50</b>
6.1.	Técnica de la entrevista.....	50
6.2.	Técnica de la observación.....	51
6.3.	Técnicas de extracción de caracteres para placas vehiculares.....	52
6.4.	Modelo Cascada.....	52
6.5.	Instrumento cuestionario .....	52
<b>7.</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>53</b>
	<b>CAPITULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
<b>1.</b>	<b>PLANIFICACIÓN .....</b>	<b>55</b>
1.1.	Arquitectura del Sistema .....	56
1.2.	Análisis y especificación de requisitos.....	57
<b>2.</b>	<b>DISEÑO.....</b>	<b>59</b>
<b>3.</b>	<b>OCR EN EL DESARROLLO DEL SISTEMA.....</b>	<b>61</b>
<b>4.</b>	<b>VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN .....</b>	<b>64</b>

4.1.	Prueba de validación.....	64
4.2.	Evaluación.....	66
4.3.	Métricas de calidad del software .....	72
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES.....</b>		<b>77</b>
1.	CONCLUSIONES.....	77
<b>CAPITULO VI RECOMENDACIONES .....</b>		<b>79</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Anatomía y fisiología visual humana .....	11
<b>Figura 2</b> Diagrama de bloques de las etapas típicas en un sistema de visión artificial. ....	14
<b>Figura 3</b> Cámara de visión artificial .....	19
<b>Figura 4</b> Cámara Web .....	19
<b>Figura 4</b> Esquema de una cámara analógica fotográfica .....	20
<b>Figura 5</b> Representación de una señal de video analógico .....	21
<b>Figura 6</b> Imagen escaneada.....	22
<b>Figura 7</b> Proceso de una imagen original a una imagen binaria.....	24
<b>Figura 8</b> Reconocimiento óptico de caracteres .....	25
<b>Figura 9</b> Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto.....	34
<b>Figura 11</b> Procesos que siguen las iteraciones en XP .....	36
<b>Figura 12</b> Fases de la metodología XP .....	36
<b>Figura 13</b> Cuadro de congruencia LART .....	43
<b>Figura 14</b> Fotografía de la entrada del parqueadero de la universidad .....	46
<b>Figura 15</b> Mapa geográfico de ubicación del parqueadero universidad .....	46
<b>Figura 16</b> Entrada del parqueadero de la universidad.....	47
<b>Figura 17</b> Vehículos con placa visible .....	49
<b>Figura 18</b> Diagrama de flujo del procedimiento de investigación .....	54
<b>Figura 19</b> Arquitectura de componentes del sistema de identificación de placas vehiculares.....	57
<b>Figura 20</b> Caso de uso de negocio Parqueadero UPEA .....	58
<b>Figura 21</b> Caso de uso general SIPV Parqueadero UPEA.....	59
<b>Figura 22</b> Caso de uso específico Reconocimiento de placas vehiculares .....	60
<b>Figura 23</b> Caso de uso específico reconocer caracteres de placa vehicular .....	60
<b>Figura 24</b> Esquema de base de datos.....	61
<b>Figura 25</b> Proceso de identificación de placas vehiculares con OCR.....	62
<b>Figura 26</b> Entorno del Sistema Identificación de Placas Vehiculares .....	62
<b>Figura 27</b> Acceso al Sistema de Identificación de Placas Vehiculares.....	63
<b>Figura 28</b> Módulo de Reconocimiento de placas vehiculares.....	63
<b>Figura 29</b> Resultados del Módulo Registros.....	64
<b>Figura 30</b> Prueba 1 Módulo de Reconocimiento de Placas.....	67
<b>Figura 31</b> Prueba 2 Módulo de Reconocimiento de Placas.....	67
<b>Figura 32</b> Prueba 3 Módulo de Reconocimiento de Placas.....	67
<b>Figura 33</b> Prueba 4 Módulo de Reconocimiento de Placas.....	68

<b>Figura 34</b> Prueba 5 Módulo de Reconocimiento de Placas.....	68
<b>Figura 35</b> Prueba 6 Módulo de Reconocimiento de Placas.....	68
<b>Figura 36</b> Prueba 7 Módulo de Reconocimiento de Placas.....	69
<b>Figura 37</b> Resultados finales del caso de prueba CP01.....	70
<b>Figura 38</b> Resultados finales del caso de prueba CP02.....	71
<b>Figura 39</b> Resultados finales del caso de prueba CP03.....	71
<b>Figura 40</b> Resultados finales de las subcaracterísticas de usabilidad.....	73
<b>Figura 41</b> Promedio de aceptación de la evaluación de Usabilidad .....	74

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Relación entre planteamiento de problema objetivo e hipótesis .....	44
<b>Tabla 2</b> Población muestra tomado de simulacro realizado en el parqueadero.....	47
<b>Tabla 3</b> Población muestra de determinados días .....	47
<b>Tabla 4</b> Datos de visibilidad de la placa y hora de ingreso. ....	48
<b>Tabla 5</b> Casos de prueba con la técnica caja negra .....	65
<b>Tabla 6</b> Descripción del caso de prueba CP01.....	70
<b>Tabla 7</b> Descripción del caso de prueba CP02.....	70
<b>Tabla 8</b> Descripción del caso de prueba CP03.....	71
<b>Tabla 9</b> Resumen de los grados de aceptación de las pruebas realizadas .....	72
<b>Tabla 10</b> Evaluación de usabilidad .....	73
<b>Tabla 11</b> Promedio de aceptación Usabilidad.....	74
<b>Tabla 12</b> Rango de evaluación métrica de Usabilidad .....	74
<b>Tabla 13:</b> Requerimiento mínimo de hardware .....	75

## RESUMEN

El Instituto de Investigación de la carrera de Ingeniería de Sistemas incursiona en áreas sociales, mostrando sus capacidades de análisis, modelado y simulación dando nuevas alternativas de solución a problemas complejos. En este caso se realiza un aporte a la investigación y aporte a la sociedad con el "SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PLACAS VEHICULARES" caso: Parqueadero-Transportes UPEA.

La unidad de transportes de la Universidad Pública de El Alto administra el ingreso y salida de vehículos entre Vagonetas, Coasters, Buses, Ambulancias, Camiones Camionetas y Land Cruisers del parqueadero universitario ubicado en el edificio emblemático. Sin embargo la investigación realizada en el presente proyecto se estudia el registro de entradas vehiculares.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal desarrollar un sistema de identificación de placas vehiculares para el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, mediante reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial, para el registro de entradas, mejorando el control del mismo y coadyuvando en la toma de decisiones. Para el desarrollo del prototipo se empleó lenguaje de programación Python librerías OpenCV, TensorFlow, numpy, pytesseract, matplotlib, tkinter y cprofile, para la base de datos MySQL. Se utilizó una cámara IP de 2 mega pixeles. El prototipo se desarrolló en modo of line el cual contiene los módulos: Gestión de vehículos y personas, Reconocimiento de placas y Reportes.

El rango de horas considerado para el estudio es de 7:00 de la mañana a 17:00, siendo estas horas invariantes en cuanto a las estacionales del año en este rango de horas se elimina la oscuridad ya que la iluminación es una variable que define el funcionamiento de este tipo de sistema. El sistema no incluye solución a aspectos de oclusión (objeto que está tapado) ni de rotación. El sistema necesita que la cámara esté ubicada a una distancia fija para considerar la escala y perspectiva del universo de imágenes a tomar.

## **ABSTRACT**

The Research Institute of the Systems Engineering career ventures into social areas, showing its analysis, modeling and simulation capabilities, giving new alternative solutions to complex problems. In this case, a contribution to research and contribution to society is made with the "VEHICULAR PLATE IDENTIFICATION SYSTEM" case: Parquadero-Transportes UPEA.

The transport unit of the Public University of El Alto manages the entry and exit of vehicles between Wagons, Coasters, Buses, Ambulances, Trucks, Vans and Land Cruisers from the university parking lot located in the emblematic building. However, the research carried out in this project studies the registration of vehicle entries.

The main objective of this research project is to develop a vehicle license plate identification system for the parking lot of the Public University of El Alto, through optical character recognition and artificial vision, for the registration of entries, improving its control and helping in making decisions. For the development of the prototype, the Python programming language was used, OpenCV, TensorFlow, numpy, pytesseract, matplotlib, tkinter and cprofile libraries for the MySQL database. A 2 mega pixel IP camera was used. The prototype was developed in offline mode which contains the modules: Vehicle and people management, License plate recognition and Reports.

The range of hours considered for the study is from 7:00 a.m. to 5:00 p.m., these hours being invariant in terms of the seasons of the year, in this range of hours darkness is eliminated since lighting is a variable that defines the operation of this type of system. The system does not include a solution to aspects of occlusion (object that is covered) or rotation. The system requires that the camera be located at a fixed distance to consider the scale and perspective of the universe of images to be taken.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

Durante las últimas décadas, el aumento de la población en todo el mundo ha provocado un aumento similar en la complejidad de los medios de transporte, en particular vehículos como automóviles y camiones. De esta forma la cantidad de vehículos en carreteras y autopistas se está convirtiendo en un problema muy difícil de resolver, por lo que se requiere automatizar una serie de tareas, en particular la identificación de vehículos, por ello con el fin de lograr un control eficaz se están usando sistemas automáticos de identificación de placas vehiculares.(Cáceres, 2021).

En los últimos años, a nivel mundial los sistemas de visión artificial han evolucionado de manera que se ha aplicado cambios sustanciales para interpretar caracteres con herramientas que son estándares para el análisis de procesos. La visión artificial en la industria se localiza principalmente en tareas de inspección y ensamblaje. Se ha estimado que, en tareas repetitivas, las personas son solamente efectivas entre un 70 y 85%: ellas tienen un periodo limitado de atención, lo cual las hace susceptibles de distraerse, presentan ciertas inconsistencias en la sensibilidad visual en el transcurso del día y de un día a otro. El reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) es un proceso dirigido a la digitalización de textos, los cuales identifican automáticamente a partir de una imagen símbolos o caracteres que pertenecen a un determinado alfabeto, para luego almacenarlos en forma de datos. (López, 2022)

La Unidad de Transportes de la Universidad Pública de El Alto administra el ingreso y salida de moviidades del parqueadero universitario ubicado en el edificio emblemático. Actualmente al parqueadero ingresan 29 vehículos entre Vagonetas, Coasters, Buses, Ambulancias, Camiones Camionetas y Land Cruisers. La autorización de ingreso de vehículos al parqueadero es de forma manual a través del personal de seguridad.

El tema de investigación consiste en emplear nuevas tecnologías, como la visión artificial y OCR (reconocimiento óptico de caracteres) para la identificación de caracteres de las placas de los vehículos de manera automática en el parqueadero de la UPEA para un mejor control en las entradas de vehículos autorizados.

## **1. EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El incremento del parque automotor en el área urbana de La Paz y El Alto, hace que el control de los mismos sea ineficiente sobre todo cuando no se cuenta con sistemas de control automatizado, para realizar la identificación y registro de las placas vehiculares. En el parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, el sistema de registro de ingresos de vehículos es vulnerable ya que la autorización de ingreso de los mismos es de forma manual a través del personal de seguridad sin revisión de credencial o algún otro documento en consecuencia no se cuenta con mecanismos de autenticación automatizados que permitan el registro adecuado.

### **1.2. Problema general**

Existe deficiencia en el registro de la entrada de vehículos en el parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, generando información poco fiable para el control y la toma de decisiones del personal administrativo de esta institución.

Por tal efecto, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo el desarrollo del Sistema de Identificación de Placas Vehiculares con reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial en el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, puede apoyar al procesamiento de registro en la entrada de vehículos para un mejor control?

#### **1.2.1. Problemas secundarios**

- Deficiencias en el registro y control en la entrada de vehículos del parqueadero, debido al cansancio visual y mental del personal designado para estas tareas.
- Falta de empleo de tecnología para el registro automatizado de información
- Ingreso de vehículos vulnerable debido a que la autorización de ingreso es manual.

- Duplicidad e información incompleta en los reportes proporcionados al personal que toma decisiones.
- Demora en la generación de reportes sobre cantidad de vehículos que ingresaron al parqueadero en un determinado momento.

## 2. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

En los últimos años, a nivel mundial los sistemas de visión artificial han evolucionado de manera que se ha aplicado cambios sustanciales para interpretar caracteres con herramientas que son estándares para el análisis de procesos. La visión artificial en la industria, se localiza principalmente en tareas de inspección y ensamblaje. Se ha estimado que, en tareas repetitivas, las personas son solamente efectivas entre un 70 y 85%: ellas tienen un periodo limitado de atención, lo cual las hace susceptibles de distraerse, presentan ciertas inconsistencias en la sensibilidad visual en el transcurso del día y de un día a otro.

### 2.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema de identificación de placas vehiculares para el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, mediante reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial, para el registro de entradas, mejorando el control del mismo y coadyuvando en la toma de decisiones.

### 2.2. Objetivos específicos

- Recopilar información sobre la captura y procesamiento de imágenes.
- Desarrollar el módulo de reconocimiento de placas vehiculares con el lenguaje de programación Python con visión artificial y librerías OpenCV y TensorFlow, numpy, pytesseract, LPR y matplotlib.pyplot.
- Diseñar una base datos en MySQL para almacenar información íntegra de vehículos
- Desarrollar el módulo de reportes sobre los ingresos de vehículos

- Realizar la evaluación de calidad del sistema de reconocimiento de placas vehiculares utilizando norma Internacional ISO 9126.

### 3. LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

- a) Hipótesis:** Con el desarrollo del sistema de identificación de placas vehiculares se podrá mejorar el control de entradas mediante reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial en el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto.
- b) Variable dependiente:** Mejora del control de entradas vehículos en el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto.
- c) Variable independiente:** Desarrollo del Sistema de identificación de placas vehiculares mediante el reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial.

### 4. LA JUSTIFICACIÓN

#### 4.1. Justificación social

Con el desarrollo del sistema se obtiene beneficios que apuntan a la institución, al personal encargado de registro y control de circulación de vehículos y a los usuarios.

La unidad de transportes de la Universidad Pública de El Alto que hace uso del Parqueadero al contar con esta tecnología, recibirá mejores resultados ya que se eliminara tiempos de inactividad debido a que la visión artificial funcionara horas continuas con la misma energía y atención a comparación del ojo humano además de alcanzar prestigio por el buen servicio a los usuarios.

El personal asignado a las tareas de registro será receptor de mejoras en la salud y seguridad al permitir que los mismos guarden distancia social ya que el sistema realizara la acción humana de identificación y registro, beneficiándose también de los reportes oportunos proporcionados por el sistema permitiéndoles agilizar otras tareas.

Los usuarios recibirán buen servicio y serán atendidos con calidad.

Este tipo de sistema contribuye a la seguridad.

#### **4.2. Justificación económica**

Para el desarrollo del sistema se utilizará cámaras IP 2K (dos mega pixeles) y se desarrollara con software libre Phyton, librerías OpenCV y NumPy y gestor de Base de datos MySQL., minimizando de esta forma recursos económicos, se requiere también una computadora core i5 mínimo, el costo frente al beneficio proporcionado por el sistema es aceptable además en comparación de otros sistemas pre elaborados por industrias como Neural Server.

#### **4.3. Justificación técnica**

Para el desarrollo del sistema se utilizarán tecnología de reconocimiento óptico de caracteres OCR, visión artificial, cámaras IP, lenguaje de programación Phyton, librerías OpenCV y NumPy. Según el responsable de la unidad de transportes la institución está dispuesto a definir directrices en cuanto a la tecnología necesaria por lo que se justifica técnicamente el desarrollo de esa investigación.

#### **4.4. Limites**

El sistema de identificación de placas vehiculares se desarrollara a nivel de prototipo tomando en cuenta la complejidad, tiempo de entrega y el tamaño del equipo de desarrollo. Sin embargo el sistema en escala cumplirá los objetivos planteados.

El sistema no contemplará el registro y control de las salidas de los vehículos se limitará al registro automático de entradas al Parqueadero por medio de la identificación de placas vehiculares con OCR y visión artificial.

El rango de horas considerado para el estudio es de 7:00 de la mañana a 17:00, siendo estas horas invariantes en cuanto a las estacionales del año en este rango de horas se elimina la oscuridad ya que la iluminación es una variable que define el funcionamiento de este tipo de sistemas.

El sistema no incluye solución a aspectos de oclusión (objeto que está tapado) ni de rotación. El sistema necesita que la cámara esté ubicada a una distancia fija para considerar la escala y perspectiva del universo de imágenes a tomar.

#### **4.5. Alcances**

Respecto al alcance del prototipo será desarrollado en modo of line no obstante este sistema será desarrollado con características de escalabilidad esto quiere decir que en una segunda etapa o versión del sistema se podrá optimizar a modo online. El tamaño del sistema contempla: Módulo de gestión de vehículos, Módulo de gestión personas, módulo de reconocimiento placas vehiculares, con registro de placas en la base de datos empleando vídeo (variable conformada por la resolución en pixeles que dependerán de la cámara IP que capturara información de alta calidad con una resolución en mega pixeles) Módulo de reportes.

## MARCO LEGAL DE LA INVESTIGACIÓN

Las bases que sustentan el objetivo de estudio son las siguientes:

### **Ley 3988 de 18 de diciembre de 2008**

Según código de tránsito – Ley 3988 de 18 de diciembre de 2008, como se citó en Gutiérrez (2020)

Capítulo V.- de las placas

Artículo 123.- (placas). La placa es una matrícula de identificación que debe tener obligatoriamente todo vehículo. El número de placa debe coincidir con el carnet de propiedad.

Artículo 124.- (requisito). Ningún vehículo circulara sin placas.

Artículo 125.- (otorgamiento). Las placas se otorgarán por la administración de la renta en base a la respectiva autorización expedida por la policía de tránsito.

Artículo 126. (Vigencia). La matrícula de la vigencia es indefinida.

Artículo 127.- (uso de placas). Es prohibido el uso de placas ajenas o que no corresponda al vehículo

(H. Congreso Nacional, 2008).

Artículo 128.- (cancelación). Cuando un vehículo sea retirado de la circulación, las placas serán devueltas a la Policía de Tránsito para su destrucción y cancelación del respectivo registro, debiendo darse el aviso correspondiente a la renta y Código CNT,

16 de febrero, 1973 (Vigente).

Reglamento interno de investigadores institutos de Investigación Ciencia Y Tecnología de la Universidad Pública de El Alto.

Artículo 3. (ÁMBITO DE APLICACIÓN) El presente Reglamento Interno, regula las actividades del Docente Coordinador, docente investigador y beca auxiliar de investigación – estudiante investigador del Instituto de Investigaciones de las carreras de la Universidad Pública de El Alto

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 1. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

Para abordar el proyecto de investigación se consultaron diferentes trabajos elaborados previamente con relación al tema de investigación, entre las que podemos citar en diferentes ámbitos.

En el ámbito internacional:

Rodríguez, C. & Tarira, E. (2013). Implementación del sistema de registro automático de las placas vehiculares utilizando reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial, en la Garita 1 de la universidad estatal Península de Santa Elena. La Libertad Ecuador. Autor.

*El trabajo de investigación consiste en implementar un sistema de monitoreo mediante reconocimiento óptico de caracteres OCR y visión artificial, para obtener una base de datos confiable, como herramienta de apoyo al personal de Seguridad.*

Vásquez, J. & Melo J. (2018). Sistema automático de reconocimiento de placas vehiculares. Bogota - Colombia.

*El proyecto consiste en diseñar un sistema de conteo y reconocimiento automático de placas vehiculares, para el parqueadero de la sede principal de la Universidad Cooperativa de Colombia seccional Bogotá, el cual permita el ingreso vehicular a la sede, únicamente al personal autorizado, el cual será previamente registrado en una base de datos, la cual será actualizada, con el análisis respectivo de esta investigación. Este dispositivo automatizará el ingreso y la salida de vehículos en la sede de la universidad.*

Cáceres, P. (2021). Implementación de un sistema inteligente para la identificación vehicular. Ambato - Ecuador.

*El proyecto consiste en implementar un sistema inteligente capaz de clasificar placas vehiculares y automotores así como corregir errores de reconocimiento empleando redes neuronales.*

En el ámbito nacional:

Mayta, W. (2008). Reconocimiento automático de dígitos manuscritos en base a prototipos multivaluados. La Paz – Bolivia. Autor.

*El objetivo de la tesis, es probar diferentes métodos de captura de imagen digital del formulario de encuesta, métodos de base a prototipos multivaluados. Los prototipos multivaluados se compone de un preprocesamiento, segmentación de dígitos y realizar la clasificación de los dígitos en conjunto de muestras caracterizadas por una amplia variedad de estilos de escritura.*

En el ámbito local:

Gutierrez, E. (2020). Sistema de reconocimiento de placas vehiculares en tiempo real con visión artificial. El Alto – Bolivia. Autor.

*El proyecto de grado tiene como objetivo describir el desarrollo de un sistema con visión artificial para el reconocimiento de placas vehiculares en tiempo real para el registro automatizado de información para la tranca de Urujara. Todo el sistema se desarrolló bajo el entorno de programación grafica Labview, el mismo que utiliza la extracción de características de la región de interés mediante el reconocimiento óptico de caracteres (OCR).*

## **2. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES**

### **2.1. Inteligencia artificial**

Se define a la Inteligencia Artificial (IA) como la capacidad de una máquina para usar algoritmos que simulen funciones cognitivas como el aprendizaje y la toma de decisiones mediante el análisis y procesamiento de la información proporcionada (Rouhiainen, 2018).

De acuerdo con Cáceres (2021), para alcanzar los objetivos y el carácter deseado de una IA, se debe contar con un ordenador capaz de simular conductas y tareas humanas para lo cual es necesario un estudio de la naturaleza tanto de la mente humana como del ordenador.

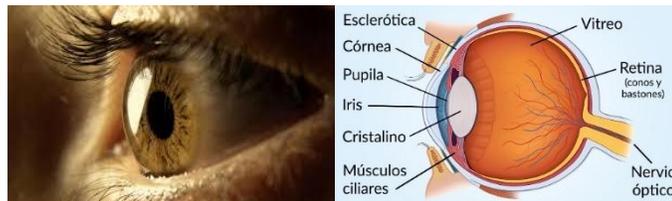
Algunos de los campos de aplicación de la IA son:

- El reconocimiento de imágenes, clasificación y etiquetado.
- El mejoramiento del desempeño de la estrategia algorítmica comercial.
- Procesamiento eficiente y estable de datos de pacientes.
- El mantenimiento predictivo.
- La distribución de contenido en redes sociales.
- La protección de amenazas de seguridad cibernética.

## 2.2. Visión humana

Álvarez (2014) define que “La visión es uno de los sentidos más importantes, encargado de interpretar el entorno a partir de la luz que llega a los ojos. Se basa en la transducción de una señal física, la luz que captan los ojos en forma de onda electromagnética, en una señal eléctrica en las neuronas que deriva en una proyección en forma de imagen de lo que se encuentra alrededor. A través de la vista el ser humano recibe aproximadamente el 50% de la información sobre el entorno, por lo que se trata de uno de los sentidos más importantes.”

**Figura 1** Anatomía y fisiología visual humana



*Nota.* En la imagen se muestra anatomía y fisiología del sistema visual humano, s.f., (<https://anatomiyfisiologiadelavisionhumana.com/>)

El ojo humano es capaz de distinguir radiaciones de longitudes de onda comprendidas entre 400 y 700 nanómetros (1 nanómetro =  $10^{-9}$  metros). (Vélez et al., 2008)

### a) Resolución

El poder de resolución es la distancia mínima a la que el ojo es capaz de distinguir que dos puntos están separados. Depende de varios factores como

el tamaño de las células de la retina, la luz que haya en el ambiente, el diámetro de la pupila y la separación entre los receptores de la retina.

### **b) Luz**

La luz es el elemento más importante que permite la visión. Lo que los ojos captan es la luz reflejada por otros objetos y gracias a ello y a la transducción de esta señal, el cerebro es capaz de hacer una interpretación del espacio que se tiene alrededor.

### **c) Límites**

A pesar de que la visión en el ser humano está muy desarrollada, es un sentido que tiene limitaciones cuando se compara con otros animales. El ojo humano puede distinguir aproximadamente un millón de colores y necesita, al menos, un fotón de luz para captar una imagen. No se puede establecer el objeto más pequeño o el más lejano que nuestro ojo puede captar puesto que dependen de los fotones que lleguen a los ojos.

## **2.3. Visión artificial**

La visión por computadora es un campo de estudio de la inteligencia artificial, que permite a los ordenadores y sistemas obtener información significativa de imágenes digitales, videos u otras fuentes visuales, y tomar acciones o hacer recomendaciones sobre la información recibida (IBM, 2016).

Inteligencia artificial aplicada a la visión artificial aprende y es capaz de detectar defectos que nunca antes había visto.

Domínguez (2021) define a la visión artificial como “una disciplina científica formada por un conjunto de técnicas que permiten la captura, el procesamiento y el análisis de imágenes, con el fin de extraer información de utilidad”. El objetivo es automatizar tareas reservadas en áreas como la seguridad, la industria, el comercio, la medicina, entre otras.

La visión artificial o visión por computador es la ciencia y la tecnología que permite a las "máquinas" ver, extraer información de las imágenes digitales, resolver alguna tarea o entender la escena que están visionando. (García, 2012)

Muchas de las técnicas empleadas en visión artificial proceden de otras disciplinas como la inteligencia artificial o el deep learning, que exigen amplios conocimientos matemáticos, el autor reconoce que ese es el principal motivo de que su expansión no se haya producido hasta la llegada de librerías como OpenCV, que ocultan esta complejidad y las ponen al alcance de cualquiera que disponga de unos conocimientos básicos de programación, como es el caso Python. (Domínguez, 2021)

La visión artificial tiene como finalidad la extracción de información del mundo físico a partir de imágenes, utilizando para ello un computador. Se trata de un objetivo ambicioso y complejo que actualmente se encuentra en una etapa primitiva. (Vélez et al., 2008)

Según, AIA (2018) “la visión artificial incluye todas las aplicaciones industriales y no industriales donde una combinación de hardware y software brindan una guía operativa a dispositivos en la ejecución de sus funciones en base a la captura y el procesamiento de imágenes”.

Los sistemas de visión artificial se basan en sensores digitales protegidos dentro de cámaras industriales con ópticas especializadas en adquirir imágenes, para que el hardware y el software puedan procesar, analizar y medir diferentes características para tomar decisiones.

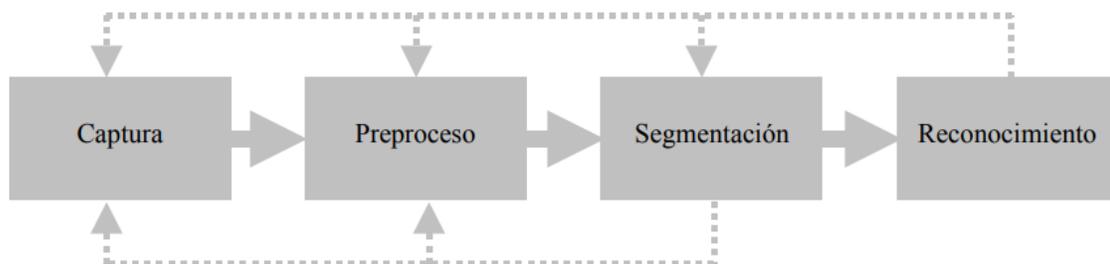
### **2.3.1. Etapas de un sistema de visión artificial**

Se ha visto que el ser humano captura la luz a través de los ojos, y que esta información circula a través del nervio óptico hasta el cerebro donde se procesa. Existen razones para creer que el primer paso de este procesado consiste en encontrar elementos más simples en los que descomponer la imagen como segmentos y arcos. Después el cerebro interpreta la escena y por último actúa en consecuencia.

Vélez et al. (2008) identifican cuatro etapas:

- “La primera etapa, que es puramente sensorial, consiste en la captura o adquisición de las imágenes digitales mediante algún tipo de sensor.
- La segunda etapa consiste en el tratamiento digital de las imágenes, con objeto de facilitar las etapas posteriores. En esta etapa de procesamiento previo es donde, mediante filtros y transformaciones geométricas, se eliminan partes indeseables de la imagen o se realzan partes interesantes de la misma.
- La siguiente etapa se conoce como segmentación, y consiste en aislar los elementos que interesan de una escena para comprenderla.
- Por último se llega a la etapa de reconocimiento o clasificación. En ella se pretende distinguir los objetos segmentados, gracias al análisis de ciertas características que se establecen previamente para diferenciarlos. Estas cuatro fases no se siguen siempre de manera secuencial, sino que en ocasiones deben realimentarse hacia atrás. Así, es normal volver a la etapa de segmentación si falla la etapa de reconocimiento, o a la de pre proceso, o incluso a la de captura, cuando falla alguna de las siguientes”.

**Figura 2** Diagrama de bloques de las etapas típicas en un sistema de visión artificial.



*Nota.* Son las etapas que sigue la Visión Artificial. Vélez et. Al., 2008, (<http://www.visionporcomputador.es/libroVision/libro.html>)

### 2.3.2. Etapas del proceso de visión artificial

(Vélez et al., 2008, como se citó en Álvarez, 2014) dijo: “La visión artificial tiene como finalidad la extracción de información del mundo físico a partir de imágenes”. La adquisición de estas imágenes pasa por un proceso.

- **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 (Álvarez, 2014).
- **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 (Álvarez, 2014).
- **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 (Álvarez, 2014).
- **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 (Álvarez, 2014).
- **Extracción de características:** Se genera en esta etapa una representación matemática de las imágenes seleccionadas en partes determinadas (Álvarez, 2014).
- **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 (Álvarez, 2014).
- **Interpretación:** Con esta fase se procede a interpretar la escena resultante de la información y los cambios encontrados y generados en los procesos anteriores (Álvarez, 2014).

### 2.3.3. Aplicaciones de la visión artificial

#### 2.3.3.1. Ámbito de la seguridad.

Detección de intrusos son sistemas autónomos que permiten buscar contenidos específicos mediante el control de vídeos y bases de datos que puedan reconocer a personas y dar a conocer la identidad específica de la misma y reportar si pertenece o no a un sector particular. Detección de intrusión de objetos a partir de

su tamaño mínimo, tamaño máximo, cambio en el tamaño del objeto o cambios en la forma y dirección del objeto. (García, 2012)

El recuento de objetos es otra de las aplicaciones donde 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 la capacidad máxima que cabe en un recinto, controlar el número de vehículos que atraviesan una vía determinada, el número de vehículos que acceden a ciertas instalaciones, como aparcamientos y otros (García, 2012)

La inteligencia artificial emplea visión artificial en el área de reconocimiento facial ejemplo: Face Lock Screen, aplicación que realiza reconocimiento facial para Android sirve para bloquear y desbloquear el dispositivo, y también para limitar el acceso a distintas aplicaciones desde redes sociales, hasta WhatsApp y aplicaciones banca online. Otra de las aplicaciones es el desbloqueo del celular, actualmente, hay muchas marcas de celulares, como Apple y Samsung, que incluyen la opción de reconocimiento de rostros para desbloquear el dispositivo. (Crehana, 2022)

### **2.3.3.2. Ámbito de la medicina**

La detección de tumores y la participación asistida de robots de maquinaria de alta precisión en operaciones mínimamente invasivas son un gran ejemplo de la utilidad de esta tecnología. (EDS, 2022)

Las fábricas, donde la manipulación de ciertos elementos puede llegar a ser peligrosa o requiere de mucha habilidad. Dentro del ambiente microscópico, los sistemas de visión artificial pueden llegar a reconocer patrones de forma eficaz. (EDS, 2022)

### **2.3.3.3. Ámbito industrial**

Conex (2022) identifica aplicaciones en la industria:

“Las aplicaciones de los sistemas de visión artificial industrial son muy variadas y adaptables a cada sector, tipo de actividad y necesidades de la línea de producción.

En el caso de la automatización, son de gran utilidad para la inspección de piezas y el ensamblaje de estas.

En la industria alimentaria la visión artificial mejora y agiliza los controles de calidad en cada etapa.

Del mismo modo, la industria sanitaria y científica también logra mejorar el cumplimiento de los requisitos de calidad y el control total del producto durante su elaboración o manipulación.

En el sector electrónico facilita tareas delicadas o donde es más fácil que la mano de obra humana cometa imprecisiones o se exponga a peligros, como en la soldadura y ensamblaje de piezas.

Tareas relacionadas con el control de calidad o que necesitan de suma precisión, como la medición, son los motivos por los que muchas industrias apuestan por introducir los sistemas de visión artificial a sus plantas.”

La visión artificial industrial logra grandes beneficios y mejoras, como el aumento de la productividad, la reducción de costes y productos finales de mejor calidad.

#### **2.3.3.4. Otras aplicaciones**

Los avances conseguidos en el desarrollo de la visión por computadora han permitido crear nuevas disciplinas como el procesamiento de documentos o texto, sensores remotos, radiología, microscopía, inspecciones industriales y guía de robots (Rosenfeld, 1988).

Los sistemas de visión artificial también pueden realizar medidas de objetivo, como determinar el espacio de una bujía o brindar información de ubicación que guía a un robot para alinear piezas en un proceso de fabricación, aprobar o rechazar filtros de aceite y medir el ancho de una ficha central de un soporte. (Conex, 2022)

Las tareas relacionadas a la identificación tienen un gran número de aplicaciones de visión artificial para la automoción relacionada con la lectura de caracteres

impresos o grabados, decodificación de símbolos 1D o 2D y la verificación de lotes así como el control total del proceso productivo a tiempo real. (infaimon, 2019)

#### **2.4. Desventajas de la visión artificial**

Álvarez (2014) considera algunas desventajas:

- “Necesidad de especialistas: hay una gran necesidad de especialistas relacionados con el campo del Machine Learning y la Inteligencia Artificial. Un profesional que conozca el funcionamiento de esos dispositivos y que aproveche al máximo estas tecnologías.
- Fallas de la visión artificial: cuando la máquina o el dispositivo falla, no anuncia o anticipa ese problema.
- Fallo en el procesamiento de imágenes: cuando el dispositivo falla debido a un virus u otros problemas de software, es muy probable que el procesamiento de imágenes falle. Por lo que, si no resolvemos el problema, las funciones del dispositivo pueden desaparecer. Y puede llegar a paralizar toda la producción.
- Tener conocimientos en el funcionamiento de sistemas de visión artificial aumentará tus competencias como profesional en el sector industrial. Actualmente la industria está demandando perfiles que estén preparados en esta tecnología tan utilizada por las empresas de procesos productivos”.

#### **2.5. Captura y digitalización de imágenes**

Las imágenes digitales son “señales” discretas, que suelen tener origen en una “señal” continua. Por ejemplo, una cámara digital toma imágenes del mundo real que es continuo; otro ejemplo es el de un escáner, el cual digitaliza imágenes procedentes de documentos o fotografías que a efectos prácticos también se consideran continuos. En el proceso de obtención de imágenes digitales se distinguen dos etapas. La primera, conocida como captura, utiliza un dispositivo, generalmente óptico, con el que obtiene información relativa a una escena. En la segunda etapa, que se conoce como digitalización, se transforma esta información, que es una señal con una o varias componentes continuas, en la imagen digital, que es una señal con todas sus componentes discretas.

## 2.5.1. Dispositivos de captura

### A. La cámara

García (2012) menciona: “se necesita un dispositivo que permita almacenar las imágenes en formato digital cámara web, cámara de vídeo o una capturadora analógica”.

**Figura 3** Cámara de visión artificial



*Nota.* En la imagen se muestra una cámara de visión artificial del sector industrial fabricada por Point-Grey, García, 2012, (<http://doc.instantreality.org>)

Las cámaras web y la mayoría de cámaras de vídeo se pueden conectar directamente a los ordenadores por medio de los puertos USB, FireWire o Thunderbolt, las cuales permiten capturar sus fotogramas en tiempo real. (García, 2012).

**Figura 4** Cámara Web

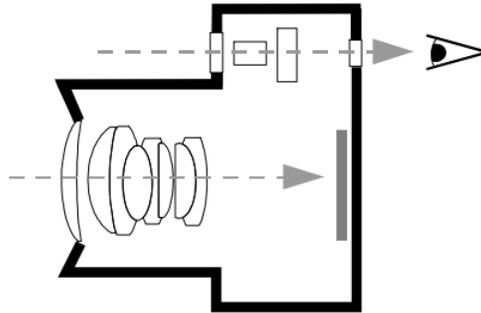


*Nota.* Es una cámara web fabricada por Logitech, García, 2012, (<http://doc.instantreality.org>)

### a) Cámara fotográfica analógica

Una cámara fotográfica está constituida por un recinto oscuro (la cámara), en la que se ha montado un objetivo. El objetivo está formado por un conjunto de lentes que tienen la misión de comportarse como una única lente que seguiría el modelo ideal de lente fina, intentando corregir las aberraciones que se producen al utilizar lentes reales.

*Figura 4* Esquema de una cámara analógica fotográfica

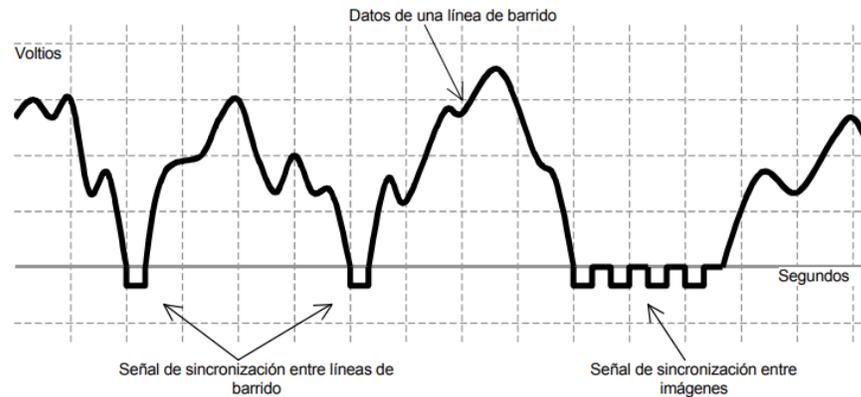


*Nota.* Es el esquema de una cámara analógica fotográfica, Vélez, 2008, (<http://www.visionporcomputador.es/libroVision/libro.html>)

### b) Cámara de vídeo analógica

La cámara de vídeo es un aparato que transforma una secuencia de escenas ópticas en señales eléctricas. Está constituida por un objetivo, un tubo de cámara y diversos dispositivos electrónicos de control. La luz se enfoca dentro del tubo de cámara sobre una superficie fotosensible que convierte la señal lumínica en una señal eléctrica denominada señal de vídeo. Esta señal consiste en una onda en la cual la intensidad de cada punto de cada línea de la pantalla se describe por la amplitud de la onda. La onda contiene la información de cada línea de la pantalla separada por una señal de control, y a su vez, cada imagen que está separada de la siguiente por otra señal de control.

**Figura 5** Representación de una señal de video analógico



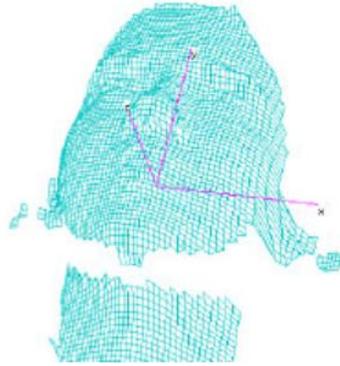
*Nota.* Es una señal de video analógico, Vélez, 2008,  
 (<http://www.visionporcomputador.es/libroVision/libro.html>)

El esquema de ambas cámaras es idéntico al de sus correspondientes analógicas, con la diferencia de que el dispositivo sensible es un CCD (dispositivo de carga acoplada). Un CCD es un dispositivo constituido por una matriz de elementos fotosensibles, que se sitúa en el mismo lugar que el plano de formación de la imagen, de manera que se forma la imagen sobre él. El número de elementos fotosensibles, junto con el área que ocupan, definen la resolución espacial del dispositivo.

## B) Escáner de cámara

Este dispositivo, que sigue el modelo de cámara, recorre una imagen plana, ejemplo: un documento, una fotografía, un plano. Recorre la imagen con un CCD compuesto por una única línea de elementos fotosensibles, llamado CCD lineal. En su recorrido, el CCD lineal construye una representación digital de la imagen. Se pueden distinguir dos tipos de escáneres de cámara: los fijos, que mueven el haz de luz para recorrer el documento, y los de rodillo, que mantienen fijo el haz de luz y mueven el documento a escanear.

**Figura 6** Imagen escaneada



*Nota.* Imagen obtenida con un escáner 3-D láser, García, 2012, (<https://openlibra.com/es/book/vision-artificial>)

## 2.5.2. La imagen digital

### a) Matrices de píxeles

En el mundo digital, las imágenes se representan como una matriz bidimensional de píxeles en la que cada píxel puede adquirir valores de color codificados con tres parámetros (R: red, G: green, B: blue). A pesar de que ello se ha heredado del mundo de la imagen analógica, normalmente se trabaja con imágenes de proporción 4 × 3 (cuatro unidades de anchura por tres unidades de altura); es el caso de resoluciones estándar como 640 × 480 px, 800 × 600 px y 1.024 × 768 px. Frecuentemente, se utiliza imágenes de baja resolución (entre 160 × 120 y 640 × 480 píxeles) como fuente de análisis de los procesos de visión artificial, ya que en la mayoría de casos no se necesitara excesivo detalle en las imágenes para efectuar un análisis orientado a la visión artificial.

En algunos casos, se puede encontrar imágenes en el formato 16 × 9, puesto que hoy en día se han popularizado las videocámaras de alta definición en formato panorámico. (García, 2012).

## b) Bytes, bits y colores

Un píxel normalmente se expresa mediante tres números enteros (R, G, B), que representan los componentes rojo, verde y azul de todo color. Estos valores de R, G y B se suelen expresar en un rango de 8 bits, o sea, de valores entre 0 y 255. (García, 2012). Por ejemplo, un píxel que tenga unos valores RGB de (255, 0, 0) nos indica un color rojo puro. Un píxel que tenga unos valores RGB (255, 0, 255) nos indica un color producido por una mezcla del rojo puro y el azul puro; en este caso, por lo tanto, se obtiene un color lila intenso.

## c) Frecuencia de imagen (frame rate)

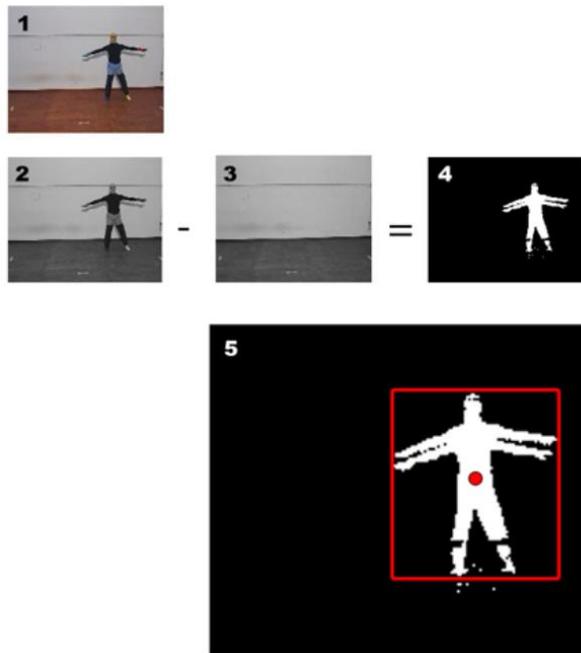
García (2012) hace referencia al número de imágenes por segundo. “Es la medida de la frecuencia a la que un reproductor de imágenes muestra diferentes fotogramas (frames).

En informática estos fotogramas están constituidos por un número determinado de píxeles que se distribuyen a lo largo de una red de texturas. La frecuencia de los fotogramas es proporcional al número de píxeles que se generan y que inciden en el rendimiento del ordenador que los reproduce.

La frecuencia de actualización de las imágenes oscila, en el entorno digital, entre los 15 y los 60 FPS (frames por segundo). El rango entre 25 y 30 FPS es el más común.

Según la necesidad, se debe elegir tecnologías de captación de la imagen con una frecuencia de imagen específica. Si se quiere analizar y extraer datos de objetos o usuarios que se mueven a grandes velocidades (coches, pájaros, vehículos, corredores de fútbol, etc.), se necesitará un sistema de captación de vídeo con más resolución temporal (una frecuencia de imagen más alta: más fotogramas por segundo)”

**Figura 7** Proceso de una imagen original a una imagen binaria



*Nota.* 1 es la imagen original, 2 es la imagen procesada en escala de grises, 3 es la Imagen neta del fondo, 4 es la imagen resultante de la sustracción de fondo y la binarización y 5 es la extracción de datos, García, 2012, (<https://openlibra.com/es/book/vision-artificial>)

Una vez conseguida esta imagen binaria final, los algoritmos de visión nos permiten extraer una serie de datos, se extraen las coordenadas del centro de la masa blanca de píxeles y el área que la rodea (punto y líneas rojas)

#### **d) Representación de la imagen y estructuras de datos**

Según García (2012) Las imágenes suelen almacenarse en los ordenadores en forma de ficheros, los métodos utilizados para optimizar el espacio requerido y algunos de los diferentes formatos estándar TIFF, GIF, BMP, JPG y otros.

## **2.6. Tecnología OCR**

### **2.6.1. Definición**

El concepto de OCR responde al "Optical Character Recognition", un software que permite el reconocimiento óptico de los caracteres contenidos en una imagen

(documento escaneado o fotografía), de forma que estos se vuelven comprensibles o reconocibles para un ordenador.

Así, el sistema OCR es un análisis a través del cual analizamos y escaneamos un fichero para automatizarlo.

El reconocimiento óptico de caracteres (ROC), generalmente conocido como reconocimiento de caracteres y expresado con frecuencia con la sigla OCR (del inglés Optical Character Recognition), es un proceso dirigido a la digitalización de textos, los cuales identifican automáticamente a partir de una imagen símbolos o caracteres que pertenecen a un determinado alfabeto, para luego almacenarlos en forma de datos. (López, 2022)

**Figura 8** Reconocimiento óptico de caracteres



*Nota.* Se muestra el proceso de archivos de origen a archivos de salida con OCR, Vásquez, 2019, (<https://www.babeldgt.com>)

### 2.6.2. Etapas

El proceso de OCR es una actividad compuesta por diferentes etapas. Estas etapas son las siguientes:

Adquisición de imágenes: adquiera imágenes de fuentes externas como escáneres o cámara

Procesamiento previo: una vez completada la adquisición de la imagen, se pueden realizar diferentes pasos de procesamiento previo para mejorar la calidad de la

imagen. Entre las diferentes técnicas de preprocesamiento, se encuentran la eliminación de ruido, la creación de umbrales y la extracción de línea base de imágenes.

Segmentación de caracteres: en este paso, los caracteres de la imagen se separan para pasarlos al motor de reconocimiento. Una de las técnicas más simples es el análisis de componentes conectados y se puede utilizar el perfil de proyección. Sin embargo, en casos complejos, los caracteres se superponen / desconectan o hay algo de ruido en la imagen. En estos casos, se utiliza tecnología avanzada de segmentación de caracteres.

Extracción de características: realice la extracción de características en los caracteres segmentados. En función de estas características, se reconocen los personajes. Los diferentes tipos de características que se pueden extraer de la imagen son momentos y así sucesivamente. Las características extraídas deben calcularse de manera eficiente para maximizar los cambios entre clases.

Clasificación de caracteres: en este paso, las características de la imagen segmentada se asignan a diferentes categorías (categorías) o categorías (clases). Existen diferentes tipos de técnicas de clasificación de personajes. La tecnología de clasificación de estructuras se basa en las características extraídas de la estructura de la imagen y utiliza diferentes reglas de decisión para clasificar personajes. El método de clasificación de patrones estadísticos consiste en clasificar caracteres en función de métodos estadísticos como los modelos de probabilidad.

Post-procesamiento: Después de la clasificación, el resultado no es 100% correcto, especialmente para lenguajes complejos. Se pueden utilizar técnicas de post-procesamiento para mejorar la precisión del sistema OCR. Estas técnicas utilizan el procesamiento del lenguaje natural, la geometría y el contexto del lenguaje para corregir errores en los resultados de OCR. Por ejemplo, los post-procesadores pueden utilizar correctores ortográficos y diccionarios, modelos probabilísticos (como cadenas de Markov y cadenas de n-concatenación) para mejorar la precisión.

La complejidad de tiempo y espacio del post-procesador no debe ser muy alta y la aplicación del post-procesador no debe generar nuevos errores.

### **a) Adquisición de imágenes**

La adquisición de imagen es el paso inicial de OCR, que incluye adquirir imágenes digitales y convertirlas en formas adecuadas que sean fáciles de procesar por computadora, lo que incluye la cuantificación y compresión de imágenes. Un caso especial de cuantificación de binarización, que solo involucra imágenes de dos niveles. En la mayoría de los casos, la imagen binaria es suficiente para describir las características de la imagen, y la compresión en sí misma puede tener pérdidas o menos. La literatura describe varias técnicas de compresión de imágenes.

### **b) Pretratamiento**

Además de la captura de imágenes, existen pre-procesos destinados a mejorar la calidad de la imagen. Una de las técnicas de preprocesamiento es la creación de umbrales, que tiene como objetivo binarizar la imagen en función de un cierto umbral (Lund et al., 2013). El Umbral se puede establecer a nivel local o global.

Se pueden aplicar diferentes tipos de filtros, como filtros de media, mínima y máxima. Alternativamente, se pueden realizar diferentes operaciones morfológicas, como erosión, dilatación, apertura y cierre.

Una parte importante del preprocesamiento es encontrar el sesgo en el documento. Los diferentes métodos de estimación de inclinación incluyen: método de contorno de proyección, método de transformación de Hough, método del vecino más cercano.

En algunos casos, el refinamiento de la imagen también se realiza antes de la etapa posterior de la aplicación (Lund et al., 2013). Por último, las líneas de texto del documento también se pueden encontrar como parte de la etapa

de preprocesamiento. Esto se puede hacer en función de la proyección o la agrupación de píxeles.

### **c) Segmentación de personajes**

En este paso, la imagen se segmenta en caracteres antes de entrar en la etapa de clasificación. La segmentación puede realizarse de forma explícita o implícita como un subproducto de la etapa de clasificación (Shaikh et al., 2008). Además, otras etapas de OCR pueden ayudar a proporcionar información contextual que ayude a la segmentación de imágenes.

### **d) Extracción de características**

En esta etapa, se extraen diversas características del personaje, que identifican de manera única al personaje. Cómo elegir las funciones adecuadas y el número total de funciones utilizadas es una cuestión de investigación importante. Se pueden utilizar diferentes tipos de características, como la propia imagen, características geométricas (ciclos, trazos) y características estadísticas (momentos). Por último, se pueden utilizar diversas técnicas, como el análisis de componentes principales, para reducir la dimensionalidad de la imagen.

### **e) Clasificación**

Se define como el proceso de clasificar a un personaje en su categoría apropiada. El método estructural de clasificación se basa en las relaciones existentes en los componentes de la imagen. Los métodos estadísticos se basan en clasificar imágenes mediante funciones discriminantes. Los métodos de clasificación estadística incluyen la clasificación bayesiana, la clasificación del árbol de decisión, la clasificación de la red neuronal, la clasificación del vecino más cercano, etc. (Cireşan et al., n.d.). Finalmente, existen algunos clasificadores basados en métodos sintácticos, que utilizan métodos sintácticos para sintetizar imágenes a partir de subcomponentes de imágenes.

## f) Post-procesamiento

Una vez clasificados los caracteres, se pueden utilizar varios métodos para mejorar la precisión de los resultados de OCR. Un método consiste en utilizar varios clasificadores para clasificar imágenes. Este clasificador se puede utilizar en estructuras en cascada, paralelas o jerárquicas. A continuación, se pueden utilizar varios métodos para combinar los resultados de los clasificadores.

Para mejorar los resultados de OCR, también puede realizar análisis de contexto. La geometría de la imagen y el contexto del documento ayudan a reducir la posibilidad de errores. El procesamiento léxico basado en el modelo y el diccionario de Markov también ayuda a mejorar los resultados del OCR (Cireşan et al., n.d.).

### 2.6.3. Aplicaciones

#### a) Reconocimiento de texto manuscrito

Las dificultades que podemos encontrar a la hora de reconocer un texto tipografiado, no se pueden comparar con las que aparecen cuando queremos reconocer un texto manuscrito. No todos escribimos de manera uniforme, y no todos escribimos de la misma forma. El reconocimiento de estos tipos de textos continúa siendo un desafío. Para abordar este tipo de problemas se han desarrollado técnicas y aplicaciones específicas a las que se les llama Reconocimiento inteligente de caracteres o ICR (del inglés Intelligent Character Recognition).

Aunque el texto se compone básicamente de caracteres individuales, la mayoría de algoritmos ROC no consiguen buenos resultados, ya que la segmentación de texto continuo es un procedimiento complejo.

En el caso de reconocimiento de escritura manuscrita a la hora de corrección de exámenes, existe la posibilidad, añadiendo un listado de léxico (nombres y apellidos) de acercarse al 100% de acierto. A través de las casillas de

respuesta ICR se pueden reconocer palabras, como nombres de países, nombres de regiones, marcas comerciales, en resumen, todo aquello que pueda ser integrado en una lista de palabras (léxico), el cual puede ir aumentándose según las necesidades.

En el mundo real, a veces se puede llegar a comprender una frase cuando la hemos terminado de leer. Automatizar este proceso implica una operación de niveles morfológico, léxico y sintáctico que se consigue mediante el reconocimiento del habla continua. Para llevar a cabo esa metodología, se utilizan algoritmos robustos que usan una segmentación previa, debido a que se obtiene automáticamente con la descodificación.

Para facilitar el reconocimiento a veces la tecnología ICR requiere que en el documento se tengan recuadros dentro de los cuales se introducen los caracteres manuscritos, siendo obligatorio un carácter por recuadro. Habitualmente se utiliza para formularios que debemos rellenar a mano y tenemos que poner en letras mayúsculas.

## **b) Reconocimiento de matrículas**

Una de las aplicaciones son los radares. Estos deben ser capaces de localizar una matrícula de un vehículo con condiciones de iluminación, perspectiva y entorno variables.

En la etapa de segmentación, se buscan texturas similares a la de una matrícula y se aísla el área rectangular que forma la matrícula.

Finalmente, se aplica un proceso de clasificación múltiple sobre el conjunto de píxeles pertenecientes a la matrícula, proporcionando una cadena de caracteres que se tienen que ajustar a un modelo conocido: el formato de una matrícula. Si aparece algún error, es corregido.

### **c) Indexación con bases de datos**

Con el gran aumento de información publicada que ha tenido lugar en los últimos años, cada vez son más los métodos que se emplean para organizar todo este material almacenado en bases de datos. Uno de estos contenidos son las imágenes. Una de las formas más corrientes de buscar imágenes es a partir de metadatos introducidos manualmente por los usuarios. Actualmente han aparecido buscadores que proporcionan la posibilidad de buscar imágenes mediante el texto que aparecen en ellas, como el buscador DIRS (Document Image Retrieval System) que, mediante un algoritmo de ROC, extrae el texto que aparece en la imagen y lo utiliza como metadato que podrá servir para las búsquedas. Esta tecnología proporciona una posibilidad en la búsqueda de imágenes y demuestra que el ROC aún puede dar mucho de sí.

### **d) Reconocimiento de datos estructurados con ROC Zonal**

Se usa para digitalizar de forma masiva grandes cantidades de documentos estructurados o semiestructurados (facturas, nóminas, albaranes, pólizas, justificantes bancarios, etcétera), catalogando automáticamente los documentos con los metadatos obtenidos y archivándolos en formato digital de forma indexada para facilitar su posterior búsqueda. Tiene el inconveniente de que es necesario diseñar previamente las plantillas, pero con una buena configuración se ahorra mucho tiempo en el proceso de digitalización.

#### **2.6.4. 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, entre otros.

- **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 (OpenCV, 2021).

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 (OpenCV, 2021).

## **2.7. Placas vehiculares de Bolivia**

### **2.7.1. Características de las placas vehiculares**

Las placas vehiculares contienen caracteres y recuadros de color azul en fondo blanco. Consta de la inscripción "BOLIVIA" en la parte superior, y un pequeño recuadro a su derecha describe el departamento de inscripción del vehículo. (L: La Paz, C: Cochabamba, S: Santa Cruz, H: Chuquisaca, T: Tarija, P: Potosí, O: Oruro B: Beni, N: Pando). El tipo de servicio queda descrito con el fondo del recuadro. (Rojo: Servicio Público, Blanco: Servicio Particular, Amarillo: Vehículo Gubernamental). (Gutiérrez, 2020)

## • Nomenclatura

La numeración consiste en el PTA (Póliza Titularizada del Vehículo) que es emitida para cada vehículo por única vez. Consta de 3 o 4 números y 3 letras, iniciando la numeración en los vehículos más antiguos 0XX AAA y finalizando en los vehículos más nuevos 39XX AAA (Gutiérrez, 2020)

Quedan exentos del anterior formato los vehículos del Cuerpo Diplomático, Cuerpo Consular, Organizaciones No Gubernamentales, Misión Internacional, Gobierno Departamental y algunos vehículos de la Policía, Fuerzas Armadas y Servicios de emergencia.

- Cuerpo Diplomático: Fondo blanco y letras rojas XX CD XX.
- Cuerpo Consular: Fondo azul y letras blancas XX CC XX.
- Organismos Internacionales: Fondo verde y letras blancas XX OI XX.
- Organismos No Gubernamentales: Fondo negro y letras blancas XX NG XX.
- Misiones Internacionales: Fondo amarillo con letras negras XX MI XX.

Todos estos vehículos llevan la inscripción BOLIVIA en la parte superior.

Algunos vehículos policiales y de bomberos se presenta el siguiente formato: PNX 123 y la inscripción Policía Nacional en la parte inferior (X refiriéndose al departamento, ejemplo: PNL 456 que corresponde a un patrullero).

## 2.8. Transportes Universidad Pública de El Alto

En la universidad Pública de El Alto en la en la zona de Villa Esperanza Av. Juan Pablo II entre Av. Sucre A y Sucre B, a partir del funcionamiento del edificio emblemático año 2012 se cuenta con el parqueadero universitario, actualmente al mismo ingresan 29 movilidades de la institución.

El horario de atención es de 7:00 a 16:00. El sistema del parqueadero es vulnerable ya que la autorización de ingreso de vehículos es de forma manual a través del

personal de seguridad sin revisión de credencial o algún otro documento por lo cual no se cuenta con mecanismos de autenticación que permitan el registro de los mismos.

Los vehículos institucionales pertenecientes a unidades como Rectorado, Vicerrectorado, Carreras y Decanaturas realizan distintos recorridos.

Las salidas de los buses son otorgadas exclusivamente para actividades académicas siendo la salida de predios de la Universidad hasta antes de mediodía, previa verificación del personal de seguridad.

El control de salida de los vehículos esta dado en base a los requisitos para solicitud de buses.

El control de registros de ingreso y salida de los vehículos, se la realizan de manera manual por el personal de seguridad de la Universidad.

**Figura 9** Parquedero de la Universidad Pública de El Alto



*Nota.* En las cuatro imágenes se muestra el parquedero de la universidad, son fotografías tomadas según investigación (2022)

## 2.9. Metodología XP

La Metodología XP “Extreme Programming” o “Programación Extrema” es una de las llamadas metodologías Ágiles de desarrollo de software más exitosas. Es habitual relacionarla con scrum, y la combinación de ambas asegura un mayor control sobre el proyecto, y una implementación más efectiva y eficiente. (Vila, 2016)

XP está diseñada para entregar el software que los clientes necesitan en el momento en que lo necesitan. XP alienta a los desarrolladores a responder a los requerimientos cambiantes de los clientes, aún en fases tardías del ciclo de vida del desarrollo.

La metodología XP define cuatro variables para cualquier proyecto de software: costo, tiempo, calidad y alcance. El método especifica que de estas cuatro variables, tres de ellas podrán ser fijadas arbitrariamente por actores externos al grupo de desarrolladores (clientes y jefes de proyecto), y el valor de la restante deberá ser establecida por el equipo de desarrollo, quien establecerá su valor en función de las otras tres. (Vila, 2016)

Por ejemplo, si el cliente establece el alcance y la calidad, y el jefe de proyecto el precio, el grupo de desarrollo tendrá libertad para determinar el tiempo que durará el proyecto. Se trata de establecer un equilibrio entre las cuatro variables del proyecto.

### 2.9.1. Ciclo de vida

Al igual que otras metodologías de gestión de proyectos, tanto Ágiles como tradicionales, el ciclo XP incluye:

Entender lo que el cliente necesita > Fase de Exploración

Estimar el esfuerzo > Fase de Planificación

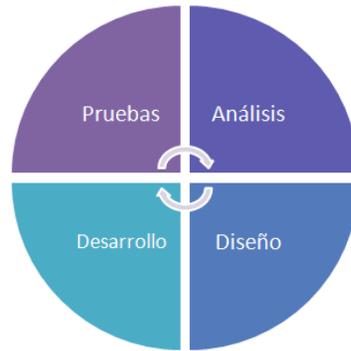
Crear la solución > Fase de Iteraciones

Entregar el producto final al cliente > Fase de puesta en producción

Lo que caracteriza a XP, al igual que al resto de métodos Ágiles es un ciclo de vida dinámico. Mediante ciclos de desarrollo cortos (llamados iteraciones), al fin de los cuales se generan unos entregables funcionales.

En cada iteración se realiza un ciclo completo de análisis, diseño, desarrollo y pruebas, pero utilizando un conjunto de reglas y prácticas específicas de XP. Un proyecto con XP, implica de entre a 10 a 15 iteraciones.

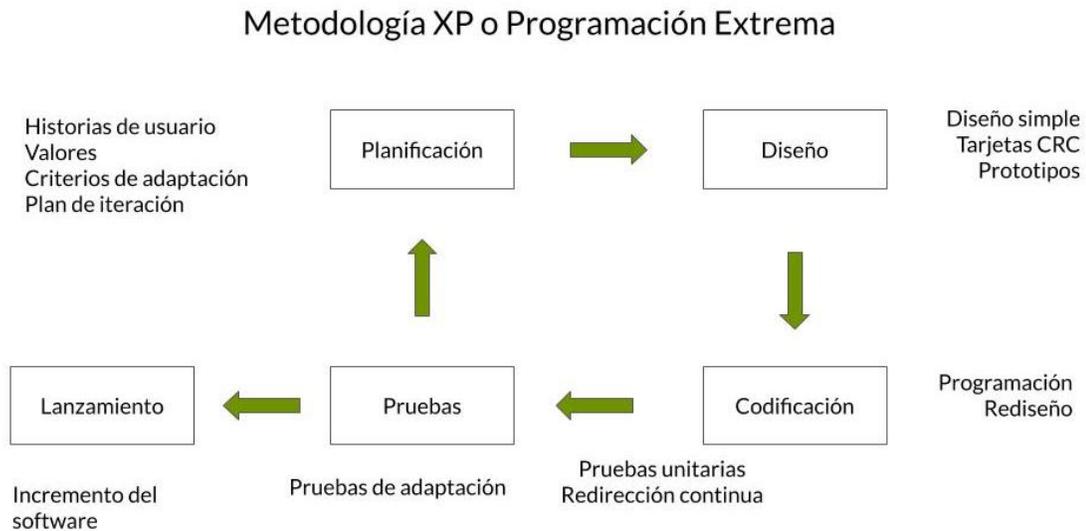
**Figura 11** Procesos que siguen las iteraciones en XP



*Nota.* Análisis, diseño, desarrollo y pruebas de una iteración en XP, Luis, 2016, (<https://proagilist.es/blog/agilidad-y-gestion-agil/agile-scrum/la-metodologia-xp/>)

### 2.9.2. Fases de la metodología XP

**Figura 12** Fases de la metodología XP



*Nota.* Se muestra las cinco fases de la metodología XP, Sinnaps, 2020, (<https://www.sinnaps.com/>)

## **Fase 1: Planificación**

Según la identificación de las historias de usuario, se priorizan y se descomponen en mini-versiones. La planificación se va a ir revisando. Cada dos semanas aproximadamente de iteración, se debe obtener un software útil, funcional, listo para probar y lanzar (Sinnaps, 2020).

## **Fase 2: Diseño**

En este paso se intentará trabajar con un código sencillo, haciendo lo mínimo imprescindible para que funcione. Se obtendrá el prototipo. Además, para el diseño del software orientado a objetos, se crearán tarjetas CRC (Clase-Responsabilidad-Colaboración). (Sinnaps, 2020)

## **Fase 3: Codificación**

La programación aquí se hace «a dos manos», en parejas en frente del mismo ordenador. Incluso, a veces se intercambian las parejas. De esta forma, nos aseguramos que se realice un código más universal, con el que cualquier otro programador podría trabajar y entender. Y es que deber parecer que ha sido realizado por una única persona. Así se conseguirá una programación organizada y planificada. (Sinnaps, 2020)

## **Fase 4: Pruebas**

Se deben realizar pruebas automáticas continuamente. Al tratarse normalmente de proyectos a corto plazo, este testeo automatizado y constante es clave. Además, el propio cliente puede hacer pruebas, proponer nuevas pruebas e ir validando las mini-versiones.

## **Fase 5: Lanzamiento**

Significa que se ha probado todas las historias de usuario o mini-versiones con éxito, ajustándonos a los requerimientos de los clientes. Tenemos un software útil y podemos incorporarlo en el producto (Sinnaps, 2020).

### 2.9.3. Roles

Según el autor Alberto (2015) menciona que los roles de la metodología XP es el equipo de trabajo donde cada uno cumple una funcionalidad a continuación se describe cada funcionalidad:

- **Programador**

Escribe las pruebas unitarias y produce el código del sistema. Define las tareas que conlleva cada historia de usuario, y estima el tiempo que requerirá cada una.

- **Cliente**

Escribe las historias de usuario y las pruebas funcionales para validar su implementación. Asigna la prioridad a las historias de usuario y decide cuáles se implementan en cada iteración centrándose en aportar el mayor valor de negocio.

- **Tester (Encargado de pruebas)**

Ayuda al cliente a escribir las pruebas funcionales. Ejecuta pruebas regularmente, difunde los resultados en el equipo y es responsable de las herramientas de soporte para pruebas.

- **Tracker(Encargado de seguimiento)**

Es el encargado de seguimiento. Proporciona realimentación al equipo. Debe verificar el grado de acierto entre las estimaciones realizadas y el tiempo real dedicado, comunicando los resultados para mejorar futuras estimaciones.

- **Entrenador (coach)**

Es responsable del proceso global. Experto en XP, provee de las guías a los miembros del equipo para que se apliquen las prácticas XP y se siga el proceso correctamente. Determina la tecnología y metodologías a usar por el equipo de desarrollo.

- **Gestor (Big boss)**

Experto en tecnología y labores de gestión. Construye el plantel del equipo, obtiene los recursos necesarios y maneja los problemas que se generan. Administra a su vez las reuniones (planes de iteración, agenda de compromisos, entre otros).

## 2.10. Lenguaje de programación Python

### a) Qué es Python

Python es un lenguaje de programación creado por Guido van Rossum a principios de los años 90 cuyo nombre está inspirado en el grupo de cómicos ingleses “Monty Python”. Es un lenguaje similar a Perl, pero con una sintaxis muy limpia y que favorece un código legible. Se trata de un lenguaje interpretado o de script, con tipado dinámico, fuertemente tipado, multiplataforma y orientado a objetos (Gonzales, s.f.).

### b) Características

Según Gonzales (s.f.)

- “Es un lenguaje de programación orientado a objetos
- Código abierto.
- Lenguaje de propósito general
- Multiparadigma
- Multiplataforma
- Interpretado
- Tipado dinámico”

### c) Usos de Python

Estos van desde diversas aplicaciones web, hasta la inteligencia artificial, visualización

Cálculo Numérico, Machine Learning, Deep Learning, Inteligencia Artificial Explicable Procesamiento de Lenguaje Natural entre otros. (Gonzales, s.f.)

Las principales industrias que implementan este lenguaje de programación conocido como Python son:

- Big Data
- Inteligencia Artificial
- data Science
- Frameworks de Pruebas

#### d) Librerías de Python

- Matplotlib
- Seaborn
- Bokeh
- NumPy
- SciPy
- Pytorch
- Entre otros

### 2.11. Gestor de base de datos MySQL

Mysql server es una plataforma global de base de datos que ofrece administración de datos empresariales. El motor de MySQL server ofrece almacenamiento más seguro y confiable tanto para datos relacionales como estructurados.

## 3. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR

Las corrientes de investigación que se emplea son:

### a) Exploratorio

La investigación exploratoria es un tipo de investigación utilizada para estudiar un problema que no está claramente definido, por lo que se lleva a cabo para

comprenderlo mejor, pero sin proporcionar resultados concluyentes. El estudio de tema de investigación estará comprendido por etapas para tener la información más tratada y comprender mejor el problema y proponer la solución más pertinente.

#### **b) Correlacional**

La investigación correlacional es una investigación no experimental en el cual un investigador mide dos variables, entiende y evalúa la relación estadística entre ellas sin influencia de ninguna variable extraña. Tal es el caso de sistema de identificación de placas vehiculares con reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial el cual mejora los procesos de registro de ingreso de los vehículos en el parqueadero de la universidad.

### **4. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES**

En el presente proyecto fuentes primarias y fuentes secundarias.

Las fuentes primarias constituyen el objetivo de la investigación bibliográfica o revisión y proporcionan datos de primera mano, como artículos, trabajos de investigación en la bibliografía se presenta la información de referencia bibliográfica y webgrafía empleada. Las fuentes secundarias son compilaciones y resúmenes referentes al tema de estudio.

Por otra parte se empleó también información proporcionada por el personal de transporte y personal de seguridad del parqueadero universitario dicha información fue proporcionada en documentos, se recabó también con entrevistas, y observación. También se obtuvo información en video obtenido de simulacros realizados.

## **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Los enfoques o tipos de la investigación que se emplea es el cuantitativo y cualitativo, ya que se emplea la recolección de información a través de la observación preliminar, entrevistas estructuradas, y aplicación de cuestionarios mediante Google Formularios.

### **2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Es un plan que determina la estructura de investigación que permita responder las preguntas de investigación o hipótesis. Este plan expresa con claridad tanto el problema de investigación, como los medios para obtener fuentes de información y la evidencia empírica necesaria. (Rivas, 2016). En la figura 13 se observa el cuadro de congruencia LART que nos ayuda como guía de investigación.

**Figura 13** Cuadro de congruencia LART



Nota. Congruencia LART según Rivas, 2016

El diseño de la investigación es de tipo no experimental con un tipo de investigación combinado entre cuantitativo y cualitativo, donde se observan los fenómenos o acontecimientos tal como se dan en su contexto natural para después analizarlos.

Seguidamente se muestra la relación que existe entre el planteamiento del problema, objetivo e hipótesis; congruencia necesaria en el diseño de investigación.

**Tabla 1** Relación entre planteamiento de problema objetivo e hipótesis

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS
<p><i>¿Cómo el desarrollo del Sistema de Identificación de Placas Vehiculares con reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial en el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, puede apoyar al procesamiento de registro en la entrada de vehículos para un mejor control?</i></p>	<p>Desarrollar un sistema de identificación de placas vehiculares para el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, mediante reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial, para el registro de entradas, mejorando el control del mismo y coadyuvando en la toma de decisiones.</p>	<p><b>a) Hipótesis:</b> Con el desarrollo del sistema de identificación de placas vehiculares se podrá mejorar el control de entradas mediante reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial en el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto.</p> <p><b>b) Variable dependiente:</b> Mejora del control de entradas vehículos en el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto.</p> <p><b>a) Variable independiente:</b> Desarrollo del Sistema de identificación de placas vehiculares mediante el reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial.</p>

*Nota.* Elaboración propia según la identificación del problema, objetivo e hipótesis

### 3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Como se trata de una investigación correlacional se tiene dos variables:

**Variable dependiente:** Mejora del control de entradas vehículos en el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto.

**Variable independiente:** Desarrollo del Sistema de identificación de placas vehiculares mediante el reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial.

Cabe destacar que el desarrollo del sistema estará sujeto a la robustez del algoritmo empleado para identificación de las placas vehiculares, a la calidad de la imagen obtenido del video digital por lo que se considera necesario describir los siguientes conceptos:

- Algoritmo de identificación de placas vehiculares: Desarrollado en Python empleando librerías OpenCV y TensorFlow, numpy, pytesseract, LPR y matplotlib.pyplot.
- Vídeo digital: Conformada por la resolución en pixeles que dependen de la cámara IP que captura información de alta calidad con una resolución en mega pixeles.
- Placas vehiculares: Consta números y letras, que consta de 3 o 4 números y 3 letras, iniciando la numeración en los vehículos más antiguos 0XX AAA y finalizando en los vehículos más nuevos 39XX AAA, estos caracteres son de color azul.

### 4. POBLACIÓN Y MUESTRA

El universo comprende todos los sujetos de investigación considerados en la investigación, a los cuales idealmente se les deberá observar o estudiar. El universo, como su nombre lo indica, lo abarca todo. Sin embargo, en investigación cada investigador tiene su propio universo, así como cada cual debe llevar sobre sí distintas realidades y preocupaciones. (Rivas, 2016)

En esta investigación la población de estudio fue intencional no probabilística, se toma como población los vehículos que ingresan al parqueadero de la universidad. Los vehículos de la institución se ilustran en Anexos E

**Figura 14** Fotografía de la entrada del parqueadero de la universidad



Nota. Fotografía tomada según investigación

**Figura 15** Mapa geográfico de ubicación del parqueadero universidad



Nota. Imagen obtenida según investigación

**Figura 16** Entrada del parqueadero de la universidad

*Nota.* Elaboración propia según investigación

Dada la ubicación geográfica y fotografías del parqueadero de la universidad donde se realiza la investigación, se tiene datos obtenidos por aplicación de cuestionario al personal responsable de la unidad de transportes de la universidad.

**Tabla 2** Población muestra tomado de simulacro realizado en el parqueadero

NRO	POBLACIÓN OBJETIVO	CANTIDAD MUESTRA
1	Bus Nissan Mopar	6
2	Bus Hino Mopar	3
3	Ambulancia Nissan	1
<b>Total</b>		<b>10</b>

*Nota.* Elaboración propia según la investigación realizada

**Tabla 3** Población muestra de determinados días

NRO	POBLACIÓN OBJETIVO	TURNO MAÑANA	TURNO TARDE	CANTIDAD MUESTRA
1	Camioneta	3	1	4
2	Vagoneta	1	1	2
3	Land Cruiser	2	0	2
4	Bus Mopar	3	1	4
5	Bus Hino Mopar	3	1	4
				<b>16</b>

*Nota.* Elaboración propia según la investigación realizada

El objetivo de distintas tomas de muestra es armar un buen universo de videos filmados para realizar revisión de calidad de imágenes obtenidas además de fijar la ubicación de la cámara y determinar la distancia para trabajar en la escala y perspectiva de las imágenes, de esta forma entrenar al algoritmo.

#### 4.1. Tipo de muestreo

La muestra es como la probada de queso que se recibe en un supermercado o el breve chorro de vino que se escancia en una copa de un restaurante. Una probada es representativa de la calidad del vino. Existen dos tipos básicos de muestreo: el probabilístico y el no probabilístico. La diferencia básica entre ambos radica en la oportunidad que tienen los sujetos de investigación de ser seleccionados. En muestra aleatoria, la oportunidad es igual para todos ya que depende del azar. En una muestra no aleatoria, los sujetos tienen un sesgo en su elección bien sea por comodidad del investigador, por economía o porque se considere justificante que la no aleatoriedad no le resta valor a los hallazgos y capacidad de generalización bien sea por que se trate de expertos exquisitos o bien por que sea absurdamente insensato aplicar el azar. (Rivas, 2016)

El tipo de muestreo que se tiene en éste estudio es aleatorio simple, el cual escoge de una manera aleatoria los videos además que los mismos contienen información de distintos vehículos (bus mopar, bus hino mopar, vagoneta, camioneta) que ingresan al parqueadero, estos vehículos llevan placas vehiculares en distintos estados y ubicaciones el vehículo. De esta forma se garantiza la representatividad de los hallazgos y realidad.

**Tabla 4** Datos de visibilidad de la placa y hora de ingreso.

NRO	TIPO DE VEHÍCULO	HORA DE INGRESO	VISIBILIDAD DE LA PLACA
1	Bus Mopar	10:15	90%
2	Camioneta	8:00	100%
3	Vagoneta	8:00	100%
4	Bus Mopar	10:18	100%

*Nota.* Elaboración propia según la investigación realizada

**Figura 17** Vehículos con placa visible



Nota. Elaboración propia según la investigación realizada

## 5. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN

El ambiente de investigación es la entrada del parqueadero de la universidad donde los vehículos ingresan.

**SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PLACAS VEHICULARES  
CASO: PARQUEADERO – TRANSPORTES UPEA**

El objeto de investigación es la identificación de las placas vehiculares en la entrada, al indicar identificación nos referimos a la captura, reconocimiento y almacenamiento de las placas vehiculares, esto a través de visión artificial y reconocimiento óptico de caracteres, en el desarrollo del sistema está sujeto a la robustez del algoritmo empleado para identificación de las placas vehiculares, a la calidad de la imagen obtenido del video digital también el estado de la placa.

Para la recolección de datos se emplea el método **no experimental**, dado que se trabaja con un tipo de investigación combinado entre cuantitativo y cualitativo, donde se observan los fenómenos o acontecimientos tal como se dan en su contexto natural para después analizarlos. Entonces en la investigación para la recolección de datos, se emplea el método no experimental teniendo como lugar para la toma de datos, la entrada de vehículos del parqueadero, donde se efectúa el ingreso de vehículos a distintas horas y con la placa ubicada de maneras particulares.

## 6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas que se emplearon en la investigación de tipo cuantitativa y cualitativa que nos permitieron contabilizar características, atributos, elementos y comportamientos son:

- Entrevista
- Observación

Los instrumentos que se aplicaron en el presente trabajo de investigación fueron:

- El cuestionario
- La observación con el respectivo tabulado de los datos recogidos y con filmaciones de videos y captura de imágenes

### 6.1. Técnica de la entrevista

“La entrevista permite un acercamiento directo a los individuos de la realidad. Se considera una técnica muy completa” (Sampieri, 2014).

“Independientemente de esta libertad, la entrevista siempre debe ser dirigida por el entrevistador, con el apoyo de la guía respectiva, conservando la iniciativa, limitándose a indagar, a precisar su pensamiento y a orientar la entrevista de modo que se entre de lleno en los ítems. La entrevista que se utiliza es de corte formal, en donde el investigador se pone en contacto con los sujetos entrevistados, solicitando el día y la hora en la que se llevará a cabo la entrevista.

Las conversaciones no son grabadas, a fin de evitar que se desincentive abordar un tema por miedo a la evidencia; exclusivamente se limita a la conversación y a tomar notas” (Llanos, 2014, p.161).

Si bien el ambiente y el objeto de la investigación se encuentra en la entrada del parqueadero, se realizó entrevista al personal que trabaja la unidad de transportes y al personal de seguridad; para entender el funcionamiento, se indagó también sobre las actividades que realizan en las distintas unidades, se realizó entrevista al personal responsable de transportes y seguridad.

Se recolectó información respecto a la tecnología con la que cuentan: equipos de computación, acceso a una red Wi-Fi. La unidad no cuenta con cámara

## **6.2. Técnica de la observación**

La observación es un elemento fundamental de todo proceso de investigación; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del cúmulo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación. (Díaz, 2010)

La observación estructurada es la que se realiza con la ayuda de elementos técnicos apropiados, tales como: fichas, cuadros, tablas, entre otros, por lo cual se le denomina observación sistemática. (Díaz, 2010)

Esta técnica se aplicó para la toma de datos en video y fotografías sobre el tipo de vehículos, tiempo de secuencia de ingreso, para su posterior análisis en cuanto a resolución, ángulo de la toma.

### 6.3. Técnicas de extracción de caracteres para placas vehiculares

- **Reconocimiento óptico de caracteres:** Este proceso involucra la captura y extracción del segmento de la placa vehicular, para proceder a hacer una segmentación de caracteres y realizar el reconocimiento individual de cada caracter. Dentro de este método, se requiere emplear librerías como openCV y el lenguaje de programación Python
- **Proceso de extracción para caracteres:** Este sistema basa su eficiencia en enmascarar los componentes no deseados de la imagen mediante la cámara. La calidad de la imagen se mejora con procesos con OpenCV.

### 6.4. Modelo Cascada

El desarrollo en cascada es un procedimiento lineal que se caracteriza por dividir los procesos de desarrollo en sucesivas fases de proyecto. Esto en cuanto a la estructura del proyecto desde la toma de datos hasta su almacenamiento los pasos se detallan en el capítulo IV.

### 6.5. Instrumento cuestionario

El instrumento más utilizado para recolectar los datos es el cuestionario. Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de uno o más variables a medir.

El cuestionario fue diseñado con preguntas dirigidas al personal en la unidad de transportes y seguridad, mediante Google Formularios se recolectó información sobre el tipo de vehículos, cantidad, reportes que se generan, problemas que se presentan al realizar sus actividades y el tiempo que necesitan para generar un determinado reporte.

Tabulación de las respuestas: La información levantada de la entrevista y cuestionario fueron registrados en tablas para analizar los resultados obtenidos.

## 7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En la línea de investigación sistema de identificación de placas vehiculares se realizó los siguientes procesos:

1. Una vez **planteado el problema, determinado los objetivos, hipótesis** y seleccionada la **muestra en una buena cantidad de videos filmados sobre el ingreso de vehículos** se procedió a recoger la información a través de entrevistas, observación y cuestionario

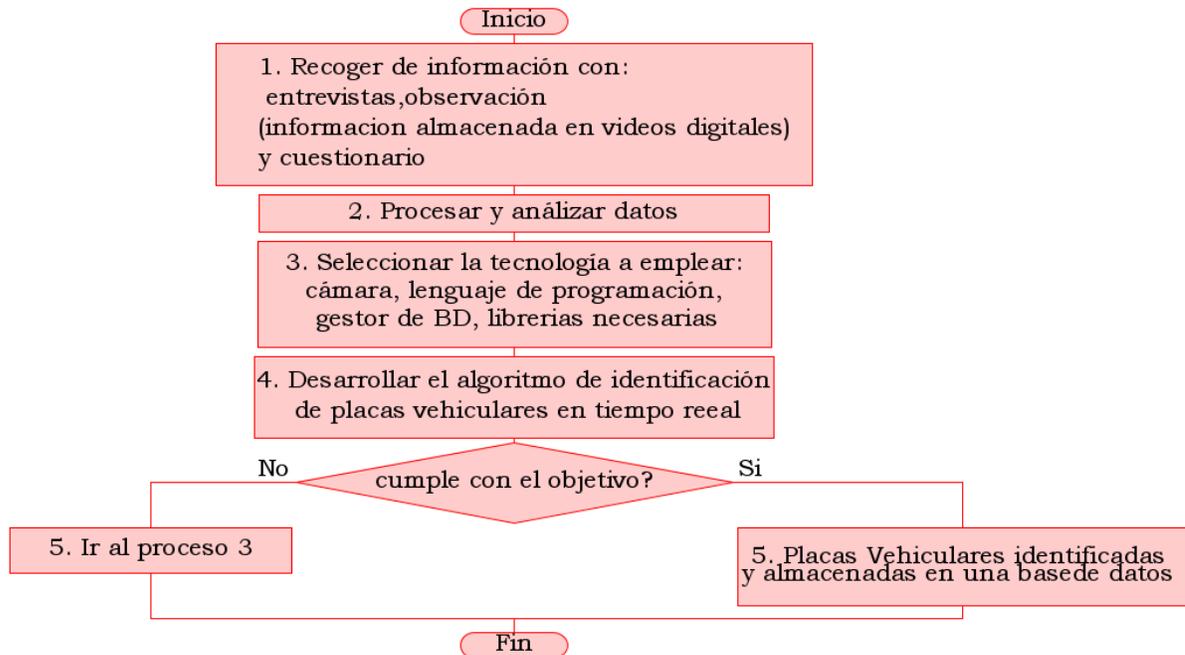
2. Realizadas las entrevistas, observación y después de aplicar los cuestionarios se tuvo datos con los cuales se procedió a:

- Realizar un estudio del rendimiento que tiene el personal en realizar sus actividades de registro de entradas de vehículos, generación de reportes a sus inmediatos superiores.
- Realizar un análisis estadístico en cuanto al estado de las placas de los vehículos.
- Realizar un análisis de los videos tomados en cuanto a resolución y calidad.
- Realizar un análisis en cuanto al horario de la toma de imagen en video, ya que el parqueadero inicia actividades a horas 6.00 am. hasta las 18:00 pm. éste análisis fue de gran repercusión para desarrollar el algoritmo y la cámara a aplicar para la identificación de pacas vehiculares.
- Realizar un estudio de los problemas que tienen el personal que controla el ingreso de vehículos al realizar sus actividades.

3. Realizadas los estudios y análisis mencionados se procede a desarrollar el algoritmo seleccionado las librerías más adecuadas según las variables obtenidas para identificación de placas vehiculares y su almacenamiento en la base de datos, seleccionando también la cámara a emplear.

4. Finalmente se realiza un análisis de resultados para compararlos con los datos iniciales y los obtenidos una vez realizada la identificación de placas vehiculares en tiempo real.

**Figura 18** Diagrama de flujo del procedimiento de investigación



*Nota.* Elaboración propia según la investigación

## CAPITULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se dará a conocer los resultados de la investigación partiendo de la metodología y métodos empleados para el desarrollo del sistema se empleó la metodología UWE, donde se procedió a determinar la operación que tendrá el sistema Web. Según las etapas de la metodología

- Planificación
- Diseño
- Codificación
- Pruebas
- Lanzamiento

### 1. PLANIFICACIÓN

Se presenta la delimitación y planeación del sistema para establecer la solución

- El sistema de identificación de placas vehiculares se desarrolla a nivel de prototipo tomando en cuenta la complejidad, tiempo de entrega y el tamaño del equipo de desarrollo. Sin embargo el sistema en escala cumplirá los objetivos planteados.
- El sistema no contemplará el registro y control de las salidas de los vehículos se limitará al registro automático de entradas al Parqueadero por medio de la identificación de placas vehiculares con OCR y visión artificial.
- El rango de horas considerado para el estudio es de 7:00 de la mañana a 17:00, siendo estas horas invariantes en cuanto a las estacionales del año en este rango de horas se elimina la oscuridad ya que la iluminación es una variable que define el funcionamiento de este tipo de sistemas.
- El sistema no incluye solución a aspectos de oclusión (objeto que está tapado) ni de rotación. El sistema necesita que la cámara esté ubicada a una distancia fija para considerar la escala y perspectiva del universo de imágenes a tomar.

- Respecto al alcance del prototipo será desarrollado en modo of line no obstante este sistema será desarrollado con características de escalabilidad esto quiere decir que en una segunda etapa o versión del sistema se podrá optimizar a modo online. El tamaño del sistema contempla: Módulo de autenticación, módulo de reconocimiento de caracteres, Modulo de registro automático de placas en la Base de Datos empleando vídeo (variable conformada por la resolución en pixeles que dependerán de la cámara IP que capturara información de alta calidad con una resolución en mega pixeles) Modulo de reportes.

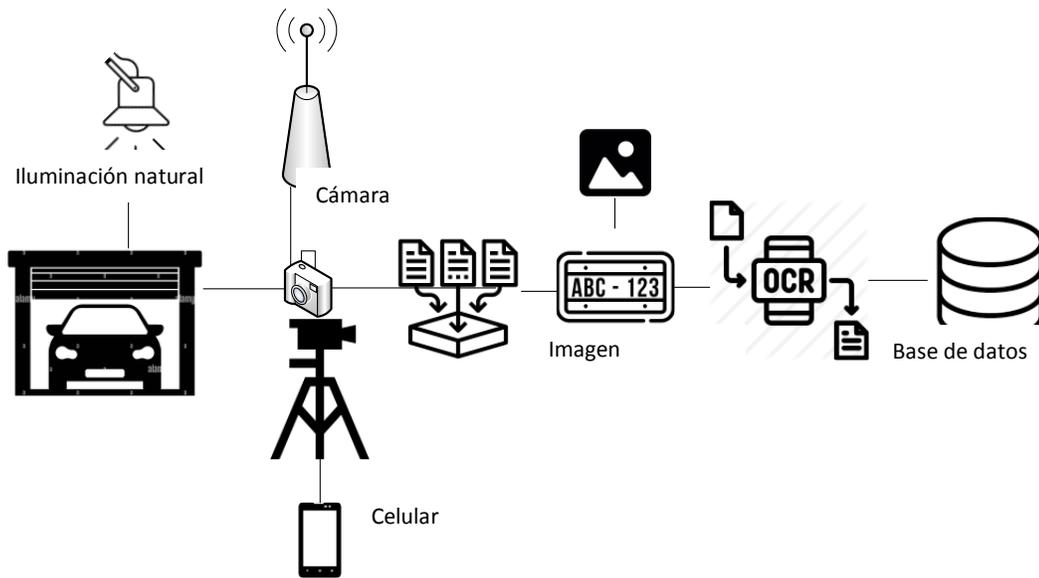
### 1.1. Arquitectura del Sistema

La arquitectura de producto es un esquema en el cual se disponen los elementos/módulos del producto, por medio de esta además de evaluar la disposición de los elementos también se busca evaluar la interacción entre ellos (Gutiérrez, 2009).

Una vez que las interacciones entre los componentes están bien definidas se puede seguir adelante con el siguiente paso en el proceso. Los módulos que hacen parte de una arquitectura de producto pueden diseñarse independientemente uno de otro. La arquitectura de producto permite realizar cambios de diseño sobre un componente sin que se tengan que modificar los demás componentes para que el producto pueda funcionar de manera correcta. La arquitectura de producto surge durante el desarrollo del concepto, esto sucede de manera informal en bosquejos, diagramas de función e incluso prototipos. (Gutiérrez, 2009).

La arquitectura sirve como herramienta de comunicación y discusión entre las personas implicadas en el proyecto como diseñadores, programadores y el cliente, son elaborados al inicio del desarrollo para luego sea interpretado por el equipo de trabajo hasta convertirse en un diseño final (Gutiérrez, 2009).

**Figura 19** Arquitectura de componentes del sistema de identificación de placas vehiculares



Nota. Diseño propio según investigación

## 1.2. Análisis y especificación de requisitos

### a) Análisis y especificación de requerimientos funcionales

RF1. Gestión de usuarios

RF2 Adquisición de Imagen de vídeo

RF3. Detección de placa vehicular

RF3. Reconocimiento de caracteres de la placa vehicular

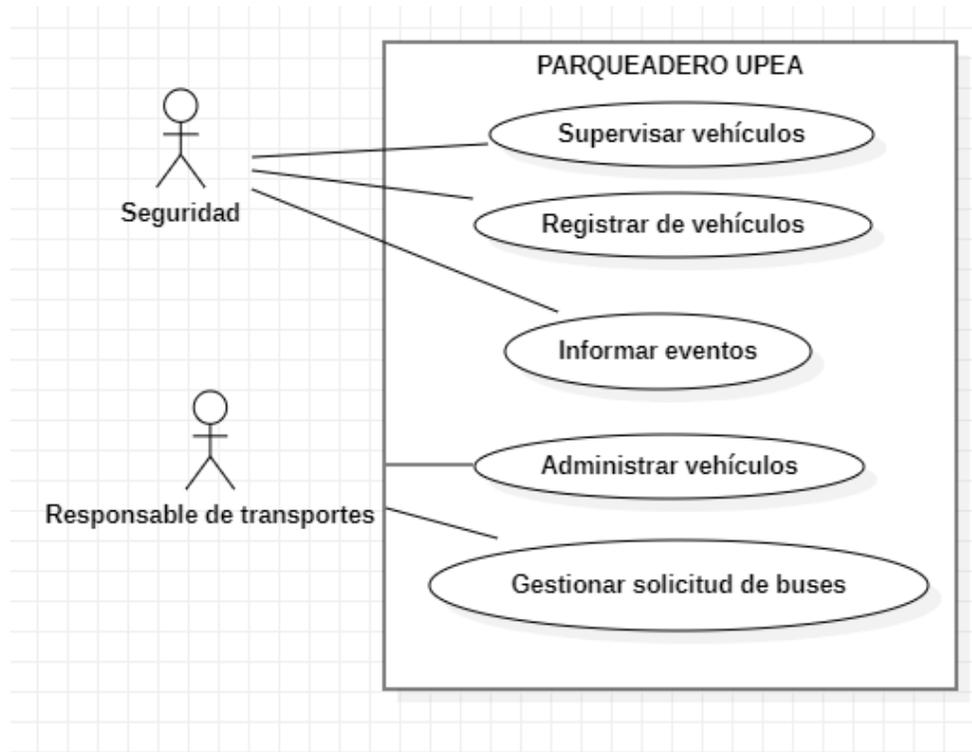
RF5 Almacenamiento en Base de Datos

### b) Análisis de requerimientos no funcionales

RNF1. El sistema deberá realizar el proceso de manera rápida

RNF2. El sistema deberá tener fácil manejo

RNF3. El sistema deberá registrar las placas vehiculares en una base de datos.

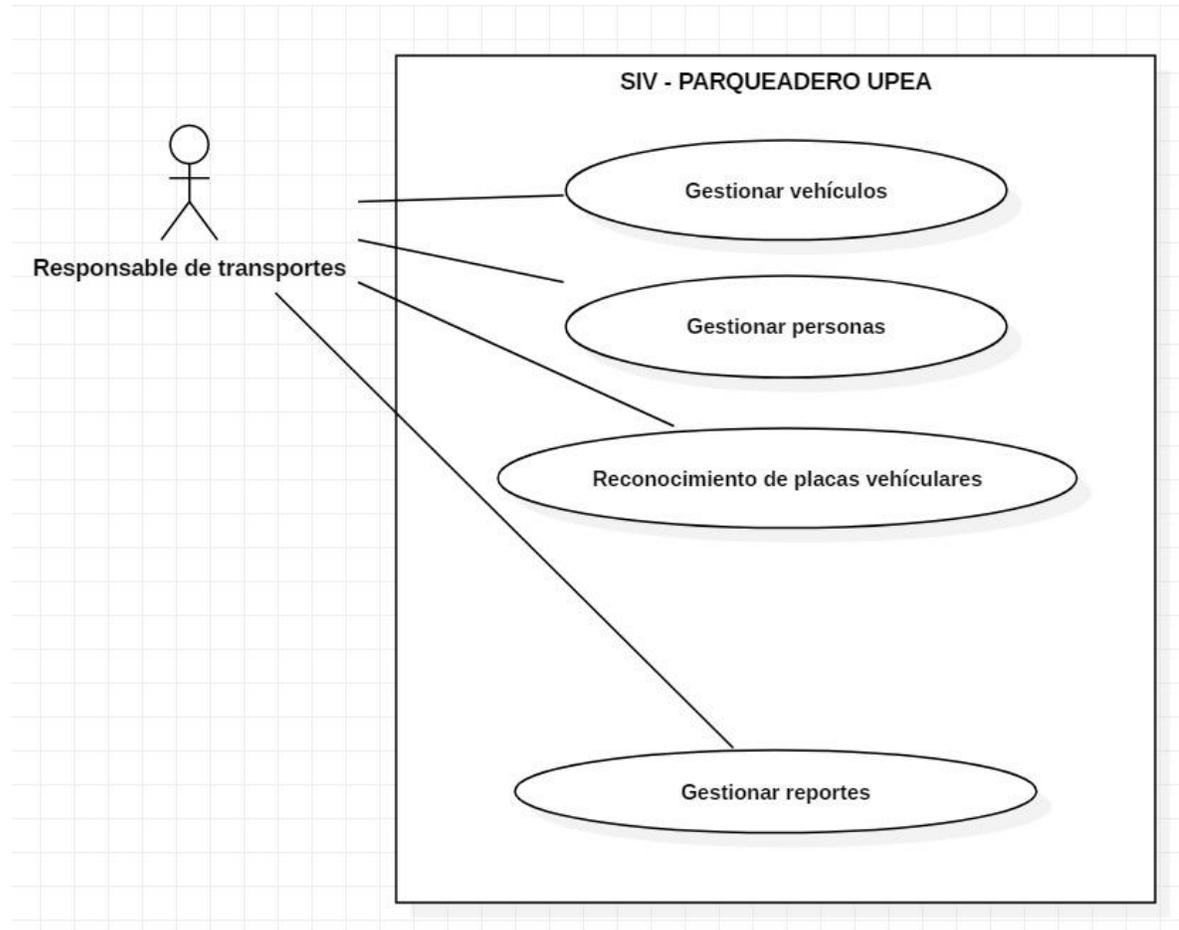
**b) Diagrama de caso de uso de negocio***Figura 20* Caso de uso de negocio Parqueadero UPEA

*Nota.* Diseño propio según investigación

## 2. DISEÑO

### a) Diagrama de caso general

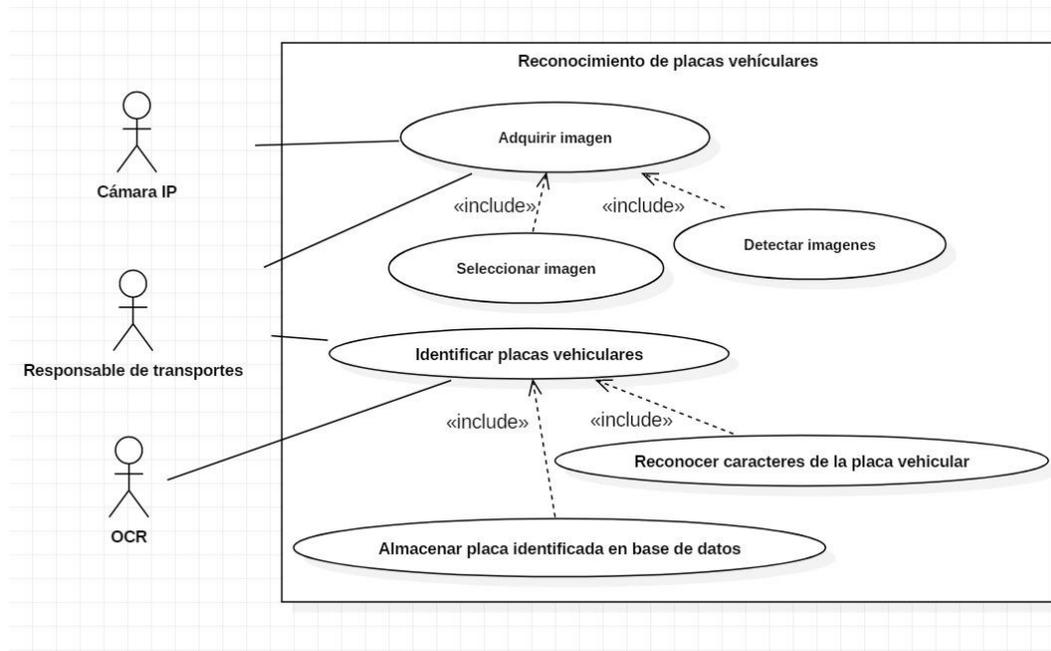
**Figura 21** Caso de uso general SIPV Parqueadero UPEA



*Nota.* Diseño propio según investigación

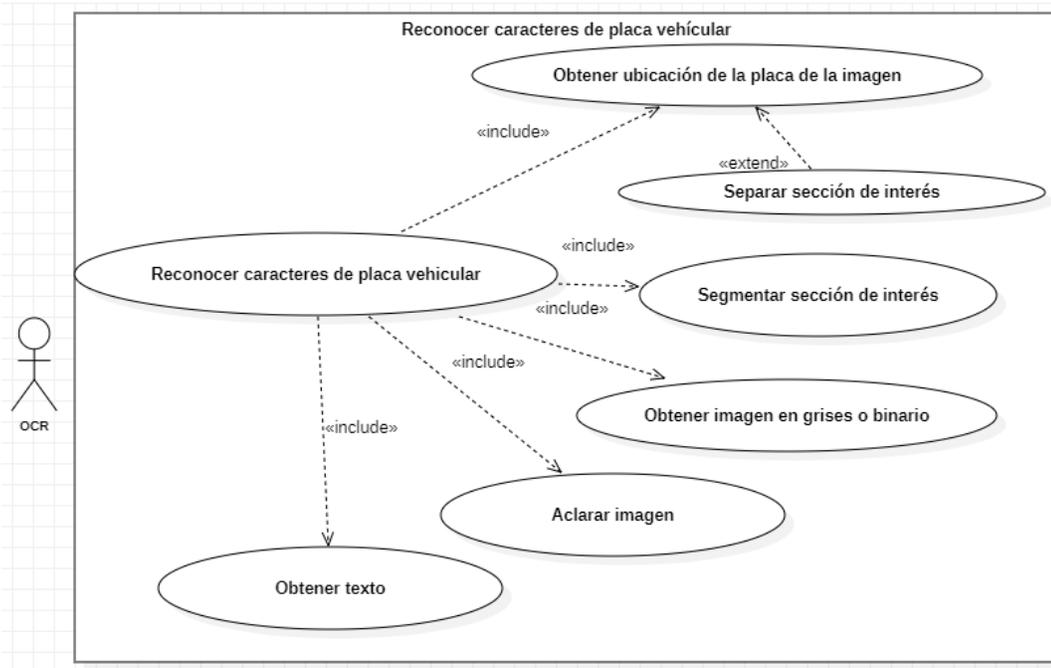
**b) Diagrama de casos de uso específicos**

**Figura 22** Caso de uso específico *Reconocimiento de placas vehiculares*



Nota. Diseño propio según investigación

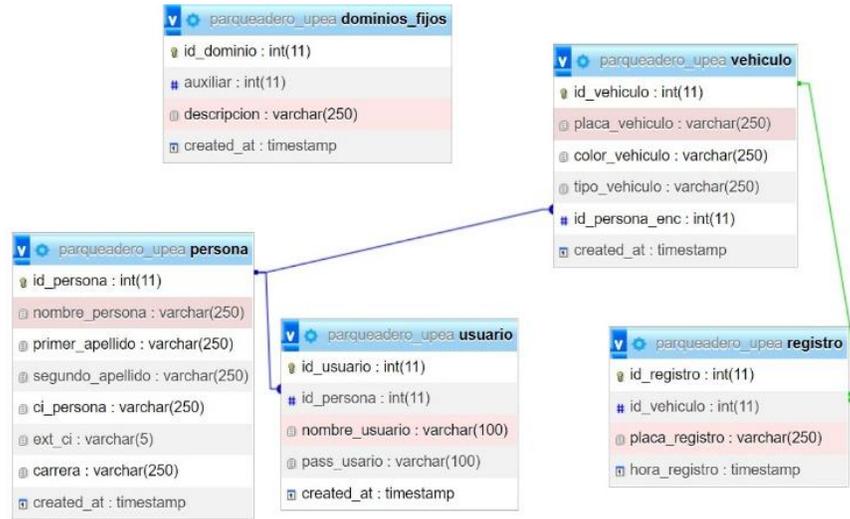
**Figura 23** Caso de uso específico *reconocer caracteres de placa vehicular*



Nota. Diseño propio según investigación

### c) Esquema de la base de datos

Figura 24 Esquema de base de datos



Nota. Diseño propio según investigación

### 3. OCR EN EL DESARROLLO DEL SISTEMA

En el desarrollo del sistema se realizó los siguientes pasos de forma secuencial empleando las librerías OpenCV y TensorFlow, numpy, pytesseract, LPR y matplotlib.pyplot.

- **Detectar si es vehículo:** Es la entrada de datos, el ingreso de datos es en formato digital a partir de la imagen del vehículo obtenida del video, en este paso se realiza la identificación del objeto con la librería TensorFlow. Para lo cual se requiere que la distancia de donde se obtuvo la imagen esté delimitada, aquí también se considera la iluminación desde código. Para obtener la captura de la imagen del video se debe delimitar la toma de la imagen para tener una dimensión fija de imagen
- **Obtener la ubicación de la placa del automóvil:** Con OCR y librerías pytesseract, OpenCVcv, orvm, cv2
- **Ajustar en un cuadro:** Es la segmentación en el que se detecta el segmento de interés de la imagen y separar de otros elementos

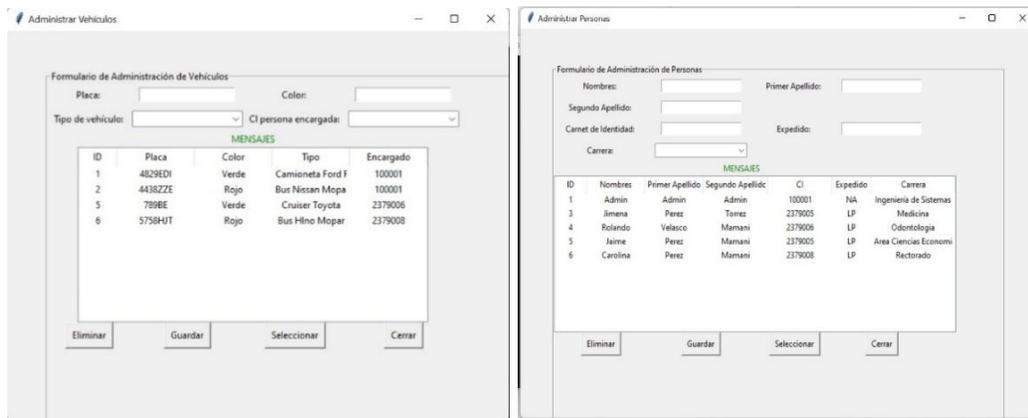
- **Capturar como imagen:** Se realizó reconocimiento en niveles de gris o binario
- **Aclara la imagen:** Empleando a técnica de la correspondencia donde se busca el grado de proximidad y correspondencia
- **Obtener el texto:** Es la presentación del texto editable.

Figura 25 Proceso de identificación de placas vehiculares con OCR



Nota. Se ilustra el proceso del reconocimiento placas vehiculares

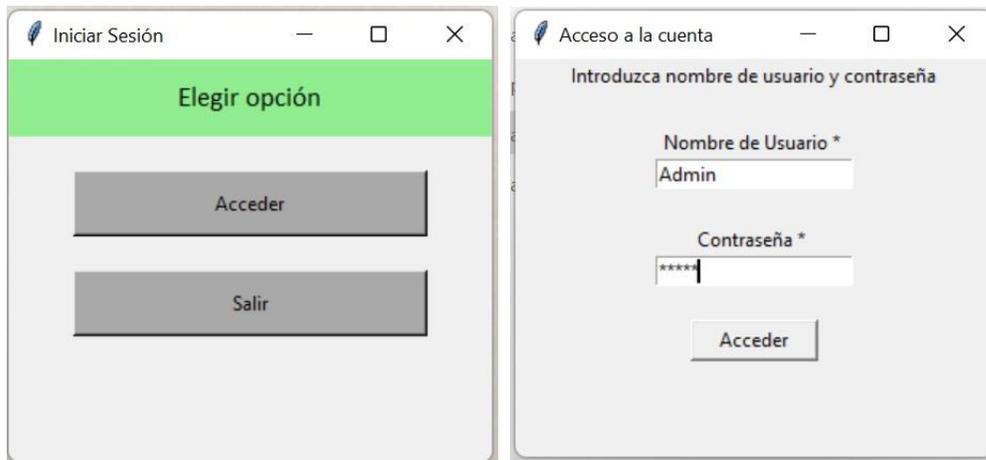
Figura 26 Entorno del Sistema Identificación de Placas Vehiculares



Nota. Se ilustra módulos gestión de vehículos y personas

**SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PLACAS VEHICULARES  
CASO: PARQUEADERO – TRANSPORTES UPEA**

**Figura 27** Acceso al Sistema de Identificación de Placas Vehiculares



*Nota.* Se ilustra el inicio de sesión del administrador

**Figura 28** Módulo de Reconocimiento de placas vehiculares



*Nota.* Se ilustra el proceso del Módulo de Reconocimiento

**Figura 29** Resultados del Módulo Registros

**REPORTE DE ENTRADAS**

ID	TIPO DE VEHÍCULO	PLACA	ENCARGADO	CI	FECHA Y HORA
1	---	4829EDI	---	---	2022-11-06 22:30:09
2	Camioneta Ford Ranger	4438ZZE	Admin Admin	100001 NA	2022-11-06 22:29:42
3	Bus Nissan Mopar	5220KNS	Admin Admin	100001 NA	2022-11-06 22:30:34
4	Cruiser Toyota	5220KPX	Rolando Velasco	2379006 LP	2022-11-06 22:31:03
5	---	5251CAL	---	---	2022-11-09 23:06:14
6	---	5280T1H	---	---	2022-11-15 15:35:36

*Nota.* Se ilustra reporte de ingreso de vehículos

#### 4. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

Verificación y validación es un conjunto de procedimientos, actividades, técnicas y herramientas que se utilizan, paralelamente al desarrollo de software, para asegurar que un producto software resuelve el problema inicialmente planteado, las pruebas son una familia de técnicas de verificación y validación.

Las pruebas tienen como objetivo: Analizar los resultados obtenidos.

La etapa de prueba consiste en probar diferentes ejemplos reales y observar cómo funciona el sistema.

Existen diferentes pruebas para el software: prueba de unidad que se centra en la unidad del software, tal como está implementada en código fuente, la prueba de integración donde el foco de atención es el diseño y construcción de la arquitectura del software, la prueba de validación donde se validan los requisitos establecidos en el análisis de requisitos del software, finalmente se tiene la prueba del sistema en que se prueban como un todo el software y otros elementos del sistema (Pressman, 2001).

##### 4.1. Prueba de validación

En el presente proyecto se aplicara la prueba de validación, de acuerdo a los requerimientos del usuario definidos en el punto análisis y especificación de requisitos, para la misma se diseñaron casos de prueba.

**a) Técnica de prueba caja negra o pruebas funcionales** En este caso se comprobaba que cada componente cumpla con su funcionalidad sin internarnos en su estructura interna, es decir habrá que comprobar que las salidas sean correctas según las entradas.

**b) Responsables de la prueba** Los responsables de la aplicación de la prueba son:

- Desarrollador de Sistema
- Usuario

### c) Casos de prueba

A continuación se muestra los casos de prueba empleadas en esta técnica, las mismas fueron aplicadas al módulo de identificación de placas vehiculares.

*Tabla 5 Casos de prueba con la técnica caja negra*

Código	Objetivo de la prueba	Valor lingüístico	Valor booleano	Cantidad de prueba
CP01	Verificar que el sistema identifique y visualice la placa vehicular en texto editable a partir de una imagen.	Correcta Incorrecta	-	7 (ver punto 4.5.2)
CP02	Verificar el almacenamiento de la placa vehicular identificada en la base de datos del Sistema de Identificación de Placas Vehiculares	-	Si No	5
CP03	Verificar que el Sistema de Identificación de Placas Vehiculares permita navegación en forma interactiva y dinámica al usuario final	Mala Regular Buena Excelente	-	5

*Nota.* Tres casos de prueba realizados al sistema

Mediante el Caso de Prueba CP01, considerada de relevancia, se verificará la funcionalidad del Sistema de Identificación de Placas Vehiculares.

### d) Determinación de la población y muestra

La población que se estudió, son la identificación de placas de los vehículos que ingresa, según el responsable de transportes Sr. Rolando Velasco Mamani, se tiene una estimación de 24 ingresos al parqueadero durante el día.

Tomando en cuenta el dato anterior, tenemos que la población total es  $N = 24$ , con la finalidad de tener un error estándar menor a 0.05 se calcula, cuál debe ser el tamaño de muestra óptimo, para lo cual necesitamos.

$$N = 24; \text{Tamaño poblacional}$$

$$e = 0.1; \text{Error estándar}$$

$$V^2 = e^2 = 0.01; \text{Varianza población}$$

$$S^2 = p(1 - p) = 0.90(1 - 0.90) = 0.09; \text{Varianza muestral}$$

Dónde:  $p$  es la probabilidad de los casos que se presenten sean reales alguna anomalía (fallas en el Sistema Identificación de Placas Vehiculares), en este caso se toma una probabilidad de 90%, esto quiere decir que en la mayoría de los casos el 90% de los vehículos.

Ahora calculamos el tamaño de muestra sin ajustar:

$$n' = \frac{S^2}{V^2} = \frac{0.09}{0.01} = 9$$

Donde el tamaño de muestra sin ajustar es:  $n' = 9$

Finalmente de la fórmula:

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}} = \frac{9}{1 + \frac{9}{24}} = 6.6$$

El tamaño de muestra óptimo es:  $n = 7$

## 4.2. Evaluación

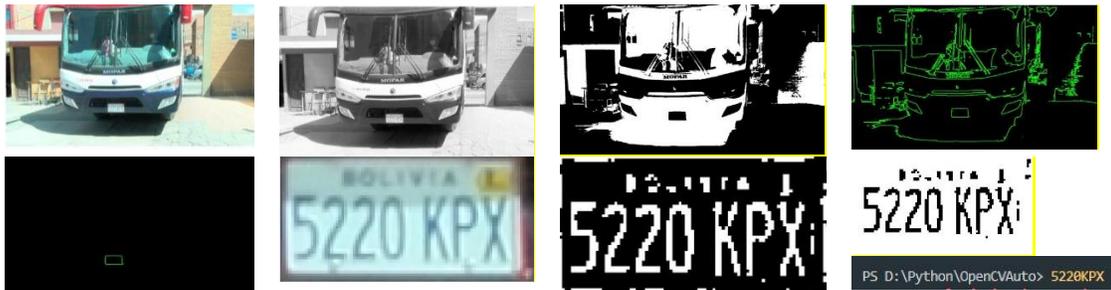
Se seleccionó la información inicial requerida por sistema, en este caso los ingresos de los vehículos al parqueadero de universidad.

**Figura 30** Prueba 1 Módulo de Reconocimiento de Placas



*Nota.* En las imágenes se ilustra el procedimiento que sigue el reconocimiento de placas vehiculares. Información del sistema: Módulo de Reconocimiento. Lugar del hecho: Imagen del vídeo ingreso turno mañana día lunes. Descripción: Obtiene la imagen del vehículo, Detecta si es vehículo, Obtiene la ubicación de la placa del automóvil, Ajusta en un cuadro, Captura como imagen, Aclara la imagen y Obtiene el texto: 1154NXG. Resultado: Identificación correcta.

**Figura 31** Prueba 2 Módulo de Reconocimiento de Placas



*Nota.* En las imágenes se ilustra el procedimiento que sigue el reconocimiento de placas vehiculares. Información del sistema: Módulo de Reconocimiento. Lugar del hecho: Imagen del vídeo ingreso turno mañana día martes. Descripción: Obtiene la imagen del vehículo, Detecta si es vehículo, Obtiene la ubicación de la placa del automóvil, Ajusta en un cuadro, Captura como imagen, Aclara la imagen y Obtiene el texto: 5220KPX. Resultado: Identificación correcta.

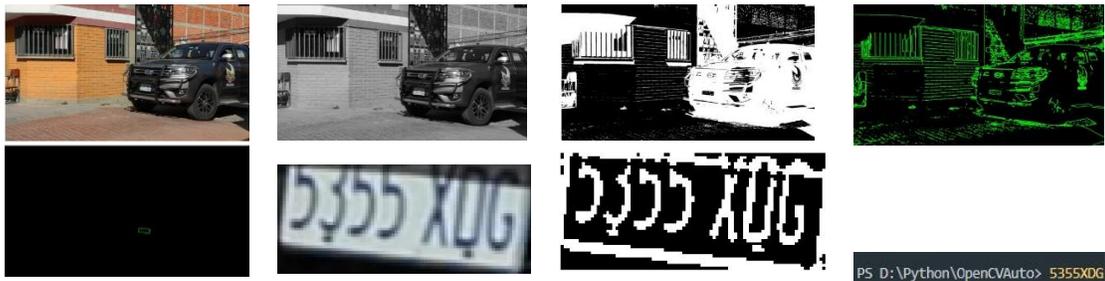
**Figura 32** Prueba 3 Módulo de Reconocimiento de Placas



*Nota.* En las imágenes se ilustra el procedimiento que sigue el reconocimiento de placas vehiculares. Información del sistema: Módulo de Reconocimiento. Lugar del hecho: Imagen del vídeo ingreso turno mañana día miércoles. Descripción: Obtiene la imagen del vehículo, Detecta si es vehículo, Obtiene la ubicación de la placa del automóvil, Ajusta en un cuadro, Captura como imagen, Aclara la imagen y Obtiene el texto: 2933ZZB. Resultado: Identificación correcta.

**Figura 33** Prueba 4 Módulo de Reconocimiento de Placas

*Nota.* En las imágenes se ilustra el procedimiento que sigue el reconocimiento de placas vehiculares. Información del sistema: Módulo de Reconocimiento. Lugar del hecho: Imagen del vídeo ingreso turno mañana día martes. Descripción: Obtiene la imagen del vehículo, Detecta si es vehículo, Obtiene la ubicación de la placa del automóvil, Ajusta en un cuadro, Captura como imagen, Aclara la imagen y Obtiene el texto: 5355T2S. Resultado: Identificación correcta.

**Figura 34** Prueba 5 Módulo de Reconocimiento de Placas

*Nota.* En las imágenes se ilustra el procedimiento que sigue el reconocimiento de placas vehiculares. Información del sistema: Módulo de Reconocimiento. Lugar del hecho: Imagen del vídeo ingreso turno mañana día martes. Descripción: Obtiene la imagen del vehículo, Detecta si es vehículo, Obtiene la ubicación de la placa del automóvil, Ajusta en un cuadro, Captura como imagen, Aclara la imagen y Obtiene el texto: 5355XDG. Resultado: Identificación correcta.

**Figura 35** Prueba 6 Módulo de Reconocimiento de Placas

*Nota.* En las imágenes se ilustra el procedimiento que sigue el reconocimiento de placas vehiculares. Información del sistema: Módulo de Reconocimiento. Lugar del hecho: Imagen del vídeo ingreso turno mañana día lunes. Descripción: Obtiene la imagen del vehículo, Detecta si es vehículo, Obtiene la ubicación de la placa del automóvil, Ajusta en un cuadro, Captura como imagen, Aclara la imagen y Obtiene el texto: 5220KPX. Resultado: Identificación correcta.

**Figura 36** Prueba 7 Módulo de Reconocimiento de Placas



*Nota.* En las imágenes se ilustra el procedimiento que sigue el reconocimiento de placas vehiculares. Información del sistema: Módulo de Reconocimiento. Lugar del hecho: Imagen del vídeo ingreso turno mañana día martes. Descripción: Obtiene la imagen del vehículo, Detecta si es vehículo, Obtiene la ubicación de la placa del automóvil, Ajusta en un cuadro, Captura como imagen, Aclara la imagen y Obtiene el texto: Ninguno. Resultado: Identificación incorrecta.

De los siete casos de prueba cinco fueron correctas por el sistema utilizando el índice de precisión. Tomamos en cuenta la cantidad de información correcta por el modelo.

*IA = Información acertada*

*TP = Total pruebas*

*IP = Índice de precisión*

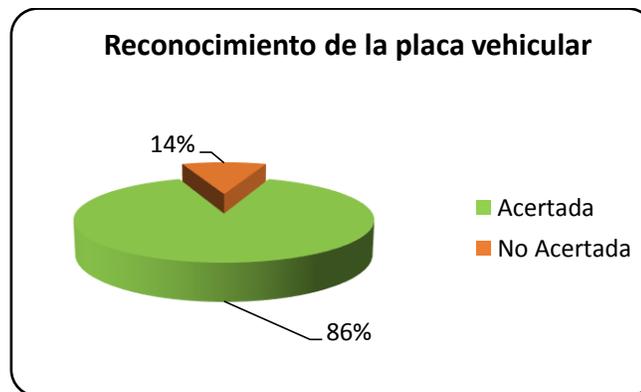
$$IP = \frac{IA}{TP} * 100 = \frac{6}{7} * 100 = 86\%$$

El resultado obtenido nos permite observar el índice de precisión es del 86% por lo que se afirma que el Sistema de Identificación de Placas Vehiculares tiene una precisión aceptable.

**Tabla 6** Descripción del caso de prueba CP01.

Caso de Prueba CP01	
<b>Objetivo</b>	Verificar que el sistema identifique y visualice la placa vehicular en texto editable a partir de una imagen.
<b>Criterio</b>	El módulo de reconocimiento identifica de manera correcta los caracteres de la placa vehicular
<b>Resultado Obtenido</b>	Acertada 86% ; No acertada 14%
<b>Observación</b>	La información obtenida por el módulo es acertada en un 86%, el 14% de desacierto es debido a que el resultado está sujeto a la robustez del algoritmo, a la calidad de la imagen obtenido del video digital conformado por pixeles, el video depende de la cámara IP con la que se realiza la toma. El desacierto también se debe a la ubicación de la cámara así como al estado de la placa, oclusión, perspectiva, escala y rotación.

*Nota.* Se describe el objetivo y los resultados obtenidos del caso CP01

**Figura 37** Resultados finales del caso de prueba CP01

*Nota.* Se detalla la información del CP01 en porcentajes

**Tabla 7** Descripción del caso de prueba CP02.

Caso de Prueba CP02	
<b>Objetivo</b>	Verificar el almacenamiento de la placa vehicular identificada en la base de datos del Sistema
<b>Criterio</b>	¿La información es almacenada en la base de datos?
<b>Resultado Obtenido</b>	Si 100%, No 0%
<b>Observación</b>	Se tiene un 100% de aceptación con respecto al almacenamiento de datos

*Nota.* Se describe el objetivo y los resultados obtenidos del caso CP02

**Figura 38** Resultados finales del caso de prueba CP02



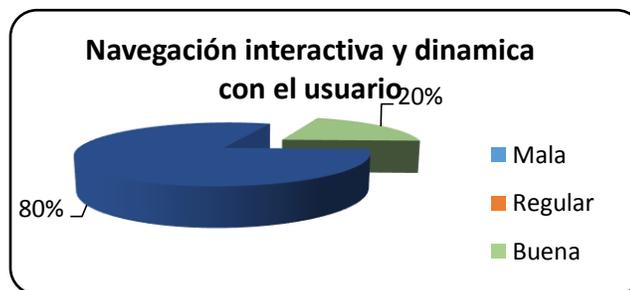
*Nota.* Se detalla la información del CP02 en porcentajes

**Tabla 8** Descripción del caso de prueba CP03.

Caso de Prueba CP03	
<b>Objetivo</b>	Verificar que el Sistema de Identificación de Placas Vehiculares permita navegación en forma interactiva y dinámica al usuario final
<b>Criterio</b>	El sistema permite navegar interactiva y dinámica al usuario final
<b>Resultado Obtenido</b>	Excelente 80%, Buena 20%
<b>Observación</b>	Se tiene un 80% de navegación interactiva y dinámica con el usuario de forma excelente, 20% de forma buena; aspecto que puede ser solucionado ya que el sistema es escalable y portable.

*Nota.* Se describe el objetivo y los resultados obtenidos del caso CP03

**Figura 39** Resultados finales del caso de prueba CP03



*Nota.* Se detalla la información del CP02 en porcentajes

A continuación se detalla la media de los valores de aceptación de los casos de prueba aplicados.

**Tabla 9** Resumen de los grados de aceptación de las pruebas realizadas

Grado de aceptación / Número de Pruebas Realizadas		
Cód. Prueba	Grado de Aceptación	Número de pruebas realizadas
CP01	86%	9
CP02	100%	5
CP03	100%	5
<b>Promedio</b>	95%	

*Nota.* Se presenta el promedio de aceptación de las pruebas realizadas

### 4.3. Métricas de calidad del software

La ISO 9126 describe el modelo de calidad del producto de software, aplicables a todo tipo de software. Permitiendo especificar y evaluar la calidad del software desde distintas perspectivas, las cuales están asociadas a la adquisición, requerimientos, desarrollo, uso, evaluación, soporte, mantenimiento, aseguramiento de la calidad, y auditoria del software. (Scalone, 2006)

La norma ISO 9126 presenta dos modelos de calidad, la primera referida a la calidad interna y externa y el segundo modelo referido a la calidad en uso.

La calidad externa e interna tiene 6 características: funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, facilidad de mantenimiento y portabilidad.

Para medir el producto se aplica las siguientes características:

- ✓ **Usabilidad**
  - Facilidad de comprensión
  - Facilidad de aprendizaje
  - Facilidad de operatividad
- ✓ **Portabilidad**

#### a) Usabilidad

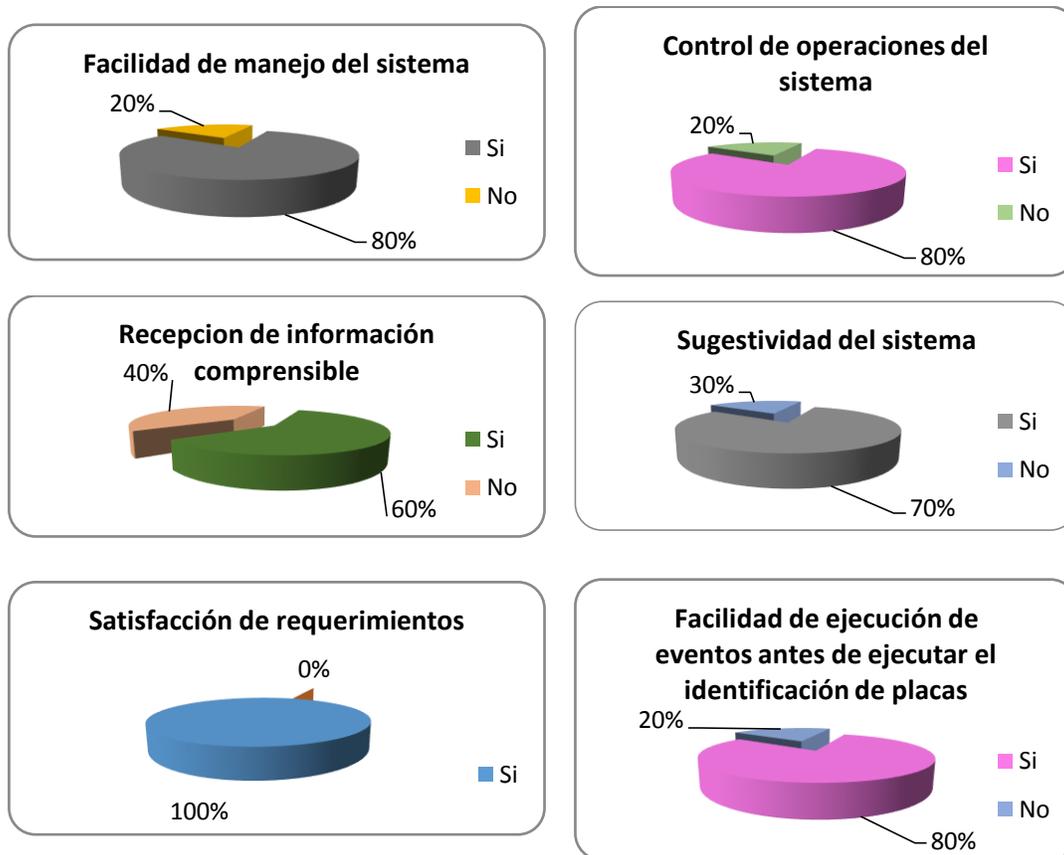
Para medir la usabilidad del sistema se realizó encuestas al responsable de transportes de la universidad que es el usuario del sistema. Las preguntas que se realizaron están sujetas a las subcaracterísticas de usabilidad.

**Tabla 10** Evaluación de usabilidad

Evaluación de Usabilidad		
Pregunta	Si	No
1	4	1
2	4	1
3	3	2
4	4	1
5	5	0
6	4	1

Nota. Se presenta la evaluación obtenida

**Figura 40** Resultados finales de las subcaracterísticas de usabilidad

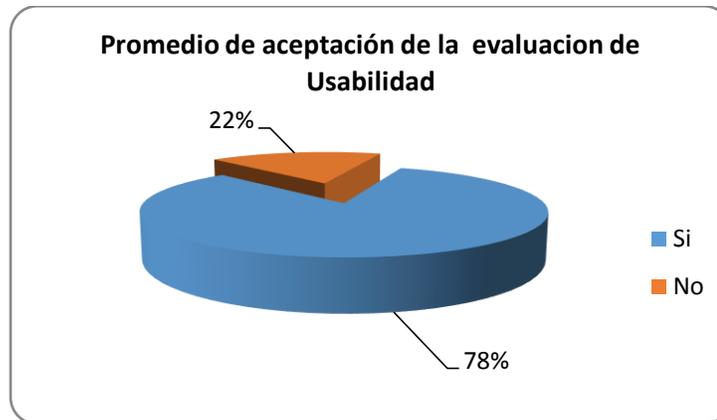


Nota. Se presenta la evaluación obtenida en Facilidad de manejo, Control de operaciones, Recepción de información comprensible, Sugestividad del sistema, Satisfacción de requerimientos, Facilidad de ejecución de eventos antes de ejecutar el sistema.

**Tabla 11** Promedio de aceptación Usabilidad

Nº	NO	SI
1	20	80
2	20	80
3	40	60
4	30	70
5	0	100
6	20	80
	21,67	78,33

Nota. Se presenta el promedio

**Figura 41** Promedio de aceptación de la evaluación de Usabilidad

Nota. Se ilustra el promedio de aceptación con un 78 % de aceptación

**Tabla 12** Rango de evaluación métrica de Usabilidad

Porcentaje de puntuación	Evaluación de calidad
80% - 100%	La calidad es muy satisfactoria
51% - 79%	La calidad es satisfactoria
25% - 50%	No cumple con los requisitos mínimos de calidad
10% - 24%	La calidad es deficiente

Nota. Se describen los indicadores de la evaluación de calidad

Según el rango de evaluación para la métrica usabilidad, al obtener el promedio de aceptación de la evaluación de usabilidad de 78% la calidad del sistema es satisfactoria.

## b) Portabilidad

La portabilidad se refiere al esfuerzo necesario para transferir el programa de un entorno de un sistema de hardware y/o software a otro.

- Hardware, el Modelo de optimización de rutas hacia centros de salud en un Sistema de Información Geográfico es portable a equipos de computación que cumpla los siguientes requerimientos de hardware:

**Tabla 13:** Requerimiento mínimo de hardware

HARDWARE	CAPACIDAD MÍNIMO	CAPACIDAD MÁXIMO
PROCESADOR	Core i5	Core i7
RAM	8 Gb	8 Gb
ALMACENAMIENTO DISCO DURO	1Tb	1Tb
TARJETA DE VIDEO	2GB Video dedicado	4 Gb video dedicado
GENERACIÓN	6ta	9na
COSTO	5.000 Bs.	6.500 Bs

*Nota.* Se detalla los requerimientos de hardware del sistema

- Software
 

El sistema está desarrollado en el lenguaje de programación Python, el cual se desarrolla bajo una licencia de código abierto aprobada por OSI, por lo que se puede usar y distribuir libremente, incluso para uso comercial. Para el desarrollo se empleó también MySQL, es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto respaldado por Oracle y basado en el lenguaje de consulta estructurado SQL. MySQL funciona prácticamente en todas las plataformas, incluyendo Linux, UNIX y Windows.
- Sistema operativo

El sistema de identificación de placas vehiculares actualmente funciona en plataforma Windows 10 y similares

La ecuación para medir la portabilidad es:

$$GP= 1- (EP/EI)$$

**Donde:**

P → Portabilidad

EP → Esfuerzo para portar

EI → Esfuerzo de Implementar

El valor esperado de  $(EP/EI)$  debe ser entre  $0 \leq x \leq 1$  y GP entre  $0 < GP \leq 1$

Si  $GP > 0$  → Significa que la portabilidad del sistema es más rentable que el redesarrollo.

Si  $GP = 1$  → Representa que la portabilidad es perfecta.

Costo del hardware requerido:  $5.000 \cong 736$  \$us

En cuanto al costo de desarrollo se toma en cuenta el tiempo, el número de desarrolladores y el esfuerzo,  $3.500$  Bs.  $\cong 515$  \$us

Costo total del proyecto  $= 8.000$  Bs.  $\cong 1178$ , \$us

Para de portar el sistema se toma en cuenta un 20% del costo de desarrollo, siendo  $103$  \$us

**Costo de portar = 103 \$us**

**Costo de desarrollo = 515 \$us**

Reemplazando en la ecuación

$$GP = 1 - (103/515) = 0,8$$

Entonces  $GP > 0$ , lo cual nos indica que la portabilidad es mucho mejor que desarrollar el sistema.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES**

### **1. CONCLUSIONES**

En el proyecto se logró emplear visión artificial, reconocimiento óptico de caracteres, la librería principal empleada fue OpenCV.

La visión artificial es una disciplina formada por un conjunto de técnicas que permiten la captura, el procesamiento y el análisis de imágenes, empleado elementos como es la cámara de video para la adquisición de imágenes y computadora para procesar la información, simula la visión humana y el cerebro.

Emplea también algoritmos para identificación de información de una imagen en este caso para identificar las placas vehiculares. Su aplicación está en áreas como la seguridad: detección de intrusos, reconocimiento facial; la industria: control de calidad en cada etapa de producción, fabricación donde la manipulación incluye peligro, como en la soldadura y ensamblaje de piezas; la medicina: detección de tumores, participación asistida en operaciones mínimamente invasivas. Otras aplicaciones como la identificación relacionada con la lectura de caracteres impresos o grabados, decodificación de símbolos entre otras

El reconocimiento óptico de caracteres permite identificar caracteres contenidos en una imagen, documento escaneado o fotografía, en este caso la placa vehicular. OpenCV librería libre de visión artificial permitió el procesamiento de la imagen de la placa vehicular.

Con las pruebas de funcionalidad (caja negra) se logró probar la hipótesis planteada.

Se logró analizar y diseñar el sistema de identificación de placas vehiculares

El análisis, diseño del sistema así como tecnologías aplicadas requirió un esfuerzo para alcanzar un dominio

El objetivo general planteado fue alcanzado:

Desarrollar un sistema de identificación de placas vehiculares para el Parqueadero de la Universidad Pública de El Alto, mediante reconocimiento óptico de caracteres y visión artificial, para el registro de entradas, mejorando el control del mismo y coadyuvando en la toma de decisiones.

El objetivo se cumple en el capítulo IV Resultados.

Los objetivos específicos fueron alcanzados:

Objetivo específico 1:

Recopilar información sobre la captura y procesamiento de imágenes. Cumplido en el capítulo II Marco teórico.

Objetivo específico 2:

Desarrollar el módulo de reconocimiento de placas vehiculares con el lenguaje de programación Python con visión artificial y librerías OpenCV y TensorFlow, numpy, pytesseract, LPR y matplotlib.pyplot. Cumplido en el capítulo IV Resultados

Objetivo específico 3:

Diseñar una base de datos en MySQL para almacenar información íntegra de vehículos. Cumplido en el capítulo IV Resultados

Objetivo específico 4:

Desarrollar el módulo de reportes sobre los ingresos de vehículos. Cumplido en el capítulo IV Resultados

Objetivo específico 5:

Realizar la evaluación de calidad del sistema de reconocimiento de placas vehiculares utilizando norma Internacional ISO 9126.

## **CAPITULO VI RECOMENDACIONES**

### **1. RECOMENDACIONES**

Para obtener imágenes a partir de una cámara es necesario tomar en cuenta factores como, el sistema de iluminación, la resolución de la cámara, la distancia de los objetos que se desean obtener.

El desarrollo del sistema está sujeto a la robustez del algoritmo empleado para identificación de las placas vehiculares, a la calidad de la imagen obtenido del video digital por lo que se recomienda emplear una cámara de alta resolución recomendado 4k la cual debe tener una ubicación fija para una buena toma de imágenes.

Se recomienda optimizar el algoritmo de identificación de placas vehiculares desarrollado en Python empleando librerías OpenCV y TensorFlow, numpy, pytesseract, LPR y matplotlib.pyplot; para mejorar la velocidad de respuesta.

Para proyectos donde se trabaje con visión artificial se recomienda obtener vídeos digitales de alta calidad en mega pixeles.

Es recomendable continuar buscando solución a casos de oclusión, rotación e iluminación, así aportar en la investigación de estas áreas, que actualmente continua en estudio por grades investigadores.

## BIBLIOGRAFÍA

bcnvision (2017, 12 septiembre). <https://www.bcnvision.com>

Cireşan, D., Meier, U., Gambardella, L., & Schmidhuber, J. (n.d.). Convolutional Neural Network Committees For Handwritten Character Classification. <https://people.idsia.ch/~ciresan/data/icdar2011a.pdf>

Cognex (2022). Qué es la Vision Artificial <https://cognex.com>

Contaval (s.f.). Vision Artificial. <https://www.contaval.es/que-es-la-vision-artificial-y-para-que-sirve/>

Crehana (2022). Aplicaciones de la Vision Artificial <https://crehana.com>

Diaz L. (2010) La observación. Libro. Tercera edición

doctorado, ESCA STO Instituto Politécnico Nacional. México.

Dominguez T.(2021). Visión Artificial.<https://unebook.es/es/libro/>

eabolivia. (s.f.). *nTerminal interprovincial de El Alto inicia operaciones desde hoy.*

<https://www.eabolivia.com/el-alto-noticias/24111-terminal-interprovincial-de-el-alto>

García E. (2012) Visión Artificial. Universitat oberta de Catalunya. <https://openlibra.com/es/book/vision-artificial>

Gonzales, R. (s.f.). Python para todos.

<https://www.academia.edu/15046254/Python>

Gutiérrez J. (2009) Aplicabilidad de las metodologías de diseño de producto en el desarrollo y creación de páginas web y diseños gráficos. Universidad EAFIT escuela de Ingeniería. Medellín. <https://repository.eafit.edu.co>

Hernandez R. (2014) Metodología de la investigación. Sexta edición

IBM. (2016). Computer Vision. <https://www.ibm.com/topics/computer-vision>

Infaimon (2018, Enero 2018). Aplicaciones de la Visión Artificial.<https://blog.infaimon.com/vision-computador>

Javier, C., & Fernández, S. (n.d.). Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR). <https://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/08-09/09.pdf>

Luis, J. (2016, July 8). La Metodología XP: la metodología de desarrollo de software más exitosa. Proagilist. <https://proagilist.es/blog/agilidad-y-gestion-agil/agile-scrum/la-metodologia-xp/>

Lund, W. B., Kennard, D. J., & Ringger, E. K. (2013). Combining multiple thresholding binarization values to improve OCR output. SPIE Proceedings. <https://doi.org/10.1117/12.2006228>

Lund, W. B., Kennard, D. J., & Ringger, E. K. (2013, February 5). Combining Multiple Thresholding Binarization Values to Improve OCR Output. ResearchGate; Society of Photo-optical Instrumentation Engineers. [https://www.researchgate.net/publication/236029409\\_Combining\\_Multiple\\_Thresholding\\_Binarization\\_Values\\_to\\_Improve\\_OCR\\_Output](https://www.researchgate.net/publication/236029409_Combining_Multiple_Thresholding_Binarization_Values_to_Improve_OCR_Output)

Llanos, L. F. (2014). La organización de la policía estatal en México. Tesis de

Medina Ángel, G., Yazmin, Y., Segura, C., & Burlak, G. (2018). Programación Matemática Y Software, 10(1), 2007–3283. <http://www.progmat.uaem.mx:8080/Vol10num1/vol10num1art6.pdf>

Metodología XP o Programación Extrema: ¿Qué es y cómo aplicarla? (2020). Gestor de Proyectos Online. <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodologia-xp>

OpenCV. (2019, February 9). OpenCV: How to Use Background Subtraction Methods. [https://docs.opencv.org/master/d1/dc5/tutorial\\_background\\_subtraction.html](https://docs.opencv.org/master/d1/dc5/tutorial_background_subtraction.html)

OpenCV. (2021, February 9). Que es OpeCV <http://opencv.org>

Radio Líder (21 de Agosto). Terminal Interprovincial inicia actividades.radiolider97.bo. <https://www.lapaz.gob.bo/noticias/detalle/i/648>.

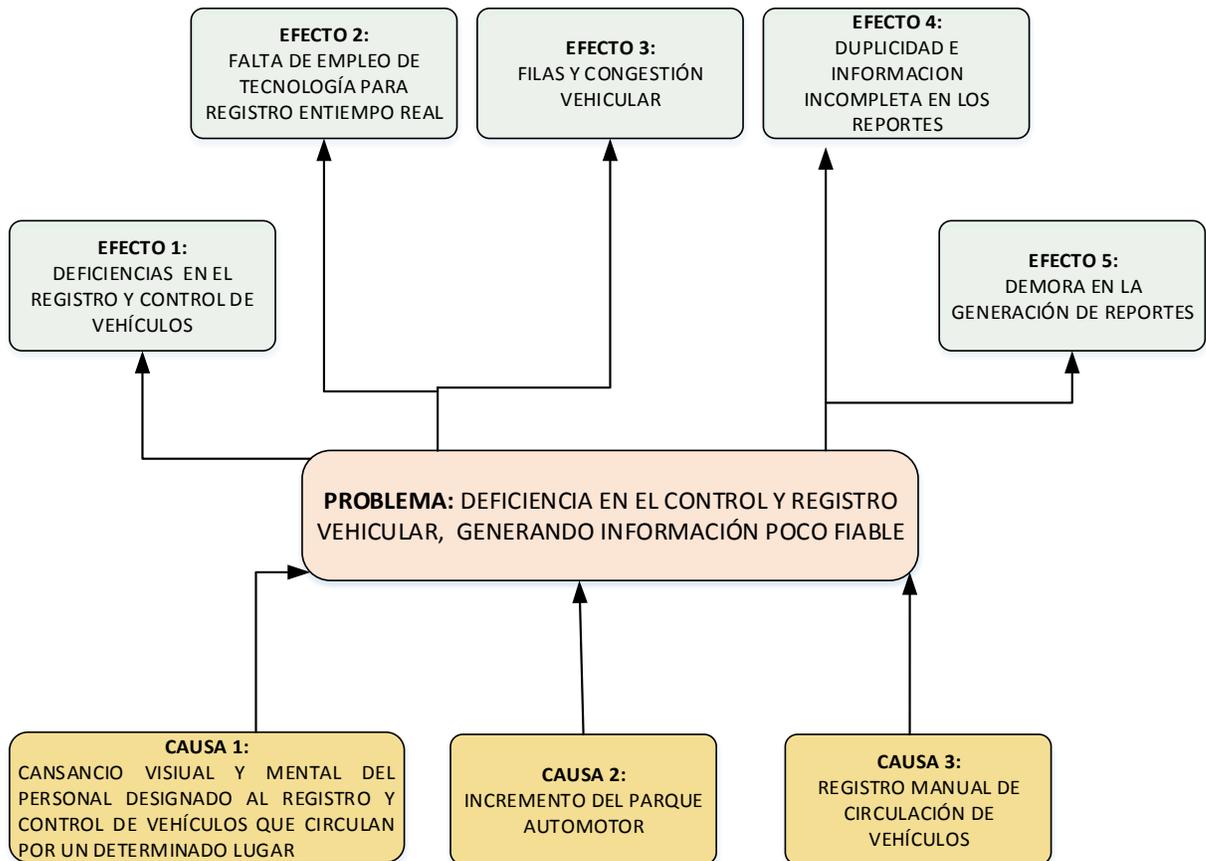
Rivas L. A. (2016) Diseño de la investigación tercera edición. México

- Rosenfeld, A. (1988). Computer Vision: Basic principles. IEEE, 863-868.
- Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. Barcelona: Planeta Libros.
- Scalone, F. (2006). Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software. Argentina.
- Shaikh, N. A., Shaikh, Z. A., & Ali, G. (2008). Segmentation of Arabic Text into Characters for Recognition. Wireless Networks, Information Processing and Systems, 11–18. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-89853-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-540-89853-5_4)
- Vallejos S., Larios J. & Sandoval A.(2016) Servicios web. Nicaragua.
- Vásquez, R. (2019, March 19). ¿Qué es reconocimiento óptico de caracteres (OCR)? Babel DGT. Babeldgt.com. <https://www.babeldgt.com/es/blog/que-es-reconocimiento-optico-de-caracteres-ocr/>
- Vélez J., Moreno A. Sánchez A., Sanchez J. (2008). Visión por computador. Segunda edición. <http://www.visionporcomputador.es/libroVision/libro.html>
- Viceministerio de Comunicación – Bolivia (s.f) *El Alto: Gobierno entrega nueva terminal terrestre interprovincial en la zona de Villa Esperanza.* <https://www.comunicacion.gob.bo/?q=20150517/18307>
- Visión Artificial. (s.f.). from [https://www.unebook.es/es/libro/vision-artificial\\_281374](https://www.unebook.es/es/libro/vision-artificial_281374)
- Visión Artificial: todo lo que necesitas saber. (2020, February 18). Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-vision-artificial/>
- Visión por computador: qué es y cuáles son sus usos más comunes. (2018, January 18). Revolución artificial. <https://blog.infaimon.com/vision-computador>
- Yendry Lopez Gomez. (2022, January 16). Significado del ORC descripción de sus características y funcionalidades tecnológicas. LovTechnology; LovTechnology. <https://lovtechnology.com/reconocimiento-optico-de-caracteres-ocr/>

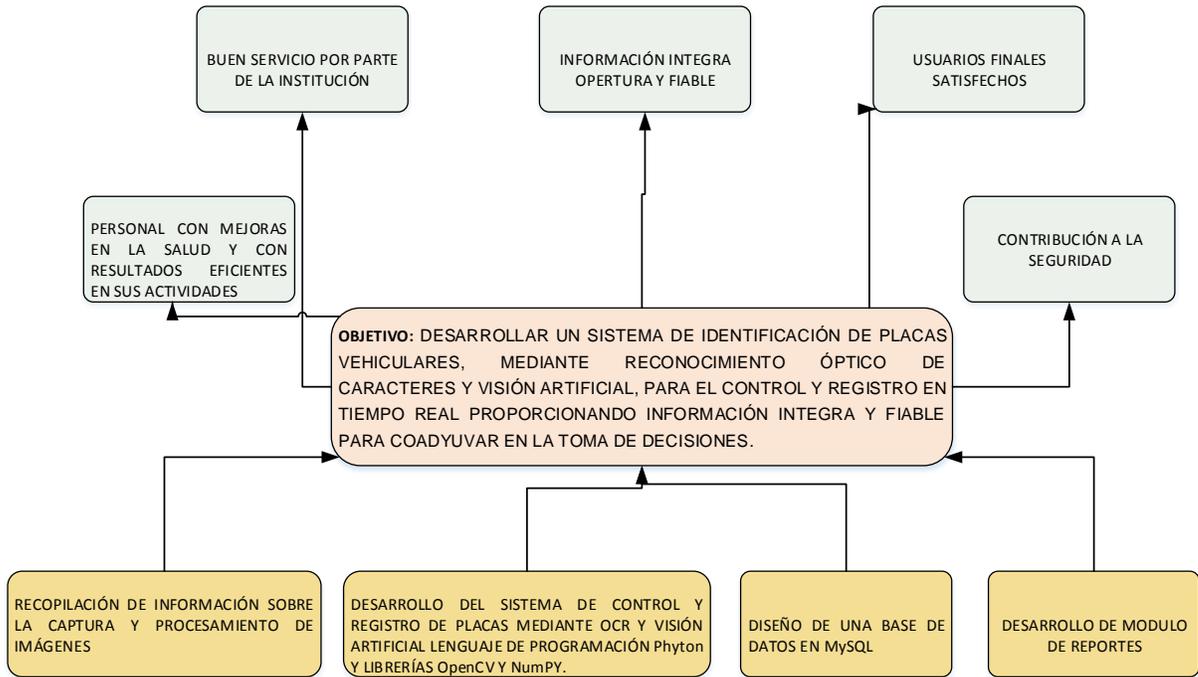
# ANEXO A

## ÁRBOL DE PROBLEMAS Y OBJETIVOS

**ÁRBOL DE PROBLEMAS**



ÁRBOL DE OBJETIVOS



# **ANEXO B**

## **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: “SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PLACAS”**

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

<b>TEMA DE INVESTIGACIÓN: SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PLACAS VEHICULARES</b>			
<b>Nº</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FECHA DE INICIO</b>	<b>FECHA DE CONCLUSIÓN</b>
	<b>REVISIÓN DE CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES, BIBLIOGRAFÍA Y PROYECTOS</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planificación del proyecto</li> <li>2. Elaboración de cronograma de actividades</li> <li>3. Revisión de bibliografía y proyectos afines a la investigación</li> <li>4. Revisión de antecedentes al proyecto Sistema de Identificación de placas vehiculares</li> <li>5. Elaboración de árbol de problemas</li> <li>6. Identificación del problema</li> <li>7. Recopilación de información sobre captura y procesamiento de imágenes y algoritmos</li> <li>8. Recopilación de información sobre herramientas aplicaciones lenguajes de programación gestor de base de datos necesarias para el proyecto</li> </ol>	15/03/2022	01/04/2022
	<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>EL PROBLEMA</b> Definición del problema</li> <li>2. <b>EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN</b> Definición de objetivo general y objetivos específicos</li> <li>3. <b>LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b> Determinación de hipótesis</li> <li>4. <b>LA JUSTIFICACIÓN</b> Determinación de la justificación</li> </ol>	01/04/2022	30/04/2022
	<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA</b> Documentación teórica con respaldo bibliográfico Documentación <b>MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES</b> Documentación referenciada de otros autores</li> <li>2. <b>CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR</b> Determinación del enfoque de investigación</li> <li>3. <b>IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES</b> Documentación Bibliográfica</li> </ol>	01/05/2022	31/05/2022
	<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Determinación del tipo de investigación</li> <li>2. <b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b></li> </ol>	01/06/2022	30/07/2022

	<p>Diseño y desarrollo del software “Sistema de identificación de placas vehiculares”</p> <p>Análisis de requisitos</p> <p>Análisis y Diseño en base a la metodología de prototipado.</p> <p>Desarrollo de código con lenguaje Python, librerías OpenCV y NumPy y base de datos MySQL</p> <p>Pruebas y validación del software</p> <p>Presentación de prototipo a la institución y cumplimiento según metodología</p> <p>3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>4. POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>5. AMBIENTES DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>6. TÉCNICA E INSTRUMENTOS</p> <p>7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</p>		
	<p>CAPÍTULO IV RESULTADOS</p> <p>1. Comparación de resultados de la investigación</p> <p>2. Redacción de artículo científico</p> <p>3. Revisión de artículos internos</p> <p>4. Presentación de artículos</p> <p>5. Feria científica</p>	01/08/2022	30/10/2022
	<p>CAPÍTULO V CONCLUSIONES</p> <p>1. Socialización de resultados</p> <p>2. Presentación de software final a la institución</p> <p>3. Exposición del proyecto</p>	01/11/2022	3/11/2022
	<p>CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES</p> <p>1. Capacitación sobre el manejo</p> <p>2. Empastado de la documentación</p>	04/11/2022	10/11/2022

## **ANEXO C**

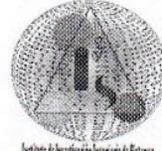
# **SOLICITUDES**



## Universidad Pública de El Alto

Creada por Ley 2115 del 5 de septiembre de 2000 y Autónoma por Ley 2556 del 12 de noviembre de 2003

### INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS



#### **NOTA INTERNA**

I.I.I.S. - 0246/2022

El Alto, agosto de 2022

A : Sr. Rolando Velasco Mamani  
**RESPONSABLE DE TRANSPORTES**  
**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE TRANSPORTES**



DE : Ing. Maricel Yarari Mamani  
**COORDINADORA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS - UPEA**

REF. : **SEGUNDO SIMULACRO DE INGRESO DE BUSES PARA PRUEBA PILOTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN IDENTIFICACIÓN DE PLACAS VEHICULARES.**

Distinguido Señor:

Me es grato hacerle llegar un saludo cordial y fraterno, deseándole éxitos en las labores que desempeña a bien de nuestra casa superior de estudios.

Por medio de la presente solicitamos segundo simulacro de ingreso de buses para prueba piloto de proyecto de investigación Identificación de Placas Vehiculares el cual está siendo desarrollado por el Instituto de Investigación Carrera Ingeniería de Sistemas.

Agradeciéndole de antemano por su gran colaboración esperamos su respuesta para coordinar fecha y hora.

Atentamente.

  
 Ing. Maricel Yarari Mamani  
**COORDINADORA**  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
 CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS UPEA



Tel. 78823404





## Universidad Pública de El Alto

Creada por Ley 2115 del 5 de septiembre de 2000 y Autónoma por Ley 2556 del 12 de noviembre de 2003

### INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS



#### **NOTA INTERNA**

I.J.I.S. - 0247/2022

El Alto, agosto de 2022

A : Lic. Juan Pastor Cancari Nina  
DIRECCOR DE UPEA - TV  
UNIVERSIDAD PÚBLICA DE TRANSPORTES

DE : Ing. Maricel Yarari Mamani  
COORDINADORA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS - UPEA

REF. : **FILMACIÓN DE SIMULACRO DE INGRESO DE BUSES PARA PRUEBA PILOTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN IDENTIFICACIÓN DE PLACAS VEHICULARES.**



Distinguido Señor:

Me es grato hacerle llegar un saludo cordial y fraterno, deseándole éxitos en las labores que desempeña a bien de nuestra casa superior de estudios.

Por medio de la presente solicitamos filmación del simulacro de ingreso de buses para prueba piloto de proyecto de investigación Identificación de Placas Vehiculares el cual está siendo desarrollado por el Instituto de Investigación Carrera Ingeniería de Sistemas. La actividad está programada para el día lunes 29 del presente a horas 10:00.

Agradeciéndole de antemano por su gran colaboración esperamos su respuesta favorable.

Atentamente.

Ing. Maricel Yarari Mamani  
COORDINADORA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
INGENIERÍA DE SISTEMAS UPEA

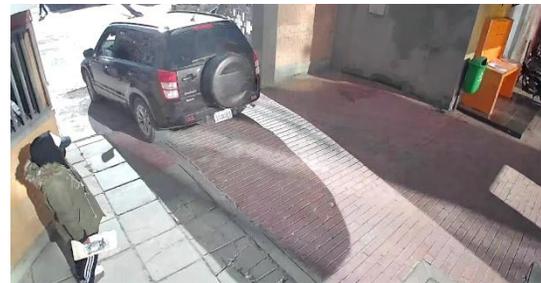
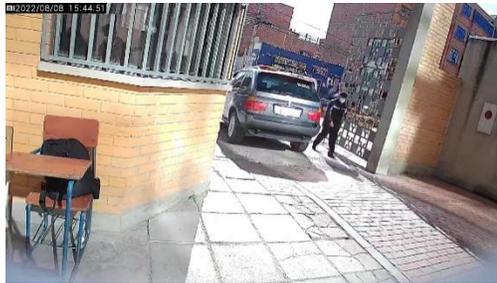
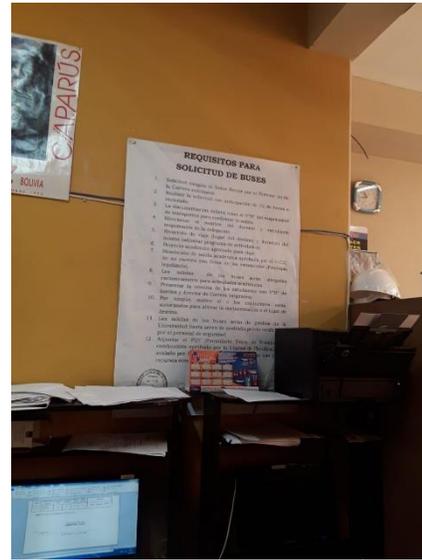


Cel. 78823404



# **ANEXO D**

## **UNIDAD DE TRANSPORTES - ENTRADA DEL PARQUEADERO**



**SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PLACAS VEHICULARES  
CASO: PARQUEADERO – TRANSPORTES UPEA**

# **ANEXO E**

## **ACEPTACIÓN DE REALIZACIÓN DE PROYECTO**



NOTA INTERNA  
 U.T./U.P.E.A./0187  
 Agosto/2022

## Universidad Pública de El Alto

Creada por Ley 2115 del 05 de septiembre del 2000 y modificada por Ley 2556 del 12 de Noviembre del 2003

### UNIDAD DE TRANSPORTES



**A:** Ing. Maricel Yarari Mamani  
 COORDINADORA INSTITUTO DE INVESTIGACION  
 INGENIERIA DE SISTEMAS – U.P.E.A.

**De:** Rolando Velasco Mamani  
 RESPONSABLE DE TRANSPORTES

**Ref.:** EN RESPUESTA A NOTA INTERNA I.I.I.S.-0239/2022

**Fecha:** El Alto, Agosto de 2022

De mi mayor consideración:

Mediante la presente le hago llegar un saludo cordial, y al mismo tiempo desearle éxitos en las actividades que desempeña en bien de la Institución.

Remito a su autoridad en Respuesta a Nota Interna I.I.I.S.-0239/2022, se **ACEPTA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION “SISTEMA DE IDENTIFICACION DE PLACAS VEHICULARES”**, a los vehículos del Parque Automotor de la Universidad Pública de El Alto a cargo de la Unidad de Transportes.

Sin otro particular me despido con las consideraciones más distinguidas.  
 Atentamente.



R.V.M./lo  
 Cc/Archivo Correlativo

Zona Villa Esperanza Av. Siere A  
 BLOQUE EDIFICIO EMBLEMÁTICO Telf. Int. 1128

**'POR LA CIENCIA Y EL SABER TRANSPORTAR ES NUESTRO DEBER'**

# **ANEXO F**

## **AVAL DE CONFORMIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**