



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD Y CONTROL DE APARCAMIENTO
MEDIANTE EL USO DE CÁMARAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L
APLICANDO REALIDAD AUMENTADA**

Autor:

Anasi Nasimba, Danny Eduardo

Director:

Ing. Eddie Egberto, Galarza Zambrano



Agenda

1 Introducción

2 Objetivos

3 Estructura del Sistema

4 Procesamiento Digital de Imágenes

5 Implementación de estacionamiento Virtual

6 Resultados

7 Conclusiones y recomendaciones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Agenda

1 Introducción

2 Objetivos

3 Estructura del Sistema

4 Procesamiento Digital de Imágenes

5 Implementación de estacionamiento Virtual

6 Resultados

7 Conclusiones y recomendaciones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

INTRODUCCIÓN

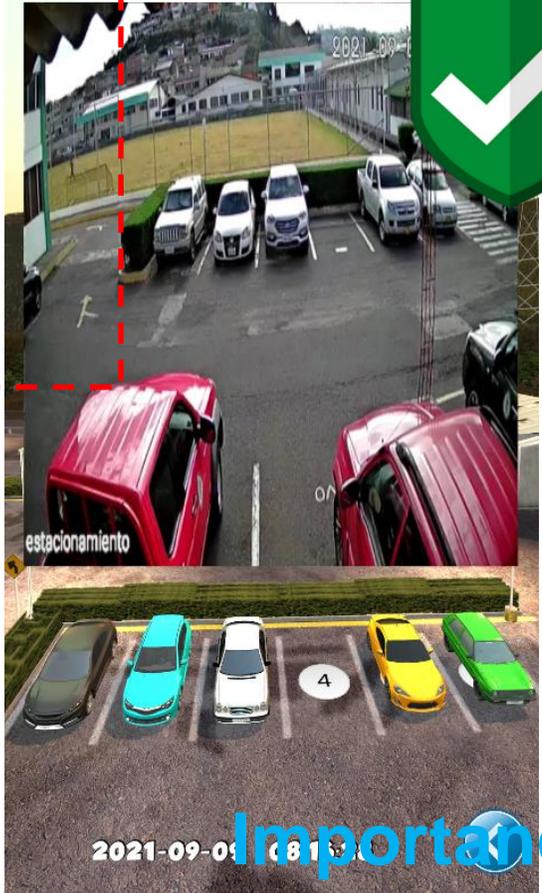
Antecedentes



Problema



VISUALIZACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO



Importancia



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS

Diseño e implementación de un sistema basado en procesamiento digital de imágenes y realidad aumentada de bajo costo, el cual permitirá el monitoreo y gestionamiento de los lugares de estacionamiento dentro de la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE-L.

Agenda

1 Introducción

2 Objetivos

3 Estructura del Sistema

4 Procesamiento Digital de Imágenes

5 Implementación de estacionamiento Virtual

6 Resultados

7 Conclusiones y recomendaciones



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de seguridad, gestionamiento y detección de lugares de estacionamiento mediante secuencia de imágenes, dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, utilizando procesamiento digital de imágenes, visión artificial y realidad aumentada.

OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener información necesaria sobre el procesamiento digital imágenes en tiempo real por medio del software de visión artificial OPENCV.
- Adquirir los conocimientos necesarios sobre las distintas librerías adecuadas para el procesamiento de imágenes requeridas para la aplicación.
- Realizar procesamiento de imágenes para la extracción de características esenciales de las imágenes del estacionamiento, mediante una computadora de placa simple.
- Determinar los dispositivos y elementos necesarios que formarán parte del sistema de seguridad y gestionamiento de plazas de estacionamiento.
- Posicionar correcta y adecuadamente la cámara Ip, para monitorear todos los segmentos del parqueadero establecidos.
- Relacionar la secuencia de imágenes obtenidas en tiempo real por la cámara en OpenCV, para ser procesadas a través de la aplicación de realidad aumentada con el fin de proporcionar un sistema eficiente de seguridad y gestionamiento de parqueaderos.
- Entrenar el sistema de gestionamiento para determinar la disponibilidad de las plazas de aparcamiento disponibles.
- Realizar pruebas de funcionamiento para verificar el correcto funcionamiento del sistema con el fin de corregir cualquier error que se presente en éste.

Agenda

1 Introducción

2 Objetivos

3 Estructura del Sistema

4 Procesamiento Digital de Imágenes

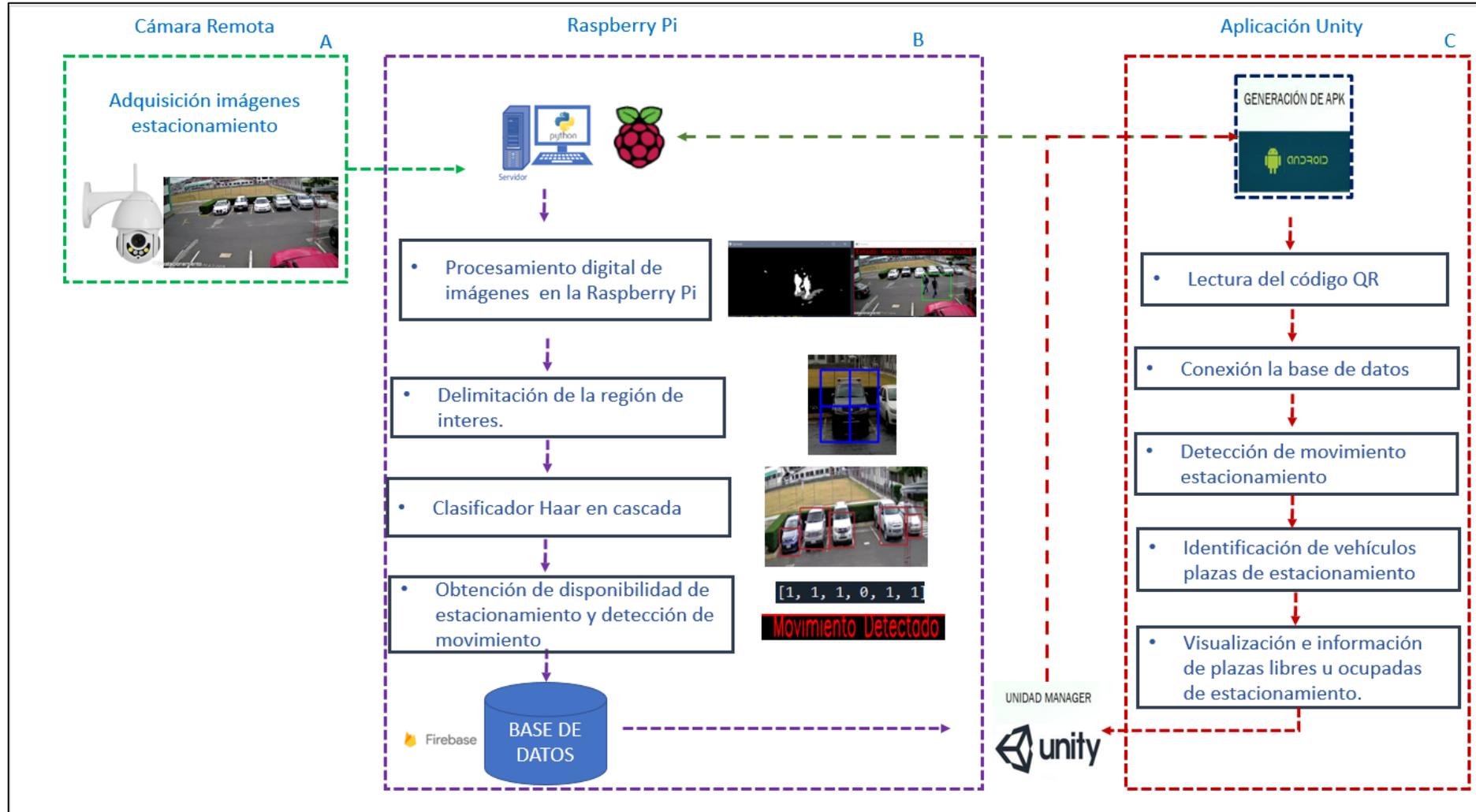
5 Implementación de estacionamiento Virtual

6 Resultados

7 Conclusiones y recomendaciones



ESTRUCTURA DEL SISTEMA



ETAPAS DEL SISTEMA



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Agenda

1 Introducción

2 Objetivos

3 Estructura del Sistema

4 Procesamiento Digital de Imágenes

5 Implementación de estacionamiento Virtual

6 Resultados

7 Conclusiones y recomendaciones



IMÁGENES ESTACIONAMIENTO

Recolección de imágenes de estacionamientos

Zona de estacionamiento club de robótica



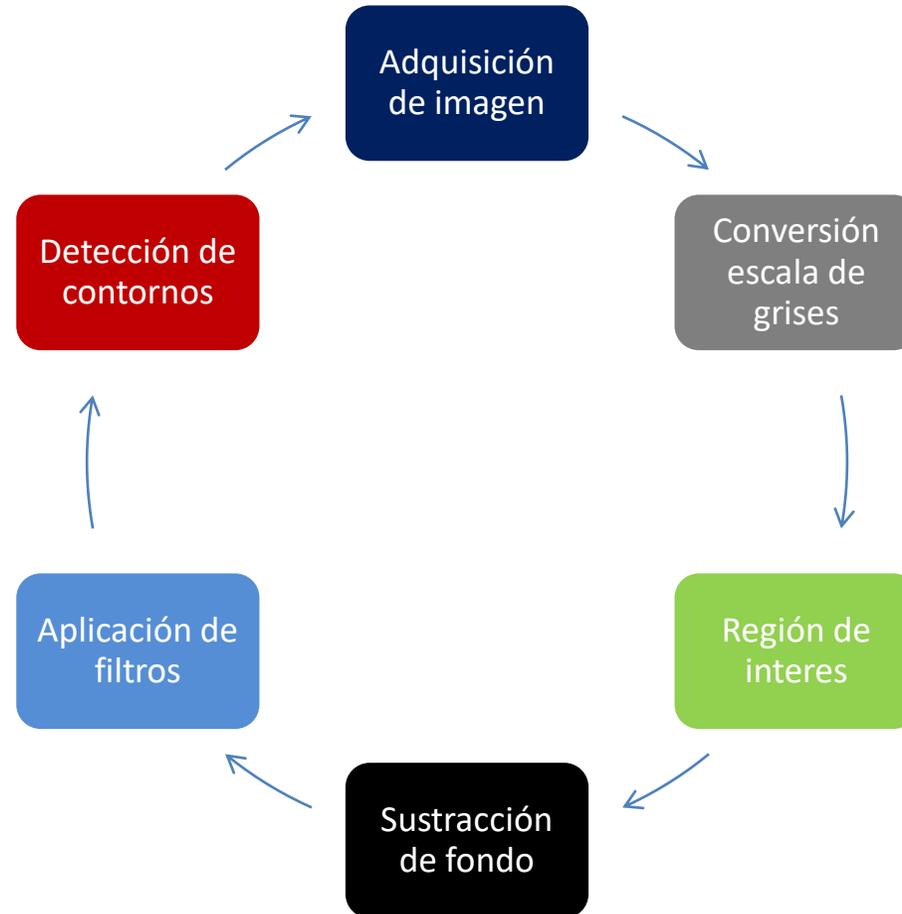
- Las imágenes son en formato .jpg
- El valor de sus pixeles esta en un rango de 0 a 10000.
- Presentan lugares de estacionamientos ocupados y disponibles.

Imágenes plazas de estacionamientos



PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Detección de movimiento en estacionamiento



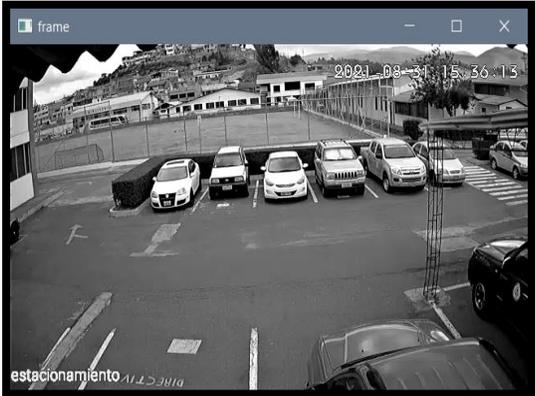
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

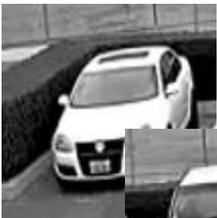
Conversión escala grises



E01

E03

E05



E02

E04

E06

Región de interes zona de estacionamiento

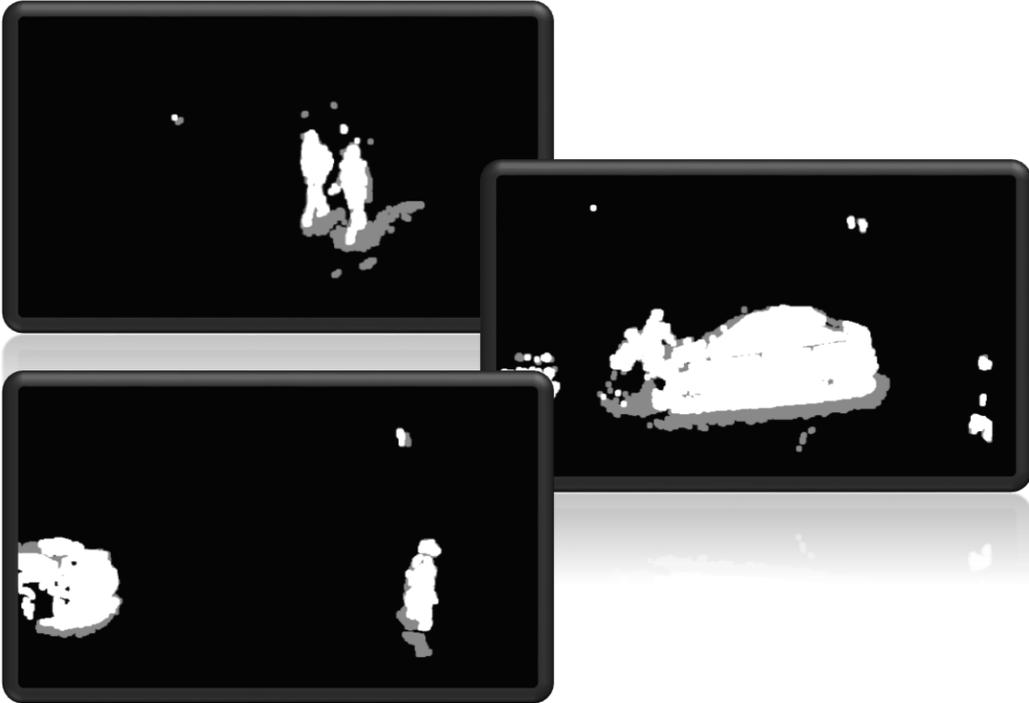


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Sustracción de fondo



Filtro morfológico

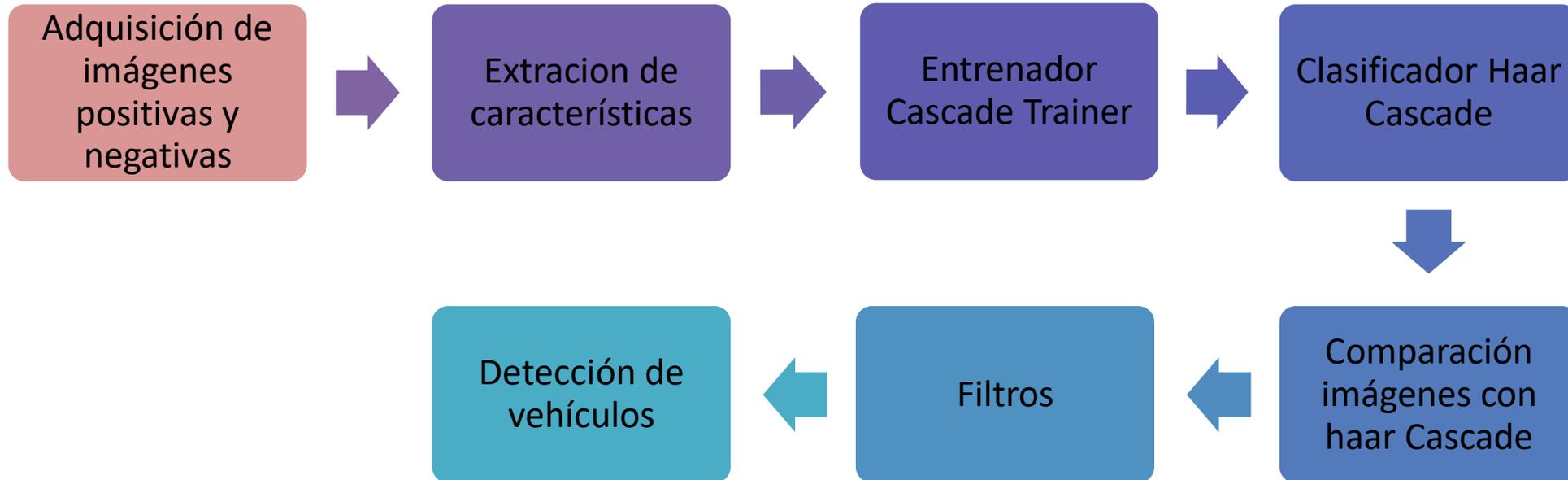


Detección de contornos por Canny



PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Clasificador Haar Cascade para identificación de vehículos



Imágenes positivas y negativas

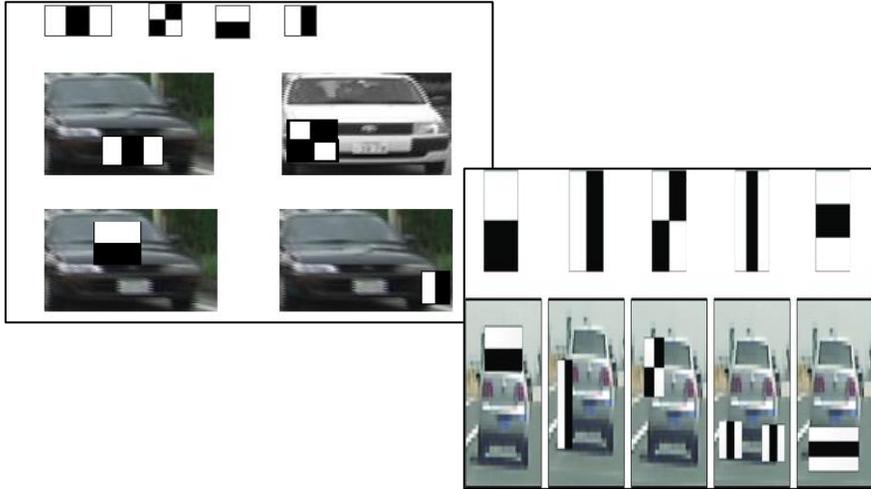


Imágenes positivas



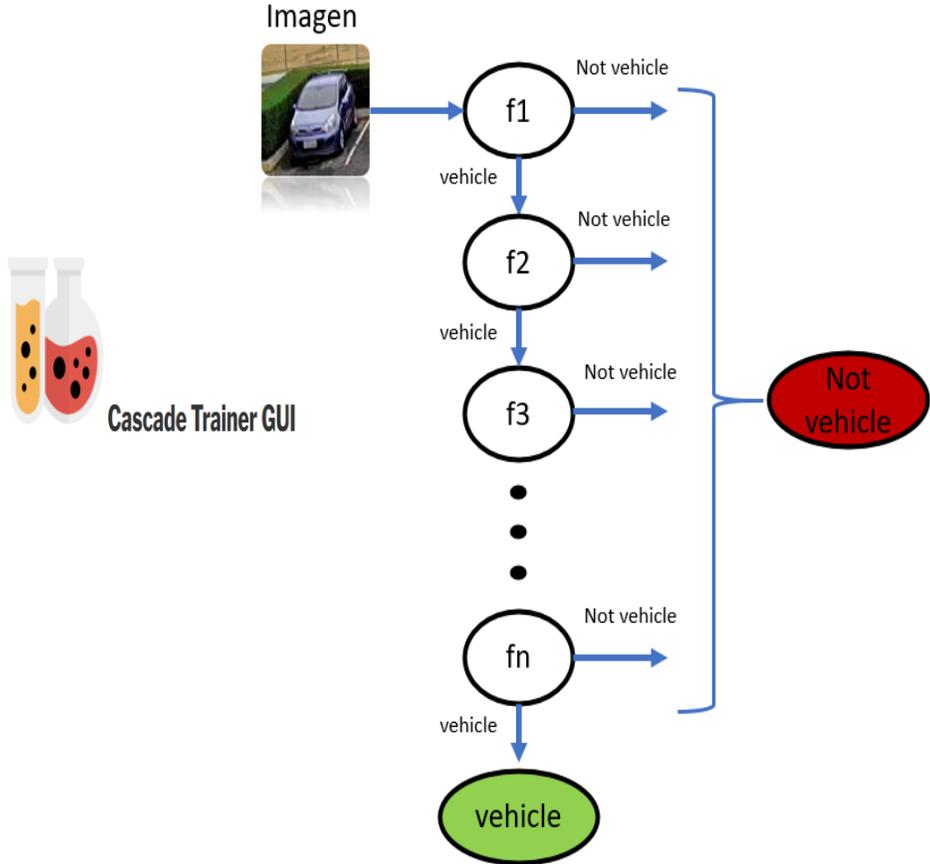
Imágenes negativas

Extracción de características



PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Entrenador Cascade Trainer



Clasificador Haar Cascade

ML Model



$$H(x, y) = \sum_p I(x, y) - \sum_n I(x, y)$$

Donde:

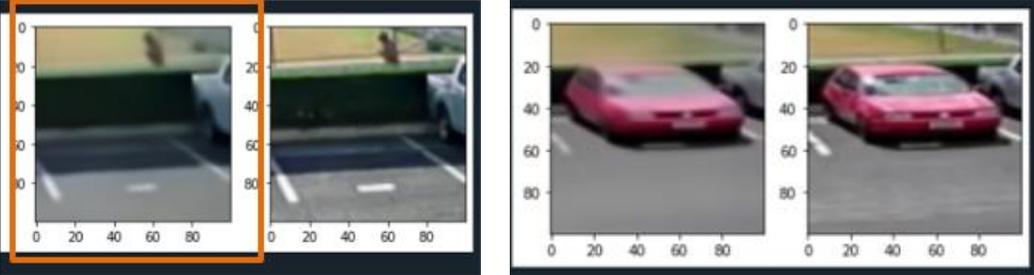
$I(x, y)$ = Imagen a evaluar

$H(x, y)$ = valor de la característica Haar en el punto x y y

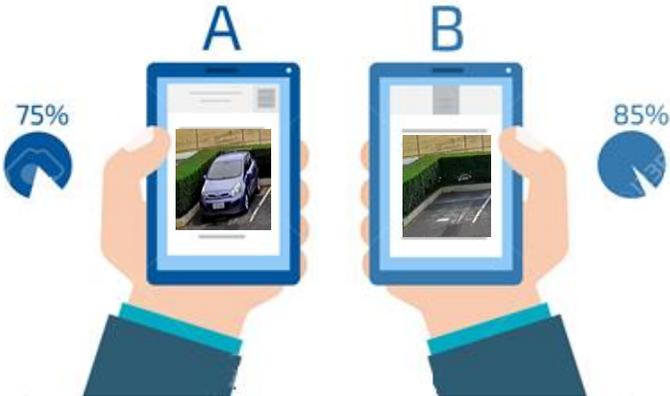
p y n = region positiva y negativa

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

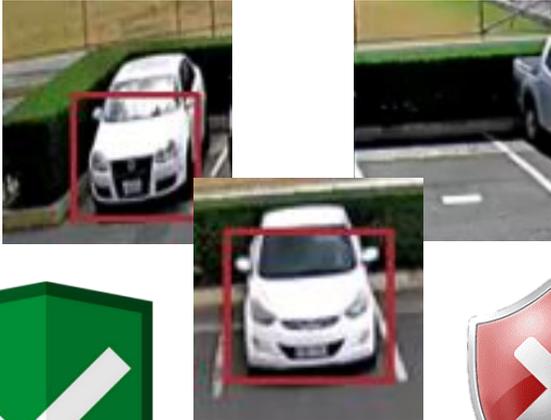
Filtro bilateral



Comparación imágenes con Haar Cascade



Detección de vehículos



Agenda

1 Introducción

2 Objetivos

3 Estructura del Sistema

4 Procesamiento Digital de Imágenes

5 Implementación del estacionamiento Virtual

6 Resultados

7 Conclusiones y recomendaciones



ESPE

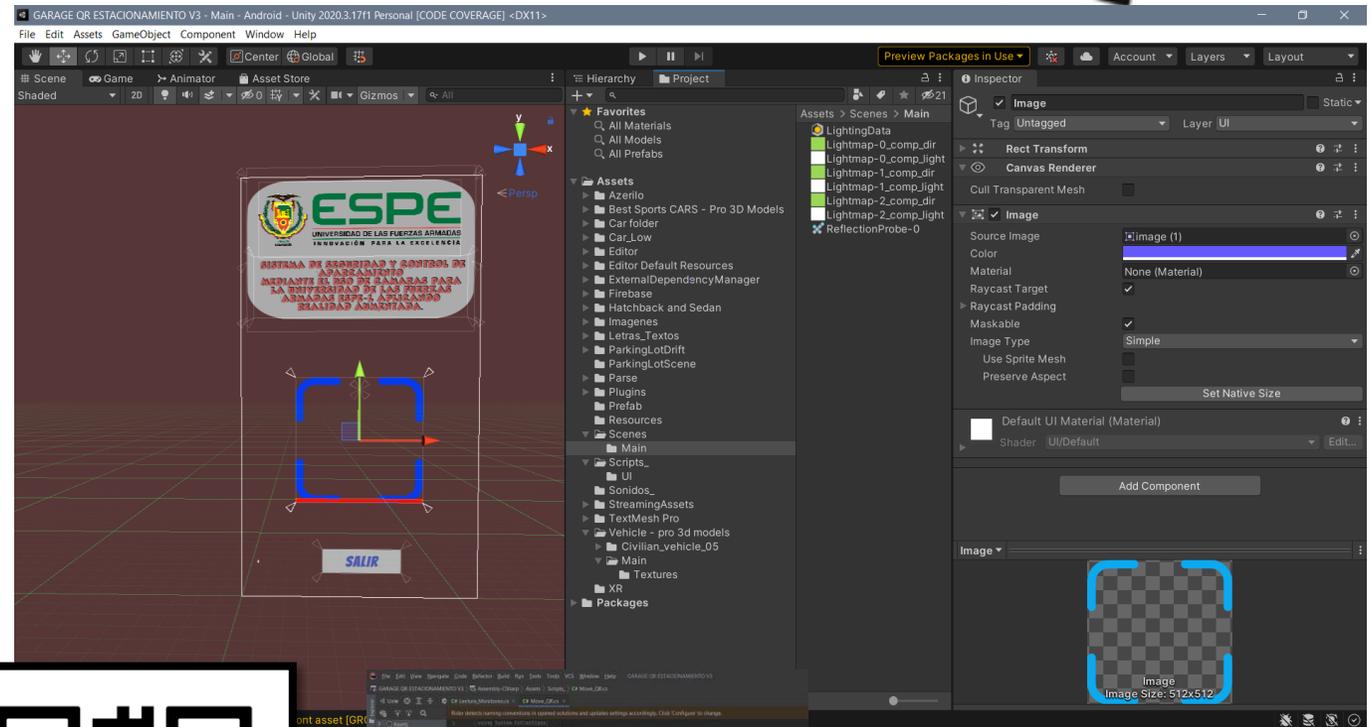
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

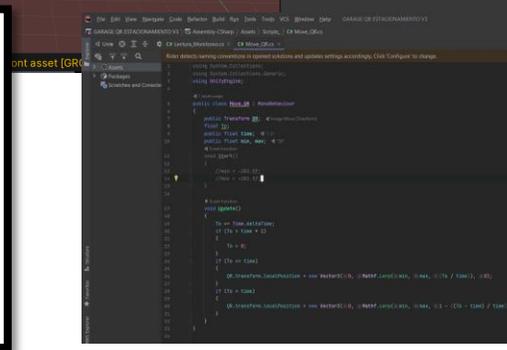
IMPLEMENTACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO VIRTUAL



- Scene main (Inicio).
- Escaneo de código QR, image target (vuforia).
- Conexión base de datos Remota.



Código QR



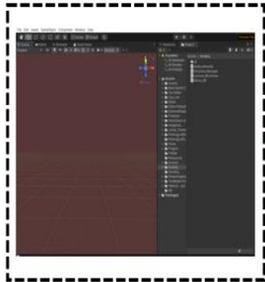
Scripts

IMPLEMENTACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO VIRTUAL

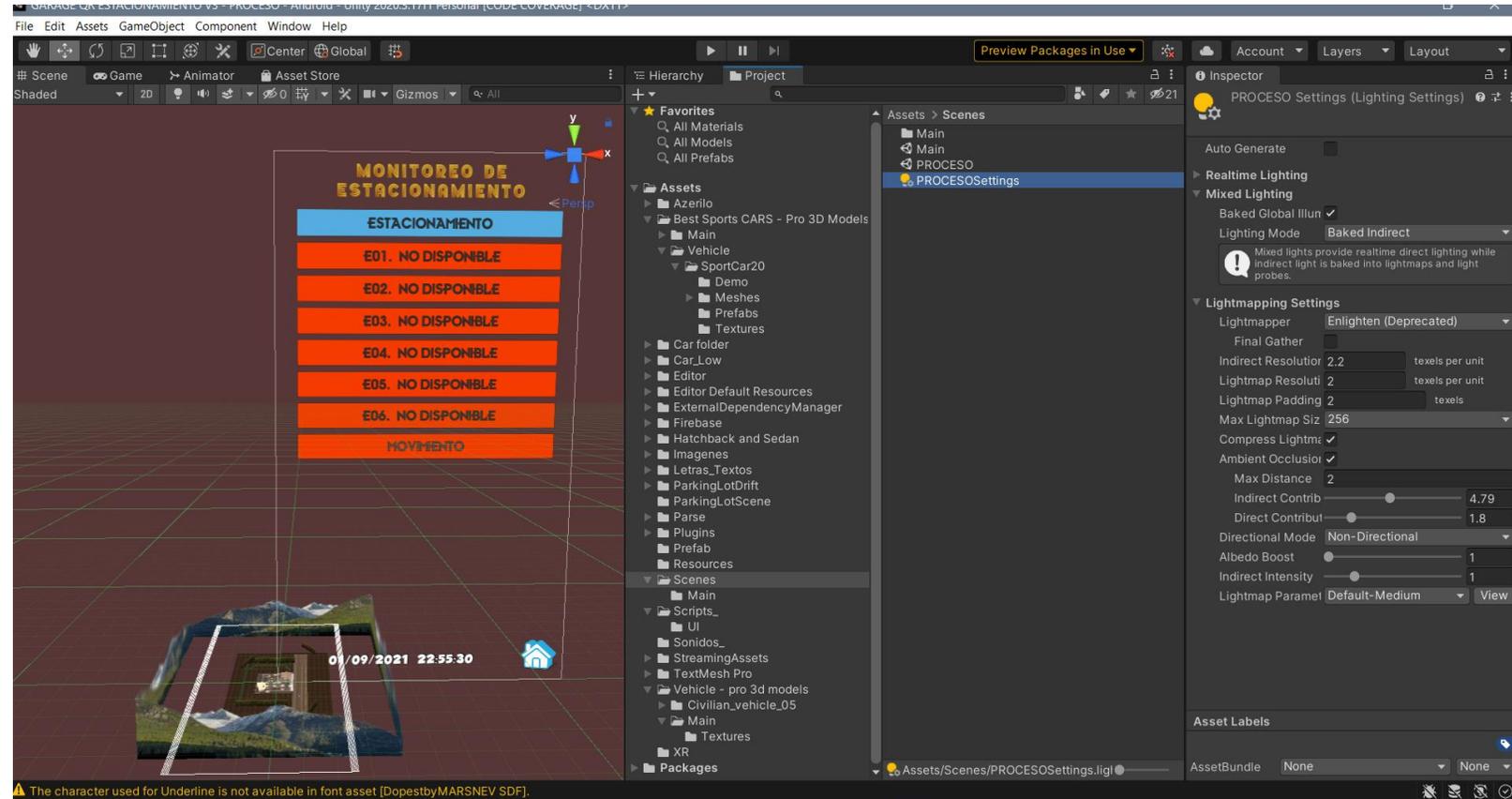
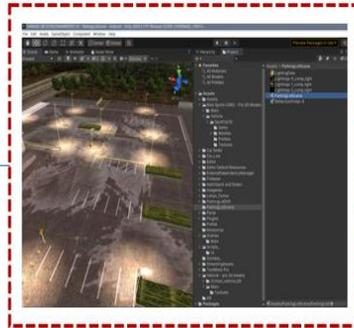


Entorno 3D

Motor Gráfico

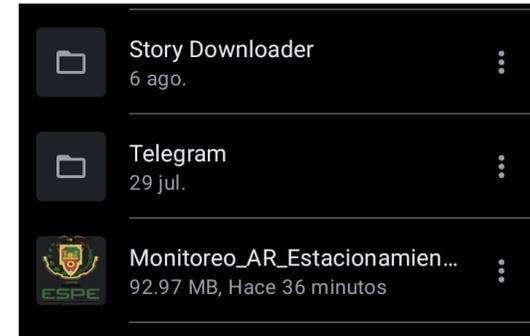
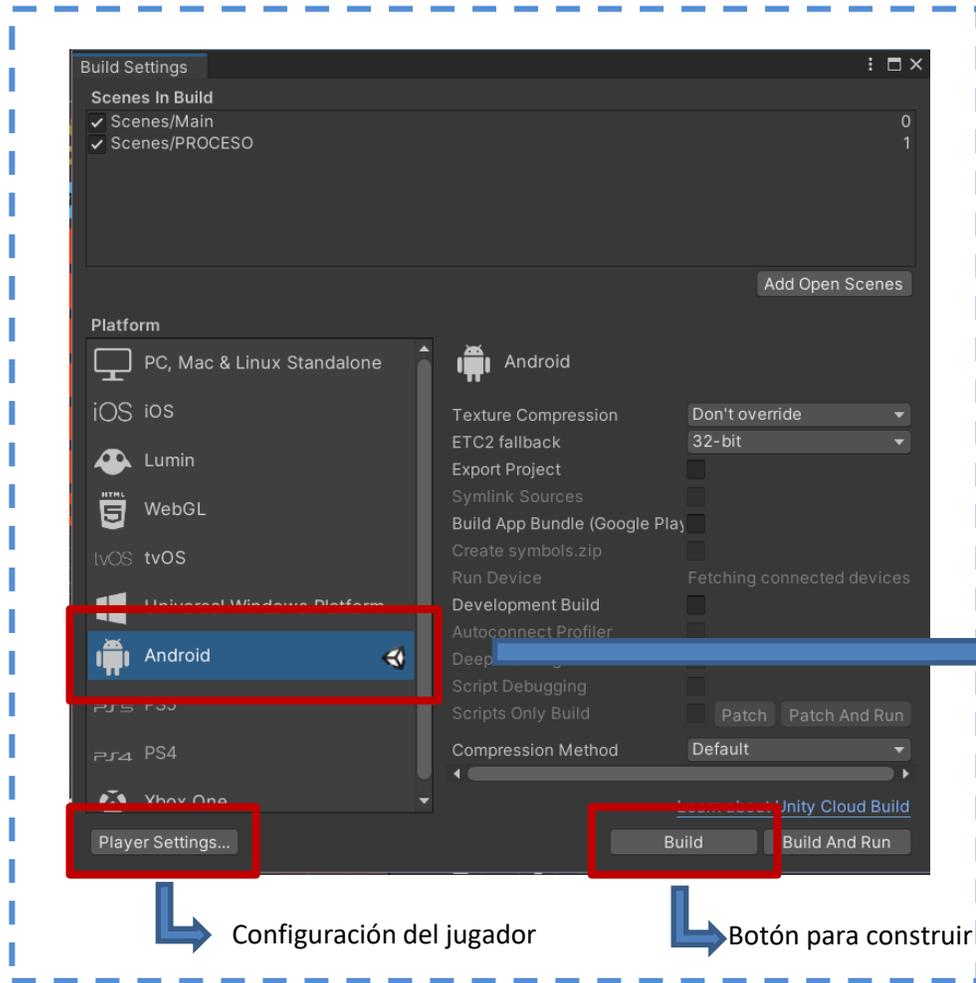


Assets "Parking lot 3D"



- Scene proceso.
- Visualización estado plazas de estacionamiento.
- Visualización imágenes de estacionamiento enviado desde firebase.

CONSTRUCCIÓN DE LA APLICACIÓN



INICIAR



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA
UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Agenda

1 Introducción

2 Objetivos

3 Estructura del Sistema

4 Procesamiento Digital de Imágenes

5 Implementación del estacionamiento Virtual

6 Resultados

7 Conclusiones y recomendaciones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

RESULTADOS

Sistema para detección de movimiento

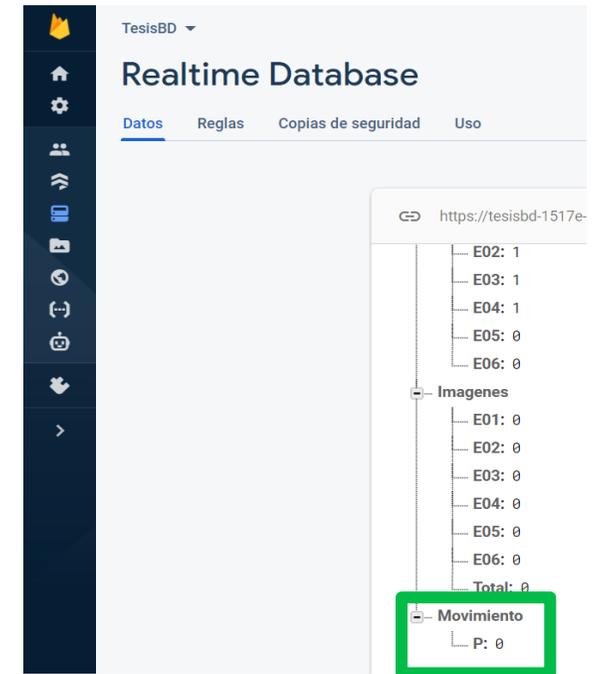
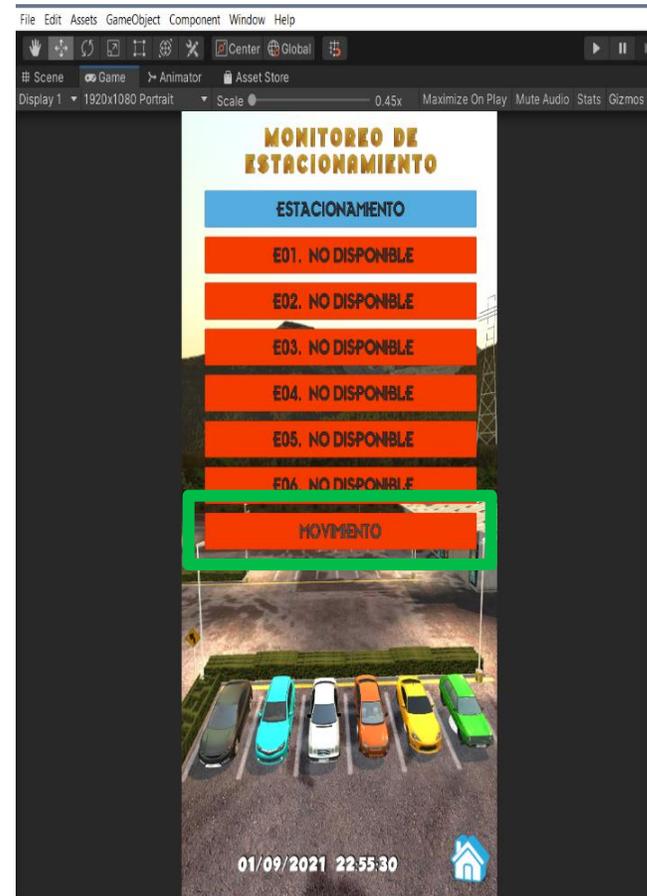
- El sistema identifica el movimiento dentro de la region establecida del estacionamiento.



RESULTADOS

Sistema de monitoreo de detección de movimiento

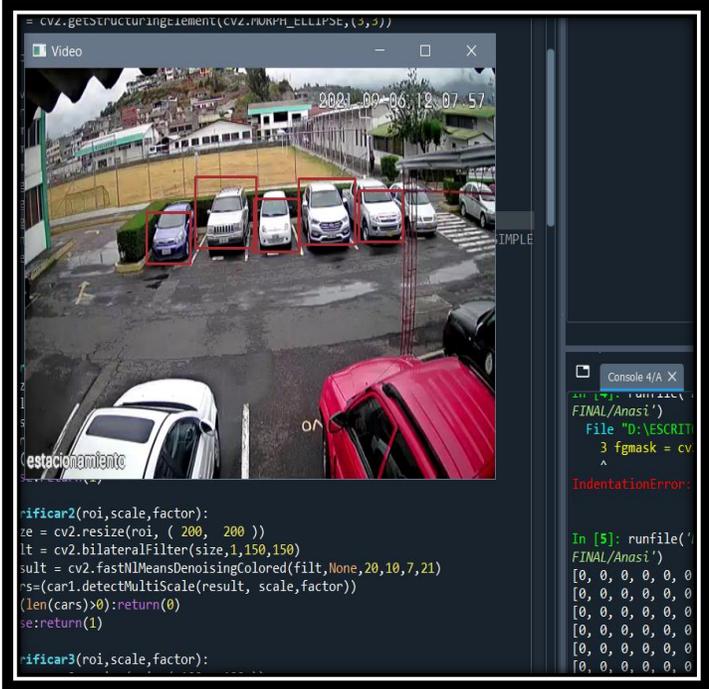
- Lectura de estado de movimiento detectado Firebase.
- Mensaje de alerta de “movimiento detectado”, mediante aplicación de realidad aumentada.



RESULTADOS

Clasificador Haar Cascade para identificación de vehículos.

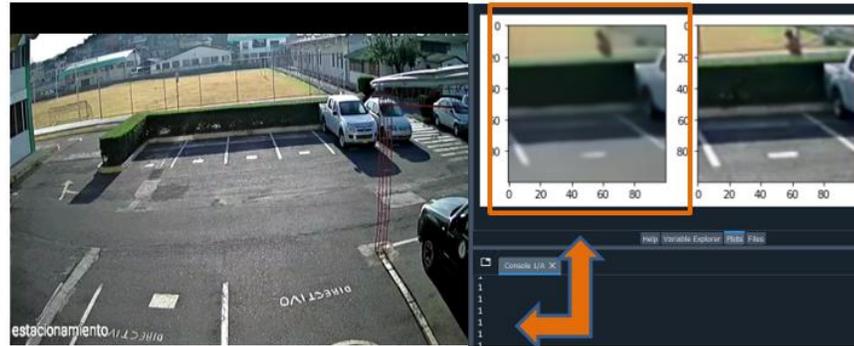
- Sistema de clasificación para la identificación de vehículos.



RESULTADOS

Sistema para la identificación de vehículos en las plazas de estacionamiento

- El sistema para la identificación de vehículos en las plazas de estacionamiento disponibles u ocupadas.



ESTACIONAMIENTO DISPONIBLE
APLICANDO FILTRO BILATERAL

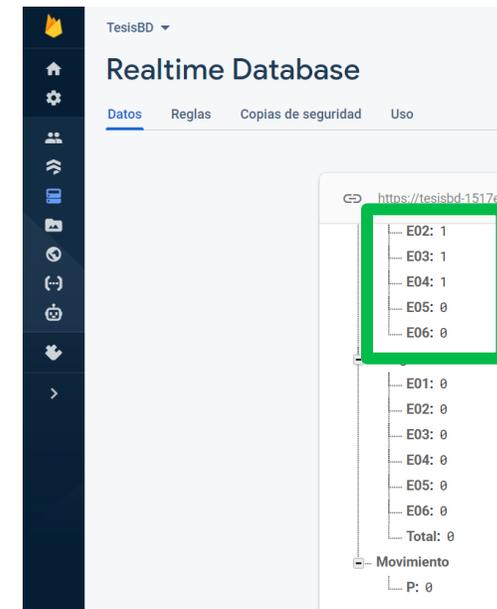
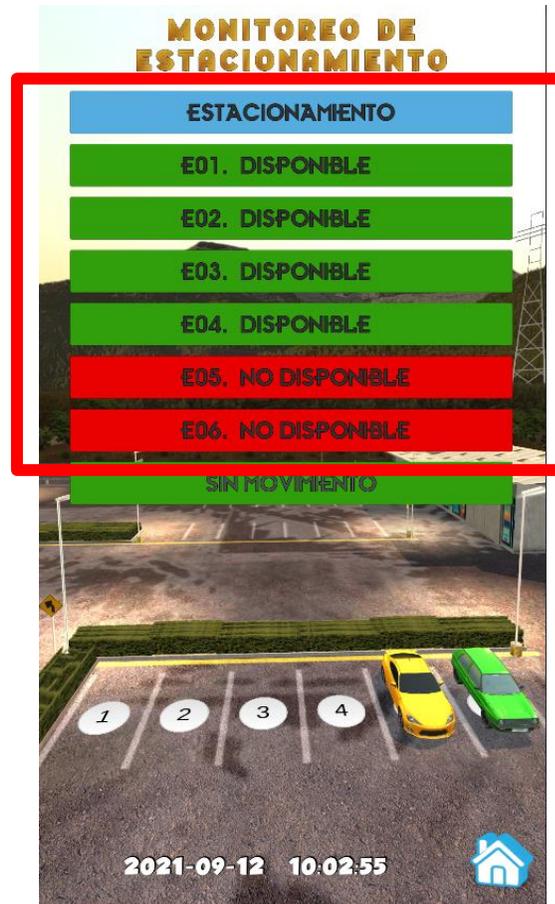


ESTACIONAMIENTO OCUPADO
APLICANDO FILTRO BILATERAL

RESULTADOS

Sistema de monitoreo estados de plazas de estacionamiento

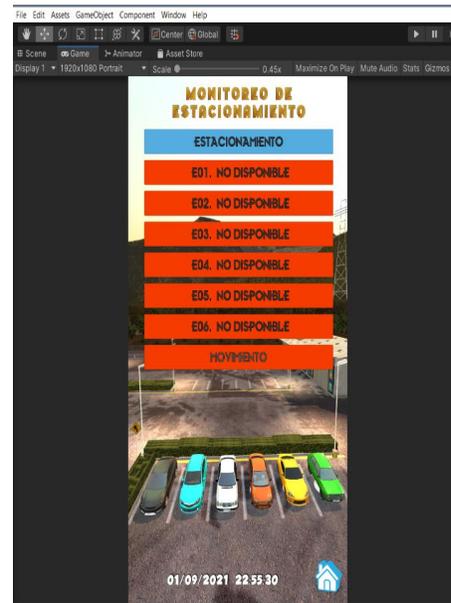
- Lectura de estado de estacionamientos Firebase.
- Representación por tabla de estado de plazas de estacionamiento en tiempo real.



RESULTADOS

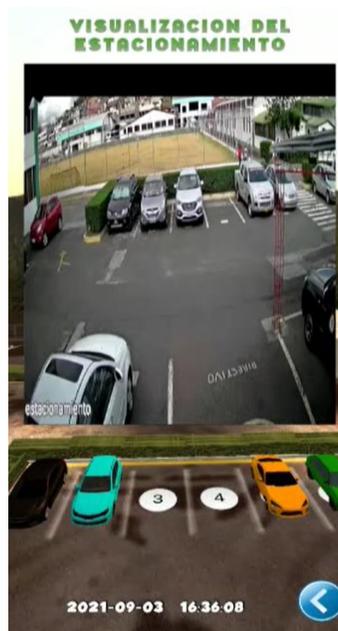
Sistema para visualización de plazas de estacionamiento

- Sistema para visualización de estacionamiento y lugares de aparcamiento.
- Validación de información de estados de plazas de estacionamiento.



COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS

Primera parte consiste en evaluar el proceso de reconocimiento de vehículos en las plazas de estacionamiento, para esto se realizó algunas pruebas en diferentes horarios del día. Al contrastar visualmente los estados de las plazas de estacionamiento, con los resultados de la etapa de identificación de vehículos por medio de aplicación, se tiene buen porcentaje de reconocimiento por parte del sistema, aunque estos resultados varían según las diferentes características de los automóviles y niveles de luminosidad.

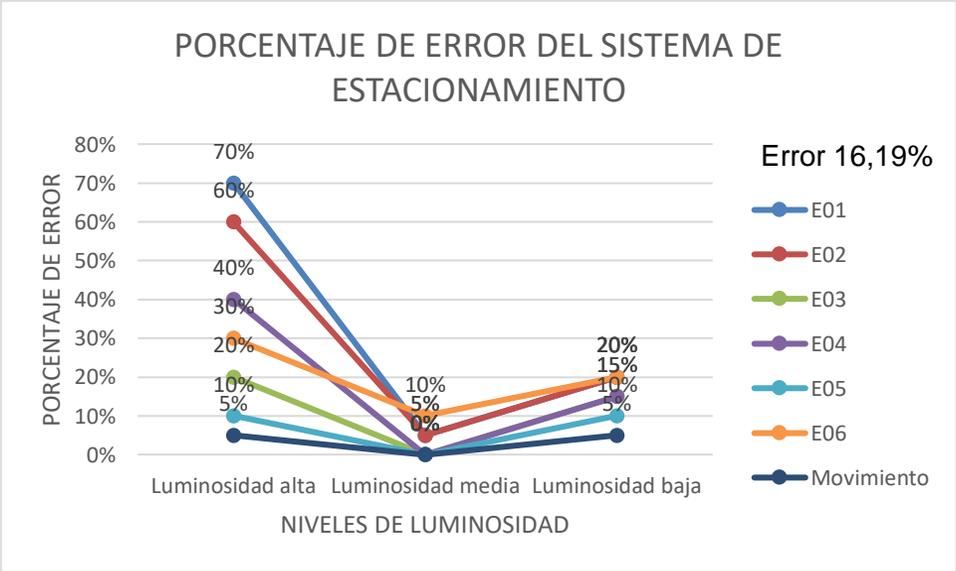


Número de Estacionamiento	Estacionamiento ocupado	Estacionamiento disponible	Observaciones
E01	X		Sin error
E02		X	Error
E03		X	Error
E04	X		Sin error
E05	X		Sin error
E06	X		Sin error
MOVIMIENTO			NO

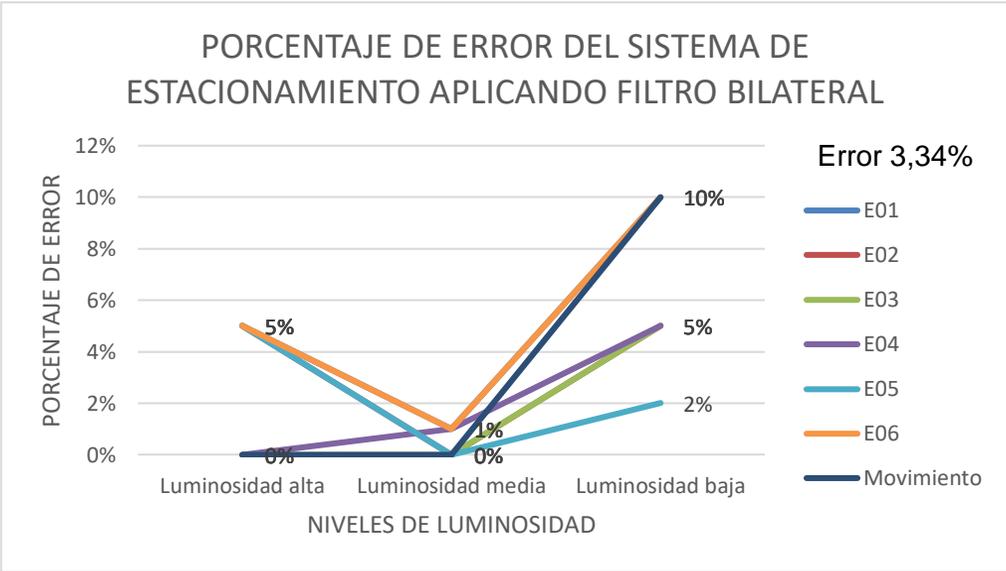


COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS

Segunda parte es evaluar el clasificador Haar Cascade, con y sin filtro bilateral, este análisis se lo realizo con intensidad de luminosidad alta, media y baja, obteniendo un porcentaje de precisión del sistema de 0.838 (83.81%) y 0.966 (96.66%) respectivamente, así se concluye que el clasificador tiene un alto grado de exactitud de reconocimiento de vehículos en las plazas de estacionamientos.



Precisión 83,81%



Precisión 96,66%

Agenda

1 Introducción

2 Implementación de la estación virtual

3 Procedimientos de calibración en la aplicación 3D

4 Procedimientos de ajuste en la aplicación 3D

5 Resultados

6 Conclusiones y recomendaciones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

CONCLUSIONES

- El sistema de seguridad y gestionamiento de lugares de estacionamiento utilizando procesamiento digital de imágenes junto con métodos de visión artificial, permiten la detección de movimiento y la identificación de las plazas de parqueo disponibles en las zonas del estacionamiento designadas.
- Mediante el almacenamiento de las imágenes en tiempo real en una base de datos, el sistema se puede administrar por una aplicación de realidad aumentada la cual, al realizar la petición para la visualización del estacionamiento o plaza específica del mismo, proporciona un monitoreo constante y un gestionamiento de plazas de estacionamiento eficiente en tiempo real.
- El sistema se desarrolló totalmente en software libre, para esto se utilizó la plataforma Anaconda Navigator para administrar las aplicaciones, paquetes y entornos, dedicados al desarrollo de lenguaje Python, utilizando como editor de código el software Spider y sus diferentes librerías para realizar: análisis de datos, procesamiento digital de imágenes, reconocimiento de imágenes y almacenamiento de archivos a base de datos en tiempo real. Para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada se utilizó el software Unity el cual permite la edición y creación de entornos 3D para representación y administración de sistemas de automatización amigables con el usuario.

CONCLUSIONES

- La etapa de procesamiento digital de imágenes es realizada por medio de una computadora de placa Raspberry para la detección de movimiento en el estacionamiento. Esto se lo realizó mediante la aplicación de filtros, detección de contornos y sustracción de fondo para separar el fondo del objeto de interés, en nuestro caso los objetos en movimiento. Para la identificación de plazas de estacionamiento se extrajo el área de cada una de las plazas de estacionamiento y mediante la aplicación de filtros y clasificadores de imágenes se calificó a las plazas de estacionamiento disponibles u ocupadas. La eficiencia de esta etapa es limitada por la cantidad de luminosidad presente en un instante de tiempo.
- Al emplear el clasificador Haar Cascade para la identificación de automóviles en tiempo real se concluye que el clasificador opera de manera eficiente y precisa si la intensidad de luminosidad no es ni muy alta ni muy baja, debido a estos parámetros característicos una imagen presenta ciertas variaciones generando errores en la identificación de la presencia de vehículos. Los cuales pueden ser disminuidos al realizar la variación de la sensibilidad de reconocimiento con el fin de seleccionar los puntos más relevantes de la imagen.
- Uno de los factores que provocaron mayor porcentaje de error en el sistema es el cambio de luminosidad en el transcurso del día, variando las intensidades de los píxeles de las imágenes de las plazas de estacionamiento. La utilización de filtros que ayudan con la reducción de los valores de píxeles, en nuestro caso el filtro bilateral, es de mucha importancia en estos tipos de trabajos que se instalan en ambientes exteriores de intensidad luminosa muy variable.

CONCLUSIONES

- El sistema está desarrollado en su totalidad por medio de una red inalámbrica por lo que se producen retrasos al momento de la carga y descarga de las imágenes del estacionamiento. Es necesaria la transmisión de las imágenes debido al procesamiento necesario para la identificación de movimiento, así como el estado de las plazas de estacionamiento para su almacenamiento en la base de datos. Debido a estos factores varían los retardos dependiendo de la velocidad de red en la que opera el sistema.
- La aplicación del sistema se desarrolló por medio del software de realidad aumentada Unity, la cual mediante el escaneo de un código QR muestra los resultados de identificación de los lugares de estacionamiento disponibles.
- La aplicación proporciona una imagen de los parqueaderos con un mínimo retraso de actualización entre imagen, lo cual depende de la velocidad de la red de comunicación, al igual que la detección de movimiento dentro del estacionamiento. La aplicación móvil es sencilla, proporciona y presenta solo información necesaria sobre el estacionamiento.

RECOMENDACIONES

- Se requiere de una base de datos gratuita y eficiente, la cual pueda contener un número considerable de imágenes y sea compatible con Unity. Además, debe ser confiable y accesible para varios usuarios evitando errores al momento de transmitir las imágenes de las plazas de estacionamiento disponibles y la detección de movimiento en el mismo.
- Es necesario el uso de una computadora de placa con una memoria RAM de media-alta capacidad, ya que para el procesamiento la GPU aumenta la velocidad con la que se realiza el procesamiento digital de imágenes para la identificación de las plazas de estacionamiento mediante Haar Cascade que representa un coste computacional ligeramente alto, al igual que para la detección de movimiento por la aplicación de filtros y sustracción de fondo.
- Para lograr un mejor entrenamiento del clasificador Haar Cascade se recomienda cargar un número considerable de imágenes tanto positivas como negativas es decir imágenes de las plazas de estacionamiento con presencia y ausencia de vehículos. Esto nos permitirá, tener un sistema más eficiente al momento de realizar el reconocimiento de plazas de estacionamiento disponibles u ocupadas.

RECOMENDACIONES

- Para mejorar la eficiencia del sistema se debe utilizar una cámara que proporcione una buena sensibilidad de luminosidad, lo que brindará una mejor calidad de las imágenes al momento de transmitir las, reduciendo considerablemente los errores del sistema.
- Es recomendable realizar las pruebas de eficiencia del sistema por varios días debido a que los cambios de luminosidad y los cambios en los factores ambientales afectan el correcto funcionamiento del reconocimiento de las plazas de estacionamiento al igual que la detección de movimiento dentro de él.



MI AGRADECIMIENTO



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sede
Latacunga



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL